

**Das "Tip of the Tongue"-Phänomen.
Eine neuronale Interpretation von
Wortfindungsproblemen im
Sprachproduktionsprozeß.**

Dissertation zur Erlangung
des Doktorgrades
an der Philosophischen Fakultät
der Georg August Universität Göttingen

Vorgelegt von
Gerhard Heinzerling
Marienstraße 27
37073 Göttingen
Mai 1999

Inhaltsverzeichnis

1.0	EINLEITUNG
2.0	STATE OF THE ART
2.1	FRÜHE BESCHREIBUNGEN UND ERSTE METHODOLOGISCHE ZUGÄNGE ZUM TOT - PHÄNOMEN
2.1.1	Die Beschreibung von Wortfindungsproblemen durch William James
2.1.2	Die Beschreibung von Wortfindungsproblemen durch Sigmund Freud.....
2.1.3	Die Beschreibung von Wortfindungsproblemen durch Robert Woodworth.....
2.2	SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN DES TOT- PHÄNOMENS
2.2.1	Die klassische Untersuchung von Brown & McNeill.....
2.2.1.1	Die Versuchsanordnung von Brown & McNeill
2.2.1.2	Die Ergebnisse der Untersuchungen von Brown & McNeill
2.2.1.3	Das Modell von Brown & McNeill.....
2.3	ERGEBNISSE AUS 30 JAHREN TOT-FORSCHUNG
2.3.1	Eingrenzung von TOTS
2.3.2	Wer ist von TOTS betroffen?
2.3.3	Wie häufig treten TOTS auf?
2.3.4	Wie werden TOTS aufgelöst?
2.3.5	Welche Teilinformationen über das Zielwort können während eines TOTS zur Verfügung stehen?
2.3.5.1	Die Rolle der Anfangsbuchstaben im TOTS.....
2.3.5.2	Die Rolle der mittleren Buchstaben im TOTS
2.3.5.3	Die Rolle der hinteren Buchstaben im TOTS.....
2.3.5.4	Die Rolle der Silbenzahl im TOTS
2.3.5.5	Die Rolle der Silbenzahl in der Sprachproduktion

3.0	DAS TOT-PHÄNOMEN IM SPRACHPRODUKTIONSMODELL VON LEVELT
3.1	MÖGLICHE URSACHEN VON TOTS
3.1.1	Blocking or partial activation?
3.1.2	Der Einfluß von interlopers auf die Wortfindung
3.1.3	Die Node Structure Theory.....
3.1.4	Die Transmission Deficit Hypothesis von Burke et al.
4.0	EIGENE UNTERSUCHUNGEN ZUM TOT-PHÄNOMEN.....
4.1	DISKUSSION DER FÜR DIE VORLIEGENDE ARBEIT GEFÜHRTEN INTERVIEWS
4.1.1	Allgemeine Beobachtungen bei den Interviews
4.1.2	Unkontrollierte Elizitationen als Ergebnis der Vorgabe von Teilinformationen im TOTS
4.1.3	Methodologische Bewertung des qualitativen Ansatzes
4.1.4	Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Interviews
5.0	SIMULATION VON TOTS MIT HILFE KÜNSTLICHER NEURONALER NETZE
5.1	DER BIOLOGISCHE HINTERGRUND
5.2	DIE FORMALISIERUNG NEURONALER NETZE
5.3	SELBSTORGANISIERENDE MERKMALKARTEN
5.4	DAS MODELL VON RITTER & KOHONEN
5.5	SIMULATION VON TOTS MIT HILFE SELBSTORGANISIERENDER MERKMALKARTEN

- 5.5.1 Die Ergebnisse der Computersimulation von TOTS
- 5.5.2 Interpretation der Simulationsergebnisse.....
- 5.5.3 Mögliche Ursachen von TOTS aus der Sicht neuronaler Prozesse
 - 5.5.3.1 Die Rolle der *interloper* bei der Entstehung von TOTS
 - 5.5.3.2 Die Rolle der lateralen Inhibition bei der Entstehung von TOTS
 - 5.5.3.3 Die Rolle der Alterungsprozesse bei der Entstehung von TOTS

5.6 ABSCHLIEßENDE DISKUSSION DER COMPUTERSIMULATION UND VERGLEICH MIT ANDEREN MODELLEN

6.0 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

7. DAS COMPUTERPROGRAMM

Literaturverzeichnis

1.0 Einleitung

Wann immer eine beliebige natürliche Sprache als Kommunikationsmittel dient, müssen Wörter im mentalen Lexikon gefunden, respektive aktiviert werden. Der Prozeß der Sprachproduktion geht jedoch nicht immer ohne Probleme vonstatten. Es gibt Fälle, in denen eine Person genau weiß, daß sie ein bestimmtes Wort kennt, dieses jedoch augenblicklich nicht finden bzw. aktivieren kann. Dieser Zustand, in dem einer Person ein Wort sprichwörtlich 'auf der Zunge liegt', ist als Tip-of-the-Tongue-Phänomen (kurz TOTS¹) in die Literatur eingegangen. Folgender Dialog² soll den typischen Verlauf eines solchen TOTS verdeutlichen:

Wie heißt die Hauptstadt von Israel?

Hm ja, ich weiß sie - aber sie fällt mir gerade nicht ein. Warte mal - mist, mir fällt die ganze Zeit ein anderes Wort ein - ich weiß aber, daß es falsch ist.

Welches denn?

Mir fällt dauernd Jordanien ein, das kann es aber nicht sein.

Warum nicht?

Na weil Jordanien selbst ein Land ist. Außerdem weiß ich, wie die Stadt heißt - mist - sie klingt so ähnlich, aber jedes mal, wenn ich versuche daran zu denken fällt mir Jordanien ein. (circa eine Minute Pause). Jerusalem! Natürlich – es ist Jerusalem.

Im Gegensatz zu Versprechern, die ebenfalls Probleme bei der Sprachproduktion darstellen, wurden TOTS bislang nur vereinzelt untersucht. Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Promotionsarbeit liegt in einer umfassenden Darstellung des TOT-Phänomens. Dabei wurden vier Teilziele verfolgt.

Zunächst wurde ein Überblick über die verschiedenen Untersuchungen zum Thema TOT geschaffen. Dabei wurden die zahlreichen, vereinzelt Aufsätze zum Thema TOT, die sich durch unterschiedlichste Ansätze, Methoden und Ergebnisse auszeichnen, miteinander verglichen, in Bezug zueinander gestellt und diskutiert.

¹ Im folgenden steht die Abkürzung TOT für *tip of the tongue* und TOTS für *tip of the tongue state/s*, wobei sich die jeweilige Form aus dem Kontext ergibt.

² Der Dialog stammt aus den Voruntersuchungen, die für die vorliegende Arbeit unternommen wurden.

Zweitens wurden die bestehenden Theorien über die möglichen Ursachen von TOTS eingehend untersucht. Da diese nicht isoliert diskutiert werden können, wurden gleichzeitig die für eine umfassende Betrachtung des TOT-Phänomens relevanten Aspekte des Sprachproduktionsmodells von Levelt herausgearbeitet.

Drittens wurden eigene Untersuchungen zum TOT-Phänomen in Form von Interviews mit englischen und deutschen Studenten durchgeführt. In diesen Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß die in der Literatur vorherrschende Meinung, TOTS ließen sich nicht einfach provozieren, unzutreffend ist. Dabei hat sich herausgestellt, daß sich TOTS leicht provozieren lassen, indem man Personen die Aufgabe stellt, möglichst viele Begriffe einer gegebenen Kategorie zu benennen. Über neunzig Prozent aller befragten Personen gerieten allein durch die Frage, welche Affenarten ihnen bekannt seien, nachdem sie einige Affenarten genannt hatten, beim Übergang vom aktiven in den passiven Wortschatz in einen TOTS. Bei diesen Befragungen hat sich darüber hinaus gezeigt, daß sich das Interview als Methode zur Untersuchung von TOTS wesentlich besser eignet als die bislang angewandten Methoden der Introspektion, der *diary-studies* oder der gleichzeitigen Befragung großer Personengruppen mit allgemeinen Wissensfragen. Ferner haben diese Untersuchungen gezeigt, daß es kein einheitliches TOT-Phänomen gibt, wie es bislang in der Literatur beschrieben wurde, sondern vielmehr eine Reihe unterschiedlicher TOT-Phänomene, die jeweils ihre spezifischen Charakteristika aufweisen.

Viertens wurde ein neuer Erklärungsansatz für die Entstehung von TOTS entwickelt, der über die bislang bestehenden TOT-Theorien hinausgeht. Der Ansatz beruht auf der Simulation der Aktivierung von Wortformen bestimmter Begriffe mit Hilfe eines künstlichen neuronalen Netzes. Durch die Berücksichtigung der dynamischen Prozesse in diesem künstlichen neuronalen Netz, ergaben sich eine Reihe von neuen Interpretationsmöglichkeiten für die Entstehung von TOTS.

2.0 State of the Art

In diesem Kapitel wird ein ausführlicher Überblick über den Stand der TOT-Forschung gegeben. Dabei werden anfänglich die TOT-Forschung historisch skizziert und die Vor- und Nachteile der jeweiligen Forschungsansätze diskutiert, um einen Eindruck zu vermitteln, wie es zur aktuellen Forschungssituation gekommen ist. Die Fülle von Abhandlungen zu diesem Thema macht einige Eingrenzungen notwendig. Da die systematischen und experimentellen Untersuchungen zu TOTS erst mit dem 1966 erschienenen Aufsatz von Brown & McNeill¹ beginnen, werden aus der Zeit vor 1966 nur drei Arbeiten, die als Wegbereiter für den Forschungsgegenstand betrachtet werden können, diskutiert. Daraufhin wird die Arbeit von Brown & McNeill in allen wichtigen Punkten detailliert diskutiert, da sie die Grundlage und den Ausgangspunkt nahezu aller weiteren Untersuchungen bildet. Schließlich werden die aktuellen, teils sehr spezifischen Forschungsergebnisse nicht mehr historisch, sondern themengebunden dargestellt, da ihre historische Einbindung für die vorliegende Arbeit nur von sekundärem Interesse ist.²

Ferner können angrenzende Forschungsgebiete (z.B. Aphasieforschung, Versprechertheorie oder *Feeling of Knowing*³) nur vereinzelt aufgegriffen werden.

¹ Brown, R. & McNeill, D. (1966). "The Tip of the Tongue" Phenomenon. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 5. Seite 325-337.

² Weitere Arbeiten, die für den Forschungsgegenstand wissenschaftshistorischen Wert haben, jedoch in dieser Arbeit nicht eingehender diskutiert werden, sind: 1) Selz, O. (1924). *Die Gesetze der produktiven und reproduktiven Geistestätigkeit*. 2) Hermann, E. (1931). *Beobachtungen über das Sichbesinnen auf Namen*. und 3) Wenzl, A. (1936). *Empirische und theoretische Beiträge zur Erinnerungsarbeit bei erschwelter Wortfindung*.

Für eine kurze Darstellung der historischen Entwicklung des Forschungsfeldes Wortfindung, sowie damit verwandter Themen siehe auch: Herrmann, T. (1992). *Sprachproduktion und erschwerte Wortfindung*. In: Sprache und Kognition 11. Seite 183 ff.

³ Im folgenden kurz FOK. Den Versuch, die Phänomene TOT und FOK miteinander zu vergleichen, haben u.a. Yaniv & Meyer unternommen. Dabei hat sich gezeigt, daß die Phänomene *prima facie* zusammenhängen, sich jedoch in wenigstens einem Punkt unterscheiden: TOTS sind unfreiwillige Zustände, welche nur unter bestimmten Bedingungen auftreten, wohingegen FOK-Einschätzungen zu beliebigen Themen und Fragen jederzeit erbracht werden können. Siehe z.B. Yaniv, I. & Meyer, D. (1987). *Activation and metacognition of inaccessible stored information*. Seite 187-205. Oder:

Auch die Einbettung der TOT-Forschung in größere Zusammenhänge wie Bewußtseinstheorien oder eine allgemeine Gedächtnistheorie wird nur ansatzweise versucht, da das Thema für sich genommen bereits sehr komplexe Strukturen aufweist.⁴

2.1 Frühe Beschreibungen und erste methodologische Zugänge zum TOT - Phänomen

In diesem Abschnitt werden drei Ansätze, Wortfindungsschwierigkeiten zu beschreiben, wiedergegeben. Die drei Ansätze stammen von William James, Sigmund Freud und Robert Woodworth. Der erste Ansatz stammt von William James und ist eher von wissenschaftshistorischem Wert, da James keine befriedigende Erklärung für seine introspektiven Beobachtungen bietet. Er wird hier angeführt, um zum einen zu zeigen, wie sich die Metaphorik, Methodik und Interpretationsweise in über einhundert Jahren TOT-Forschung verändert haben und zum anderen, um zu zeigen, wie richtungsweisend seine Arbeit dennoch war, da James bereits versuchte, seine Beobachtungen mit theoretischen Überlegungen zu Gehirnfunktionen zu verknüpfen.

Der zweite Erklärungsversuch stammt von Sigmund Freud. Obwohl Freud primär psychoanalytische, also extralinguistische Mechanismen als Ursache für Wortfindungsschwierigkeiten in Betracht zog, was in späteren Forschungsansätzen kaum mehr der Fall ist, wird er hier angeführt, weil er vielfältige Beispiele ausführlich diskutiert, seine Gedankengänge, die seine Beobachtungen und seinen Erklärungsansatz verknüpfen, detailliert nachzeichnet und weil er das Phänomen

Gruneberg, M. & Monks, J. (1974). *Feeling of Knowing and Cued Recall*. Seite 257-265.

⁴ Obwohl sich die TOT-Forschung gerade für die konstruktivistisch ausgerichtete Bewußtseinsforschung, die von emergenten Strukturen ausgeht, also das Bewußtsein als Epiphänomen neurophysiologischer Prozesse ansieht, gut für die jüngst entstandene Teildisziplin der Kognitionstheorie, der 'experimentellen Epistemologie' eignet, weil sich quasi in Zeitlupe ein ganz bestimmter Bewußtseinszustand herauskristallisiert, während eine Person nach einem Wort sucht. Siehe dazu: Peschl, M. (1990). *Cognitive Modelling*. Seite 30 ff. Oder: Kurthen, M. (1990). *Das Problem des Bewußtseins in der Kognitionswissenschaft*. Oder: Schnabel, U. & Sentker, A. (1997). *Wie kommt die Welt in den Kopf?*

des 'Ersatznamens' beschrieb, welches in der aktuellen Diskussion um die Ursachen von TOTS eine wichtige Rolle spielt (siehe Kapitel 3). Außerdem soll kurz gezeigt werden, daß auch Freud zu denjenigen Forschern gehörte, die schon sehr früh, das heißt Ende des letzten Jahrhunderts, einen Zusammenhang zwischen mentalen Ereignissen und neuronaler Anatomie suchten.

Schließlich werden die Überlegungen von Robert Woodworth vorgestellt, da sein Erklärungsansatz bzw. seine Konzeption des 'Interlopers', die insofern gravierend von Freuds 'Ersatznamen' abweicht, als ihr eine verursachende Rolle zugeschrieben wird, noch immer im Fokus der aktuellen TOT-Forschung liegt.

2.1.1 Die Beschreibung von Wortfindungsproblemen durch William James

Bereits 1893 beschrieb der amerikanische Philosoph und Psychologe William James im Rahmen eines allgemeinen Überblicks über die Psychologie den Bewußtseinszustand, in dem sich ein Mensch befindet, der nach einem Wort bzw. nach einem Namen sucht, von dem er mit großer Sicherheit sagen kann, daß er dieses kennt und eventuell auch angeben kann, in welchem Zusammenhang er das gesuchte Wort zum letzten Mal gehört hat, aber 'vorübergehend vergessen' hat:

Suppose we try to recall a forgotten name. The state of our consciousness is peculiar. There is a gap therein; but no mere gap. It is a gap that is intensely active. A sort of wraith of the name is in it, beckoning us in a given direction, making us at moments tingle with the sense of our closeness and then letting us sink back without the longed-for term.⁵

Interessant an dieser Beschreibung ist zum einen die verwendete Metaphorik von Lücken und Geistern, die für TOTS verwendet wird. Es wird sich zeigen, daß die Aktivierungs- und Hemmungsmetaphorik, welche weiter unten dargestellt wird, ohne 'Geistererscheinungen' auskommt. Auch die Metapher, die James allgemein für das Durchsuchen des Gedächtnisses benutzt und die noch heute häufig für eine falsche Betrachtungsweise sorgt, muß ersetzt werden: "In short, we make search in

⁵ James, W. (1950). *The principles of psychology: Vol. I*. Seite 251.

our memory for a forgotten idea, just as we rummage our house for a lost object."⁶
 Die Voraussetzungen für eine solche Suche im Gedächtnis, die analog zu der Suche von Gegenständen in einem Haus funktioniert, wären zumindest:

a) daß man weiß, wonach man sucht und b) daß das gesuchte Objekt lokalisierbar ist. Das hieße jedoch, daß man a) von der Semantik aus mit dem Auftrag in die Phonologie startet: 'Suche eine Wortform mit diesen und jenen Eigenschaften'. Doch wenn diese Eigenschaften bekannt sind, dann ist ja eben die Wortform, die sich aus diesen Eigenschaften konstituiert, bereits bekannt. Und b) daß Wortformen irgendwie mit 'realen' Objekten vergleichbar sind, die man suchen kann. Wortformen sind jedoch keine 'realen' Objekte wie Schlüssel oder Geldbeutel und können dementsprechend nicht wie diese gesucht werden.

Aus konnektionistischer Sichtweise, die von verteilter Repräsentation und von sich ausbreitender Aktivierung ausgeht, stellt sich dieses Problem so nicht mehr (siehe Kapitel 5).

Andererseits hat auch James bereits versucht, seine Beobachtungen in bezug auf das Gedächtnis mit den damaligen, noch sehr lückenhaften Erkenntnissen über das Gehirn zu verknüpfen, auch wenn er dies nicht explizit für die Wortfindungsprozesse formulierte, sondern allgemein für assoziative Gedächtnisprozesse, die er 'Reproduktionen' nannte:

Wenn a, b, c, d, e zum Beispiel die durch den letzten Akt des Dinners, nennen wir ihn A, erregten Nervenprozesse sind, und l, m, n, o, p diejenigen, die dem Nachhausegehen durch die frostige Nacht, was wir B nennen können, entsprechen, dann muß der Gedanke an A den an B erwecken, weil a, b, c, d, e sich samt und sonders durch die Bahnen, durch welche ihre erste Entladung stattfand, in l entladen werden.⁷

Diese nicht exakt ausformulierten und spekulativen Vorstellungen von Assoziationsbahnen, deren Erregung in einem bestimmten Gehirnareal zu weiteren Entladungen in anderen Gehirnarealen führen kann und deren Ursache James in der Erregung von Nervenprozessen vermutete, nimmt wichtige Aspekte moderner, neuronaler Theorien vorweg. Ohne genaue Angaben zu machen, welche Mechanismen für das Funktionieren dieser angenommenen, assoziativen

⁶ James, W. (1950). Seite 251.

⁷ James, W. (1920). *Psychology*. Leipzig. Seite 260.

Verbindungen verantwortlich sind, und ohne weitere Hypothesen über deren Zustandekommen anzugeben, wurde das beschriebene Beispiel von James folgendermaßen skizziert:

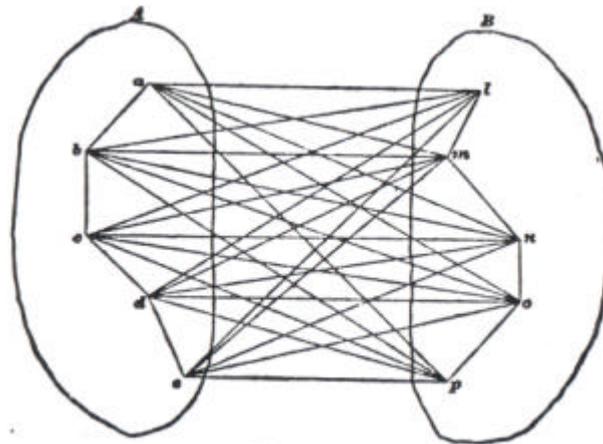


Fig. 57.

Abbildung 1: Assoziative Verbindungen zwischen zwei erinnerten Ereignissen. James, W. *Psychologie*. Seite 260.

Leider wird auch nicht weiter expliziert, wie die 'elementaren Nervenprozesse', die diesen Assoziationen zugrunde liegen sollen, aussehen, und wie deren Zusammenspiel zu anderen Gedächtnisphänomenen beiträgt. Außerdem fällt auf, daß James seine phänomenologische Betrachtungsweise durch Introspektion und nicht durch Befragungen von Versuchspersonen gewonnen hat. James schreibt dazu in seinem Kapitel über die Methoden der Psychologie: "Introspective Observation is what we have to rely on first and foremost and always."⁸ Auch die methodologischen Probleme der Introspektion bzw. der Datenerhebung generell werden weiter unten noch eingehend diskutiert. Ferner werden die Andeutungen in bezug auf die emotionalen Aspekte des Wortsuchens eine Rolle bei der endgültigen Definition von TOTS spielen, da die Diskussion, ob bestimmte emotionale Begleiterscheinungen eine notwendige Bedingung dafür sind, von TOTS zu sprechen, bis heute nicht abgeschlossen ist.

Ein weiteres Teilphänomen der Wortfindungsproblematik, welches James beschreibt, bezieht sich auf die Fähigkeit, in kürzester Zeit eine Entscheidung treffen zu können, ob ein durch eine andere Person vorgeschlagenes Wort dem

⁸ James, W. (1950). Seite 185.

gesuchten Zielwort entspricht:

If wrong names are proposed to us, this singularly definite gap acts immediately so as to negate them. They do not fit into its mould. And the gap of one word does not feel like the gap of another, all empty of content as both might seem necessarily to be when described as gaps.⁹

Diese Fähigkeit entspricht ungefähr dem Prozeß, der in neuerer Terminologie als *pattern matching* bezeichnet wird.¹⁰ Für den Vergleich des gebotenen Wortes mit dem gesuchten Wort müssen Informationen des Zielwortes bekannt sein. Die Frage, um welche Informationen es sich dabei handelt, ist selbst zum Forschungsgegenstand geworden und wird eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Ursache von TOTS spielen.¹¹ James sagt dazu wiederum leider nur sehr wenig:

The rhythm of a lost word may be there without a sound to clothe it; or the evanescent sense of something which is the initial vowel or consonant may mock us fitfully, without growing more distinct.¹²

Diese introspektive Beobachtung des möglichen Vorhandenseins bestimmter Teilinformationen des Zielwortes während des Wortfindungsprozesses hat sich zu einem der wichtigsten Untersuchungsgegenstände der TOT-Forschung entwickelt. Welche Teilinformationen dabei am häufigsten korrekt angegeben werden können, wird in den folgenden Kapiteln detailliert untersucht. Schließlich trifft James in einem ganz anderen Zusammenhang noch eine Aussage darüber, welche Wörter bzw. welche Wortkategorie am häufigsten zu Wortfindungsschwierigkeiten führen:

⁹ James, W. (1950). Seite 251.

¹⁰ Zur Untersuchung dieser Fähigkeit hat sich in der Psycholinguistik das Testparadigma der *lexical decision task* entwickelt. Hier wird zum Beispiel systematisch getestet, wie schnell Menschen entscheiden können, ob ein vorgegebenes Wort zu einer bestimmten Sprache gehört oder nicht. Siehe dazu: Rickheit, G. & Strohner, H. (1993). *Grundlagen der kognitiven Sprachverarbeitung*. Seite 112.

¹¹ Siehe dazu: Koriat, A. & Lieblich, I. (1974). *What does a person in a TOT state know that a person in a "don't know" state doesn't know*. In: *Memory & Cognition* 2. Seite 647-655.

¹² James, W. (1950). Seite 252.

When memory begins to decay, proper names are what go first, and at all times proper names are harder to recollect than those of general properties and classes of things.¹³

Diese Aussage, die einen gewissen prognostischen Wert besitzt, ist, wie sich in den folgenden Kapiteln zeigen wird, vielfach bestätigt worden und kann damit erklärt werden, daß Eigennamen kaum semantische Merkmale besitzen, weshalb es weniger Verbindungen zwischen semantischen und phonologischen Merkmalen gibt. Auch dieser Punkt wird in den folgenden Kapiteln noch präziser bestimmt werden.

Festzuhalten bleibt, daß William James, der als einer der ersten Forscher das Phänomen der Wortfindungsschwierigkeit überhaupt beschrieben und thematisiert hat, eine nachvollziehbare, phänomenologische Beschreibung¹⁴ lieferte, diese jedoch nicht ausreichend mit Daten belegte, keine Differenzierung in unterschiedliche Ausprägungen und Auftretensweisen des Phänomens vornahm und keinen Erklärungsansatz dafür bot.

Im folgenden wird Sigmund Freuds Ansatz zu Wortfindungsschwierigkeiten diskutiert, bei dem extralinguistische Faktoren die entscheidende Rolle für Wortfindungsprobleme spielen.

2.1.2 Die Beschreibung von Wortfindungsproblemen durch Sigmund Freud

Sigmund Freud, der sich über viele Jahre mit menschlichen Fehlleistungen und insbesondere mit dem Vergessen von Wörtern auseinandergesetzt hat, bietet ein breites Spektrum an Einzelbeobachtungen bei sich selbst und führt zudem viele Beispiele an, welche ihm von anderen Personen zugetragen wurden. Für bestimmte Fälle, in welchen "[...] nicht nur vergessen, sondern auch falsch erinnert"¹⁵ wird,

¹³ James, W. (1950). Seite 683.

¹⁴ An dieser Herangehensweise hat insbesondere Levelt Kritik geübt: "[...] phenomenology is not of much help in dissecting the process of lexical access." Levelt, W.J.M. (1993). *Lexical Access in Speech Production*. Cambridge MA. Seite 20.

¹⁵ Freud, S. (1947). *Zur Psychologie des Alltagslebens*. Seite 6.

bietet er eine Erklärung an, die sowohl über die Erklärungsansätze der Linguistik als auch über Erklärungsansätze anderer psychologischer Ansätze hinausgeht. Dabei bezieht Freud sich primär auf Eigennamen, wengleich er auch Beispiele für andere Wortarten, Fremdwörter und ebenfalls für ganze Wortfolgen diskutiert, für deren 'zeitweiliges Vergessen' er jeweils die gleichen Ursachen vermutet, nämlich bewußt oder unbewußt zurückgedrängte Intentionen.¹⁶ Diese Intentionen werden laut Freud unterdrückt, da sie mit den tabuisierten Themen *Tod* oder *Sexualität* hätten verknüpft werden können und somit "[...] stets zu intimen und für den Analysierten peinlichen Dingen hinleiten."¹⁷ Folgendes Beispiel, das ursprünglich 1898 in der „Monatszeitschrift für Psychiatrie und Neurologie“ unter dem Titel "Zum psychischen Mechanismus der Vergeßlichkeit" erschien, soll Freuds Vorstellungen zu Wortfindungsproblemen verdeutlichen.

Freud hatte die Absicht, einen Gesprächspartner zu fragen, ob dieser die Fresken des italienischen Malers Signorelli kenne, doch der Name des Malers wollte ihm nicht einfallen. Statt dessen fielen ihm zwei Namen anderer italienischer Maler ein, von welchen er sofort mit Bestimmtheit sagen konnte, daß diese nicht die richtigen sind:

Dem sich um den entfallenen Namen Bemühenden kommen andere - Ersatznamen - zum Bewußtsein, die zwar sofort als unrichtig erkannt werden, sich aber doch mit großer Zähigkeit immer wieder aufdrängen. [...] Anstatt des gesuchten Namens - Signorelli - drängten sich mir zwei andere Namen auf - Botticelli und Boltraffio -, die mein Urteil sofort und entschieden als unrichtig abwies. Als mir der richtige Name von fremder Seite mitgeteilt wurde, erkannte ich ihn sogleich und ohne Schwanken.¹⁸

Freud geht davon aus, daß entweder in einem vorherigen oder im aktuellen Gesprächsthema verdrängte Intentionen über assoziative Beziehungen zu dem Wort

¹⁶ Siehe dazu auch: Schüttauf, K. & Bredenkamp, J. & Specht, E. (1997). *Induzierte "Freudsche Versprecher" und zwangsneurotischer Konflikt*. Sprache & Kognition 16. Seite 4.

¹⁷ Freud, S. (1947). Seite 26. Weitere Beschreibungen für Ursachen von Wortfindungsproblemen bzw. 'temporären Amnesien', wie Freud sie auch nennt, sind 'Komplexe' (Seite 28), 'sublimierter Groll' (Seite 32), 'schlechtes Gewissen' (Seite 34), 'Schuldgefühle' (Seite 39), 'erotischer Zweck' (Seite 43).

¹⁸ Freud, S. (1947). Seite 6.

stehen, welches nicht erinnert werden kann. Diese Assoziationen können semantischer oder phonologischer Natur sein.¹⁹

Im vorliegenden Beispiel interpretiert Freud seine Unfähigkeit, das Wort 'Signorelli' zu produzieren, folgendermaßen: Aus 'Signorelli' läßt sich 'Signor' herauslösen, was übersetzt 'Herr' heißt. 'Herr' wiederum erinnert Freud an 'Herzegowina und Bosnien' und einen weiteren Satz, in welchem das Wort 'Herr' vorkommt. Mit diesen Erinnerungen sind bei Freud einmal das Thema *Tod* und einmal das Thema *Sexualität* verbunden.²⁰ Das folgende Diagramm zeigt die Zusammenhänge zwischen den beteiligten sprachlichen Elementen und den außersprachlichen Faktoren, welchen Freud die Ursache für seine Wortfindungsschwierigkeit zuschreibt:

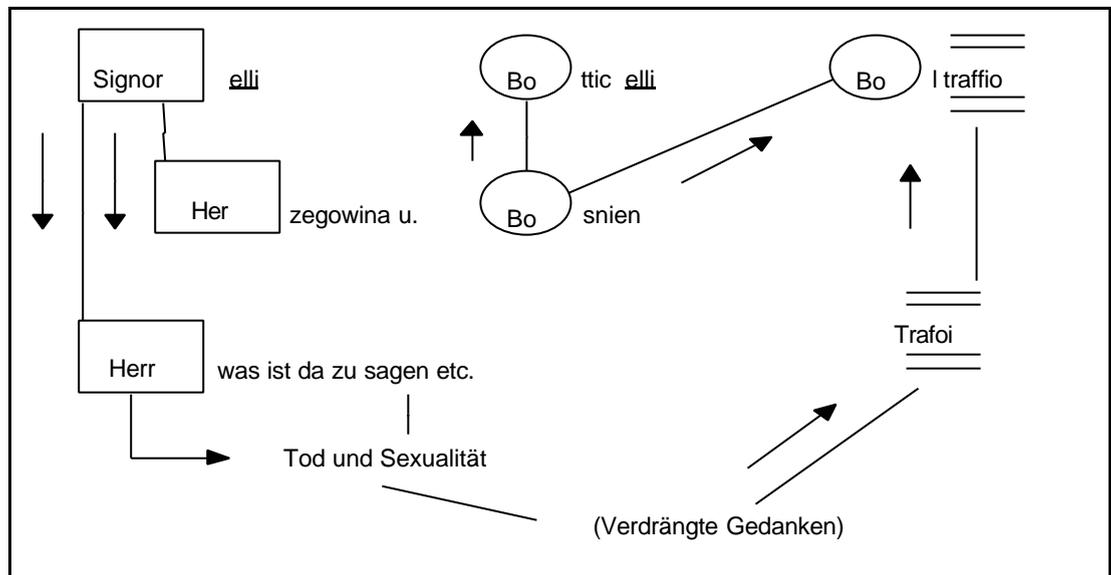


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Gedankengänge bei einem Wortfindungsproblem. Nach Freud, S. *Zur Psychopathologie des Alltagslebens*. Seite 9.

Das Problem dieser Interpretation liegt darin, daß sich jedes Wort via Assoziationen und Übersetzungen in einen Kontext, der Tod oder Sexualität zum Thema hat, überführen läßt. Zumal wenn beliebige phonemische Teilfolgen aus dem Wort herausgelöst werden können, wie etwa im obigen Beispiel 'Bo' aus 'Boltraffio'. Die Problematik wurde auch von Freud selbst erkannt:

¹⁹ Freud spricht von *inhaltlichen Zusammenhängen* und *äußeren Assoziationen*.

²⁰ Eine ausführliche Beschreibung dieser Verbindungen findet sich bei: Freud, S. (1947). Seite 7-13.

In einer großen Reihe von Fällen wird ein Name vergessen, nicht weil er selbst solche Motive wachruft, sondern weil er durch Gleichklang und Lautähnlichkeit an einen anderen streift, gegen den sich diese Motive richten. Man versteht, daß durch solche Lockerung der Bedingungen eine außerordentliche Erleichterung für das Zustandekommen des Phänomens geschaffen wird.²¹

Freud weist ferner darauf hin, daß er die angesprochene Ursache für Wortfindungsschwierigkeiten nicht als die einzig mögliche Ursache ansieht, sondern als ein mögliches unter mehreren 'Motiven' für solche Probleme, wobei er jedoch keine anderen Motive beschreibt. Außerdem bleibt festzuhalten, daß Freud nichts über die Art und Weise sagt, wie die vergessenen Namen wieder in das Gedächtnis zurückkehren und warum die Verdrängungsmechanismen dann nicht mehr greifen, respektive warum sie dann nachlassen.²²

Soweit zu den extralinguistischen Motiven, die im weiteren Verlauf der Arbeit kaum noch eine Rolle spielen werden, aber auch nicht völlig ignoriert werden sollten, da sie offensichtlich Einfluß auf die Sprachplanung haben, wenngleich sich dieser Einfluß nicht klar definieren läßt.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die zwei wichtigsten Punkte bei Freuds Beschreibungen von Wortfindungsproblemen zum einen darin bestehen, daß Freud den Begriff der Hemmung ins Spiel bringt, also die Vorstellung, daß ein Wort nicht nur einfach nicht gefunden wird, sondern durch hemmende Mechanismen vorübergehend unzugänglich gemacht wird, und zum anderen, daß die Grenze zwischen linguistischen und extralinguistischen Faktoren noch eingehender untersucht werden muß.²³ Leider finden sich keine Hinweise darauf, wie die Verdrängungsmechanismen, die Freud postuliert, konkret funktionieren könnten. In dem neuronalen Modell, welches weiter unten vorgestellt wird, lassen sich

²¹ Freud, S. (1947). Seite 38/39.

²² Sicherlich kennen die meisten Menschen das Phänomen, daß ein lang gesuchtes Wort sich in einem völlig anderen Kontext plötzlich spontan aufdrängt, wie das auch bei unerwarteten Lösungen von anderen Problemen der Fall sein kann. Solche sogenannten *pop ups* können für die betroffene Person zu noch viel peinlicheren Situationen führen. Dieses wurde von Freud jedoch nicht thematisiert.

²³ Der Einfluß extralinguistischer Faktoren, wie etwa emotionaler Zustände, auf den Zugriff auf das mentale Lexikon wird in keinem der modernen Einführungen in das mentale Lexikon berücksichtigt. Auch die vorliegende Arbeit kann dieses Thema leider nur streifen.

Hemmungs-Mechanismen sehr einfach aus den Grundannahmen der neurophysiologischen Ebene ableiten (siehe Kapitel 5). Da eines der Ziele dieser Arbeit eine Computersimulation mit Hilfe künstlicher neuronaler Netze ist, sei an dieser Stelle noch erwähnt, daß Freud bereits 1895, also zu einer Zeit, in welcher noch nicht einmal sicher geklärt war, ob das Gehirn aus einzelnen Nervenzellen besteht,²⁴ erste spekulative, neuronale Schaltkreise entwickelte, die als Vorläufer vieler späterer Modelle aufgefaßt werden können:

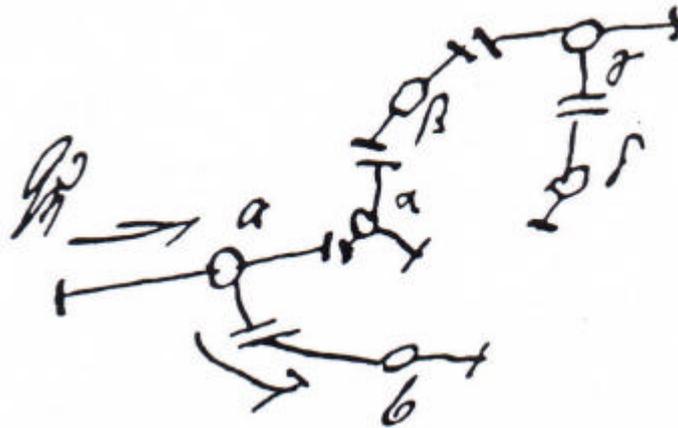


Abbildung 3: Neuronale Verschaltungen, gezeichnet von Sigmund Freud. Der Pfeil nach rechts oben symbolisiert die einströmende Energie eines externen Reizes. Der Pfeil nach rechts unten symbolisiert aufgrund von Hemmung umgeleitete Energie. Aus: Spitzer, M. *Geist im Netz. Modelle für Lernen, Denken und Handeln*. Seite 3.

Im folgenden Kapitel wird der Ansatz von Robert Woodworth diskutiert, in dem die Hemmung eines Wortes ebenfalls eine große Rolle spielt, jedoch auf ganz andere Weise interpretiert wird.

²⁴ Für den Nachweis, daß das Gehirn kein *Syncytium* darstellt, sondern aus einzelnen Nervenzellen besteht, bekamen Golgi und Ramón y Cajal 1906 den Nobelpreis für Medizin.

2.1.3 Die Beschreibung von Wortfindungsproblemen durch Robert Woodworth

Ähnlich wie William James und Sigmund Freud hat Robert Woodworth einen relativ kleinen Datensatz natürlich vorkommender, also nicht absichtlich provoziertes TOTS beobachtet und versucht, die einzelnen Vorkommnisse zu erklären. Auch Woodworth sieht die Ursache für TOTS in der Verdrängung des gesuchten Wortes, wobei laut Woodworth die Verdrängung nicht wie bei Freud durch tabuisierte Themen zustande kommt, sondern durch sogenannte *interloper*. *Interloper* sind Wörter, deren Wortform²⁵ dem Zielwort ähneln:

[...] the initial sound of the true name is likely to be present in the recalled name, though not always in the first position. The number of syllables and the accent are usually preserved.²⁶

Der Unterschied zu Freuds 'Ersatznamen' liegt darin, daß die *interloper* bei Woodworth nicht mehr nur Begleit- oder Folgeerscheinungen sind, sondern als die Ursache für TOTS angesehen werden.²⁷ Damit verschiebt sich der Fokus von extralinguistischen Faktoren auf linguistische Faktoren.

Gleichgeblieben ist jedoch die Methode der zufälligen Beobachtung des Phänomens. Werden die Beobachtungen bei anderen Personen gemacht, die nicht wissen, daß sich der Beobachter mit dem Phänomen beschäftigt, so haben diese 'natürlich' vorkommenden TOTS den Vorteil, daß sie nicht methodisch beeinflusst sind. Der Nachteil liegt darin, daß man bei der Analyse auf wenige, unsystematisch gesammelte Beispiele angewiesen ist, da TOTS durchschnittlich nur etwa einmal pro Woche auftreten, wie sich weiter unten noch zeigen wird. Eine Kompromißlösung, welche aus dieser methodologisch schwierigen Situation entstanden ist, besteht in sogenannten *diary studies*, in welchen die Probanden die

²⁵ 'Wortform' bezieht sich hier lediglich auf Silbenzahl und phonemische Ähnlichkeit. Der Begriff wird in der TOT-Literatur häufig verwendet, ohne klar definiert zu werden. Manche Autoren verstehen darunter ebenfalls orthographische, prosodische oder kategoriale Merkmale.

²⁶ Woodworth, R. (1929). *Psychology*. Seite 100.

²⁷ Da es sich hier lediglich um die Darstellung der historischen Entwicklung des Forschungsgebietes handelt, wird erst weiter unten auf die Frage eingegangen, inwieweit sich Woodworths Beobachtungen bestätigen lassen.

Aufgabe gestellt bekommen, innerhalb eines bestimmten Zeitraumes (meistens innerhalb von 1-4 Wochen) ihre persönlichen TOT-Erfahrungen zu protokollieren.²⁸

Diese und ähnliche Studien werden im weiteren noch besprochen.

Bei Woodworth findet sich zudem ebenfalls noch die Auffassung, daß die Methode der Introspektion für die Erforschung des Gedächtnisses gewinnbringend eingesetzt werden kann. Er schreibt: "As we can not enter directly into the consciousness of our fellows, each observer must examine his own, by introspection."²⁹ Seine Überlegung, daß die Beobachtung der eigenen Zustände möglich und notwendig ist, rechtfertigt Woodworth mit seiner Vorstellung, daß das Bewußtsein aus mehreren Teilen besteht, wobei ein Teil des Bewußtseins einen anderen beobachten kann:

That introspection is to some degree possible arises from the fact that the consciousness of a moment is not an indivisible unit, but has parts. More than one process may simultaneously go on in it, and one of the simultaneous processes may consist in observation.³⁰

Woodworth schlußfolgert schließlich, daß die Methode der Introspektion durchaus wissenschaftlichen Charakter hat: "[...] introspection can be made to give data of sufficient precision for scientific use."³¹ Diese Sichtweise wurde besonders im Zusammenhang mit dem Zugriff auf das mentale Lexikon von Levelt kritisiert:

We can even reject a word that jumps to mind and go for a more appropriate one. But we cannot trace the process by which we retrieve a word to start with. Introspection is largely useless in the study of lexical access.³²

Die Abkehr von der Methode der Introspektion hat sich jedoch nicht ganz vollzogen. Bei neueren Ansätzen wird zwar zumeist keine direkte Introspektion betrieben, aber auch kein rein behavioristischer Ansatz verfolgt. Vielmehr werden

²⁸ Siehe dazu: Reason, J & Lucas, D. (1984). *Using cognitive diaries to investigate naturally occurring memory blocks*. Seite 53-69. Diese Arbeit wird im Zusammenhang mit TOT-Vorkommenshäufigkeiten nochmals diskutiert.

²⁹ Woodworth, R. (1908). *Psychology*. Seite 6.

³⁰ Ebd. Seite 7.

³¹ Ebd. Seite 9.

³² Levelt, W.J.M. (1993). Seite 2.

die quantitativ gewonnenen Daten noch immer mit Hilfe der Introspektion auf Plausibilität geprüft, respektive entstammen die Daten selbst den Introspektionen der Versuchspersonen. Dies liegt nicht zuletzt daran, daß sich TOTS über einen im Vergleich zu anderen kognitiven Prozessen der Sprachproduktion langen Zeitraum erstrecken, weshalb hier introspektive Beobachtungen erleichtert werden. Die Frage nach der besten Methode zur Untersuchung von TOTS wird sich im weiteren Verlauf der Arbeit immer wieder stellen, da mittlerweile eine Methodenpluralität entstanden ist, wobei auch verschiedene Methoden miteinander kombiniert werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Woodworth besonders aufgrund seiner Annahme, daß *interloper* einen hemmenden Effekt auf das gesuchte Zielwort haben, noch heute stark diskutiert wird. In Kapitel 3 werden einige Arbeiten vorgestellt, deren Ziel es war, eine Differenzierung von *interlopern* vorzunehmen und deren jeweilige Rolle bei der Wortfindung zu ergründen. Ferner wird sich im folgenden zeigen, wie die Kritik an Woodworths Untersuchungsmethode und die Tatsache, daß Woodworth keine Hinweise darauf gab, wie die von ihm angenommenen Hemmungsmechanismen, die von den *interlopern* ausgehen sollen, im einzelnen konkret aussehen könnten, zu verschiedenen Untersuchungsparadigmen geführt haben.

2.2 Systematische Untersuchungen des TOT- Phänomens

Die Forschungslage vor 1966 zeichnet sich durch folgende Charakteristika aus. Anhand von überwiegend introspektiven Einzelbeobachtungen wurden einige Wortfindungsschwierigkeiten unsystematisch dokumentiert und daraufhin unterschiedlich interpretiert. Dabei wurde keine ausreichende Differenzierung verschiedener TOT-Phänomene vorgenommen. Da es sich bei TOTS um Wörter handelt, die nur vorübergehend nicht gefunden werden, wurden verschiedene Erklärungsansätze vorgeschlagen. Bei Henry James handelte es sich dabei um die metaphorische Übertragung des Suchens eines verlegten Gegenstandes in einem Haus auf das Suchen eines Wortes im mentalen Lexikon. Freud hingegen sah die Ursachen der vorübergehenden Wortfindungsschwierigkeit in der Verdrängung von Wörtern, die in einer assoziativen Verbindung zu tabuisierten Themen stehen.

Woodworth kam schließlich zu einer Interpretation, die nahelegt, daß Wörter bei ihrer Selektion einen hemmenden Einfluß auf andere Wörter ausüben. Alle Autoren haben darauf hingewiesen, daß während eines TOTS häufig Teilinformationen über das Zielwort verfügbar sein können, ohne diese jedoch genau spezifizieren zu können. Besonders die Frage, welche Teilinformationen während eines TOTS auftauchen, hat zu dem quantitativ ausgerichteten Forschungsgebiet geführt, das im folgenden vorgestellt wird. Dabei wird zunächst der mittlerweile klassische Aufsatz von Brown & McNeill, mit dem die Grundlage für systematische TOT-Studien gelegt wurde, dargestellt und diskutiert. Daraufhin wird ein Überblick über die verschiedenen Ansätze und Ergebnisse sowie über die Probleme der aktuellen TOT-Forschung gegeben, wobei es nicht möglich ist, jeden Autoren einzeln zu diskutieren, weshalb zu einer themenorientierten Darstellung übergegangen wird.

2.2.1 Die klassische Untersuchung von Brown & McNeill

Brown & McNeill kannten und bezogen sich auf die Arbeiten von Woodworth als auch die von Wenzl³³. Sie kritisierten an deren relativ kleinen Datensätzen natürlich vorkommender TOTS: "These data were [...] collected in an unsystematic fashion; and were analyzed in an impressionistic non-quantitative way."³⁴ Dennoch schlossen sie sich zunächst der Methode von Woodworth an, bemerkten jedoch, wie schwierig es war, untereinander vergleichbare und auswertbare Daten zu bekommen: "Several months of 'self-observation and asking-our-friends' yielded fewer than a dozen good cases and we realized that an improved method of data collection was essential."³⁵ Die Schwierigkeit der Datenerhebung veranlaßte Brown & McNeill zu verschiedenen Untersuchungen, in denen TOTS provoziert werden sollten.³⁶

³³ Z.B. Woodworth, R. (1929). und Wenzl, A. (1936).

³⁴ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 326.

³⁵ Ebd. Seite 326.

³⁶ Eine ähnliche Entwicklung hat in der Versprecherforschung stattgefunden. Da zwar Versprecher wesentlich häufiger auftreten als TOTS (ca. einmal pro tausend gesprochenen Wörtern), jedoch trotzdem nicht leicht zu vergleichen sind, verwenden einige Forscher sogenannte *tongue twister* (z.B. "Bob flew by Bligh Bay" oder "She sells sea shells on the sea shore"), um die Wahrscheinlichkeit

2.2.1.1 Die Versuchsanordnung von Brown & McNeill

Mit diesen Untersuchungen beginnt der Versuch, TOTS systematisch zu erforschen. Brown & McNeill führten zunächst zweistündige Interviews mit neun Versuchspersonen³⁷ durch. Sie lasen den Vps Definitionen von selten vorkommenden englischen Wörtern vor und baten sie, den dazugehörigen Begriff zu nennen. (z.B. "A navigational instrument used in measuring angular distances, especially the altitude of sun, moon, and stars at sea.")³⁸ Allein auf diese Weise konnten schon 57 TOTS provoziert und beobachtet werden - also ungleich mehr als dies in früheren Ansätzen möglich war. Die Form des Interviews ermöglichte es, die Vp direkt zu beobachten und zu entscheiden, ob sie sich momentan in einem TOTS befand oder nicht, da die Autoren a priori wußten, um welches Zielwort es sich handelte.³⁹ Als Kriterium dienten neben den Aussagen der jeweiligen Vp wiederum emotionale Aspekte: "[...] he would appear to be in mild torment, something like the brink of a sneeze, and if he found the word his relief was considerable."⁴⁰ Wenngleich die Definitionen, die Brown & McNeill für TOTS gaben, keine emotionalen Aspekte enthalten:

- a) The 'tip of the tongue' (TOT) phenomenon is a state in which one cannot quite recall a familiar word but can recall words of similar form and meaning.⁴¹
- b) If you are unable to think of the word but feel sure that you know it and that it is on the verge of coming back to you then you are in a TOT state [...]⁴²

Die Methode der Definitionsvorgabe brachte neben der erhöhten

und Kontrollierbarkeit von Versprechern zu steigern. Siehe dazu: Meyer, A.S. (1993). *Investigation of phonological encoding through speech error analysis: Achievements, limitations, and alternatives*. In: Levelt, W.J.M. *Speaking: From Intention to Articulation*. (1989). Seite 181-211.

³⁷ Im folgenden werden sämtliche Bezeichnungen (wie subjects, Probanden, Interviewpartner, etc.) aus Gründen der Einheitlichkeit in 'Versuchsperson' übersetzt und mit Vp/Vps abgekürzt.

³⁸ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 333. Das Zielwort war 'sextant'.

³⁹ Leider wurden nicht einmal exemplarisch Transkriptionen dieser Interviews abgedruckt, so daß es schwierig ist, sich ein genaueres Bild des Gesprächsverlaufes zu machen.

⁴⁰ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 326.

⁴¹ Ebd. Seite 325.

⁴² Ebd. Seite 327.

Vorkommenshäufigkeit von TOTS die Möglichkeit mit sich, den Informationsvorteil und die optimale Vorbereitung der Experimentatoren zu nutzen. Diese und ähnliche Herangehensweisen sind mittlerweile fester Bestandteil der modernen psycholinguistischen Forschung und werden als 'kontrollierte Elizitation' bezeichnet:

Um die Prozesse der Sprachproduktion genauer beobachten zu können, wozu meistens Zusatzaufgaben notwendig sind, muß dem Experimentator bekannt sein, welches Wort oder welchen Satz die Versuchsperson produzieren wird. Deshalb ist es für die experimentelle Untersuchung der Sprachproduktion äußerst wichtig, daß die Äußerung der Versuchsperson in kontrollierter Weise eliziert wird [...].⁴³

So wurden Vps, die sich gerade in einem TOTS befanden, von Brown & McNeill nach der Anzahl der Silben und nach dem ersten Buchstaben des gesuchten Wortes befragt, wobei in dieser ersten Versuchsreihe die erste Frage in 47% aller Fälle richtig beantwortet wurde und die zweite Frage in 51% aller Fälle.⁴⁴ Wie aussagekräftig solche statistischen Werte sind, wird weiter unten diskutiert. Zunächst wird die Hypothese wiedergegeben, zu welcher Brown & McNeill durch ihre Vorversuchsreihe kamen, da ihre weiteren Versuche darauf ausgelegt waren, diese zu überprüfen.

[...] while in the TOT state, and before recall occurred, Ss had knowledge of some of the letters in the missing word, the number of syllables in it, and the location of the primary stress. The nearer S was to successful recall the more accurate the information he possessed. The recall of parts of words and attributes of words is termed "generic recall".⁴⁵

Ermutigt durch die ersten Ergebnisse, starteten die Autoren eine größer angelegte Versuchsreihe mit 56 Studenten, die nicht mehr in Interviews befragt wurden, sondern Fragebögen ausfüllen mußten. Den Vps wurde eine Liste mit 49

⁴³ Rickheit, G. & Strohner, H. (1993). Seite 110.

⁴⁴ Da die Autoren jedoch immer nur die korrekten Teilinformationen, welche von den Vps angegeben wurden, betrachteten, gibt es keine Untersuchungsergebnisse über die fehlerhaften Angaben der Vps. Gerade diese können aber unter Umständen interessante Hinweise auf fehlerhafte Wortfindungsversuche geben. Einige Beispiele für solche 'falschen Fährten' finden sich in Kapitel 3.

⁴⁵ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 325. S steht im folgenden für *subject*, also Vp.

Wortdefinitionen von Wörtern vorgelesen, deren Vorkommenshäufigkeit laut *Thorndike-Lorge Word Book* zwischen mindestens einmal pro vier Millionen und unter einmal pro einer Million lag: "We thought the words used were likely to be in the passive or recognition vocabularies of our Ss but not in their active recall vocabularies."⁴⁶ Unter diesen 49 Wörtern gab es: 6 Wörter mit einer Silbe, 19 Wörter mit zwei Silben, 20 Wörter mit drei Silben und 4 Wörter mit vier Silben. Die insgesamt 2744 gestellten Fragen führten zu 360 TOTS, wobei nur in 233 Fällen das von der Vp gesuchte Wort mit dem kurz darauf gegebenen Zielwort übereinstimmte. Bei diesen 'positiven' TOTS, bei welchen eine Übereinstimmung zwischen gesuchtem Wort und Zielwort bestand, wurde zum einen überprüft, ob Silbenzahl und Anfangsbuchstabe richtig geschätzt worden waren und zum anderen, ob sonstige Wörter, die den Vps einfielen, a) phonologische Ähnlichkeiten (z.B. statt sextant - secant oder sextet) oder b) semantische Ähnlichkeiten (z.B. statt sextant - compass oder protractor) besaßen. Dabei ergab sich folgendes Bild: 224 Wörter besaßen phonologische Ähnlichkeiten, 95 Wörter besaßen semantische Ähnlichkeiten und der Rest keine Ähnlichkeiten zum Zielwort. Im folgenden werden diese Ergebnisse detailliert betrachtet.

⁴⁶ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 326.

2.2.1.2 Die Ergebnisse der Untersuchungen von Brown & McNeill

Die Verteilung der geschätzten Silbenzahlen aller Versuche ergab folgende Statistik:

		Guess. Numb.					No		
		1	2	3	4	5	Guesses	Mode	Mean
Actual	1	9	7	1	0	0	0	1	1.53
Num- bers	2	2	55	22	2	1	5	2	2.33
	3	3	19	61	10	1	5	3	2.86
	4	0	2	12	6	2	3	3	3.36
	5	0	0	3	0	1	1	3	3.50

Abbildung 4: Nach Brown & McNeill. *The Tip of the Tongue Phenomenon*. Seite 329. Mit eigener Hervorhebung der richtig geschätzten Silbenzahlen.

Die Zahlen der Hauptdiagonalen geben die Anzahl der richtig geschätzten Silbenzahlen wieder. Brown & McNeill sehen in diesem Ergebnis den Haupthinweis darauf, daß einer Vp kurz vor der Auflösung eines TOTS, respektive allgemein kurz vor dem Zugriff auf ein *item* des mentalen Lexikons, die Silbenzahl des Zielwortes bekannt ist. Dafür sprechen vor allem die guten Einschätzungen bei ein-, zwei-, und dreisilbigen Wörtern, die laut Brown & McNeill auch dem möglichen Einwand entgegenwirken, daß im Englischen ohnehin die meisten Wörter zwei-, oder dreisilbig sind, weil hier deutlich über 50% richtige Einschätzungen vorliegen, es also sehr unwahrscheinlich ist, daß einfach geraten wurde. Problematisch sind jedoch folgende Punkte:

Erstens: Die Statistik belegt zwar bei zwei- und dreisilbigen Wörtern eine Korrelation zwischen der tatsächlichen Silbenzahl der Zielwörter und der durchschnittlich geschätzten Silbenzahl, doch sind die wenigen Werte bei Wörtern mit vier oder fünf Silben überwiegend falsch. Brown & McNeill bieten dafür eine unbefriedigende ‘Lösung’:

Words of more than three syllables are rare in English and the generic entry for such words may be the same as for words of three syllables; something like „three or more“ may be used for all long words.⁴⁷

Diese Annahme weicht dem Problem, daß statistisch gesehen schlechte Schätzungen vorgenommen wurden, einfach aus. Außerdem ist gerade bei polysyllabischen Wörtern mit komplexer Morphologie sowie bei Komposita die Anzahl der Silben für das Betonungsmuster (syllabic stress) wichtig, da prosodische Information sowohl über die Wortkategorie als auch über die Wortsemantik entscheiden kann.⁴⁸

Zweitens: Durch den Methodenwechsel vom Interview zum Fragebogen wird nicht mehr deutlich, welchen Stellenwert die Vps der Silbenzahl beimessen bzw. wie die potentiell zur Verfügung stehende Information genutzt wird. In den für die vorliegende Arbeit geführten Interviews (Kapitel 4) wurde deutlich, daß nur selten eine klare und bestimmte Aussage über die Silbenzahl getroffen wird. Vielmehr werden Schätzungen, soweit sie überhaupt getroffen werden, durch Äußerungen der Unsicherheit eingeschränkt.⁴⁹ Zudem gibt es Wörter, bei welchen keine einhellige Meinung darüber besteht, aus wievielen Silben es sich zusammensetzt⁵⁰ (z.B. Gorilla oder Go-ril-la).

Drittens: Der Methodenwechsel von den Interviews zur gleichzeitigen Befragung vieler Personen verhinderte ebenfalls eine weitere Untersuchung der Vps, welche angaben, die Silbenzahl nicht zu wissen. Eine Befragung dieser Gruppe hätte das Gesamtergebnis verdeutlichen können, da es Vps gibt, die behaupten, daß ihnen die Silbenzahl nie bewußt wird bzw. daß sie die Silbenzahl erst a posteriori rekonstruieren müssen.

Viertens: Aufgrund der vielen anderen Wörter mit gleicher Silbenzahl kann die

⁴⁷ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 329.

⁴⁸ Siehe dazu: Roach, P. (1991). *English Phonetics and Phonology*. Seite 95 ff.

⁴⁹ Hier vorab einige Beispiele aus Interviews, die mit deutschen Vps geführt wurden und welche die Vagheit der Angaben über die Silbenzahlen verdeutlichen sollen. Wieviele Silben hat das Wort? 1) *Ich schätze zwei oder drei* 2) *weiß ich nicht* - Schätz doch mal! - *ja vielleicht so drei* 3) *das ist ein ganz langes Wort* - Mit wievielen Silben? - *bestimmt vier oder fünf*.

⁵⁰ Siehe dazu: Roach, P. (1991). "As a matter of fact, if one tries the experiment of asking English speakers to count the syllables in, say, a tape-recorded sentence, there is often a considerable amount of disagreement." Seite 67.

Silbenzahl selbst nur ein vergleichsweise schwacher Hinweis auf das Zielwort sein. Daher ist anzunehmen, daß die Silbenzahl nicht direkt für die Wortsuche benutzt wird, sondern Information eines bereits teilweise aktivierten Items darstellt. (Hier wird wiederum deutlich, daß die Metapher der Suche inadäquat ist.) Eine endgültige Arbeitshypothese, welchen Stellenwert die Silbenzahl für das zu erarbeitende Modell einnimmt, wird im nächsten Kapitel gegeben, nachdem die Folgeuntersuchungen diskutiert wurden. Zunächst werden die weiteren Ergebnisse von Brown & McNeill dargestellt.

In direktem Zusammenhang mit der Silbenzahl steht die Wortbetonung, die die Autoren aufgrund ihrer Versuchsanordnung nicht direkt auswerten konnten. Um zumindest ein indirektes Ergebnis zu bekommen, verglichen sie die Betonungsmuster der Zielwörter mit den Betonungsmustern der geäußerten Wörter mit phonologischer Ähnlichkeit (siehe oben). Dabei gab es drei Einschränkungen: 1) Einsilbige Wörter mußten weggelassen werden, weil ihr Betonungsmuster zu wenig variiert. 2) Die phonologisch ähnlichen Wörter mußten die gleiche Silbenzahl haben wie die Zielwörter. 3) Neologismen und Fremdwörter wurden nicht betrachtet. So blieben lediglich 49 Wortpaare zum Vergleich, die folgende Übereinstimmungen zeigten:

		Target Words	
Similar		1 st syllable	2 nd syllable
Sound Words	1 st syllable	25	6
	2 nd syllable	6	12

Abbildung 5: Nach Brown & McNeill. *The Tip of the Tongue Phenomenon*. Seite 330.

Die Daten zeigen eine Tendenz, welche darauf hinweist, daß Zielwörter und phonologisch ähnliche Wörter häufig das gleiche Betonungsmuster aufweisen. (Der χ^2 -Test war mit $p < .001$ signifikant). Aufgrund der wenigen Daten bleibt jedoch eine eindeutige Interpretation offen:

There were not enough data to permit any other analyses, and so we are left suspecting that S in a TOT state has knowledge of the stress pattern of the target, but we are not sure of it.⁵¹

Abgesehen von der schlechten Datenlage, die zudem nur indirekt ermittelt werden konnte, besteht ein Problem darin, daß auch die Betonungsmuster ideolektisch variieren können.⁵² Auch dieses Problem hätte durch Einzelbeobachtungen im Interview eingegrenzt werden können.

Den dritten Hinweis für die Theorie des *generic recalls* bekamen Brown & McNeill aus einzelnen Buchstaben, die von den Vps in TOTS angegeben wurden, wobei explizit nur nach dem ersten Buchstaben gefragt wurde und die restlichen Ergebnisse auf dem Vergleich von Zielwörtern und phonologisch ähnlichen Wörtern, respektive mit semantisch ähnlichen Wörtern beruhen. In ihren Voruntersuchungen konnten 51% der Vps den ersten Buchstaben des Zielwortes korrekt angeben und in der oben skizzierten Hauptuntersuchung sogar 57%. Sie schreiben dazu: "The evidence for significantly accurate generic recall of initial letters is even stronger than for syllables."⁵³ Die folgende graphische Darstellung veranschaulicht die Ergebnisse:

⁵¹ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 330.

⁵² Siehe dazu: Roach, P. (1991). "A well-known example is 'controversy', which is pronounced by some speakers as |controversy and by others as con|troversy; it would be quite wrong to say that one version was correct and one incorrect." Seite 100.

⁵³ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 329.

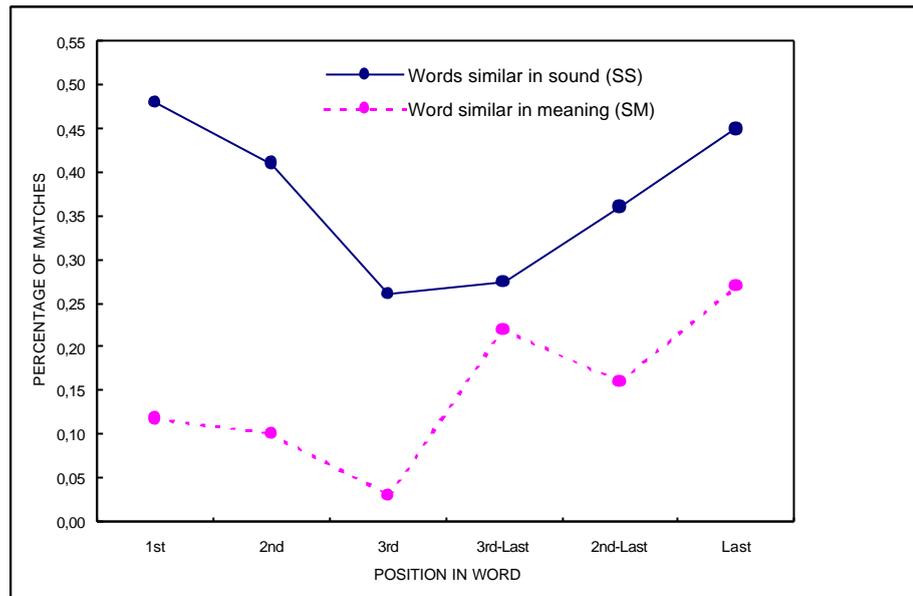


Abbildung 6: Brown, R & McNeill, D. *The Tip of the Tongue Phenomenon*. Seite 330.

Die Kurven zeigen deutlich zwei Sachverhalte. Erstens liegt der tiefste Punkt der ähnlich klingenden Wörter noch höher als der höchste Punkt der semantisch ähnlichen Wörter, die lediglich als Vergleichsmaß dienten. Diese Überlegenheit wurde wie folgt interpretiert:

In any case the fact that the SS curve lies above the SM curve for the last three positions indicates that S in a TOT state has knowledge of the target in addition to his knowledge of English word structure.⁵⁴

Zweitens verläuft die Kurve für phonologisch ähnliche Wörter in einer charakteristischen Weise, die auch aus Versprecherdaten bekannt ist.⁵⁵ Am häufigsten sind die Anfangsbuchstaben (Anfangsphoneme)⁵⁶ bekannt, die mittleren

⁵⁴ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 331.

⁵⁵ In diesem Zusammenhang wird auch vom *bathtub effect* gesprochen. Die Idee dahinter ist, daß über den Anfang des Wortes viele Informationen verfügbar sind, über den mittleren Teil kaum oder keine Informationen und über das Ende dann wieder mehr Informationen bekannt sind.

Siehe dazu: Aitchison, J. (1995). *Words in the Mind - An Introduction to the Mental Lexicon*. Seite 134 ff.

⁵⁶ Eine Unterscheidung zwischen Buchstabe und Phonem wird auch hier nicht getroffen, weil das

Buchstaben sind fast nie bekannt und die hinteren Buchstaben sind wieder häufiger bekannt. Diese intuitiv nachvollziehbaren Bekanntheitsgrade von Phonemfolgen, die vor allem die Anfangsbuchstaben als im TOTS bekannt hervorheben, sind schwierig zu erklären, da in den Untersuchungen, die für die vorliegende Arbeit durchgeführt wurden (Kapitel 4), festzustellen war, daß Vps in TOTS das Zielwort häufig unmittelbar elizitieren können, sobald sie den (oder die) ersten Buchstaben als Hilfestellung bekommen. Es muß also eine Erklärung dafür gefunden werden, warum Vps einerseits häufig die anfänglichen Phoneme des Zielwortes richtig angeben können ohne dabei das Zielwort vollständig aktivieren zu können und andererseits häufig das Wort sofort elizitieren können, sobald sie den ersten Buchstaben als Hinweis auf das Zielwort bekommen. Dieses Problem wird in Kapitel 4 ausführlich diskutiert. Das gleiche Problem ergibt sich, wenn es sich um mehrere Phoneme handelt. Brown & McNeill berichten, daß Vps gelegentlich nicht nur die ersten Phoneme richtig angeben konnten, sondern ganze Affixe, was folgendermaßen interpretiert wurde: "This result suggested that some letter (or phoneme) sequences are stored as single entries having been „chunked“ by long experience."⁵⁷ Den Auswirkungen dieses *chunking* auf die Theorie des *generic recall* oder auf Theorien der Morphologie wurde jedoch nicht weiter nachgegangen. Soweit zu den Ergebnissen der ersten systematischen TOT-Untersuchung. Zu welchen Schlußfolgerungen und Modellvorstellungen Brown & McNeill aufgrund ihrer gewonnenen Daten kamen, wird im folgenden diskutiert.

2.2.1.3 Das Modell von Brown & McNeill

Die Autoren kommen zu dem Schluß, daß die Vorstellung des *generic recall* durch die Auswertung großer, quantitativ vergleichbarer Daten bestätigt werden konnte: "When complete recall of a word has not occurred but is felt to be imminent there is likely to be accurate generic recall."⁵⁸ Unter dieser Voraussetzung entwarfen sie, in

Sprechen über Phoneme meist dazu führt, daß man Buchstaben benennt, wie z.B. in "Das Wort fängt mit einem g an.", wobei das 'g' als 'ge' gesprochen wird.

⁵⁷ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 331.

⁵⁸ Ebd. Seite 333.

Anlehnung an ein reales, alphabetisch organisiertes Lexikon, folgende Modellvorstellung: "The interpretation offered for generic recall involves the assumption that users of a language possesses the mental equivalent of a dictionary."⁵⁹ Da ein echtes Lexikon jedoch nicht die Flexibilität des mentalen Lexikons aufweist, wurde zusätzlich angenommen, "[...] that words are entered on key-sort cards instead of pages and that the cards are punched for various features of the words entered."⁶⁰ Der eigentliche Prozeß des *generic recall* wurde leider nur kurz und metaphorisch beschrieben, wobei die Merkmale des Zielwortes, die zuerst erinnert werden, auf die fehlende Information wirken sollen: "The match brings out the missing parts the way heat brings out anything written in lemon juice."⁶¹ Ein solches Konzept, das den mentalen Zustand beschreibt, in dem die Vp wiederholt das Gefühl hat, 'ganz nah an dem Wort dran' zu sein, trägt nicht zu einem besseren Verständnis jener kognitiven Prozesse bei, die während eines TOTS ablaufen. Wie *generic recall* im einzelnen funktioniert, wird genausowenig klar wie die konkrete Organisation des mentalen Lexikons oder die Spezifizierung der von Brown & McNeill genannten *various features*, die zum Zielwort führen. Ohne eine Präzisierung dieser Modellvorstellung kann ebensowenig geklärt werden, ob es sich zum Beispiel um einen linearen oder um mehrere parallele Prozesse handelt, oder inwieweit modulare Strukturen eine Rolle spielen. Ferner muß geprüft werden, ob die Unterteilung des *generic recall* in die zwei Formen, a) ein Teil des Zielwortes ist bekannt (Buchstaben, Silben, Affixe) und b) die abstrakte Wortform ist bekannt (Betonung, Silbenzahl), ihre Berechtigung findet. Sieht man von diesen ungelösten Problemen ab, so bleibt noch immer die Frage, was die eigentlichen Ursachen für TOTS sind. Brown & McNeill beantworten diese Frage so:

The design of the English language is such that one word is usually distinguished from all others in a more-than-minimal way, i.e., by more than a single letter in a single position. It is consequently *possible* to recognize words when one has not stored the complete letter sequence. The evidence is that we do not store the complete sequence if we do not have to.⁶²

⁵⁹ Brown, R. & McNeill, D. (1966). Seite 325.

⁶⁰ Ebd. Seite 333.

⁶¹ Ebd. Seite 335.

⁶² Ebd. Seite 335.

Die Autoren gehen also davon aus, daß die Mitte eines Wortes weniger Information trägt als der Anfang und das Ende eines Wortes. Dadurch bedingt könnte eine Art 'Datenkomprimierung' ermöglicht werden, die wiederum dazu führt, daß ein vorgegebenes Wort 'passiv' wiedererkannt wird, jedoch nur unter größerem Aufwand via Entkomprimierung (wie diese auch immer aussehen mag) produziert werden kann. Nach dieser *faint-entry theory*, wie sie von Brown & McNeill auch genannt wird, sähe der Eintrag für *sextant* beispielsweise so aus: SE__T. Damit soll erklärt werden, warum phonologisch ähnliche Wörter (*secant*, *sextet*) produziert werden, da diese aus dem gleichen 'vagen Eintrag' im mentalen Lexikon bestehen. Da die Autoren völlig abstrahiert von einem potentiellen Speichermedium argumentieren, bleibt auch hier die konkrete Ausformulierung der beteiligten Prozesse im Dunkeln. Außerdem kommen TOTS ebenso bei häufig auftretenden Wörtern vor (Personennamen), bei welchen das Argument der 'Datenkomprimierung' aufgrund seltener Benutzung nicht mehr greift. Das Fazit ist also, daß kritisch geprüft werden muß, ob spätere Ansätze, die an dem Modell des *generic recall* anknüpfen, bessere Antworten auf die Frage nach den möglichen Ursachen von TOTS liefern.

Brown & McNeill haben für einige Fragen gute Hypothesen entwickelt, andererseits auch neue Fragen aufgeworfen. Der Beginn für ein eigenes Forschungsfeld war somit gelegt. Die große Anzahl an Einzeluntersuchungen zu TOTS macht es jedoch nahezu unmöglich, jeden Autor einzeln zu behandeln. Deshalb wird im folgenden die historische Entwicklung eine untergeordnete Rolle spielen. Vielmehr wird gezeigt, welche Ergebnisse dreißig Jahre TOT-Forschung gebracht haben und zu welchen aktuellen Theorien sie geführt haben. Im folgenden wird also zum einen ein Überblick über die verschiedenen Forschungsergebnisse seit 1966 gegeben und zum anderen werden die für das zu erarbeitende Modell wichtigen Aspekte detailliert untersucht.

2.3 Ergebnisse aus 30 Jahren TOT-Forschung

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Ergebnisse der neueren TOT-Forschung vorgestellt. Da das Ziel dieser Arbeit auch darin besteht, die kognitiven

und neuronalen Prozesse, welche während eines TOTS ablaufen, zu modellieren und zu simulieren, wird die Darstellung der Ergebnisse vom Allgemeinen zum Speziellen übergehen, d.h. es wird zunächst eine Definition von TOTS gesucht und untersucht, welche Personen und welche *items* besonders von TOTS betroffen sind, um schließlich zu den möglichen Ursachen von TOTS vorzudringen.

2.3.1 **Eingrenzung von TOTS**

Zu den allgemeinsten Fragen der TOT-Forschung gehört, wann überhaupt von einem TOTS gesprochen werden kann, d.h., wie sich dieser Zustand definieren läßt. Die meisten Definitionen, die sich in der TOT-Literatur finden, unterscheiden sich nur minimal voneinander und beinhalten zumindest einige der folgenden Punkte:

A) der Vp ist das Zielwort bekannt:

- die Vp kann semantische oder kontextuelle Paraphrasen äußern
- die Vp kann phonologische oder prosodische Merkmale des Zielwortes äußern
- die Vp kann phonologisch ähnliche Wörter äußern
- die Vp kann unter Umständen beschreiben, wann oder in welchem Kontext sie das Zielwort zuletzt gehört, gelesen oder gebraucht hat.

B) die Vp ist zuversichtlich, das Zielwort noch zu finden:

- die Vp äußert sich auf einer Metaebene über ihre mentalen Zustände und ihre Zuversicht, noch von selbst⁶³ auf das Zielwort zu kommen
- die Vp zeigt eventuell emotionale Reaktionen.⁶⁴

Wie oben bereits erwähnt, gehen einige Autoren davon aus, daß emotionale Regungen als notwendige Bedingung dafür betrachtet werden, überhaupt von TOTS

⁶³ In Kapitel 4 werden die von mir durchgeführten Interviews beschrieben. Dabei wird sich zeigen, daß es eine Reihe von Phänomenen gibt, bei welchen gerade die Fähigkeit, das Zielwort zu finden, unterschiedlich gut eingeschätzt werden kann.

⁶⁴ Die Vp zeigt zum Beispiel Verärgerung während des TOTS und Erleichterung bei Auflösung des TOTS. Häufig wird auch dem Gefühl der Peinlichkeit Ausdruck verliehen.

zu sprechen.⁶⁵ So kann etwa nach Gruneberg et al. überhaupt nur von einer Gedächtnisblockade gesprochen werden, wenn man eine "clear cut emotional reaction"⁶⁶ beobachten kann. Diese Auffassung wird hier nicht geteilt, da in vielen eigenen Interviewsituationen ebenfalls beobachtet werden konnte, daß eine Vp sich völlig auf die Suche eines bestimmten Wortes konzentriert, ohne dabei sichtliche Gefühlsregungen zu zeigen. Der entscheidende Punkt ist vielmehr die Unterbrechung des Redeflusses bzw. anderer kognitiver Aktivitäten und die Fokussierung auf die Wortfindung. Brown beschreibt dies so:

Introspectively, the TOT is a mentally demanding activity. One is consumed with the search for the missing target word, to the exclusion of other mental processes.⁶⁷

Allerdings würde eine solche Bedingung diejenigen TOT-Beobachtungen ausschließen, in welchen die Vp die aktive Suche aufgibt und zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt 'auf das Wort kommt.' Es können also weder emotionale Zustände noch die Ausschließung anderer mentaler Prozesse als notwendige Bedingung betrachtet werden, um von einem TOTS zu sprechen. Eine andere damit verknüpfte Frage ist, welchen Einfluß bereits bestehende emotionale Zustände auf das Auftreten von TOTS haben. Brown, der Examenskandidaten auf TOTS hin untersucht hat⁶⁸, kommt zu dem Schluß, daß es zwar einige wenige Hinweise darauf gibt, daß etwa Streß zu vermehrten TOT-Vorkommen führen kann. Er konnte dies aber nicht eindeutig nachweisen. Jedoch wird die intuitiv plausible Vorstellung, daß Streß oder Müdigkeit zu vermehrten Gedächtnisschwierigkeiten führen kann, zumindest von einigen Autoren bestätigt: "[...] several subjects reported that the incidence and severity of name blocks increased when they were tired, stressed, or unwell."⁶⁹ Welchen Einfluß bereits bestehende kognitive und emotionale Zustände

⁶⁵ Für eine solche Betrachtung sprach sich zum Beispiel Yarmey aus. Siehe dazu: Yarmey, A.D. (1973). *I recognize your face but I can't remember your name: Further evidence on the tip-of-the-tongue phenomenon*. *Memory and Cognition* 1.

⁶⁶ Gruneberg, M.M. & Smith, R. L. & Winfrow, P. (1973). *An investigation into response blocking*. Seite 196.

⁶⁷ Brown, A. (1991). *A Review of the Tip-of-the-Tongue Experience*. Seite 213.

⁶⁸ Ebd. Seite 206.

⁶⁹ Cohen, G. & Faulkner, D. (1986). *Memory for proper names - Age differences in retrieval*. *British Journal of Developmental Psychology* 4.

respektive die entstehenden Emotionen rückwirkend auf die Wortsuche haben, konnte bislang nicht endgültig geklärt werden, wenngleich sichtliche emotionale Regungen als gute Hinweise darauf gedeutet werden, daß die Vp hoch motiviert ist, das Zielwort zu aktivieren und sich auch primär auf die Aktivierung des Zielwortes konzentriert⁷⁰.

Zusammenfassend ergibt sich folgende Definition: Ein natürlich vorkommender TOTS zeichnet sich dadurch aus, daß viel kognitive Kapazität gebunden wird, d.h. der Redefluß unterbrochen wird, und die Aufmerksamkeit der Vp auf die Problemstellung der Wortfindung fokussiert wird.⁷¹ Dabei sind u.U. emotionale Regungen zu beobachten, welche von einer selbstreflektierten kognitiven Fehlleistung zeugen. Während dieser aktiven Wortsuche stehen der Vp häufig Teilinformationen über das Zielwort zur Verfügung. Zudem fallen der Vp unter Umständen semantisch und/oder phonologisch ähnliche Wörter ein.

Damit grenzen sich TOTS gegen Wortfindungsschwierigkeiten ab, die sofort durch Ausweichstrategien umgangen werden. Bei diesen Strategien, die offensichtlich gerade dazu dienen, den Redefluß nicht abreißen zu lassen, wird häufig einfach das Zielwort paraphrasiert⁷², und die Vps kommen entweder gar nicht mehr auf das Problem zurück oder sie verschieben das Problem auf einen späteren Zeitpunkt.⁷³ Solche Kommunikationsstrategien werden häufig von Kommentaren begleitet wie: *Du weißt schon, wen/was ich meine* oder *ach, das fällt mir noch ein* etc. Oft wird auch kommentiert, wie schwerwiegend oder relevant die Abweichung vom Zielwort

⁷⁰ Auch bei der 'normalen' Sprachproduktion treten unterschiedliche Verzögerungsgrade auf. Es entstehen Pausen, welche häufig mit Interjektionen gefüllt werden. Dabei ist es schwierig, Sprachplanungsprozesse und Wortfindungsschwierigkeiten zu trennen. Siehe dazu: Levelt, W. (1989). Seite 126-128 und 409-410.

⁷¹ Die Konzentration auf die Wortfindung spiegelt sich in der gesteigerten Aktivierung bestimmter Gehirnareale wider. Mit Hilfe verschiedener bildgebender Verfahren (z.B. Positronenemissions-Tomographie, Magnetresonanz-Tomographie oder Elektroencephalographie) konnten Posner & Raichle ein Modell eines Aufmerksamkeitsnetzwerkes erstellen. Siehe Kapitel 5.

⁷² Paraphrasen können in Abhängigkeit des Informationsgehaltes des Zielwortes auf verschiedenen Ebenen stattfinden: Deskriptionen, Synonyme, Hyponyme, Hyperonyme etc.

⁷³ In diesem Zusammenhang werden weiter unten noch sogenannte *pop-ups* diskutiert. Dies sind Zielwörter, die zunächst nicht aktiviert werden konnten und der Vp zu einem späteren Zeitpunkt, u.U. in einem völlig anderen Kontext, plötzlich einfallen. *Pop-ups* sind ein guter Beleg dafür, daß im Gehirn parallele Prozesse stattfinden, d.h. während bereits ein neues Thema besprochen wird, kann noch an der Aktivierung des ausstehenden Zielwortes gearbeitet werden.

ist, zum Beispiel: *Das ist jetzt auch nicht so wichtig, denn du weißt ja was/wen ich meine*. Da in solchen Fällen nur geringfügig auf die Suche des Zielwortes fokussiert wird, können solche flüchtigen und mißlungenen Zugriffsversuche auf das mentale Lexikon nicht zu den eigentlichen TOTS gezählt werden.⁷⁴

Im folgenden Abschnitt wird aufgezeigt, welche Personen am anfälligsten für TOT-Probleme sind und welche Wörter besonders häufig zu TOTS führen.

2.3.2 Wer ist von TOTS betroffen?

Obwohl sich nahezu alle bekannten TOT-Studien auf die englische Sprache beziehen⁷⁵, geht Brown davon aus, daß TOTS in allen Sprachen vorkommen: "The TOT phenomenon appears to be a nearly universal experience."⁷⁶ Die für diese Arbeit geführten Untersuchungen, bei welchen primär englisch- und deutschsprachige Vps in ihrer jeweiligen Muttersprache mit den gleichen Fragen konfrontiert wurden, weisen aufgrund von vielen Gemeinsamkeiten darauf hin, daß zumindest für diese beiden Sprachen nahezu identische Phänomene vorliegen (siehe Kapitel 4). Aufgrund der fehlenden konkreten Ergebnisse für Sprachen aus anderen Kulturkreisen kann diese Hypothese jedoch nur indirekt bestätigt werden. Es werden vor allem die Annahmen über die neuronale Verursachung von TOTS sein, welche nahelegen, daß sie universell in allen Sprachen vorkommen, da wiederum angenommen wird, daß die zugrundeliegenden Prozesse universeller Natur sind.

TOTS kommen natürlich auch bei bilingualen Sprechern vor. Zwar gibt es bezüglich TOTS keine direkten Vergleichsstudien zwischen bilingualen und monolingualen Sprechern, jedoch mehrere großangelegte Untersuchungsreihen zu Wortfindungsprozessen bei bilingualen Sprechern, welche zeigen, daß diese mit den

⁷⁴ Die vorgenommenen Unterscheidungen sind gradueller Natur. Zwischen den verschiedenen Stufen gibt es fließende Übergänge. In Untersuchungen mit Hilfe von Videoaufnahmen, die für diese Arbeit aufgezeichnet wurden, konnte gezeigt werden, daß eine klare Tendenz besteht, in normalen Gesprächen mit mehreren Teilnehmern TOTS durch Ausweichstrategien zu vermeiden. (Kapitel 4).

⁷⁵ Eine Ausnahme bildet eine Untersuchung des Japanischen: Siehe dazu: Murakami, Y. (1980). *On the memory unit within kana-letter and kanji-letter words in the tip of the tongue phenomenon*. Seite 45-56. (Der Aufsatz liegt leider nur in japanischer Sprache vor.)

⁷⁶ Brown, A. (1991). Seite 220.

gleichen Problemen zu tun haben wie monolinguale Sprecher, und darüber hinaus häufig Übersetzungsäquivalente anstelle des Zielwortes auftreten:

In the case of Dutch emigrants, TOT reports and remembering attempts exhibited the use of *episodic* and *semantic* features, semantic neighbours, translation equivalents (English), form characteristics (rhyming or alliterating words, syllables, stress pattern, associations) paraphrasing and approximation, in short form and meaning features also encountered in monolingual TOT reports and during various stages of problem-solving activities in other communication contexts.⁷⁷

Solche Übersetzungsäquivalente können auch bei monolingualen Sprechern auftreten, welche nur über geringe Kenntnisse der Zweitsprache verfügen.

Betrachtet man nur Vps innerhalb einer Sprachgemeinschaft, so bleiben weitere Fragen offen. Beispielsweise gibt es keine Daten darüber, ob geschlechtsspezifische Unterschiede in puncto TOTS bestehen oder ob TOTS mit dem Bildungsgrad korrelieren. Dagegen wurde der Frage, ob das Alter der Vps einen Einfluß auf die Wahrscheinlichkeit von TOT-Vorkommen hat, von Burke et al. nachgegangen.⁷⁸

Erste Voruntersuchungen, bei welchen die Vps mit Selbsteinschätzungstests befragt wurden, führten zu der Hypothese, daß mit zunehmendem Alter die Wahrscheinlichkeit steigt, in einen TOTS zu geraten: "Self-reported estimates of how often TOTS occur suggest that TOTS increase with age [...]."⁷⁹ Um die These zu stärken, starteten die Autoren mehrere Versuchsreihen mit den Methoden: retrospektive Befragung, Tagebuchaufzeichnungen und experimentell induzierte TOTS im Labor. Um die direkte Befragung für ihre quantitative Analyse optimal zu standardisieren, wurde eigens für die Untersuchung ein Computerprogramm entwickelt, mit welchem den Vps allgemeine Wissensfragen auf einem Monitor präsentiert wurden und mit dem die verschiedenen Antwortverläufe sowie

⁷⁷ Ammerlaan, T. (1996). *You get a bit wobbly - Exploring Bilingual Lexical Retrieval Processes in the Context for First Language Attrition*. Seite 215.

Bei den Vps handelte es sich um niederländische Emigranten in Australien.

⁷⁸ Daß TOTS schon bei Kindern zu beobachten sind, geht u.a. aus einer Untersuchung von Wellman hervor: Wellman, H.M. (1977). *Tip of the tongue and feeling of knowing experiences: A developmental study of memory monitoring*.

⁷⁹ Burke et al. Seite 543.

bestimmte Zwischenstadien protokolliert werden konnten.⁸⁰ Folgendes Flußdiagramm veranschaulicht die Versuchsanordnung des Programms:

⁸⁰ Ein großer Vorteil dieses Ansatzes ist die exakte Reproduzierbarkeit der Testsituation. Allerdings erkaufte man sich diesen Vorteil durch geringe Flexibilität. So bekommt man in Interviewsituationen viele Zusatzinformationen, die hier verlorengehen bzw. überhaupt nicht registriert werden.

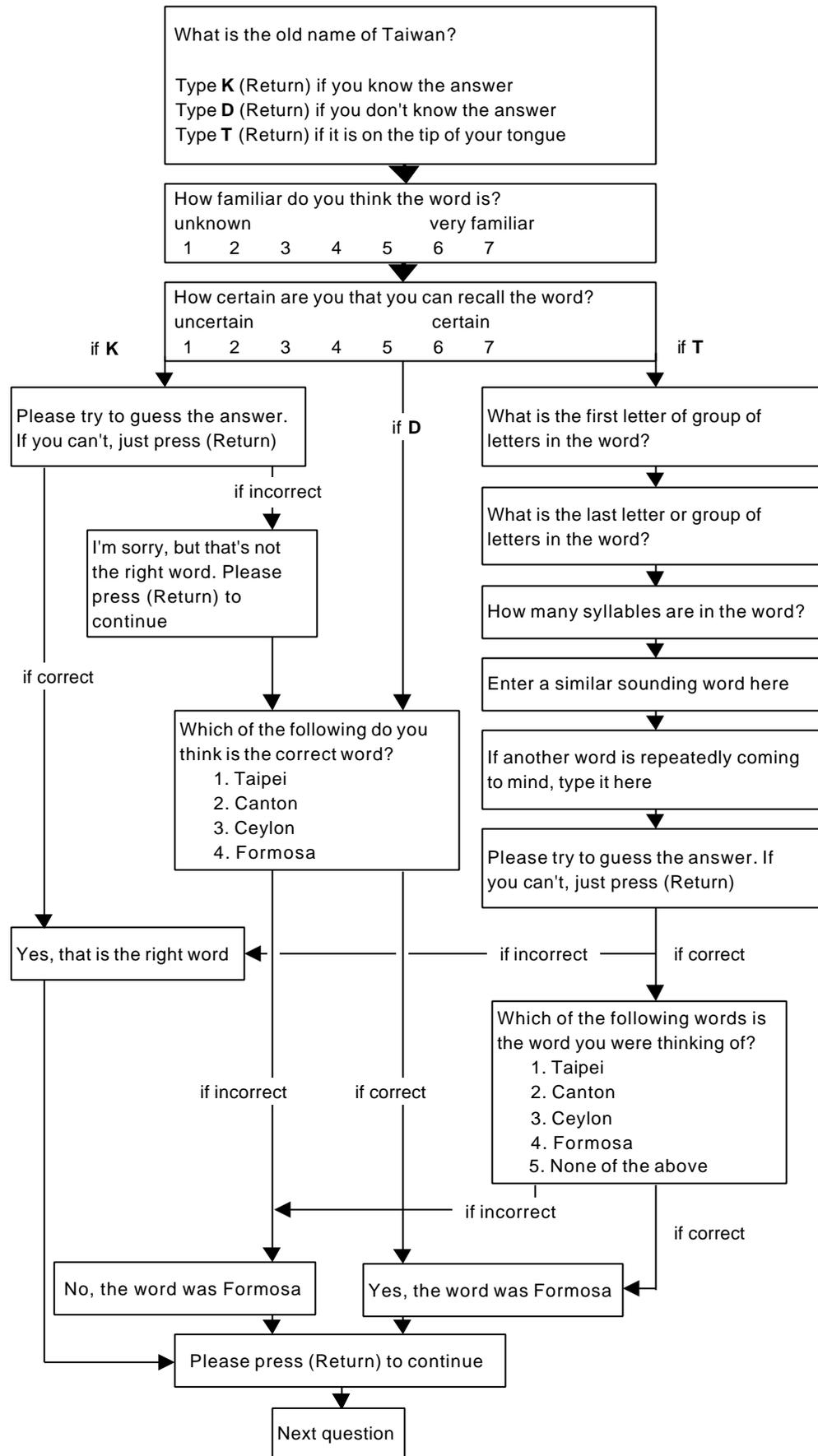


Abbildung 7: Nach Burke et al. *Tip of the Tongue and Aging*. Seite 564.

Burke et al. konnten mit Hilfe dieser völlig neu entwickelten Methode insgesamt 458 TOTS provozieren, d.h. 10.9% der Fragen führten zu einem TOTS. Davon wurden nur die 361 'positiven' TOTS weiter analysiert, bei deren Auflösungen sich herausstellte, daß die Vps nach dem richtigen Zielwort gesucht hatten. Die nachstehende Tabelle zeigt die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung:

Group	Non-object nouns	Object names	Adjectives, verbs	Place names	Famous people	Total
Know responses						
Young	10.3	11.0	10.9	8.1	9.3	49.6
Old	10.1	14.6	13.5	12.4	7.9	58.5
Don't know responses						
Young	7.8	6.3	7.2	10.4	8.8	40.5
Old	8.0	3.2	4.2	5.9	8.3	29.6
TOT responses						
Young	1.9	2.7	1.9	1.5	1.9	9.9
Old	1.9	2.2	2.2	1.7	3.9	11.9
TOT responses correctly recalled or recognized						
Young	1.7	2.1	1.4	1.0	1.5	7.6
Old	1.4	1.8	1.8	1.4	3.2	9.6

Abbildung 8: Nach Burke et al. *Tip of the Tongue and Aging*. Seite 565. Mit eigenen Hervorhebungen der Ergebnisse.

Die Hypothese, daß TOTS bei älteren Menschen mit größerer Wahrscheinlichkeit auftreten als bei jüngeren Menschen, wird von den vorliegenden Daten gestützt. Dabei sind Namen von berühmten oder bekannten Personen besonders betroffen: "The experimental study also demonstrates that proper names of famous people are especially vulnerable to TOTS in older adults."⁸¹ und "Older adults reported more TOTS for people's names than young adults."⁸² Ferner konnte ein signifikanter Unterschied in der Vorkommenshäufigkeit von *interlopern*⁸³ festgestellt werden: "The percentage of TOTS accompanied by alternates differed by age [...]. Older

⁸¹ Burke et al. Seite 542.

⁸² Ebd. 568.

⁸³ Bei Burke et al. werden *interloper* entweder *persistent alternates* oder kurz *alternates* genannt.

adults reported alternates on a smaller percentage of TOTS than did young adults."⁸⁴ Ein weiterer Unterschied zwischen jüngeren und älteren Vps bestand darin, daß jüngere Vps häufiger aktive Suchstrategien (z.B. das systematische Durchlaufen des Alphabets) versuchten, wohingegen ältere Vps häufiger einfach abwarteten, in der Hoffnung, daß das Zielwort von selbst noch gefunden werden würde. So wurde beispielsweise die Strategie "relax and direct attention elsewhere" von 56% der jüngeren Vps, 60% der Vps mittleren Alters und 78% der älteren Vps angewandt.⁸⁵ Brown faßt die Ergebnisse aus verschiedenen Untersuchungen zu Alterungsprozessen und TOTS folgendermaßen zusammen:

In general, the aging research suggests that older adults are more prone to TOTS on a daily basis, have fewer target-word fragments and related words come to mind during the TOT, and take less active role in resolving the TOT.⁸⁶

Im folgenden Abschnitt wird ein Überblick gegeben, wie oft TOTS, in Abhängigkeit von der verwendeten Untersuchungsmethode und anderen Variablen, durchschnittlich auftreten.

2.3.3 Wie häufig treten TOTS auf?

Besonders bei der Frage nach der Auftretenshäufigkeit von TOTS muß zwischen natürlich vorkommenden und zu Testzwecken künstlich provozierten TOTS unterschieden werden, wobei für letztere wiederum die verwendete Provokationsmethode eine entscheidende Rolle spielt. Allgemein wurden bislang folgende Methoden zur Elizitation und Protokollierung von TOTS angewandt:

- a) Introspektion: TOTS werden bei sich selbst beobachtet;
- b) Beobachtung: TOTS werden direkt bei anderen Personen beobachtet;
- c) Diary-Studies: Probanden werden aufgefordert, TOTS bei sich zu beobachten;
- d) Laborversuche: Vps bekommen allgemeine Wissensfragen gestellt.

⁸⁴ Burke et al. Seite 557.

⁸⁵ Burke et al. Seite 554.

⁸⁶ Brown, A. (1991). Seite 218.

Bei den Laborversuchen muß wiederum zwischen Einzelbefragungen, Gruppenbefragungen, computergestützten Testanordnungen und Interviews differenziert werden. Da Einzel- und Gruppenbefragungen die meisten Daten liefern und mit relativ wenig Aufwand verbunden sind, werden sie in vielen Untersuchungen angewandt. Wie oben bereits erwähnt, wurde der Testaufbau für die Einzelbefragung von Burke et al. mit Hilfe von Computerprogrammen stark optimiert⁸⁷, um möglichst viele vergleichbare Daten zu erhalten.⁸⁸ Die Befragung mit allgemeinen Wissensfragen wird nicht zuletzt deshalb in den überwiegenden Fällen von TOT-Untersuchungen angewendet, weil *diary-studies*, wie auch die introspektive Methode, größere methodologische Schwierigkeiten mit sich bringen, wie auch Brown betont: "A limitation of diary research is that the accuracy of peripheral information about the target cannot be verified unless the target word is retrieved."⁸⁹

Die Befragungen von Burke et al., welche ihren Laboruntersuchungen vorausgingen, ergaben, daß jüngere Vps 0.76, Vps mittleren Alters 0.80 und ältere Vps 0.81 mal pro Woche in einen TOTS geraten. Einer Umfrage von Reason⁹⁰ zufolge gaben 51% einer Gruppe befragter Studenten an, mindestens einmal pro Woche in einen TOTS zu geraten, und 14% gaben sogar an, täglich in einen TOTS zu geraten. Bei *diary-studies* schwanken die Zahlen zwischen durchschnittlich zweimal pro Woche bis 2.4 mal innerhalb von vier Wochen. Reason & Lucas⁹¹ wiesen kritisch darauf hin, daß manchmal nur mit korrektem Endergebnis aufgelöste TOTS betrachtet, an anderen Stellen aber auch nicht aufgelöste TOTS mitgerechnet werden. Insgesamt ergibt sich als approximierter Durchschnitt für natürlich vorkommende TOTS eine Auftretenshäufigkeit von ca. einmal pro Woche.

Ferner variiert die Anzahl der künstlich provozierten TOTS zum einen mit dem verwendeten Fragenkatalog, zum anderen aber auch mit der Anzahl der Fragen.

⁸⁷ Für eine Diskussion über Ökonomie und Vergleichbarkeit von Tests siehe: Lienert, G.A. & Raatz, U. (1994). *Testaufbau und Testanalyse*. Seite 12ff.

⁸⁸ Ein ähnliches Programm haben Yaniv & Meyer entwickelt. Siehe dazu: Yaniv, I. & Meyer, D.E. (1987). 187-205.

⁸⁹ Brown, A. (1991). Seite 205.

⁹⁰ Reason, J.T. (1984). *Lapses of attention in everyday life*. In: Parasuraman, R. & Davies, D.R. (Hrsg). *Varieties of Attention*. Seite 515-549.

⁹¹ Reason, J.T. & Lucas, D. (1984). Seite 53-69.

Brown & McNeill waren in 13% aller *retrieval attempts* erfolgreich, positive, also durch die Vps aufgelöste TOTS zu provozieren. Rubin⁹² benutzte diejenigen vier Fragen aus der Untersuchung von Brown & McNeill, die die meisten TOTS provozierten und konnte dennoch insgesamt nur 10% TOTS provozieren. Brown vermutet, daß dies an der geringen Zahl von Aufgaben liegt: "This may suggest that within a certain range of difficulty, TOT incidence is related more to the number of retrieval efforts than to the specific type of information queried."⁹³ Andere Untersuchungen, bei welchen wesentlich mehr Fragen gestellt wurden, führen in der Regel zu etwas mehr TOTS. Bei Koriat & Lieblich⁹⁴ waren es beispielsweise 11%, Yaniv & Meyer⁹⁵ kamen auf 15% respektive 18% in ihrer zweiten Untersuchung und Kozłowski⁹⁶ kam auf 13% respektive auf 15% in seiner zweiten Untersuchung. Um zu untersuchen, welchen Einfluß kontextuell zusätzlich gegebene Wörter ausüben, die entweder phonologische oder semantische Ähnlichkeiten zum Zielwort aufweisen, haben Jones⁹⁷ bzw. Jones & Langford⁹⁸ *priming*-Experimente durchgeführt (siehe Abschnitt über die Ursachen von TOTS). Mit ihrer Methode konnten sie zwischen 18% und 22% TOTS provozieren. Die im Vergleich zu anderen Studien relativ hohe TOT-Häufigkeit kann auf die vermehrt provozierten *interloper* zurückgeführt werden. Brown resümiert: "No technique has been developed to elicit a TOT with a high degree of certainty."⁹⁹ Daß dem nicht so ist, wird sich in Kapitel 4 zeigen. Mit Hilfe von Aufzählungsaufgaben konnte ich bei über 85% der von mir untersuchten Vps mit nur fünf sehr einfachen Aufforderungen jeweils mindestens einen TOTS provozieren. Da andererseits die meisten Vps nicht mehr als drei TOTS innerhalb der Gesamttestphase verspürten,

⁹² Rubin, D.C. (1975). *Within Word Structure in the Tip-of-the-Tongue Phenomenon*. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 14. 392-397.

⁹³ Brown, A. (1991). Seite 207.

⁹⁴ Koriat, A. & Lieblich, I. (1974). 647-655.

⁹⁵ Yaniv, I. & Meyer, D.E. (1987). 187-205.

⁹⁶ Kozłowski, L.T. (1977). *Effects of distorted auditory and of rhyming cues on retrieval of tip-of-the-tongue words by poets and nonpoets*. In: Memory & Cognition 5. 477-481.

⁹⁷ Jones, G.V. (1989). *Back to Woodworth: Role of the interlopers in the tip-of-the-tongue phenomenon*. In: Memory & Cognition 17. 69-76.

⁹⁸ Jones, G.V. & Langford, S. (1987). *Phonological blocking in the tip of the tongue state*. In: Cognition 26. 115-122.

⁹⁹ Brown, A. (1991). Seite 205.

muß Browns Resümee dahingehend revidiert werden, daß es zwar durchaus möglich ist, eine Vp innerhalb kürzester Zeit, d.h. mit nur etwa fünf Kategoriefragen, in einen TOTS zu bringen, diese Methode jedoch nicht geeignet ist, beliebige Wissensbereiche abzutesten. (Siehe Kapitel 4) Das Fazit ist also erstens, daß TOTS natürlicherweise durchschnittlich ca. einmal pro Woche auftreten, und zweitens, daß TOTS sich mit Hilfe von Definitionsvorgaben von selten vorkommenden Wörtern in etwa 10-20% der Fragen künstlich provozieren lassen.

Im folgenden werden weitere Fragen der TOT-Forschung behandelt. Zum einen, welche Teilinformationen zu welchem Zeitpunkt der Vp bekannt sind, und zum anderen, wodurch TOTS verursacht werden. Bevor diese beiden Fragen diskutiert werden, soll ein kurzer Abschnitt über die Auflösung von TOTS das Gesamtbild des Untersuchungsgegenstandes vervollständigen.

2.3.4 Wie werden TOTS aufgelöst?

Auch die Auflösungen von TOTS hängen von der Untersuchungsmethode ab. Bei natürlich vorkommenden TOTS gibt es prinzipiell keine obere Zeitgrenze bis zur Auflösung: "A TOT may also be resolved minutes, hours, or days after the TOT has left conscious awareness."¹⁰⁰ Wobei provozierte TOTS in etwa der Hälfte aller Fälle innerhalb weniger Minuten aufgelöst werden. So konnten 41% der Vps in der Untersuchung von Brown & McNeill das Zielwort noch während des Ausfüllens des Fragebogens aktivieren.¹⁰¹ Werden die Zielwörter nicht noch während der Testphase gefunden, so doch zumeist in den darauffolgenden Tagen. Read & Bruce, die ihre Vps über längere Zeit mehrfach untersuchten, fanden, daß 74% der zunächst nicht aufgelösten TOTS innerhalb von zwei Tagen nach dem Versuch, spontan aufgelöst wurden.¹⁰²

¹⁰⁰ Brown, A. (1991). Seite 212.

¹⁰¹ Hier zeigt sich erneut die Schwierigkeit der Versuchsanordnung, da gerade in dieser interessanten Phase des Worterinnerns die Vp nicht direkt beobachtet und befragt werden konnte, was hingegen in Einzelinterviews möglich ist und zu wichtigen Ergebnissen führt.

¹⁰² Read, J. D. & Bruce, D. (1982). *Longitudinal tracking of difficult memory retrievals*. In: *Cognitive Psychology* 14. 280-300.

Die Art der Auflösung hängt neben der Anzahl der bekannten Teilinformationen auch von den Bemühungen der Vp ab, das Zielwort zu finden. Sie kann recherchieren (Bekannte fragen, Nachschlagewerke benutzen etc.), kann verschiedene individuelle, mentale Suchstrategien probieren oder dem Problem keine weitere Beachtung schenken und es dem Zufall überlassen, ob ihr das Zielwort noch irgendwann einfällt.¹⁰³ Allerdings liegen nur vereinzelt empirische Daten vor, welche belegen, daß Vps nach mehr als einer Woche noch von selbst auf das Zielwort kommen. Dies legt die Vermutung nahe, daß der unterschwellig, d.h. unbewußt weiterlaufende Suchprozeß/Aktivierungsversuch irgendwann eingestellt wird. Wobei offensichtlich sowohl erfolgreich aufgelöste TOTS als auch nicht aufgelöste TOTS Gedächtnisspuren hinterlassen. Für die erfolgreich aufgelösten TOTS konnten Gardiner et al.¹⁰⁴ zeigen, daß die Zielwörter in darauffolgenden Gedächtnistests besser erinnert werden als Wörter, welche anfänglich keine Schwierigkeiten machten. Andererseits bleibt auch für nicht aufgelöste TOTS eine Gedächtnisspur in Form einer Präaktivierung des Wortes vorhanden. Dies konnten Yaniv & Meyer nachweisen, welche eine Testkombination aus TOT-Provokationen mit anschließenden *lexical decision tasks* durchgeführt haben. Ihre Ergebnisse weisen darauf hin, daß eine unterschwellige erhöhte Aktivierung durch den Aktivierungsversuch erzielt wird: "It appears that unsuccessful attempts to retrieve inaccessible stored information prime the later recognition of the information through a process of spreading activation."¹⁰⁵ Außerdem bleibt auf der metakognitiven¹⁰⁶ Ebene eine Erinnerung an den erfolglosen Aktivierungsversuch

¹⁰³ Im Zusammenhang mit der Frage nach praktischen Tips zur Verbesserung der Merkfähigkeit von Wörtern kann aus Sicht dieser Arbeit nur auf die große Anzahl von Büchern zum Thema Gedächtnistraining verwiesen werden. Dennoch sei darauf hingewiesen, daß mehrere Untersuchungen belegen, daß aktives Bemühen um das Zielwort durchaus häufiger zum Ziel führt als das bloße Abwarten. Ferner gibt es Untersuchungen, die belegen, daß gerade Wörter, welche zu einem TOTS geführt haben, nach dessen Auflösung besonders gut erinnert werden können.

¹⁰⁴ Gardiner, J.M., Craik, F.I.M. & Bleasdale, F.A. (1973). *Retrieval difficulty and subsequent recall*. In: *Memory & Cognition* 1. 213-216.

¹⁰⁵ Yaniv, I. & Meyer, D.E. (1987). Seite 187.

¹⁰⁶ Ohne das komplexe Thema der Metakognition hier vertiefen zu wollen, sei zumindest eine Definition gegeben, welche in der Psychologie eine gewisse Akzeptanz gefunden hat: "Metacognition [...] refers to knowledge about and control of certain cognitive processes such as attention, memory, and comprehension." Reynolds, R.E. & Wade, S.E. & Trathen, W. & Lapan, R. (1989). *The Selective Attention Strategy and Prose Learning*. Seite 169.

bestehen. Dies zeigt sich, wenn etwa das Zielwort zu einem späteren Zeitpunkt in einem anderen Kontext auftritt und man sich sofort daran erinnert, daß man sich einmal nicht daran erinnern konnte.

Die häufigste Art der Auflösung von TOTS geschieht durch das plötzliche Auftauchen des Zielwortes, wie beispielsweise die Untersuchung von Burke et al. zeigen: "Pop-ups were the most common means of resolution for all ages [...]"¹⁰⁷

Dabei hängt die Länge der Zeitspanne, bis das Zielwort auftaucht, zum einem vom Alter der Vp und zum anderen vom Auftreten von *interlopern* ab: "Thus, TOTS with alternates took substantially longer to resolve than TOTS without alternates in each age group, [...]"¹⁰⁸ Folgende Statistik zeigt zum einen den Zusammenhang zwischen der Auflösungszeit für TOTS und dem Auftreten von *interlopern* und zum anderen das Anwachsen der Auflösungszeit mit dem Alter:

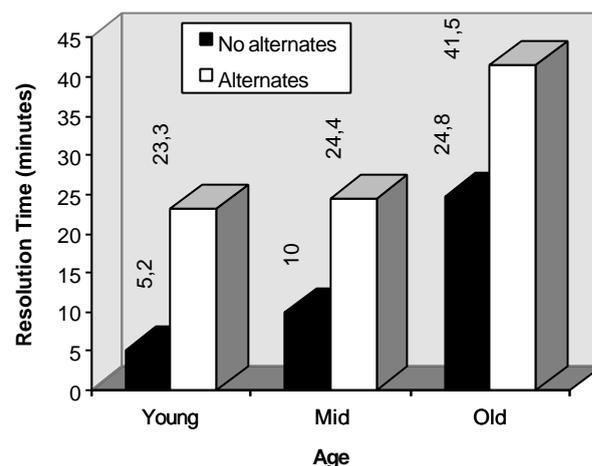


Abbildung 9: Auflösungszeit für *pop-ups* als Funktion des Alters und des Auftretens von *Interlopern*. Nach Burke et al. *Tip of the Tongue and Aging*. Seite 560.

Als Ursachen für diese Zunahme der Auflösungszeit sehen Burke et al. zwei Faktoren an. Erstens handelt es sich bei den gesuchten Zielwörtern um Items, welche lange nicht mehr benutzt worden sind, wobei ältere Leute aufgrund ihres Alters mehr solcher Zielwörter mit geringer Verwendungsfrequenz im mentalen Lexikon gespeichert haben. Zweitens gehen sie in ihrer *Transmission Deficit*

¹⁰⁷ Burke et al. Seite 562.

¹⁰⁸ Ebd. Seite 560.

*Hypothesis*¹⁰⁹ von einer allgemeinen, altersbedingten Abnahme der Effizienz in der Übertragung von Informationen von der Semantik in die Phonologie aus. Diese Annahme wird von der Beobachtung gestützt, daß bei älteren Vps seltener Teilinformationen zur Verfügung stehen als bei jüngeren Vps. Die beiden Faktoren werden weiter unten im Zusammenhang mit den möglichen Ursachen von TOTS nochmals genauer betrachtet.

Im nächsten Kapitel werden die Untersuchungsergebnisse diskutiert, welche belegen sollen, welche Teilinformationen über das Zielwort der Vp während eines TOTS zur Verfügung stehen.

2.3.5 Welche Teilinformationen über das Zielwort können während eines TOTS zur Verfügung stehen?

Unter Teilinformationen über das Zielwort werden hier Buchstaben¹¹⁰, Phoneme, Phonemcluster, Silbenzahl und Angaben zur Wortmelodie verstanden.¹¹¹ Wenn Burke et al. schreiben: "Subjects can typically specify the number of syllables, the stress pattern, and the initial and final sounds or letters of an otherwise irretrievable target [...]"¹¹², so ist dies nur bedingt richtig. Erstens sind die verschiedenen Teilinformationen selten alle gleichzeitig bekannt - vielmehr kann manchmal der Anfang des Zielwortes wiedergegeben werden, manchmal vielleicht das Ende des Zielwortes, oder aber die Silbenzahl wird richtig geschätzt. Der Fall, daß alle Teilinformationen korrekt verfügbar sind und das Zielwort dennoch nicht

¹⁰⁹ Im folgenden kurz TDH. Die TDH wird in Kapitel 3 noch ausführlich dargestellt und diskutiert.

¹¹⁰ Eine Differenzierung zwischen Buchstaben und Phonemen wird in der vorliegenden Arbeit nicht vorgenommen, da sich in der gesamten TOT-Literatur der Begriff 'Buchstabe' bzw. 'letter' etabliert hat. Eine solche Differenzierung brächte außerdem das Problem mit sich, daß sowohl die Vps als auch die Versuchsleiter in den Untersuchungen immer nur von dem intuitiven Begriff des 'Buchstabens' ausgehen.

¹¹¹ Es wäre denkbar, daß hierzu auch syntaktische Teilinformationen wie z.B. das grammatische Geschlecht oder der Numerus zählen. Da es jedoch bislang keine Untersuchungen zu syntaktischen Teilinformationen gibt, werden hier zunächst nur phonologische Teilinformationen betrachtet. In den unten angeführten Interviews wird sich zeigen, daß bestimmte syntaktische Informationen wie der korrekte Artikel des Zielwortes in TOTS bekannt sein können.

¹¹² Burke et al. (1991). Seite 546.

vollständig aktiviert werden kann, bildet jedoch die Ausnahme und wird durch kein einziges Beispiel belegt. Zweitens muß, wie sich zeigen wird, die Frage, welche Teilinformationen einer Vp während eines TOTS zur Verfügung stehen, unter weiteren Aspekten differenziert werden. Zu diesen Aspekten zählen die Sicherheit, mit der die Vp die jeweiligen Teilinformationen angibt, sowie das Problem, daß der Vp falsche Informationen vorliegen können, oder auch die Reihenfolge, in welcher die Vp die Angaben macht. Es gilt also, die verschiedenen Teilinformationen einzeln genau zu betrachten. Zunächst soll die Rolle der Anfangsbuchstaben geklärt werden, denn wie Brown richtig bemerkt: "Of the information available during TOTS, none has gained more attention than the first letter of the target word."¹¹³

2.3.5.1 Die Rolle der Anfangsbuchstaben im TOTS

Die Anfangsbuchstaben wurden am intensivsten untersucht, und hier liegen die klarsten Ergebnisse vor. Dabei nehmen sie eine ambivalente Rolle ein. Einerseits gibt es keine Teilinformation des Zielwortes, die im TOT so häufig von der Vp korrekt angegeben werden kann, wie die Anfangsbuchstaben, und andererseits führt keine externe Vorgabe von Teilinformationen, sofern diese der Vp nicht bekannt ist, so häufig zur unmittelbaren Auflösung, wie die Vorgabe der Anfangsbuchstaben.¹¹⁴ Beide Fälle wurden in umfangreichen Studien quantitativ untersucht und sollen im folgenden diskutiert werden. Dabei müssen offensichtlich verschiedene Stadien eines Phänomens respektive verschiedene Phänomene, die bislang gemeinsam unter dem TOT-Phänomen subsumiert wurden, differenziert werden. Ferner wird zu untersuchen sein, wie es dazu kommt, daß Vps häufig falsche Anfangsbuchstaben aktivieren, und wie die Vps mit diesen falschen Teilinformationen umgehen. Eine solche Vorgehensweise wurde in allen TOT-Untersuchungen viel zu wenig berücksichtigt, was wiederum an der deutlichen Präferenz für quantitative Analysen liegt, die sich in nahezu allen TOT-Studien zeigt und die es nicht erlaubt, sich auf eine einzelne Vp, die eine falsche Angabe zu einer Teilinformation macht, zu

¹¹³ Brown, A. (1991). Seite 209.

¹¹⁴ Dies wird von verschiedenen Autoren bestätigt. Siehe z.B. Lovelace, E. (1987). *Attributes that come to mind in the TOT state*. In: Bulletin of the Psychonomic Society 25. 370-372.

konzentrieren, um zu ergründen, woher die falsche Teilinformation stammen könnte. Im folgenden werden die verschiedenen Fälle nacheinander behandelt.

In Kapitel 2.2.1 wurden bereits die Ergebnisse von Brown & McNeill wiedergegeben, die darauf hinweisen, daß Vps in TOTS am häufigsten die Anfangsbuchstaben richtig angeben können, gefolgt von den letzten Buchstaben des Zielwortes, wohingegen die mittleren Buchstaben vergleichsweise selten korrekt angegeben wurden (siehe Abbildung 11). Koriat & Lieblich¹¹⁵ ist es mittels differenzierteren methodologischen Analysen gelungen, einige dieser Ergebnisse zu reproduzieren und, soweit dies möglich war, sie zu präzisieren. Die beiden Autoren befragten 56 Vps mit einer Auswahl des von Brown & McNeill benutzten Fragenkatalogs, wodurch 772 positive TOTS provoziert werden konnten. Allerdings wurde die Testanordnung leicht abgewandelt. Koriat & Lieblich gingen von der Überlegung aus, daß auch diejenigen Fälle untersucht werden müßten, in welchen die Vp angibt, das Zielwort definitiv nicht zu kennen. Sie stellten die Hypothese auf, daß Vps bestimmte Teilinformationen des Zielwortes auch dann richtig schätzen würden, wenn ihnen das Zielwort gar nicht bekannt war - allein aufgrund allgemeiner Informationen, die die Vps bezüglich bestimmter Klassen von Wörtern annehmen konnten. Zu diesem Zweck unterschieden die Autoren zwischen *differential detection* und *class detection*. Dabei verstehen sie unter *differential detection*: "[...] detection based on knowledge of characteristics specific to the target in question." und unter *class detection*: "[...] characteristics common to the class of items of which the target is a member."¹¹⁶ Die überspitzt dargestellten Motivationen für diese Unterscheidung lautet bei Koriat & Lieblich: "No one's first name is comprised of 10 syllables." oder: "[...] we would bet that Ss, asked how many syllables there are in the name of a new anticancer drug, would guess 3 or more."¹¹⁷ Die beiden von den Autoren angeführten Beispiele wurden hier lediglich für die Silbenzahl formuliert, dann jedoch auf alle potentiellen Teilinformationen übertragen. Die Beispiele weisen darauf hin, daß Vps zumindest implizites Wissen über morphologische Wortbildungsregeln besitzen. Dieser Punkt läßt sich bei der Betrachtung der Äußerungen von Vps in TOTS gut nachvollziehen, allerdings kaum klar definieren, da sich Wörter unterschiedlich gut klassifizieren lassen und Vps

¹¹⁵ Koriat, A. & Lieblich, I. (1974). Seite 647-655.

¹¹⁶ Ebd. Seite 647.

¹¹⁷ Ebd. Seite 647.

ideolektische Unterschiede in bezug auf dieses Wissen aufweisen. Somit stellen die beiden Beispiele einerseits plausible Vorhersagen für bestimmte Merkmale von ausgewählten Zielwörtern dar. Andererseits gilt dies weder für alle Wörter, noch gilt dies gleichermaßen für alle Teilinformationen dieser Wörter. Gerade bei Wörtern, die nach einer gewissen Systematik aufgebaut sind, wie dies etwa für geographische Bezeichnungen, Arzneimittel oder Chemikalien der Fall sein kann, lassen sich wesentlich bessere Vorhersagen treffen als für Nachnamen von berühmten Schauspielern oder Gattungsnamen von Tierarten. Hier wäre z.B. an die strikte Nomenklatur von Kohlenwasserstoffverbindungen zu denken, bei denen die Vp aufgrund von Wissen über eine solche Systematik u.U. vorhersagen kann, wie der Wortanfang aussehen wird: Meth-, Eth-, Prop- usw. Ferner sind die Vorhersagen ebenfalls leichter für die Anzahl der Silben als für einzelne Buchstaben zu treffen, da bei der Silbenzahl nur eine relativ geringe Variationsbreite möglich ist, wohingegen bei den Anfangsbuchstaben mit gewissen Einschränkungen die Auswahl 1 aus 26 ist. *Class detection* stellt also eine vage Vorhersagemöglichkeit von Wortmerkmalen dar, die, wenngleich sie in besonderen Fällen plausibel erscheint, dennoch nicht als gewöhnlicher Teilprozeß des normalen lexikalischen Zugriffs gewertet werden darf, da dieser bei der ungestörten Sprachproduktion nicht beobachtet werden kann. Es scheint sich hier eher um eine grobe Eingrenzung des Suchbereichs zu handeln, die vorgenommen wird, wenn der Vp bekannt ist, daß es sich um Zielwörter handelt, die eine bestimmte Systematik aufweisen.

Die Autoren wollten also zeigen, daß Brown & McNeills Ergebnisse bezüglich der Verfügbarkeit von Teilinformationen in der Hinsicht einzuschränken sind, daß deren Ergebnisse zwar reproduziert werden konnten, allerdings teilweise auch dann, wenn die Vps angaben, das Zielwort nicht zu kennen, und dennoch aufgrund von *class detection* gute Schätzungen vornehmen konnten: "Differential detection was demonstrated for all positive TOT states, but, more surprisingly, it was shown to obtain in the don't know state as well."¹¹⁸ Die Vps sollten dementsprechend auch in sogenannten *don't know states* (im folgenden kurz DKS) Angaben über das Zielwort äußern. In der Testankündigung heißt es: "[...] we are also concerned with the 'guess' state in which you might be able to make reasonable guesses regarding

¹¹⁸ Koriat, A. & Lieblich, I. (1974). Seite 653.

certain characteristics of the intended words [...]".¹¹⁹ Es sollte überprüft werden, ob die vermeintlich klaren Ergebnisse von Brown & McNeill nicht teilweise auf geschicktes Raten, sogenanntes *chance guessing* bzw. *educated guessing*¹²⁰, sofern via *class detection* eine Eingrenzung möglich ist, zurückzuführen sind, oder wie Brown fragt: "[...] whether target-word information reflects an access to target-word information or is merely a result of educated guessing."¹²¹

Bevor die konkreten Ergebnisse dieser Untersuchungen wiedergegeben und diskutiert werden, sollen die weiteren Differenzierungen verschiedener TOTS, die Koriat & Liebllich vorgenommen haben, vorgestellt werden, da diese Differenzierungen für die weitere Analyse ihrer Daten eine zentrale Rolle spielen. Außerdem stellen diese Differenzierungen nahezu die einzigen Differenzierungen dar, die überhaupt für TOTS vorgenommen wurden und sich als nützliches Hilfsmittel für die Systematisierung und Analyse von TOT-Daten erwiesen haben, wengleich sich zeigen wird, daß weitere Differenzierungen nötig sind. Neben der Einteilung in 'Know state' und 'Don't know state' nahmen Koriat & Liebllich folgende Differenzierung in sogenannte *substates* vor:

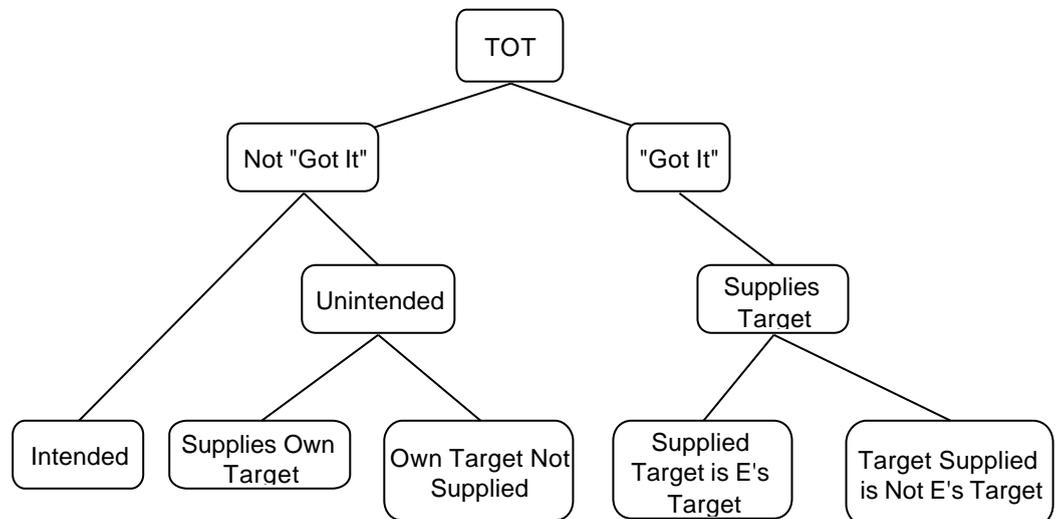


Abbildung 10: Mögliche Verlaufswege, nachdem eine Vp signalisiert hat, sich in einem TOTS zu befinden. Nach Koriat, A. & Liebllich, I. *What does a person in a "TOT" state know that a person in a "don't know" state doesn't know?* Seite 648. (E steht für Experimentator.)

¹¹⁹ Koriat, A. & Liebllich, I. (1974). Seite 649.

¹²⁰ Rubin spricht im gleichen Zusammenhang von *sophisticated guessing*.

Erst eine solche Untergliederung von TOTS in diverse *substates* erlaubt eine detaillierte Untersuchung der Frage, welchen Status die von der Vp angegebenen Teilinformationen haben. So werden bei Koriat & Liebllich auch Wörter berücksichtigt, die nicht dem Zielwort entsprechen, von der Vp jedoch gesucht¹²² und gefunden wurden. Dies entspricht dem Fall, der in Abbildung 10 rechts unten unter "Target Supplied is Not E's Target" angeführt wurde. Solche inkorrekten Wortangaben, die häufig aus dem Wortfeld des Zielwortes stammen oder andere Affinitäten zum Zielwort aufweisen, können wiederum Aufschluß darüber geben, warum die Vp falsche Angaben über die Anfangsbuchstaben gemacht hat. Ein Beispiel soll dies illustrieren. Auf die Frage "Wie heißt die Familie der Halbaffen, die auf Madagaskar leben?", wird die Antwort "Lemuren" erwartet. Gerät eine Vp durch diese Frage in einen TOTS und wird sie nach dem ersten Buchstaben gefragt, so kann es durchaus sein, daß ein "m" genannt wird, was offensichtlich falsch ist. Allerdings kann dies daran liegen, daß der Vp die Familie von Halbaffen unter dem Namen "Makis" bekannt ist (was nicht ganz richtig ist, da es sich bei Makis um eine Unterfamilie der Lemuren handelt). Falls die Vp also nach dem Wort "Makis" gesucht hat, so liegt die Vermutung nahe, daß das "m" als Anfangsbuchstabe genannt wurde, weil das Wort "Makis" mit "m" beginnt.¹²³ Um zu einem solchen Erklärungsansatz zu gelangen, müssen diese TOT-*substates* jedoch gesondert untersucht werden, wie dies bei Koriat & Liebllich der Fall war.

Wie sehen nun die konkreten Ergebnisse von Koriat & Liebllich für die Schätzungen der Anfangsbuchstaben in DKS aus? Um eine möglichst große Vergleichbarkeit zu den Ergebnissen von Brown & McNeill zu erreichen, haben die Autoren die gleichen Einschränkungen vorgenommen, d.h., es wurden nur Wörter mit mindestens sechs Buchstaben und keine Neologismen betrachtet. Als Vergleich zu den Schätzungen der Anfangsbuchstaben in DKS dienten Buchstaben, die von Vps im TOT-substate "Not Got It" – "Intended" geschätzt wurden. Folgende Graphik zeigt die deutlich voneinander abgehobenen Kurvenverläufe für die beiden Zustände:

¹²¹ Brown, A. (1991). Seite 208.

¹²² Der Unterschied zu den oben angesprochenen *interlopers* besteht darin, daß der Vp nicht spontan ein anderes Wort einfällt, sondern sie tatsächlich nach einem anderen Wort als dem Zielwort sucht.

¹²³ Daß sich nicht immer so eine naheliegende, von der Vp bestätigte Erklärung finden läßt, wird sich weiter unten, bei der Diskussion der für die vorliegende Arbeit geführten Interviews noch zeigen.

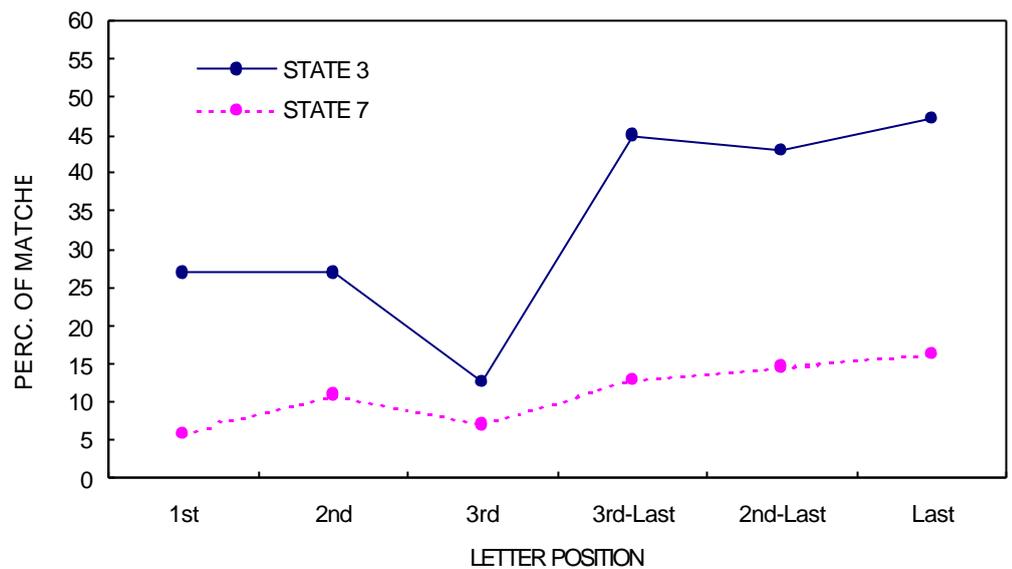


Abbildung 11: Vergleich von TOTS und DKS. Nach Koriat & Lieblich. Examination of the letter serial position effect in the "TOT" and the "don't know" states. Seite 540.

Hier zeigt sich klar, daß die Kurve für die DKS (State 7) an allen Punkten unterhalb der Kurve für TOTS (State 3) liegt. Das heißt, daß das Wissen über Teilinformationen der Vps in TOTS, wie zu erwarten war, mit wesentlich größerer Treffsicherheit angegeben werden kann, als dies in den Fällen von DKS ist. Die Ergebnisse weichen insofern von Brown & McNeills Ergebnissen ab, als die hinteren Buchstaben etwas besser geschätzt wurden als die Anfangsbuchstaben. Ansonsten konnten Brown & McNeills Ergebnisse von Koriat & Lieblich weitgehend reproduziert werden. Dennoch zeigen die Daten der DKS, daß wesentlich besser geschätzt wurde, als dies bei einer einfachen Zufallswahl von 1 : 26 (bzw. von 1 : 20, wenn man einige Buchstaben, die nur sehr selten am Wortanfang auftreten, ausklammert) zu erwarten gewesen wäre.

Wenngleich also die Übereinstimmungen von tatsächlichen und geschätzten Anfangsbuchstaben für DKS insgesamt geringer sind als die Übereinstimmungen in TOTS, so befinden sich doch erstaunlich viele richtige Schätzungen darunter: "[...] correct detection of partial information was demonstrated even when S declared he had no knowledge of the selected word [...]"¹²⁴ Folgende Tabelle zeigt eine direkte

¹²⁴ Koriat, A. & Lieblich, I. (1974). Seite 647.

Gegenüberstellung von tatsächlichen und geschätzten Anfangsbuchstaben:

Actual First Letters and Guessed First Letters for Don't Know																											
AL	Guessed Letters																										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y		Z
A	15	17	18	7	3	2	1	2	1	1	4	8	7	2	4	10	0	13	19	12	1	3	2	1	0	1	154
C	7	14	28	5	3	2	6	8	3	1	3	5	11	3	1	8	1	21	46	8	6	0	0	0	0	0	190
E	21	3	10	6	10	5	0	3	6	1	0	0	5	6	2	11	0	13	17	2	0	2	1	0	0	0	124
M	0	4	2	1	1	2	0	6	1	0	0	1	5	2	0	0	0	1	7	1	0	1	1	0	0	0	36
N	10	3	13	4	2	3	2	1	2	0	1	7	10	9	1	8	0	6	16	8	0	2	1	0	1	0	110
O	2	1	1	0	1	3	3	1	2	0	0	0	3	1	1	2	0	3	5	2	2	0	0	0	0	0	33
Q	0	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	11
S	10	9	23	6	4	13	5	7	0	0	2	11	22	5	2	33	0	15	38	14	1	2	2	1	1	0	226
U	3	7	15	2	1	1	5	6	2	1	0	4	9	0	1	7	1	5	7	0	3	1	0	0	1	1	83
V	6	4	10	1	1	7	5	6	2	1	0	9	12	3	2	17	0	13	10	5	2	5	2	0	4	1	128
W	2	7	6	3	0	4	0	2	1	1	1	1	0	1	1	4	0	2	8	4	0	4	3	0	0	0	55
Y	2	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4	0	0	4	0	1	4	2	0	2	0	0	0	0	27
Z	4	6	2	1	1	2	0	5	1	1	1	3	0	1	1	1	0	2	7	1	0	0	0	0	0	0	40
	82	78	133	38	27	45	27	48	21	7	12	50	89	33	16	106	2	97	186	59	15	22	12	2	7	3	1217

AL = Actual Letters

Abbildung 12: Gegenüberstellung von tatsächlichen und geschätzten Anfangsbuchstaben in DKS. Nach Koriat & Lieblich. *What does a person in a "TOT" state know that a person in a "don't know" state doesn't know?* Seite 653.

Bei einigen Buchstaben übertrifft die Trefferquote der geschätzten Anfangsbuchstaben die Trefferquote aller anderen Buchstaben bei weitem. Z.B. wurde der Buchstabe "s" 38 mal richtig geschätzt, also deutlich über dem Durchschnitt aller falschen Schätzungen für diesen Buchstaben. Da die Zielwörter lediglich nach Vorkommenshäufigkeiten und nicht nach phonologischen oder sonstigen systematischen Kriterien ausgewählt wurden, müssen sowohl die ursprünglichen Ergebnisse von Brown & McNeill als auch die reproduzierten Daten von Koriat & Lieblich relativiert, das heißt nach unten korrigiert werden:

In general, these analyses seem to suggest that part of the information detection demonstrated for TOT states and the don't know states appears to be based solely on general information regarding the probability of occurrences of certain characteristics in the population from which the target in question has been drawn.¹²⁵

¹²⁵ Koriat, A. & Lieblich, I. (1974). Seite 653.

Das heißt, daß zumindest ein Teil der richtig geschätzten Anfangsbuchstaben im TOTS durch *chance guessing* bzw. durch *educated guessing* zustande gekommen sein können. Aufgrund der klaren Differenz zwischen TOTS und DKS müssen allerdings nicht die kompletten Ergebnisse verworfen werden. Vielmehr muß untersucht werden, welchen Status die Vps ihren eigenen Schätzungen einräumen, damit deutlich wird, ob die Vp im TOTS nur geraten hat¹²⁶ oder ob sie sich sicher ist, daß das gesuchte Zielwort tatsächlich mit dem angegebenen Buchstaben beginnt. Ferner muß eine Methode gefunden werden, um zu ermitteln, wie *chance guessing* und *educated guessing* unterschieden werden können. Bislang wurde diesem Problem kaum Beachtung geschenkt, weshalb es auch keine Erklärungsansätze für die Frage gibt, was Vps eigentlich tun, wenn sie versuchen eine Teilinformation eines Wortes anzugeben, von dem sie selbst behaupten, es nicht zu kennen. Einen ersten Schritt in diese Richtung sollen einige qualitative Untersuchungen bilden, die für die vorliegende Arbeit vorgenommen wurden. Sie werden in Kapitel 4 diskutiert.

Fazit der Untersuchungen zu den Anfangsbuchstaben durch Registrierung der Angaben der Vps ist also, daß die Anfangsbuchstaben häufig, das heißt zwischen 50 und 71% korrekt, jedoch teilweise auf Schätzungen zurückzuführen sind, die aufgrund allgemeinen Wissens über bestimmte 'Wortpopulationen' vorgenommen wurden. Der Versuch, diese 'Wortpopulationen' für Anfangsbuchstaben genauer zu bestimmen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, weshalb hier nur exemplarisch darauf verwiesen werden soll, daß offensichtlich bestimmte, phonotaktische Systematiken im Wortschatz auftreten und diese genutzt werden können, um gewisse Vorhersagen über Teilinformationen von Wörtern vornehmen zu können.

Neben dem vorgestellten Ansatz zur Untersuchung der Anfangsbuchstaben gibt es noch die Möglichkeit, einer Vp im TOTS gezielt einzelne Teilinformationen vorzugeben, um zu ermitteln, wie gut die verschiedenen Teilinformationen zur Auflösung des TOTS beitragen. Diese Methode wurde von Freedman &

¹²⁶ Dieser Fall spielt für die vorliegende Arbeit kaum eine Rolle. Untersuchungen zu solchem Raten von Anfangsbuchstaben unbekannter Wörter könnten jedoch interessante Hinweise auf das implizite Wissen bzw. die Einschätzungen der Vp über Häufigkeitsverteilungen der Anfangsbuchstaben in der jeweiligen Sprache liefern.

Landauer¹²⁷ verwendet. Ihre Fragestellung lautete: "To what extent does a specific clue, i.e., the initial letter of the correct answer, facilitate recall of the unavailable response."¹²⁸ Die Autoren befragten zwanzig Studenten mit 150 allgemeinen Wissensfragen, welche auf Testbögen zu beantworten waren. Im Falle eines TOTS sollten die Vps auf einer Vierpunkteskala ankreuzen, wie sicher sie sich waren, daß sie das Zielwort kennen. Bei einem zweiten Durchgang des Fragenkatalogs wurde den Vps ein Antwortbogen vorgelegt, auf welchem für ein Drittel der Zielwörter die korrekten Anfangsbuchstaben, für ein weiteres Drittel falsche und für das dritte Drittel keine Anfangsbuchstaben vorgegeben waren. Die Tatsache, daß die Hälfte der Vorgaben falsch war, wurden den Vps vor der Durchführung des Tests mitgeteilt. Welchen Einfluß dieses Wissen wiederum auf den Umgang der Vps mit den Vorgaben hatte, läßt sich nur vermuten. Die Ergebnisse waren jedenfalls vollkommen erwartungskonform:

The differences between the correct letter items and each of the other conditions is significant [...] but the differences between the wrong letter and no letter conditions does not approach significance.¹²⁹

Auch die Methode der Buchstabenvorgabe zeigt also deutlich, daß der Anfangsbuchstabe im TOTS eine wichtige Rolle spielt und zur Auflösung des TOTS entscheidend beitragen kann. Die Tatsache, daß die Anfangsbuchstaben im TOTS einerseits häufig richtig geschätzt werden können und andererseits bei externer Vorgabe häufig zur Auflösung von TOTS führen, verlangt eine weitere Differenzierung von TOTS, da es sich offensichtlich um völlig verschiedene mentale Zustände handeln muß. Im ersten Fall hat die Vp von selbst schon einen Teil des Zielwortes aktivieren können. In diesem Fall stellt sich die Frage, warum der Rest des Wortes nicht aktivierbar ist. Im zweiten Fall hat die Vp u.U. jedoch noch gar keine Teilinformation von selbst aktiviert und befindet sich in einem völlig anderen Suchstadium. Außerdem findet hier eine komplexe Interaktion von rezeptiven Prozessen in Form der externen Vorgabe und produktiven Prozessen

¹²⁷ Freedman, J.L. & Landauer, T.K. (1966). *Retrieval of long-term memory: "Tip-of-the-tongue" phenomenon.*

¹²⁸ Freedman, J.L. & Landauer, T.K. (1966). Seite 309.

¹²⁹ Ebd. (1966). Seite 310.

statt. Da auch Freedman & Landauer keine Einzelbefragungen vorgenommen haben, konnten sie für diesen zweiten Fall auch nicht entscheiden, ob Vps, denen die Vorgabe des Anfangsbuchstabens zur Auflösung des TOTS verholfen hat, nicht schon von selbst Anfangsbuchstaben aktiviert hatten und, falls dem so war, ob diese korrekt waren. Da diese Informationen jedoch wichtig sind, um die verschiedenen mentalen Zustände gesondert modellieren zu können, wurden für die vorliegende Arbeit den Vps in den jeweiligen Interviewsituationen erst dann die Anfangsbuchstaben vorgegeben, wenn die Vps diese nicht von selbst angeben konnten. (Kapitel 4).

In den Untersuchungen zu Teilinformationen, die bislang vorgestellt wurden, wurde immer nur die Verfügbarkeit entweder des ersten oder des zweiten oder des dritten Buchstabens betrachtet. Rubin¹³⁰ weist jedoch mit Recht darauf hin, daß in TOTS häufig Buchstabencluster aktiviert werden und nicht nur einzelne Buchstaben. Sein Hauptkritikpunkt an früheren TOT-Untersuchungen lautet:

[...] they are all based on analyses that group data from different target-words and in this way lose any possible structure present in the individual target-words.¹³¹

Um quantitativ zu belegen, daß den Vps häufig nicht nur vereinzelte Buchstaben bekannt sind, sondern zusammenhängende *cluster* von Buchstaben, hat Rubin zwei Testreihen durchgeführt, deren Resultate im folgenden vollständig wiedergegeben werden, also auch für die hinteren Buchstaben, welche jedoch erst an späterer Stelle diskutiert werden. Im ersten Testdurchgang befragte Rubin 259 Studenten mit den vier allgemeinen Wissensfragen, die in den Untersuchungen von Brown & McNeill die meisten TOTS provoziert hatten. Die Definitionsvorgaben lauteten:

- 1.) A small boat, not the junk, used in the river and harbor traffic of China and Japan.
- 2.) One who collects postage stamps.
- 3.) The first name of the character Scrooge in Dicken's *Christmas Carol*.
- 4.) A secretion from the sperm whale used in the manufacture of perfume.¹³²

¹³⁰ Rubin, D.C. (1975).

¹³¹ Rubin, D.C. (1975). Seite 392.

¹³² Die Zielwörter waren: sampan - philatelist - Ebenezer - ambergris.

Mit Hilfe dieser 1036 gestellten Aufgaben konnten 101 positive TOTS provoziert werden. Die Vps in TOTS bekamen die Aufforderung: "Write down any letters that you know. Please feel free to guess."¹³³ Auf diese Weise kam Rubin zu folgenden Ergebnissen:

¹³³ Rubin, D.C. (1975). Seite 393.

Number of subjects guessing any letters	Direction of scoring	Number of Correct Letters										
		Target- Word										
9		a	m	b	e	r	g	r	i	s		
	left	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	right	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
14		E	b	e	n	e	z	e	r			
	left	10	4	1	1	0	0	0	0	0		
	right	0	0	0	0	0	0	4	4			
37		p	h	i	l	a	t	e	l	i	s	t
	left	27	24	16	16	2	0	0	0	0	0	0
	right	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18	18
13		s	a	m	p	a	n					
	left	7	4	2	1	0	0					
	right	0	1	1	5	6	6					

Abbildung 13: Nach Rubin. *Within Word Structure in the Tip-of-the-Tongue-Phenomenon*. Seite 394.

Zunächst sei bemerkt, daß Rubins Ergebnisse völlig kompatibel zu den Ergebnissen sowohl von Brown & McNeill als auch von Koriat & Lieblisch sind und diese insofern bestätigen, als die ersten Buchstaben sehr gut geschätzt wurden. Allerdings hat Rubin eine völlig andere Auswertung vorgenommen: "[...] a letter was scored as correct only if the letters before it (in the case of left) or the letters after it (in the case of right) were scored correct."¹³⁴ Auf diese Weise konnte Rubin zeigen, daß die Vps bestimmte Teilinformationen häufig in Form von Buchstabenclustern

¹³⁴ Rubin, D.C. (1975). Seite 393.

aktivieren wie z.B. 'phil' in 'philatelist'. Die Tabelle belegt für dieses Beispiel, daß die Vps in 24 Fällen auch den zweiten Buchstaben 'h' korrekt angeben konnten, wenn sie den Anfangsbuchstaben 'p' korrekt aktiviert hatten. Das 'p' wurde also sehr häufig in Kombination mit dem 'h' aktiviert und dies wiederum häufig in Kombination mit den zwei Folgebuchstaben. Rubin schließt daraus: "[...] word-name memory does not consist solely of inseparable strings of letters, but rather includes at least morphemes or morpheme-like clusters."¹³⁵ Diese Interpretation wird besonders in dem Beispiel 'philatelist' deutlich, in dem nach dem Morphem 'phil' ein klarer Abfall der korrekten Buchstabenangaben zu beobachten ist. Das heißt natürlich nicht, daß nicht auch einzelne Buchstaben aktiviert sein können, ohne daß das umgebende 'cluster' oder Morphem aktivierbar wird. Ferner ist bei dem Beispiel 'philatelist' ebenso denkbar, daß eine Kombination aus Aktivierung der Anfangsbuchstaben und *educated guessing* vorliegt, wenn die Vp etwa zunächst die Buchstaben 'ph' oder 'phi' aktivieren konnte und daraufhin zu der Überlegung kommt, daß das Morphem 'phil' einen Teil des Wortes bilden könnte. Rubin gibt keine Zahlenverhältnisse an, die zeigen, wie das Verhältnis von beliebigen *clustern* zu Morphemen aussieht. Da er außerdem nicht für alle untersuchten Wörter zeigen konnte, daß die registrierten *cluster* Morpheme darstellen, beschränkt er sich auf die Konklusion: "This study has shown that for individual target-words clusters of letters tend to be retrieved together, and that these clusters are often morphemes [...]."¹³⁶ Die von Rubin verwendete Methode verdeutlicht, daß nicht nur einzelne Buchstaben betrachtet werden dürfen, sondern Buchstabencluster berücksichtigt werden müssen. Um zu überprüfen, ob auch über den Vergleich von Zielwörtern mit den von den Vps angegebenen *similar sound words* (kurz SSW) Morpheme bzw. morphemähnliche Buchstabencluster zu beobachten sind, hat er eine weitere Testreihe mit 300 Studenten durchgeführt, die in zwei Gruppen aufgeteilt worden sind. Dabei wurde dem Kritikpunkt, der für den ersten Testaufbau vorgebracht worden war, nämlich daß nur vier Zielwörter betrachtet worden waren, Rechnung getragen, indem diesmal 12 bzw. 49 allgemeine Wissensfragen gestellt wurden.¹³⁷ Um für diesen Testlauf, in dem die von den Vps angegebenen SSW gewertet werden sollten, zu verhindern, daß diejenigen SSW, die von mehreren Vps

¹³⁵ Rubin, D.C. (1975). Seite 396.

¹³⁶ Ebd. Seite 396.

¹³⁷ Die Definitionsvorgaben für die zweite Testreihe liegen leider nicht vor.

angegeben wurden, also häufig durch eine bestimmte Definitionsvorgabe eliziert wurden, für die zu beobachtenden Buchstabencluster verantwortlich sind, wurde jedes dieser SSW nur einmal gewertet. Folgende Tabelle zeigt die Resultate der Zielwörter, bei welchen eine oder mehrere Buchstabenpositionen mit den SSW übereinstimmen.

 Number of Correct Letters

Number of distinct words	Direction of scoring	Target- Word
11		a l t i m e t e r
	left	2 2 2 1 0 0 0 0 0
	right	0 0 0 0 9 9 9 9 9
19		a m b e r g r i s
	left	13 6 3 2 2 0 0 0 0
	right	0 0 0 0 0 0 0 0 2
21		c a d u c e u s
	left	3 2 1 0 0 0 0 0
	right	0 0 0 0 0 0 9 12
25		E b e n e z e r
	left	5 1 0 0 0 0 0 0
	right	0 0 0 0 0 0 3 3
22		e m e t i c
	left	7 2 1 1 0 0
	right	2 2 2 3 8 9
20		m i s t r a l
	left	10 5 2 1 0 0 0
	right	0 0 0 0 0 1 2
13		p h i l a t e l i s t
	left	5 5 5 5 2 1 1 1 0 0 0
	right	0 0 0 0 0 0 0 0 7 7 8

27		s	a	m	p	a	n	
	left	10	6	1	1	0	0	
	right	0	1	2	13	14	16	
7		u	s	u	r	e	r	
	left	5	4	1	1	0	0	
	right	0	0	0	1	7	7	
19		v	a	q	u	e	r	o
	left	5	5	0	0	0	0	
	right	0	0	0	0	8	11	13

Abbildung 14: Nach Rubin. *Within Word Structure in the Tip-of-the-Tongue-Phenomenon*. Seite 395.

Die Tabelle kann als Bestätigung für die erste Testreihe gesehen werden, da für die vier Wörter der ersten Testreihe trotz der veränderten Methode sehr ähnliche Buchstabencluster zu finden sind. Das heißt, daß der Vergleich von Zielwörtern und SSW belegt, daß die Übereinstimmung von Zielwörtern und SSW nicht nur in einzelnen Buchstabenpositionen zu finden ist, sondern wiederum in Buchstabenclustern. Rubin faßt für die zweite Testreihe kurz und prägnant zusammen: "[...] several groups of letters appear to be retrieved as clusters."¹³⁸ Da Rubin jedoch nur die positiven Resultate aufgelistet hat, bleibt unklar, wie groß der Anteil der Übereinstimmungen am Gesamtergebnis war. Dennoch wird deutlich, daß den Vps zumindest in einigen Fällen morphemähnliche Buchstabencluster als Teilinformation des Zielwortes zur Verfügung stehen. So lassen sich an dem Beispiel 'altimeter' die beiden Teile des Kompositums und bei 'emetic' die derivative Adjektivendung direkt in der Tabelle ablesen. Ob es andere, übergeordnete Aktivierungseinheiten gibt, wie es sich für die Silbenstruktur bei dem Beispiel 'sampan' andeutet, wird weiter unten diskutiert.

Fazit dieses Abschnittes ist erstens, daß Anfangsbuchstaben, die den Vps im TOTS vorgegeben werden, häufig zur unmittelbaren Auflösung des TOTS führen. Zweitens können die Vps sowohl einzelne Anfangsbuchstaben als auch

¹³⁸ Rubin, D.C. (1975). Seite 395.

Buchstabencluster am Anfang eines Wortes häufig korrekt angeben, wobei die Buchstabencluster häufig Morpheme darstellen. Und drittens zeigt auch der Vergleich von Zielwörtern und SSW, daß deren Übereinstimmung sich häufig nicht nur auf einzelne Buchstabenpositionen bezieht, sondern ebenfalls auf Buchstabencluster, die zudem noch weitgehend mit jenen aus den Untersuchungen mit direkten Angaben der Vps übereinstimmen. Der folgende Abschnitt soll nun zeigen, ob sich für die mittleren und hinteren Wortbereiche ähnliche Beobachtungen ergeben.

2.3.5.2 Die Rolle der mittleren Buchstaben im TOTS

Nahezu alle TOT-Untersuchungen stimmen in dem Punkt überein, daß die Anfangsbuchstaben die wichtigste Rolle im TOTS spielen, das heißt, daß diese am häufigsten von den Vps korrekt angegeben werden können und daß deren Vorgabe am häufigsten zur unmittelbaren Auflösung des TOTS führen. Den mittleren Buchstaben wurde bislang überhaupt nur wenig Beachtung geschenkt. So gibt es keine Untersuchungen, die darauf ausgelegt sind, zu zeigen, inwieweit die Vorgabe mittlerer Buchstaben hilfreiche Hinweise zur Auflösung eines TOTS sein können. Auch die statistischen Auswertungen von Brown & McNeill sowie von Koriat & Lieblich geben hier nur wenig Auskunft, was zum Teil methodische Gründe hat. Da jeweils nur die ersten und letzten drei Buchstaben der Zielwörter untersucht wurden, blieb stets die Frage offen, ob nicht auch für den mittleren Bereich einzelne gute Schätzungen vorgelegen haben, wenngleich die U-förmigen Kurven beider Analysen darauf hindeuten, daß die mittleren Buchstaben nur selten korrekt angegeben wurden. Aufgrund der Tatsache, daß Koriat & Lieblich keine konkreten Aussagen über die Mitte der Zielwörter treffen, nimmt Brown an: "They did not report middle letter matches, perhaps because their frequencies was too low."¹³⁹ Auch Rubin räumt ein, daß seine Methode darauf ausgelegt war, Anfangs- und Endbuchstaben zu untersuchen, wenngleich mittlere Buchstaben offensichtlich ohnehin nicht auftraten und dementsprechend auch nicht registriert worden sind: "Instances of clusters occurring in the middle of words would be likely to be lost, but

¹³⁹ Brown, A. (1991). Seite 209.

none were noted in the raw data."¹⁴⁰

Die wenigen Hinweise auf den Stellenwert der mittleren Buchstaben stammen primär aus Vergleichsstudien zwischen Zielwörtern und *interlopern* mit phonologisch ähnlicher Struktur und belegen ebenfalls, daß die Übereinstimmung dieser Wörter im vorderen und hinteren Bereich größer als im mittleren Bereich ist. Brown faßt die Ergebnisse für die mittleren Buchstaben folgendermaßen zusammen:

Subjects also seem to have some appreciation of the middle letters in the target, although this is considerably less than knowledge of the first and last letters."¹⁴¹

In Kapitel 4 werden mehrere Interviews vorgestellt, die zeigen, daß mittlere Buchstaben und vor allem Buchstabencluster aus dem mittleren Bereich des Zielwortes zum einen durchaus bekannt sein können und zum anderen auch zur unmittelbaren Auflösung des TOTS führen können, wengleich auch die Interviews eine Präferenz der Vps für vordere Buchstaben nahelegen.

2.3.5.3 Die Rolle der hinteren Buchstaben im TOTS

Für die hinteren Buchstaben gibt es wesentlich mehr auswertbare Daten als für die mittleren Buchstaben. Allerdings gibt es auch hier keine Untersuchungen, in welchen den Vps die hinteren Buchstaben vorgegeben worden sind, um zu ermitteln, ob diese maßgeblich zur Auflösung des TOTS beitragen können, sondern nur diverse Analysen von Daten aus den Angaben der Vps in den verschiedenen TOTS und die Vergleiche von Zielwörtern und *interlopern* bzw. von Zielwörtern und Wörtern, deren phonologische oder semantische Struktur dem Zielwort ähnlich ist.

Wie in den Ergebnissen von Brown & McNeill (Abbildung 6) bereits deutlich wurde, gibt es klare Belege dafür, daß Vps in TOTS die hinteren Buchstaben häufig korrekt angeben können. Diese frühen Ergebnisse wurden reexamiert und

¹⁴⁰ Rubin, D.C. (1975). Seite 393.

¹⁴¹ Brown, A. (1991). Seite 210.

konkretisiert. In den Untersuchungen von Koriat & Lieblich wurden Zielwörter mit den von den Vps angegebenen SSW u.a. für die letzten drei Buchstabenpositionen verglichen. Wie der Kurvenverlauf der Abbildung 6 zeigt, liegen die Werte weit über den Werten für die Anfangsbuchstaben. Zugleich steigt jedoch auch die Trefferquote der Schätzungen in den DKS, weshalb die Werte noch stärker als bei den Anfangsbuchstaben nach unten korrigiert werden müssen. Dennoch liegt die Trefferquote für hintere Buchstaben bei Koriat & Lieblich immer noch höher als bei den Ergebnissen von Brown & McNeill. Dies wurde von Koriat & Lieblich jedoch nicht dahingehend interpretiert, daß der hintere Teil eines Wortes eine besonders wichtige Rolle beim lexikalischen Zugriff spielt oder daß dieser auf eine andere Art und Weise im mentalen Lexikon gespeichert ist als der vordere oder mittlere Teil eines Wortes, sondern auf die allgemeine Systematik in der Morphologie englischer Wörter zurückgeführt: "One source of the higher detection rates for letters at the final parts of words may be found in the higher redundancy of final-position letters in English words."¹⁴² Um diese Hypothese zu belegen, errechneten sie für jede Buchstabenposition die Korrelation¹⁴³ zwischen SSW und Zielwort und kamen zu dem Schluß:

These results suggest that population detection, i.e., detection due to the ability to approximate the ecological distribution of letters, is higher for later than for earlier positions.¹⁴⁴

Sowohl die guten Schätzungen in den DKS als auch die starke Korrelation zwischen SSW und Zielwörtern weisen also darauf hin, daß die Vps, die während des TOTS korrekte Angaben über Buchstaben am Ende des Zielwortes machen können, nicht unbedingt einen Teil des Zielwortes aktiviert haben, sondern daß deren Angaben allgemeines Wissen über systematische Zusammenhänge in der englischen Morphologie widerspiegelt. Da die Autoren kein einziges Beispiel für diese Zusammenhänge angeben, sollen hier exemplarisch einige Möglichkeiten aufgezeigt werden, um welche Art von Wissen es sich dabei handeln könnte, wobei

¹⁴² Koriat, A. & Lieblich, I. (1975). *Examination of the letter serial position effect in the "TOT" and the "don't know" states*. Seite 540.

¹⁴³ Auf die Wiedergabe der sehr ausführlichen Berechnungen soll hier verzichtet werden, da die statistischen Details nur wenig zur Diskussion beitragen.

¹⁴⁴ Koriat, A. & Lieblich, I. (1975). Seite 540.

offen bleiben muß, inwieweit ideolektische Wissensdifferenzen vorliegen und ob es sich bei dieser Form des Wissen um implizites Wissen handelt oder ob das Wissen explizit vorliegt und eventuell bewußt zur Suchstrategie herangezogen wird.

Offensichtlich kommen für die hinteren Buchstaben besonders morphologische Endungen in Betracht, die, wie oben schon für die Anfangsbuchstaben gezeigt wurde, einer systematischen Nomenklatur unterliegen wie z.B. die Endung '-ol', welche indiziert, daß es sich, sofern es um eine chemische Bezeichnung geht, bei der fraglichen Substanz um einen Alkohol handelt, wie in 'Methanol', 'Ethanol', 'Propanol' usw. Allerdings stellt sich hier das Problem, daß nicht ausgeschlossen werden kann, daß bei der Produktion dieser Wörter eine Suffigierung stattfindet, was bedeuten würde, daß die Endung '-ol' unabhängig vom Wortstamm gespeichert wird und in einem gesonderten Prozeß affigiert wird. Der gleiche Prozeß wäre wiederum für den mittleren Teil '-an' der Wörter denkbar, der indiziert, daß es sich bei der Substanz um Moleküle mit Einfachbindungen handelt, wie bei 'Methanol'.

Ferner wäre denkbar, daß Personen, welchen diese Systematik bekannt ist, die jedoch nur einige wenige dieser Wörter häufig benutzen, diese wenigen Wörter in der Vollform abgespeichert haben, um gegebenenfalls den Affigierungsprozeß zu umgehen und schneller auf die Zielwörter zugreifen zu können.¹⁴⁵

Eine andere Möglichkeit, das Wortende richtig zu schätzen, bevor das eigentliche Zielwort von der Vp aktiviert werden kann, besteht dann, wenn eine Wortklasse mit einer gewissen Regelmäßigkeit die gleiche Endung aufweist, wie dies bei den englischen Adverbien, die auf '-ly' enden, der Fall ist. Allerdings liegen zum einen für Adverbien keine TOT-Daten vor und zum anderen müßte wiederum zunächst geklärt werden, ob diese im mentalen Lexikon als Vollformen vorliegen oder Affigierungsprozesse stattfinden.

Weitere Bereiche, die theoretisch in Frage kommen, sind beispielsweise die sehr häufig auftretenden Adjektivendungen '-al' oder '-tive' bzw. '-ive'. Da Adjektive vergleichsweise selten TOTS verursachen, gibt es auch zu dieser Wortklasse nur wenige Untersuchungen. Eine Ausnahme bilden die Untersuchungen von Burke et al. In ihrem einhundert Fragen umfassenden Katalog finden sich u.a. acht

¹⁴⁵ Für eine Diskussion der verschiedenen Ansätze zu Affigierungsprozessen im mentalen Lexikon siehe: Forster, K.I. (1989). *Basic issues in lexical processing*. In: Marslen-Wilson, W.D. *Lexical representation and process*.

allgemeine Wissensfragen, die darauf abzielen, TOTS für Adjektive zu provozieren, wie z.B.:

What word means relating to or situated on the back, especially of an animal?

What do you call a question that is asked for effect with no answer expected?

What word means lasting only a very brief time?

What do you call a verb that does not take a direct object?¹⁴⁶

Die Resultate für Adjektive wurden von Burke et al. nicht gesondert ausgewiesen, sondern nur zusammen mit den allgemeinen Wissensfragen für Verben, wobei sich gezeigt hat, daß sich prinzipiell auch für diese beiden Wortarten TOTS provozieren lassen. Ob Vps zur Auflösung von TOTS Wissen über Regelmäßigkeiten der englischen Adjektivbildung nutzen, läßt sich aus den Daten jedoch nicht ablesen, weshalb nur zu vermuten bleibt, daß Vps in einzelnen Fällen die Endungen, die sie aufgrund einer gewissen Systematik oder Häufigkeitsverteilung gut schätzen können, dazu heranziehen, TOTS aufzulösen. Konkret könnte dies für die erste Frage so aussehen, daß die Vp Adjektive aktivieren kann, die ebenfalls mit der Sichtweise auf ein Objekt zu tun haben, wie z.B. 'sagittal', 'frontal', 'lateral', etc.

Weitere Beispiele für Wortklassen mit Wörtern, deren Endungen als Suchkriterium dienen können, stammen aus dem Bereich der Fremdwörter:

-ology : (Palaeontology, Meteorology, Petrology, Biology, Sociology, ...)

-ism : (Capitalism, Cynicism, Agnosticism, Chauvinism, Protestantism, ...)

-ist : (Pacifist, Neurologist, Communist, Psychologist, Phrenologist, ...)

Wie könnte nun das Zusammenspiel von *class detection*, also allgemeinem Wissen über solche morphologischen Strukturen und einer konkreten Frage wie "Wie nennt man die Wissenschaft, die sich mit den ausgestorbenen Lebewesen (Fossilien) und deren Entwicklung im Verlauf der Erdgeschichte beschäftigt?"¹⁴⁷ aussehen? Rubin geht davon aus, daß die befragten Vps vor allem bei dieser Art von Wörtern, die

¹⁴⁶ Die Zielwörter waren 'dorsal', 'rhetorical', 'ephemeral', 'intransitive'.

Burke et al. (1991). Seite 575.

¹⁴⁷Die Fragestellung entspricht der Definition für 'Paläontologie' nach: Meyers Grosses Taschenlexikon. Band 16. Seite 224. 4. Auflage 1992.

klare Endmorpheme aufweisen, das komplette Suffix aktivieren können, sofern sie überhaupt den hinteren Wortteil aktivieren: "If the target-word has a suffix they tend to retrieve the suffix as a unit."¹⁴⁸ Daraus schließt er auf die Speicherorganisation im mentalen Lexikon: "[...] the clusters are organized in a manner which allows for efficient utilization of information in the production and perception of language."¹⁴⁹ Eine andere Möglichkeit wäre jedoch, daß die Vp die Herkunft der einzelnen Morpheme nicht kennt, sie also keine direkte 'Übersetzung' vornehmen kann, aber weiß, daß viele Bezeichnungen für Wissenschaften auf '-logy' enden und per Analogiebildung, etwa zu 'Biology', die Hypothese aufstellt, daß das Zielwort diese Endung haben wird. Dieses Vorgehen stellt jedoch völlig andere kognitive Prozesse dar als z.B. die Erinnerung an den letzten Gebrauch des Wortes, wobei nur noch die Endung reaktiviert werden kann. Dennoch kann die Hypothese, daß das Zielwort auf '-logy' enden wird, sofern sie sich bewahrheitet, eine gute Hilfe bei der Wortfindung darstellen. Falls es sich jedoch um eine falsche Annahme handelt, könnte diese sogar zur Ursache einer weiteren Verzögerung der Wortfindung führen, da u.U. eine falsche Spur verfolgt wird, also z.B. versucht wird, alle bekannten Wörter mit dieser Endung zu aktivieren, wobei erst nach Abschluß dieses Prozesses klar wird, daß ein falscher Suchbereich abgeprüft wurde. Da es unzählig viele verschiedene Fälle dieser Art geben kann und zudem die unterschiedlichsten Abstufungen an Wissen bis hin zu vollkommen falschen Annahmen über die Bedeutung von Fremdwörtern vorkommen können und diese Fälle von den vorliegenden Studien nicht weiter verfolgt wurden, soll auch in der vorliegenden Arbeit nicht weiter darüber spekuliert werden.

Ein anderes Problem bei den Analysen für die hinteren Buchstaben besteht darin, daß der Fragenkatalog für die skizzierten Studien primär nach Vorkommenshäufigkeiten der Zielwörter zusammengestellt wurde und alle Ergebnisse für die verschiedenen Wörter gemeinsam ausgewertet wurden, weshalb offen bleibt, ob es eine Abhängigkeit der Anzahl der korrekt geschätzten Endungen vom Grad der Systematik der Zielwörter gibt. Dies ist stark anzunehmen, da festgestellt wurde, daß TOTS besonders häufig bei Eigennamen auftreten und gerade Eigennamen wesentlich weniger systematisch aufgebaut sind als die oben angeführten Fremdwörter. Dieser Punkt wird weiter unten im Zusammenhang mit

¹⁴⁸ Rubin, D.C. (1975). Seite 392.

¹⁴⁹ Rubin, D.C. (1975). Seite 397.

den möglichen Ursachen von TOTS nochmals aufgegriffen. Zunächst soll jedoch geklärt werden, inwieweit die Ergebnisse aus den Untersuchungen, die Rubin vorgenommen hat, zu den Ergebnissen und Vorschlägen von Koriat & Lieblich passen bzw. wo sich Differenzen ergeben.

Rubin ging von der Fragestellung aus:

Are word-names stored as inseparable collections of letters, or as strings of subunits such as syllables or morphemes which could be recombined?¹⁵⁰

Obwohl Rubins Testanordnung also offensichtlich nicht explizit darauf ausgelegt war, zu klären, ob der Anfang oder das Ende des Zielwortes im TOTS besser wiedergegeben werden kann, sondern demonstrieren sollte, daß neben einzelnen Buchstaben vor allem auch Buchstabencluster aktiviert werden, lassen sich doch zumindest für einige Zielwörter hohe Trefferquoten der direkten Angaben der Vps sowie große Übereinstimmungen zwischen Zielwörtern und SSW für die hinteren Zielwortbereiche beobachten, die sowohl belegen, daß der hintere Teil von Wörtern im TOTS nahezu genauso gut bekannt ist, wie der vordere Teil, als auch, daß die hinteren Buchstaben häufig in Form von morphemähnlichen Buchstabenclustern bekannt sind. Besonders deutlich wird dies wiederum bei dem Zielwort 'philatelist'. Die erste Testreihe belegt, daß die hinteren drei Buchstaben, die das Morphem '-ist' bilden, die höchste Trefferquote erzielten und zudem jeweils als Buchstabencluster angegeben wurden, das heißt, daß alle Vps, die den letzten Buchstaben wußten auch die vorangehenden beiden Buchstaben des Morphems '-ist' korrekt angegeben haben, wohingegen der viertletzte Buchstabe, der zugleich die Morphemgrenze bildet, von keiner Vp richtig angegeben werden konnte, wodurch implizit wiederum bestätigt wird, daß die mittleren Buchstaben eine untergeordnete Rolle spielen. Ein weiteres klares Beispiel für Rubins Hypothese, daß die hinteren Buchstaben deshalb korrekt angegeben werden können, weil sie als Morpheme bzw. als morphemähnliche *cluster* aktiviert werden, zeigt sich bei dem Zielwort 'altimeter' in der zweiten Testreihe. Hier beinhalteten neun der elf verschiedenen Wörter, die statt des Zielwortes von den Vps angegeben wurden, das Morphem 'meter'. Das heißt, daß zumindest für einige Zielwörter die hinteren Buchstaben sehr gut geschätzt oder

¹⁵⁰ Rubin, D.C. (1975). Seite 396.

wiedergegeben werden können, was exakt der Hypothese der *class detection* von Koriat & Lieblisch entspricht. In den Fällen, in welchen entweder keine Endmorpheme analysierbar sind oder dies nur mit Hilfe von sehr spezifischen Kenntnissen über die Etymologie der jeweiligen Zielwörter möglich ist, funktioniert *class detection* natürlich nicht. Dies wird in Rubins Beispiel 'ambergris' deutlich, in dem lediglich der letzte Buchstabe 's' von drei Vps korrekt angegeben werden konnte bzw. in zwei Fällen eine Übereinstimmung mit dem letzten Buchstaben des SSW zu beobachten war, jedoch keine weiteren Endbuchstaben. Weitere TOT-induzierende, allgemeine Wissensfragen, welche diese Differenz in der Vorhersagbarkeit der Wortendungen illustrieren können, stammen aus dem Fragenkatalog von Burke et al.:

What is the largest city and capital of Kenya?

What city is the capital of Iceland?

What is the last name of the cosmonaut who was the first person to orbit the earth?¹⁵¹

Bei dem Versuch, die Zielwörter für diese Fragen zu aktivieren, kann man i.d.R. auf keinerlei morphologische Regelmäßigkeiten zurückgreifen, da es sich zum einen um Eigennamen handelt, deren Teilkomponenten sich ohne etymologische Hilfsmittel nicht als Morpheme analysieren lassen, und zum anderen um Wörter aus fremden Sprachen, die ohne erkennbare Systematisierung in Form von morphologischen Angleichungen ins Englische übernommen worden sind.¹⁵²

Rubin zieht aus seinen Beobachtungen, daß die hinteren Buchstaben der Zielwörter sehr gut, in bestimmten Fällen sogar deutlich besser als die Anfangsbuchstaben geschätzt werden können bzw. sich eine größere Übereinstimmung zu den SSW ergibt, folgendes Resümee:

If there is an initial or final morpheme, it is retrieved, otherwise only one or two letters are retrieved. Under this explanation, the scarcity of initial morpheme clusters is due to the fact that the initial morpheme clusters are usually word stems and their

¹⁵¹ Die Zielwörter waren 'Nairobi', 'Reykjavik', 'Gagarin'. Burke et al. Seite 575.

¹⁵² Wenngleich vermutet werden kann, daß bei der Entlehnung phonologische Anpassungen stattgefunden haben.

retrieval would often lead to the retrieval of the whole word, and thus no TOT state.¹⁵³

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß Vps in TOTS die hinteren Buchstaben der Zielwörter in allen Untersuchungen besser als die mittleren Buchstaben angeben konnten und daß diese Angaben zumeist etwas schlechter ausfielen als die Angaben für die vorderen Buchstaben bzw. die Übereinstimmung zwischen Zielwörtern und SSW geringer waren. Brown, der eine knappe Zusammenfassung verschiedener Untersuchungen erstellt hat, bemerkt:

In general, subjects in a TOT appear to have a moderate degree of awareness of the last letter, although this is less pronounced than first-letter knowledge.¹⁵⁴

In einigen Untersuchungen konnten jedoch für bestimmte Zielwörter deutlich bessere Ergebnisse für die hinteren Buchstaben erzielt werden. Ferner konnte Rubin zeigen, daß besonders im hinteren Wortbereich häufig ganze Buchstabencluster in Form von Morphemen aktiviert werden können, wodurch die Hypothese der *class detection* von Koriat & Lieblich gestützt wird, die vor allem aufgrund der guten Schätzungen der Vps in DKS entwickelt wurde und zu folgender Interpretation geführt hat:

The relatively high detection of letters in later positions was also found for a "don't know" state and appears to result from: (a) a better ability to approximate the distribution of letters in these positions and (b) a stronger correlation in these positions than others between semantic and structural features of words.¹⁵⁵

Die wichtigste Schlußfolgerung aus den Studien, in welchen sich überdurchschnittlich gute Ergebnisse für hintere Buchstaben ergeben haben, besteht darin, daß die Zielwörter nach ihrer morphologischen Komplexität differenziert werden müssen, da der Zugriff auf Wörter bei denen *class detection* möglich ist, u.U. ganz anders funktioniert als bei Wörtern, die sich schlecht kategorisieren lassen. Da spätere Studien, die den oben angeführten Studien folgten, diesen Punkt

¹⁵³ Rubin, D.C. (1975). Seite 396.

¹⁵⁴ Brown, A. (1991). Seite 210.

¹⁵⁵ Koriat, A. & Lieblich, I. (1975). Seite 539.

nicht genug berücksichtigt haben, besteht noch erheblicher Forschungsbedarf innerhalb des Paradigmas der Vorgabe von Wortdefinitionen bzw. allgemeiner Wissensfragen, um Hinweise darauf zu bekommen, ob Vps in TOTS andere Suchstrategien für morphologisch komplexe Wörter und vor allem auch für Komposita, die sich in irgendeiner Form analysieren lassen (z.B. altimeter, philatelist, anthropology), verwenden als für Wörter, die solche Strategien nicht oder nur bedingt ermöglichen (z.B. Reykjavik, ambergris, Origami).

Ferner wurde von den Autoren kein Modell entwickelt, das erklären könnte, welchen Einfluß die SSW auf die weiteren Wortfindungsprozesse haben. Diese Problematik wurde jedoch von anderen Forschern aufgenommen und wird weiter unten (Kapitel 5) diskutiert. Im folgenden wird zunächst der Frage nachgegangen, welche Rolle die Anzahl der Silben des Zielwortes im TOTS spielt, da diese wiederholt Untersuchungsgegenstand war und systematisch abgetestet wurde.

2.3.5.4 Die Rolle der Silbenzahl im TOTS

In diesem Abschnitt soll zunächst einmal geklärt werden, inwieweit Vps in TOTS korrekte Angaben über die Anzahl der Silben des Zielwortes machen können, um daraufhin einen Erklärungsansatz zu entwickeln, wie Vps zu dieser Information kommen. Dem Problem der Silbenzahl ist in mehreren TOT-Studien explizit nachgegangen worden, wobei sich die Ergebnisse teilweise erheblich voneinander unterscheiden. Es muß also geprüft werden, ob sich konsistente Aussagen über den Status der Silbenzahl im TOTS finden lassen. Darüber hinaus muß diskutiert werden, welchen Einfluß das Wissen oder Nicht-Wissen der Silbenzahl auf den weiteren Verlauf des TOTS hat, das heißt, daß eine Interpretation der Ergebnisse gefunden werden muß, die erklärt, warum Vps in bestimmten Fällen überhaupt die Silbenzahl benennen können bzw. ob die Silbenzahl eine Rolle bei der Wortproduktion spielt und wenn ja, was sich aus dem Wissen der Silbenzahl ableiten läßt. Im Gegensatz zu den Anfangs- und Endbuchstaben des Zielwortes, welche unmittelbar Teil des zu aktivierenden Zielwortes darstellen, ist die Silbenzahl eher ein implizites und indirektes Indiz für die zugrundeliegenden Sprachproduktionsprozesse. Außerdem wurden wie bei den anderen Teilinformationen nur die positiven Ergebnisse gewertet und nicht in Betracht

gezogen, welche Konsequenzen sich ergeben, wenn die Vp die Silbenzahl nicht angeben konnte bzw. wenn sie diese falsch angegeben hatte. Wiederum sind es primär methodologische Gründe, die bislang vereitelt haben, daß auch falschen Angaben nachgegangen wurde. Die unten angeführten Interviews (Kapitel 4) machen deutlich, daß Vps ihre Schätzungen häufig nur sehr vage ausdrücken und ihre Angaben teilweise noch während des TOTS revidieren.

Die ersten Ergebnisse zur Silbenzahl stammen von Brown & McNeill. Ihre beiden Testreihen, die bereits in Kapitel 2.2.1.1 skizziert und diskutiert wurden, ergaben für den ersten Durchlauf 60% und für den zweiten 47% richtige Schätzungen. Neben den oben genannten Problemen scheint besonders die Eingrenzung der Silbenzahl durch die Auswahl der Zielwörter auf solche mit maximal fünf Silben ein Faktor zu sein, der die Interpretation der Ergebnisse erheblich einschränkt. Da Koriat & Lieblich die gleichen Einschränkungen für ihre Untersuchungen vornahmen, müssen auch deren Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden, da die Wahrscheinlichkeit, bei einer Auswahl von eins aus fünf richtig zu tippen, relativ hoch ist. Koriat & Lieblich instruierten ihre Vps in TOTS, die geschätzte Silbenzahl auf dem Antwortbogen anzugeben, und konnten für die verschiedenen TOTS zwischen 65% und 80% korrekte Schätzungen registrieren, also deutlich mehr als Brown & McNeill, wobei für die Unterschiede in der Trefferquote keine Interpretation vorliegt. Aufgrund der begrenzten statistischen Auswertungen konnte nicht ermittelt werden, ob sich eventuell individuelle Unterschiede erkennen ließen. Da davon ausgegangen werden kann, daß Vps über eine unterschiedlich gut ausgeprägte Sprachkompetenz verfügen, ist es denkbar, daß in den jeweiligen Gruppen Vps mit mehr oder minder großer Sensibilität für linguistische Gegebenheiten teilgenommen haben und sich dies in den Statistiken niedergeschlagen hat.

Koriat & Lieblich haben wie bei den Buchstabeneinschätzungen auch von den Vps in DKS die Angaben zur Silbenzahl ausgewertet, wobei auch in DKS zwischen 33% und 38% der Schätzungen korrekt waren. Das heißt, daß wiederum davon ausgegangen werden kann, daß zumindest ein Teil der korrekten Schätzungen in den TOTS auf *educated guessing* bzw. auf *class detection* zurückzuführen ist. Brown bemerkt dazu:

Although information regarding the number of syllables in the target word appears to be available to subjects in a TOT, chance

guessing probabilities are high because of the narrow range of syllabic choices.¹⁵⁶

Die Tatsache, daß die Silbenzahlen letztendlich dennoch in TOTS besser geschätzt wurden als in DKS, fassen Koriat & Liebllich folgendermaßen zusammen:

[...] the amount of variance of the guessed number of syllables accounted for by the actual number of syllables appears to be consistently higher for the various positive TOT states than for the don't know state. [...] On the basis of these data, it appears reasonable to conclude that some information regarding the number of syllables is available even in a don't know state, but that correct detection is considerably better in TOT states.¹⁵⁷

Ein weiterer Hinweis auf die Rolle der Silbenzahl in TOTS stammt aus den Vergleichen der Zielwörter mit den Wörtern, die von den Vps statt der Zielwörter aktiviert wurden. Burke et al.¹⁵⁸ registrierten 43% Übereinstimmung der Silbenzahlen, und Yarmey¹⁵⁹ konnte sogar einmal 77% und einmal 83% Übereinstimmungen finden. Hier muß natürlich wiederum gefragt werden, ob dies ein Effekt ist, der von der Teilaktivierung des korrekten Zielwortes ausgeht, bzw. muß mit in Betracht gezogen werden, daß eben auch Wörter aktiviert werden können, bei denen die Silbenzahl nicht übereinstimmt. Zwei Beispiele¹⁶⁰ sollen dies verdeutlichen. Wird eine Vp nach der Hauptstadt von Israel gefragt und gerät daraufhin in einen TOTS, wobei ihr statt des Zielwortes 'Jerusalem' ein phonologisch ähnliches Wort wie 'Jordanien' einfällt, so liegt zwar eine Interpretation nahe, die hervorhebt, daß die beiden Wörter jeweils viersilbig sind, zugleich stimmen jedoch auch die Anfangsbuchstaben und das Betonungsmuster (Betonung auf der zweiten Silbe) überein, und eine gewisse semantische Nähe (geographische Eigennamen aus dem Bereich des Nahen Ostens) liegt ebenfalls vor. Ob also zunächst die Teilinformation des Zielwortes 'Wort mit vier Silben' aktiviert wurde und somit allein aufgrund der Übereinstimmung der Silbenzahlen das SSW

¹⁵⁶ Brown, A. (1991). Seite 210.

¹⁵⁷ Koriat, A. & Liebllich, I. (1974). Seite 654.

¹⁵⁸ Burke et al. (1991). Seite 559.

¹⁵⁹ Yarmey, A. D. (1973). Seite 287-290.

¹⁶⁰ Die Beispiele stammen aus den Voruntersuchungen für diese Arbeit, d.h. Befragungen mit allgemeinen Wissensfragen von Studenten im Alter zwischen 20 und 30 Jahren.

aktiviert bzw. leichter aktivierbar wurde, kann für dieses Beispiel bestenfalls als plausibel, jedoch nicht als notwendig angesehen werden. Nimmt man als zweites Beispiel den Fall einer anderen Vp, bei der die Wortform 'Jericho' elizitiert wurde, das SSW also wiederum den gleichen Anfangsbuchstaben hat, jedoch eine andere Silbenzahl sowie ein anderes Betonungsmuster, so zeigt dies nicht nur, daß semantische Nähe und gleiche Anfangsbuchstaben durchaus genügen, um ein SSW zu elizitieren, sondern darüber hinaus, daß die alleinige Übereinstimmung der Silbenzahl nicht als Filter für weitere Elizitationen wirkt, da sonst die Wortform 'Jericho' nicht hätte aktiviert werden können.

Die verschiedenen Untersuchungen zur Silbenzahl weisen darauf hin, daß Vps u.U. die Silbenzahl korrekt angeben können oder zumindest die Silbenzahl einen Einfluß auf die Selektion weiterer Wörter haben kann. Es bleibt jedoch die Frage offen, ob tatsächlich ein Teil des Zielwortes aktiviert wurde und die so verfügbar gewordene Teilinformation genutzt wurde, um die Frage nach der Silbenzahl zu beantworten, oder ob die Schätzung aufgrund allgemeinen Wissens bzw. Vermutungen über die Zugehörigkeit des Zielwortes zu einer bestimmten Kategorie widerspiegelt, wengleich auch dies relativ unwahrscheinlich sein dürfte, da es keine eindeutige Zuordnung von Wörtern oder Wortklassen zu einer bestimmten Silbenzahl gibt und solche Schätzungen eher den Charakter von 'langen, komplexen Wörtern' gegenüber 'kurzen einfachen Wörtern' haben dürften, was durch die Aussagen in den Interviews (Kapitel 4) bestätigt wird.

Im Zusammenhang mit der Aktivierung von Silbenzahlen als Teilinformationen der Zielwörter stellt sich ferner die Frage, ob Buchstabencluster, die aktiviert werden konnten, Silben darstellen. Dieser Frage ist Rubin nachgegangen, indem er die Buchstabencluster, die sich durch die oben geschilderte Auswertungsmethode ergeben haben, daraufhin überprüft hat, ob eine Silbenstruktur zu erkennen war. Sein Fazit diesbezüglich ist eindeutig: "There is no evidence that these clusters are syllables."¹⁶¹ Darüber hinaus leitet Rubin aus seinen Beobachtungen eine Art Faustregel ab:

¹⁶¹ Rubin, D. C. (1975). Seite 395.

One rule can account for most of the observed clustering. If there is an initial or final morpheme, it is retrieved, otherwise only one or two letters are retrieved.¹⁶²

Diese Regel, die offensichtlich nicht für alle beobachtbaren TOTS gilt, da es durchaus einzelne Fälle gibt, in welchen eine einzelne Silbe aktiviert werden kann bzw. in denen der aktivierte Buchstabencluster mit der Silbengrenze zusammenfällt, führte Rubin zu folgendem Erklärungsansatz:

Under this explanation, the scarcity of initial morpheme clusters is due to the fact that the initial morpheme clusters are usually word stems and their retrieval would often lead to the retrieval of the whole word, and thus no TOT state.¹⁶³

Nach Rubin sind also die Einheiten, die während des TOTS aktivierbar sind, sofern sie größer als einzelne Buchstaben sind, keine Silben, sondern vielmehr Morpheme, respektive "morpheme like clusters". Das schließt natürlich nicht aus, daß Vps vereinzelt Silben eines gesuchten Wortes aktivieren können. Vielmehr weisen die Ergebnisse darauf hin, daß die phonologische Repräsentation von Wörtern nicht standardmäßig in Form von Silben aktiviert wird.¹⁶⁴ Wenn jedoch im TOTS keine Silben aktiviert werden und die Ergebnisse zu den Angaben der Silbenzahl ebenfalls keine Zwangsläufigkeit der Aktivierbarkeit des Wissens über diese aufzeigen und dennoch nahelegen, daß sie prinzipiell zugänglich sein kann, so fragt sich, welche Rolle die Silbe in der Wortproduktion spielt. Eine vollständige Bearbeitung dieser Fragestellung würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Dennoch soll an dieser Stelle ein Einblick in den aktuellen Forschungsstand zu diesem Problem gegeben werden, damit ersichtlich wird, warum Silben bzw. Silbenzahlen von den Wortformen gesondert behandelt werden können, ohne daß die Aktivierung der Wortform des Zielwortes unmittelbar davon beeinflusst wird.

¹⁶² Rubin, D. C. (1975). Seite 395.

¹⁶³ Ebd. Seite 395.

¹⁶⁴ Siehe dazu auch: Treimann, R. (1989). *The internal structure of the syllable*. In: Carlson, G.N. & Tanenhaus, M.K. *Linguistic structure in language processing*.

2.3.5.5 Die Rolle der Silbenzahl in der Sprachproduktion

Um den Stellenwert der Silbe im Sprachproduktionsprozeß zu bestimmen, genügt es offensichtlich nicht, die Daten aus TOT-Studien zusammenzutragen und auszuwerten, weshalb an dieser Stelle ein Exkurs in die allgemeine Silbentheorie angeschlossen wird. Zunächst müssen zwei verschiedene Betrachtungsweisen der Silbe differenziert werden:

- a) die Silbe als linguistische Einheit, d.h. als Analysemittel phonologischer Ketten
- b) die Silbe als kognitive Einheit, d.h. als tatsächliche Prozessierungseinheit¹⁶⁵

Für die vorliegende Arbeit ist primär die zweite Betrachtungsweise von Interesse, weshalb hier nur einige Probleme der Silbenanalyse diskutiert werden. Gerade dieser zweite Ansatz birgt viele Probleme, und es gibt keinen Konsens darüber, ob die Silbe eine Prozessierungseinheit darstellt. Die Vagheit der Stellung der Silbe wird unmittelbar deutlich, wenn man ein linguistisches Wörterbuch zu Rate zieht. Trask spricht z.B. von der Silbe als einer "elusive phonological unit"¹⁶⁶ und begründet dies folgendermaßen:

Although [...] speech errors provide abundant evidence for the mental reality of syllables, the syllable has proved exceedingly difficult to define.¹⁶⁷

Dabei betont er, daß zwei diametral gegenüberstehende Positionen vertreten werden, wobei die eine soweit geht zu sagen: "[...] the syllable is a unit of neural programming."¹⁶⁸, und für die andere gilt: "[...] a few workers have concluded that the syllable is no more than a convenient fiction."¹⁶⁹

¹⁶⁵ In diesem Zusammenhang wird häufig auch von der 'psychologischen Realität' von Silben gesprochen. Siehe beispielsweise: Schade, U. (1992). *Konnektionismus. Zur Modellierung der Sprachproduktion*. Seite 61.

¹⁶⁶ Trask, R.L. (1996). *A Dictionary of Phonetics and Phonology*. Seite 345.

¹⁶⁷ Ebd. Seite 345.

¹⁶⁸ Ebd. Seite 345.

¹⁶⁹ Ebd. Seite 345.

Es gibt nun eine Vielzahl von Untersuchungen¹⁷⁰, die dazu dienen sollen, den Status der Silbe genauer zu bestimmen. Dabei wird i.d.R. davon ausgegangen, daß die Silbe eine interne Struktur aufweist, welche sich folgendermaßen analysieren läßt:

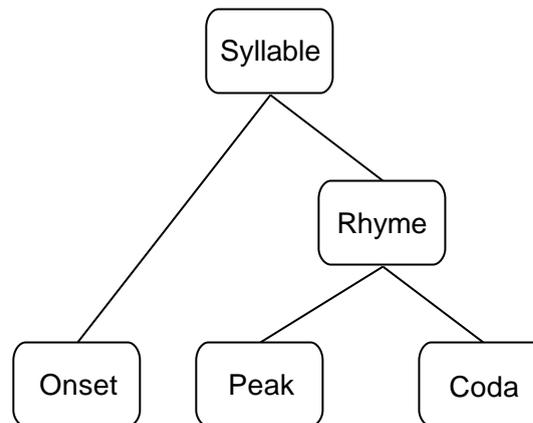


Abbildung 15: Die interne Struktur einer Silbe. Nach Selkirk, E. O. (1982). *The Syllable*. In: *The structure of phonological representations II*. Van der Hulst, H. & Smith, N. (Hrsg). Seite 338.

Nach dieser Analyse besteht jede Silbe zumindest aus einem Vokal, dem Nukleus. Wenn dem Nukleus ein Konsonant bzw. ein Konsonantencluster vorausgeht, so wird dieser Onset genannt. Folgt dem Nukleus ein oder mehrere Konsonanten, so spricht man von der Coda der Silbe. Bei vielen Wortformen läßt sich allerdings nicht eindeutig festlegen, ob ein bestimmter Konsonant der einen oder anderen Silbe zugehörig ist. Nach Selkirk wurde der Begriff der 'Ambisyllabizität' eingeführt:

[...] to describe consonants which are considered to belong to both a preceding and a following syllable at the same time, as in words like *happy, butter, coming, college*, etc."¹⁷¹

¹⁷⁰ Die Untersuchungen, die hier nur auszugsweise wiedergegeben werden können, weisen eine immense Methodenpluralität auf. Sie reichen von statistischen Auswertungen linguistischer Corpora über Reaktionszeitmessungen bei lexikalischen Entscheidungsaufgaben bis zu "electromagnetic midsagittal articulography". Siehe dazu: Schiller et al. (1997). *The Role of the Syllable in Speech Production*. Seite 1-7.

¹⁷¹ Selkirk, E.O. (1982). Seite 355.

Ambisyllabizität gilt als Hauptargument gegen eindeutige Silbengrenzen: "[...] a syllable boundary cannot be simultaneously before and after some segment of the string."¹⁷² Ambisyllabizität ist ein sehr häufig auftretendes Phänomen und findet ohne weitere Zusatzannahmen innerhalb der Silbentheorie keine einfache Lösung. Wenn sich jedoch nicht einmal eindeutige Grenzen für Silben finden lassen, und darauf hat Pulgram bereits 1970 hingewiesen: "[...] it is one thing to count syllables, and another to determine their boundaries."¹⁷³, so ist es um so zweifelhafter, ob davon auszugehen ist, daß die Silbe eine eigenständige Prozessierungseinheit darstellt, wengleich sich häufig folgende Hypothese findet:

According to this [syllabic-] hypothesis, syllables correspond to natural units in speech segmentation and constitute the input to lexical access and phonemic analysis.¹⁷⁴

Die Untersuchungen, die nun angestellt wurden, um zu klären, ob die Silbe tatsächlich eine Prozessierungseinheit darstellt, gehen von folgender Vorstellung aus:

Syllables play a crucial role at the phonology-phonetics interface in the model. At the phonology-phonetics interface abstract, timeless, and discrete phonological representations, which exist only at a cognitive level, are translated into speech, i.e., a continuous and concrete physical phenomenon that has a certain extension in time and space.¹⁷⁵

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen von Schiller et al. sind jedoch nicht eindeutig. Es gibt zwar einige Hinweise darauf, daß Silben prozessiert werden, Schiller schreibt jedoch: "[...], there is very little evidence showing that syllables are used as processing units in speech production."¹⁷⁶ Diese Position, die sich aus

¹⁷² Ebd. Seite 355. Vorschläge für Problemlösungsansätze für das Ambisyllabizitäts-Problem finden sich z.B. bei Selkirk (1982). Seite 378-379. Da diese Vorschläge den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen würden, werden sie hier nicht vorgestellt.

¹⁷³ Pulgram, E. (1970). *Syllable, Word, Nexus, Cursus*. Seite 40.

¹⁷⁴ Segui, J. & Dupoux, E. & Mehler, J. (1990). Seite 278.

¹⁷⁵ Schiller, N.O. (1997). Seite 3.

¹⁷⁶ Schiller, N.O. & van Lieshout, P.H. & Meyer, A.S. & Levelt, W.J.M. (1997). *Does The Syllable Affiliation of Intervocalic Consonants Have Articulatory Basis? Evidence From Electromagnetic*

psycholinguistischen Experimenten ergeben hat, wird auch innerhalb von theoretisch ausgerichteten Ansätzen gestützt. So räumt z.B. Vennemann ein, daß die "[...] Silbenstruktur nur ein schöner, wenn auch häufiger Grenzfall einer viel allgemeineren Relationierung der phonologischen Elemente ist [...]."¹⁷⁷

Eine weitere offene Frage betrifft das sogenannte *mental syllabary*. Nach der Hypothese des *mental syllabary* gibt es einen Speicher für präkompilierte artikulatorische Motorprogramme, die *cluster* in Silbengröße prozessieren.¹⁷⁸ Diese Hypothese wurde aus Gründen der Prozessierungseffizienz entwickelt:

A mental syllabary would greatly reduce the computational load in the speech production process since the motor programs for syllables would not have to be assembled segment by segment but could be retrieved as whole units.¹⁷⁹

Allerdings konnten auch Ergebnisse, die diese Hypothese zunächst bestätigten, trotz vieler Versuchsreihen, nicht reproduziert werden, weshalb das Fazit von Schiller lautet: "[...] it is still an open question whether or not there is a mental syllabary."¹⁸⁰

Die Frage, die sich nun stellt, lautet: wenn es völlig unklar ist, ob Silben gesondert gespeichert sind und ob Silben gesondert prozessiert werden, und ferner in vielen Fällen nicht einmal die Silbengrenzen klar gezogen werden können, wieso sollten Vps in TOTS dann überhaupt die Silbenzahl eines Zielwortes bestimmen können? Die Frage wird noch durch die Tatsache verschärft, daß die Silbenzahl allein weitgehend uninformativ ist. Sie könnte bestenfalls dazu dienen, Wörter die statt des Zielwortes aktiviert werden, als falsch zu identifizieren. Dies kann jedoch wesentlich einfacher über die Phonemkette geschehen. Den Punkt, daß die Silbenzahl allein nicht sehr informativ ist, hat auch Rubin übersehen. Er schreibt:

As breathing has to be controlled, the number of syllables and stress pattern would have to be known earliest in the planning of speech. Next the beginning of the word would be needed in order to prepare the transition from the previous word."¹⁸¹

Midsagittal Articulography. Seite 162.

¹⁷⁷ Vennemann, T. (1986). Seite 69.

¹⁷⁸ Levelt, W.J.M. & Wheeldon, L. (1994). Seite 239-269.

¹⁷⁹ Schiller, N.O. (1997). Seite 184.

¹⁸⁰ Ebd. Seite 186.

¹⁸¹ Rubin, D. (1975). Seite 397.

Wenn die Silbenzahl also überhaupt eine Rolle in der Sprachproduktion spielt, dann sicherlich nur in Kombination mit der Generierung der Wortprosodie bzw. als Bestandteil der Wortprosodie in Form von abstrakten Betonungsmustern. Da Wörter mit der gleichen Silbenzahl nicht zwangsläufig das gleiche Betonungsmuster aufweisen, müßte untersucht werden, ob Vps in TOTS das Betonungsmuster des gesuchten Zielwortes angeben können. Solche Untersuchungen wurden bislang jedoch nicht durchgeführt, und die Vergleiche mit SSW ergaben auch keine klaren Ergebnisse: "In general, evidence for syllabic stress matches is meager and inflated by subjects' appreciation of natural linguistic probabilities."¹⁸²

Daß die Silbenzahl allein wenig Einfluß auf den Wortfindungsprozeß hat, wird nicht zuletzt dadurch bestätigt, daß erstens keine einzige Vp, die für die vorliegende Arbeit getestet wurde, nach der Anzahl der Silben gefragt hat, wohingegen quasi alle Vps früher oder später nach dem Anfangsbuchstaben als Hilfestellung fragten, und daß zweitens die Vorgabe der Silbenzahl nie zur Auflösung eines TOTS geführt hat, wohingegen die Vorgabe des Anfangsbuchstabens sehr häufig zur unmittelbaren Auflösung des TOTS führte. Ferner äußern Vps auf die Frage, ob sie irgendetwas über das Zielwort aussagen könnten, meist etwas wie 'irgend ein langes Wort', oder 'das war etwas ganz Kurzes', jedoch nie die Silbenzahl.

Soweit zu der Rolle der Silbenzahl in der Sprachproduktion und den potentiellen Teilinformationen in TOTS. Wenngleich die Rolle der Silbenzahl noch lange nicht endgültig geklärt ist, so ist es dennoch möglich, sie in einen größeren Zusammenhang zu stellen. Dies soll im folgenden Kapitel geschehen.

Das folgende Kapitel dient dazu, das Sprachproduktionsmodell von Levelt vorzustellen. Das Modell von Levelt wird in dieser Arbeit aus zwei Gründen ausführlich wiedergegeben. Einerseits um ein Rahmengerüst für die weiteren Ausführungen wie z.B. die möglichen Ursachen von TOTS bereitzustellen, und andererseits, weil die einzig ausformulierte TOT-Theorie, die sogenannte *transmission deficit hypothesis* von Burke et al., welche ebenfalls im folgenden Kapitel diskutiert wird, sehr eng mit dem Sprachproduktionsmodell von Levelt verknüpft ist.

¹⁸² Brown, A. (1991). Seite 210.

3.0 Das TOT-Phänomen im Sprachproduktionsmodell von Levelt

Das folgende Kapitel faßt diejenigen Aspekte aus Levelts Standardwerk¹ zur Sprachproduktion *From Intention to Articulation* zusammen, die Voraussetzung sind, sein Sprachproduktionsmodell kurz und prägnant zu charakterisieren, wobei hier die Schwerpunkte auf diejenigen Komponenten des Modells gelegt werden, die relevant sind, ein TOT-Modell zu integrieren, respektive daran anzulehnen und abzuarbeiten.

Levelts Modell bezieht sich auf den kompetenten, erwachsenen Sprecher und macht keine Aussagen über die Sprachproduktion in der Spracherwerbsphase, im Zweitspracherwerb oder über pathologische, aphasische Sprechhandlungen. Ebenso werden implementatorische Fragen und die Anbindung an die Neurowissenschaften nur an wenigen Stellen diskutiert. Sein Modell basiert primär auf einer Fülle psycholinguistischer Versuchsergebnisse und der Auswertung von fehlerlinguistischen Daten. Dabei stehen die diversen Versprechertypen und deren Reparaturmechanismen im Vordergrund, wohingegen TOT-Daten nur am Rande erwähnt und äußerst kurz behandelt werden.

Levelt betont zunächst den dynamischen Charakter der Sprache: "There is, in fact, never a steady state."² Dabei wird der Sprecher einer Sprache als 'hoch komplexer Informationsprozessor' betrachtet, der die Fähigkeit besitzt, Intentionen, Gefühle und Gedanken in Sprache zu transformieren. Die verschiedenen Komponenten, die an der Sprachprozessierung beteiligt sind, werden als größtenteils autonom im Sinne Fodors³ verstanden. Die Annahme eines modularen Aufbaus der an der Sprachproduktion beteiligten Komponenten, kombiniert mit der Vorstellung parallel arbeitender Algorithmen, bilden die Voraussetzungen für die Modellierung der enormen Geschwindigkeit, mit der die Informationsverarbeitung während der Sprachproduktion vonstatten geht. Wie die einzelnen Komponenten aufgebaut sind, funktionieren und zusammenarbeiten, wird im folgenden dargestellt.

Zunächst unterscheidet Levelt zwischen den zwei Sprachplanungsebenen

¹ Levelt, W.J.M. (1989).

² Levelt, W.J.M. (1989). Seite 1.

³ Siehe Fodor, J.A. (1983). *The modularity of mind*.

macroplaning und *microplaning*, wobei während der Makroplanung die kommunikativen Ziele festgelegt werden und erst in der Mikroplanung die eigentlich linguistischen Selektionen vorgenommen werden und entschieden wird, mit welchen Mitteln die Ziele der Makroplanung realisiert werden sollen. Zur Makroplanung gehören u.a. das Durchsuchen von Gedächtnisinhalten, logisches Deduzieren bzw. das Ziehen von Inferenzen sowie Entscheidungen darüber, welche Informationen in welcher Reihenfolge kommuniziert werden sollen. Das Hauptaugenmerk wird in der vorliegenden Arbeit, wie auch bei Levelt selbst, auf der Ebene der Mikroplanung liegen.⁴

Die zentrale Rolle bei der Realisierung der Sprechhandlung nimmt das mentale Lexikon ein, in welchem *lexical items*, d.h. komplexe Entitäten, die noch genauer bestimmt werden, gespeichert sind. Levelt geht davon aus, daß die Wortform, also die phonologische Repräsentation eines Wortes, unabhängig von dessen Bedeutung gespeichert wird - eine Annahme, die von sämtlichen TOT-Untersuchungen stark gestützt wird. Den nicht-phonologischen Teil des Wortes nennt er *lemma*, wobei zu einem *Lemma* neben der Semantik und der Morphologie des Wortes noch die relevanten Aspekte zur Konstruktion des syntaktischen Rahmens zählen, mit deren Hilfe dann das *grammatical encoding* vollzogen wird, d.h. die Lemmata werden in eine syntaktisch korrekte Reihenfolge gebracht. Das Resultat dieser *lemma*-Selektion und Anordnung wird zusammen mit der Wortform-Selektion *surface structure* genannt. Von dieser Oberflächenstruktur aus wird dann die phonologische Planung vorgenommen, woraufhin die eigentliche, neuromuskuläre Steuerung der Sprechorgane ausgeführt wird. Dabei unterliegt sowohl die präartikulierte innere Stimme, die nur introspektiv erfahrbar ist, als auch die overte Sprache, gekoppelt mit weiterem Input, wie etwa den Reaktionen der Kommunikationsteilnehmer, einem Kontrollsystem, das *monitor*⁵ genannt wird. Das folgende Flußdiagramm, das die Grundlage der weiteren Ausführungen darstellt, skizziert Levelts zirkuläres

⁴ Levelt kombiniert in seinem zweiten Kapitel Austins und Searles Sprechakttheorien mit den von Grice aufgestellten Gesprächsmaximen. Ferner geht er auf deiktische Probleme ein. Da diese Aspekte seiner Theorie für die vorliegende Arbeit von geringer Relevanz sind, werden sie hier nicht weiter vertieft.

⁵ Zu neueren Entwicklungen in der Monitor-Forschung siehe: Eisner, W. (1996). *Intraoperatives Monitoring von Sprach- und Sprechfunktionen bei Patienten mit intrazerebralen, raumfordernden Prozessen in der sprachdominanten Hemisphäre*.

Sprachproduktionssystem.

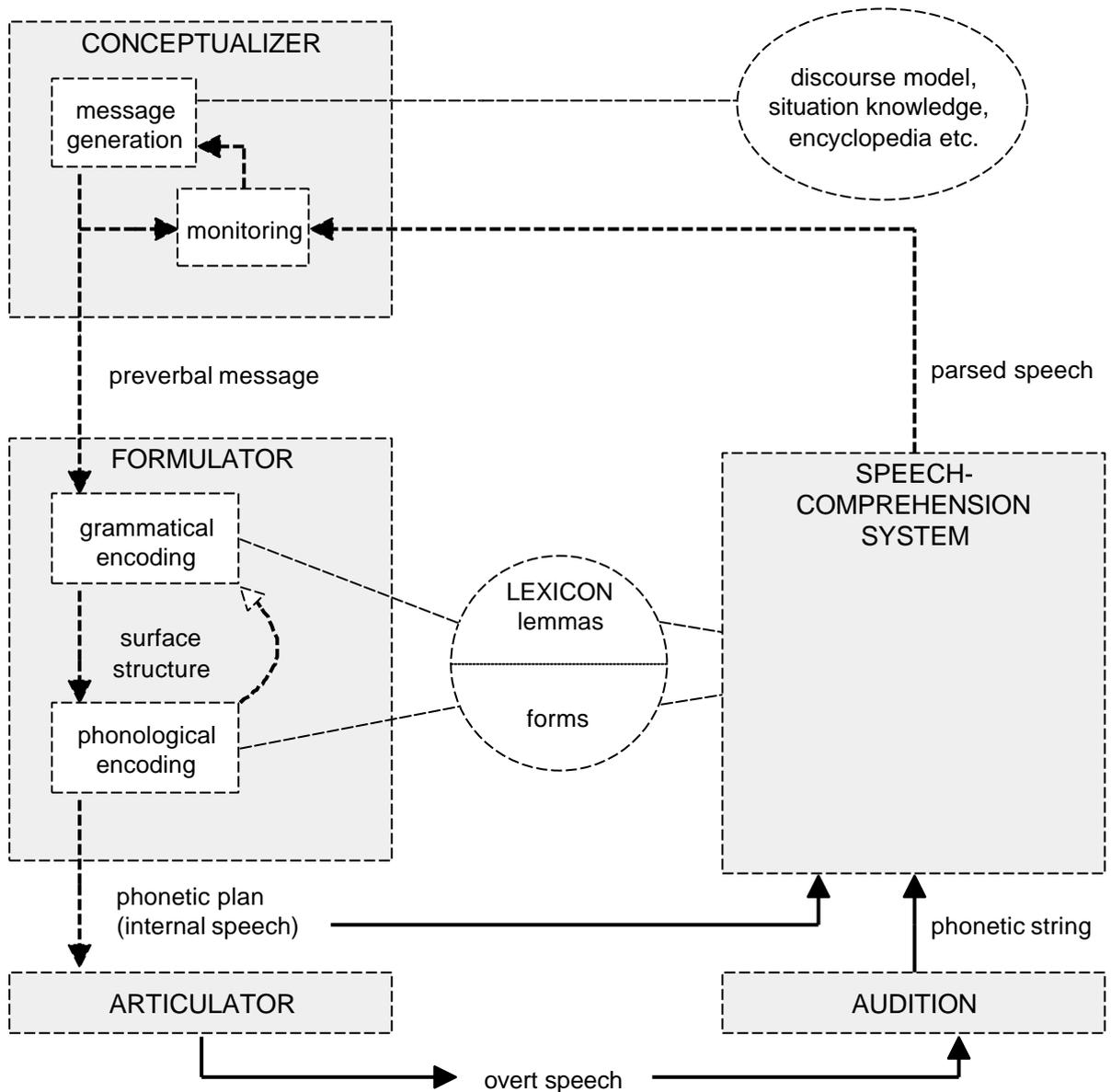


Abbildung 1: Das Sprachproduktionsmodell nach Levelt. (1989). From *Intention to Articulation*. Seite 9.

Levelt nimmt für die Sprachproduktion und –rezeption zwei voneinander getrennte Systeme an. Ein Gegenentwurf von MacKay, der davon ausgeht, daß die beiden Systeme zusammenfallen, sowie die Pros und Contras der beiden Ansätze werden weiter unten besprochen. Da das Rezeptionsmodell bzw. das *speech comprehension system* von Levelt nicht weiter spezifiziert wird, müssen für die vorliegende Problemstellung Zusatzannahmen gemacht werden, um das Zusammenspiel von

externer Vorgabe von Teilinformationen des Zielwortes und der Auflösung von TOTS modellieren zu können. Zunächst soll jedoch Levelts Modell weiter skizziert werden. Die relevanten Kernstücke des Modells bilden die drei Komponenten *Conceptualizer*, *Formulator* und *Articulator*, wobei das Schaubild verdeutlicht, daß im Produktionsprozeß nur vom Formulator aus auf das mentale Lexikon zugegriffen werden kann. Die Komponenten werden im folgenden samt ihrer Subkomponenten vorgestellt.

Im *Conceptualizer* formt sich die Intention des Sprechaktes, wobei sowohl Informationen aus dem Langzeitgedächtnis (LZG) als auch aus dem Kurzzeitgedächtnis (KZG)⁶ genutzt werden können, um das Zusammenfließen von Kontextwissen, situationsabhängigem Wissen, sozialer Situation etc. zu überwachen und zu regeln. Mit Hilfe des Monitors formt der *message generator* eine *preverbal message*, die an den Formulator gesendet oder übergeben wird. Wie dies geschieht, wird vom Modell nicht spezifiziert. Die *preverbal message* hat semantischen Charakter und wird in Form von propositionalen Strukturen dargestellt. Dabei muß es sich jedoch nicht notwendigerweise um vollständige Propositionen handeln. Auch *predicates*, *modifiers* und *elliptical elements* können *preverbal messages* bilden.

Der Monitor, das zweite Modul des *conceptualizers*, vergleicht den Output des Messagegenerators und den Input, der via *speech comprehension system* kommt und sowohl aus *internal speech* als auch *overt speech* resultieren kann, und unterbricht u.U. den Messagegenerator mit Hilfe von Stopsignalen, wenn Fehler bemerkt werden und Korrekturen vorzunehmen sind. Es sei bereits an dieser Stelle erwähnt, daß Levelt nicht diskutiert, was passiert, wenn eine Wortform nicht aktiviert werden kann. Da aber auch TOTS vom Monitor registriert und behandelt werden müssen, wird es notwendig sein, das Modell entsprechend zu erweitern.

Der *Formulator* bekommt die *preverbal message* als Input und formt daraus einen phonetischen Plan, der an den Artikulator weitergeleitet wird, und bildet somit die Schnittstelle zwischen konzeptueller und linguistischer Ebene. Die Übersetzung

⁶ Auf eine exakte Differenzierung verschiedener Gedächtnismodelle soll an dieser Stelle verzichtet werden. Ferner wird für die vorliegende Zusammenfassung keine Unterscheidung zwischen KZG und Arbeitsgedächtnis getroffen. Für eine Diskussion siehe: Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oder: Lüer, G. & Lass, U. (1997). *Erinnern und Behalten - Wege zur Erforschung des menschlichen Gedächtnisses*.

wird in zwei Schritten vollzogen. In einem ersten Schritt wird das Modul *grammatical encoder* aktiviert, das aus Prozeduren für den Zugriff auf Lemmata sowie aus Prozeduren für den syntaktischen Aufbau besteht. (Z.B. werden hier aus Nomen Nominalphrasen, aus Verben Verbalphrasen usw. aufgebaut). Um komplexe syntaktische Einheiten, die konstruiert werden sollen, eine zeitlang aktiv zu halten, können sie in einem *syntactic buffer* deponiert werden. Durch *lemma-retrieval* und syntaktische Anordnung der Lemmata entsteht die *surface structure*, die an den *phonological encoder* geschickt wird, womit der zweite Schritt beginnt. Es müssen nun die zu den Lemmata gehörenden Wortformen aktiviert werden, wobei diese Schritte nicht strikt linear⁷ hintereinandergeschaltet sind, sondern parallel laufen können, d.h., daß in einem komplexen, interaktiven Prozeß einige Wortformen bereits aktiviert werden können, bevor die *surface structure* komplettiert wird.

Der *phonological encoder* greift jedoch nicht allein auf die phonologischen Repräsentationen zu, sondern hat auch noch Teil an morphologischen Prozessen wie Flexion, Deklination und Komposition. Dies ist zum einen durch die gestrichelte Linie innerhalb des Lexikons angedeutet und zum anderen durch den Pfeil, der vom *phonological encoder* zurück zum *grammatical encoder* zeigt und auf einen zirkulären Prozeß hinweist. Das Resultat der phonologischen Enkodierung sind artikulatorische Pläne, d.h. interne Repräsentationen der phonetischen Artikulationsprogramme und noch keine overte Sprache. Diese Programme können teilweise dem Bewußtsein zuteil werden und, wenn ihnen Aufmerksamkeit geschenkt wird, als *internal speech* vom Sprecher realisiert werden. Die so erzeugten Planungsstrukturen werden daraufhin zur Ausführung an den Artikulator weitergeleitet.

Im *Articulator* werden die artikulatorischen Pläne abgearbeitet und über neuromuskuläre Instruktionen und das komplexe Zusammenspiel von Sprechmuskulatur, Atmungssystem, Laryngalsystem etc. in overte Sprache transformiert. Da gewisse Asynchronien zwischen Planung und Ausführung auftreten können, (z.B. wenn der Sprecher eine Zigarre im Mund hat, etwas

⁷ Der Begriff der Linearität ist hier nicht formal zu verstehen. Vielmehr ergibt er sich aus der modular angelegten Struktur des Modells und bezieht sich darauf, daß die drei großen Hauptkomponenten monodirektional hintereinandergeschaltet sind. Da das Modell jedoch an mehreren Stellen zyklisch angelegt ist, d.h. diverse Feedback-Schleifen zuläßt, kann es nicht durchgängig als linear bezeichnet werden.

herunterschlucken will oder Husten muß) nimmt Levelt einen *articulatory buffer* an, in dem die Pläne bei Bedarf für eine gewisse Zeit aktiv zurückgehalten werden können.

Der Sprecher kann nun sowohl Aufmerksamkeit auf seine overt produzierte Sprache als auch auf seine interne Sprache lenken, diese analysieren und mit Hilfe des Monitors kontrollieren. Bei Versprechern ist es z.B. möglich, daß via Sprachanalyse Fehler festgestellt werden. Das *speech comprehension system* schickt, nach Zugriff auf Lemmata und Wortformen, über eine Rückkopplungsschleife die Analyseresultate, die für einen gewissen Zeitraum im Arbeitsgedächtnis verfügbar bleiben, an den Monitor, wodurch Eigenkorrekturen möglich werden. Hinweise auf Fehler aller Art kommen natürlich auch häufig von den Kommunikationspartnern. Da der Monitor auch die Analyseresultate, die das *speech comprehension system* aus externem Input liefert, bekommt, können auch diese Abweichungen kontrolliert werden. Hier kommen z.B. Wortfindungsprobleme in Betracht, die durch das Zusammenspiel mit Gesprächspartnern überwunden werden, wenn diese das Zielwort antizipierend aktivieren können und dem Sprecher vorschlagen, bevor dieser in einen TOTS gerät.

Damit wäre Levelts Sprachproduktionsmodell grob skizziert. Bevor nun die für ein TOT-Modell relevanten Details wie Wortformeinträge im mentalen Lexikon und Prozessierung von Silbenstrukturen diskutiert werden, sollen einige allgemeine Annahmen, die von Levelt getroffen werden, wiedergegeben werden.

Zunächst plädiert Levelt dafür, daß die prozessierenden Module relativ autonome 'Spezialisten' sind, und folgt damit der Idee der *information encapsulation* von Fodor, wobei seine Argumente in diesem Fall primär durch die Anforderungen an die Realisierung von Algorithmen, die die gestellten Aufgaben in Echtzeit⁸ abarbeiten können, gestützt werden, da ein strikt lineares Verarbeitungsmodell niemals die Zeitkriterien für die verschiedenen Enkodierungsmechanismen erfüllen könnte. Wie weit die Spezialisierung und Partitionierung der Module in kleinere Untermodule mit eigenen Routinen geht, soll hier nur für diejenigen Funktionen

⁸ Unter Systemen, die in Echtzeit arbeiten (*real-time systems*) versteht man Regel- und Steuerungssysteme, die unmittelbar (d.h. innerhalb gesetzter Zeitbedingungen) auf Veränderungen der Umwelt reagieren können und somit unterbrechbar sind. Dies kann häufig nur mit Hilfe von Parallelverarbeitung realisiert werden, wodurch die Aufteilung und die Synchronisierung der verteilten Prozesse zum Hauptproblem wird.

besprochen werden, die für die TOT-Modellierung interessant sind, wobei Levelt z.B. auch die Vor- und Nachteile von Annahmen über Routinen diskutiert, deren Aufgabe allein darin besteht, Nominalphrasen zu generieren. Prinzipiell gilt jedoch seine Forderung "Algorithms must run in real time."⁹ für das gesamte Sprachmodell. Diese Forderung konnte bislang nur für sehr wenige Module befriedigend erfüllt werden. Nach Levelt eignen sich zur Modellierung der Sprachprozesse vor allem konnektionistische Modelle, wobei er betont: "Connectionism is, in the first place, a *formal language* for the expression of cognitive processes. It is not a *theory about* cognitive processes."¹⁰ Levelt nimmt ausdrücklich Abstand von der Idee, daß konnektionistische Modelle tatsächlich Gehirnprozesse widerspiegeln¹¹. Vielmehr werden sie von ihm favorisiert, weil sie durch ihre parallel angelegte Struktur sehr effizient arbeiten können:

The connectionist formal language is especially convenient for the representation of principles of parallel processing, and there is much parallel processing in the generation of speech.¹²

Eine ausführliche Diskussion dieses Punktes findet sich in Kapitel 5 über Künstliche Neuronale Netze. Eine weitere Annahme in bezug auf parallele Verarbeitung bezieht sich darauf, daß die einzelnen Prozesse selbständig und automatisch ablaufen können. Levelt unterscheidet dementsprechend, ganz in der Tradition der kognitiven Psychologie, zwischen automatischen Prozessen und durch Aufmerksamkeit kontrollierten Prozessen, wobei er davon ausgeht, daß ein Großteil der Sprachproduktionsprozesse automatisch ablaufen, da sie zum einen sehr schnell und effizient sind und zum anderen nur bedingt unterbrochen werden können. Allerdings sind Automatismen auch sehr unflexibel, wodurch sich eine Reihe von Fehlern, die in der Produktionsphase auftreten können, erklären lassen.¹³

⁹ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 18.

¹⁰ Ebd. Seite 20.

¹¹ Die Annahme, daß konnektionistische Modelle Gehirnprozesse modellieren sollen, wird nur selten von den Vertretern des Konnektionismus getroffen. Vielmehr sind es die Kritiker des Konnektionismus, die eine solche Annahme als Argument gegen den Konnektionismus ins Feld führen. Diese Problematik wird in Kapitel 5 nochmal detaillierter diskutiert.

¹² Levelt, W.J.M. (1989). Seite 20.

¹³ Für Beispiele, welche Prozesse in den Bereich der automatischen Verarbeitung fallen, siehe Levelt, W.J.M. (1989). Seite 250.

Kontrollierte Prozesse hingegen weisen zwar eine hohe Flexibilität auf, erfordern jedoch Aufmerksamkeit, wobei diese immer nur auf einige wenige Prozesse gelenkt werden kann und damit zu langsam ist, um jeden Prozeß einzeln, bewußt zu steuern und sie zu koordinieren. Levelt geht davon aus, daß Prozesse im *conceptualizer* weitgehend kontrollierbar sind, wohingegen alle anderen Module vornehmlich als automatisch arbeitend betrachtet werden. Soweit zu den allgemeinen Annahmen des Modells. Wie sehen nun die konkret für die TOT-Forschung relevanten Funktionen aus?

Nach Levelt werden die Wortformen während des *phonological encoding* im Zusammenspiel mit der Generierung der *surface structure* aktiviert. Diese kommt wiederum durch die Aktivierung der Lemmata, den Terminalelementen der *surface structure*, zustande: "[...] lemmas are the driving force behind the speaker's construction of the surface structure."¹⁴ Diese Annahme baut Levelt zur *lexical hypothesis* aus, welche besagt: "[...] that the lexicon is an essential mediator between conceptualization and grammatical and phonological encoding [...]."¹⁵

Die Fragen, die sich nun stellen, sind erstens, wie die Einträge von Lemmata im mentalen Lexikon organisiert sind, und zweitens, was konkret auf die jeweilige phonologische Form verweist, da anzunehmen ist, daß genau bei diesen Verweisen von den Lemmata zu den jeweiligen Wortformen die TOT-Problematik entsteht. Mit der ersten Frage verbindet Levelt vornehmlich zwei miteinander verbundene Probleme: a) die enorme Geschwindigkeit, mit welcher Lemmata im normalen Sprechfluß aktiviert werden, und b) das Problem der Konvergenz auf ein konkretes Lemma.

Zu a) Levelt geht von 30.000 Wörtern im aktiven Wortschatz aus¹⁶ sowie von zusätzlichen Sondereinträgen für idiomatische Wendungen, wie z.B. *to kick the bucket*¹⁷. Er schreibt: "Speakers of English rely to a great extent on their store of

¹⁴ Ebd. Seite 162.

¹⁵ Ebd. Seite 181.

¹⁶ Für eine Diskussion über die Problematik der Bestimmungsmöglichkeiten der Wortschatzgröße siehe: Aitchison, J. (1995). Seite 4 - 10.

¹⁷ Es kann davon ausgegangen werden, daß es eine fließende Grenze zwischen idiomatischen Wendungen und größeren Einheiten (Zitate, Gedichte, Liedtexte, Teile von Textpassagen, Paragraphen, Definitionen, etc.) gibt, die auswendig gewußt werden, aber nicht als Einzeleintrag im mentalen Lexikon gespeichert sind.

frequently used words und idioms."¹⁸ Leider geht Levelt nicht auf eine Unterscheidung zwischen aktivem und passivem Wortschatz ein und damit auch nicht auf die Problematik der Aktivierung von Wörtern, die nur selten benutzt werden. Dies ist ein Punkt, der in den Kapiteln 4 und 5 noch eine wichtige Rolle spielen wird, da besonders Wörter mit geringer Verwendungsfrequenz TOTS verursachen können. Levelt diskutiert jedoch die Variationen in der Wortproduktionsrate, wobei verschiedene Untersuchungen zu ungestörtem *lexical access* durchschnittliche Zugriffszeiten von 200 bis 400 ms ergeben haben, was wiederum einer Produktionsrate von 150 Wörtern pro Minute entspricht, wenn man reguläre Satzpausen mit in Betracht zieht. Levelt betont, daß trotz der hohen Produktionsrate nur eine geringe Fehlerrate zu verzeichnen ist, die bei ca. einem Fehler pro 1000 Wörtern liegt. Vor diesem Hintergrund werden verschiedene Modelle zur Sprachprozessierung verglichen (*logogen modell, discrimination nets, decision tables, spreading activation* etc.), und schließlich wird vom informatischen Gesichtspunkt aus argumentiert, daß nur parallel arbeitende Modelle die geforderte Produktionsgeschwindigkeit erfüllen können: "High-speed access requires parallel processing."¹⁹ Dabei favorisiert Levelt den *spreading-activation* Ansatz von Dell²⁰, da allein dieser die theoretischen Anforderungen, die Levelt an ein Sprachproduktionsmodell stellt, erfüllt und darüber hinaus den besten Erklärungsansatz für die verschiedenen Versprechertypen liefert, insbesondere für den häufigsten Typ, sogenannte *blends*: "In all cases, speech errors reveal the parallel activation of more than a single lexical item."²¹ Dabei werden unter *blends* simultane Aktivierungen ähnlicher Wörter verstanden, wobei das Ergebnis Elemente beider Wörter beinhaltet, wie z.B. *stummy* von *tummy* und *stomach*. Dieser Punkt wird in Kapitel 5 nochmals aufgegriffen, wenn es um die Erklärungsansätze für TOTS geht. Festzuhalten bleibt, daß eine Theorie des *lemma-retrieval* Algorithmen verwenden sollte, deren Laufzeit die empirisch vorgegebenen Zeitkriterien erfüllt.

¹⁸ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 233.

¹⁹ Ebd. Seite 199.

²⁰ Levelts Diskussion von Dells Ansatz findet sich auf Seite 352 ff. Sie bezieht sich primär auf: Dell, G.S. (1986). *A spreading activation theory of retrieval in sentence production*. In: *Psychological Review* 93. Seite 283-321.

²¹ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 134.

Zu b) Levelt schreibt zum Problem der Konvergenz auf ein Lemma bzw. auf eine Wortform: "Whatever the accessing algorithm, it must eventually converge on a single item, the correct one."²² Beim Zugriff auf das mentale Lexikon müssen Selektionskriterien einerseits dafür sorgen, daß zwischen Synonymen ausgewählt wird, und andererseits, daß nicht immer nur Hyperonyme selektiert werden. Für das Problem der Synonymie nimmt Levelt ein *principle of contrast* an, das besagt, daß sich alle Wortformen in ihrer Bedeutung unterscheiden, d.h., daß es keine echten Synonyme gibt. Die Unterschiede zwischen vermeintlichen Synonymen können beliebig klein werden, ohne daß je die exakt gleiche Bedeutung mit allen Konnotationen und Assoziationen erreicht wird. Das wesentlich gravierendere Problem sieht Levelt im Hyperonymproblem, das er als "[...] touchstone for theories of lexical access."²³ bezeichnet.²⁴ Es entsteht, wenn die Bedeutung eines Lemmas x die Bedeutung eines zweiten Lemmas y umfaßt, wie z.B. bei 'Hund' und 'Pudel'. Da alle Pudel zugleich auch Hunde sind, muß es einen Mechanismus geben, der dafür sorgt, daß das Lemma 'Hund' nicht immer mitaktiviert wird, wenn das Lemma 'Pudel' aktiviert werden soll. Für die Lösung dieses Problem schlägt Levelt drei Prinzipien vor:

The uniqueness principle : No two lexical items have the same core meaning.

The core principle : A lexical item is retrieved only if its core condition is satisfied by the concept to be expressed.

The principle of specificity : Of all the items whose core conditions are satisfied by the concept, the most specific one is retrieved.²⁵

Diese Kriterien greifen direkt an den lexikalischen Einträgen im mentalen Lexikon an. Es gilt also, zu zeigen, wie ein lexikalischer Eintrag aussieht. Levelt gibt als Beispiel den Eintrag für das Verb *give*:

conceptual specification : CAUSE (X, (GOposs (Y, (FROM/TO (X, Z)))))))

conceptual arguments : (X, Y, Z)

syntactic category : V

²² Levelt, W.J.M. (1989). Seite 200.

²³ Ebd. Seite 201.

²⁴ Speziell zu diesem Problem wurde eine von Levelt betreute Promotion angefertigt: Roelofs, A. (1992 B). *Lemma Retrieval in Speaking: A theory, computer simulations, and empirical data.*

²⁵ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 213.

grammatical functions (SUBJ, DO, IO)

relations to COMP : none

lexical pointer : 713

diacritic parameters : tense, aspect, mood, person, number, pitch accent.²⁶

Der interessante Punkt für die vorliegende Arbeit ist die Annahme von *lexical pointers*, die die Schnittstelle zwischen Lemmata und Wortformen bilden. Ob sich diese Annahme aufrecht erhalten läßt, wird in Kapitel 5 diskutiert, wenn es um die Frage geht, wie sich diese Schnittstelle am besten modellieren und simulieren läßt. Im folgenden soll zunächst geklärt werden, worauf mit diesen Zeigern verwiesen wird und wie die weitere Prozessierung aussieht, nachdem das entsprechende Lemma aktiviert wurde, denn dies ist die kritische Phase, in dem es zum TOT-Phänomen kommen kann:

[...] in the TOT state there is no search for the lemma; it has already been retrieved on semantic grounds. What fails is full access to the form information. A phonological blocker further "misguides" this search.²⁷

Levelt unterscheidet nun zwischen einer Phase der Wortplanung: "Phonological encoding is the speaker's construction of a phonetic plan."²⁸ und einer Phase der eigentlichen Wortgenerierung²⁹, dem *articulatory spell-out*. Bei der Planung müssen die fünf Ebenen (*intonational, metrical, syllable, skeletal* und *segment tier*) koordiniert werden. Diese Differenzierung der phonologischen Prozessierung in verschiedene Ebenen, die aus unterschiedlichen Motiven heraus angenommen werden, welche hier nur insoweit diskutiert werden können, als sie für die vorliegende Arbeit relevante Aspekte aufweisen, spiegelt gut wieder, wieso in TOTS bestimmte Teilinformationen aktivierbar sein können, ohne daß zwangsläufig die vollständige Wortform aktiviert wird:

²⁶ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 191.

²⁷ Ebd. Seite 312.

²⁸ Ebd. Seite 316.

²⁹ Die Vorstellung eines Zweistufenprozesses wird besonders durch das TOT-Phänomen gestützt. Eigens mit diesem Punkt haben sich befaßt: Koriat, A. & Lieblich, I. (1976). *A Study of Memory Pointers*. In: Acta Psychologica 41. Seite 151-164.

These [TOT-]experiments show that the lexical-form representation is not all-or-none. A word's representation in memory consists of components that are relatively accessible, and there can be metrical information about the number and accents of syllables without these syllables' being available.³⁰

Ferner wird betont, daß es sich beim *phonological encoding* um einen interaktiven Prozeß mit bidirektionalem Informationsfluß zwischen Morphologie und Phonologie handelt, in dem morphophonemische Relationen koordiniert werden. Levelt geht dabei von sogenannten *syllabic slots* aus, die eine Art Grundgerüst bilden und mit Phonemen bzw. Phonemclustern 'gefüllt' werden. Für die Koordination von morphemischen und phonologischen Einheiten werden morphophonemische Regeln angenommen:

The phonetic material that appears in the syllabic slots of the phonetic plan originates from the phonemic properties of a word's morphemes. But syllable boundaries do not always respect morpheme boundaries, and a lot of rearrangement takes place in going from the morpheme level to the syllabic level.³¹

Diese Vorstellung paßt exakt zu den Ergebnissen von Rubin (siehe Kapitel 2.3.5.1). Bei der Betrachtung von Rubins Beispiel *philatelist* wurde deutlich, daß für nahezu alle Vps in TOTS galt, daß, wenn sie die Anfangssilbe *phi* aktivieren konnten, sie auch das Anfangsmorphem *phil* aktivieren konnten, also ein Morphem, das über die Silbengrenze *phi* hinausgeht. Dies kann als ein Resultat aus der Interaktion zwischen Phonologie und Morphologie interpretiert werden.

Ein damit verwandtes Phänomen, welches für die TOT-Forschung relevant ist, ist der Prozeß der Resilbifikation, worunter Levelt "[...] the reassignment of elements at syllable boundaries."³² versteht. Resilbifikation tritt in der Sprachproduktion sehr häufig auf, wenn ein Wortbetonungsmuster in die Satzprosodie umgeformt wird. Levelt gibt folgendes Beispiel:

When the British English speaker says *the car is running* without cliticizing the *is*, the sequence *car is* becomes resyllabified as [ka-riz]; the /r/ of *car* is now syllable-initial and thus becomes

³⁰ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 321.

³¹ Ebd. Seite 301.

³² Ebd. Seite 294.

pronounced.³³

Der entscheidende Punkt ist, daß sich die TOT-Problematik durch dieses Phänomen gut eingrenzen läßt, da TOTS auf jeden Fall vor der Resilbifizierung eintreten, also noch vor der Synchronisierung mit anderen Wortformen, d.h. der suprasegmentalen Prosodiegenerierung. Ferner ist hier von Bedeutung, daß eine strikte Trennung von Wortform und Wortintonation angenommen wird. Die folgende Graphik zeigt das Zusammenwirken von Phonologie und Morphologie in der Sprachkomponente *phonological encoder*.

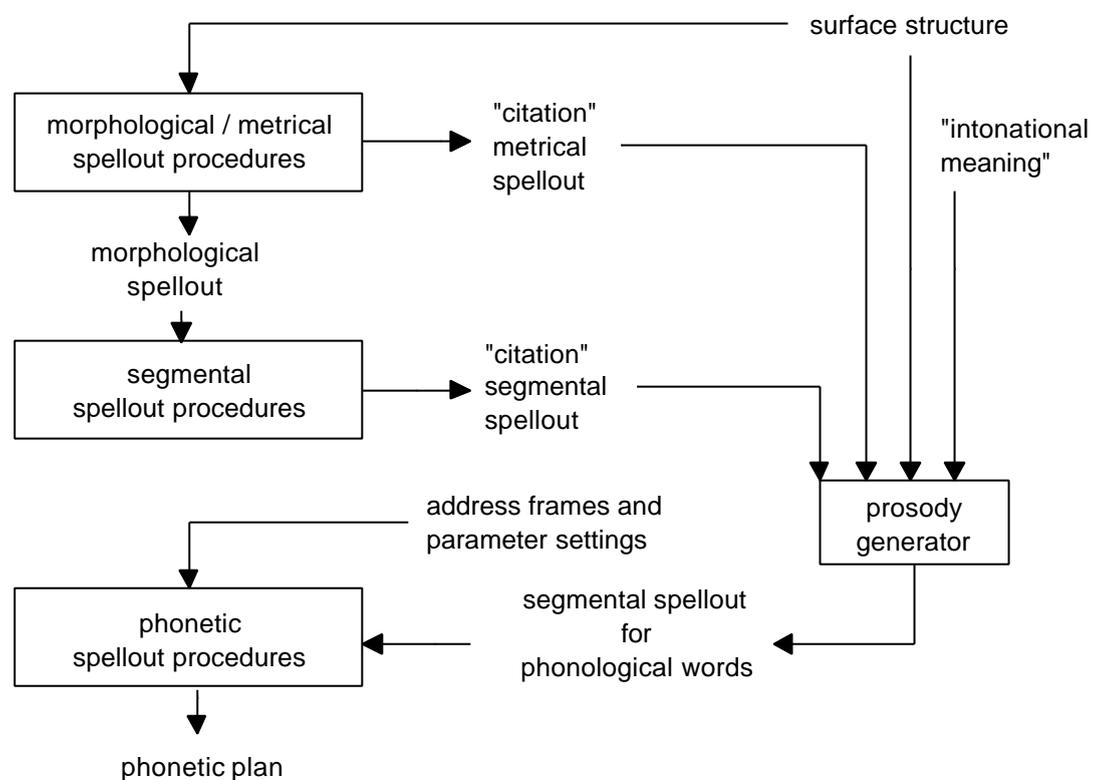


Abbildung 2: Die Architektur des *phonological encoders* nach Levelt. (1989). *From Intention to Articulation*. Seite 366.

Levelt geht davon aus, daß das 'phonologische Material' samt Silbenstruktur im Formlexikon gespeichert ist: "Each word has an internal organization of more or less stressed syllables, and this is part of the stored code for the word."³⁴ Die

³³ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 302.

³⁴ Ebd. Seite 317.

Intonationsmuster befinden sich jedoch, wie die Graphik oben zeigt, nicht im Lexikon: "A word's intonation is not lexically stored in languages like English, although it is (to some degree) in so-called tone languages."³⁵ Nach Levelt ist es sogar denkbar, daß Intonationen überhaupt nicht gespeichert werden, sondern immer wieder neu generiert werden, was er wie folgt begründet: "The generation of word forms in context causes striking deviations from the words' citation forms."³⁶ Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich primär mit der Aktivierung der 'Zitationsformen' der Wörter und nicht mit der Generierung der Satzprosodie, da diese durch TOTS ohnehin nicht korrekt zustande kommt.

Aus Überlegungen zur ökonomischen Prozessierung wird ferner vermutet, daß es ein gewisses Inventar (im Englischen ca. 6600) an häufig gebrauchten und deshalb separat gespeicherten Silben gibt, auf welches effizient zugegriffen werden kann, weil diese nicht jedesmal neu generiert werden müssen, wobei eingeschränkt wird: "[...] it is probably not so that *all* of a language's possible syllables are stored in the speaker's mind."³⁷ Die Silbe hat in Levelts Modell³⁸ die Funktion einer Prozessierungseinheit, die als sogenanntes Motorprogramm vorliegt: "[...] the syllable is a unit of motor execution in speech."³⁹ Ferner kombiniert Levelt seine Vorstellungen mit der *slots-and-fillers*-Theorie von Shattuck-Hufnagel⁴⁰. Danach befinden sich an jeder Teilkomponente *slots*, die mit den Ergebnissen der darüberliegenden Komponente gefüllt werden.

Vor diesem Hintergrund stellen sich nun zwei wichtige Fragen für die vorliegende Arbeit: a) wie sieht der Zusammenhang zwischen den im TOTS potentiell bekannten Teilinformationen und Levelts Sprachmodell aus? und b) welche Funktion kommt dabei dem Monitor zu? Beide Fragen werden von Levelt nicht explizit beantwortet, können jedoch indirekt erschlossen werden.

Zunächst zur Frage der Silben. Das Problem, das sich stellt, wurde bereits im

³⁵ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 317.

³⁶ Ebd. Seite 411.

³⁷ Ebd. Seite 327.

³⁸ Die vielen Sonderfälle, die Levelt diskutiert, wie z.B. Klitisierung, können an dieser Stelle nicht alle wiedergegeben werden.

³⁹ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 435.

⁴⁰ Siehe dazu: Shattuck-Hufnagel, S. (1986). *The representation of phonological information during speech production planning: Evidence from vowel errors in spontaneous speech*. In: Phonology Yearbook 3. Seite 117-149.

vorangegangenen Kapitel diskutiert. Es besteht darin, zu bestimmen, was Vps in TOTS tun, wenn sie versuchen, die Silbenzahl des Zielwortes zu schätzen. Levelt, dessen Hauptaugenmerk auf Versprechern liegt, hat die Ergebnisse der TOT-Forschung nur teilweise rezipiert und in sein Modell integriert. Er schreibt:

The form of a word is usually easily activated when its lemma is accessed, but there are comical or embarrassing cases of speech need where the transition from lemma to sound form is hampered.⁴¹

Wie ist es nun möglich, daß die Vps in TOTS dennoch Teilinformationen der Wortform aktivieren können? Nach Levelts Modell ist dies möglich, da es eine Unterscheidung zwischen *metrical spellout* und *segmental spellout* gibt und diese unabhängig voneinander aktiviert werden können. Als Beispiel für eine solche Teilaktivierung soll hier die Wortform *crampons* (Steigeisen) aus Levelts Modell des *segmental spellout levels* dargestellt werden:

SEGMENTAL SPELLOUT LEVEL

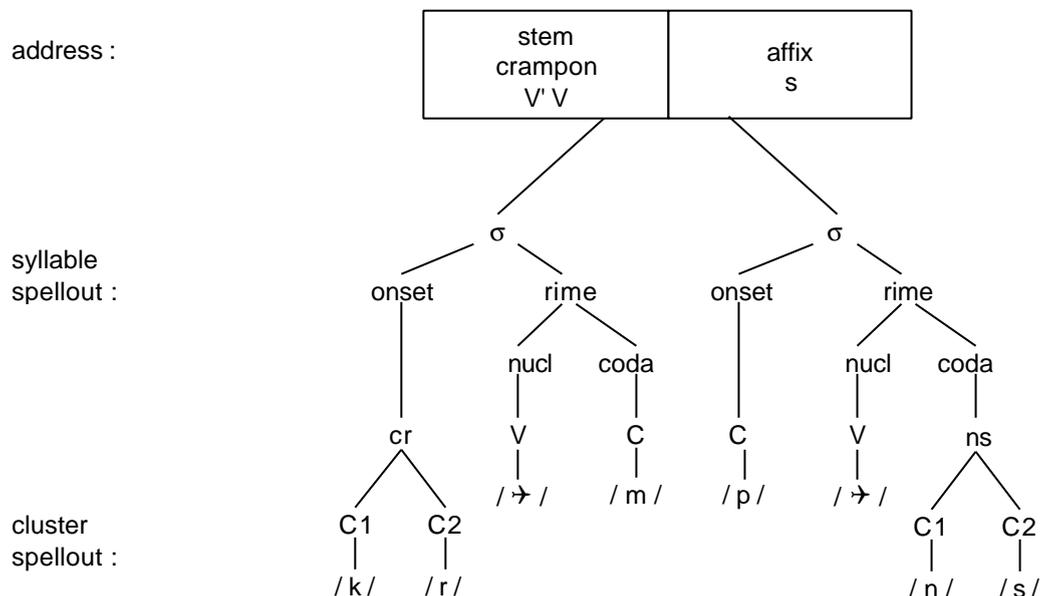


Abbildung 3: Das *segmental spellout* nach Levelt. *Speaking: From Intention to Articulation*. Seite 345.

⁴¹ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 320.

Die Funktionsweise dieser Komponente sieht folgendermaßen aus: "The segmental spellout routines take the metricized root-and-affix strings as input, and produce a string of syllables."⁴² Diese Sichtweise der phonologischen Kodierung, kombiniert mit Levelts Annahme, daß der Monitor im Prinzip den gesamten Prozeß der Sprachproduktion überwachen kann und auf allen Ebenen Fehler entdecken kann, bietet einen Erklärungsansatz, wie Vps zu den Schätzungen über die Silbenzahl des Zielwortes gelangen. Die Vps haben das gewünschte Lemma aktiviert und die morphologische Prozessierung beendet. Parallel dazu werden die *slots* der *syllable spellout*-Komponente aktiviert, können jedoch nicht gefüllt werden, da die Phoneme bzw. Phonemcluster, die auf einer anderen Ebene aktiviert werden, nicht vollständig als Input für die *slots* vorliegen. So wäre es möglich, daß die Vps einerseits teilweise Phoneme wiedergeben können und andererseits Angaben über Silbenzahl oder auch die prosodische Struktur machen können, ohne daß die Wortform vollständig aktiviert wird.⁴³ Das heißt, daß der Prozeß des *phonological encoding* nicht korrekt beendet werden kann.

Es ist nun die Aufgabe des Monitors, solche Probleme zu erkennen und eine Entscheidung zu treffen, ob an der Aktivierung des Zielwortes weitergearbeitet werden soll oder ob eine Alternative in Form einer Paraphrase oder eines Synonyms gewählt werden soll. Levelt, der diese Form von Problemen nicht diskutiert, bietet dennoch das Grundgerüst, um den weiteren Verlauf nach der fehlerhaften Aktivierung der gewünschten Wortform zu modellieren. Um dies zu verdeutlichen, wird im folgenden die Monitor-Komponente genauer beschrieben, damit deutlich wird, um welche Punkte das Modell für TOT-Daten erweitert werden muß.

Levelts Konzeption des Monitors ist so angelegt, daß im Prinzip alle Sprachfunktionen überwacht werden können: "Speakers can monitor for almost any aspect of their own speech."⁴⁴ Welche Funktionen nicht kontrolliert werden können, wird nicht klar abgegrenzt. Es wird jedoch eingeräumt, daß die Fehlerkorrektur bewußt vorgenommen oder unterlassen werden kann: "[...] a speaker may detect all

⁴² Levelt, W.J.M. (1989). Seite 344.

⁴³ Eine andere Möglichkeit, die bedingte Verfügbarkeit phonologischer Informationen zu modellieren, bildet der *spreading-activation*-Ansatz von MacKay. Dieser wird von Levelt kurz angesprochen, wird jedoch an dieser Stelle nicht wiedergegeben, da er von MacKay et al. konkret für die Modellierung von TOTS weiter ausgearbeitet wurde und in Kapitel 3.1.3 separat diskutiert wird.

⁴⁴ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 463.

errors but still not bother to correct each and every one of them."⁴⁵

Die kontrollierbaren Funktionen unterteilt Levelt in sieben Kategorien, wobei hier nur die sechste *Am I making a sound-form error?* relevant ist, da in dieser Kategorie Fehler bei der phonologischen Kodierung behandelt werden. Die Beispiele, die Levelt anführt, beziehen sich jedoch nur auf Versprecher, weshalb die Kategorie um Probleme der Aktivierung von Wortformen erweitert werden muß, da es einen fundamentalen Unterschied zwischen Versprechern und TOTS gibt, der darin besteht, daß bei Versprechern ein Output vorliegt, wohingegen bei TOTS das Problem bereits auf der Ebene des Formulators entsteht und der Artikulator gar nicht erst aktiviert wird:

A speaker can attend to different aspects of his speech output. In this way, potential flaws can be intercepted before they are overtly uttered. This is called *prearticulatory editing*.⁴⁶

Kann die Wortform eines Zielwortes nicht aktiviert werden, so muß während dieser Phase des *prearticulatory editing* eine Rückmeldung an den *monitor* geschickt werden, der daraufhin entscheidet, welche weiteren Schritte eingeleitet werden müssen, d.h., daß er festlegen muß, wie die Reorganisation des aktuellen Sprachprozesses auszusehen hat. Da sich diese Reorganisationsprozesse häufig nicht auf die Wahl eines anderen Wortes beschränken lassen, muß u.U. auch die grammatische Kodierung erneut überprüft werden bzw. eine neue *preverbal message* generiert werden: "It is likely that failure to find a word's phonological form within some critical period of time may trigger grammatical revisions."⁴⁷ Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: die Intention eines Sprechers sei, den Satz "Yesterday I saw a humming bird." zu äußern. Wenn sich nun die Wortform 'humming bird' nicht aktivieren läßt, der Sprecher einen TOTS vermeiden will und dennoch bei dem Gesprächspartner die Vorstellung oder das Konzept eines *humming birds* hervorrufen möchte, so kann dies u.U. dadurch erreicht werden, daß 'humming bird' durch Verwendung von identifizierenden Attributen wie etwa 'one of those tiny birds, that can fly a little bit backwards' paraphrasiert wird, sofern der Sprecher präsupponieren kann, daß sein Gesprächspartner über das nötige Wissen

⁴⁵ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 463.

⁴⁶ Ebd. Seite 467.

⁴⁷ Ebd. Seite 162.

verfügt, um durch diese Attribute das gewünschte Konzept zu aktivieren.⁴⁸ In diesem Fall muß ein Nomen durch eine komplexe Phrase ersetzt werden. Dies geschieht durch das Zusammenspiel von *monitor* und *message generator*. Der *message generator* muß in diesem Fall die Mittel, mit denen das kommunikative Ziel erreicht werden soll, revidieren. Ferner muß entschieden werden, wieviel Zeit und Energie auf weitere Aktivierungsversuche verwendet werden soll, was wiederum von der Relevanz des Zielwortes und auch von dessen Paraphrasierbarkeit abhängt.

Die Frage, wie der Monitor seine Aufgabe wahrnimmt, ist keineswegs geklärt. Eine mögliche, tentative Antwort auf diese Frage hängt stark von der Vorstellung der Funktionsweise des Monitors ab. Eine sehr allgemeine Definition findet sich z.B. bei Van Haneghan:

Cognitive monitoring can be defined as any activity aimed at evaluating or regulating one's own cognitions. Examples of cognitive monitoring include planning, checking, self-testing, assessing one's progress, and correcting one's errors.⁴⁹

Levelt sieht dies differenzierter und unterscheidet zwei Typen von Monitormodellen: editorische Modelle und konnektionistische Modelle. Editorische Modelle zeichnen sich primär dadurch aus, daß sie eine eigenständige Komponente darstellen, die extern die Sprachprozesse überwacht, wohingegen zu den Grundannahmen konnektionistischer Monitor-Theorien gehört, daß Sprachproduktion und Sprachrezeption über das gleiche Netzwerk laufen und die Fehlerdetektion über inhärente Mechanismen gesteuert wird. Levelt betont jedoch, daß sich keine der beiden Theorien mit den momentan zur Verfügung stehenden Methoden falsifizieren läßt, und schließt: "There is no one generally accepted theory of self-monitoring in speech."⁵⁰ Beide Modelltypen werden im folgenden noch eingehender diskutiert.

Damit ist Levelts Sprachproduktionsmodell weitestgehend skizziert worden. Im

⁴⁸ Häufig kann beobachtet werden, daß der Gesprächspartner das Zielwort ebenfalls nicht elizitieren kann, was zu Aussagen wie "Ich weiß jetzt auch nicht, wie das heißt, aber ich weiß genau, was du meinst." führen kann.

⁴⁹ Van Haneghan, J.P. & Baker, L. (1989). *Cognitive Monitoring in Mathematics*. In: McCormick, C.B. & Miller, G. & Pressley, M. (Hrsg). *Cognitive Strategy Research*. Seite 215.

⁵⁰ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 467.

folgenden werden mögliche Ursachen von TOTS diskutiert, wobei besonders der *spreading activation*-Ansatz von MacKay et al. diskutiert wird, da dieser mit Abstand die differenzierteste Sichtweise von TOTS-Ursachen darstellt und wegen seiner Kompatibilität zu Levelts Sprachproduktionsmodell zugleich auch in einem größeren Kontext gesehen werden kann.

3.1 Mögliche Ursachen von TOTS

Bei der Frage nach den möglichen Ursachen von TOTS haben sich primär zwei vermeintlich diametral gegenüberstehende Standpunkte herauskristallisiert, wobei der eine als *partial-activation-hypothesis* und der andere als *blocking-hypothesis* bezeichnet wird. Vorstellungen, wie sie sich noch bei William James fanden – er verglich die Suche nach einem Wort mit der Suche nach einem verlegten Gegenstand in einem Haus (Kapitel 2.1.1) – spielen dabei keine Rolle mehr. Im folgenden Abschnitt sollen zunächst die Annahmen, die fast allen aktuellen Theorien des lexikalischen Zugriffs zugrundeliegen⁵¹, skizziert werden, um dann die beiden wichtigsten Hypothesen auf diesem Hintergrund zu untersuchen. Dabei wird besonders der Ansatz von Burke et al., der auf der *partial-activation-hypothesis* basiert, diskutiert, da dieser den bislang einzigen Ansatz darstellt, der detailliert ausgearbeitet wurde und der sich darüber hinaus sehr gut in das Sprachproduktionsmodell von Levelt integrieren läßt. In Kapitel 5 soll schließlich gezeigt werden, wie sich in einem neuen, neuronalen Ansatz beide Hypothesen elegant zusammenführen lassen und sich die scheinbare Widersprüchlichkeit zwischen diesen auflöst. Zunächst werden jedoch die *partial-activation-hypothesis* und die *blocking-hypothesis*, welche eng mit Woodworths Theorie der *interloper* verknüpft ist, gegenübergestellt.

⁵¹ Für einen Überblick über die diversen Theorien des mentalen Zugriffs siehe: Aitchison, J. (1995). *Words in the mind*. oder Handke, J. (1995). *The structure of the lexicon*.

3.1.1 *Blocking or partial activation?*

Die Hypothese der zu schwachen Aktivierung des Zielwortes geht letzten Endes auf Brown & McNeill zurück. Sie gingen davon aus, daß ein TOTS dadurch entsteht, daß die Vp realisiert, daß sie das Zielwort kennt, dies jedoch, aufgrund einer zu schwachen Aktivierung, momentan nicht elizitieren kann. Ferner wurde angenommen, daß sowohl Teilinformationen des Zielwortes, welche die Vp während der TOT-Phase elizitieren kann, als auch das Auftreten von *interlopern* Meilensteine auf dem Weg der Zielwertsuche darstellen. Diese Vorstellung wurde von einigen Forschern geteilt und schließlich von Brown folgendermaßen charakterisiert:

With the incomplete activation viewpoint, the TOT represents a normal word-search process that has been drastically slowed. The word-finding activity is on course but becomes stuck in the vicinity of the target because of insufficient target-word information.⁵²

Ein weiterer Schritt in Richtung einer TOT-Theorie bildet die Annahme, daß sich im mentalen Lexikon diskrete Einheiten finden lassen, die den verschiedenen Wortformen entsprechen und die auf zunächst noch unbestimmte Weise miteinander verknüpft sind. Ferner wird, wenngleich dies in der Literatur zum TOT-Phänomen zumeist nicht expliziert, sondern nur metaphorisch angedeutet wird, davon ausgegangen, daß diese Elemente in der Lage sind, Energie respektive Aktivierungsenergie zu aggregieren, und daß diese Elemente, sofern ein den Elementen eigener Schwellenwert überschritten wird, sich zu aktivieren.⁵³ Wie die Energie in dieses System von Elementen hineinkommt und sich dort ausbreitet, wird wiederum nicht weiter spezifiziert. Brown faßt diese impliziten Annahmen folgendermaßen zusammen:

⁵² Brown, A. (1991). Seite 215.

⁵³ Diese Vorstellung geht auf das Logogen-Modell von Morton zurück, welches ursprünglich als Modell der visuellen Worterkennung entwickelt worden ist und deshalb hier nicht weiter ausgeführt werden soll. Für eine Darstellung dieser Theorie siehe: Morton, J. (1969). *The interaction of information in word recognition*. Psychological Review 76. Seite 165-178.

Under the incomplete-activation interpretation of the TOT, successful word retrieval requires an aggregation of information from various sources and requires that on occasion these sources may be insufficient to exceed the threshold for retrieval.⁵⁴

Wie oben bereits erwähnt, liegt als einzige explizite Ausarbeitung eines solchen Modells nur jene von Burke et al. vor, welche weiter unten ausführlich dargestellt wird. Zunächst soll gezeigt werden, welche weiteren Merkmale die *blocking-hypothesis* aufweist und welche Argumente für die eine oder andere Hypothese sprechen.

Die Hypothese von Gedächtnisblockaden tritt in zwei Varianten auf. Einmal in Form der sehr allgemeinen und undifferenzierten Vorstellung, daß eine Wortform (oder ein beliebiger anderer Gedächtnisinhalt) vorübergehend blockiert sein kann. Ein Beispiel für einen solchen Blockade-Mechanismus bildet die Verdrängung von Gedanken in dem Modell von Freud (Kapitel 2.1.2). Wie oben gezeigt wurde, muß die Ursache der Blockade bei einem solchen Ansatz keinesweg linguistischer Natur sein. Typisch für solche Theorien ist, daß sie aufgrund der Komplexität der damit verbundenen kognitiven Prozesse nicht ausführen, wie die jeweilige Gedächtnisblockade zustande kommt, wie und wie lange diese aufrecht erhalten wird und wie sie schließlich wieder überwunden wird.

Für die vorliegende Arbeit ist deshalb eine zweite, spezifischere Variante von größerem Interesse. Sie baut auf den Annahmen der *partial-activation-hypothesis* auf und geht darüber hinaus davon aus, daß erstens die Elemente (d.h. die Wortformen) in einer Art Wettbewerb miteinander stehen und daß dasjenige Element 'gewinnt', welches am besten zu der gesuchten Wortform paßt. Und zweitens, daß von dem Siegerelement eine hemmende Wirkung auf die konkurrierenden Wortformen ausgeht, so daß immer nur ein Element aktiviert wird. Meyer und Bock haben dies folgendermaßen zusammengefaßt:

The first hypothesized mechanism is simple activation of target forms, including spreading activation among similar word forms, culminating in the selection of the word that has accrued more activation than any other candidate. The second proposal crucially

⁵⁴ Brown, A. (1991). Seite 215.

involves the inhibition of phonological similar words.⁵⁵

Diese kurze und prägnante Zusammenfassung einer möglichen Ursache für TOTS wurde jedoch nicht einmal exemplarisch ausgeführt, so daß wiederum offen bleibt, wie die Mechanismen im Detail funktionieren könnten. Wie es bei einer solchen Annahme schließlich dazu kommen kann, daß falsche Informationen abgerufen werden, hat Brown ergänzt: "[...] the blocking perspective suggests that the TOT represents a memory search that has become sidetracked in the wrong memory location."⁵⁶ Die Frage ist also, wie es zu einer solchen Blockade kommen kann und in welche Richtung die Suche nach dem eigentlichen Zielwort fortgesetzt wird.

Festzuhalten bleibt zunächst, daß die Ursache der Blockade als originär linguistisch betrachtet wird, wobei der Zugriffsalgorithmus selbst die Ursache für potentielle Fehlselektionen und damit für fehlerhafte, temporäre Blockaden in sich birgt. Ein Vorteil der Wettbewerbsidee ist die Möglichkeit, Mechanismen der Reaktivierung in das Modell zu integrieren, d.h. zeigen zu können, wie einmal blockierte Elemente zu einem späteren Zeitpunkt, nach Auflösung der Blockade durch einen vorangehenden, allgemeinen Aktivierungszerfall erneut aktivierbar werden. Als eigentliche Ursache der Blockade werden also die Aktivierungsenergien, die hemmenden Einfluß auf konkurrierende Wortformen haben können, betrachtet, wobei noch keine Aussagen darüber getroffen wurden, wie das Medium der Aktivierungsausbreitung aussieht und wie die einzelnen Elemente in diesem Medium angeordnet sind. Im folgenden Abschnitt werden verschiedene Untersuchungen vorgestellt, die darauf ausgerichtet waren, zu klären, ob es solche Einflüsse konkurrierender Wortformen gibt.

3.1.2 Der Einfluß von interlopers auf die Wortfindung

Die Vorstellung, daß ein Wort, das aktiviert wurde, andere Wörter an deren Aktivierung hindern kann, ist relativ früh entwickelt und besonders von Woodworth

⁵⁵ Meyer, A. & Bock, K. (1992). *The tip-of-the-tongue phenomenon: Blocking or partial activation?* Seite 715.

⁵⁶ Brown, A. (1991). Seite 215.

(1929) vertreten worden. Ihr steht die Vorstellung von Brown & McNeill gegenüber, die *interloper* völlig anders interpretierten. Nach Brown & McNeill helfen und erleichtern *interloper* die Aktivierung des Zielwortes, da gemeinsame Merkmale und Teilinformationen und somit Teile des Zielwortes aktiviert werden. Nachdem Reason & Lucas⁵⁷ jedoch gezeigt hatten, daß bis zu 70% aller TOTS von *interlopern* begleitet werden, lag der Verdacht nahe, daß diesen eine verursachende Rolle zukommt. Um zu überprüfen, ob sich überhaupt ein meßbarer Einfluß anderer Wörter induzieren läßt, haben Jones & Langford⁵⁸ die klassische TOT-Untersuchungsmethode der Definitionsvorgabe erweitert, indem sie den Vps unmittelbar nach der Definitionsvorgabe eine Wortform darboten, die entweder phonologische, semantische oder keine Ähnlichkeit zum Zielwort aufwies. Durch diese Erweiterung ließ sich die Wahrscheinlichkeit, daß die Vps in TOTS gerieten, steigern:

If a potential blocking word is appended to the presentation of a rare word's definition, the nature of the blocking word does indeed influence the likelihood of formation of a TOT state when a person attempts to generate the target word specified by the definition.⁵⁹

Ferner konnten die Autoren zeigen, daß sich nur für die phonologisch ähnlichen Wörter ein signifikanter Einfluß der zusätzlich dargebotenen Wörter nachweisen ließ:

Subjects were significantly more likely to enter a TOT state when provided with a blocking word phonologically related to the target word than when provided with one that was not phonologically related.⁶⁰

Im Gegensatz dazu ergaben die Untersuchungen von Jones & Langford keine signifikanten Ergebnisse für Zusatzwörter, die eine semantische Ähnlichkeit zum Zielwort aufwiesen. Diese Ergebnisse wurden von Jones⁶¹ in einer weiteren Studie

⁵⁷ Reason, J. & Lucas, D. (1984). Seite 53.

⁵⁸ Jones, G.V. & Langford, S. (1987).

⁵⁹ Jones, G.V. & Langford, S. (1987). Seite 120.

⁶⁰ Ebd. Seite 120.

⁶¹ Jones, G.V. (1989). Seite 69-76.

reproduziert. In dieser zweiten Untersuchung mit 116 Vps wurden 457 TOTS provoziert. Dabei wurde die Versuchsanordnung erneut erweitert. Zum einen wurde der Zeitpunkt des zusätzlich dargebotenen Wortes, des Distraktors, variiert und zum anderen wurde der Fragenkatalog vergrößert, indem zusätzlich Distraktoren getestet wurden, die sowohl phonologische als auch semantische Ähnlichkeit zum Zielwort aufwiesen. Um einen besseren Eindruck der Untersuchung zu vermitteln, wird an dieser Stelle exemplarisch aus jeder Kategorie eine Frage wiedergegeben:

1) Unrelationierter Distraktor: Cinnabar

Common term for injury to the neck caused by a sudden jerk of the head, for example in vehicle collision. (Target: Whiplash)

2) Phonologisch ähnlicher Distraktor: Dissociation

Adherent to the view that human action is not free but directed by external forces acting on the will. (Target: Determinist)

3) Semantisch ähnlicher Distraktor: Carafe

Stoppered glass vessel in which spirits are brought to the table. (Target: Decanter)

4) Phonologisch und semantisch ähnlicher Distraktor: Abnormality

Something out of keeping with the times in which it exists. (Target: Anachronism)⁶²

Die Ergebnisse aus dieser Studie schienen wiederum eindeutig darauf hinzuweisen, daß Distraktoren mit phonologischer Ähnlichkeit einen hemmenden Effekt auf die Zielwortaktivierung ausüben, weshalb Jones schlußfolgert:

The results of the experiment provided clear support for the Woodworth hypothesis. First, they confirm that the provision of an interloper similar in sound to the target word leads to the observation of more rather than fewer TOT states, and show that this finding may be generalized over both subjects and word.⁶³

Diese scheinbar eindeutigen Ergebnisse weisen jedoch einige Probleme auf, welche im folgenden diskutiert werden. Zunächst gibt es einige Untersuchungen, die ebenfalls darauf ausgerichtet waren, das Problem der *interloper* zu klären, jedoch

⁶² Jones, G.V. (1989). Seite 74-76.

⁶³ Ebd. Seite 72.

genau entgegengesetzte Ergebnisse lieferten. So haben z.B. Perfect & Hanley⁶⁴ drei großangelegte Experimente durchgeführt, die dazu dienen sollten, die Ergebnisse von Jones zu reproduzieren und somit zu kontrollieren. Dazu wurde im ersten Experiment die Versuchsanordnung von Jones nachgestellt. In den beiden Folgeuntersuchungen wurden dann Kontrollgruppen ohne Vorgabe von Distraktoren geprüft. Da bei den Kontrollgruppen genauso viele TOTS registriert werden konnten, wie bei den Vps, denen Distraktoren vorgegeben wurden, schließen Perfect & Hanley:

Under these circumstances we found no effect of interloper words at all. We conclude that there is no evidence from this paradigm to support the idea that interloper words are involved in either the causation or resolution of TOTS.⁶⁵

Diese völlig anderen Ergebnisse belegen nun aber nicht, daß *interloper* gar keinen hemmenden Effekt auf die Aktivierung von Zielwörtern haben können. Zunächst relativieren sie jedoch sowohl die Ergebnisse von Jones & Langford als auch die Folgeuntersuchungen von Jones. Dies waren jedoch nicht die einzigen Untersuchungen, bei welchen ein hemmender Effekt von *interloper* beobachtet werden konnte. Wie oben bereits beschrieben, haben Burke et al. einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von *interlopern* und der Zeit, die zur Auflösung des TOTS benötigt wird, festgestellt. Dieser Zusammenhang wurde jedoch bei natürlich vorkommenden TOTS registriert und nicht bei künstlich provozierten. Auf dieses methodologische Problem weisen auch Perfect & Hanley abschließend hin:

Since it is possible that there is a difference between presenting subjects with an interloper and the situation in which an interloper becomes inadvertently activated during a retrieval attempt, further research is needed to determine whether the slowing also occurs with experimenter-generated interlopers.⁶⁶

Ferner könnte man spekulieren, daß *interloper* zwar nicht die initiale Ursache für

⁶⁴ Perfect, T.J. & Hanley, J.R. (1992). *The tip-of-the-tongue phenomenon: Do experimenter-presented interloper have any effect?* In: Cognition 45. Seite 55-75.

⁶⁵ Ebd. Seite 55.

⁶⁶ Ebd. Seite 73.

TOTS darstellen, aber dennoch durch Interferenzeffekte zu einer Verzögerung der letztendlichen Zielwortaktivierung führen können. Perfect & Hanley weisen darüber hinaus darauf hin, daß, sofern weitere Experimente die verursachende Rolle von *interlopers* bekräftigen sollten, dies am besten im Rahmen eines Netzwerkmodells simuliert werden könnte:

[...] Woodworth (1929) argued that interlopers cause TOT states by *obstructing* retrieval of the correct word. This could be explained in terms of an interactive activation network model (e.g. Stemmerger, 1985).⁶⁷

Auf solche und ähnliche Netzwerkmodelle wird weiter unten ausführlich eingegangen (Kapitel 5). Soweit zu den Ergebnissen von Perfect & Hanley. Die beiden Autoren waren jedoch nicht die einzigen, die sich der Frage nach der Rolle der *interloper* angenommen haben. Unabhängig von Perfect & Hanley haben Meyer & Bock drei Experimente mit dem Ziel durchgeführt, die Ergebnisse von Jones zu überprüfen und dabei allgemein eine Entscheidung zwischen der *blocking-hypothesis* und der *partial-activation-hypothesis* herbeizuführen, die sie zunächst beide für plausibel erklärten: "Tip-of-the-tongue states may represent the momentary unavailability of an otherwise accessible word or the weak activation of an otherwise inaccessible word."⁶⁸ Im Unterschied zu Perfect & Hanley kamen Meyer & Bock bei der Interpretation ihrer Ergebnisse jedoch nicht nur zu der Überzeugung, daß die Vorgabe von Distraktoren keine Verschlechterung der Zielwortaktivierung bewirkt, sondern im Gegenteil sogar eine Hilfe bei der Aktivierung des Zielwortes darstellt. Ganz im Sinne der Annahmen von Brown & McNeill folgerten Meyer & Bock:

[...] that compared with unrelated cues, related cue words that were presented immediately after target definitions helped rather than hindered lexical retrieval, and that sound cues were more effective retrieval aids than meaning cues.⁶⁹

Besonders auffällig ist der Unterschied in den Ergebnissen zwischen Jones und

⁶⁷ Perfect, T.J. & Hanley, J.R. (1992). Seite 56.

⁶⁸ Meyer, A. & Bock, K. (1992). Seite 715.

⁶⁹ Ebd. Seite 715.

Meyer & Bock im ersten Experiment, welches eine einfache Wiederholung des Experiments von Jones darstellt, indem 411 Studenten mit dem von Jones aufgestellten Fragenkatalog konfrontiert wurden. In der Auswertung heißt es:

The subjects were more likely to retrieve defined words when they were given phonological cues than when they were given semantic or unrelated cues."⁷⁰

Aber auch die weiteren Untersuchungen wiesen immer wieder darauf hin, daß Vorgaben von Distraktoren zu weniger TOTS führten: "Overall, these findings are more consistent with partial activation than with suppression, both for phonological and semantic relationships."⁷¹

Nachdem sowohl die Ergebnisse von Jones & Langford als auch die von Jones zunächst sehr deutlich auf eine blockierende Wirkung von *interlopers* hinwiesen, scheinen sich die Ergebnisse nicht reproduzieren zu lassen, obwohl dies in mehreren Experimenten von unabhängigen Forschern versucht wurde. Zudem gibt es noch eine weitere offene Frage in bezug auf *interloper*. Wie lassen sich TOTS erklären, bei denen keine *interloper* auftreten? Wenn *interloper* die alleinige Ursache für TOTS darstellen, so dürften keine TOTS ohne *interloper* auftreten. Da dies aber offensichtlich der Fall ist, muß daran gezweifelt werden, daß *interloper* die einzig mögliche Ursache für TOTS sein können.

Schließlich sei an dieser Stelle noch eine dritte Möglichkeit angeführt, die besagt, daß *interloper* weder einen hemmenden noch einen förderlichen Einfluß auf andere Wortfindungsprozesse haben. Dies wurde von Kohn et al. vorgeschlagen. Die Autoren, die ihren Vps keine allgemeinen Wissensfragen stellten, sondern sie frei über beliebige Themen erzählen ließen und dabei die auftretenden TOTS protokollierten, stellten für natürlich vorkommende TOTS fest, daß die registrierten *interloper* offensichtlich gar keinen Effekt auf die Zielwortaktivierung haben. Sie schreiben über ihre Untersuchungen: "[...] they provide little basis for concluding that interim responses actually *influence* subsequent success or failure of retrieval."⁷² Nach dieser Vorstellung könnte es sogar sein, daß *interloper* parallel

⁷⁰ Meyer, A. & Bock, K. (1992). Seite 719.

⁷¹ Ebd. Seite 723.

⁷² Kohn, S.E. & Wingfield, A. & Menn, L. & Goodglas, H. & Gleason, J. & Hyde, M. (1987). *Lexical Retrieval: The tip of the tongue phenomenon*. In: Applied Psycholinguistics 8. Seite 262.

und damit unabhängig von der Zielwortaktivierung ablaufen.

Im vorangegangenen wurden drei Positionen zur Rolle von *interlopers* beim Auftreten von TOTS wiedergegeben. Die erste besagt, daß *interloper* einen hemmenden Einfluß auf andere Wortfindungsprozesse haben und daß *interloper* die Ursache von TOTS darstellen. Die zweite Position besagt, daß *interloper* einen förderlichen Einfluß auf den Wortfindungsprozeß des Zielwortes haben, indem sie die Aktivierung des Zielwortes erleichtern. Die dritte Position schließlich zieht die Möglichkeit in Betracht, daß *interloper* unabhängig und parallel zu den Aktivierungsversuchen des Zielwortes ablaufen und somit keinen Einfluß auf diese Aktivierungsversuche haben. Für alle drei Positionen wurden Argumente vorgebracht. Eine endgültige Entscheidung über die Rolle von *interlopers* in TOTS ist zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht möglich. In Kapitel 5 wird eine neue, neuronale Interpretation von *interlopers* vorgeschlagen, die die verschiedenen Positionen zusammenführt. Zunächst wird jedoch das *interactive-activation*-Modell von Burke et al. vorgestellt, welches neben den *interlopers* noch andere mögliche Ursachen von TOTS in Betracht zieht.

3.1.3 Die Node Structure Theory

Bei dem Modell von Burke et al.⁷³ handelt es sich um ein sogenanntes *interactive activation model*⁷⁴, welches dem bekannten Sprachproduktionsmodell von Dell⁷⁵,

⁷³ Burke, D. & MacKay, D. & Worthley, J. & Wade, E. (1991). *On the Tip of the Tongue: What Causes Word Finding Failures in Young and Older Adults?* Journal of Memory and Cognition 30. Seiten 543-579.

⁷⁴ Eine formal präzise ausgearbeitete Version eines *interactive activation models* findet sich bei: Rumelhart, D.E. & McClelland, J.L. (1986). *Parallel Distributed Processing Volume 1*.

Dieses mehrbändige Werk nimmt eine herausragende Stellung unter den zahlreichen Büchern über konnektionistische Modelle ein, da ein lauffähiges Programm (inklusive des gesamten C-Source-Codes) und ein Übungsbuch mitgeliefert wird, so daß es möglich ist, jeden Schritt des Modells exakt nachzuvollziehen. Dies ist bei keinem anderen Beitrag zu solchen Aktivierungsmodellen der Fall, weshalb es häufig nahezu unmöglich ist, allein aufgrund der allgemeinen Beschreibungen in den jeweiligen Aufsätzen herauszufinden, was die Modelle im einzelnen vorhersagen und inwieweit sie konsistent ausgearbeitet sind.

⁷⁵ Siehe z.B. Dell, G.S. (1986). Oder auch: Dell, G.S. (1988). *The retrieval of phonological forms in*

das die Diskussion um die Entstehung von Versprechern stark beeinflusst hat, in seinen wesentlichen Punkten ähnelt, jedoch auch einige Besonderheiten aufweist. Das Modell beruht auf der *Node-Structure-Theory* (kurz NST), die eine spezielle Ausprägung eines *interactive activation models* darstellt und ursprünglich von MacKay⁷⁶ als allgemeine Theorie kognitiver Fähigkeiten entwickelt wurde. Die grundlegende Idee der NST besteht darin, daß es eine große Anzahl von Prozessierungseinheiten gibt, welche auch Knoten genannt werden. Diese Knoten sind untereinander auf bestimmte Art und Weise verbunden, so daß ein Netzwerk aus Knoten und Verbindungen mit einer spezifischen Topologie (auch Netz-Architektur genannt) entsteht. Die verschiedenen Topologien unterscheiden sich u.a. in der Anzahl der Knoten, der Konnektivität, d.h. der Anzahl der Verbindungen zwischen den Knoten, sowie in der Funktionalität der Knoten und Verbindungen und vor allem in der Anordnung der Elemente, da über die Anordnung der Elemente untereinander die Funktionalität des Gesamtnetzwerkes gesteuert werden kann. Im Falle der NST liegt eine hierarchische Gliederung des Netzwerkes vor, bei der die Verbindungen symmetrisch aufgebaut sind, d.h. der Aktivierungsfluß in beide Richtungen laufen kann. Die Aktivierungen können dynamisch verändert werden, indem jeder Verbindung ein variabler, numerischer Wert zugewiesen wird. Bei den Verbindungen in *interactive activation models* gibt es zwei prinzipielle Möglichkeiten ihrer Funktion. Sie können entweder aktivierend oder hemmend auf die Folgeknoten, auf welche sie zulaufen, wirken. Entsprechend werden die numerischen Werte i.d.R. aus dem Intervall [-1;1] gewählt, wobei negative Werte hemmende und positive Werte aktivierende Wirkungen darstellen. Eine Besonderheit der NST ist, daß sie nur aktivierende, also keine hemmenden Verbindungen annimmt.

Bei den Knoten gibt es eine Fülle von Variationsmöglichkeiten. Ihre Grundfunktion besteht darin, die über die Verbindungen einlaufenden Aktivierungen zu summieren

production: Tests of predictions from a connectionist model. In: Journal of Memory and Language 27. Seiten 124-142.

⁷⁶ MacKay, D.G. (1987). *The organization of perception and action: A theory for language and other cognitive skills.* Die Theorie von MacKay wurde u.a. zu einem Modell des Lernens bei älteren Personen erweitert. Siehe dazu MacKay, D.G. & Burke, D.M. (1990). *Cognition and Aging: A theory of new learning and the use of old connections.* In Hess, T. (Hrsg). *Aging and Cognition: Knowledge organization and utilization.* Seiten 213-263.

und bei Überschreitung eines gesetzten Schwellenwertes s die Aktivierung über die ausgehenden Verbindungen des Knotens an andere Knoten weiterzuleiten.

Die Vorstellung, daß sich die Knoten im Netzwerk gegenseitig aktivieren können, hat zu dem Oberbegriff *interactive activation model* geführt, wobei erhebliche Unterschiede in der konkreten Ausformulierung der Netztopologie und den dazugehörigen Funktionen bestehen.⁷⁷ Ihnen allen ist jedoch der symbolverarbeitende Charakter gemein, d.h., daß davon ausgegangen wird, daß die Knoten des Netzwerkes Symbole darstellen, die den jeweils beteiligten Elementen der Sprachprozessierung entsprechen sollen. Ein Gegenentwurf zu diesem symbolischen Ansatz stellt der subsymbolische Ansatz dar, bei dem die Prozessierungseinheiten an dem symbolverarbeitenden Prozeß teilhaben, jedoch selbst keine Symbole repräsentieren. Ein solcher Ansatz, der für die vorliegende Arbeit präferiert wurde, wird in Kapitel 5 ausführlich diskutiert.

Die Sprachprozessierung in der NST besteht in der systematischen Manipulation der Werte der entsprechenden Verbindungen zwischen bestimmten Prozessierungseinheiten, wodurch wiederum indirekt auch die Aktivierbarkeit der einzelnen Knoten manipuliert werden kann. Symbole können dabei z.B. für Phoneme, Phonemcluster, Silben, Morpheme, Lexeme oder auch ganze Propositionen stehen. In dem Modell von Burke et al. werden sieben Typen von Symbolen unterschieden, die verschiedenen Ebenen der Sprachprozessierung zugeordnet sind.⁷⁸ Das folgende Flußdiagramm illustriert diese hierarchische Anordnung von symbolischen Prozessierungseinheiten:

⁷⁷ Siehe dazu: Schade, U. (1992). Seite 31-43.

⁷⁸ Da in dem Aufsatz von Burke et al. nur wenige Angaben zu ihrem Modell zu finden sind und von einem Netzwerkausschnitt gesprochen wird, kann davon ausgegangen werden, daß das tatsächlich implementierte Modell komplexer ist als die abgebildete Skizze vermuten läßt. Darüber kann jedoch nur spekuliert werden. Leider finden sich auch keine präzisen Definitionen der beteiligten Funktionen und Algorithmen.

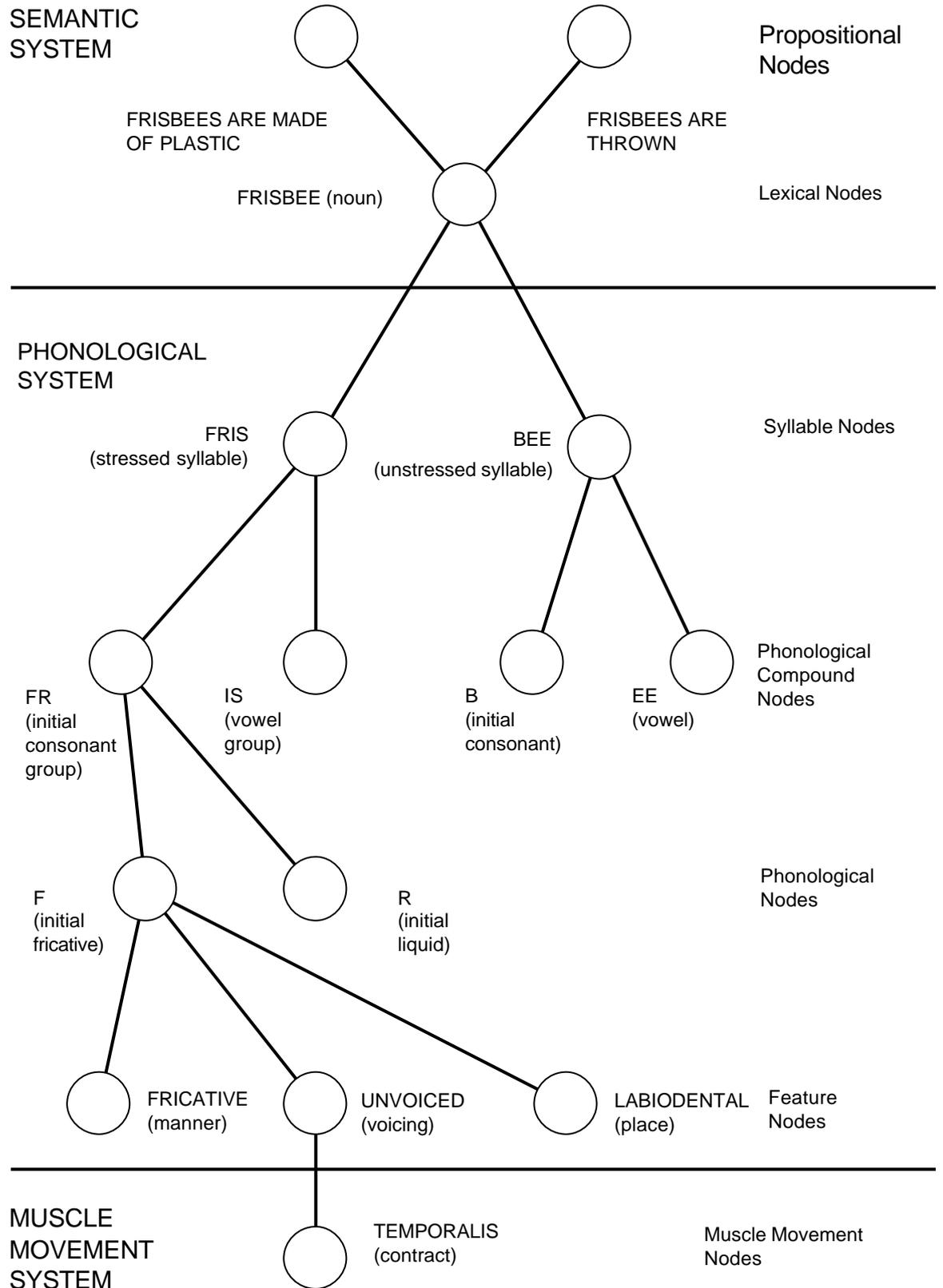


Abbildung 4: Netzwerkausschnitt nach Burke et al. *On the Tip of the Tongue – What Causes Word Finding Failures in Young and Older Adults?* Seite 544.

Die verschiedenen Knoten des Netzwerkausschnittes sollen die mentalen Repräsentationen der jeweiligen Entitäten symbolisch darstellen. Die Aktivierung der Wortform *frisbee* und deren Artikulation läuft nach diesem Modell *top down* über propositionale Knoten im semantischen System und über verschiedene Ebenen des phonologischen Systems zum Muskelbewegungssystem. Bei diesem Fluß von Informationen durch das Netzwerk sind vor allem zwei Prozesse beteiligt:

The model postulates two fundamentally different processes, priming and activation, and differences between these two processes are important for explaining TOTS.⁷⁹

Die Aktivierung von Knoten wurde bereits beschrieben. Unter *priming* verstehen Burke et al. eine unterschwellige Aktivierung, die die Aktivierung der betroffenen Knoten heraufsetzt, ohne jedoch den Schwellenwert zu überschreiten:

Priming or subthreshold excitation prepares a node for possible activation and an activated node primes all nodes connected to it.⁸⁰

Die Implementation eines Priming-Mechanismus in die NST ist jedoch nicht allein technisch motiviert, um den Informationsfluß des Netzes zu optimieren. Vielmehr spielt das Konzept des *priming* eine zentrale Rolle in der Kognitionspsychologie und insbesondere auch in der kognitiven Linguistik. Dort werden *priming*-Verfahren verwendet, um nachzuweisen, daß unterschwellig präsentierte, d.h. unter der Wahrnehmungsgrenze liegende Stimuli bestimmte Effekte hervorrufen können.⁸¹ Den Nachweis, daß *priming*-Effekte auch bei TOT-Untersuchungen registriert werden können, haben Rastle & Burke⁸² geführt, nachdem schon Koriat & Lieblich 1974 vermutet hatten, daß solche unterschwelligen Präaktivierungen eine Rolle für TOTS spielen:

⁷⁹ Burke et al. Seite 543.

⁸⁰ Ebd. Seite 543.

⁸¹ Siehe dazu: Meyer, D.E. & Schvaneveldt, R.W. (1971). *Facilitation in recognizing pairs of words: Evidence of a dependence between retrieval operations*. In: Journal of Experimental Psychology 90. Seiten 227-234.

⁸² Rastle, K.G. & Burke, D.M. (1996). *Priming the Tip of the Tongue: Effects of Prior Processing on Word Retrieval in Young and Older Adults*. In: Journal of Memory and Language 35. Seiten 586-605.

[...] in the normal retrieval process of a word which is not readily accessible to recall, the ability to make initial bets regarding formal features of the solicited word on the basis of information concerning class characteristics aids in narrowing the search for the missing word and in "priming" it when it is indeed available in memory store.⁸³

Rastle & Burke konnten in drei Untersuchungen zeigen:

[...] that recent pronunciation of a word increased its retrieval in response to a general knowledge question and reduced its vulnerability to a TOT state.⁸⁴

Details dieser Untersuchung werden weiter unten diskutiert. An dieser Stelle soll zunächst das Modell von Burke et al. weiter beschrieben werden. Festzuhalten bleibt, daß es eine starke Analogie zwischen dem beobachtbaren Phänomen des *priming* von Zielwörtern, so wie es aus psycholinguistischen Untersuchungen bekannt ist, und dem *priming* von Knoten in einem Netzwerk, wie es in der NST verwendet wird, gibt. Um die Wirkungsweise des *priming* im Netzwerk verdeutlichen zu können, muß zunächst die NST und der Erklärungsansatz für TOTS, der von Burke et al. vorgeschlagen wird, weiter skizziert werden.

Neben *activation* und *priming* gibt es noch einen dritten wichtigen Mechanismus in der NST, eine Zerfallsrate. Die Zerfallsrate, auch *decay-factor* genannt, sorgt dafür, daß die Aktivierung im Netz über die Zeit nachläßt. Damit wird ein sogenanntes *net-overheating* verhindert, d.h., es wird verhindert, daß immer mehr und mehr Knoten aktiviert werden, wodurch es zu einem völlig chaotischen Aktivierungsfluß käme.

Damit wären die Grundkonzepte des Modells von Burke et al. umrissen. Die Frage ist nun zum einen, wie systematisch Informationen in ein solches Netz eingespeist werden können, d.h. die Gewichtungen der Verbindung so manipuliert werden können, daß auf einen bestimmten Input immer ein bestimmter Output erfolgt, und zum anderen, wie sich daraufhin TOTS simulieren lassen. Da der Aufsatz von Burke et al. keine Auskunft darüber gibt, auf welchen Algorithmen das von ihnen benutzte Netz letztendlich basiert, soll an dieser Stelle auch nicht darüber spekuliert

⁸³ Koriat, A. & Lieblich, I. (1974). Seite 655.

⁸⁴ Rastle, K.G. & Burke, D.M. (1996). Seite 600.

werden. Allerdings werden in Kapitel 5 die Algorithmen, die bei den Simulationen für die vorliegende Arbeit verwendet wurden, detailliert wiedergegeben, wobei deutlich werden wird, wie das "Lernen" in Künstlichen Neuronalen Netzen funktioniert. Im folgenden wird aus den genannten Gründen also einfach vorausgesetzt, daß das Netzwerk auf einen semantischen Input mit dem richtigen phonologischen Output reagiert. Das heißt konkret für das oben angeführte Beispiel *frisbee*, daß die Aktivierung der lexikalischen Knoten, die das Nomen *frisbee* symbolisieren, die Aktivierung der entsprechenden Knoten im *muscle movement system* zur Folge hat, womit eine einfache Simulation der Sprachproduktion erreicht wäre. Die mathematischen Beweise, daß Künstliche Neuronale Netze solche assoziativen Verbindungen lernen können, finden sich u.a. bei Rumelhart & McClelland.⁸⁵ Wie sich unter diesen Voraussetzungen TOTS simulieren lassen, zeigt der nächste Abschnitt.

3.1.4 Die Transmission Deficit Hypothesis von Burke et al.

Der normale Zugriff auf Wortformen läßt sich mittels der NST gut simulieren. Das mentale Lexikon wird durch symbolische Knoten repräsentiert, und ein *lexical access* besteht in der Aktivierung der entsprechenden Knoten im Netz, wobei mittels *priming* eine unterschwellige Präaktivierung der Zieldomäne von Knoten geschaffen wird, die daraufhin schneller auf die Aktivierung, die vom semantischen System ausgeht, reagiert. Schon im semantischen System⁸⁶ findet eine Vorauswahl des lexikalischen Knotens statt, der die meiste Aktivierung über seine einlaufenden Verbindungen von den propositionalen Knoten empfängt:

In language production, priming from many semantic nodes converges onto a single lexical node, summing across these connections."⁸⁷

⁸⁵ Siehe Rumelhart, D.E. & McClelland, J.L. (1986).

⁸⁶ Eine sehr ausführliche Arbeit zu der Frage, wie der gesuchte lexikalische Knoten aktiviert wird, stellt die Dissertation von Roelofs dar, die ebenfalls auf einem *interactive activation model* basiert und sich sehr stark an Levelts Sprachproduktionsmodell orientiert: Roelofs, A.P. (1992).

⁸⁷ Ebd. Seite 21.

TOTS kommen in der Theorie von Burke et al. zustande, wenn die Verbindungen zwischen dem semantischen und dem phonologischen System bzw. zwischen den jeweiligen Knoten der beiden Systeme zu schwach werden:

The basic cause of TOTS in the NST is a deficit in the transmission of priming across critical connections required for producing the target word. When a TOT occurs, a lexical node in the semantic system becomes activated, giving access to semantic information about the target word, but at least some phonological information remains inaccessible because insufficient priming is transmitted to enable activation of connected phonological nodes.⁸⁸

Dementsprechend haben Burke et al. ihre Hypothese *Transmission Deficit Hypothesis* (kurz TDH) genannt, welche folgende Faktoren für ein Übertragungsdefizit postuliert: "Within the NST, three factors influence this transmission deficit: frequency of use, recency of use, and aging."⁸⁹ Für alle drei Faktoren wurde plausibel nachgewiesen, daß sie die Wahrscheinlichkeit erhöhen, daß es zu einem TOTS kommt. Dabei können sich Frequenz und Rezenz überlagern, da ein Wort, das generell sehr häufig benutzt wird, mit größerer Wahrscheinlichkeit rezent benutzt wurde, als ein Wort, das ohnehin nur sehr selten vorkommt. Daß diese beiden Faktoren eine große Rolle für eine Theorie des *lexical retrieval* spielen, zeigt sich nicht zuletzt darin, daß sie in der Kognitionspsychologie allgemein für beliebige Gedächtnisinhalte angenommen werden:

Die Geschwindigkeit und die Wahrscheinlichkeit des Zugriffs auf einen Gedächtnisinhalt werden durch dessen Aktivationshöhe bestimmt. Diese Aktivationshöhe wiederum hängt von der Häufigkeit und dem Zeitpunkt des letzten Abrufs dieses Gedächtnisinhalts ab.⁹⁰

Die Frage ist nun, welche der teils sehr unterschiedlichen TOT-Phänomene sich gut durch die TDH erklären lassen. Die häufigste Erklärung, die intuitiv von Vps genannt wird, ist die geringe Verwendungshäufigkeit des Zielwortes. Besonders

⁸⁸ Burke et al. Seite 545.

⁸⁹ Ebd. Seite 545.

⁹⁰ Anderson, J.R. (1996). *Kognitive Psychologie*. Seite 180.

Wörter, die tendenziell eher dem passiven Wortschatz⁹¹ zugerechnet werden, zählen zu diesem Erklärungsmuster. Dieser Sachverhalt drückt sich in der TDH durch die Zerfallsrate der Aktivierung aus. Wird ein Wort, das prinzipiell korrekt durch das Netzwerk repräsentiert wird, selten aktiviert, so kann es in Abhängigkeit von der Zerfallsrate der Verbindungen dazu kommen, daß nur noch Teile des Zielwortes aktivierbar sind. Durch die Aufgliederung des Netzes in verschiedene Sprachebenen ist ebenfalls die Möglichkeit zur Simulation der Aktivierungen von Teilinformationen gewährleistet:

Only some of the phonological nodes for producing a word may be suffering a transmission deficit due to infrequent or nonrecent use. Some subset of the remaining phonological nodes may in fact become activated, providing a basis for partial recall.⁹²

Eine Wortform ist in der NST erst dann vollständig aktiviert, wenn alle Knoten, die unterhalb des betreffenden lexikalischen Knotens liegen und mit diesem lexikalischen Knoten verbunden sind, aktiviert wurden:

Retrieving the complete phonology for *frisbee* requires activation of nodes at all levels of the phonological system, including phonological feature nodes.⁹³

Da keine direkte Verbindung zu einer Monitor-Komponente implementiert wurde, bleibt allerdings offen, wie registriert wird, ob das Zielwort tatsächlich vollständig aktiviert wurde. Damit bleibt außerdem beim Auftreten eines TOTS ein erneuter Aktivierungsversuch aus. Es wäre allerdings denkbar, die NST so in Levelts Sprachproduktionsmodell zu integrieren, daß der Monitor, wie Levelt es vorschlägt, über die *internal speech* und das *speech comprehension system* eine Rückmeldung über das Ergebnis, oder im Falle eines TOTS über Teilergebnisse des Aktivierungsversuches, bekommt und dann gegebenenfalls einen erneuten Aktivierungsversuch startet, oder eine andere Strategie wie z.B. den Gebrauch eines

⁹¹ Unter dem "passiven Wortschatz" werden hier Wortformen zusammengefaßt, die nach Angaben der Vp verstanden werden, jedoch selten oder nie produziert werden. Eine typische Aussage einer Vp wäre in diesem Zusammenhang z.B. "Doch doch, ich kenne das Wort, aber ich gebrauche es eigentlich nie."

⁹² Burke et al. Seite 546.

⁹³ Ebd. Seite 545.

Synonyms in Erwägung zieht.

Auch das Alter, das als die dritte potentielle Ursache für TOTS von Burke et al. vorgeschlagen wurde, wird über eine allgemeine Abnahme der Übertragungsleistung zwischen den Knoten des semantischen und des phonologischen Systems erklärt, indem angenommen wird, daß allgemein die Übertragungseffizienz im Alter abnimmt:

This Transmission Deficit Hypothesis predicts increased frequency of TOTS for older adults because an age-linked weakening of connections will reduce transmission of priming from lexical nodes to connected phonological nodes, thereby reducing the likelihood of phonological activation.⁹⁴

Neben diesen drei Faktoren, die sich gut durch die TDH simulieren lassen und so eine plausible Erklärung innerhalb dieses Ansatzes finden, wird auch für *interloper*, die, wie oben gezeigt wurde, von anderen Autoren für die Ursache von TOTS gehalten werden, eine mögliche Erklärung angeboten. Da TOTS auf eine Übertragungsschwäche der Verbindungen zwischen den Knoten des semantischen und des phonologischen Systems des Zielwortes zurückgeführt werden und da es keine hemmenden Verbindungen in der NST gibt, kommt den *interlopern*, die bei Burke et al. *persistent alternates* genannt werden, in deren Theorie keine kausale Rolle zu. Wie im Kapitel 3.1.2 bereits diskutiert wurde, konkurrieren zwei Hypothesen um das Phänomen der *interloper*, die *blocking hypothesis* und die *partial activation hypothesis*. Der Ansatz von Burke et al. präferiert klar die *partial activation hypothesis*: "Thus, persistent alternates are a consequence of transmission deficit rather than its cause."⁹⁵ Folgendes Beispiel soll diesen Sachverhalt illustrieren:

⁹⁴ Burke et al. Seite 546.

⁹⁵ Ebd. Seite 549.

In diesem Beispiel wird *charity* statt des Zielwortes *chastity* aktiviert, was durchaus realistisch ist, da sowohl Nächstenliebe als auch Keuschheit in die Kategorie der Tugenden fallen und die englischen Wortformen zudem sehr ähnlich sind. Zunächst werden durch *priming* über die propositionalen Knoten beide lexikalischen Knoten präaktiviert, und das Zielwort bekommt planmäßig mehr Aktivierungsenergie. Dann kommt es jedoch, aufgrund geringer Frequenz, geringer Rezenz, des Alters oder einer Kombination aus den verursachenden Faktoren zu einem Übertragungsdefizit von den Verbindungen des lexikalischen Knotens des Zielwortes *chastity* zu einem oder mehreren der entsprechenden phonologischen Knoten *chas*, *ti* oder *ty*. Nachdem der Aktivierungsversuch des Zielwortes fehlgeschlagen ist, kommt ein *interloper*, in diesem Falle also *charity*, zum Zuge, da dessen Schwellenwert durch rückfließende Aktivierung, die in der Grafik durch vier Pfeile dargestellt wird überschritten werden kann. Daß der *interloper* bei erneuten Aktivierungsversuchen des Zielwortes wiederholt ungewollt aktiviert wird, erklären Burke et al. so:

Why do persistent alternates come repeatedly and involuntarily to mind? The spread of priming to phonologically similar words is automatic and involuntary, and once an alternate is activated it becomes easier to activate in the future because recent use increases the linkage strength of connections and enables more efficient transmission.⁹⁶

Damit wird auch deutlich, warum diese Theorie eine Zerfallsrate der Verbindungen braucht. Ohne diese könnte das Zielwort nicht mehr aktiviert werden, weil der *interloper* sowohl durch den Frequenz- als auch den Rezenzfaktor nun erst recht leichter aktivierbar ist. Burke et al. formulieren dies folgendermaßen:

For the target to regain its most-primed status, satiation of the target lexical node must dissipate over time, and the increase in linkage strength due to recent activation of the alternate must decay over time.⁹⁷

Hier hört die Erklärung von Burke et al. auf, obwohl die Erklärung nicht ganz plausibel ist. Einerseits sorgt die Zerfallsrate zwar dafür, daß die Aktivierung der Knoten des *interlopers* nach einer gewissen Zeit wieder unter den Schwellenwert

⁹⁶ Burke et al. Seite 549.

⁹⁷ Ebd. Seite 549.

fällt, aber andererseits müßte dann wegen des Rezenzfaktors die Aktivierbarkeit des *interlopers* heraufgesetzt sein, so daß es nicht möglich sein dürfte, das ursprüngliche Zielwort beim nächsten Aktivierungsversuch über diesen Weg zu erreichen, da der Rezenzfaktor seine 'Spuren' gerade in Form von Verbindungsstärke hinterläßt. Es ist sehr bedauerlich, daß aus dem Aufsatz von Burke et al. die numerischen Werte der Beispielsimulation nicht zu entnehmen sind, da es mit Hilfe dieser Werte möglich gewesen wäre, jede Netzveränderung bei der Aktivierung eines *interlopers* nachzuvollziehen.

Als letzter Punkt wird das Problem der *pop-ups* behandelt. Sie stellen spontane Auflösungen von TOTS dar, wobei die Auflösung zu einem völlig unpassenden Moment auftreten kann. Noch Stunden oder Tage nach dem eigentlichen TOTS kann der Vp plötzlich das Zielwort einfallen. Burke et al. schreiben dazu:

The NST provides no mechanism for causing pop-ups directly: Because the weak connections that originally cause TOTS reflect factors such as low production frequency, non-recent use, and aging, there is no reason to expect pop-ups to reflect spontaneous recovery in these particular connections.⁹⁸

Die Netztopologie und die Funktionsweise der NST alleine können *pop-ups* nicht erklären. Deshalb nehmen Burke et al. an, daß das Zielwort, welches durch die Aktivierungsversuche relativ stark aktiviert ist, d.h., daß nicht mehr viel Aktivierungsenergie fehlt, um den Schwellenwert zu überschreiten, genau dann aktiviert wird, wenn ein phonologisch ähnliches Wort aktiviert werden soll:

However, pop-ups could arise from an inadvertent boost in priming to the phonological nodes suffering from transmission deficit. For example, if the critical phonological components occur accidentally during internal speech or everyday language comprehension, the full phonology of the TOT word may become available and enable the word to pop into mind.⁹⁹

Leider fehlen auch für diese Annahme konkrete Simulationsergebnisse, wenngleich der zugrundeliegende Gedanke plausibel klingt.

Damit wäre die NST und die darauf aufbauende TDH von Burke et al.

⁹⁸ Burke et al. Seite 550.

⁹⁹ Ebd. Seite 550.

wiedergegeben. Ein wichtiger Aspekt wurde von den Autoren jedoch vernachlässigt. Bei der Auflösung von TOTS wurde das Augenmerk auf *pop-ups* gerichtet, welche die spontane Variante der Auflösung darstellt. Was aber passiert, wenn der Vp Teilinformationen des Zielwortes vorgegeben werden? Wie in den folgenden Kapiteln, in welchen Auszüge aus den für diese Arbeit geführten Interviews diskutiert werden, gezeigt wird, kann die Vorgabe des Anfangsbuchstabens durch den Versuchsleiter sehr häufig zur unmittelbaren Auflösung des TOTS führen. Daß diese Variante der TOT-Auflösung wenig Beachtung fand, liegt sicherlich wiederum daran, daß in TOT-Untersuchungen nur selten Interviews als Methode angewendet werden, obwohl gerade in der computergestützten Methode, die von Burke et al. verwendet wurde, die Hinzunahme der Vorgabe von Teilinformationen durch Tastendruck, kein Problem darstellt. Gerade die Vorgabe von Teilinformation und die eventuell daraufhin stattfindende TOT-Auflösung lassen sich nämlich sehr gut im Rahmen der TDH erklären. Ein TOTS, der durch ein Übertragungsdefizit zustande kommt, kann solange nicht aufgelöst werden, bis der Schwellenwert aller beteiligten phonologischen Knoten des Zielwortes überschritten wird. Die Vorgabe der Anfangsbuchstaben könnte dabei genau der entscheidende Impuls sein, um den Schwellenwert für diesen Knoten zu überschreiten, woraufhin durch die Aktivierungsenergie, die dann wiederum von diesem Knoten auf die Folgeknoten wirkt, die gesamte Wortform aktiviert werden könnte.

Wenngleich die TDH nicht alle TOT-Varianten simulieren kann und leider keine konkreten Daten der Computersimulationen vorliegen, so wurde zumindest ein erster großer Schritt in eine neue Modellierungsweise von TOTS getan, so wie er bereits seit einigen Jahren z.B. für die Versprechertheorie getan wurde. Mit Hilfe der TDH lassen sich sogar gewisse Vorhersagen machen, ob für ein bestimmtes Wort ein TOTS auftreten wird oder nicht. Außerdem läßt sich das Modell gut in das Sprachproduktionsmodell von Levelt integrieren, wenngleich dies von Burke et al. leider nicht vorgenommen wurde. Besonders schwierig dürfte sich dabei die Implementation eines *monitors* erweisen, der u.a. darüber entscheiden müßte, ob ein weiterer Aktivierungsversuch gestartet oder eine andere Kommunikationsstrategie gewählt werden soll.

Damit ist das Kapitel über die Ursachen von TOTS abgeschlossen. Die Darstellung der vielen unterschiedlichen Ansätze und Ergebnisse wurde nicht zuletzt deshalb so

ausführlich gestaltet, weil es bislang nur vereinzelte Untersuchungen zu diesem Thema gab. Außerdem zeigt die Darstellung, was zu Beginn der vorliegenden Arbeit über TOTS vorgefunden wurde. Die folgenden Kapitel geben zum einen Auszüge und Interpretationen verschiedener Interviews wieder, die für die vorliegende Arbeit geführt wurden, und zum anderen wird ein neuer Ansatz zur Simulation von TOTS mit Hilfe Künstlicher Neuronaler Netze vorgeschlagen.

4.0 Eigene Untersuchungen zum TOT-Phänomen

In diesem Kapitel werden zum einen die Untersuchungen, die für die vorliegende Arbeit durchgeführt worden sind, vorgestellt und zum anderen eine sich aus diesen Untersuchungen ergebende Differenzierung verschiedener TOT-Phänomene vorgeschlagen. Bei den Untersuchungen handelt es sich primär um Interviews mit englischen und deutschen Studenten, wobei zusätzlich elf Interviews mit italienischen, französischen, spanischen und schwedischen Vps geführt worden sind, um einen Eindruck zu gewinnen, ob die verwendete Methode in diesen Sprachen zu ähnlichen Ergebnissen führt. Auch die im Vorfeld getesteten unterschiedlichen Methoden, TOTS zu provozieren und zu beobachten, werden diskutiert, um nochmals zu verdeutlichen, daß TOTS sehr unterschiedliche Ausprägungen haben können und daß auch die Differenzierungen von TOTS, die von Koriat & Lieblich vorgenommen worden sind (siehe Abbildung 10 Kapitel 2.3.5.1), nicht ausreichen, die Vielfältigkeit der TOT-Phänomene zu beschreiben. Es hat sich gezeigt, daß viele quantitative Untersuchungen nur einen Bruchteil der Komplexität des TOT-Phänomens einfangen können. In Kapitel 2 wurde bereits Kritik an diesen quantitativen Untersuchungen geübt. Diese Kritik bezog sich hauptsächlich darauf, daß viele Beobachtungen, die in Interviews gemacht werden können, bei der gleichzeitigen Befragung von hundert oder mehr Vps¹ nicht registrierbar sind. Ein weiteres Problem quantitativer Ansätze besteht darin, daß es kaum möglich ist, in einem Hörsaal mit hundert oder mehr Vps, die gleichzeitig befragt werden, abzutesten, welche Vorgabe von Teilinformationen durch den Experimentator einer bestimmten Vp bei der Auflösung des TOTS gut geholfen hat und welche nicht, weshalb bislang zu diesem Ansatz, TOTS zu untersuchen, auch kaum Daten aus früheren Studien vorliegen. Ferner gab es bei einigen Fragebögen, die von den Vps ausgefüllt werden sollten, häufig nur eine sehr begrenzte Auswahl an Möglichkeiten, die Hinweise auf die mentalen Prozesse, die die Vp durchlief, zu protokollieren. Wenngleich auch in Interviews die mentalen Prozesse der Vp nicht direkt abgebildet werden können, so zeigt sich deren Überlegenheit darin, daß zusätzliche Beobachtungen gemacht werden können. Es zeigt sich z.B., daß Vps

¹ Ausführliche Beschreibungen solcher Testverfahren finden sich z.B. bei Brown & McNeill (1966) oder auch bei Koriat & Lieblich (1974).

häufig nicht nur ein alternatives Wort in Erwägung ziehen, sondern mehrere. Wenn allerdings über einhundert weitere Vps darauf warten, daß die eine Vp, die sich gerade in einem TOTS befindet, einen *interloper*, sofern ein solcher auftritt, in einen Fragebogen einträgt, und wenn zudem die Lösung dargeboten wird, sobald die Vp den Fragebogen ausgefüllt hat, so darf aufgrund der gegebenen Störeinflüsse und des bestehenden Zeitdrucks bezweifelt werden, daß die Angaben des Fragebogens auch nur annähernd den Wortfindungsprozeß der Vp widerspiegeln. Aus diesen Gründen wurde für die vorliegende Arbeit eine qualitative Herangehensweise mit Interviews präferiert.

Im Vorfeld wurden unterschiedliche Methoden angewendet, um Erfahrungen und Daten für die anstehende Hauptuntersuchung zu sammeln. Dafür wurden z.B. Videoaufzeichnungen² von unmoderierten Diskussionsrunden angefertigt, die dazu dienen sollten, den natürlichen Umgang mit Wortfindungsproblemen zu untersuchen. Den Vps, denen der eigentliche Zweck der Aufnahmen vorher nicht mitgeteilt worden war, wurde ein Streitbares Thema vorgegeben, wie z.B.: "Welchen Einfluß hat das Problem der Überbevölkerung auf Ihren Wunsch nach Kindern?". Bei den lebhaften Diskussionen, die sich daraufhin ergaben und die für linguistische Untersuchungen von Versprechern, Redeanteilen der einzelnen Vps oder auch Diskursfragen sehr interessant sind, konnten zwar Ansätze von Wortfindungsproblemen in Form von längeren Sprechpausen, Interjektionen und Artikulationsverzögerungen, jedoch keinerlei TOTS registriert werden. Obwohl einige Bemerkungen wie z.B. "[...] gibt es noch eine matriachalisch organisierte Gesellschaftsform – kurze Pause – ich weiß jetzt nicht mehr wie die heißt – kurze Pause – ist auch egal, jedenfalls findet dort die Geburtenkontrolle [...]" darauf hinweisen, daß Wortfindungsprobleme aufgetreten sind, so wurden solche und ähnliche Wortfindungsprobleme nur als Anfangsstadium eines potentiellen TOTS interpretiert, bei dem sich die Vp offensichtlich dazu entschloß, den Redefluß nicht weiter zu unterbrechen, um das Zielwort zu finden. In diesem konkreten Fall wurde nicht einmal eine Ausweichstrategie wie die Verwendung einer Paraphrase angestrebt, sondern lediglich auf einer Metaebene eine Selbstkommentierung vorgenommen.

² An dieser Stelle möchte ich den Mitarbeitern des Seminars für Medizinsoziologie danken, die es mir ermöglicht haben, im Zentrum für Familientherapie, in dem es Räume gibt, die mit Mikrofonen und Videokameras ausgestattet sind, diese Aufzeichnungen anzufertigen.

Nachdem auf diesem Weg keine natürlich auftretenden TOTS beobachtet werden konnten, wurde dazu übergegangen, TOTS gezielt zu provozieren. Es wurden zunächst über sechzig Studenten und Dozenten der Universität Göttingen mit allgemeinen Wissensfragen konfrontiert, die teils aus den Fragebögen von Burke et al. stammten und teils selbst zusammengestellt wurden.

Bei diesen Untersuchungen hat sich u.a. herausgestellt, daß besonders Kategoriefragen dazu geeignet sind, TOTS zu provozieren. Dementsprechend wurden die Vps aufgefordert, möglichst viele Begriffe aus bestimmten Kategorien aufzuzählen. Dabei wurde schnell deutlich, daß es Begriffskategorien gibt, die für eine TOT-Untersuchung besser geeignet sind als andere. Dies kann mehrere Ursachen haben. Zum einen gibt es Kategorien, die klar abgrenzbar und zugleich relativ klein und damit überschaubar sind, wie etwa die neun Planeten unseres Sonnensystems, die fünfzehn Länder Südamerikas oder deren Hauptstädte. Dem stehen Kategorien gegenüber, die fließende Grenzen zu anderen Kategorien aufweisen und zudem sehr viele Begriffe umfassen, wie z.B. die Kategorie der Haushaltsgegenstände. Beispielsweise zählten manche Vps Gegenstände wie Schere oder Hammer zu dieser Kategorie, wohingegen andere Vps diese Gegenstände zu der Kategorie der Werkzeuge zählten.

Ferner führen Begriffe, die visuell gut repräsentiert sind, jedoch selten artikuliert werden, häufiger zu TOTS als Begriffe, die nur schwache, visuelle Assoziationen hervorrufen und selten verwendet werden, da erstere besser durch den Experimentator definiert bzw. beschrieben und damit von der Vp exakter aktiviert werden können. Eine visuelle Beschreibung des Planeten Merkur führte beispielsweise nur selten zu einem Zustand, in dem die Vp den visuellen oder semantischen Bereich des Wortes aktivieren konnte, ohne die phonologische Repräsentation aktivieren zu können, da es nur wenige semantische Eigenschaften gibt, die den Planeten so charakterisieren, daß die Vp, sofern sie sich nicht zufällig näher mit Planeten auseinandergesetzt hat, diesen identifizieren kann. Auch bei der Kategorie Edelsteine, die recht klare Grenzen aufweist und bei welcher vornehmlich sechs Begriffe (Diamant, Rubin, Smaragd, Saphir, Topas, Opal) von den meisten Vps aktiv gewußt und genannt wurden, konnten fast keine TOTS provoziert werden. Auch dies könnte daran liegen, daß Edelsteine, wie z.B. ein Smaragd, zwar eine reichhaltige Semantik aufweist, diese jedoch nur in wenigen Fällen den Vps bekannt ist. Das Weltwissen über Edelsteine bzw. deren

Unterscheidungskriterien beschränkte sich bei den Vps fast ausschließlich auf die Farbe der Steine. Anders verhält es sich bei Objekten, die der Vp klar 'vor dem inneren Auge stehen', d.h. visuell gut repräsentiert sind und vielfältige semantische Ausprägungen aufweisen, welche den Vps bekannt sind. Eine Unterscheidung zwischen Weltwissen und Semantik wird in dieser Arbeit nicht versucht.³ Ob man das Faktum, daß ein Diamant aus Kohlenstoff besteht, als semantische Eigenschaft des Diamanten oder als Wissensstruktur der Vp betrachtet, ist an dieser Stelle nicht relevant. Wichtig ist nur, daß Verbindungen von der konzeptuellen Ebene aus, unter welcher ebenso sensuelle Erinnerungen wie visuelle oder auch olfaktorische Eindrücke subsumiert werden können, zu den phonologischen Repräsentationen der Begriffe führen.

Es hat sich in allen Untersuchungen herausgestellt, daß besonders Begriffe aus biologischen Kategorien TOTS provozieren können. Auch unter den verschiedenen biologischen Kategorien gab es wiederum einige, die besonders zuverlässig TOTS provozierten. An erster Stelle steht die Kategorie der Affenarten. Jede Vp konnte mindestens einen Begriff aus der fragten Kategorie nennen und wußte auch sofort, daß es noch mehr Begriffe in dieser gibt, was sich durch einleitende Äußerungen wie: "Oh je, da gibt es eine ganze Reihe." zeigte. Allein durch die Aufforderung, alle Affenarten zu nennen, konnte bei über 70% der Vps ein TOTS provoziert werden. Insgesamt konnten in Vor- und Hauptuntersuchungen über 100 TOTS beobachtet werden. Hinzu kommen die oben erwähnten elf Interviews mit Vps aus anderen Sprachen. Da diese nicht originärer Untersuchungsgegenstand für die vorliegende Arbeit sind, sei an dieser Stelle lediglich erwähnt, daß die Auswertung dieser Interviews exakt die gleichen Muster der Aktivierungsreihenfolge und der TOTS-Anfälligkeit gezeigt hat wie bei den englischen und deutschen Interviews. Da die guten Erfolge in den Voruntersuchungen vermuten ließen, daß sich TOTS mit Hilfe von Kategoriefragen systematisch untersuchen lassen, wurde die Hauptuntersuchung, die im folgenden vorgestellt wird, ausschließlich mit solchen Kategoriefragen bestritten.

³ Für eine ausführliche Diskussion einer solchen Unterscheidung siehe z.B.: Habel, C. (1985). *Prinzipien der Referenzialität: Untersuchungen zur propositionalen Repräsentation von Wissen*. Kapitel 3.

4.1 Diskussion der für die vorliegende Arbeit geführten Interviews

Die Hauptuntersuchung für die vorliegende Arbeit umfaßt 30 Interviews, die mit Hilfe eines Kassettenrecorders aufgezeichnet und daraufhin transkribiert worden sind. Die Interviews dauerten jeweils zwischen zehn und fünfzehn Minuten. Dabei wurde die Hälfte der Interviews in Cambridge mit englischen Studenten und die andere Hälfte in Göttingen mit deutschen Studenten durchgeführt. Alle Vps waren zwischen 20 und 30 Jahre alt und wurden in ihrer jeweiligen Muttersprache befragt. Dementsprechend konnten keine altersbedingten Wortfindungsprobleme registriert werden.

In der Testankündigung wurde den Vps allgemein mitgeteilt, daß es sich um eine psycholinguistische Studie handelt, wobei nicht erwähnt wurde, daß speziell TOTS untersucht werden sollten, um die Aufmerksamkeit der Vps nicht auf den eigenen Wortfindungsprozeß zu lenken. Die Vps wurden aufgefordert, sich beliebig viel Zeit zu lassen und so viele Begriffe wie möglich zu nennen. Ferner wurden sie ausdrücklich gebeten, auch alle anderen Begriffe sowie Teilinformationen, die ihnen 'in den Sinn kamen', zu nennen. Die Befragungen wurden insofern standardisiert als die Aufgabenstellung, die Art der Befragung und die Reihenfolge der Fragen vor den Tests festgesetzt wurden. Die Form des Interviews wurde jedoch nach dem Stellen einer Frage dynamisch an die Situation angepasst.⁴

Mit Hilfe der folgenden fünf Fragen, die bei den deutschen Vps entsprechend auf deutsch gestellt wurden, konnten bei 28 der 30 Vps mindestens ein TOTS provoziert werden, was einer Erfolgsquote von 93% entspricht. Die Fragen lauteten:

- 1) What kind of monkeys do you know?
- 2) What kind of birds of prey do you know?
- 3) What kind of wild cats do you know?
- 4) What kind of conifers do you know?
- 5) Which birds can't fly?

⁴ Für eine ausführliche Diskussion verschiedener Interviewstile und Möglichkeiten der Standardisierung von Interviews siehe: Bortz, J. & Döring, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Seite 218 ff.

Die folgenden beiden Tabellen listen alle englischen und deutschen Begriffe alphabetisch auf, die als spontane Antworten auf die obigen fünf Fragen gegeben worden sind. Die Tabellen sind jeweils in zwei Bereiche unterteilt. Im oberen Bereich stehen die Begriffe, die als korrekte Antworten gewertet werden konnten, und im unteren Bereich stehen die Begriffe, die entweder assoziativer Natur waren oder durch fehlerhafte Einschätzung der Zugehörigkeit der Begriffe zu den Kategorien zustande kamen.⁵

⁵ Die Überprüfung der Begriffe wurde anhand von Burton, M. (1962). *Systematic Dictionary of Mammals of the world*. vorgenommen.

Question 1	Question 2	Question 3	Question 4	Question 5
Baboon	Buzzard	Bob Cat	Cedar	Casuary
Bonobos	Condor	Cheetah	Cypress	Emu
Cappucine	Eagle	Cougar	Fir	Nandu
Chimpanzee	Falcon	Jaguar	Larch	Ostrich
Gibbon	Harpy	Leopard	Pine	Penguin
Gorilla	Harrier	Lion	Spruce	
Green Monkey	Hawk	Lynx	Yew	
Howler Monkey	Kestrel	Mountain Lion		
Leaf-monkey	Kite	Ocelot		
Lemure	Osprey	Panther		
Lori	Owl	Puma		
Macaque	Red Kites	Tiger		
Magot	Sparrowhawk	Wild Cat		
Mandrils	Vulture			
Marmoset				
Orang-Utan				
Rhesus				
Simian				
Spider Monkey				
Tamarin				
Apes	Albatros	Cojote		Crane
Godzilla	Bat	Hyena		Dodo
Human Beings	Pelican	Jackal		Hen
King Kong				Turkey
We				

Abbildung 1: Liste aller Begriffe, die von den englischen Vps als Antwort auf die fünf Kategoriefragen genannt worden sind.

Frage 1	Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5
Bonobos	Adler	Gepard	Eibe	Emu
Gibbon	Bussard	Jaguar	Fichte	Kasuar
Gorilla	Eule	Leopard	Föhre	Nandu
Lemuren	Falke	Löwe	Kiefer	Pinguin
Lori	Gabelweihe	Luchs	Lärche	Strauß
Magot	Geier	Ozelot	Lebensbaum	
Makake	Habicht	Panther	Pinie	
Makis	Harpyie	Puma	Tanne	
Mandrill	Kauz	Schneeleopard	Zeder	
Meerkatze	Käuzchen	Tiger	Zypresse	
Orang-Utan	Kondor			
Pavian	Mäusebussard			
Pinselohrääffchen	Milan			
Rhesus	Seeadler			
Rhesus-Äffchen	Sekretär			
Schimpanse	Sperber			
Totenkopffäffchen	Turmfalke			
	Uhu			
	Wanderfalke			
	Weihe			
	Weißkopfseeadler			
Yeti	Albatros	Dingo	Palme	Dodo
Menschen	Fledermaus	Hyäne	Platane	Flamingo
Primaten	Kakadu	Panda		Gnu
	Kea	Warzenschwein		Huhn
	Kormoran			Lemming
	Krähe			Schnabeltier
	Kuckuck			Wachtel
	Marabus			
	Reiher			

Abbildung 2: Liste der von den deutschen Vps genannten Begriffe.

4.1.1 Allgemeine Beobachtungen bei den Interviews

Die folgenden Interviewauszüge zeigen, welche Beobachtungen bei den Interviews gemacht werden konnten, die bei gleichzeitiger Befragung mehrerer Personen oder auch bei einfacher Introspektion nicht registriert worden wären.

Die ersten Beispiele zeigen insbesondere den Einfluß der Vorgabe einzelner Teilm Informationen, der sich durch sofortige Auflösung des TOTS geäußert hat.

Beispiel 1: What kind of monkeys do you know?

Monkeys? - Spider Monkey - I don't know any other name - Howler Monkeys hm Oran-utan, Chimpanzee - hm - Oran-utan, Chimpanzee, Gorilla - I don't know if I even know any more [...] gibbon hm [...]

There is another one with the red buttoom

Yeah, I can think of it and it's exposed, but I can't think of the name

Where did you see it last time?

At the zoo in America

In America?

Yes

And on TV as well?

Hm yes

So you can visualize them?

Yes

What can you remember about them? Do they live in groups?

Yes, they lived in groups and they had a funny colored face. And I remembered the trees and stuff around them. They had toy paper in there to play with. They were throwing the toy paper all around. And that's what I remember.

So do you think you could remember the word if I helped you?

Yes

It starts with a b

Hm o.k. - Let's see - babo - no - yes?

Say it again

Baboon?

Right

Wie bei den meisten Vps konnte gleich diese erste Frage nach den Affenarten ein TOTS provozieren. Auffälligerweise sind es innerhalb der einzelnen Kategorien wiederum bestimmte Begriffe, die besonders häufig zu TOTS führen. Bei den Affenarten waren es die Begriffe 'baboon' (=Pavian) und 'gibbon' (=Gibbon). Wie in Kapitel 3 bereits angedeutet, liegt dies wahrscheinlich an der geringen Verwendungshäufigkeit dieser Begriffe, die durch Aussagen wie "I don't think, I ever used this word before." bestätigt wird. Daß jedoch noch andere Faktoren, die biologischer respektive neuronaler Natur sind, eine Rolle spielen können, wird in Kapitel 5 gezeigt.

Zunächst werden weitere Punkte erläutert, die bei diesem Interviewausschnitt deutlich wurden. Typisch ist, daß anfänglich einige Begriffe problemlos genannt werden können, bis es nach circa vier oder fünf Begriffen zu den ersten Verzögerungen und schließlich zu einem TOTS kommt. Dies entspricht einem fließenden Übergang vom aktiven in den passiven Wortschatz, wobei der Übergang je nach Idiolekt nach unterschiedlich vielen Begriffen eintritt. Außerdem hat sich für die meisten Vps ein typisches Muster in der Aktivierungsreihenfolge gezeigt. So begannen fast alle Vps die Aufzählung der Affenarten mit Schimpanse, Gorilla, Orang-Utan [...]. Insofern ist das erste Beispiel in diesem Punkt eher untypisch. Bei den Fragen nach Wildkatzen wurde i.d.R. der Tiger, bei den Greifvögeln der Adler, bei den Nadelbäumen die Tanne und bei den Vögeln, die nicht fliegen können, der Strauß als erster Begriff genannt. Dies gilt sowohl für die englische als auch für die deutsche Untersuchungsgruppe.

Die Reihenfolge, in welcher die Begriffe einer Kategorie von einer Vp genannt werden, könnte also zunächst als Funktion der idiolektischen Verwendungshäufigkeit des Begriffs betrachtet werden, d.h. Begriffe, die häufiger verwendet werden, können leichter aktiviert und dementsprechend früher genannt werden als Begriffe mit geringerer Verwendungsfrequenz.

Eine Analyse der idiolektischen Verwendungsfrequenz von Begriffen gestaltet sich jedoch aus mehreren Gründen schwierig. Erstens sind die Aussagen von Vps über deren idiolektische Verwendung der Begriffe einer Kategorie nur sehr unpräzise, da die Vps selbst nicht angeben können, wie häufig sie bestimmte Begriffe in der Vergangenheit verwendet haben. Auch vergleichende Angaben fallen meist sehr vage aus, wie folgende typische Äußerung, die während einer der

Voruntersuchungen aufgezeichnet wurde, exemplarisch zeigt: "Ich habe das Wort 'Tanne' bestimmt schon öfters gebraucht als das Wort 'Zypresse'. Ob ich jetzt aber schon öfters 'Zypresse' oder 'Pinie' benutzt habe, kann ich wirklich nicht sagen." Zweitens spielt neben der Frequenz auch die Verwendungsrezenz eine große Rolle. Wie sich diese beiden Faktoren gegenseitig beeinflussen, ist bislang jedoch durch keine Studie belegt. Dennoch scheint es plausibel, daß der Rezenzfaktor den Frequenzfaktor unter bestimmten Bedingungen überlagern kann. Wenn eine Vp z.B. mit Sicherheit sagen kann, daß sie den Begriff 'leopard' schon wesentlich häufiger benutzt hat als den Begriff 'ocelot', so wäre dennoch zu erwarten, daß sie als Antwort auf die Frage nach den Wildkatzen zuerst 'ocelot' nennt, wenn sie den Begriff 'leopard' seit Monaten nicht benutzt hat, jedoch zufällig eine Woche vorher die etymologische Herkunft des Wortes 'ocelot' nachgeschlagen hat und dabei das Wort vielleicht sogar mehrfach produziert hat.

Das Fazit dieser Überlegungen ist also einerseits, daß sowohl Frequenz als auch Rezenz sicherlich eine große Rolle bei der Aktivierbarkeit und auch bei der Aktivierungsreihenfolge der Begriffe spielen, daß sich jedoch andererseits nicht einfach entscheiden läßt, wie diese beiden Faktoren zusammenwirken und wie sie zu werten sind.

Drittens kommt neben den Einschätzungen der Vps, dem Frequenz- und dem Rezenzfaktor noch die Typikalität des Lexems als weiterer Faktor, der bei der Reihenfolge der Begriffsnennung eine Rolle spielen könnte, in Betracht. Unter Typikalität soll hier, in Anlehnung an die Prototypentheorie von Rosch⁶, die subjektive Einschätzung über den Zugehörigkeitsgrad eines Begriffs zu einer gegebenen Kategorie verstanden werden. Rosch untersuchte die Typikalität von Begriffen, indem sie ihren Vps Listen mit Begriffen vorlegte, wobei die Vps auf einer Skala von 1 bis 7 ihre subjektive Einschätzung des Zugehörigkeitsgrades angeben mußten. Vorgaben waren z.B. "A penguin is a bird." oder "A sparrow is a bird."⁷. Dabei hat sich gezeigt, daß die meisten Vps einen Spatz für einen typischeren Vogel hielten als einen Pinguin. In Anlehnung an diese Theorie und gestützt durch die vorliegenden Interviewergebnisse, kann davon ausgegangen werden, daß auch die Typikalität der Begriffe der gefragten Kategorien bei den

⁶ Rosch, E. (1975). *Cognitive representations of semantic categories*. In: Journal of Experimental Psychology.

⁷ Ebd. Seite 198.

Antworten der Vps eine Rolle gespielt haben. Hinweise auf den Einfluß von Typikalitätsurteilen stammen von Aussagen, die Unsicherheiten bezüglich der Zugehörigkeit von Begriffen an den Grenzen der Kategorien widerspiegeln. Solche Unsicherheiten zeigten sich z.B. in Nachfragen bei der Kategorie der Wildkatzen: "Does a coyote count?", bei den Nadelbäumen: "Da fällt mir höchstens noch die Palme ein, aber das ist ja kein Nadelbaum, oder?" bzw. "Platanen vielleicht?", bei der Kategorie der *flightless birds*: "Maybe Cranes?" und auch bei den Greifvögeln: "Are owls birds of prey?" bzw. "Milan – hm, ich bin nicht sicher, ob Eulen auch Greifvögel sind." Besonders bei der Kategorie der Vögel, die nicht fliegen können, stellte sich wiederholt die Frage, ob Hühner zu dieser Kategorie zählen oder nicht. Um diese unterschiedlichen Einschätzungen der Typikalität von Begriffen zu verdeutlichen, wurde exemplarisch eine Vp aufgefordert, die von ihr genannten Affenarten konzentrisch aufzuzeichnen, so daß folgendes Diagramm entstand:

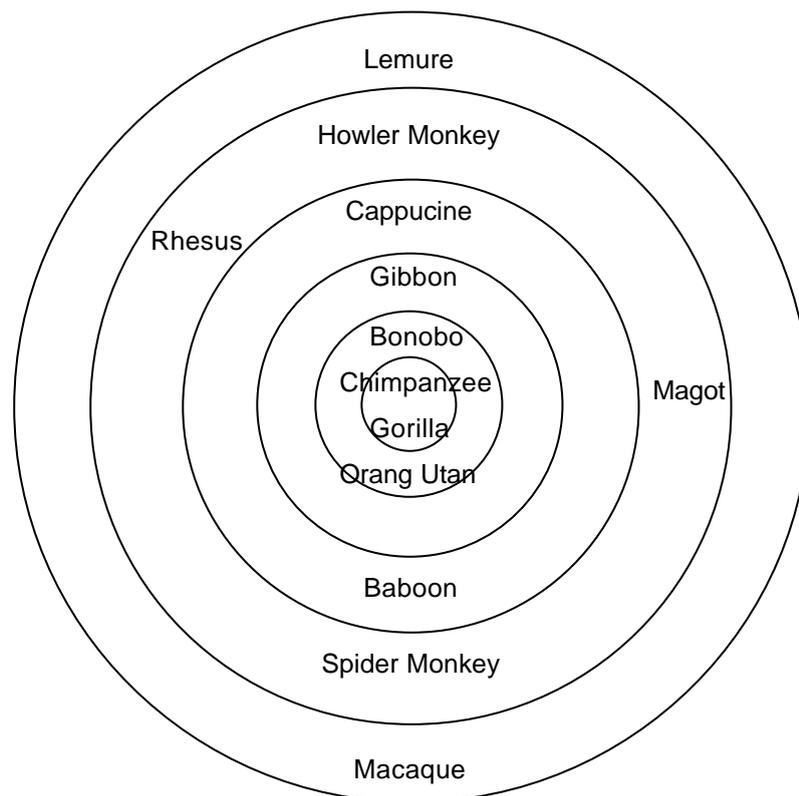


Abbildung 3: Typikalitätsurteil einer Vp für die Kategorie der Affenarten.

Das Diagramm zeigt u.a., daß die Vp Gorillas für typischere Affen als Rhesus-Affen und diese wiederum für typischere Affen als Lemuren hielt. Zudem wurden

Gorillas von allen Vps genannt, wohingegen nur wenige Vps Lemuren genannt haben. Typikalitätsurteile werden jedoch auf der konzeptuellen Ebene getroffen, d.h. noch vor der Aktivierung der phonologischen Sprachkomponente. Frequenz- und Rezenzeffekte hingegen können sowohl semantischer als auch phonologischer Natur sein, wobei es verschiedene Möglichkeiten gibt, wie stark sich der semantische oder phonologische Aspekt des Begriffs auswirken. So kann beispielsweise eine Vp einerseits die Wortform 'ostrich' beim Sprechen oder auch beim Lesen eines Romans schon sehr häufig benutzt haben, ohne dabei die konzeptuelle Ebene so zu aktivieren, wie es der Fall gewesen wäre, wenn die Vp das Tier in natura erlebt hätte. Im Extremfall kennt die Vp die Wortform, ohne überhaupt in der Lage zu sein, über ein entsprechendes lexemisches oder visuelles Pendant zu verfügen. Dies konnte bei zwei Vps unabhängig voneinander beobachtet werden. In beiden Fällen wurde über die Wortform 'Emu' bei der Kategorie der Vögel, die nicht fliegen können, eine phonologische Assoziation (kurzes Wort mit drei Buchstaben und gleichem Endlaut) zu dem Begriff 'Gnu' geschlagen, wobei beide Vps lediglich wußten, daß Gnus in die Kategorie der Tiere gehören, jedoch keinerlei weitere Angaben zu diesen Tieren machen konnten und dementsprechend keine Aktivierungen auf der konzeptuellen Ebene stattgefunden haben können. Andererseits ist es im umgekehrten Fall ebenso möglich, daß eine Vp schon häufig einen Gegenstand gesehen oder benutzt hat, ohne dabei die dazugehörige Wortform zu kennen und zu aktivieren.

Die genannten Aspekte der Reihenfolge der Aktivierung von Begriffen einer gegebenen Kategorie – Eigeneinschätzungen, Verwendungsfrequenz und –rezenz, Typikalität – zeigen die Schwierigkeit, die Art und Weise bzw. die Intensität der mentalen Repräsentation dieser Begriffe zu bestimmen. Hinzu kommt, daß bei jeder Vp unterschiedlich viele und starke assoziative Verknüpfungen, sowohl von den jeweiligen Lexemen zu anderen Lexemen als auch von den jeweiligen Wortformen zu anderen Wortformen, existieren können.

Es gibt also einerseits gewisse Ähnlichkeiten in der Aufzählungsreihenfolge der Begriffe einer Kategorie, andererseits aber auch Unterschiede. Um die Ähnlichkeiten nochmals zu verdeutlichen, wurden für die Kategorie Affenarten zwei Diagramme erstellt, die zeigen, wieviele Vps die einzelnen Begriffe genannt haben:

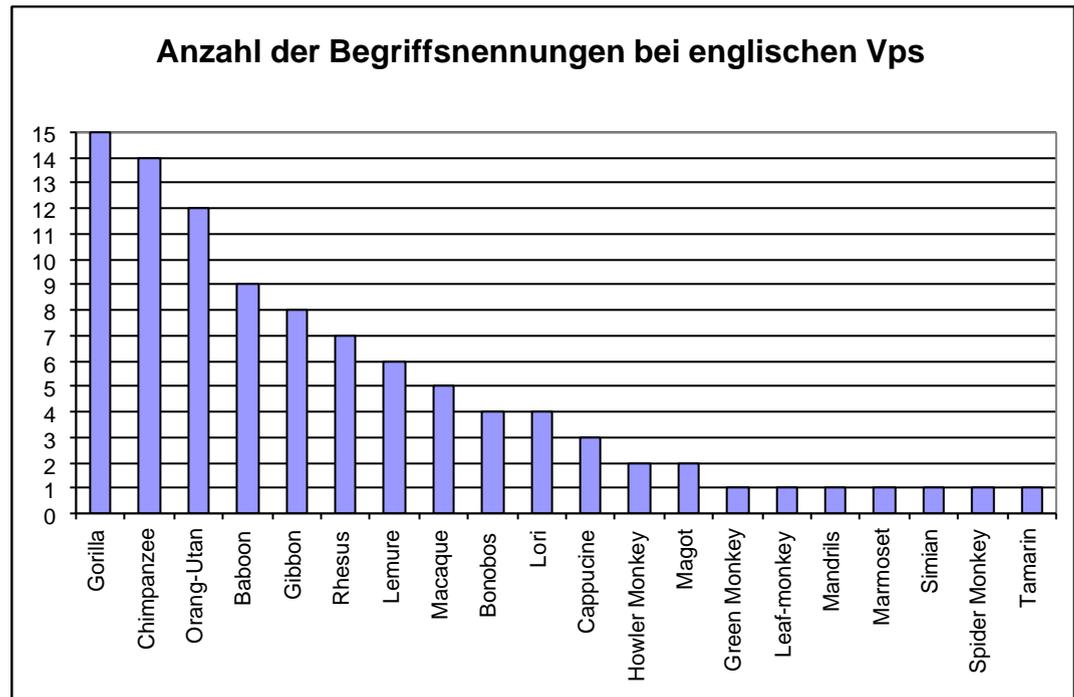


Abbildung 4: Das Diagramm zeigt, daß alle fünfzehn Vps den Begriff 'gorilla' ohne Hilfestellung nennen konnten. Der Begriff 'gibbon' wurde nur von acht Vps genannt und nur eine Vp nannte den 'spider monkey'.

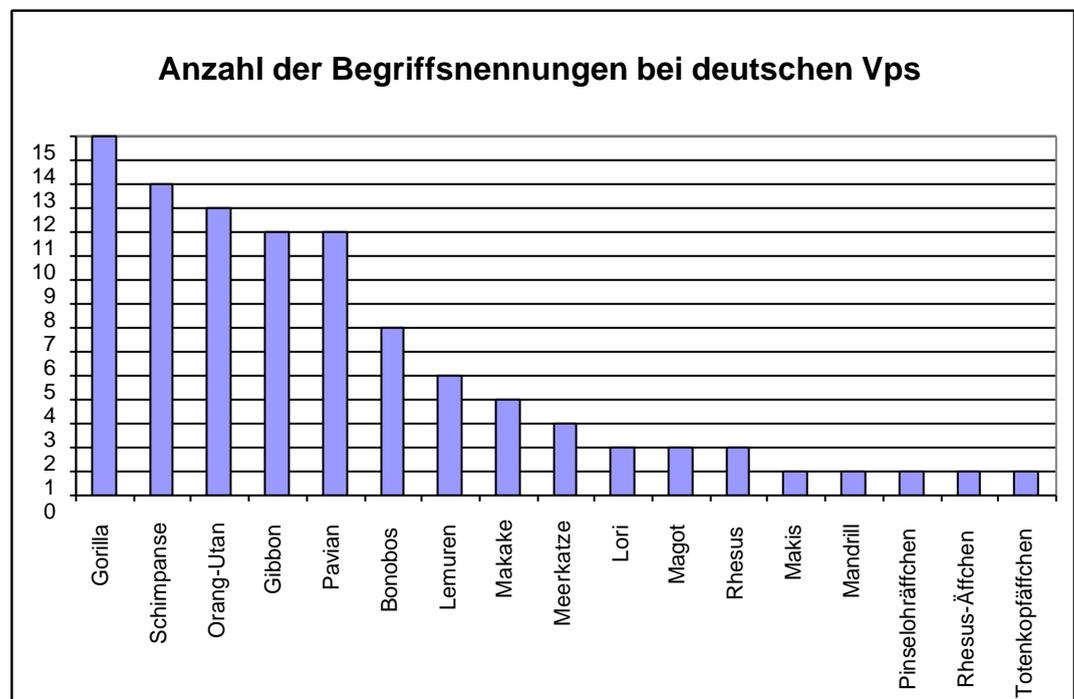


Abbildung 5: Bei den deutschen Vps zeigt sich eine sehr ähnliche Häufigkeitsverteilung bei der Benennung der Affenarten.

Daß trotz dieser Ähnlichkeiten in der Aufzählungsreihenfolge idiolektische Phänomene auftreten, wurde sehr deutlich, als eine Vp als erste Affenart sofort das 'Pinselohrääffchen' nannte und nach dem Test erklärte, daß ihre Tante ein solches Tier besäße. Nach Nennung des 'Pinselohrääffchens', welches nur von dieser Person genannt wurde, stellte sich wiederum das typische Muster in der Reihenfolge der Aktivierungen (Gorilla, Schimpanse, Orang-Utan, ...) ein. Auch bei zwei gesonderten Befragungen von Vps, einer Tierpflegerin und einer Zoologin, die beide ein berufsbedingtes Fachvokabular besaßen, hat sich das typische Muster in der Aktivierungsreihenfolge gezeigt, wobei der Übergang zum passiven Wortschatz erst nach über fünfzehn genannten Begriffen stattfand. In Beispiel 1 hingegen zeigt sich das typische Muster einer Wissensstruktur, die weder durch Fachwissen noch durch besondere Kenntnisse über eine bestimmte Affenart geprägt ist. Nachdem die Vp die Begriffe der gefragten Kategorie, die ihr aktiv zu Verfügung stehen, genannt hat und daraufhin bei dem Versuch, einen weiteren Begriff zu nennen in einen TOTS geraten ist, genügte es, den ersten Buchstaben zu nennen, um den TOTS aufzulösen. Wenngleich in diesem Fall eine gewisse Unsicherheit geblieben ist, was sich dadurch ausdrückt, daß die Vp zum Schluß nicht mit Bestimmtheit sagte "*Baboon!*", sondern vergewissernd fragte "*Baboon?*". Die Beobachtung, daß allein die Vorgabe des ersten Buchstabens des Zielwortes den TOTS häufig unmittelbar auflöst, konnte bei vielen Vps gemacht werden. Diese Beobachtung ließe sich gut durch das Modell von Burke et al. erklären, wenngleich das Modell nicht darauf ausgerichtet wurde, da die Autoren das Phänomen der TOT-Auflösung durch Vorgabe von Teilinformationen nicht untersucht haben und auch nicht explizit in die NST integriert haben. Im Modell von Burke et al. ließe sich die plötzliche Aktivierbarkeit des Zielwortes folgendermaßen erklären: Die über die Zeit schwächer gewordenen Verbindungen zwischen semantischen und phonologischen Knoten werden durch die externe Vorgabe des Anfangsbuchstabens durch *priming* verstärkt, wodurch die Schwellenwerte der benötigten Knoten überschritten werden können und somit das gesamte Zielwort schließlich eliziert werden kann. Eine detaillierte Ausformulierung bzw. ein Simulationsversuch des Zusammenspiels von externer Vorgabe von Teilinformationen und unterschwelliger Aktivierung des Zielwortes konnte nicht vorgenommen werden, da das Programm von Burke et al. nicht zur Verfügung stand.

Das Beispiel 1 zeigt eine weitere, für solche Kategoriefragen typische Erscheinung.

Bereits genannte Begriffe werden von der Vp wiederholt, während nach einem weiteren Begriff gesucht wird. Häufig wird auch die Aufgabenstellung respektive Teile der Aufgabenstellung wiederholt, wie z.B. "[...] monkeys – what kind of monkeys do I know? [...]". Bei solchen Rekapitulationen⁸ verändert sich in der Regel die Stimmlage sowie das Sprechtempo der Vp, so daß der Eindruck entsteht, daß die Vp die Begriffe quasi für sich selbst wiederholt. Dieses Phänomen könnte als eine Art 'Eigenpriming' bezeichnet werden, bei dem die Vp versucht, durch Aktivierung der gefundenen Begriffe assoziative Verbindungen zu selten benutzten Begriffen zu reaktivieren. Auf das Zusammenspiel der Aktivierung verschiedener Begriffe wird in Kapitel 5 im Zusammenhang mit einer neuronalen Interpretation von TOTS nochmals eingegangen.

In Beispiel 1 wird zudem das enge Zusammenspiel von semantischen Wissensstrukturen und sensuellen Erinnerungen verdeutlicht. Die Vp ist sogar in der Lage zu bestimmen, wann und wo sie das letzte Mal (in diesem Beispiel zwei Jahre vor der Befragung) Paviane gesehen hat. Solche Angaben zu den Erinnerungen an den gesuchten Begriff können sehr präzise ausfallen, wie auch folgender Interview-Ausschnitt exemplarisch zeigt, bei dem ebenfalls nach den Affenarten gefragt worden war.

Long reddish fur [...] it starts with an o

O? hm orang utan [...]

Where did you see an orang utan last time? At the zoo?

No, I remember it was in a film, in a Clint Eastwood film [...]

Das nächste Beispiel zeigt, daß eine unmittelbare Auflösung eines TOTS auch durch die Vorgabe des letzten Buchstabens möglich ist.

⁸ Bei diesen Rekapitulationen ergibt sich eine enorme Komplexitätssteigerung für Modelle des TOT-Phänomens, da zusätzlich das Zusammenspiel von LZG und KZG mit in Betracht gezogen werden muß, wenn die Vp rekapituliert, welche Begriffe sie bereits genannt hat und dabei auf das KZG zugreift. Dieser Punkt wurde in den bestehenden Theorien zu TOTS völlig vernachlässigt. Einen Ansatz für dieses Problem bietet das konnektionistische Modell, welches in Kapitel 5 diskutiert wird. Eine gute Übersicht über verschiedene Modelle des Arbeitsgedächtnisses findet sich bei: Kluwe, R.H. (1997). *Komponenten des Arbeitsgedächtnisses: Zum Stand kognitionswissenschaftlicher Forschung*.

Beispiel 2: Welche Vögel können nicht fliegen?

Pinguine

Richtig

Ja, weiß nicht. Gibt's noch viel mehr?

Ja, es gibt noch ein paar

Tja [...]

An was denkst Du gerade?

Ja also ich überlege gerade - mir fällt jetzt auf Anhieb gar kein Vogel ein, der nicht fliegen kann – hm und was ist mit Flamingos, fliegen die?

Die fliegen, ja. Denk an Afrika – an einen sehr großen Vogel

Ach ja, wie heißen die denn? [10 Sek] Bin ich denn jetzt blöde? - aus dem Tom Sharp-Roman

Ja, richtig – dort fressen sie Handgranaten

Genau - hm - Die laufen so schnell durch die Gegend, bis 80 Stundenkilometer. Bin ich jetzt blöd? Wie heißt das Vieh?

Sie haben einen sehr langen Hals und ein schwarzes Federkleid

Wie er aussieht, weiß ich genau. Mir fällt nur der Name nicht ein. Das ist der größte Vogel, den es überhaupt gibt, ne?

Richtig

Na! Komm' ich jetzt nicht drauf [Nach circa einer Minute]

Gut, der hinterste Buchstabe ist ein s, beziehungsweise ein sz

Ach Strauß! Ach, mein Gott, ja

Gut

Das war eine schwierige Geburt

Dieses Beispiel zeigt deutlich, daß auch die Vorgabe von hinteren Buchstaben zur unmittelbaren Auflösung eines TOTS führen kann. Allerdings wurde dies nicht systematisch, sondern nur vereinzelt getestet. Es kann auch nicht davon ausgegangen werden, daß die Vps die hinteren Buchstaben systematisch durchprobieren, um ihre TOTS aufzulösen. Auf die Frage, welche aktiven Auflösungsstrategien die Vps nutzen, wurden nur zwei Strategien genannt. Zum einen das auch von Burke et al. beschriebene Abwarten, wobei die Vps versuchen, bewußt nicht an das Zielwort zu denken, und dabei hoffen, daß ihnen das Zielwort

zu einem späteren Zeitpunkt spontan einfallen wird. Und zum anderen das systematische Durchprobieren der Anfangsbuchstaben. Das Testen von hinteren Buchstaben wurde nach Angaben der Vps von keiner Vp durchgeführt.

Mit Buchstaben im mittleren Bereich konnte nur ein TOTS aufgelöst werden. In diesem Fall führte die Vorgabe des doppelten l in 'gorilla' zur Auflösung. Die Tatsache, daß die mittleren Buchstaben nur eine geringe Rolle bei der TOT-Auflösung durch Vorgabe von Teilinformationen spielen, liegt wahrscheinlich an der Anzahl der kombinatorischen Möglichkeiten, mit der ein beliebiger Buchstabe in der Mitte eines Wortes auftreten kann. Insofern kann der von Brown & McNeill aufgezeigte Kurvenverlauf für den Bekanntheitsgrad von Teilinformationen (siehe Abbildung 6) durch die Vorgabe von Teilinformationen bestätigt werden. Das heißt, daß die Anfangsbuchstaben eine sehr gute Hilfestellung zur Auflösung von TOTS darstellen, die hinteren Buchstaben ebenfalls hilfreich sein können, jedoch in einem wesentlich geringeren Umfang, wohingegen die mittleren Buchstaben nur eine untergeordnete Rolle spielen. Diese Präferenzfolge hat sich sowohl in der englischen als auch in der deutschen Vp-Gruppe gezeigt.

Im Zusammenhang mit der Vorgabe von Teilinformationen konnte eine weitere interessante Beobachtung gemacht werden, als eine Vp bei dem Zielwort 'Orang-Utan' in einen TOTS geriet und diesen auflösen konnte, nachdem ihr der Hinweis gegeben wurde, daß das Zielwort aus zwei Wörtern besteht, die durch einen Bindestrich verbunden sind. Der Kommentar der Vp zu dieser Vorgabe lautete: "Als Du den Bindestrich erwähnt hast, war es mir plötzlich klar [...]." Das heißt, daß auch orthographische bzw. schriftbildliche Aspekte eine Rolle bei dem Zugriff auf das mentale Lexikon spielen können, wodurch sich wiederum die Komplexität des TOT-Phänomens bzw. allgemein des lexikalischen Zugriffs offenbart.⁹

Ein ähnlicher Fall, bei dem eine Informationsvorgabe unmittelbar zum Erfolg führte, obwohl die Information nur indirekt mit der phonologischen Repräsentation des Zielwortes zu tun hat, bezog sich auf die Frage "Which birds can't fly?". Nachdem die Vp bereits die prominentesten Vertreter dieser Kategorie genannt hatte, fehlte noch der Begriff 'emu'. Daß die Vp auf semantischer Ebene den richtigen Begriff selektiert hatte, wurde durch ihre Beschreibungen des Vogels und

⁹ Solche Beobachtungen lassen sich sehr häufig beim Lösen von Kreuzworträtseln machen. Dort findet ebenfalls ein komplexes Zusammenspiel von semantischen und orthographischen Informationen statt.

dessen Vorkommen in Australien gut gesichert. Ferner konnten die typischen Reaktionen, wie eine emotionale Regung in Form von Ärger über den Mißerfolg und Bekräftigungen eines FOK wie "I'm sure I know the word!", registriert werden. Nachdem nach ca. einer Minute der Vp der einzige nicht-semantische Hinweis gegeben wurde, nämlich daß das Zielwort aus nur drei Buchstaben besteht, wurde unmittelbar darauf der gesuchte Begriff 'emu' geäußert. Da dies jedoch die einzigen beiden Phänome dieser Art waren, wurde der Frage nach dem Einfluß des Schriftbildes und ähnlichen Charakteristika der Zielwörter keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt.

Im Gegensatz zu den genannten Vorgaben von Teilinformationen, die mehr oder minder große Hilfestellungen darstellten, blieb die Vorgabe der Silbenzahl völlig erfolglos. Das Problem der Silbenzahl wurde in den vorangegangenen Kapiteln bereits diskutiert. Dabei wurde deutlich, daß bislang noch völlig unklar ist, ob die Silbenzahl überhaupt Einfluß bei der Sprachproduktion ausübt und, wenn ja, welchen Charakters dieser Einfluß ist. Ginge man davon aus, daß die Silbenzahl eine relevante Größe in der Sprachproduktion darstellte, so könnte man die Tatsache, daß die Vorgabe der Silbenzahl den Vps nicht geholfen hat, TOTS aufzulösen, damit erklären, daß es sehr viele Wörter mit der gleichen Silbenzahl gibt, weshalb die Vorgabe der Silbenzahl die Menge aller potentiell korrekten Zielwörter nur geringfügig einschränken würde. Auffällig war außerdem, daß, obwohl die Vps explizit aufgefordert worden waren, alle Assoziationen und Teilinformationen auszusprechen, egal ob sie als korrekt oder inkorrekt, sicher oder vage empfunden wurden, keine einzige Vp von sich aus die Anzahl der Silben erwähnt hat. Die Methode des Interviews ist also offensichtlich nicht geeignet, um die Rolle der Silbenzahl allgemein in der Sprachproduktion und speziell in TOTS zu untersuchen.

Bei der Vorgabe von Teilinformationen wurde noch ein weiteres Phänomen beobachtet, welches bislang in der TOT-Literatur noch nicht behandelt wurde. Dieses Phänomen, welches man als 'unkontrollierte Elizitation' bezeichnen könnte, wird im folgenden Abschnitt vorgestellt.

4.1.2 Unkontrollierte Elizitationen als Ergebnis der Vorgabe von Teilinformationen im TOTS

Der Terminus 'unkontrollierte Elizitation' wurde in Analogie zu dem psycholinguistischen Testparadigma der kontrollierten Elizitation¹⁰ gewählt. Im Gegensatz zur kontrollierten Elizitation, bei welcher der Versuchsleiter idealiter den exakten Zeitpunkt einer gewünschten Äußerung einer Vp kennt respektive vorgibt, treten bei einer unkontrollierten Elizitation Variationen der Zieläußerung auf, die eine gewisse Systematik aufweisen. Eine unkontrollierte Elizitation liegt dann vor, wenn die Vp sich in einem TOTS befindet und durch die Vorgabe von Teilinformationen des Zielwortes bei der Vp ein anderer Begriff als der gesuchte eliziert wird. Typischerweise werden unkontrollierte Elizitationen sofort von den Vps als falsche Äußerungen gewertet. Die Systematik der falschen Äußerungen der Vp liegt darin, daß i.d.R. statt des Zielwortes ein Wort aus der übergeordneten Kategorie geäußert wird. Die folgenden Beispiele demonstrieren solche Äußerungen. Im folgenden Beispiel hatte die Vp bereits mehrere Greifvögel genannt und geriet bei dem Begriff 'Sperber' in einen TOTS. Durch die Vorgabe der ersten Buchstaben kam es zu einer unkontrollierten Elizitation.

Beispiel 3: Sag mir alle Greifvögel, die du kennst!

[...]

Das Wort beginnt mit s

Mit s? Hm – (5 Sek)

Dann kommt ein p

Specht? Ne, das kann kein Greifvogel sein

Dann ein e

Sperber?

Bei diesem Beispiel zeigt sich, daß die Kategorievorgabe der Aufgabenstellung keinen absoluten Filter im Sinne einer Datenbankabfrage darstellt, der als erstes Suchkriterium 'Vögel' und als zweites Suchkriterium 'Greifer' selektiert und damit die

¹⁰ Für eine Definition und Diskussion des Begriffs der 'kontrollierten Elizitation' siehe: Rickheit, G. & Strohner, H. (1993). Seite 110.

Wahl eines Begriffs einer anderen Kategorie völlig ausschließt, sondern wesentlich offener und flexibler funktioniert. Typischerweise werden in solchen Fällen Begriffe aus der übergeordneten oder aus benachbarten Kategorien elizitiert und nicht etwa Begriffe wie 'Speck', 'Spende' oder 'Spesen', welche aus völlig anderen Kategorien stammen. Dies deutet darauf hin, daß zumindest ein begrenzend wirkender Skopus auf die übergeordnete Kategorie gesetzt wurde.

Die Vp korrigiert sich bei solchen Äußerungen i.d.R. direkt nach der spontanen unkontrollierten Elizitation des falschen Begriffs. Anstatt des 'Sperbers' wurden nach dem gleichen Muster von zwei unterschiedlichen Vps 'Sperling' und 'Spatz' genannt. Es scheint, daß hier besonders ein Frequenzeffekt vorliegt, da alle Vps bestätigten, daß sie die Begriffe 'Specht', 'Spatz' und 'Sperling' zu ihrem aktiven, 'Sperber' jedoch zu ihrem passiven Wortschatz zählen würden. Ein analoges Phänomen findet sich für das Englische, wie das nächste Beispiel zeigt, bei dem wiederum nach Greifvögeln gefragt worden war.

Beispiel 4: What kind of birds of prey do you know?

[...]

The first letter is a b

No, no idea

The second letter is a u

Bustards, yes

No, not bustard

No, I was going to say, it's not a bird of prey hm

[...] z

A buzzard!

In diesem Fall wußte die Vp wiederum, daß der von ihr geäußerte Begriff nicht in die gefragte Kategorie gehört. Auch hier gehört der Begriff der unkontrollierten Elizitation 'bustard' (=Trappe) zur übergeordneten Kategorie der Vögel, aber nicht zur gefragten Kategorie der Greifvögel. Bei einigen Begriffen bedarf es offensichtlich sogar der Vorgabe von drei Buchstaben (b-u-z), bis das Zielwort korrekt aktiviert wird. Bei dem folgenden Beispiel läßt sich zudem gut nachvollziehen, wie einzelne Vorgaben zu verschiedenen Elizitationen führen können.

Beispiel 5: Sag mir alle Greifvögel, die du kennst!

Adler, Habicht, Bussard, Turmfalke, Wanderfalke - hm habe ich den Habicht schon? Ja, - Geier [...] zählt der dazu? Aber die Marabus nicht [...]

Einen kennst Du bestimmt noch, der ist so ähnlich wie ein Geier, lebt in Südamerika [...] er hat eine gigantische Spannweite

Der Albatros ist aber kein Greifvogel?

[...] Mit k

Mit k? Kakadu?

K - o

Kormoran?

K - o - n

Kondor? Ach ja stimmt [...]

In diesem Fall wurde durch die Vorgabe eines weiteren Buchstabens eine weitere unkontrollierte Elizitation provoziert, wobei alle Begriffe, die fälschlicherweise genannt wurden, aus der übergeordneten Kategorie der Vögel stammen. Solche unkontrollierten Elizitation können jedoch nicht nur durch phonologische Vorgaben provoziert werden, sondern auch durch semantische Hinweise, wie das folgende Beispiel, das aus den Voruntersuchungen stammt, zeigt. In diesem Fall lautete die Frage, welche Vögel rückwärts fliegen können, woraufhin sich folgender Dialog entwickelte:

Which birds can fly backward?

Which birds can fly backward?

Yes. Not really long distances, but a little bit

I've no idea

They are very small

Sparrows? No [...]

Auch die Bestätigung, daß der semantische Hinweis 'very small' zu der unkontrollierten Elizitation 'sparrow' (=Spatz) geführt hat, kam von der Vp: "[...] when I think of tiny birds, I think of sparrows [...]". Allerdings sind nicht alle Beispiele so klar. Der nächste Interviewausschnitt verdeutlicht, daß Vps u.U.

mehrere alternative Wortformen in Betracht ziehen und wieder verwerfen. Dies kann als Beleg dafür gewertet werden, daß das Konzept des *interlopers*, so wie es bislang behandelt wurde, der Komplexität des Wortfindungsprozesses nicht gerecht wird, da dieses Konzept immer nur von dem Auftreten eines einzelnen *interlopers* ausging. Das folgende Beispiel belegt, daß eine Vp statt nur eines *interlopers* mehrere Alternativen durchprobieren kann.

Beispiel 6: What kind of wild cats do you know?

[...]

I know more of these - lions, tigers, leopards, jaguar, puma, panther, jackal - oh no, maybe that's a dog hm, lynx, hye - eh, is that a dog? Hyena?

[...]

Puma

There are some more on my list. The one that runs very fast

Leopard?

No, it's a bit like the leopard. It's very fast – it's slim – it lives in Africa

First letter?

A c

Cheetah! [...]

Another one which starts with an o

Onyx?

No. [...] Do you know what an onyx is?

Well, it's a stone, isn't it? I was confusing it with the lynx

[...] The next letter is a c

o c osl, it's like oscelator, oscelyx, os - os - osl - ocelo - ocelot

Ocelot, yes

Ocelot!

In diesem Fall sollte durch die Vorgabe des ersten Buchstabens 'o' der Begriff 'ocelot' elizitiert werden. Im Gegensatz zu den vorherigen Beispielen, in denen die Vorgabe zu falschen Elizitationen führte, die klar zugeordnet werden konnten, spiegeln die verschiedenen Wortaktivierungsversuche dieser Vp die Komplexität des Zugriffs auf ein selten benutztes Wort wider. So kann es offensichtlich nicht nur zur Aktivierung einer bekannten Wortform, sondern sogar zur Produktion von

Neologismen, wie die Äußerung 'oscelyx' belegt, kommen. Bei diesem Beispiel wird noch ein weiteres Problem deutlich. Offensichtlich versuchte die Vp, verschiedene Wortformen zu aktivieren, wobei sie selbst falsch klingende Wortformen gleich nach deren Aktivierung wieder verwarf. Solche Aktivierungsversuche, die zu Neologismen führen, können kombiniert mit einer Art *interloper* auftreten, wobei die Vp mehrfach falsche Äußerungen macht. Auch das nächste Beispiel zeigt solche Aktivierungsversuche, wobei in diesem Fall das Zielwort von der Vp nicht aktiviert werden konnte.

Beispiel 7: Sag mir alle Affenarten, die Du kennst!

[...]

Dann gibt es welche, die ihre Aggressivität über den Geschlechtstrieb ausleben [...]

Ja, das war mal im Geo [...] Bonokoken

Wie?

Bono - Gonokokken

Nochmal

Bonokoken, oder so was

Bono ist ziemlich gut

Bonokocken, ne

Wie kommst du denn auf 'kocken'?

Weiß ich nicht, das ist doch eher so etwas von Bakterien

Gonokokken

Gonokokk?

Gonokokken sind die Bakterien [...]

Weiß nicht - bono [...]

Nach Levelts Sprachproduktionsmodell wäre das Verwerfen falscher Wortformen Aufgabe des Monitors. Soweit unkontrollierte Elizitationen betroffen sind, die eine korrekte Wortform ergeben, jedoch nicht die gesuchte, kann dies im Modell von Levelt gut interpretiert werden. Die Prüfung der Semantik der unkontrollierten Elizitation ergibt, daß es sich um die falsche Wortform handelt, und es wird ein neuer Aktivierungsversuch gestartet. Solche Eigenkorrekturen, die insbesondere durch die Versprechertheorie und die Aphasieforschung gut belegt sind, kamen auch häufig bei der Beantwortung der Kategoriefragen vor. Dabei ist der Übergang

von unkontrollierten Elizitationen zu Versprechern fließend, wie auch die folgenden Beispiele zeigen:

Beispiel 8: Welche Vögel können nicht fliegen?

Kiwi, Pinguin, Strauß, Emu und?

Es gibt noch einen, der dem Emu sehr ähnlich ist. Er ist ganz grau und etwas kleiner als der Emu

Ja – hm – kenne ich, kann ich jetzt aber nicht sagen

Soll ich Ihnen den ersten Buchstaben geben?

Ja, vielleicht komme ich dann drauf

N

Ja – es ist nicht Nandi, aber irgendwie so etwas war es – hm – Nandu, ja Nandu

Und wie kamen Sie auf Nandi?

Das ist indisch und heißt Stier. Ich interessiere mich [...]

Da unkontrollierte Elizitationen typischerweise semantisch bedingt sind und durch die Fragestellung und die Vorgabe von Teilinformationen provoziert werden, muß dieses Beispiel eher als Versprecher angesehen werden, da 'Nandu' und 'Nandi' im Gegensatz zu 'Sperber' und 'Sperling' nur phonologische Ähnlichkeiten aufweisen, jedoch nicht der gleichen Kategorie angehören. Interessant an diesem Beispiel ist, daß die Vp zunächst eine falsche Wortform eliziert hat, diese dann als falsch klassifiziert hat und dann erst den Satz 'Ja - es ist nicht Nandi [...]' produziert hat. Das bedeutet, daß der Kontrollmechanismus bereits vor der Satzproduktion gegriffen hat. Dies kann wiederum als guter Beleg für die von Levelt angenommene innere Schleife, die *inner speech*, angesehen werden.

Auch das nächste Beispiel einer anderen Vp zeigt eine solche Eigenkorrektur. Die Frage zielte wiederum auf Vögel ab, die nicht fliegen können. Als Antwort kam: "Vögel die nicht fliegen können? Na zum Beispiel der Flamenco [Vp fängt an zu lachen] – nein, warte mal – der Flamingo meine ich." Hier weisen die beiden Wortformen wiederum nur phonologische Ähnlichkeit auf. Und abgesehen davon, daß Flamingos sehr wohl fliegen können, hat sofort ein Korrekturmechanismus gegriffen. In bestimmten Fällen scheint die Selbstkorrektur in mehreren Schritten abzulaufen, wie der folgende Versuch, die Wortform 'Gibbon' zu aktivieren, zeigt.

Beispiel 9: Sag mir alle Affenarten, die Du kennst!

[...]

Ja, mir fällt noch einer ein – der, der dem Menschen angeblich am ähnlichsten sein soll – aber ich hab' den Namen vergessen [...]

Der erste Buchstabe ist ein g

G? Hm – weiß ich nicht

Der zweite Buchstabe ist ein i

Ach ja – moment – hm – Gibbshen – oder nein – hm Gibbson! – nein warte

[8 sec Pause]

Gibbons!

Bei diesem Beispiel wird deutlich, daß der Korrekturmechanismus nicht einfach nur für eine erneute Selektion eines anderen lexikalischen Eintrages sorgt. Vielmehr entsteht der Eindruck, als ob ein zirkulierender Prozeß vorliegt, der solange läuft, bis entweder die Vp den Versuch, das richtige Zielwort zu elizitieren, aufgibt oder dieses tatsächlich aktiviert werden konnte. Die Frage, die sich jedoch stellt, ist, wie der Monitor diese Aufgabe bewältigen könnte, wenn die versehentlich aktivierte Wortform keiner existierenden Wortform entspricht. Ginge man von einer Art Mustervergleich zwischen der Wortform des Zielwortes und der falschen Elizitation aus, so müßte der Monitor die korrekte Wortform kennen. Dies scheint aus zwei Gründen unplausibel. Erstens hieße dies, daß die gesuchte Wortform zweimal repräsentiert bzw. abgespeichert sein müßte - einmal im mentalen Lexikon und ein zweites Mal im Monitor. Zweitens spricht, abgesehen von der sich ergebenden enormen Redundanz von Informationen, die sehr unökonomisch wäre, gegen eine solche Annahme, daß die Vp direkt auf die im Monitor gespeicherte Repräsentation des Zielwortes zugreifen könnte. In diesem Fall fragt sich, warum die Vp nicht gleich auf diese Repräsentation zugreift. Geht man also davon aus, daß jede Wortform nur einmal abgespeichert ist und zwar im mentalen Lexikon und nicht im Monitor, so muß die Idee des Monitors neu überdacht werden. Vorstellbar wären folgende zwei Ansätze. Eine Möglichkeit wäre, daß das *speech comprehension system*, welches die elizitierte Wortform entweder via *internal speech* oder über die tatsächlich geäußerte *overt speech* registriert, versucht, dieser Wortform über das *speech comprehension system* ein Lemma im mentalen Lexikon zuzuordnen, und

bei Mißlingen dieses Versuches ein Fehlersignal an den Monitor sendet. Dieser müßte daraufhin entscheiden, ob ein erneuter Aktivierungsversuch unternommen werden soll oder nicht. So läge die Aufgabe der Wortformkontrolle nicht alleine beim Monitor, sondern zumindest teilweise auch beim *speech comprehension system*. Ferner müßte der Monitor nicht über eine eigene Repräsentation der Wortform verfügen. Die andere Möglichkeit bestünde darin, den Monitor nicht als festen Bestandteil des *conceptualizers* zu betrachten, sondern als eine dynamische Komponente, welche zu jedem Zeitpunkt Zugriff auf sämtliche Sprachproduktionsprozesse hat. Eine endgültige Klärung dieses Problems kann jedoch bei der momentanen Forschungslage nicht herbeigeführt werden.

In den vorangegangenen Beispielen wurde deutlich, wie die Vorgabe von Teilinformationen zu unkontrollierten Elizitationen führen kann. Bei diesen Beispielen könnte der Eindruck entstehen, daß unkontrollierte Elizitationen durch den Experimentator induziert worden sind. Bei der vorliegenden Form von Interviews treten jedoch auch typische *interloper* auf, die nicht durch den Experimentator hervorgerufen worden sind. Im Gegensatz zu den qualitativen Studien, die bislang durchgeführt worden sind, belegen die vorgestellten Beispiele nicht nur, daß *interloper* auftreten können, sondern darüberhinaus, daß die Konzeption des *interloper*s, so wie sie bislang in der TOT-Literatur diskutiert wurde, der Komplexität und Vielgestaltigkeit der auftretenden Phänomene nicht gerecht wird. Jones schreibt beispielsweise:

When a person reports that a word is on the tip of his or her tongue, that person often recalls instead another word that is similar in sound to the target word.¹¹

Diese Aussage von Jones ist sicherlich nicht falsch, beschreibt jedoch nur einen Teil der Phänomene, die im Zusammenhang mit *interloper* beobachtbar sind, da *interloper* offensichtlich sehr unterschiedlicher Natur sein können. Erstens sind *interloper* unterschiedlich persistent, d.h., daß einerseits ihre Auftretenshäufigkeit variiert und andererseits auch die Menge der Aufmerksamkeit, die sie auf sich ziehen unterschiedlich groß sein kann. So treten manche *interloper* nur ein oder zweimal auf, woraufhin die Aktivierung des Zielwortes möglich wird, wohingegen

¹¹ Jones, G.V. Seite 69.

andere *interloper* wesentlich häufiger auftreten.

Soweit zu den Ergebnissen der Interviews. Das folgende Kapitel stellt die Vor- und Nachteile des gewählten Ansatzes zur Untersuchung von TOTS gegenüber.

4.1.3 Methodologische Bewertung des qualitativen Ansatzes

Die Vorteile, die sich durch einen qualitativen Ansatz, TOTS zu untersuchen, ergeben, zeigen sich in mehreren Punkten.

Erstens konnten mit nur sehr wenigen Fragen sehr viele TOTS provoziert werden.

Genau dies hat Brown bezweifelt, als er schrieb:

Because TOTS occur sporadically, a primary challenge in TOT research is evoking them. No technique has been developed to elicit a TOT with a high degree of certainty.¹²

Die Behauptung, daß es keine zuverlässige Methode gäbe, TOTS zu provozieren, kann somit zumindest für bestimmte Kategoriefragen zurückgewiesen werden, da bei 93% der befragten Vps innerhalb eines Interviews von zehn bis fünfzehn Minuten mit minimalem Testaufwand mindestens ein TOTS provoziert und entsprechend beobachtet werden konnte.

Zweitens können die Tests leicht in ähnlicher Form reproduziert werden. Mit geeigneten Kategoriefragen und einem Protokollbogen, wie er oben vorgeschlagen wurde, können ohne größeren Aufwand vergleichbare Ergebnisse erzielt werden. Die gute Reproduzierbarkeit der Tests bezieht sich jedoch lediglich auf unterschiedliche Vps. Bei erneuter Befragung von sieben Vps, die ca. zwei Wochen vorher an der Hauptuntersuchung teilgenommen hatten, haben sich sehr inhomogene Ergebnisse gezeigt. Bei vier Vps war ein deutlicher Lerneffekt zu erkennen. Begriffe, die während der ersten Untersuchung nicht oder nur mit Hilfestellung elizitiert werden konnten, waren bei der zweiten Befragung problemlos aktivierbar. Insbesondere Begriffe die zu TOTS geführt hatten, wurden sofort genannt, wobei der Lerneffekt auch durch Kommentare wie "Pavian! - den werde ich so schnell nicht mehr vergessen [...]" betont wurde. Dieser Lerneffekt, der sowohl als Frequenzeffekt als auch als Rezenzeffekt betrachtet werden kann, da

¹² Brown, A. (1991). Seite 205.

die Vp eben erst zwei Wochen vorher die Wortform elizitiert hatte, zeigt, daß die Befragung gewisse Gedächtnisspuren im mentalen Lexikon der Vps hinterlassen kann. Allerdings konnte dieser Lerneffekt bei den anderen drei Vps nicht beobachtet werden. Ganz im Gegenteil kam es sogar zu ganz ähnlichen Aktivierungsmustern wie bei den ersten Befragungen, wie folgende Äußerung einer Vp zeigt: "Das gibt es doch gar nicht – jetzt fällt mir dieses blöde Vieh wieder nicht ein." Unabhängig von dem unterschiedlich starken Lerneffekt, der sich durch die Untersuchung ergeben hat, kann festgehalten werden, daß sich die Testanordnung leicht wiederholen und kontrollieren läßt.

Drittens kann diese Form von Interviews leicht auf andere Gruppen übertragen werden, um dann verschiedene Gruppen gegenüberstellen zu können. Solche Gruppen könnten aus Aphasikern, Amnestikern, Fachleuten etc. bestehen. Ferner könnte in weiteren Untersuchungen ermittelt werden, ob die Auftretenshäufigkeit von TOTS abhängig von Geschlecht, Bildungsgrad, Ermüdung, Alkoholeinfluß oder anderen Faktoren ist.

Viertens konnten die TOTS unmittelbar beobachtet werden. Der Vorteil dieser Form der unmittelbaren Beobachtung liegt darin, daß mehr Informationen über den Verlauf der Aktivierungsversuche registriert werden können. So wurde z.B. deutlich, daß unterschiedliche *interloper* mit variierender Persistenz auftreten können und daß die Vorgabe von Teilinformationen zu unkontrollierten Elizitation führen kann.

Fünftens ergibt sich aus den Beobachtungen, die während der Interviews gemacht werden konnten, u.a. die Möglichkeit, TOTS nach verschiedenen Kriterien zu differenzieren. Die einzige Einteilung von TOTS, die bislang vorgenommen wurde, stammt von Koriat & Lieblisch (siehe Abbildung 10). Sie umfaßt jedoch nur folgende Punkte:

TOTS	Ja	Nein
Got It	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intended	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Supplies Own Target	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Supplied Target is E's Target	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 6: Tabellarische Differenzierung von TOTS. Nach Koriat, A & Lieblich, I. *What does a person in a "TOT" state know that a person in a "don't know" state doesn't know?* Seite 648.

Die Analyse der vorliegenden Interviews hat jedoch gezeigt, daß eine weitere Klassifizierung von TOTS notwendig und möglich ist. Mit Hilfe des folgenden Rasters lassen sich TOTS vergleichen.

TOTS	Ja	Nein
Interloper	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehrfaches Auftreten von Interlopers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interloper mit semantischer Ähnlichkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interloper mit phonologischer Ähnlichkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unkontrollierte Elizitationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Versprecher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Neologismen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zielwort war bekannt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zielwort konnte gut visualisiert werden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Von alleine aufgelöst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auflösung durch Vorgabe von Teilinformationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Emotionale Beteiligung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 7: Vorschlag für einen TOT-Protokollbogen für TOT-Untersuchungen.

Einige dieser Unterscheidungskriterien müssen gegebenenfalls weiter differenziert werden, wie z.B. die verschiedenen Teilinformationen, die durch den

Experimentator vorgegeben wurden, oder die Dauer vom Auftreten des TOTS bis zu dessen Auflösung. Mit Hilfe eines solchen Protokollbogens lassen sich TOTS wesentlich klarer differenzieren, als dies bislang der Fall war. Insbesondere können unterschiedliche Vp-Gruppen (jung/alt; weiblich/männlich; gesund/krank; etc.) gut gegenübergestellt werden. Auf diese Weise ließe sich der hier vorgeschlagene qualitative Ansatz, TOTS zu untersuchen, mit den üblicherweise quantitativ ausgerichteten Ansätzen kombinieren, indem die Methode des Interviews beibehalten wird, gleichzeitig jedoch durch die systematische Protokollierung der Interviewergebnisse eine statistische Auswertung der Ergebnisse möglich wird.

Es gibt jedoch auch einige Nachteile dieses Ansatzes.

Erstens lassen sich nicht für alle Wissensdomänen und Wortarten geeignete Kategorien finden, weshalb die hier gewählte Methode nur bedingt einsetzbar ist.

Zweitens weisen die Interviews teils erhebliche Variationen auf, d.h., daß es mitunter starke Unterschiede von Vp zu Vp gibt, wodurch keine exakte Vergleichbarkeit gegeben ist, wie bei allgemeinen Wissensfragen, die nur auf einen ganz bestimmten Begriff abzielen.

Nach dieser methodologischen Bewertung der vorgestellten Interviewserie, werden abschließend die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen zusammengefaßt.

4.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Interviews

Die Ergebnisse aus den Interviews sind vielfältiger Natur. Das auffälligste Ergebnis besteht in der Beobachtung, daß es keine einheitliche Form von TOTS gibt, sondern eine ganze Reihe unterschiedlicher TOT-Phänomene, die sich in ihrem Verlauf und der Art und Weise, wie sie letztendlich aufgelöst werden, stark unterscheiden können.

Der deutlichste Unterschied zwischen diversen TOTS besteht im Auftreten oder Fehlen von *interlopern*. Da *interloper* nicht immer auftreten, müssen zumindest jene TOT-Theorien, die alleine den *interlopern* die Ursache von TOTS zuschreiben, kritisch überprüft werden (siehe Kapitel 5). Außerdem wurde zum einen bislang nicht berücksichtigt, daß *interloper* nicht immer mit der gleichen Persistenz auftreten, und zum anderen, daß während eines TOTS durchaus mehrere *interloper* nacheinander oder auch wechselweise auftreten können.

In Bezug auf die Vorgabe unterschiedlicher Teilinformationen konnten ebenfalls mehrere Beobachtungen gemacht werden. Erstens konnte durch die Interviews bestätigt werden, daß die Vorgabe von Anfangsbuchstaben die beste Hilfestellung zur Auflösung von TOTS darstellt. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, daß auch hintere und in einzelnen Fällen sogar die Vorgabe von mittleren Buchstaben zur unmittelbaren Auflösung von TOTS führen kann. Außerdem wurde erstmals die unmittelbare Auflösung von TOTS durch die Vorgabe von orthographischen Informationen wie Bindestrichen protokolliert. Im Gegensatz dazu konnte in keinem einzigen Fall belegt werden, daß die Vorgabe der Silbenzahl des Zielwortes irgendeinen Effekt auf den weiteren Verlauf des TOTS hatte.

Durch die Vorgabe von Teilinformationen konnte zudem ein bislang nicht beschriebenes Phänomen entdeckt werden, welches in der vorliegenden Arbeit als unkontrollierte Elizitation bezeichnet wurde. Eine unkontrollierte Elizitation liegt dann vor, wenn die Vp bereits in einem TOTS ist und durch Vorgabe einer Teilinformation spontan ein vom Zielwort abweichendes Wort äußert, wie beispielsweise 'Sperling' statt 'Sperber'. Die systematische Untersuchung dieses Phänomens könnte weiteren Aufschluß über die Organisation des mentalen Lexikons geben.

Durch die Aufforderung, alle Begriffe einer gegebenen Kategorie zu nennen, konnten weitere Phänomene beobachtet werden, die nicht nur für die TOT-Forschung interessant sind. Die Antworten auf die gestellten Kategoriefragen zeigen einerseits, daß die Begriffe in einer idiolektspezifischen Reihenfolge genannt werden, und andererseits, daß es große Übereinstimmungen zwischen diesen Nennungen verschiedener Vps gibt. Diese Übereinstimmungen in der Reihenfolge weisen auf Frequenz- und Typikalitätseinflüsse bei der Beantwortung von Kategoriefragen hin.

Schließlich ließ sich feststellen, daß TOTS meist bei Wörtern auftreten, die sowohl eine geringe Verwendungsfrequenz als auch eine geringe Verwendungszahl aufweisen. Welche Schlußfolgerungen sich aus diesen Erkenntnissen für eine neue Theorie der Ursachen von TOTS ergeben, ist Gegenstand des folgenden Kapitels.

5.0 Simulation von TOTS mit Hilfe Künstlicher Neuronaler Netze

In diesem Kapitel wird das neuronale Modell, welches für die vorliegende Arbeit programmiert wurde, um die Entstehung von TOTS zu simulieren, vorgestellt und diskutiert. Dazu wird zunächst eine kurze allgemeine Einführung in die Theorie der Künstlichen Neuronalen Netze (KNN) gegeben. Im Anschluß wird das KNN-Modell von Ritter & Kohonen vorgestellt, da dieses als Vorlage für das Modell zur Simulation von TOTS diente. Schließlich wird das neuronale TOT-Modell mit dem Modell von Burke et al. verglichen.

Zuvor müssen jedoch einige terminologische Probleme geklärt werden. Da die Theorie der KNN sich in einigen Bereichen auf das Gehirn als biologisches Vorbild beruft, ist die Terminologie der KNN-Theorien vielfach aus den Neurowissenschaften entlehnt. Zudem wird die Terminologie in der Literatur bisweilen etwas plakativ gebraucht, wenn z.B. vom Gehirn als 'Neurocomputer' gesprochen wird, wodurch es leicht zu terminologisch bedingten Mißverständnissen kommen kann. Deshalb wird an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen, daß in der vorliegenden Arbeit keinesfalls der Anspruch erhoben wird, daß das vorliegende neuronale Modell tatsächlich Gehirnprozesse simuliert. Welche Gehirnprozesse bei der Aktivierung einer Wortform ablaufen, ist noch weitgehend unbekannt, weshalb es sich bei dem folgenden Modell lediglich um einen tentativen Versuch handelt, eine Brücke zwischen Linguistik und Neurowissenschaften zu schlagen und mögliche Erklärungsansätze für das Entstehen von TOTS in KNN nachzubilden und zu simulieren. Zunächst wird eine kurze Einführung in die KNN den biologischen und theoretischen Hintergrund von KNN beleuchten, wobei deutlich werden wird, welche Parallelen bzw. Analogien zwischen KNN und biologischen neuronalen Netzen bestehen.

5.1 Der biologische Hintergrund

Der biologische Hintergrund für die Simulation von Neuronalen Netzen liegt in der Funktionsweise des menschlichen Gehirns. Für die Linguistik sind dabei vor allem die als Sprachzentren¹ lokalisierten Gehirnareale des Neokortex² von Bedeutung. Solche Zentren lassen sich mit Hilfe diverser bildgebender Verfahren wie z.B. PET, MRT oder dem EEG³ identifizieren. In diesem Zusammenhang wurde die Frage, welche Gehirnareale bei der Wortproduktion aktiviert werden, von Damasio et al. zu einem zentralen Forschungsziel erklärt:

A central question in the neurobiology of language concerns the neural structures that become active when the word that denotes a person or object is recalled, and is either silently verbalized or vocalized; that is, when an item from the lexicon of a given language is retrieved and explicitly represented in the mind.⁴

PET-Aufnahmen belegen, daß je nach Art der Verwendung eines Wortes unterschiedliche Gehirnareale aktiviert werden, wie folgendes Bild exemplarisch zeigt:

¹ Hierbei handelt es sich bereits um eine extreme Idealisierung der gegebenen Komplexität des Gehirns, da die verschiedenen Sprachzentren (Broca, Wernicke etc.) untereinander und mit anderen Gehirnarealen auf komplizierte Weise verknüpft sind. Für eine Diskussion dieser Zusammenhänge siehe z.B.: Thompson, R.F. (1990). *Das Gehirn. Von der Nervenzelle zur Verhaltenssteuerung*.

² Der Neokortex (auch Großhirnrinde genannt) stellt eine aus sechs Lagen bestehende Zellschicht dar, die zwischen 1 und 5 mm dick ist. Er gilt als Sitz der kognitiven Prozesse. Für eine systematische Einführung siehe: Guyton, A. (1992). *Basic Neuroscience*.

³ PET = PositronenEmissionsTomographie; MRT = MagnetResonanzTomographie; EEG = ElektroEncephaloGraphie. Einen guten Überblick über die verschiedenen Methoden, Möglichkeiten und Grenzen der bildgebenden Verfahren geben: Posner, M.I. & Raichle, M.E. (1994). *Bilder des Geistes: Hirnforscher auf den Spuren des Denkens*.

⁴ Damasio, H. & Grabowski, T.J. & Tranel, D. & Hichwa, R.D. & Damasio, A.R. (1996). *A neural basis for lexical retrieval*. In: *Nature* 380. Seite 499.

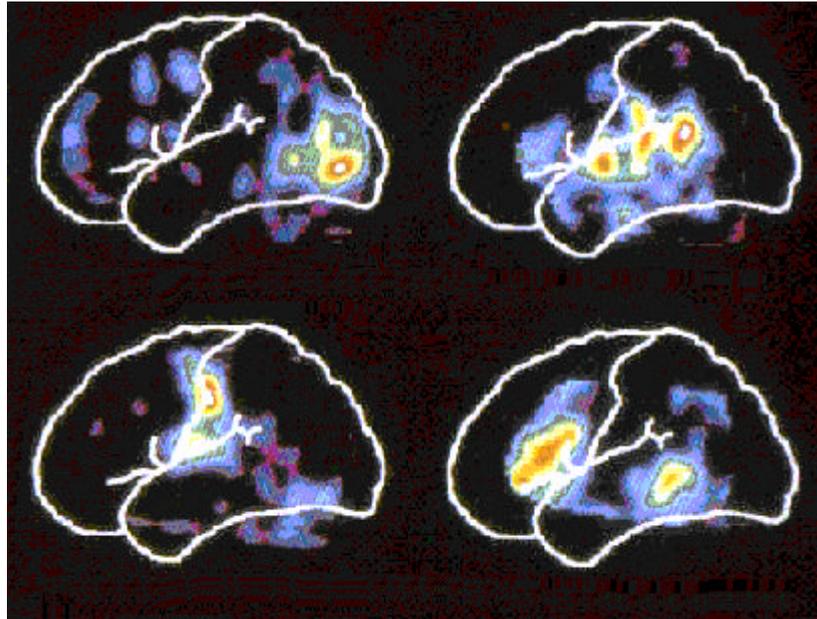


Abbildung 1: Aktivierung verschiedener Gehirnareale in Abhängigkeit der Verwendung von Wörtern: l.o. passives Betrachten von Wörtern; r.o. Hören von Wörtern; l.u. Aussprechen von Wörtern; r.u. Generieren geeigneter Verben. Nach Posner, M.I. & Raichle, M.E. (1994). *Bilder des Geistes*. Seite 126. (Original in Farbe).

Bei solchen PET-Aufnahmen repräsentieren die verschiedenen Farben (hier Graustufen) unterschiedlich starke Aktivierungen in den verschiedenen Gehirnarealen. Auf diese Weise wird eine Visualisierung der aktiven Gehirnareale gewonnen, wodurch eine Zuordnung von kognitiven Funktionen zu bestimmten Gehirnarealen möglich wird.⁵ Mit Hilfe dieser Methode konnten wesentliche Erkenntnisse über den Zusammenhang von Sprachfunktionen und neuronalen Aktivierungsmustern im Gehirn gesammelt werden. So konnte Vaas beispielsweise mit Hilfe von zwei PET-Studien zeigen, daß unterschiedliche Begriffskategorien in verschiedenen Gehirnregionen gespeichert werden:

⁵ Über die Frage, wie präzise solche Zuordnungen sind, gibt es noch keinen Konsens. Für einen Überblick über den Forschungsstand siehe: Poeck, K. (1995). *Sprache im Gehirn: eng lokalisierbar?* In: Spektrum der Wissenschaft 5. Seite 92-98. Oder: Poeck, K. (1993). *To what extent can aphasic syndromes be localized?* In: Brain 116. Seite 1527-1540. Die Problematik der Lokalisierbarkeit von linguistischen Funktionen wird natürlich auch von den Entwicklern von KNN diskutiert. Siehe dazu: Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). *Self-Organizing Semantic Maps*. In: Biological Cybernetics 61. Seite 243-245.

Durch Messungen der Hirnaktivität bei Benennungsaufgaben sowie durch neuropsychologische Analyse von Ausfallerscheinungen aufgrund von Hirnschäden ließ sich ermitteln, daß dieses lexikalische Wissen vor allem im linken Schläfenlappen lokalisiert ist – und zwar je nach Begriffskategorie an einem etwas anderen Ort.⁶

Durch die zahlreichen Untersuchungen, die auf diesem Gebiet unternommen werden, ergibt sich ein zunehmend klareres Bild der linguistisch relevanten Gehirnareale, d.h. jener Gehirnareale, die maßgeblich an der Sprachproduktion und Sprachrezeption beteiligt sind. Ein Problem, das sich bei diesen Untersuchungen jedoch ergibt, liegt in der Auflösungsgrenze der bildgebenden Verfahren, die bei ca. einem Kubikmillimeter liegt. Bedingt durch diese Auflösungsgrenze ist es nicht möglich, Aufschluß über die darunterliegenden neuronalen Prozesse zu gewinnen. Um das Problem zu verdeutlichen, werden an dieser Stelle die relevanten Zahlen wiedergegeben:

Im menschlichen Nervensystem gibt es schätzungsweise 10^{12} Neuronen; die Anzahl der Synapsen liegt bei etwa 10^{15} . [...] Ein Kubikmillimeter corticalen Gewebes enthält zirka 10^5 Neuronen und 10^9 Synapsen. [...] Ein einzelnes Neuron kann tausende oder zehntausende von Synapsen haben.⁷

Aufgrund der Tatsache, daß sich innerhalb eines Kubikmillimeters des neokortikalen Gehirngewebes ca. 10.000 Neuronen finden lassen, die wegen ihrer geringen Größe unterhalb der Auflösungsgrenze der bildgebenden Verfahren liegen, wird deutlich, daß die zugrundeliegenden neuronalen Aktivierungsmuster bei solchen Untersuchungsmethoden völlig im Dunkeln bleiben. Dementsprechend sind die Überlegungen zu den neuronalen Prozessen, die im folgenden vorgestellt werden, hypothetischer Natur, wie auch die Schlußfolgerungen zeigen, die Vaas aus seinen beiden Untersuchungen gezogen hat:

Nach den übereinstimmenden Ergebnissen beider Studien wird also lexikalisches Wissen in unterschiedlichen, aber benachbarten Hirnregionen repräsentiert. Dabei dürfte es sich freilich nicht um

⁶ Vaas, R. (1996). *Ein Blick ins Lexikon des Gehirns*. In: Spektrum der Wissenschaft 11. Seite 24.

⁷ Churchland, P.S. & Sejnowski, T.J. (1997). *Grundlagen zur Neuroinformatik und Neurobiologie*. Seite 69.

fest verdrahtete Module oder Zentren handeln, sondern um kleine, flexible Neuroverbände, die durch neue Erfahrungen modifiziert werden können. Sie interagieren über vor- und rückwärtsgerichtete Verschaltungen mit den Großhirnregionen, die für konzeptionelle beziehungsweise phonetische Prozeduren zuständig sind.⁸

Es sind also genau diese kleinen flexiblen Neuroverbände, die es zu modellieren und zu simulieren gilt, da die bildgebenden Verfahren bislang nicht zeigen können, was auf neuronaler Ebene passiert. Gleichwohl lassen sich mit diesen Methoden kortikale Karten nachweisen, die zeigen, daß neuronale Repräsentationen von externem Input in Abhängigkeit der Ähnlichkeit des Inputs auf dem Neokortex nebeneinander liegen. Beispielsweise werden die Inputs von zwei eng nebeneinanderliegenden Hautregionen auch nahe nebeneinander im Gehirn repräsentiert, so daß es eine topologieerhaltende Abbildung zwischen Input und neuronaler Repräsentation des Inputs gibt.⁹ Nach Vaas gibt es nun auch eine Abbildung von Sprachfunktionen auf solche kortikale Karten, wobei er einschränkt: "Trotz aller Fortschritte sollte man sich freilich klar darüber sein, daß es präzise Karten der einzelnen Sprachfunktionen wohl nie geben wird."¹⁰

Aus dieser grundlegenden Idee, daß auch linguistischer Input neuronal repräsentiert sein muß, haben Ritter & Kohonen ein neuronales Netz entwickelt, welches genau diese Funktionalität widerspiegelt. Da diese Form eines KNN die Grundlage für das Modell, das für diese Arbeit entwickelt worden ist, bildet, wird es im folgenden noch genauer betrachtet. Zunächst soll jedoch geklärt werden, wie das biologische Vorbild funktioniert.

Um zu verstehen, wie kortikale Karten funktionieren, muß man in eine solche kortikale Gehirnregion mit Hilfe von Mikroskopen 'hineinzoomen' und die zugrundeliegende Struktur aufdecken. Betrachtet man das Gehirn auf mikroskopischer Ebene, so wird deutlich, daß dieses aus Milliarden von hochkomplexen Neuronen besteht. Folgende stark vereinfachte Darstellung zeigt die wichtigsten Elemente eines Neurons:

⁸ Vaas, R. (1996). *Ein Blick ins Lexikon des Gehirns*. In: Spektrum der Wissenschaft 11. Seite 25.

⁹ Für detaillierte Beschreibungen solcher kortikalen Karten siehe z.B.: Kaas, J.H. & Nelson, R.J. & Sur, M. & Lin, C.S. & Merzenich, M.M. (1976). *Multiple representations of the body within the primary somatosensory cortex of primates*. In: Science 204. Seite 521-523.

¹⁰ Vaas, R. (1996). Seite 24.

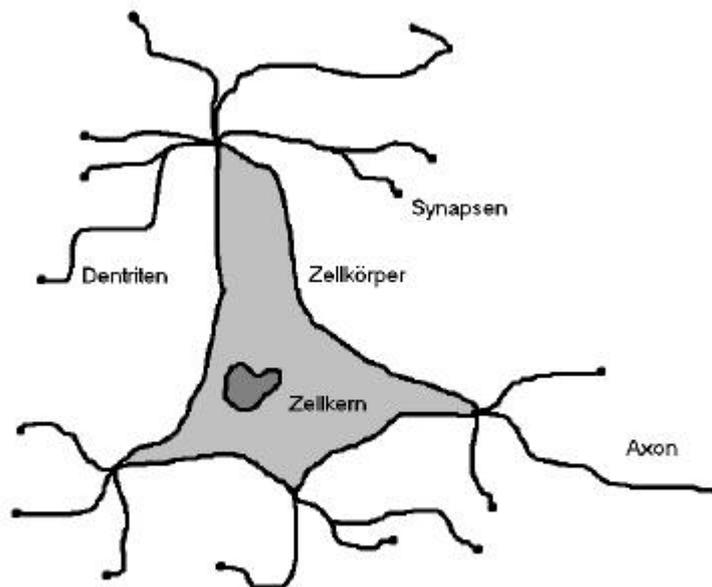


Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung des Aufbaus eines Neurons.

Ein Neuron¹¹ besteht primär aus einem Zellkörper (Soma), vielen Eingangsleitungen (Dendriten) und einer oder mehreren Ausgangsleitungen (Axone). An den Enden der Ein- und Ausgangsleitungen befinden sich Synapsen, an denen die Informationsübertragung mit Hilfe von Neurotransmittern¹² stattfindet. Neuronen können also über ihre Synapsen untereinander Verbindungen aufbauen¹³ und auf diese Weise miteinander kommunizieren. Trotz der Vielzahl verschiedener Neurotransmitter, die für die Informationsweiterleitung verantwortlich sind, lassen sich in bezug auf die Kommunikation zwischen Neuronen prinzipiell nur zwei Wirkungsweisen unterscheiden: Neuronen können sich über die Ausschüttung von Neurotransmittern gegenseitig aktivieren oder hemmen. Die Intensität und somit auch der Wirkungsgrad der synaptischen Aktivierung oder Hemmung ist dabei von

¹¹ Für eine ausführliche Darstellung des Aufbaus und der Funktionsweise von Neuronen siehe: Nauta, W. J. H. & Feirtag, M. (1990). *Neuroanatomie. Eine Einführung*. Kapitel 1-3.

¹² Neurotransmitter sind chemische Botenstoffe, die für die Reizweiterleitung von einem Neuron zum nächsten verantwortlich sind. Für eine ausführliche Beschreibung des chemischen Aufbaus und der Wirkungsweise verschiedener Neurotransmitter siehe: Thompson, R.F. (1990). *Das Gehirn. Von der Nervenzelle zur Verhaltenssteuerung*. Kapitel 2.

¹³ Siehe dazu: Goodman, C. & Bastiani, M. (1990). *Wie embryonale Nervenzellen einander erkennen*. In: Gehirn und Kognition. Sonderband Spektrum der Wissenschaft. (10-20).

der Art und der Menge der jeweiligen Neurotransmitter abhängig. Damit ein Neuron aktiviert werden kann, muß eine Mindestmenge von aktivierenden Neurotransmittern im Zellmilieu vorhanden sein. Erst wenn diese Mindestmenge vorhanden ist, wird das Neuron aktiviert und schüttet seinerseits wiederum Neurotransmitter aus, die dann dafür sorgen, daß andere Neuronen aktiviert oder gehemmt werden. Die nötige Mindestmenge von Neurotransmittern zur Aktivierung eines Neurons läßt sich als spezifischer Schwellenwert dieses Neurons auffassen. Dies kann folgendermaßen veranschaulicht werden:

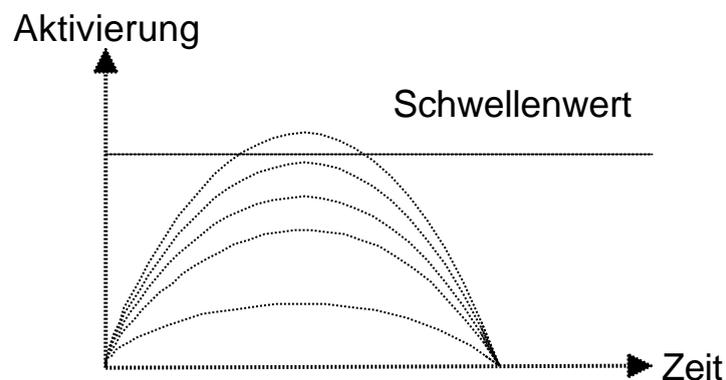


Abbildung 3: Graphische Darstellung des Schwellenwertes eines Neurons.

In dieser Graphik stellt die gestrichelte Linie den Schwellenwert dar, der überschritten werden muß, damit das Neuron aktiviert wird. Die Kurven zeigen verschiedene Aktivierungsniveaus des Neurons, wobei die unteren vier Kurven unterschwellige Aktivierungen darstellen und nur die oberste Kurve den Zustand zeigt, in dem der Schwellenwert überschritten und damit das Neuron aktiviert wird. Durch diese Form der Modellierung wird ohne weitere Zusatzannahmen das Phänomen *priming* in die Theorie der KNN aufgenommen, d.h. *priming*, das häufig auch als 'unterschwellige Präaktivierung' bezeichnet wird, ist implizit in jedem KNN-Modell enthalten und muß nicht a posteriori in die Theorie aufgenommen werden. Welche Konsequenzen sich daraus für die Modellierbarkeit von TOTS ergeben, wird weiter unten diskutiert. Durch das gegenseitige Aktivieren und Hemmen von Neuronen können kortikale Karten entstehen. Wie dies im einzelnen aussehen kann, wird im folgenden Kapitel beschrieben. Dazu ist es jedoch notwendig, das biologische Vorbild zu formalisieren.

5.2 Die Formalisierung Neuronaler Netze

Um die Funktionsweise von kortikalen Karten zu verstehen, muß noch weiter von der Komplexität der Neuronen¹⁴ abstrahiert werden, da nur durch die Reduktion der physiologisch gegebenen Komplexität auf die grundlegende Funktionsweise von Neuronen eine Modellierung von Neuronen und deren Zusammenwirken in einem KNN möglich ist.¹⁵ Die Formalisierung der biologischen Neuronen sieht folgendermaßen aus:

1. jedes Neuron hat zwei mögliche Zustände: den Ruhe- und den Aktivierungszustand
2. jedes Neuron hat beliebig viele Eingangsleitungen und Ausgangsleitungen
3. der Ausgang eines Neurons ist verbunden mit dem Eingang anderer Neuronen
4. einige Neuronen sind mit der Umwelt verbunden, andere sind nur mit weiteren Neuronen verbunden
5. jedes Neuron kann erregend oder hemmend auf andere Neuronen wirken
6. die Stärke der erregenden und hemmenden Wirkung von Neuronen ist variabel
7. jedes Neuron hat einen variablen, spezifischen Schwellenwert, der überschritten werden muß, damit es ein Signal weiterleitet
8. ein Neuron j geht vom Ruhezustand in den Aktivierungszustand über, wenn genügend andere Neuronen i das Neuron j aktivieren und dadurch der Schwellenwert von j überschritten wird

Diese logische Formalisierung von Neuronen muß nun in die Sprache der

¹⁴ Wenn im folgenden von Neuronen gesprochen wird, so sind stets künstliche, d.h. vom biologischen Vorbild abstrahierte Modellneuronen, gemeint. Ebenso sind mit Synapsen bzw. auch mit synaptischen Verbindungen selbstverständlich die idealisierten Verbindungen zwischen diesen Modellneuronen gemeint.

¹⁵ Die klassische Arbeit, in der erstmals eine mathematische Formalisierung von Neuronen vorgenommen wurde und die die Grundlage nahezu aller weiteren Modelle Neuronaler Netze bildet, stammt von: McCulloch, W.S. & Pitts, W. (1943). *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*. In: *Bulletin of Mathematical Biophysics* 9. Seite 127-147.

Mathematik übersetzt werden, damit mit Hilfe von numerischen Werten die komplexen Interaktionen zwischen Neuronen berechnet und im Computer simuliert werden können. Zu diesem Zweck müssen einige mathematische Symbole eingeführt werden. Um diese Symbole besser den einzelnen Komponenten der formalisierten Neuronen zuordnen zu können, zeigt folgende Grafik den Zusammenhang zwischen den einzuführenden Symbolen und der abstrakten Sichtweise von Neuronen:

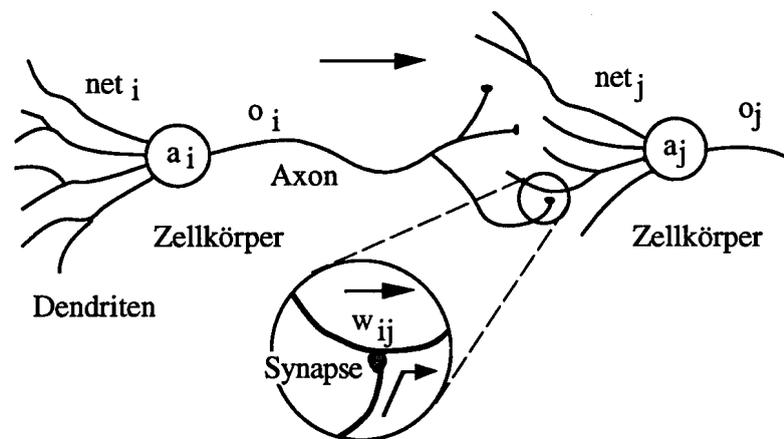


Abbildung 4: Zwei Zellen als stark idealisierte Neuronen. Nach Zell, A. (1994). *Simulation Neuronaler Netze*. Seite 71.

Die Synapsen zwischen zwei Neuronen werden als Gewichtungen (weights) oder Verbindungen bezeichnet und mit den dazugehörigen Neuronen indiziert, d.h., w_{ij} steht für die synaptische Verbindung bzw. für die Gewichtung von Neuron i zu Neuron j . Ein Vektor¹⁶ von Gewichten wird durch w symbolisiert. Der Unterschied zwischen hemmenden und aktivierenden Synapsen wird durch numerische Werte ausgedrückt. Dabei werden i.d.R. hemmende Synapsen durch negative Werte aus dem Intervall $[-1; 0]$ und aktivierende Synapsen durch positive Werte aus dem Intervall $[0; 1]$ repräsentiert. Auch der Schwellenwert wird i.d.R. durch einen numerischen Wert aus dem Intervall $[0; 1]$ gewählt. Die Aktivierungsenergie eines

¹⁶ Unter einem Vektor versteht man eine geordnete Menge von Zahlen, wie z.B. $w = (0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0)$. In diesem Fall besteht der Vektor w aus acht Zahlen. Vektoren werden in der vorliegenden Arbeit durch kleine, fettgedruckte Buchstaben dargestellt.

Neurons j wird durch eine Funktion $net_j(t)$ berechnet, die alle zu einem bestimmten Zeitpunkt t bei Neuron j eingehenden Reize aufsummiert und daraufhin den für Neuron j spezifischen Schwellenwert von dieser Summe subtrahiert:

$$net_j(t) = \left(\sum_i o_i(t) w_{ij} \right) - \theta_j$$

In dieser Formel steht $net_j(t)$ für den Nettoinput des Neurons j zum Zeitpunkt t ; o_i steht für den *output* aller Neuronen i , die über die Gewichtungen w_{ij} mit Neuron j verbunden sind. Schließlich wird der spezifische Schwellenwert θ_j abgezogen. Das Ergebnis der Funktion $net_j(t)$ wird nun an eine Aktivierungsfunktion $akt(net_j(t))$ übergeben, die den Wert 1 (oder TRUE) liefert, wenn $net_j(t)$ größer als null war, und den Wert null (oder FALSE) liefert, wenn $net_j(t)$ kleiner oder gleich null war, d.h., daß durch das Ergebnis der Funktion $akt(net_j(t))$ entschieden wird, ob das Neuron j aktiviert wird und somit seinerseits wiederum Aktivierungen über seine Ausgangsleitungen weiterleitet oder ob das Neuron j nicht aktiviert wird und im Ruhezustand verweilt. Auf diese Weise fließt Aktivierungsenergie durch das Netz von Neuronen.

Je nachdem, wieviele Neuronen in einem KNN vorhanden sind und wie die Neuronen untereinander verknüpft sind, unterscheidet man verschiedene Netztopologien (auch Netzarchitekturen genannt)¹⁷. Dabei hängt die Wahl der Netztopologie von der jeweiligen Aufgabenstellung ab. Beispielsweise eignen sich für die Mustererkennung besonders sogenannte Hopfield-Netze¹⁸. Unabhängig von der Wahl der Netztopologie stellt sich jedoch die Frage, wie sich der zunächst völlig chaotische Aktivierungsfluß in einem gegebenen Netzwerk regulieren läßt, oder anders formuliert, wie Neuronale Netze 'lernen' können. Um diese Frage zu beantworten, muß zunächst geklärt werden, welche prinzipiellen Möglichkeiten

¹⁷ Für eine strukturierte Übersicht über die verschiedenen Netztopologien siehe: Zell. A. (1994). *Simulation Neuronaler Netze*. Seite 79.

¹⁸ Eine ausführliche Darstellung der verschiedenen KNN würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen. Deshalb wird an dieser Stelle nur folgender Hinweis gegeben. Hopfield-Netze wurden 1982 von dem amerikanischen Physiker John Hopfield entwickelt. Heute finden sie vor allem in der Mustererkennung und in diversen Optimierungsverfahren Anwendung. Siehe: Hopfield, J.J. & Tank, D.W. (1985). *"Neural" computation of decisions in optimization problems*. In: *Biological Cybernetics* 52. Seite 141-152.

bestehen, ein KNN zu modifizieren. Generell gibt es sieben verschiedene Ansatzpunkte, um Veränderungen an einem KNN vorzunehmen:

1. Entwicklung neuer Verbindungen
2. Löschen existierender Verbindungen
3. Entwicklung neuer Neuronen
4. Löschen existierender Neuronen
5. Modifikation der Stärke von Verbindungen (w_{ij})
6. Modifikation des Schwellenwertes von Neuronen (θ)
7. Modifikation der Aktivierungs- oder Ausgabefunktion

Technisch gesprochen sind diese sieben veränderbaren Punkte die Stellgrößen eines KNN-Systems. Damit ein KNN jedoch eine spezifische Aufgabe übernehmen kann, ist es nötig, die einzelnen Stellgrößen systematisch, d.h. nach bestimmten Regeln zu verändern. Die mit Abstand häufigste systematische Veränderung, die in KNN als Lernverfahren genutzt wird, ist die Modifikation der synaptischen Verbindungen¹⁹ (w_{ij}). Dabei beruhen nahezu alle Lernverfahren für KNN auf einem Postulat, welches bereits 1949 von dem kanadischen Neurophysiologen Donald Hebb²⁰ aufgestellt wurde. Hebb ging davon aus, daß sich die synaptische Verbindung zwischen zwei miteinander verbundenen Neuronen verstärkt, wenn diese gleichzeitig aktiviert werden. Dieses zunächst hypothetische Postulat ist mittlerweile vielfach bestätigt worden und wird heute auch als *Long-Term-Potentiation* bezeichnet. *Long-Term-Potentiation* definiert sich als nachhaltige Zunahme der synaptischen Stärke, die auf eine hochfrequente Reizung der synaptischen Eingabe folgt. Dazu schreiben Martinez & Barea-Rodriguez: "[...] long term potentiation is the best current model for understanding how the brain stores information."²¹ Aus dieser grundlegenden Idee läßt sich die sogenannte

¹⁹ Das biologische Vorbild der Variabilität von synaptischen Verbindungen ist die sogenannte Neuroplastizität. Unter Neuroplastizität (häufig auch als Plastizität bezeichnet) wird die Eigenschaft des Gehirns verstanden, sich an die ständig verändernden Gegebenheiten und Erfordernisse der Informationsprozessierung anzupassen.

²⁰ Hebb, D.O. (1949). *The Organization of Behavior*.

²¹ Martinez, J.L. & Barea-Rodriguez, E.J. (1997). *How the brain stores information: Hebbian mechanisms*. In: Lüer, G. & Lass, U. (Hrsg). *Erinnern und Behalten: Wege zur Erforschung des*

Hebbsche Lernregel²² ableiten, welche besagt:

Wenn eine gerichtete Verbindung (w_{ij}) von Neuron i zu Neuron j besteht, dann verstärke (w_{ij}) immer dann, wenn die beiden Neuronen i und j gleichzeitig aktiviert werden. Der Faktor, um den die Verbindung verändert wird, stellt einen numerischen Wert aus dem Intervall $[0; 1]$ dar und wird als Lernfaktor oder Lernrate ϵ (epsilon) bezeichnet.

Die mathematische Darstellung der Formel nach Rumelhart & McClelland²³ lautet:

$$\Delta w_{ij} = \epsilon \text{ Neuron}_i \text{ Neuron}_j$$

Bei dieser Formel steht Δw_{ij} (delta w_{ij}) für die Veränderung der Gewichtung w_{ij} bei jedem Lernschritt. Da Neuronen entweder aktiviert sind oder nicht, im Modell also entweder den Wert 1 oder 0 annehmen, wird durch diese Formel gewährleistet, daß der Lernfaktor nur zum Tragen kommt, wenn beide Neuronen den Wert 1 annehmen, d.h. aktiviert sind, da sonst mit null multipliziert wird, wodurch das Ergebnis der gesamten Formel null wird und somit an dieser Verbindung keine Veränderung vorgenommen wird. Wählt man den Lernfaktor groß (z.B. $\epsilon = 0,9$), so werden bei jedem Lernschritt große oder rasche Veränderungen bewirkt, wohingegen bei kleinem Lernfaktor (z.B. $\epsilon = 0,2$) nur kleine oder langsame Veränderungen bewirkt werden. In den meisten Netztopologien wird ϵ konstant gehalten. Es gibt jedoch auch Netztopologien, in denen ϵ variabel ist und über die Zeit kleiner wird, d.h. es wird erst grob, aber schnell und später fein, aber langsam gelernt.²⁴ Die Möglichkeit, den Lernfaktor zu variieren, wird in der späteren Argumentation noch eine wichtige Rolle spielen.

Die Hebbsche Lernregel findet sich in vielen Varianten in den unterschiedlichsten

menschlichen Gedächtnisses. Seite 39. Für den neurophysiologischen Hintergrund von LTP, die molekularen Grundlagen des Lernens und einen Überblick, wie sich das Postulat von Hebb zur aktuellen Theorie des Gedächtnisses entwickelt hat, wird ebenfalls auf diesen Aufsatz verwiesen.

²² Die Lernregel wurde von verschiedenen Autoren leicht modifiziert. Bei der hier angegebenen Version handelt es sich um eine eigene Reformulierung der Regel, die aus Konsistenzgründen auf die angegebene Weise formuliert wurde und mit der Formulierung von Hebb nahezu identisch ist.

²³ Rumelhart, D.E. & McClelland, J.L. (1986). Band 1. Seite 53.

²⁴ Die Wahl geeigneter Lernparameter ist stark erfahrungsabhängig. Für eine Diskussion der geeigneten Lernparameter siehe: Zell. A. (1994). *Simulation Neuronaler Netze*. Kapitel 30.

KNN-Typen wieder. Dabei ist das prominenteste Lernverfahren der *backpropagation*-Algorithmus²⁵ (BA), der zum besseren Verständnis der Funktionsweise von KNN an dieser Stelle kurz skizziert wird.²⁶ Zunächst wird die typische Netztopologie wiedergegeben, für welche der BA entwickelt wurde:

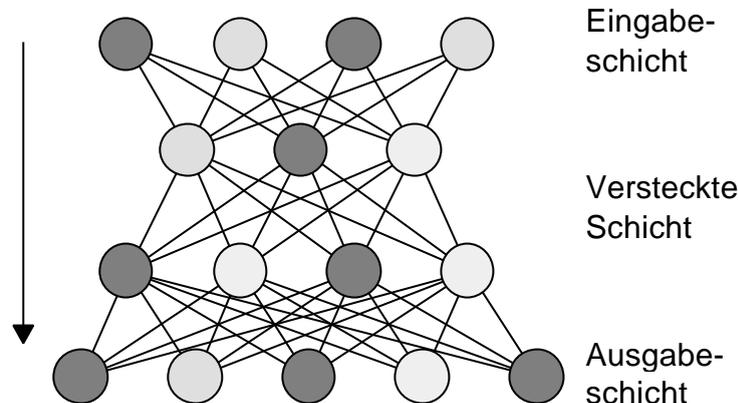


Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung eines KNN mit vier Schichten.

In diesem Diagramm werden Neuronen als Kreise und die synaptischen Verbindungen zwischen den Neuronen (die Gewichte) als Linien zwischen den Kreisen dargestellt. Der Informationsfluß läuft zunächst von der Eingabeschicht über die versteckte(n) Schicht(en) zur Ausgabeschicht. Die Verbindungen werden vorher mit Zufallswerten initialisiert, was einem Zustand entspricht, in dem noch keinerlei Lernen stattgefunden hat. Dann werden dem Netz Vektoren mit Merkmalen als Input an der Eingabeschicht dargeboten, woraufhin für jede Schicht und für jedes Neuron mit Hilfe einer Aktivierungsfunktion berechnet wird, ob das jeweilige Neuron durch die einlaufenden Werte aktiviert wird und somit seinerseits Aktivierung weiterleitet oder nicht. Die Wahl der Eingabevektoren geschieht mittels einer Zufallsfunktion, die dafür sorgt, daß aus der Menge aller Eingabevektoren zufällig ein Vektor ausgewählt und an das Netz angelegt wird.

²⁵ Für eine ausführliche Diskussion des BA siehe: Nauck, D. & Klawonn, F. & Kruse, R. (1994). *Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme*. Seite 71-92.

²⁶ Ein weiterer Grund, warum der BA an dieser Stelle diskutiert wird, liegt darin, daß sich viele Aufsätze, die Kritik an KNN-Modellen üben, auf diesen Algorithmus und seine Schwächen beziehen. Die Überwindung dieser Schwächen wird im weiteren Verlauf der Arbeit deutlich werden.

An der Ausgabeschicht kann schließlich ein Ergebnis in Form eines Ausgabevektors abgelesen und mit dem gewünschten *output* verglichen werden. Daraufhin wird eine der Hebbischen Lernregel entlehnte Regel auf die Gewichte angewendet, wodurch die Gewichte systematisch verändert werden. Gelernt wird in dieser Form eines KNN letztendlich dadurch, daß der tatsächliche *output* mit dem gewünschten *output* verglichen wird und daraufhin der Fehler entsprechend korrigiert wird, indem auf einen großen Fehler mit einer großen Änderung der Gewichte und auf einen kleinen mit einer entsprechend kleinen Änderung der Gewichte reagiert wird. Sobald der korrekte *output* erreicht wurde, ist der Fehler gleich null und es werden keine Veränderungen mehr vorgenommen. Durch diese iterative Fehlerminimierung adaptiert das Netz immer stärker und reagiert schließlich, nach hinlänglich vielen Darbietungen der Eingabevektoren und entsprechenden Fehlerkorrekturen, auf einen bestimmten Eingabevektor mit dem dazugehörigen Ausgabevektor. Damit ist die Lernphase des Netzes abgeschlossen und eine sogenannte *recall*-Phase kann beginnen, d.h., das Netz kann für seinen Verwendungszweck zum Einsatz gebracht werden.

Was das KNN letztendlich gelernt hat, ist die Assoziation zwischen einer Menge von Eingabevektoren und einer dazugehörigen Menge von Ausgabevektoren. Wieviele solcher Assoziationen in einem gegebenen Netz gelernt werden können, hängt vor allem von der Menge der Neuronen und damit von der Menge der Gewichte in diesem Netz ab. Welche Informationen in einem Eingabevektor kodiert werden, ist für das Netz völlig irrelevant und unterliegt lediglich der Interpretation des Programmierers bzw. der Person, die das Netz zur Anwendung bringt. Wird einem Netz beispielsweise der Vektor $\mathbf{v} = (0, 1, 1, 0, 1)$ dargeboten, so rechnet der verwendete Algorithmus mit diesem Vektor unabhängig davon, ob die darin enthaltenen Zahlen für Signale einer technischen Anlage oder für linguistische Merkmale wie [+/- belebt] als semantisches Merkmal oder [+/- labiodental] als phonologisches Merkmal stehen. Diese Unabhängigkeit von der Bedeutung bzw. der Interpretation der Merkmale, die einem KNN präsentiert werden, macht es möglich, auch linguistische Modelle in KNN zu simulieren. Beispielsweise ist es möglich, dem Netz die semantischen Merkmale eines Wortes zu präsentieren und das Netz die dazugehörigen phonologischen Merkmale lernen zu lassen.²⁷ Die

²⁷ Zwei Beispiele für solche Simulationen seien an dieser Stelle angeführt. Die wohl prominenteste Simulation eines linguistischen Sachverhaltes stellt die Modellierung der Lernkurve beim Erwerb

Tatsache, daß in KNN jede beliebige Information verarbeitet werden kann, ermöglicht darüber hinaus, eine Vorstellung davon zu entwickeln, wie so unterschiedliche Informationsformen wie Schallwellen, die auf das Trommelfell treffen und es in Schwingungen versetzen, Lichtwellen, die auf die Retina auftreffen und die Sehkaskade in Gang setzen, oder taktile Reize, die über Hautrezeptoren Informationen an das Gehirn senden, miteinander assoziiert werden können. Es wäre denkbar, daß die dazu nötige, gemeinsame 'Währung' eben diese abstrakte neuronale Informationsverarbeitung darstellt.

Mit Hilfe des BA oder ähnlichen Algorithmen können KNN-Simulationen sehr effizient für die Modellierung von Sprachfunktionen eingesetzt und interessante Aspekte der neuronalen Grundlagen des Lernens aufgezeigt werden.

Es gibt jedoch zwei entscheidende Kritikpunkte an dieser Form der Simulation kognitiver Prozesse mit Hilfe von KNN, die gegen eine solche Implementation sprechen.²⁸ Erstens handelt es sich beim BA um ein 'überwachtes' Lernverfahren. Wie oben bereits angedeutet wurde, muß für die Fehlerkorrektur der tatsächliche *output* mit dem gewünschten *output* des Netzes verglichen werden. Im Falle der Simulation mit dem BA kennt man natürlich den gewünschten *output*, d.h. die Ausgabevektoren, die das Netz zu den Eingabevektoren assoziieren soll, und überwacht deshalb die Fehlerkorrektur, d.h., das Netz benötigt einen 'Lehrer'.²⁹ Da das Gehirn den gewünschten Output während der Lernphase jedoch nicht kennen kann, es also keinen 'Lehrer' gibt, der dem Gehirn die richtigen Output mitteilen könnte, ist der BA als Simulation kognitiver Prozesse völlig unplausibel.

Zweitens wird beim BA zwischen einer Lern- und einer *recall*-Phase unterschieden. Auch dies ist kognitiv völlig unplausibel, zumindest wenn es um die Simulation des

des *past tense* englischer Verben dar. Siehe: Rumelhart, D.E. & McClelland, J.L. (1986). Band 2. Kapitel 18. Eine neue Form der Simulation ist Hinton & Shallice gelungen, indem sie nach Abschluß der Lernphase das Netz systematisch Störeinflüssen ausgesetzt haben, wodurch sie u.a. Dyslexie-Phänomene erfolgreich modellieren konnten. Siehe: Hinton, G.E. & Shallice, T. (1991). *Lesioning an attractor network: Investigation of acquired dyslexia*. In Psychological Review 98. Seite 74-95.

²⁸ An dieser Stelle sollen nur die für die vorliegende Arbeit relevanten Kritikpunkte angesprochen werden. Für eine ausführliche Diskussion siehe: Pinker, S. & Prince, A. (1988). *On language and connectionism*. In: Cognition 28. Seite 73-193.

²⁹ Bei Lernverfahren, die eine externe Fehlerkorrektur benötigen, spricht man auch von *supervised learning*. Im Gegensatz dazu spricht man bei den selbstorganisierenden Karten, die im folgenden Kapitel diskutiert werden, von *unsupervised learning*.

mentalen Lexikons geht, da der Lernvorgang im mentalen Lexikon nie abgeschlossen ist, wie auch die oben angeführten Interviews sehr deutlich gezeigt haben. Gesucht ist also eine Netztopologie mit einem Lernalgorithmus, der nicht überwacht werden muß und außerdem keine künstliche Trennung zwischen Lernphase und *recall*-Phase macht. Eine solche Netztopologie mit entsprechendem Lernverfahren wurde von dem finnischen Physiker Teuvo Kohonen³⁰ entwickelt. Diese sogenannten selbstorganisierenden Merkmalskarten, die als Vorbild für das Modell zur Simulation von TOTS benutzt wurden, werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

5.3 Selbstorganisierende Merkmalskarten

Die selbstorganisierenden Merkmalskarten (kurz SOM für self-organizing-maps) wurden 1982 von Kohonen³¹ entwickelt. Der Begriff der Selbstorganisation bezieht sich auf die Tatsache, daß die Merkmalskarten von Kohonen mit einem nicht-überwachten Lernverfahren arbeiten, d.h. daß eine SOM, im Gegensatz zum BA, den gewünschten Output nicht kennen muß, um den richtigen Output zu liefern. Ferner ergeben sich durch das Lernverfahren auf der SOM Organisationsstrukturen, die 'wie von selbst' entstehen. Wie dieses Lernverfahren funktioniert, wird im folgenden gezeigt. Zunächst wird jedoch die allgemeine Netztopologie einer SOM beschrieben.

Eine SOM besteht aus einer Eingabeschicht, über die der externe Input in das Netz eingespeist wird, und der eigentlichen Kohonenschicht, auf der der Input topographisch geordnet abgebildet wird. Die Eingabeschicht ist in der folgenden Abbildung als einzelner Eingabevektor dargestellt, kann natürlich auch komplexer gestaltet sein. Ferner ist jedes Neuron der Eingabeschicht mit jedem Neuron der

³⁰ Erste Überlegungen zu einem 'selbstorganisierenden' neuronalen Algorithmus wurden schon einige Jahre früher angestellt. Siehe dazu: Von der Malsburg, C. (1973). *Self-organization of orientation sensitive cells in the striate cortex*. In: Kybernetik 14. Seite 85-100.

³¹ Kohonen, T. (1982a). *Self-organized Formation of Topologically Correct Feature Maps*. In: Biological Cybernetics 43. Seite 59-69 und Kohonen, T. (1982b). *Analysis of a Simple Self-organizing Process*. In: Biological Cybernetics 44. Seite 135-140.

Kohonenschicht verbunden:

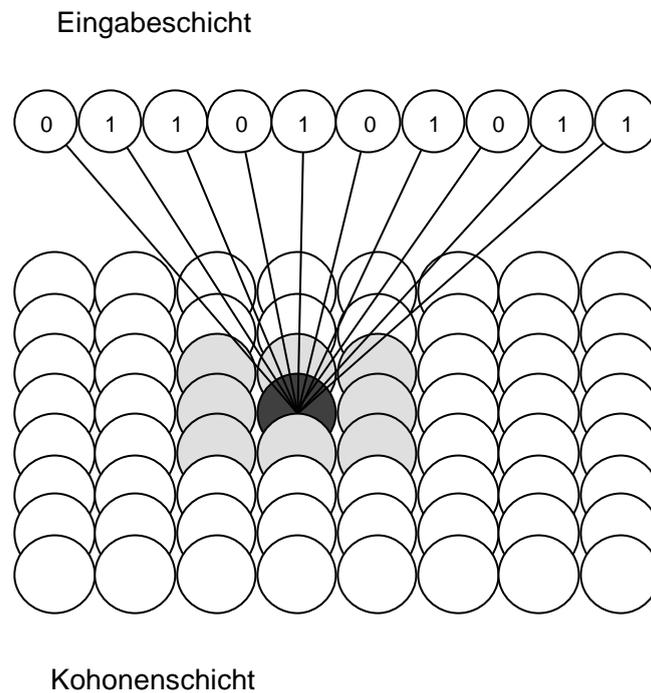


Abbildung 6: Vereinfachte Darstellung der Netztopologie einer selbstorganisierenden Merkmalskarte.

Der grundlegende Unterschied zu der typischen Netztopologie, wie sie oben für den BA vorgestellt wurde, besteht darin, daß die Neuronen in der Kohonenschicht alle untereinander verbunden sind, d.h., jedes Neuron der Kohonenschicht ist mit jedem anderen Neuron dieser Schicht verbunden. Das bedeutet, daß es in dieser Netztopologie laterale Verbindungen gibt. Diese lateralen Verbindungen können aktivierend oder hemmend wirken. Eine weitere, wesentliche Eigenschaft der Kohonenschicht ist, daß aktivierte Neuronen innerhalb einer bestimmten Umgebung ihre 'Nachbarneuronen' mitaktivieren, jedoch weiter entfernte Neuronen hemmen. Diese Eigenschaft der Kohonenschicht wird laterale Hemmung genannt.³² Wie groß der Radius ist, innerhalb dessen die laterale Hemmung wirkt, ist modellabhängig und variabel.

³² Es konnte nachgewiesen werden, daß bestimmte Neuronen des Neokortex auf diese Weise miteinander interagieren, d.h. laterale Hemmungsmechanismen aufweisen. Siehe dazu: Spillmann, L. & Werner, J.S. (1990). *Visual Perception*.

Wie wird nun festgestellt, welches Neuron der Kohonenschicht auf einen bestimmten Input am stärksten reagiert? Um das Neuron zu ermitteln, welches auf einen an das Netz angelegten Eingabevektor am stärksten reagiert, wird die Ähnlichkeit des aktuell anliegenden Eingabevektors mit den Gewichten zwischen Eingabeschicht und Kohonenschicht verglichen. So gesehen stehen die Neuronen in einer Art Wettbewerb untereinander, indem sie um die Aktivierung konkurrieren, weshalb in diesem Zusammenhang auch von Wettbewerbslernen³³ gesprochen wird. Die Ähnlichkeit zwischen Eingabevektor und den Gewichten zwischen Eingabeschicht und Kohonenschicht kann dabei über ein Abstandsmaß zwischen den Vektoren ermittelt werden.³⁴ In Kohonennetzen werden vektorielle Ähnlichkeiten i.d.R. über den euklidischen Abstand berechnet. Beim euklidischen Abstand wird die Wurzel aus den summierten Quadraten der Differenzen der einzelnen Komponenten der beiden Vektoren gezogen. Folgende Formel zeigt die Berechnung des euklidischen Abstandes (hier als 'dist' bezeichnet) zwischen den Vektoren e und v .

$$\text{dist}(e, v) = \sqrt{(e_1 - v_1)^2 + (e_2 - v_2)^2 + \dots + (e_n - v_n)^2}$$

Bei dem Neuron, bei dem dieser Abstand am kleinsten ist, ist die Ähnlichkeit zwischen dessen Gewichten und dem Eingabevektor am größten. Dieses Neuron wird als 'Siegerneuron' bezeichnet. Eine Besonderheit des Lernverfahrens ist, daß nicht nur an den Gewichten des Siegerneurons, sondern auch an den Gewichten der benachbarten Neuronen gelernt wird. Das Siegerneuron samt der umliegenden Neuronen, die mitaktiviert werden, wird als Erregungszentrum bezeichnet. Gelernt wird, indem die Gewichte, die dem Eingabevektor am ähnlichsten sind, durch eine Lernregel dem Eingabevektor noch ähnlicher gemacht werden, wodurch gewährleistet wird, daß beim nächsten Anlegen eben dieses Eingabevektors mit noch größerer Wahrscheinlichkeit wiederum diese Neuronen am stärksten darauf reagieren. Da jedes Neuron der Kohonenschicht sowohl die Aktivierungen der

³³ Für einen Überblick über die verschiedenen Formen des Wettbewerblernens siehe: Nauck, D. & Klawonn, F. & Kruse, R. (1994). Kapitel 7.

³⁴ Für weitere Möglichkeiten, Vektoren miteinander zu vergleichen (z.B. Skalarprodukt, Hammingabstand etc.), sowie die mathematische Herleitung von vektoriellen Abstandsmaßen siehe: Kohonen, T. (1995). *Self-Organizing Maps*. Kapitel 1.

Neuronen der Eingabeschicht als auch der anderen Neuronen der Kohonenschicht als Input bekommt, muß für die Neuronen der Kohonenschicht die Rückkopplung zwischen diesen Neuronen mitberechnet werden. Dies geschieht mittels eines sogenannten Rückkopplungskoeffizienten r_{ij} , wobei r_j für die Verbindung von Neuron i zu Neuron j steht. Der Rückkopplungskoeffizient errechnet sich folgendermaßen:

$$r_{ij} = \exp \left(- \frac{|n_i - n_j|^2}{2 * \sigma^2} \right)$$

Durch diese Funktion wird eine Aktivitätskurve beschrieben, wobei die Variable σ (sigma) die Form der Aktivitätskurve beeinflusst, d.h., über σ kann die Größe des Wirkungsradius der Rückkopplung bestimmt werden. Durch den Rückkopplungskoeffizienten ist das Prinzip lateraler Hemmung realisiert, d.h., für kurze Distanzen vom Siegerneuron aus ist die Aktivierung erregend, für lange Distanzen jedoch hemmend.

Nachdem nun ein Mechanismus zur Ermittlung des Siegerneurons bzw. des Erregungszentrums zur Verfügung steht, bleibt nur noch das eigentliche Lernverfahren zu klären. Wie bei den meisten KNN-Systemen wird auch hier mit einer von der Hebbschen Lernregel abgeleiteten Funktion gearbeitet. Die Lernregel in einem Kohonennetz sieht folgendermaßen aus:

$$w_{ik} \text{ (neu)} = w_{ik} \text{ (alt)} + \epsilon * r_{ij} * (e_k - w_{ik} \text{ (alt)}). (\epsilon > 0)$$

Die Formel zeigt, wie der neue Wert für $w_{ik} \text{ (neu)}$ berechnet wird. Zu dem alten Gewicht $w_{ik} \text{ (alt)}$ wird der Ausdruck $\epsilon * r_{ij} * (e_k - w_{ik} \text{ (alt)})$ addiert. In diesem Ausdruck wird zunächst durch $(e_k - w_{ik} \text{ (alt)})$ festgestellt, wie stark die Abweichung des Eingangssignals e_k von dem jeweiligen alten Gewicht $w_{ik} \text{ (alt)}$ ist. Dadurch wird bewirkt, daß bei starken Abweichungen große Veränderungen und bei kleinen Abweichungen kleine Veränderungen vorgenommen werden. Daraufhin wird mit dem Rückkopplungskoeffizienten r_{ij} multipliziert. Dies bewirkt, daß der Lerneffekt umso stärker ist, je näher sich das betrachtete Neuron am Erregungszentrum befindet. Schließlich wird noch mit der Lernrate ϵ multipliziert, wodurch reguliert wird, wie stark die Veränderung pro Iterationsschritt ist, d.h., wie schnell gelernt wird. Nach jedem Lernschritt werden die Gewichte des Siegerneurons und dessen

'Nachbarneuronen' dem aktuell anliegenden Eingabevektor ähnlicher. Dieser Lernschritt muß nun iteriert werden, wobei die Anzahl der zum Lernen aller Eingabevektoren nötigen Lernschritte von der Anzahl der Eingabevektoren und der Menge der Neuronen der Kohonenschicht abhängt. Das Lernverfahren für eine selbstorganisierende Kohonenkarte kann folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- [1] Lege den Wert 'sigma' für den Rückkopplungskoeffizienten fest.
- [2] Wähle alle Anfangsgewichte w_{ik} durch Zufallszahlen.
- [3] Lege mit der Wahrscheinlichkeit von $p(\mathbf{e})$ einen Eingangsvektor \mathbf{e} an.
- [4] Suche Neuron j , das am stärksten auf den Eingangsvektor reagiert.
- [5] Verbessere alle Gewichte w_{ik} (in) durch

$$w_{ik} \text{ (in, neu)} = w_{ik} \text{ (in, alt)} + \epsilon * r_{ij} * (e_k - w_{ik} \text{ (in, alt)}) . (\epsilon > 0)$$
- [6] Weiter bei [3].

Durch dieses Lernverfahren werden Ähnlichkeiten in den Eingabevektoren extrahiert und auf der Kohonenkarte abgebildet. Dieser Sachverhalt soll durch ein sehr einfaches Beispiel verdeutlicht werden. Gegeben sei ein Kohonennetz mit nur einem Eingabeneuron und sieben mal sieben Neuronen in der Kohonenschicht. Dem Netz werden als Eingabewerte die Zahlen 1 bis 5 dargeboten, wobei ein Zufallsgenerator bei jedem Iterationsschritt entscheidet, welche Zahl an das Netz angelegt wird (Schritt [3]). Die Lernrate epsilon nehme den Wert 0,9 an. Die Variable sigma des Rückkopplungskoeffizienten sei 2.0. Die folgenden Tabellen geben die Sicht auf die synaptischen Verbindungen zwischen den Neuronen der Eingabeschicht und den Neuronen der Kohonenkarte wieder. In Tabelle 1 sind die Werte noch zufällig verteilt. Tabelle 2 zeigt die Werte nach einigen Iterationen:

0	1	4	1	1	2	0
3	0	1	4	1	4	1
4	1	0	1	3	0	2
3	3	1	2	3	1	4
1	1	3	1	0	2	2
3	3	1	1	1	2	2
0	0	3	2	1	1	2
1) Anfangszustand						

2	2	4	1	2	2	1
3	2	2	3	2	3	2
3	2	1	1	3	1	2
3	3	1	2	3	1	3
1	1	3	1	0	2	2
1	1	1	1	1	1	2
0	0	2	1	1	1	1
2) Werte nach 5 Iterationsschritten						

3	4	4	3	2	2	1
3	3	3	4	2	3	2
3	3	3	2	3	1	2
3	3	3	2	3	1	3
2	2	3	2	1	1	2
1	2	1	1	1	1	1
0	0	2	1	1	1	1
3) Werte nach 10 Iterationsschritten						

4	4	4	3	3	2	2
4	4	3	3	3	2	2
4	4	3	3	3	2	2
4	3	3	3	2	2	2
3	3	3	2	2	2	1
0	0	0	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1
4) Werte nach 20 Iterationsschritten						

Abbildung 7: Betrachtung der Gewichte zwischen Eingabeschicht und Kohonenschicht zu vier verschiedenen Zeitpunkten.

Diese 'Momentaufnahmen' der synaptischen Gewichte zeigen, wie sich innerhalb weniger Lernschritte eine Ordnungsstruktur auf der Kohonenschicht bildet. Da die Lernrate epsilon für dieses Beispiel mit 0,9 sehr hoch gewählt wurde, waren nur wenige Iterationsschritte nötig, um die Ordnungsstruktur hervorzurufen. Die Gewichte weisen jedoch nicht nur eine topographische Abbildung des Inputs auf, sondern zeigen auch Häufigkeitseffekte. Da sich nach jeder Darbietung eines Inputs die Karte durch die synaptischen Reaktionen leicht verändert, wird die Häufigkeit, mit der ein bestimmter Input der Karte dargeboten wurde, über die Größe der Repräsentationsfläche des Inputs widerspiegelt. So ist beispielsweise die Zahl 3 in Tabelle 4 stärker repräsentiert als die Zahl 0, was darauf schließen lässt, daß dem Netz die 3 häufiger dargeboten wurde. Damit ist die prinzipielle Funktionsweise einer selbstorganisierenden Kohonenkarte aufgezeigt. Im folgenden Kapitel wird gezeigt, wie Ritter & Kohonen diese Funktionsweise dazu benutzt haben, um

semantische Merkmalsvektoren in einem Kohonennetz zu repräsentieren.

5.4 Das Modell von Ritter & Kohonen

Das Modell von Ritter & Kohonen³⁵ stellt eine richtungsweisende Arbeit dar, die die Grundlage für verschiedene Modellierungsmöglichkeiten des mentalen Lexikons bilden könnte³⁶. Das Ziel von Ritter & Kohonen war die Modellierung der Entstehung von logischen Ordnungsstrukturen semantischer Begriffe bzw. dem Prozeß der Kategorisierung dieser Begriffe. Dabei wurde die Fähigkeit des Kategorisierens von den Autoren als "fundamental basis of cognition" bezeichnet.³⁷ Die Frage, wie sich diese grundlegende Fähigkeit simulieren ließe, hat zu folgender Formulierung der Problemstellung geführt:

One of the most intriguing problems in the theory of neural networks, artificial and biological, is to what extent a simple adaptive system is able to find abstractions, invariances, and generalizations from raw data.³⁸

Diese allgemeine Problemstellung wurde von Ritter & Kohonen mit der Frage verknüpft, wie Ordnungsstrukturen im mentalen Lexikon bzw. allgemein zwischen semantischen Begriffen entstehen könnten. Da sie eine mögliche Antwort auf diese Frage in der Realisierung eines Kohonennetzwerkes sahen, haben sie ein solches Netz implementiert und verschiedene Simulationen damit getestet.³⁹

Für diese Simulation wurde ein Kohonennetz mit 10 mal 10 Neuronen

³⁵ Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Seite 241-254.

³⁶ Bisläng gibt es jedoch nur einen Autor, der SOMs für die Modellierung von Funktionen des mentalen Lexikons herangezogen hat. Siehe dazu: Miikkulainen, R. (1997). *Dyslexic and Category-Specific Aphasic Impairments in a Self-Organizing Feature Model of the Lexicon*. In: *Brain & Language* 59. Seite 334-366.

³⁷ Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Seite 241.

³⁸ Ebd. Seite 241.

³⁹ Im folgenden wird nur die Simulation mit den semantischen Relationen diskutiert. Es sei darauf hingewiesen, daß Ritter & Kohonen auch syntaktische Phänomene simuliert haben, die an dieser Stelle jedoch nicht relevant sind.

programmiert. Als Eingabevektoren wurden 16 Tierbegriffe durch Vektoren mit je 13 semantisch distinktiven Merkmalen kodiert. Folgende Tabelle zeigt die von Ritter & Kohonen verwendeten Beispielvektoren⁴⁰:

		dove	hen	duck	goose	owl	hawk	eagle	fox	dog	wolf	cat	tiger	lion	horse	zebra	cow
is	small	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	medium	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	big	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
has	2 legs	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 legs	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	hair	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	hooves	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	mane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
	feathers	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
likes to	hunt	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
	run	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
	fly	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	swim	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 8: Die Beispielvektoren aus der Computersimulation von Ritter, H. & Kohonen, T. *Self-Organizing Semantic Maps*. Seite 247.

Jeder Begriff wird auf diese Weise durch einen Eingabevektor spezifiziert. Bei diesen Beispieldaten handelt es sich nicht um eine ausgereifte Merkmalssemantik, weshalb auch die Autoren selbst von einem "highly idealized model" sprechen.⁴¹ Diese einfach strukturierten Eingabevektoren wurden der Kohonenschicht 2000 mal präsentiert, wodurch sich dort die erwarteten Ordnungsstrukturen gebildet haben. In

⁴⁰ Zu diesen Eingabevektoren nahmen Ritter & Kohonen noch sogenannte Kontextvektoren hinzu. Die vollständige Beschreibung der Simulationen würde an dieser Stelle jedoch zu weit führen, weshalb für Details auf die Originalliteratur verwiesen wird. Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). *Self-Organizing Semantic Maps*. In *Biological Cybernetics* 61.

⁴¹ Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Seite 241.

den folgenden beiden Grafiken werden die entstandenen Ordnungsstrukturen, die sich durch das Anlegen der Eingabevektoren an das Kohonennetz ergeben haben, wiedergegeben. Bei den beiden Grafiken werden die numerischen Werte, die von den Gewichtungen des Netzes angenommen worden sind, symbolisch durch die Namen der Tiere, die durch die Eingabevektoren repräsentiert werden sollen, wiedergegeben, um auf diese Weise eine Visualisierung der Datenclustering zu ermöglichen.

duck	duck	horse	horse	zebra	zebra	cow	cow	cow	cow
duck	duck	horse	zebra	zebra	zebra	cow	cow	tiger	tiger
goose	goose	goose	zebra	zebra	zebra	wolf	wolf	tiger	tiger
goose	goose	hawk	hawk	hawk	wolf	wolf	wolf	tiger	tiger
goose	owl	hawk	hawk	hawk	wolf	wolf	wolf	lion	lion
dove	owl	owl	hawk	hawk	dog	dog	dog	lion	lion
dove	dove	owl	owl	owl	dog	dog	dog	dog	lion
dove	dove	eagle	eagle	eagle	dog	dog	dog	dog	cat
hen	hen	eagle	eagle	eagle	fox	fox	fox	cat	cat
hen	hen	eagle	eagle	eagle	fox	fox	fox	cat	cat

Abbildung 9: Ordnungsstruktur nach 2000 Präsentationen der Eingabevektoren. Nach Ritter, H. & Kohonen, T. *Self-Organizing Semantic Maps*. Seite 248.

Betrachtet man diese Ordnungsstruktur auf einem höheren Abstraktionsniveau, so wird deutlich, daß 'ähnliche' Tiere zu Gruppen zusammengefaßt worden sind, oder anders ausgedrückt: "The semantic relationships in the data are reflected by their relative distances in the map."⁴² Die folgende Grafik zeigt, daß beispielsweise Vögel, Huftiere und jagende Tiere je eine Gruppe bilden.

⁴² Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Seite 241-254.

duck	duck	horse	horse	zebra	zebra	cow	cow	cow	cow
duck	duck	horse	zebra	zebra	zebra	cow	cow	tiger	tiger
goose	goose	goose	zebra	zebra	zebra	wolf	wolf	tiger	tiger
goose	goose	hawk	hawk	hawk	wolf	wolf	wolf	tiger	tiger
goose	owl	hawk	hawk	hawk	wolf	wolf	wolf	lion	lion
dove	owl	owl	hawk	hawk	dog	dog	dog	lion	lion
dove	dove	owl	owl	owl	dog	dog	dog	dog	lion
dove	dove	eagle	eagle	eagle	dog	dog	dog	dog	cat
hen	hen	eagle	eagle	eagle	fox	fox	fox	cat	cat
hen	hen	eagle	eagle	eagle	fox	fox	fox	cat	cat

Abbildung 10: Die Grafik zeigt die Gruppierung von Begriffen auf einem hohen Abstraktionsniveau. Nach Ritter, H. & Kohonen, T. *Self-Organizing Semantic Maps*. Seite 248.

Die SOM weist also hierarchische Ordnungsstrukturen mit unterschiedlichen Ebenen auf, d.h., es gibt Ordnungsstrukturen innerhalb von Ordnungsstrukturen: "Hierarchy thereby is represented by *nested domains*."⁴³ Die Ordnungsstrukturen in der Kohonenschicht konnten entstehen, weil die Eingabevektoren bereits eine gewisse Ordnung aufzeigen, d.h.: "[...] if the data are clustered hierarchically, a very explicit localized representation of the same structure is generated."⁴⁴

Neben dieser hierarchischen Ordnungsstruktur, die in irgendeiner Form auch im mentalen Lexikon zu vermuten ist, beinhaltet das Modell einen weiteren interessanten Aspekt: "[...] the frequency of stimulus occurrence determines the local magnification factor in a sensory map."⁴⁵ Da das Auswählen der Eingabevektoren bei der Simulation von Ritter & Kohonen durch einen Zufallsgenerator übernommen wurde, der nach Möglichkeit jeden Eingabevektor mit gleich großer

⁴³ Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Seite 248.

⁴⁴ Ebd. Seite 243. Für eine Diskussion der Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen in Kohonennetzen und die mathematischen Beweise, daß ein Kohonennetz unter bestimmten Prämissen konvergiert, siehe: Ritter, H. & Martinez, T. & Schulten, K. (1991). *Neuronale Netze: Eine Einführung in die Neuroinformatik selbstorganisierender Netzwerke*. Kapitel 14.

⁴⁵ Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Seite 252.

Wahrscheinlichkeit an das Netz anlegt, gibt es nur geringe Unterschiede in der Größe der Ausdehnung eines Begriffs bzw. der Anzahl von synaptischen Gewichtungen, die an der Kodierung eines Begriffs beteiligt sind. So wird der Begriff 'dog' beispielsweise durch acht, wohingegen der Begriff 'hen' nur durch drei Verbindungen repräsentiert wird. Dies würde sich sofort ändern, wenn man dem Netz wiederholt einen bestimmten, wie etwa den für 'hen' stehenden Eingabevektor präsentieren würde. Dieser Punkt wird bei der folgenden Argumentation noch eine wichtige Rolle spielen.

5.5 Simulation von TOTS mit Hilfe selbstorganisierender Merkmalskarten

In Kapitel 4.1.3 wurde gezeigt, daß es kein einheitliches TOT-Phänomen gibt, sondern vielmehr eine Reihe von TOT-Phänomenen, die sich in verschiedenen Aspekten wie z.B. Persistenz des TOTS, Auftreten von *interlopern* oder auch durch die Art der TOT-Auflösung voneinander unterscheiden. Dementsprechend müßte man, aufgrund der Komplexität und Vielgestaltigkeit von TOTS, für eine Simulation der verschiedenen TOT-Phänomene den gesamten Prozeß der Sprachproduktion, wie er beispielsweise von Levelt beschrieben wurde, modellieren. Die Simulation solch komplexer Phänomene ist beim augenblicklichen Stand der Forschung jedoch nicht möglich. Aus diesem Grund beschränkt sich auch die vorliegende Arbeit auf die Modellierung der Entstehung und Auflösung von TOTS.

Bislang stellt, trotz der fehlenden Simulationsergebnisse, die TDH von Burke et al. (siehe Kapitel 3.1.4) den einzigen konkreten Erklärungsansatz für die Entstehung von TOTS dar, der zumindest in seinen Grundzügen ausformuliert wurde. In diesem Ansatz gehen die Autoren davon aus, daß TOTS entstehen, weil die Verbindungen zwischen semantischen und phonologischen Knoten mit der Zeit schwächer werden. Als potentielle Ursachen für Übertragungsdefizite wurden in ihrem Modell die drei Faktoren "[...] frequency of use, recency of use, and aging [...]"⁴⁶ angenommen.

⁴⁶ Burke et al. Seite 545.

Eine hohe Verwendungshäufigkeit bzw. auch die rezente Verwendung einer Wortform laufen in diesem Modell dem allgemeinen Alterungsprozeß zuwider. Im folgenden soll gezeigt werden, wie sich die drei Faktoren Frequenz, Rezenz und Alter mit Hilfe einer SOM simulieren lassen. Darüberhinaus wird ein Modell für die Entstehung und das Abklingen von *interlopern* vorgeschlagen. Daraufhin werden die Vor- und Nachteile der beiden Ansätze miteinander verglichen und ein Ausblick auf potentielle, weitere Lösungsmöglichkeiten gegeben.

Für die Simulation von TOTS wurde ein Kohonennetz programmiert⁴⁷, welches die Netztopologie und die Funktionsweise des Modells von Ritter & Kohonen nachbildet. Mit Hilfe des Computerprogramms konnten beliebige Variationen bezüglich der Anzahl der Iterationen, der Größe des Lernparameters und des Rückkopplungskoeffizienten durchgespielt werden. Ferner wurde das Programm so eingerichtet, daß die Vorgabe der Eingabevektoren entweder durch einen Zufallsgenerator gewählt wurde oder gezielt durch den Benutzer vorgegeben werden konnte.

Im Gegensatz zu dem Modell von Ritter & Kohonen müssen in einem Modell für die Entstehung von TOTS nicht die semantischen Repräsentationen und Relationen berücksichtigt werden, sondern die Verbindungen, die die phonologischen Wortformen repräsentieren. Dazu werden dem Kohonennetz statt semantischer Merkmale phonologische Merkmale präsentiert, so daß sich auf der SOM Bereiche bilden, die dann diese verschiedenen Wortformen repräsentieren. Da bislang noch unklar ist, welche phonologischen Merkmale einer Wortform das Gehirn extrahiert und verarbeitet, stehen bei den folgenden Betrachtungen nicht die verschiedenen Möglichkeiten und Probleme, phonologische Merkmale vektoriell zu kodieren⁴⁸, im Vordergrund, sondern lediglich die Auswirkungen auf eine SOM, die sich durch unterschiedlich häufige Darbietung der Eingabevektoren und durch die systematische Variation von Lernfaktor und Rückkopplungskoeffizient ergeben. Für TOT-Simulationen mit Hilfe einer SOM ist einzig die Unterscheidbarkeit der Eingabevektoren wichtig. Deshalb wurden die Wortformen nicht vollständig formalisiert, sondern durch Beispielvektoren repräsentiert. Wie im

⁴⁷ Eine Beschreibung und der Quellcode des Programms finden sich in Kapitel 7. Die Simulationen können mit Hilfe des beiliegenden Programms nachvollzogen werden.

⁴⁸ Die Darstellung einer möglichen phonologischen Merkmalskodierung findet sich bei: Miikkulainen, R. (1997). Seite 361.

vorangegangenen Kapitel bereits besprochen, funktionieren KNN unabhängig von der Bedeutung, die man den Vektoren oder den synaptischen Gewichtungen beimißt. Für das erfolgreiche Lernen der Eingabevektoren hingegen gibt es vier notwendige Bedingungen, die von Ritter & Kohonen folgendermaßen formuliert wurden:

(i) the neurons are exposed to a sufficient number of different inputs, (ii) for each input, only the synaptic input connections to the excited group are affected, (iii) similar updating is imposed on many adjacent neurons, and (iv) the resulting adjustment is such that it enhances the same responses to a subsequent, sufficiently similar input.⁴⁹

Diese allgemeine Beschreibung der Voraussetzungen für einen erfolgreichen Lernvorgang zeigt die hohe Flexibilität von SOM-Modellen. Dabei wird der erste Punkt *sufficient number of different inputs* nicht weiter spezifiziert, da bei dieser Voraussetzung mehrere Faktoren, wie z.B. die Anzahl der Neuronen in der SOM, die Anzahl der Eingabevektoren oder auch die Lernrate relevant sind. Bevor nun das SOM-Modell vorgestellt und diskutiert wird, soll gezeigt werden, wie sich eine solche neuronale Interpretation der Wortformaktivierung in das Sprachproduktionsmodell von Levelt integrieren läßt, damit der Zusammenhang mit den verschiedenen Sprachkomponenten deutlich wird.

Wie in Kapitel 3 bereits gezeigt wurde, gibt es in dem Sprachproduktionsmodell von Levelt (Abbildung 16) eine Lexikonkomponente, die in *lemmas* und *forms* aufgeteilt ist. Das Modell von Ritter & Kohonen stellt eine Möglichkeit dar, wie die Anordnung von *lemmas* im mentalen Lexikon entstehen könnte. Das folgende Modell dagegen betrifft einerseits den zweiten Bereich des Lexikons, die *forms*, d.h. die Repräsentationen der Wortformen, und andererseits die Verbindungen von den Wortformen zu der letzten Komponente des *formulators*, in dem das *phonological encoding* stattfindet. Wie in Kapitel 3 bereits diskutiert, läßt sich beim derzeitigen Forschungsstand nicht exakt bestimmen, inwieweit es sich bei der Produktion eines Wortes um einen linearen Prozeß handelt und inwieweit interaktive Prozesse beteiligt sind. Insbesondere sind die neuronalen Grundlagen der Prozesse im mentalen Lexikon noch weitgehend unbekannt, was auch Miikulainen betont: "Not

⁴⁹ Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Seite 245.

much is known about the structures underlying higher functions such as the lexicon."⁵⁰ Dementsprechend müssen für den Verlauf einer Wortproduktion einige einschränkende Annahmen gemacht werden. Analog zu den Annahmen, die von Levelt getroffen worden sind, wird auch in der vorliegenden Arbeit davon ausgegangen, daß es eine phonologische Repräsentation für jede Wortform gibt, die unabhängig von der eigentlichen artikulatorischen Steuerungskomponente existiert. Ferner wird angenommen, daß zunächst diese phonologische Repräsentation aktiviert wird, bevor daraufhin die Verbindungen, die für den *phonetic plan* und die Realisierung der Artikulation verantwortlich sind, aktiviert werden. Auf dem Weg von den *lemmas* werden somit mehrere Ebenen bzw. Neuronenschichten durchlaufen, bevor es zur eigentlichen Artikulation kommt. Auf einer dieser Schichten sind die abstrakten Wortformen repräsentiert. Bei dieser Sichtweise ist es notwendig, daß die Kohonenschicht nicht nur eine Repräsentationsebene darstellt, sondern daß durch die Aktivierung von Neuronen dieser Repräsentationsebene weitere Aktivierungen angestoßen werden, die dann letztendlich zur Steuerung der Muskulatur der Sprechorgane und damit zur Artikulation führen. Diese Notwendigkeit einer Erweiterung von SOMs haben Ritter et al. folgendermaßen formuliert:

Das Gehirn kann sich jedoch nicht allein auf die Repräsentation sensorischer Eingangssignale beschränken, sondern muß ebenso die dazu komplementäre Aufgabe der Ansteuerung der Muskulatur lösen.⁵¹

Die folgende vereinfachte Abbildung zeigt schematisch die Netztopologie einer SOM, die über die reine Repräsentation von sensorischen Signalen, wie sie von Ritter & Kohonen vorgeschlagen wurde, hinausgeht und eine motorische Funktionalität aufweist, welche sich durch Verbindungen von den Neuronen der Kohonenschicht zu den Ausgabeneuronen ergibt.

⁵⁰ Miikulainen, R. (1997). Seite 335.

⁵¹ Ritter, H. & Martinez, T. & Schulten, K. (1991). *Neuronale Netze – Eine Einführung in die Neuroinformatik selbstorganisierender Netzwerke*. Seite 133.

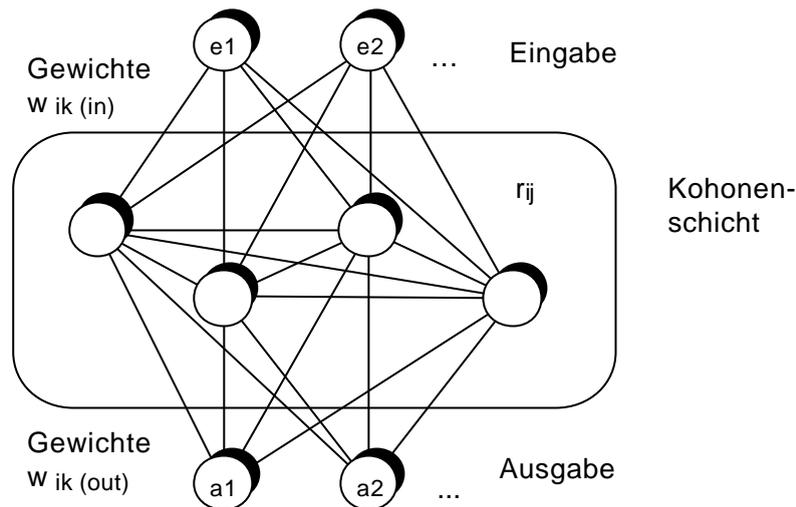


Abbildung 11: Schema eines erweiterten Kohonen-Netzwerkes.

Die Abbildung verdeutlicht die Möglichkeit, daß eine SOM nicht nur sensorische oder rezeptive Funktionen übernehmen kann, sondern durch die Erweiterung von Verbindungen, die von der Kohonenschicht zu weiteren neuronalen Arealen laufen, auch motorische Steuerungsaufgaben wie die der Sprechorgane realisieren kann. Für die Simulation von TOTS bleiben jedoch wie bei Ritter & Kohonen die Verbindungen von der Eingabeschicht zur Kohonenschicht im Zentrum der Betrachtung. Es wird angenommen, daß in diesen Verbindungen die synaptischen Repräsentationen der Wortformen in Form von spezifischen Aktivierungsmustern realisiert sind und daß mindestens ein Neuron der Kohonenschicht aktiviert werden muß, um einen Aktivierungsprozeß in der Folgeschicht bzw. in den weiterführenden Verbindungen zu bewirken. Die Neuronen der Kohonenschicht samt ihrer Verbindungen $w_{k(in)}$ können als Teil des mentalen Lexikons betrachtet werden, wohingegen die Verbindungen $w_{k(out)}$, die von den Neuronen des mentalen Lexikons zu den Neuronen der Ausgabeschicht führen, bereits als Teil des *formulators* betrachtet werden können und entweder direkt an der motorischen Steuerung der Sprechorgane oder an der weiteren Kodierung des *phonetic plan* beteiligt sind.⁵² Die Gewichte r_{ij} stehen für die Verbindungen zwischen den Neuronen der Kohonenkarte und bilden die Grundlage für wechselseitige

⁵² Diese hypothetischen Annahmen müssen im Laufe der Zeit durch die Neurowissenschaften präzisiert werden.

Hemmungsprozesse, d.h. die laterale Inhibition von Neuronen, die im weiteren eine wichtige Rolle bei der Interpretation des Entstehens von TOTS spielen wird. Das folgende Kapitel zeigt die Ergebnisse des Versuchs, TOTS mit Hilfe einer solchen Netztopologie zu simulieren, wobei das Kohonennetz wie bei Ritter & Kohonen aus einer SOM mit 10 mal 10 Neuronen besteht.

5.5.1 Die Ergebnisse der Computersimulation von TOTS

Kohonenkarten haben gegenüber anderen KNN-Typen zwei entscheidende Vorteile, wenn es um die Simulation kognitiver Phänome geht. Der erste besteht darin, daß das Lernverfahren ohne 'Lehrer', d.h. ohne externe Überwachung funktioniert, wodurch eine wesentlich höhere biologische und kognitive Plausibilität gegenüber KNN-Typen mit überwachtem Lernverfahren gegeben ist.

Der zweite Vorteil besteht darin, daß das Lernen nie abgeschlossen ist, d.h., daß es keine künstliche Trennung zwischen einer Lern- und einer *recall*-Phase gibt. Lernen ist ein kontinuierlicher Prozeß, wie auch Levelt betont: "The mature language user keeps expanding his lexicon as new words are needed or arise in the language."⁵³ Dieser nie endende Lernprozeß wird auf einer Kohonenkarte durch die ständige, dynamische Umstrukturierung der Repräsentationsbereiche widerspiegelt.⁵⁴ Diese zweite Eigenschaft, die Kontinuität des Lernens, bildet die Grundlage der weiteren Argumentation, da besonders die verschiedenen TOT-Phänomene darauf hinweisen, daß eine Wortform nicht ein einziges Mal gelernt wird und von diesem Zeitpunkt an immer zur Verfügung steht, sondern vielmehr einen variablen Grad der Aktivierbarkeit bzw. Verfügbarkeit aufweist. Zum Lernen gehört immer auch Vergessen, d.h., daß Wortformen u.U. neu gelernt, respektive von Zeit zu Zeit reaktiviert werden müssen, um nicht vergessen zu werden. Jeder Gebrauch eines Wortes oder allgemein eines Gedächtnisinhaltes wirkt sich aus dieser Sicht auf das

⁵³ Levelt, W.J.M. (1989). Seite 1.

⁵⁴ Voraussetzung für die Möglichkeit einer Umstrukturierung ist natürlich, daß nicht aus pragmatischen Gründen der Lernfaktor und der Rückkopplungskoeffizient gegen null streben, wodurch keine weitere Dynamik auf der SOM zu erzielen wäre.

Speichermedium Gehirn aus, indem es Spuren im Gedächtnis⁵⁵ hinterläßt und damit dem Prozeß des Vergessens entgegenwirkt. Beispielsweise kann davon ausgegangen werden, daß sich bei den für die vorliegende Arbeit befragten Vps nach der Aufzählung aller Affenarten durch die Reaktiverungen der Wortformen im mentalen Lexikon Veränderungen ergeben haben, da einige Vps sich, wie in Kapitel 4.1.3 gezeigt wurde, besonders an Wortformen, die zu TOTS führten, im Nachhinein sehr gut erinnern konnten. Überspitzt formuliert ist das mentale Lexikon der Vps nach der Aufzählungsaufgabe nicht mehr das gleiche wie vorher, d.h., daß es sich beim mentalen Lexikon um ein hochdynamisches System handelt, welches sich durch permanente Umstrukturierungs- bzw. Reorganisationsprozesse auszeichnet.⁵⁶ Die Spuren, die die Aufzählungen hinterlassen haben, werden als Veränderungen an den Synapsen, die an der Speicherung und der Aktivierung der Wortformen beteiligt sind, betrachtet.

Im folgenden werden exemplarisch mögliche phonologische Repräsentationsformen und die Veränderungen an den synaptischen Verbindungen in Form einer SOM wiedergegeben⁵⁷. Für diese Beispiele wurden der SOM aus der Kategorie der Affenarten die sieben Wortformen 'Baboon', 'Chimpanzee', 'Gibbon', 'Gorilla', 'Lemure', 'Orang-Utan' und 'Rhesus' in Form von Vektoren dargeboten. Wie oben bereits angedeutet, liegt dabei der Focus auf den Verbindungen zwischen den Eingangsvektoren und den Neuronen der Kohonenschicht. Um die Ergebnisse besser darstellen zu können, wurden den Werten der Verbindungsgewichte in Anlehnung an die Darstellungsform von Ritter & Kohonen die ersten drei

⁵⁵ Für einen Vergleich zwischen den Erkenntnissen über Gedächtnisspuren in Gehirn und KNN siehe: Alkon, D.L. (1990). *Gedächtnisspuren in Nervensystemen und künstliche neuronale Netze*. In: Spektrum der Wissenschaft Sonderband: Gehirn und Kognition. Seite 84-93.

⁵⁶ Für den Nachweis solcher Reorganisationsprozesse im Gehirn siehe: Elbert et al. (1994). *Extensive reorganization of the somatosensory cortex in adult humans after nervous system injury*. In: Neuroreport 16. Seite 2593-2597.

⁵⁷ Die Wahl der Kategorie sowie die Anzahl der verwendeten Wortformen ist unerheblich für die Simulationsergebnisse. Mit einer SOM können ebenso alle anderen Kategorien und Wortformen verarbeitet bzw. simuliert werden. Bei der Formalisierung der phonologischen Eigenschaften könnte z.B. die Anzahl der Silben berücksichtigt und so gewichtet werden, daß jeweils alle Wortformen mit der gleichen Silbenzahl einen gemeinsamen Bereich auf der SOM bilden. Wie jedoch in Kapitel 2 bereits diskutiert wurde, gibt es für eine solche Organisation des mentalen Lexikon noch keine Belege.

Buchstaben der entsprechenden Wortformen zugeordnet. Die erste Abbildung zeigt den Zustand nach der Initialisierung der SOM durch Zufallswerte. Entsprechend den zufällig gewählten Werten der Gewichte sind auch die den Werten zugeordneten Wortformen, respektive deren Darstellungen in der Tabelle, zufällig auf der SOM verteilt.⁵⁸ Diese wahllose Verteilung entspricht modellhaft dem Zustand der synaptischen Verbindungen vor jeglichem Lernprozeß.

GIB	CHI	ORA	CHI	ORA	LEM	RHE	LEM	GOR	CHI
LEM	GOR	GIB	BAB	GOR	CHI	BAB	LEM	ORA	GOR
ORA	BAB	ORA	GOR	LEM	ORA	RHE	BAB	CHI	GIB
GIB	ORA	ORA	BAB	CHI	GOR	BAB	GOR	GIB	GOR
BAB	GOR	BAB	GIB	BAB	LEM	GIB	GIB	LEM	CHI
ORA	GIB	CHI	LEM	RHE	GOR	LEM	CHI	BAB	LEM
LEM	LEM	ORA	GOR	LEM	ORA	GIB	BAB	BAB	ORA
ORA	GOR	RHE	GIB	RHE	CHI	LEM	GOR	ORA	GIB
RHE	ORA	CHI	GOR	CHI	RHE	GIB	RHE	CHI	LEM
BAB	LEM	GOR	LEM	GIB	GIB	ORA	CHI	GOR	CHI

Abbildung 12: Zufällige Verteilung nach der Initialisierung, d.h. noch vor dem ersten Lernschritt.

Die folgende Abbildung zeigt die gleiche SOM nach 300 Lernschritten, wobei jeder Eingabevektor mit gleich großer Wahrscheinlichkeit an das Netz angelegt wurde.

⁵⁸ Hier könnte leicht der Eindruck entstehen, daß auf der Kohonenkarte bereits irgendwelche Informationen repräsentiert seien. Dem ist natürlich nicht so. Die Werte sind durch einen Zufallsgenerator gewählt und stellen zunächst keinerlei Repräsentation irgendeiner Information dar.

GIB	GIB	GIB	GIB	GIB	GOR	GOR	GOR	GOR	GOR
GIB	GIB	GIB	GOR						
GIB	GIB	GOR	GOR	GOR	GOR	LEM	LEM	LEM	LEM
GIB	BAB	BAB	BAB	GOR	GOR	LEM	LEM	LEM	CHI
BAB	BAB	BAB	BAB	ORA	LEM	LEM	LEM	LEM	CHI
BAB	BAB	BAB	BAB	ORA	LEM	LEM	LEM	CHI	CHI
BAB	BAB	BAB	BAB	ORA	ORA	LEM	LEM	CHI	CHI
BAB	RHE	RHE	ORA	ORA	ORA	LEM	CHI	CHI	CHI
RHE	RHE	RHE	ORA	ORA	ORA	ORA	CHI	CHI	CHI
RHE	RHE	RHE	ORA	ORA	ORA	ORA	CHI	CHI	CHI

Abbildung 13: Die SOM nach den ersten 300 Lernschritten.

Wie erwartet, hat sich eine Ordnungsstruktur ergeben, die das Resultat aus den zufälligen Anfangswerten und den Präsentationen der Eingabevektoren darstellt. An diesem Punkt haben Ritter & Kohonen ihre Interpretation für semantische Merkmale angesetzt, jedoch keine weiteren Untersuchungen in bezug auf dynamische Veränderungen der SOM durch infrequente Nutzung bestimmter Repräsentationen durchgeführt.

Im folgenden soll gezeigt werden, welche Prozesse auf der SOM stattfinden, wenn der SOM nach diesem ersten Lernprozeß gezielt bestimmte Eingabevektoren häufiger als andere Eingabevektoren vorgegeben werden, was der mehr oder minder zufälligen Verwendung von Wörtern im normalen Sprachgebrauch entsprechen soll. Wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt wurde, hängt die Variabilität der Verbindungen der SOM von dem Wert sigma des Rückkopplungskoeffizienten ab, da über diesen Wert reguliert wird, wie groß der Umkreis um das Siegerneuron ist, an dem noch mitgelernt wird. Vorausgesetzt, daß sigma nicht zu klein wird⁵⁹, so daß nur noch am Siegerneuron gelernt wird, verändert sich die SOM in

⁵⁹ Häufig läßt man sigma aus pragmatischen Gründen gegen null bzw. gegen einen kleinen Wert konvergieren, so daß das Lernverfahren und die Entstehung der Ordnungsstrukturen gesichert ist. Für den mathematischen Hintergrund des Konvergenzverhaltens siehe: Ritter et al. (1991). Kapitel 14 u. 15. Oder: Kohonen, T. (1982a).

Abhängigkeit von der Frequenz und Rezenz der dargebotenen Eingabevektoren. Das folgende Beispiel ist so gewählt, daß sich der Effekt besonders deutlich zeigt. Dabei wurden alle Wortformen bis auf 'Rhesus' weiterhin mit gleich großer Wahrscheinlichkeit an die SOM angelegt. Neben der allgemeinen dynamischen Verschiebung der Synapsenbereiche fällt besonders die schrittweise, graduelle Verdrängung der Verbindungswerte, die für die Kodierung der Wortform 'Rhesus' zuständig waren, auf. Nach dreißig Iterationen ist die Repräsentation der Wortform 'Rhesus' scheinbar nicht mehr vorhanden. Die folgende Abbildung zeigt den Zustand der SOM nach diesen dreißig Iterationen.

GIB	GIB	GIB	GIB	GOR	GOR	GOR	GOR	GOR	GOR
GIB	GIB	GIB	GIB	GOR	GOR	GOR	GOR	GOR	GOR
GIB	GIB	GIB	GIB	GOR	GOR	GOR	LEM	LEM	CHI
BAB	BAB	GIB	GIB	GOR	GOR	LEM	LEM	LEM	CHI
BAB	BAB	BAB	BAB	ORA	ORA	LEM	LEM	LEM	CHI
BAB	BAB	BAB	BAB	ORA	ORA	LEM	LEM	CHI	CHI
BAB	BAB	BAB	BAB	ORA	ORA	ORA	CHI	CHI	CHI
BAB	BAB	ORA	ORA	ORA	ORA	ORA	CHI	CHI	CHI
BAB	ORA	ORA	ORA	ORA	ORA	ORA	CHI	CHI	CHI
ORA	CHI	CHI							

Abbildung 14: Die SOM nach weiteren 30 Iterationen, wobei der Eingabevektor, der die Wortform 'Rhesus' repräsentiert, nicht mehr an das Netz angelegt wurde.

Bei den meisten Bereichen haben sich nur geringe Verschiebungen ergeben, wohingegen die Wortform 'Rhesus' durch die Ausbreitung von 'Orang Utan' und 'Baboon' völlig verdrängt wurde. Diese Verdrängung läßt sich als eine Form des Vergessens aufgrund von geringer Verwendungsfrequenz und -rezenz dieser Wortform interpretieren. Allerdings ist das Wort nicht völlig verdrängt worden, sondern ist latent noch in den Gewichten der Bereiche, die zuvor an die Repräsentationsbereiche für 'Rhesus' angrenzten, vorhanden. Dies läßt sich leicht zeigen, indem man bei den folgenden Iterationen auch die Wortform 'Rhesus' wieder an die SOM anlegt. Um diesen Sachverhalt zu verdeutlichen, wurde der

gleichen SOM für 10 weitere Iterationen nur die Wortform 'Rhesus' dargeboten, was mehreren Aktivierungsversuchen dieser Wortform entsprechen soll. Die folgenden Bereichsausschnitte zeigen die Reaktionen der SOM auf diese zehn Darbietungen, wobei die Fokussierung auf der linken unteren Ecke der SOM liegt.

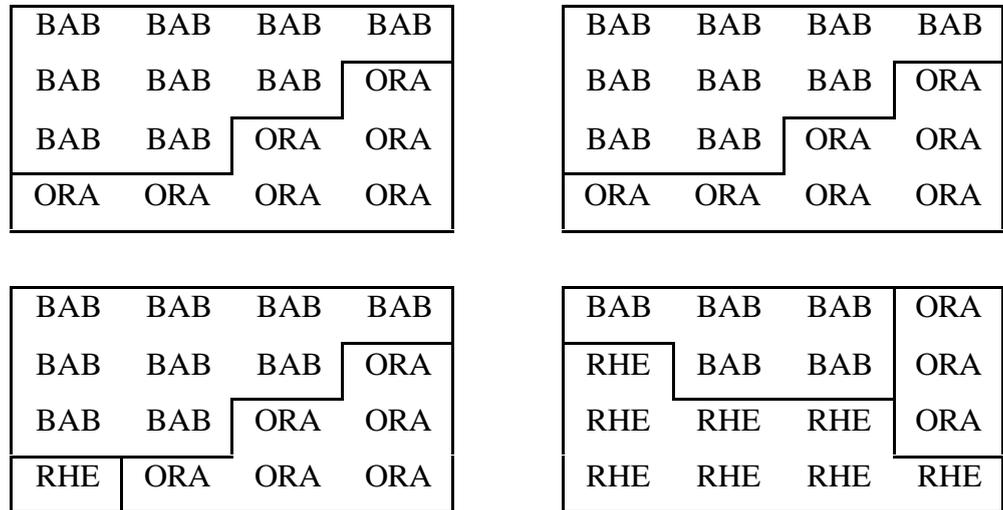


Abbildung 15: Ausschnitt der SOM nach der ersten (links oben), der zweiten (rechts oben), der dritten (links unten) und der zehnten (rechts unten) Iteration.

Hier zeigt sich, daß ein einzelner Aktivierungsversuch einer 'teilweise vergessenen' Wortform noch zu keinem Erfolg geführt hat. Auch der zweite Versuch bleibt erfolglos. Erst beim dritten Versuch reagieren die Neuronen wieder auf das vormals gelernte Wort. Diese Prozesse des Vergessens und der darauffolgenden Reaktivierung lassen sich beliebig oft und für beliebig viele Repräsentationen wiederholen.⁶⁰ Sie stellen die Grundlage für den im folgenden vorgeschlagenen Erklärungsansatz für das Entstehen und Auflösen von TOTS dar.

⁶⁰ Auf diese Weise ließe sich auch der Erwerb neuer Wortformen, d.h. Phänomene des Erst- und Zweitspracherwerbs simulieren. Um eine neue Wortform in die bestehende Ordnungsstruktur der SOM zu integrieren, muß lediglich die neue Wortform entsprechend häufig, d.h. auf jeden Fall häufiger als eine bereits gelernte Wortform angelegt werden. Daraufhin kommt es zu Reorganisationsprozessen auf der SOM. Nach einigen Iterationen wird dann die neue Wortform auf der SOM abgebildet wie alle anderen Wortformen auch.

5.5.2 Interpretation der Simulationsergebnisse

Für die Äußerung eines Wortes müssen nicht nur die Verbindungen zu der SOM, d.h. der Repräsentation der entsprechenden Wortform aktiviert werden, sondern ebenso die Verbindungen, die von dieser Repräsentationsebene zu den weiteren Sprachproduktionsebenen (*phonological encoding – phonetic plan – articulator*) führen. Wieviele solcher Ebenen durchlaufen werden müssen, kann beim derzeitigen Stand der Forschung nicht spezifiziert werden. Geht man jedoch davon aus, daß es überhaupt eine solch abstrakte Repräsentationsebene für Wortformen, wie sie von Levelt vorgeschlagen wurde, gibt, und geht man ferner davon aus, daß diese Repräsentationsebene in irgendeiner Form neuronaler Natur ist, so müssen zumindest einige Neuronen dieser Repräsentationsebene aktiviert werden, damit diese wiederum Aktivierungen an die folgenden Ebenen weiterleiten können. Wieviele Neuronen der SOM aktiviert werden müssen, hängt von der Komplexität der jeweiligen Aufgabe, die ausgeführt werden soll, ab. Für das vorliegende Modell genügt es, ein einzelnes Neuron der Repräsentation zu reaktivieren, wie es der Übergang von dem Ausschnitt rechts oben zu dem Ausschnitt links unten in Abbildung für 'Rhesus' zeigt, um von einem aktiven Erinnerungsvorgang sprechen zu können. Wird die Wortform daraufhin wieder häufiger und rezenter benutzt, so vergrößert sich der Repräsentationsbereich auf der SOM. Weitere Aktivierungsversuche verlaufen zunehmend problemloser. Wie bereits gezeigt wurde, kann es jedoch aus verschiedenen Gründen zum teilweisen Verlust von Repräsentationen kommen. Die Frage, was passiert, wenn eine Vp versucht, die Repräsentation einer Wortform zu aktivieren, die nur noch unterschwellig vorhanden ist, führt zu der Frage nach den potentiellen Ursachen für die Entstehung von TOTS.

5.5.3 Mögliche Ursachen von TOTS aus der Sicht neuronaler Prozesse

Der erste Schritt bei der Entstehung eines TOTS besteht darin, daß die Vp feststellt, daß sie die gesuchte Wortform kennt, d.h., es kommt zu dem bekannten FOK-

Phänomen (siehe Kapitel 2.0). In dem hier vorgeschlagenen Modell entsprechen den vagen Erinnerungen an die gesuchte Wortform die Gedächtnisspuren auf der SOM, die sich durch unterschwellige Restaktivierungen bemerkbar machen.⁶¹ Im nächsten Schritt stellt die Vp mit Hilfe des Monitors fest, daß sie trotz des FOK-Zustandes nicht in der Lage ist, die gesuchte Wortform zu aktivieren. Daraufhin wird eine Entscheidung getroffen, ob weitere Aktivierungsversuche gestartet werden sollen oder eine andere Kommunikationsstrategie verfolgt wird. Gleichzeitig kann es u.U. zum Auftreten von *interlopers* führen. Welche Rolle *interloper* bei der Entstehung von TOTS mit Hinblick auf die dabei ablaufenden neuronalen Prozesse spielen, wird im folgenden Kapitel diskutiert.

5.5.3.1 Die Rolle der *interloper* bei der Entstehung von TOTS

Interloper kommen in dem neuronalen Modell durch die Aktivierung von kortikalen Repräsentationsbereichen vor, die einerseits Ähnlichkeiten zum Zielwort und andererseits eine höhere Verwendungsfrequenz oder –rezenz als das Zielwort aufweisen. Im obigen Beispiel⁶² führen die ersten zwei Reaktivierungsversuche des Zielwortes 'Rhesus' zu der Aktivierung von 'Baboon'. Im mentalen Lexikon, das nicht nur aus sieben, sondern aus tausenden von Begriffen besteht, könnten das auch andere Wortformen sein. Der *interloper* 'Baboon' wird in diesem Fall zweimal statt des Zielwortes aktiviert. Erst der dritte Aktivierungsversuch führt zur Hemmung des *interlopers* 'Baboon' und der korrekten Aktivierung des Zielwortes. Die Repräsentationsbereiche, die zunächst fälschlicherweise aktiviert wurden, entsprechen ungefähr den Bereichen, die vor dem Vergessensprozeß noch die gesuchte Wortform repräsentiert haben, im Laufe der Zeit jedoch durch die oben vorgestellten Reorganisationsprozesse eine andere Wortform repräsentieren. Bei den folgenden Aktivierungsversuchen wird die gesuchte, vergessene Wortform

⁶¹ Eine Präzisierung dieser Vorstellung ist bei der momentanen Forschungssituation nicht möglich, da diese ein gesichertes Modell der Entstehung von Bewußtsein voraussetzen würde.

⁶² An dieser Stelle wird nur der Fall eines *interlopers* mit phonologischer Ähnlichkeit zum Zielwort betrachtet. Analog dazu könnte man den Fall eines *interlopers* mit semantischer Ähnlichkeit durch ein Modell, wie Ritter & Kohonen es vorgeschlagen haben, simulieren, da in diesem Fall der Fehler bereits bei der Selektion des Lemmas auftritt.

wieder stärker repräsentiert, und die laterale Inhibition sorgt dafür, daß der *interloper* gehemmt wird. Der 'Wettbewerb', der zwischen *interloper* und Zielwort um die größtmögliche Aktivierung stattfindet, ist dabei bereits inhärent in dem SOM-Modell durch den *competitive learning*-Mechanismus realisiert. Deshalb ist es, im Gegensatz zur NST von Burke et al., nicht nötig, zusätzlich eine Zerfallsrate für die Aktivierungen der Neuronen in das Modell aufzunehmen.

Damit ergibt sich ein neues Bild für die Ursachen von TOTS. Die Streitfrage, ob TOTS durch *interloper* entstehen oder nicht (siehe Kapitel 3.1.1), stellt sich so nicht mehr. Jones hat sicherlich recht, wenn er schreibt: "It appears that interlopers tend to induce TOT states by obstructing retrieval, rather than to nullify them by facilitating retrieval."⁶³ Einer monokausalen Interpretation von *interlopern* kann jedoch schon allein deshalb nicht zugestimmt werden, weil TOTS auch ohne *interloper* auftreten können. *Interloper* stellen einerseits eine Konsequenz bzw. ein Resultat der neuronalen Prozesse der Wortaktivierung dar und wirken andererseits interdependent auf diese Prozesse und somit auf die Aktivierbarkeit anderer Wortformen zurück. *Interloper* können an der Entstehung von TOTS beteiligt sein, haben aus der Sicht des vorgeschlagenen neuronalen Modells aber immer nur einen mitverursachenden Charakter. Es muß also noch andere Faktoren geben, die bei der Entstehung von TOTS eine Rolle spielen.

5.5.3.2 Die Rolle der lateralen Inhibition bei der Entstehung von TOTS

TOTS entstehen durch das Zusammenspiel von mehreren Faktoren, die entweder interner Natur sind, d.h. direkt an der Veränderbarkeit der synaptischen Gewichte, also an der Neuroplastizität beteiligt sind, oder externer Natur, d.h. nur indirekt auf die Veränderbarkeit der synaptischen Gewichte wirken. Zu den externen Faktoren zählen die Frequenz und Rezenz des Wortgebrauchs.⁶⁴ Diese sind untrennbar an die

⁶³ Jones, G.V. (1989). *Back to Woodworth: Role of interlopers in the tip-of-the-tongue phenomenon*. Seite 69.

⁶⁴ Nicht alle Faktoren, die beim Erlernen und beim Gebrauch von Wörtern bzw. von Wortformen eine Rolle spielen, lassen sich so einfach zuordnen. Eine schwierige Frage ist z.B., welche Rolle die Relevanz, die eine Person einer Wortform beimißt, spielt. Häufig wird der Versuch, sich eine Wortform zu merken, von Aussagen begleitet: "Ich muß mir endlich mal den Namen merken." oder

internen Faktoren gekoppelt, zu denen die Lernrate und der Rückkopplungskoeffizient zählen. Aus dieser Sicht löst sich die scharfe Grenze und Trennung zwischen schwacher Aktivierung und Hemmung auf. In vielen TOT-Untersuchungen wurde versucht, eine Entscheidung zwischen zwei Theorien herbeizuführen, wie beispielsweise bei Meyer & Bock: "Tip-of-the-tongue states may represent the momentary unavailability of an otherwise accessible word or the weak activation of an otherwise inaccessible word."⁶⁵ Da die Aktivierung von Neuronen auf einer SOM sich aus den aktivierenden und hemmenden Einflüssen der Verbindungen von den Eingangsneuronen und den Nachbarneuronen ergibt, wird auch die Differenzierung zwischen schwacher Aktivierung und Hemmung überflüssig. Es sind sowohl hemmende als auch zu schwache synaptische Verbindungen ursächlich an der Entstehung von TOTS beteiligt. Wie bei den *interlopern* gilt auch hier, daß inhibitorische Effekte nie alleine für das Auftreten von TOTS verantwortlich sind, sondern mit den anderen Faktoren zusammenwirken. Der einzige Faktor, der prinzipiell alleine für einen TOTS verantwortlich sein kann, ist das Alter.

5.5.3.3 Die Rolle der Alterungsprozesse bei der Entstehung von TOTS

Alterungsprozesse können in einem neuronalen Modell auf unterschiedliche Weise simuliert werden. Einmal direkt über die internen Faktoren Lernrate und Rückkopplungskoeffizient, zum anderen über den Abbau von Neuronen und synaptischen Verbindungen. Für beide Varianten gibt es hinlänglich biologische Evidenz. Zum Beispiel konnte der Nachweis erbracht werden, daß sich die

"Ich kann mir einfach nicht merken, wie das Ding heißt." oder "Ach das ist doch egal – morgen habe ich ohnehin wieder vergessen, wie das heißt.". Wie sich die Motivation und die subjektive Einschätzung der Relevanz auf den neuronalen Lernprozeß auswirken, ist jedoch noch unklar. Ginge man davon aus, daß eine hohe Motivation sich in einer erhöhten Lernrate widerspiegelt, so müßte man den Faktor Relevanz zu den internen Faktoren zählen. Ginge man jedoch davon aus, daß sich die Intention, eine Wortform einzuprägen, durch eine größere Anzahl von Lernzyklen widerspiegelt, so müßte man den Faktor Relevanz zu den externen Faktoren zählen. Vielleicht ist es aber auch eine Kombination dieser Möglichkeiten.

⁶⁵ Meyer, A.E. & Bock, K. (1992). Seite 715.

Konzentration von Acetylcholin⁶⁶ im kortikalen Bereich mit dem Alter stetig verringert.⁶⁷ Da im Gehirn jedoch sehr viele verschiedene Neurotransmitter existieren, können über so einfache Faktoren wie die Lernrate oder den Rückkopplungskoeffizienten in KNN nur sehr begrenzt konkrete Simulationsergebnisse erzielt werden. Dennoch könnte man die Variabilität der beiden Faktoren in Verbindung mit Alterungsprozessen bringen, indem man folgende einfache Korrelationen annimmt. Ginge man etwa davon aus, daß die Verringerung einer oder beider Faktoren des KNN einer Verringerung des Auftretens bestimmter, für die synaptische Reizübertragung notwendiger, chemischer Stoffe wie Neurotransmitter stehen, so wäre in einem ersten, tentativen Schritt eine solche Korrelation hergestellt. Sowohl die Lernrate als auch der Rückkopplungskoeffizient beeinflussen in KNN direkt die Neuronplastizität, also die dynamischen Veränderungen an den Synapsen, und simulieren damit in gewisser Weise die unterschiedlichen Mengen und Wirkungsweisen von Neurotransmittern, die bei der synaptischen Reizübertragung ausgeschüttet werden. Somit wäre ein Zusammenhang mit dem biologischen Vorbild, dem Gehirn, hergestellt. Läßt man nun in der Simulation z.B. den Lernfaktor sinken, wird also beispielsweise die Lernrate von 0,9 auf 0,85 gesenkt, so finden sämtliche Reorganisationsprozesse entsprechend langsamer statt, was wiederum vermehrte Schwierigkeiten bei der Aktivierung von Wortformen zur Folge hat.⁶⁸ Bei dem obigen Beispiel 'Rhesus' bewirkt bereits eine Absenkung der Lernrate von 0,9 auf 0,8, daß vier statt nur drei Aktivierungsversuche nötig sind, um die Wortform zu reaktivieren. Eine weitere Absenkung der Lernrate von 0,8 auf 0,7 hat zur Folge, daß fünf Aktivierungsversuche nötig sind, um die Wortform zu reaktivieren. Für eine möglichst realistische Simulation müßte das Absenken der Lernrate entsprechend an die Verlaufskurve der Verringerung entsprechender

⁶⁶ Bei Acetylcholin handelt es sich um eine chemische Substanz, die bei der synaptischen Reizübertragung eine wichtige Rolle spielt. Zur Wirkungsweise von Neurotransmittern wie Acetylcholin, Serotonin, Dopamin, Adrenalin etc. siehe: Zell, A. (1994). *Simulation Neuronaler Netze*. Seite 47ff.

⁶⁷ Siehe dazu: Feuerstein, T.J. & Lehmann, J. & Sauermann, W.V. & Velthoven, V. & Jackisch, R. (1992). *The autoinhibitory feedback control of acetylcholine release from human neocortex tissue*. In: *Brain Research* 572. Seite 64-71.

⁶⁸ Über solche Veränderungen an den Variablen des KNN könnten dann auch psychologische Faktoren wie Streß, Konzentrationsprobleme oder Müdigkeit in die Simulation einfließen.

Neurotransmitter angepaßt werden.

Die zweite Möglichkeit, Alterungsprozesse in die Simulation von TOTS einfließen zu lassen, besteht in der Deletion von Neuronen. Auch hier gibt es klare Belege dafür, daß solche Prozesse permanent im Gehirn ablaufen, wie u.a. die Arbeiten von Selkoe zeigen. Er schreibt: "Age-associated changes have been most studied in neurons, which in general do not multiply after birth. As individuals grow older, their overall number of brain neurons decreases [...]."⁶⁹ Auch wenn abgestorbene Neuronen nicht ersetzt werden, so ist doch gesichert, daß das Gehirn in der Lage ist, das Absterben von Neuronen teilweise zu kompensieren: "[...] the brain is capable of dynamic remodeling of its neuronal connections, even in later years [...]"⁷⁰. Ein TOT könnte also auch einfach dadurch zustande kommen, daß ein Neuron aus dem Repräsentationsbereich der gesuchten Wortform abgestorben ist. Bei einem Aktivierungsversuch der Wortform käme es dann entweder zu keiner oder nur zu einer unvollständigen Reaktivierung der Wortform und damit u.U. zu einem TOTS. Das Absterben von Neuronen könnte der einzige Faktor sein, der alleine und unmittelbar zu einer Wortfindungsstörung führt. Diese potentielle Erklärung für das Auftreten von TOTS trifft nicht ausschließlich auf ältere Menschen zu, da auch bei jüngeren Menschen permanent Neuronen absterben, jedoch in geringerem Umfang. Die Vermehrung der Probleme erklärt sich einerseits durch die größere Anzahl von Neuronen, die im Laufe der Zeit absterben, und andererseits durch verlangsamte neuronale Reorganisationsprozesse. Alterungsprozesse könnten demzufolge direkten Einfluß auf den Prozeß der Wortfindung haben.

5.6 Abschließende Diskussion der Computersimulation und Vergleich mit anderen Modellen

Die Beobachtungen der Veränderungen auf einer SOM bei variierenden Parametern der internen und externen Faktoren haben gezeigt, daß es eine Reihe von Parallelen und Analogien zwischen diesen Veränderungen und dem Entstehen und der Auflösung von TOTS gibt. Das Fazit aus diesen Beobachtungen ist, daß es für eine

⁶⁹ Selkoe, D.J. (1992). *Aging Brain, Aging Mind*. In: Scientific American 9: Special Issue. Seite 97.

⁷⁰ Ebd. Seite 98.

umfassende Theorie über die möglichen Ursachen von TOTS wichtig ist, nicht nur externe Faktoren wie die Frequenz und Rezenz von Wortformen, sondern auch interne Faktoren wie die dynamischen Prozesse des neuronalen Speichermediums Gehirn mit in Betracht zu ziehen. Auf diese Weise lassen sich nicht nur die genannten Faktoren plausibler zusammenführen und deren wechselseitige Beziehungen aufdecken, sondern auch Alterungsprozesse direkt mit in eine solche Theorie integrieren. Dabei muß vor allem berücksichtigt werden, daß das Gehirn nicht nur lernt, sondern auch vergißt und daß die beiden Prozesse Lernen und Vergessen eng miteinander verflochten sind. Für die Simulation von TOTS spielt dabei vor allem der Zusammenhang von Vergessen und neuronalen Prozessen eine Rolle. Diesen betont auch Schmidt, wenn er schreibt:

Auf der neuronalen Ebene können Konnektivitäten zwischen Neuronenkomplexen abgeschwächt, verändert oder aufgelöst werden, so daß sie nicht mehr als gebahnte Muster der Erregungsausbreitung zur Verfügung stehen (d.h. aktiviert werden können).⁷¹

Es gilt nun, die Vor- und Nachteile der vorgeschlagenen neuronalen Betrachtungsweise von TOTS gegeneinanderzuhalten. Zunächst zu den Nachteilen und Problemen, die sich für das vorgeschlagene neuronale Modell ergeben. Am Anfang jeder neuronalen Modellierung oder Simulation steht die Reduktion der Komplexität und die Formalisierung des biologischen Vorbildes, die eine ganze Reihe von Abstraktionen und Generalisierungen nötig macht. Dadurch werden einige, u.U. entscheidende Aspekte des Vorbildes des Modells ausgeblendet, wie z.B. die Tatsache, daß Neuronen für eine kurze Zeit nach der Reizübertragung nicht in der Lage sind, weitere Signale zu übertragen. Diese Phase, die sogenannte Refraktärzeit, läßt sich jedoch nur sehr schwer in ein KNN-Modell integrieren und wird deshalb i.d.R. einfach ignoriert. KNN-Modelle beinhalten zwar die wesentlichen Aspekte des biologischen Vorbildes, aber es ist noch erheblicher Forschungsbedarf nötig, bevor realistischere Modelle von biologischen neuronalen Netzen zur Verfügung stehen werden.

Ein weiteres Problem liegt darin, daß die Repräsentationen von Wortformen nicht

⁷¹ Schmidt, S.J. (1992). *Gedächtnis: Probleme und Perspektiven der interdisziplinären Gedächtnisforschung*. Seite 50.

differenziert genug dargestellt werden können. Prinzipiell lassen sich zwar alle denkbaren phonologischen Merkmale vektorisieren, jedoch ist es wesentlich schwieriger, Teilinformationen aus einem Vektor oder einer verteilten Repräsentation zu extrahieren als beispielsweise in der NST von Burke et al., in welcher a priori alle Teilinformationen als eigenständige Symbole in das Modell aufgenommen werden und zumindest theoretisch auch einzeln angesprochen werden können. Die differenzierte Darstellung der verschiedenen phonologischen Ebenen und Merkmale bei Burke et al. ermöglicht die Modellierung der Teilaktivierung von Wortformen. Da in der NST zu jedem Phonem gesonderte Verbindungen bestehen, läßt sich gut darstellen, wie es dazu kommen kann, daß einzelne Phoneme des Zielwortes aktiviert sein können und dennoch die vollständige Aktivierung ausbleibt, indem die Verbindungen zu den verschiedenen Phonemen unterschiedlich große Werte annehmen, wobei einige Werte den entsprechenden Schwellenwert nicht überschreiten, wodurch die Aktivierung des Phonems ausbleibt (Siehe Kapitel 3.1.4). In diesem Punkt ist die NST dem für diese Arbeit vorgeschlagenen neuronalen Modell überlegen, da auf einer SOM die Phoneme nicht einzelnen Neuronen zugeordnet sind, sondern über mehrere synaptische Verbindungen verteilt repräsentiert werden.

Es stellt sich also die Frage, was für eine neuronale Theorie und Interpretation von TOTS spricht. Der ausschlaggebende Punkt, der für eine neuronale Theorie von TOTS und gegen die NST bzw. die TDH spricht, ist die höhere biologische Plausibilität neuronaler Ansätze. Um diese zu verdeutlichen, wird an dieser Stelle in Anlehnung an Hinton⁷² eine Differenzierung zwischen symbolischen und subsymbolischen Modellen gemacht. Symbolische Ansätze zeichnen sich dadurch aus, daß die Knoten des Netzwerkes für Symbole stehen. Dadurch können beliebige Einheiten wie Phoneme, Morpheme, Silben oder auch ganze Phrasen in das Modell integriert werden, indem man einfach einen Kreis zeichnet, diesen mit einem Namen versieht und daraufhin festlegt, daß dies die Repräsentation des jeweiligen Symbols darstellen soll.⁷³ Schade schreibt zwar dazu: "Der Anspruch, ein Knoten

⁷² Hinton, G. (1991). *Connectionist Symbol Processing*. Siehe auch: Helm, G. (1991). *Symbolische und konnektionistische Modelle der menschlichen Informationsverarbeitung*.

⁷³ In einigen Modellen stehen die Knoten des Netzwerkes u.a. für ganze Sätze. Siehe dazu: Schade, U. (1992). Seite 81 ff.

entspräche einem Neuron, wird dabei nicht erhoben."⁷⁴ Dennoch spricht er noch im gleichen Absatz von der "neuronalen Grundlage dieses Ansatzes."⁷⁵ Aus der Sicht der vorliegenden Arbeit sollte von einer 'neuronalen Grundlage eines Ansatzes' nur gesprochen werden, wenn die zugrundeliegenden Prozessierungseinheiten aus formalisierten, künstlichen Neuronen bestehen, da nur durch diese Formalisierung eine Analogie zu dem Vorbild, den biologischen neuronalen Prozessen hergestellt werden kann. Die symbolische Form der Modellierung ist einerseits sehr flexibel, jedoch unter Berücksichtigung wichtiger Erkenntnisse aus der Neurobiologie völlig unplausibel. Churchland & Sejnowski schreiben dazu:

The types of representation and the styles of computation in the brain appear to be very different from the symbolic expressions and logical inferences that are used in sentence-logic models of cognition.⁷⁶

Es gibt zwei wesentliche Probleme bei symbolischen Ansätzen, wie der NST. Erstens repräsentieren im Gehirn nicht einzelne Neuronen komplette Phrasen, Morpheme oder Phoneme. Eine solche Repräsentationsform wäre, in Anbetracht der Tatsache, daß im Gehirn permanent Neuronen absterben, auch sehr ineffizient, da mit jedem Neuron, welches abstirbt, ein ganzes Symbol, also z.B. eine komplette Wortform unwiederbringlich verloren gehen würde, was zu einem ständigen Funktionsausfall in vielen Arealen führen würde. Beispielsweise könnte es passieren, daß die Wortform 'Rhesus' mit dem Ausfallen eines einzigen Knotens für alle Zeit und vor allem ohne Restrepräsentation verschwinden würde. Aus diesem Grund schreiben Ritter & Kohonen:

Our simulation should not be taken as a suggestion that each word is represented by a so-called "grandmother-cell" in the brain. Each word is a complex piece of information probably redundantly encoded by an entire neuronal population (and several times in separate "lexica".⁷⁷

⁷⁴ Schade, U. (1992). Seite 11.

⁷⁵ Ebd. Seite 11.

⁷⁶ Churchland, P.S. & Sejnowski, T.J. (1991). *Neurophilosophy and Connectionism*. In: Bechtel, W. (Hrsg). *Connectionism and the Philosophy of Mind*. Seite 225.

⁷⁷ Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Seite 252. Unter einer 'Großmutter-Zelle' versteht man eben eine einzige Zelle, die das Wort oder sogar das Konzept 'Großmutter' repräsentieren soll. Sollte diese

Diese Vorstellung einer verteilten Repräsentation schlägt sich direkt in der Funktionsweise der SOM nieder: "[...] it is not a single neuron but a whole subset of cells, surrounding the most responsive one, that gets tuned to a word."⁷⁸ Auf diese Weise kommt es bei einer Deletion von Neuronen auf der SOM zwar zu Problemen, jedoch nicht zum völligen Funktionsausfall.

Symbolverarbeitende Modelle zeigen auch nicht, wie eine Reorganisation aussehen könnte, die dafür sorgt, daß ein ausgefallenes Neuron kompensiert wird. Dennoch behandeln symbolische Ansätze funktional gesehen ihre Knoten wie Neuronen. Bei einigen Ansätzen wird zwar darauf hingewiesen, daß nicht der Anspruch erhoben werden soll, daß die Knoten des Netzwerkes Neuronen im Gehirn entsprechen sollen, doch dann stellt sich die Frage, welche Form der Prozessierung und der Speicherung von Symbolen zugrundeliegt. Ferner wird durch Modelle wie die NST nicht gezeigt, wie die Wörter anfangs gelernt werden bzw. wie und wo neu hinzukommende Wortformen oder allgemein beliebige Knoten in das Netz aufgenommen werden. Im Falle der TDH genügt es auch vollkommen, von einem bestehenden, statischen Netzwerk auszugehen, da lediglich gezeigt werden soll, wie TOTS entstehen können. Es fragt sich dennoch, wie dieses Netzwerk zustandekommt? Es muß vor der Modellierung willkürlich festgelegt werden. Insbesondere die Ordnungsstruktur in der NST muß a priori festgelegt und vorgegeben werden. Bei einem subsymbolischen Ansatz, wie dem von Ritter & Kohonen hingegen, muß lediglich die Netztopologie vorgegeben werden. Neue Wortformen werden von der SOM automatisch korrekt 'einsortiert', d.h., die Ordnungsstruktur in einem Kohonen-Netzwerk organisiert sich von selbst. In bezug auf die Selbstorganisation schreiben Ritter & Kohonen: "We also argue that a similar process may be at work in the brain."⁷⁹ Da das Gehirn keinen 'Lehrer' hat, sich also tatsächlich selbst organisieren muß, ist es sehr wahrscheinlich, daß im Gehirn Prozesse stattfinden, die gewisse Ähnlichkeiten zu dem von Ritter & Kohonen vorgeschlagenen Modell aufweisen. Es bleibt jedoch abzuwarten, ob oder inwieweit diese Ähnlichkeiten in den kommenden Jahren von der

Zelle ausfallen, so müßte plötzlich jede Erinnerung an dieses Wort oder Konzept vergessen sein. Da es solche Phänome jedoch nicht gibt, wird davon ausgegangen, daß Wörter über viele Neuronen bzw. synaptische Verbindungen verteilt repräsentiert sind.

⁷⁸ Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Seite 252.

⁷⁹ Ebd. Seite 241.

Neurobiologie verifiziert werden können.

Ein weiterer Unterschied zwischen der TDH und einer SOM betrifft die Hemmungsmechanismen, d.h. die laterale Inhibition. In der TDH von Burke et al. gibt es keine hemmenden Mechanismen. Da aus der Neurobiologie jedoch seit Jahrzehnten bekannt ist, daß Neuronen sich gegenseitig hemmen können⁸⁰, liegt es nahe, anzunehmen, daß für vorübergehende Gedächtnisblockaden wie TOTS zumindest teilweise hemmende Mechanismen mitverantwortlich sind. In dem vorgeschlagenen SOM-Modell spielen die drei verursachenden Faktoren Frequenz, Rezenz und Alterungsprozesse mit dem modellimmanenten Faktor der Hemmung auf 'natürliche' Weise zusammen, d.h., daß die 'laterale Inhibition' implizit in dem Modell integriert ist und nicht a posteriori als Zusatzannahme hinzugefügt werden muß. Sie spielt auch bei der problemlosen Wortaktivierung immer eine entscheidende Rolle, insofern sie verhindert, daß mehrere Wortformen gleichzeitig aktiviert werden.

Damit sind die Vor- und Nachteile der beiden Ansätze verglichen. Das Fazit ist, daß der subsymbolische Ansatz, der in dieser Arbeit präferiert wurde, zwar keine so detaillierte Modellierung zuläßt wie der symbolische Ansatz von Burke et al., jedoch erstens biologisch wesentlich plausibler ist und zweitens zeigen kann, wie die verschiedenen Faktoren, die an der Entstehung eines TOTS beteiligt sein können, zusammenwirken.

⁸⁰ Siehe dazu: Thompson, R.F. (1990). *Das Gehirn. Von der Nervenzelle zur Verhaltenssteuerung*. Kapitel 1.

6.0 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurden vier Ziele verfolgt. Erstens einen Überblick über den aktuellen Stand der TOT-Forschung zu schaffen; zweitens die möglichen Ursachen von TOTS im Rahmen des Sprachproduktionsmodells von Levelt zu betrachten; drittens eigene Untersuchungen zu den verschiedenen TOT-Phänomenen durchzuführen und schließlich eine eigene, neue Theorie der Entstehung von TOTS zu entwickeln, die das Speichermedium von Wortformen, das Gehirn, zumindest ansatzweise berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich folgendermaßen zusammenfassen.

Es gibt kein einheitliches TOT-Phänomen, sondern eine Reihe unterschiedlicher TOT-Phänomene, die spezifische Charakteristika aufweisen. Zu diesen Charakteristika zählen das Auftreten von einem oder mehreren *interlopern*, die unterschiedliche Dauer von TOTS und die diversen Teilinformationen des Zielwortes, die entweder von den Vps genannt werden oder durch externe Vorgabe zur unmittelbaren Auflösung des TOTS führen können.

Die Auswertung der von den Vps genannten Teilinformationen sowie der Auswirkungen von Teilinformationsvorgaben hat ergeben, daß die Anfangsbuchstaben die wichtigste Rolle beim Zugriff auf das mentale Lexikon spielen. Für die hinteren Buchstaben hat sich ein komplexeres Bild abgezeichnet. Vps versuchen systematische Gegebenheiten des morphologischen Aufbaus von Wörtern zu nutzen, um das Zielwort zu aktivieren. Wird beispielsweise nach einem Meßgerät gefragt, so liegt die Vermutung nahe, daß das Zielwort auf '-meter' endet. Solche Vermutungen fließen offensichtlich direkt in die Aktivierungsversuche des Zielwortes ein. Die Rolle der mittleren Buchstaben spielt dagegen eine wesentlich geringe Rolle, wenngleich deren externe Vorgabe in einigen Fällen zur Auflösung des TOTS beigetragen hat. Dies gilt ebenso für orthographische Merkmale des Zielwortes.

Es hat sich gezeigt, daß TOTS sehr einfach mit Hilfe von Kategoriefragen provoziert werden können. Ferner hat sich die Methode des Interviews gut bewährt, um Informationen über den Verlauf von TOTS zu ermitteln, die bei Befragungen von größeren Gruppen nicht registriert werden können. Dies gilt insbesondere für das Phänomen der unkontrollierten Elizitation, welches auftreten kann, wenn eine

Vp einen oder mehrere Anfangsbuchstaben des Zielwortes geboten bekommt und daraufhin ein dem Zielwort phonologisch ähnliches Wort elizitiert und sogleich als fehlerhaft klassifiziert.

Generalisiert man über die unterschiedlichen TOT-Phänomene, so läßt sich festhalten, daß natürlich vorkommende TOTS durchschnittlich einmal pro Woche auftreten, wobei die Auftretenshäufigkeit von TOTS im allgemeinen mit dem Alter zunimmt.

Die Ursachen von TOTS konnten bislang noch nicht eindeutig geklärt werden. Dennoch haben sich einige wichtige Hinweise auf die Entstehung von TOTS herauskristallisiert. Da TOTS nicht in allen Fällen von *interlopern* begleitet werden, kann eine monokausale Erklärung, die sämtliche TOTS auf das Auftreten von *interlopern* zurückführt, ausgeschlossen werden. Dies schließt jedoch nicht die Möglichkeit aus, daß *interloper* in bestimmten Fällen eine verursachende Wirkung in Form von neuronalen Blockaden bei der Entstehung von TOTS haben. Nach den Erkenntnissen, die einerseits durch die Reihenfolgen der Antworten auf die Kategoriefragen und andererseits durch die Aussagen der Vps in den Interviews gewonnen werden konnten, treten TOTS besonders bei Zielwörtern mit einer geringen Verwendungsfrequenz und -rezenz auf. Neben diesen drei potentiellen Faktoren für die Ursachen von TOTS müssen Alterungsprozesse, die zu einer verlangsamten neuronalen Prozessierung führen können, berücksichtigt werden. Geht man von einem neuronalen Modell aus, wie es in der vorliegenden Arbeit vorgeschlagen wurde, so ergibt sich ein plausibles Gesamtbild, bei dem sich die verschiedenen Faktoren nicht gegenseitig ausschließen, sondern ergänzen. Schließlich wurde ein weiterer Aspekt in die Diskussion um die Ursachen von TOTS eingebracht, indem die Möglichkeit in betracht gezogen wurde, daß das natürliche Absterben von Neuronen zu aufwendigen neuronalen Reorganisationsprozessen führen könnte, die wiederum für eine vorübergehende Inaktivierbarkeit des Zielwortes verantwortlich sein können.

Die folgenden Punkte zeigen, wo noch weiterer Forschungsbedarf besteht und welche Fragen offengeblieben sind bzw. überhaupt erst aufgeworfen worden sind. Erstens müßten noch mehr Untersuchungen zum TOT-Phänomen vorgenommen werden. Forschungsziele wären dabei die Untersuchung verschiedener semantischer und phonologischer Kategorien, verschiedener Wortarten oder auch ganzer Redewendungen, die zu TOTS führen. Auch der Einfluß von Müdigkeit, Alkohol

oder emotionalen Faktoren auf TOTS muß weiter geklärt werden. Es fehlen ebenfalls noch TOT-Daten von bilingualen Sprechern, die zudem einen Beitrag zur Klärung der Frage nach dem Aufbau des mentalen Lexikons bzw. der mentalen Lexika bilingualer Sprecher leisten könnten.

Zweitens bleibt es zukünftigen Arbeiten vorbehalten, weitere KNN-Simulationen mit verschiedenen Algorithmen und komplexeren Netztopologien durchzuführen. Auch eine entsprechende Formalisierung des phonologischen Materials steht noch aus. Diese wurde für die vorliegende Arbeit nicht vorgenommen, da es bei der Simulation von TOTS lediglich um die Prinzipien selbstorganisierender Merkmalskarten sowie die dynamischen Prozesse und Veränderungen auf einer solchen neuronalen Karte ging.

Drittens wäre denkbar, daß die bildgebenden Verfahren in Zukunft auch für die TOT-Forschung neue Erkenntnisse bringen können. Bilder einer Vp in einem TOTS könnten interessante neue Hinweise über die Entstehung, den Verlauf und die Auflösung von TOTS geben.

Schließlich bleiben auch noch wesentliche Fragen, die über das eigentliche TOT-Phänomen weit hinausgehen, offen. Dazu zählt die Frage, wie zwischen automatischen und kontrollierten kognitiven Prozessen unterschieden werden kann. Sofern diese in den Kognitionswissenschaften übliche Unterscheidung¹ aufrechterhalten werden kann, muß auch für TOTS geklärt werden, inwieweit aus einem anfänglich vermeintlich automatisch ablaufenden Versuch einer Wortformaktivierung ein bewußter und kontrolliert gesteuerter Aktivierungsversuch wird. Auch der umgekehrte Weg von einer aktiven Strategie der Wortformaktivierung, wie z.B. dem systematischen Durchlaufen des Alphabetes, über die Strategie, abzuwarten und zu hoffen, daß einem das Zielwort von selbst noch einfallen wird, bis hin zu einem plötzlichen, spontanen *pop-up* könnte im Zusammenhang mit der Unterscheidung zwischen automatischen und kontrollierten kognitiven Prozessen ein interessantes Licht auf die philosophische Frage nach dem Bewußtsein werfen.

¹ Diskussionen über die Trennung zwischen automatischen und kontrollierten Prozessen finden sich bei: Altmann, G.T.M. (1990). *Cognitive models of speech processing: Psycholinguistic and Computational perspectives.*

7. Das Computerprogramm

Das folgende Programm ermöglicht die Simulation einer selbstorganisierenden Merkmalskarte nach Kohonen. Durch die Implementation des von Kohonen entwickelten Lernalgorithmus kann die Entstehung von Ordnungsstrukturen auf einer Kohonenkarte beobachtet werden. Die systematische Variation der Parameter erlaubt die Simulation von Vergessens- und Reorganisationsprozessen.

Das Programm wurde unter Windows 98 mit dem Visual C++ Compiler Version 6.0 von Microsoft erstellt. Um die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Simulationen nachvollziehen zu können, kann die beiliegende Datei 'Affen.dat' genutzt werden. Das ausführbare Programm 'Kohonen 1.exe' und die jeweilige Lexikodatei sollten sich in einem gemeinsamen Verzeichnis befinden, da sonst nach dem Programmstart der gesamte Pfad für die Lexikodatei angegeben werden muß. Die Lexikodatei kann beliebig erweitert und verändert werden. Ebenso ist es möglich eigene Lexikodateien zu erstellen und mit Hilfe des Programms zu verarbeiten.

Die Benutzung des Programms ist sehr einfach. Nach Programmstart wird der Benutzer aufgefordert, zu entscheiden, ob die Gewichtungen bei der Initialisierung der Kohonenkarte reproduzierbar oder nicht-reproduzierbar randomisiert werden sollen. Wird die reproduzierbare Variante gewählt, so kann die Simulation exakt wiederholt werden, indem das Programm neu gestartet wird und die gleichen Parameter gesetzt werden. Daraufhin fragt das Programm nach dem Namen der Lexikodatei. Nach Eingabe des Dateinamens (samt Extension) erscheint eine farbliche Visualisierung der synaptischen Gewichtungen. Mit Hilfe einiger Menüpunkte, kann die Simulation gesteuert werden.

Im folgenden wird der Source-Code des Programms wiedergegeben. Für komplexere Simulationsmöglichkeiten muß auf kommerzielle Simulationsprogramme bzw. auf große Programmpakete, wie z.B. den SNNS (Stuttgarter Neural Network Simulator), die über das Internet verfügbar sind, verwiesen werden.

```

// *****
// * Include files
// *****
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <time.h>

// *****
// * Constants
// *****
const unsigned g_cuRED    = 1;
const unsigned g_cuGREEN  = 2;
const unsigned g_cuBLUE   = 4;
const unsigned g_cuYELLOW = g_cuRED+g_cuGREEN;
const unsigned g_cuWHITE  = g_cuRED+g_cuGREEN+g_cuBLUE;

const unsigned g_cuMaxTextLength = 256;
const unsigned g_cuMaxFeatures  = 100;
const unsigned g_cuMaxDictionaryEntries = 100;
const unsigned g_cuMaxNeuronsPerDimension = 40;
const unsigned g_cuMaxNeuronsTotal =
    g_cuMaxNeuronsPerDimension * g_cuMaxNeuronsPerDimension;

TDictionary g_asDictionary [g_cuMaxDictionaryEntries];
unsigned g_uNumDictionaryEntries;
unsigned g_uNumFeatures;
char g_aszFeature [g_cuMaxFeatures][g_cuMaxTextLength];

unsigned g_uNumNeuronsPerDimension;
unsigned g_uNumNeuronsTotal;
double  g_dEpsilon;
double  g_dSigma;
unsigned g_uNumLearnCycles = 1;

double g_aadFeedbackCoefficients [g_cuMaxNeuronsTotal][g_cuMaxNeuronsTotal];
double g_aadWeights [g_cuMaxFeatures] [g_cuMaxNeuronsTotal];

typedef struct
{
    char szWord [g_cuMaxTextLength];
    int  aiFeature [g_cuMaxFeatures];
}TDictionary;

// *****
// * Return square root
// *****
double sqr (double d)
{
    return d*d;
}

// *****
// * Return random number
// *****
double random ()
{
    return (double)rand () / 32768.0;
}

// *****

```

```

// * Set textcolor
// *****
void textcolor (int iForeColor)
{
    if (iForeColor>=8)
    {
        iForeColor -= 8;
        printf ("%c[1;%dm", (char)27, 30+iForeColor);
    }
    else
    {
        printf ("%c[0;%dm", (char)27, 30+iForeColor);
    }
}

// *****
// * Clear screen
// *****
void clrscr ()
{
    printf ("%c[2J", (char)27);
}

// *****
// * Wait until a key is pressed
// *****
void WaitForKey ()
{
    char szInput [256];
    printf ("Press return to continue.\n");
    gets (szInput);
}

// *****
// * Load the lexicon (e.g. affen.dat)
// *****
void LoadDictionary (const char* cpszInputFile)
{
    unsigned uFeature;
    FILE* pFIn = 0;

    if (cpszInputFile && *cpszInputFile)
        pFIn = fopen (cpszInputFile, "r");

    if (pFIn)
    {
        fscanf (pFIn, "%u\n", &g_uNumFeatures);
        if (g_uNumFeatures >= g_cuMaxFeatures)
            g_uNumFeatures = g_cuMaxFeatures;

        for (uFeature=0; uFeature<g_uNumFeatures; uFeature++)
        {
            fgets (g_aszFeature [uFeature], sizeof g_aszFeature [uFeature], pFIn);
            g_aszFeature [uFeature][sizeof g_aszFeature [uFeature]-1]=0;
            int iLength = strlen (g_aszFeature [uFeature]);
            if (iLength>0 && g_aszFeature [uFeature][iLength-1] == '\n')
                g_aszFeature [uFeature][iLength-1] = 0;
        }

        g_uNumDictionaryEntries = 0;
        while (g_uNumDictionaryEntries < g_cuMaxDictionaryEntries && !feof (pFIn))
        {

```

```

        fscanf (pFIn, "%s\n", g_asDictionary [g_uNumDictionaryEntries].szWord);

        for (uFeature=0; uFeature<g_uNumFeatures; uFeature++)
        {
            fscanf (pFIn, "%d\n",
                &g_asDictionary[g_uNumDictionaryEntries].aiFeature[uFeature]);
        }
        g_uNumDictionaryEntries++;
    }
    fclose (pFIn);
}
else
{
    printf ("Cannot open InputFile '%s' - Exiting.\n", cpszInputFile);
    exit (1);
}
}

// *****
// * Listing of the file containing the lexicon
// *****
void PrintDictionary ()
{
    unsigned uFeature;
    unsigned uEntry;

    printf ("Dictionary:\n");
    for (uEntry=0; uEntry<g_uNumDictionaryEntries; uEntry++)
    {
        printf ("%2d=%-20s:", uEntry, g_asDictionary[uEntry].szWord);
        for (uFeature=0; uFeature<g_uNumFeatures; uFeature++)
        {
            printf (" %3d", g_asDictionary [uEntry].aiFeature [uFeature]);
        }
        printf ("\n");
    }
}

// *****
// * Initializing the neural network
// *****
void GetInitialValuesFromUser ()
{
    char szInput [256];

    printf ("Number of neurons per dimension (max. %d) ",
        g_cuMaxNeuronsPerDimension);
    gets (szInput);
    g_uNumNeuronsPerDimension = atoi (szInput);
    if (g_uNumNeuronsPerDimension > g_cuMaxNeuronsPerDimension)
        g_uNumNeuronsPerDimension = g_cuMaxNeuronsPerDimension;
    if (g_uNumNeuronsPerDimension == 0)
        g_uNumNeuronsPerDimension = 1;
    g_uNumNeuronsTotal =
        g_uNumNeuronsPerDimension * g_uNumNeuronsPerDimension;

    printf ("Epsilon:");
    gets (szInput);
    g_dEpsilon = atof (szInput);

    printf ("Sigma:");
    gets (szInput);
}

```

```

    g_dSigma = atof (szInput);
}

// *****
// * Calculate the feedback coefficients
// *****
void InitFeedbackCoefficients ()
{
    unsigned uS;
    unsigned uZ;

    printf ("InitFeedbackCoefficients...\n");
    for (uZ=0; uZ<g_uNumNeuronsTotal; uZ++)
    {
        for (uS=0; uS<g_uNumNeuronsTotal; uS++)
        {
            int iY = (uZ / g_uNumNeuronsPerDimension) -
                (uS / g_uNumNeuronsPerDimension);
            int iX = (uZ % g_uNumNeuronsPerDimension) -
                (uS % g_uNumNeuronsPerDimension);
            double dDistance = sqrt (iX*iX + iY*iY);
            g_aadFeedbackCoefficients [uZ][uS] = exp ((-dDistance) / (2 * g_dSigma));
        }
    }
}

// *****
// * Print FeedbackCoefficients
// *****
void PrintFeedbackCoefficients ()
{
    unsigned uS;
    unsigned uZ;

    printf ("Feedback Coefficients:\n");
    for (uZ=0; uZ<g_uNumNeuronsTotal; uZ++)
    {
        for (uS=0; uS<g_uNumNeuronsTotal; uS++)
        {
            printf ("%0.1lf ", g_aadFeedbackCoefficients [uZ][uS]);
        }
        printf ("\n");
    }
}

// *****
// * Calculate Weights
// *****
void InitWeights ()
{
    unsigned uFeature;
    unsigned uNeuron;
    printf ("InitWeights...\n");
    for (uFeature=0; uFeature<g_uNumFeatures; uFeature++)
    {
        for (uNeuron=0; uNeuron<g_uNumNeuronsTotal; uNeuron++)
        {
            g_aadWeights [uFeature][uNeuron] = random () * 2 - 1;
        }
    }
}
// *****

```

```

// * Print Weights
// *****
void PrintWeights ()
{
    unsigned uFeature;
    unsigned uNeuron;

    printf ("Weights:\n");
    for (uFeature=0; uFeature<g_uNumFeatures; uFeature++)
    {
        for (uNeuron=0; uNeuron<g_uNumNeuronsTotal; uNeuron++)
        {
            printf ("%4.1lf ", g_aadWeights [uFeature][uNeuron]);
        }
        printf ("\n");
    }
}

// *****
// * Return a randomly chosen entry from the lexicon
// *****
unsigned SelectInputVectorIndex ()
{
    return rand () % g_uNumDictionaryEntries;
}

// *****
// * Find the index of the winner neuron
// *****
unsigned GetWinnerNeuronIndex (unsigned uInputVectorIndex)
{
    unsigned uFeature;
    unsigned uNeuron;
    unsigned uWinnerNeuronIndex = 0;
    double dMinSum = 0;

    if (uInputVectorIndex >= g_uNumDictionaryEntries)
    {
        printf ("Error: uInputVectorIndex out of range - Exiting\n");
        exit (1);
    }

    for (uNeuron=0; uNeuron<g_uNumNeuronsTotal; uNeuron++)
    {
        double dSum = 0;
        for (uFeature=0; uFeature<g_uNumFeatures; uFeature++)
        {
            dSum += sqr (g_asDictionary [uInputVectorIndex].aiFeature [uFeature] -
                g_aadWeights [uFeature][uNeuron]);
        }
        if (uNeuron==0 || dMinSum > dSum)
        {
            dMinSum = dSum;
            uWinnerNeuronIndex = uNeuron;
        }
    }
    return uWinnerNeuronIndex;
}

// *****

```



```

// * Search the lexicon. Return the index which leads to the min-dif
// * between input vector and the weights corresponding to uNeuron
// *****
unsigned FindWinnerIndexFromDictionary (unsigned uNeuron)
{
    unsigned uIndex;
    unsigned uWinnerIndex = 0;
    double dMin = 0.0;

    for (uIndex=0; uIndex<g_uNumDictionaryEntries; uIndex++)
    {
        double dSum = 0;
        unsigned uFeature;
        for (uFeature=0; uFeature<g_uNumFeatures; uFeature++)
        {
            dSum += sqr (g_asDictionary [uIndex].aiFeature [uFeature] -
                g_aadWeights [uFeature][uNeuron]);
        }
        if (uIndex == 0 || dSum < dMin)
        {
            dMin = dSum;
            uWinnerIndex = uIndex;
        }
    }

    return uWinnerIndex;
}

// *****
// * Display the results of the learning process. Associate each neuron
// * with the best fitting entry of the lexicon
// *****
void PrintRegions ()
{
    unsigned uNeuron1;
    unsigned uNeuron2;

    printf ("Neurons:\n");
    for (uNeuron1=0; uNeuron1<g_uNumNeuronsPerDimension; uNeuron1++)
    {
        for (uNeuron2=0; uNeuron2<g_uNumNeuronsPerDimension; uNeuron2++)
        {
            unsigned uNeuronIndex = uNeuron1 *
                g_uNumNeuronsPerDimension + uNeuron2;
            unsigned uIndex = FindWinnerIndexFromDictionary (uNeuronIndex);
            textcolor (uIndex+1);
            printf ("%c%c%c",
                g_asDictionary [uIndex].szWord [0],
                g_asDictionary [uIndex].szWord [1],
                g_asDictionary [uIndex].szWord [2]);
            textcolor (g_cuWHITE);
            if (uNeuron2 != g_uNumNeuronsPerDimension-1)
                printf (" ");
        }
        printf ("\n");
    }
}

// *****

```

```

// * Main program
// *****
int main ()
{
    char szInput [256];
    char szFileName [256];

    clrscr ();
    printf ("Welcome to Dictionopolis 1.\n"
        "Do you wish to init the random number generator?\n"
        "Press y to start a completely new simulation.\n"
        "Press n to start a reproducible simulation.\n"
        "(y/n)>" "Welcome to Dictionopolis 1.\n");
    gets (szInput);
    if (toupper (szInput [0])=='Y')
        srand (time (0));

    printf ("Enter Data File Name (standard-simulation = affen.dat)> ");
    gets (szFileName);
    LoadDictionary (szFileName);
    PrintDictionary ();

    GetInitialValuesFromUser ();
    InitFeedbackCoefficients ();

    InitWeights ();

    int bEnd = 0;
    unsigned uIndex;
    unsigned uExceptionIndex = 0xFFFF;
    while (!bEnd)
    {
        PrintRegions ();
        printf ("Epsilon=%.2lf, Sigma=%.2lf, Exception=%s, NumCycles=%u\n",
            g_dEpsilon, g_dSigma, uExceptionIndex == 0xFFFF ? "No" :
            g_asDictionary[uExceptionIndex].szWord,
            g_uNumLearnCycles);
        printf ("s=sigma, e=epsilon, l=Learn, L=LearnRand, n=NumberOfLearnCycles,
            x=Except, X=Un-Except, f=forget, q=quit) ?\n");
        gets (szInput);
        switch (szInput[0])
        {
            case 's':
                printf ("Enter Sigma>\n");
                gets (szInput);
                g_dSigma = atof (szInput);
                InitFeedbackCoefficients ();
                break;
            case 'e':
                printf ("Enter Epsilon>\n");
                gets (szInput);
                g_dEpsilon = atof (szInput);
                break;
            case 'n':
                printf ("Enter Number of Learn Cycles>\n");
                gets (szInput);
                g_uNumLearnCycles = atoi (szInput);
                break;
            case '!':
                PrintDictionary ();
                printf ("Enter Index to learn>\n");
                gets (szInput);

```

```
    uIndex = atoi (szInput);
    if (uIndex < g_uNumDictionaryEntries)
        Learn (uIndex, uExceptionIndex); // 5
    else
        printf ("Index too big - ignoring.\n");
        break;
case 'L':
    Learn (0xFFFF, uExceptionIndex); // 5
    break;
case 'x':
    PrintDictionary ();
    printf ("Enter Index to except from Learning>\n");
    gets (szInput);
    uExceptionIndex = atoi (szInput);
    break;
case 'X':
    uExceptionIndex = 0xFFFF;
    break;
case 'f':
    InitWeights ();
    break;
case 'q':
    printf ("Good Bye...\n");
    bEnd = 1;
    break;
default:
    printf ("Don't understand you!\n");
    break;
}
}
return 0;
}
```

Literaturverzeichnis

Abelson, H. & Sussman, G. (1993).

Struktur und Interpretation von Computerprogrammen. Berlin.

Aitchison, J. (1994).

Words in the mind. Oxford.

Alkon, D. (1990).

Gedächtnisspuren in Nervensystemen und künstliche neuronale Netze.

In: Gehirn und Kognition. Sonderband Spektrum der Wissenschaft. 84-94.
Heidelberg.

Ammerlaan, T. (1996).

You get a bit wobbly - Exploring Bilingual Lexical Retrieval Processes in the Context for First Language Attrition. Den Haag.

Anderson, J.R. (1996).

Kognitive Psychologie. Heidelberg.

Aparicio, M.IV. & Levine, D.S. (1994).

Why are Neural Networks Relevant to Higher Cognitive Functions?

In: Levine, D.S. & Aparicio, M.IV. (Hrsg).

Neural Networks for Knowledge Representation and Inference. 1-26. New Jersey.

Arbib, M. & Caplan, D. & Marshall, J. (1982).

Neural Models of Language Processes. New York.

Bauer, H.-U. & Geisel, T. & Pawelzik, K. & Wolf, F. (1996).

Selbstorganisierende neuronale Karten.

In: Spektrum der Wissenschaft 4. 38-47.

Bauer, L. (1988).

Introducing Linguistic Morphology. Edinburgh.

Bechtel, W. (1990).

Connectionism and the Future of Folk Psychology.

In: Research Group in Mind and Brain. Report Nr. 39. Bielefeld.

Bechtel, W. & Abrahamsen, A. (1991).

Connectionism and the Mind. Oxford.

Bortz, J. & Döring, N. (1995).

Forschungsmethoden und Evaluation. Berlin.

Brekle, H. (1974).

Semantik. München.

Brennen, T. & Baguley, T. & Bright, J. & Bruce, V. (1990).

Resolving semantically induced tip-of-the-tongue states for proper nouns.

In: *Memory and Cognition* 18. 339-347.

Breuer, F. (1996).

Qualitative Psychologie: Grundlagen, Methoden und Anwendungen eines Forschungsstils. Opladen.

Brown, A. (1991).

A Review of the Tip-of-the-Tongue Experience.

In: *Psychological Bulletin* 2. 204-223.

Brown, R. & McNeill, D. (1966).

The "Tip of the Tongue" Phenomenon.

In: *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 5. 325-337.

Burke, D. & MacKay, D. & Worthley, J. & Wade, E. (1991).

On the Tip of the Tongue - What Causes Word Finding Failures in Young and Older Adults?

In: *Journal of Memory and Language* 30. 542-579.

Burton, M. (1962).

Systematic Dictionary of Mammals of the world. London.

Butterworth, B. (1989).

Lexical Access in Speech Production.

In: Marslen-Wilson, W. (Hrsg).

Lexical Representation and Process. 108-135. Cambridge.

Caplan, D. (1983).

The New Lexicon - A Summary of Some Arguments Pertaining to the Nature of Lexical Representation.

In: Studdert-Kennedy, M. (Hrsg).

Psychobiology of Language. 79-87. Cambridge, Mass.

Chomsky, N. (1970).

Remarks on Nominalization.

In: Jacobs, R.A. & Rosenbaum, P.S. (Hrsg).

Readings in English Transformational Grammar. 184-221. Waltham.

Churchland, P. & Sejnowski, T. (1997).

Grundlagen zur Neuroinformatik und Neurobiologie. Braunschweig.

Collins, A. & Loftus, E. (1975).

A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing.

In: *Psychological Review* 82. 407-428.

Cottrell, G. (1989).

A Connectionist Approach to Word Sense Disambiguation. London.

Cuttler, A. (1989).

Auditory Lexical Access - Where do we start?

In: Marslen-Wilson, W. (Hrsg).

Lexical Representation and Process. 342-356. Cambridge.

Damasio, A. & Damasio, H. (1992).

Brain and Language.

In: Scientific American 9. 62-71.

Damasio, H. & Grabowski, T. & Tranel, D. & Hichwa, R. & Damasio, A. (1996).

A neural basis for lexical retrieval.

In: Nature 4. 499-505.

Davis, S. (1992).

Connectionism - Theory and Practice. New York.

De Bot, K. & Schreuder, R. (1993).

Word Production and the Bilingual Lexicon.

In: Schreuder, R. & Weltens, B. (Hrsg).

The Bilingual Lexicon. 191-214. Amsterdam.

Dell, G.S. (1986).

A spreading-activation theory of retrieval in sentence production.

In: Psychological Review 93. 283-321.

Dell, G.S. (1989).

The Retrieval of Phonological Forms in Production: Tests of Predictions from a Connectionist Model.

In: Marslen-Wilson, W. (Hrsg).

Lexical Representation and Process. 136-165. Cambridge.

Dell, G.S. & O'Seaghdha, P. (1992).

Stages of lexical access in language production.

In: *Cognition* 42. 287-314.

Dell, G.S. & Juliano, C. & Govindjee, A. (1993).

Structure and content in language production: A theory of frame constraints in phonological speech production.

In: *Cognitive Science* 17. 149-195.

Diederich, J. (1986).

Kognitive Parallelverarbeitung.

Bericht der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung MBH 159.
München.

Dijkstra, T. & Kempen, G. (1993).

Einführung in die Psycholinguistik. Bern.

Dörner, D. (1997).

Über die Gefahren und die Überflüssigkeit der Annahme eines propositionalen Gedächtnisses.

In: Lüer, G. & Lass, U. (Hrsg).

Erinnern und Behalten: Wege zur Erforschung des menschlichen Gedächtnisses. Göttingen.

Dranidis, D. (1991).

Neural Networks.

In: Bayrisches Forschungszentrum für wissensbasierte Systeme 3. München.

Drews, E. (1989).

Die Bedeutung von Morphemen für die Sprachanalyse. Opladen.

Eisner, W. (1996).

Intraoperatives Monitoring von Sprach- und Sprechfunktionen bei Patienten mit Intrazerebralen, Raumfordernden Prozessen in der Sprachdominanten Hemisphäre.
München.

Elbert, T. & Flohr, H. & Birnbaumer, N. & Knecht, S. & Hampson, S. (1994).

Extensive reorganization of the somatosensory cortex in adult humans after nervous system injury.
In: Neuroreport 16. 2593-2597.

Engelkamp, J. (1991).

Das menschliche Gedächtnis. Göttingen.

Engelkamp, J. & Pechmann, T. (1993).

Mentale Repräsentation. Göttingen.

Farke, H. & Felix, S.W. (1990).

Struktur und Funktion des Lexikons in der kognitiven Sprachverarbeitung.

In: Felix, S. W. & Kanngießer, S. & Rickheit, G. (Hrsg).

Sprache und Wissen - Studien zur Kognitiven Linguistik. Opladen.

Fikkert, P. (1994).

On the Acquisition of Prosodic Structure. Dordrecht.

Fodor, J.A. (1983).

Modularity of Mind. Cambridge.

Fodor, J.A. & Pylyshyn, Z. (1988).

Connectionism and Cognitive Architecture - A Critical Analysis.

In: Cognition 28. 3-71.

Forster, K.I. (1976).

Accessing the mental lexicon.

In: Wales, R.J. & Walker, E. (Hrsg).

New approaches to language mechanisms. 257-287. Amsterdam.

Forster, K.I. (1989).

Basic Issues in Lexical Processing.

In: Marslen-Wilson, W. (Hrsg).

Lexical Representation and Process. 75-107. Cambridge.

Forsting, M. (1987).

Enkodierung und Abruf bei Globaler Amnesie. Klinische Fallstudie.

In: Aachener Studien zur Neurolinguistik und Neuropsychologie. Band 2.

Francis, W. & Kucera, H. (1982).

Frequency Analysis of English Usage. Boston.

Freud, S. (1947).

Zur Psychopathologie des Alltagslebens. London.

Freud, S. (1992).

Zur Auffassung der Aphasien. Frankfurt am Main.

Friederici, A.D. (1987).

Kognitive Strukturen des Sprachverstehens. Berlin.

Friederici, A.D. (1997).

Menschliche Sprachverarbeitung und ihre neuronalen Grundlagen.

In: Meier, H. & Ploog, D. (Hrsg).

Der Mensch und sein Gehirn. 137-156. München.

Galliker, M. (1990).

Sprechen und Erinnern. Göttingen.

Gardiner, J.M., Craik, F.I.M. & Bleasdale, F.A. (1973).

Retrieval difficulty and subsequent recall.

In: Memory and Cognition 1. 213-216.

Garrett, M. (1992).

Disorders of lexical selection.

In: *Cognition* 42. 143-180.

Gasser, M. & Chan-Do, L. (1992).

Networks that Learn about Phonological Feature Persistence.

In: Sharkey, N. (Hrsg).

Connectionist Natural Language Processing. 349-362. Oxford.

Gernsbacher, M. (1994).

Handbook of Psycholinguistics. San Diego.

Glucksberg, S. & Danks, J.H. (1975).

Experimental Psycholinguistics - An Introduction. Hillsdale.

Goldsmith, J. (1992).

Local Modelling in Phonology.

In: Davis, S. (Hrsg).

Connectionism - Theory and Practice. 229-246. New York.

Goodglass, H. (1983).

Word Retrieval for Production.

In: Studdert-Kennedy, M. (Hrsg).

Psychobiology of Language. Cambridge, Mass.

Goodman, C. & Bastiani, M. (1990).

Wie embryonale Nervenzellen einander erkennen.

In: *Gehirn und Kognition. Sonderband Spektrum der Wissenschaft.* 10-20.

Heidelberg.

Grunwald, T. (1992).

Neuronale Netze in der Aphasie. Bonn.

Gruneberg, M.M. & Monks, J. (1974).

Feeling of Knowing and Cued Recall.

In: Acta Psychologica 38. 257-265.

Gruneberg, M.M. & Smith, R.L. & Winfrow, P. (1973).

An investigation into response blocking.

In: Acta Psychologica 37. 187-196.

Gruneberg, M.M. & Sykes, R. (1978).

Knowledge and Retention - The Feeling of knowing and reminiscence.

In: Gruneberg, M.M. & Morris, R. & Sykes, R. (Hrsg).

Practical Aspects of Memory. 189-196. San Diego.

Handke, J. (1989).

Natürliche Sprache - Theorie und Implementierung in LISP. Hamburg.

Handke, J. (1995).

The Structure of the Lexicon - Human vs. Machine. Berlin.

Hankamer, J. (1989).

Morphological Parsing and the Lexicon.

In: Marslen-Wilson, W. (Hrsg).

Lexical Representation and Process. 392-408. Cambridge.

Harley, T. (1996).

The Psychology of Language - From Data to Theory. Warwick.

Harris, C. (1992).

Connectionism and Cognitive Linguistics.

In: Sharkley, N. (Hrsg).

Connectionist Natural Language Processing. 1-27. Oxford.

Hebb, D. (1949).

The Organization of Behavior. New York.

Heit, G. & Smith, M.E. & Halgren, E. (1989).

Neural encoding of individual words and faces by the human hippocampus and amygdala.

In: *Nature* 333. 773-775.

Hejl, A. & Strube, G. (1988).

Wortfeld im Wandel.

In: Marx, W. (Hrsg.).

Verbales Gedächtnis und Informationsverarbeitung. 72-110. Göttingen.

Herrmann, T. (1992).

Sprachproduktion und erschwerte Wortfindung.

In: *Sprache und Kognition* 11. 181-192.

Herrmann, T. (1997).

Gedächtnis und Sprache.

In: Lüer, G. & Lass, U. (Hrsg.).

Erinnern und Behalten - Wege zur Erforschung des menschlichen Gedächtnisses. 227-243. Göttingen.

Hillert, D. (1990).

Sprachprozesse und Wissensstrukturen. Opladen.

Hinton, G. (1989).

Connectionist Learning Procedures.

In: *Artificial Intelligence* 40. 185-232.

Hinton, G. (1991).

Connectionsist Symbol Processing. Cambridge.

Hinton, G. & Rumelhart, D. & McClelland, J. (1990).

Distributed Representations.

In: Boden, M. (Hrsg.).

The Philosophy of Artificial Intelligence. 248-280. Oxford.

Hinton, G. & Shallice, T. (1991).

Lesioning an Attractor Network - Investigations of Acquired Dyslexia.

In: *Psychological Review* 98. 74-95.

Hinton, G. (1992).

How Neural Networks Learn from Experience.

In: *Scientific American*. 104-109.

Hinton, G. (1993).

Simulating brain damages.

In: *Scientific American* 10. 58-65.

Hoffmann, N. (1994).

Simulating Neural Networks. Braunschweig.

Honkela, T. & Vepsäläinen, A. (1991).

Interpreting Imprecise Expressions - Experiments with Kohonen's Self-Organizing Maps and Associative Memory.

In: Kohonen, T. & Mäkisara, K. & Simula, O. & Kangas, J. (Hrsg).

Artificial Neural Networks. 897-902. Amsterdam.

Hrycej, T. (1991).

Common Features of Neural-Network Models of High and Low Level Human Information Processing.

In: Kohonen, T. & Mäkisara, K. & Simula, O. & Kangas, J. (Hrsg).

Artificial Neural Networks. 861-866. Amsterdam.

Ishikawa, M. (1995).

Learning of modular structured networks.

In: *Artificial Intelligence* 75. 51-62.

Jackendoff, R. (1983).

Semantics and Cognition. Massachusetts.

Jackson, T. & Austin, J. (1994).

The Representation of Knowledge and Rules in Hierarchical Neural Networks.

In: Levine, D.S. & Aparicio, M.IV. (Hrsg).

Neural Networks for Knowledge Representation and Inference. 205-240.

New Jersey.

James, W. (1950).

The principles of psychology. Vol. I & II. New York.

Jones, G. (1989).

Back to Woodworth - Role of interloopers in the tip-of-the-tongue phenomenon.

In: Memory & Cognition 17. 69-76.

Jones, G. & Langford, S. (1987).

Phonological blocking in the tip of the tongue state.

In: Cognition 26. 115-122.

Jüttemann, G. (1989).

Qualitative Forschung in der Psychologie - Grundfragen, Verfahrensweisen, Anwendungsfelder. Heidelberg.

Katz, J. & Fodor, J. A. (1963).

The structure of a semantic theory.

In: Language 39. 170-210.

Kelter, S. (1994).

Kognitive Semantik und Aphasieforschung. Zur Unterscheidung zwischen Bedeutungen und Konzepten.

In: Schwarz, M. (Hrsg). 81-95.

Kognitive Semantik: Ergebnisse, Probleme, Perspektiven. Tübingen.

Kinnebrock, W. (1994).

Neuronale Netze - Grundlagen, Anwendungen, Beispiele. Oldenbourg.

Kiparsky, P. (1982).

From Cyclic Phonology to Lexical Phonology.

In: Van der Hulst, H. & Smith, N. (Hrsg).

The structure of phonological representation. Part I. 131-175. Dordrecht.

Kirsh, D. (1992).

PDP Learnability and Innate Knowledge of Language.

In: Davis, S. (Hrsg).

Connectionism - Theory and Practice. 297-322. New York.

Kluwe, R. & Wolke, D. & Bunge, B. (1982).

Zur kategorialen Organisation semantischer Informationen bei 10jährigen Kindern und bei Erwachsenen.

In: Zeitschrift für Sprache und Kognition 1. 15-26.

Kluwe, R. (1997).

Komponenten des Arbeitsgedächtnisses - Zum Stand kognitionswissenschaftlicher Forschung.

In: Lüer, G. & Lass, U. (Hrsg).

Erinnern und Behalten - Wege zur Erforschung des menschlichen Gedächtnisses. 140-171. Göttingen.

Kohler, K.J. (1991).

Prosody in speech synthesis - the interplay between basic research and TTS applications.

In: Journal of Phonetics 19. 121-138.

Kohler, K.J. (1996).

Modellgesteuerte Prosodie-Erzeugung.

In: Spektrum der Wissenschaft 12. 109-113.

Kohonen, T. (1982a).

Self-Organized Formation of Topological Correct Feature Maps.

In: Biological Cybernetics 43. 59-69.

Kohonen, T. (1982b).

Analysis of a Simple Self-Organizing Process.

In: Biological Cybernetics 44. 135-140.

Kohonen, T. (1995).

Self-Organizing Maps. Berlin.

Koriat, A. & Lieblich, I. (1974).

What does a person in a "TOT" state know that a person in a "don't know" state doesn't know?

In: Memory & Cognition 2. 647-655.

Koriat, A. & Lieblich, I. (1975).

Examination of the letter serial position effect in the "TOT" and the "don't know" states.

In: Memory & Cognition 6. 539-541.

Koriat, A. & Lieblich, I. (1976).

A Study of Memory Pointers.

In: Acta Psychologica 41. 151-164.

Kurthen, M. (1990).

Das Problem des Bewußtseins in der Kognitionswissenschaft - Perspektiven einer "Kognitiven Neurowissenschaft". Stuttgart.

Lang, E. (1994).

Semantische vs. konzeptuelle Struktur: Unterscheidung und Überschneidung.

In: Schwarz, M. (Hrsg).

Kognitive Semantik: Ergebnisse, Probleme, Perspektiven. 25-40. Tübingen.

Larson, R. & Segal, G. (1996).

Knowledge of Meaning - An Introduction to Semantic Theory. Massachusetts.

Levelt, W.J.M. (1989).

Speaking: From Intention to Articulation. Cambridge, Mass.

Levelt, W.J.M. (1993).

Lexical Access in Speech Production.

Levelt, W.J.M. & Wheeldon, L. (1994).

Do speakers have a mental syllabary?

In: *Cognition* 50. 239-269.

Levine, D.S. (1991).

Introduction to Neural and Cognitive Modeling. Hillsdale.

Lienert, G. A. & Raatz, U. (1994).

Testaufbau und Testanalyse. Weinheim.

Lovelace, E. (1987).

Attributes that come to mind in the TOT state.

In: *Bulletin of the Psychosomatic Society* 25. 370-372.

Lucas, S. (1991).

Self-Organising Syntactic Neural Networks.

In: Kohonen, T. & Mäkisara, K. & Simula, O. & Kangas, J. (Hrsg).

Artificial Neural Networks. 891-896. Amsterdam.

Lüer, G. & Lass, U. (1997).

Erinnern und Behalten - Wege zur Erforschung des menschlichen Gedächtnisses.

Göttingen.

Lycan, W. (1990).

Mind and Cognition - A reader. Oxford.

Macdonald, C. & Macdonald, G. (1995).

Connectionism - Debates on Psychological Explanation - Volume Two. Oxford.

MacKay, D. (1987).

The Organization of Perception and Action. New York.

Marslen-Wilson, W. (1989).

Lexical Representation and Process. Cambridge.

Martin, R. (1993).

Short-term memory and sentence processing - evidence from neuropsychology.

In: *Memory & Cognition* 21. 176-183.

Martinez, J. & Barea-Rodriguez, E. (1997).

How the brain stores information - Hebbian mechanisms.

In: Lüer, G. & Lass, U. (Hrsg).

Erinnern und Behalten - Wege zur Erforschung des menschlichen Gedächtnisses.
39-59. Göttingen.

Marx, W. (1988 A).

Die Zeitverlaufsfunktion des freien Assoziierens.

In: Marx, W. (Hrsg).

Verbales Gedächtnis und Informationsverarbeitung. 11-45. Göttingen.

Marx, W. (1988 B).

Ein Markov-Modell des freien Assoziierens.

In: Marx, W. (Hrsg).

Verbales Gedächtnis und Informationsverarbeitung. 45-58. Göttingen.

Marx, W. & Hejl, A. (1989).

Subjektive Strukturen. Göttingen.

McClelland, J. & McNaughton, B. & O'Reilly, R. (1995).

Why There Are Complementary Learning Systems in the Hippocampus and Neocortex - Insights From the Successes and Failures of Connectionist Models of Learning and Memory.

In: *Psychological Review* 102. 419-457.

McClelland, J. & Rumelhart, D. (1986).

Parallel Distributed Processing. Vol 2. Cambridge.

Merzenich, M.M. & Sameshima, K. (1993).

Cortical Plasticity and Memory.

In: *Current Biology* 3. 187-916.

Meyer, A. (1988).

Phonological Encoding in Language Production.

Nijmegen.

Meyer, A. (1991).

The time course of phonological encoding in language production: Phonological encoding inside a syllable.

In: *Journal of Memory and Language* 30. 69-89.

Meyer, D.E. & Schvaneveldt, R.W. (1971).

Facilitation in recognizing pairs of words: Evidence of a dependence between retrieval operations.

In: *Journal of Experimental Psychology* 90. 227-234.

Meyer, D.E. & Gordon, P.C. (1985).

Speech Production: Motor programming of phonetic features.

In: *Journal of Memory and Language* 24. 3-26.

Meyer, A. & Bock, K. (1992).

The tip-of-the-tongue phenomenon - Blocking or partial activation?

In: *Memory & Cognition* 20. 715-726.

Miikkulainen, R. (1992).

Script Recognition with Hierarchical Feature Maps.

In: Sharkey, N. (Hrsg).

Connectionist Natural Language Processing. 196-214. Oxford.

Miikkulainen, R. (1993).

Subsymbolic natural language processing: An integrated model of scripts, lexicon and memory. Cambridge.

Miikkulainen, R. (1997).

Dyslexic and Category-Specific Aphasic Impairments in a Self-Organizing Feature Map Model of the Lexicon.

In: *Brain and Language* 59. 334-366.

Morton, J. (1969).

The interaction of information in word recognition.

In: *Psychological Review* 76. 165-178.

Mrsic-Flogel, J. (1991).

Approaching Cognitive System Design.

In: Kohonen, T. & Mäkisara, K. & Simula, O. & Kangas, J. (Hrsg).

Artificial Neural Networks. 879-883. Amsterdam.

Mumford, D. (1992).

On the computational architecture of the neocortex. The role of cortico-cortical loops.

In: *Biological Cybernetics* 66. 241-251.

Nauck, D. & Klawonn, F. & Kruse, R. (1996).

Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme. Braunschweig.

Palm, G. (1990).

Assoziatives Gedächtnis und Gehirntheorie.

In: *Gehirn und Kognition. Sonderband Spektrum der Wissenschaft.* 164-176.

Heidelberg.

Pechmann, T. (1994).

Sprachproduktion – Zur Generierung komplexer Nominalphrasen. Opladen.

Perfect, T. & Hanley, R. (1992).

The tip-of-the-tongue phenomenon - Do experimenter-presented interloopers have any effect?

In: *Cognition* 45. 55-75.

Persson, I.-B. (1995).

Connectionism, Language Production and Adult Aphasia - Elaboration of a Connectionist Framework for Lexical Processing and a Hypothesis of Agrammatic Aphasia. Helsinki.

Peschl, M. (1990).

Cognitive Modelling. Wiesbaden.

Peschl, M. (1991).

A Multimodal Model of Cognition - Neural Networks and Cognitive Modelling.

In: Kohonen, T. & Mäkisara, K. & Simula, O. & Kangas, J. (Hrsg).

Artificial Neural Networks. 1755-1758. Amsterdam.

Pinker, S. & Prince, A. (1988).

On language and connectionism - Analysis of a parallel distributed processing model of language acquisition.

In: *Cognition* 28. 73-193.

Poeck, K. (1995).

Sprache im Gehirn eng lokalisierbar?

In: *Spektrum der Wissenschaft* 5. 92-98.

Posner, M. & Carr, T. (1992).

Lexical access and the brain - Anatomical constraints on cognitive models of word recognition.

In: *American Journal of Psychology* 105. 1-26.

Posner, M. & Raichle, M. (1994).

Bilder des Geistes. Heidelberg.

Postma, A. (1991).

Stuttering and Self-correction. On the role of linguistic repair processes in disfluencies of normal speakers and stutterers. Den Haag.

Pulgram, E. (1970).

Syllable, Word, Nexus, Cursus. Den Haag.

Pustejovsky, J. (1995).

The generative Lexicon. Cambridge.

Pustejovsky, J. & Bergler, S. (1992).

Lexical Semantics and Knowledge Representation.

Lecture Notes in Artificial Intelligence 627. First SIGLEX Workshop Proceedings. Berlin.

Quillian, M.R. (1968).

Semantic Memory.

In: Minsky, M. (Hrsg).

Semantic Information Processing. 227-270. Cambridge, Mass.

Ramsey, W. (1992).

Connectionism and the Philosophy of Mental Representation.

In: Davis, S. (Hrsg).

Connectionism - Theory and Practice. 247-276. New York.

Raphael, B. (1968).

SIR - A Computer Program for Semantic Information Retrieval.

In: Minsky, M. (Hrsg).

Semantic Information Processing. 33-145. Cambridge, Mass.

Rastle, K. & Burke, D. (1996).

Priming the Tip of the Tongue - Effects of Prior Processing on Word Retrieval in Young and Older Adults.

In: Journal of Memory and Language 35. 586-605.

Reason, J.T. (1984).

Lapses of attention in everyday life.

In: Parasuraman, R. & Davies, D.R. (Hrsg).

Varieties of Attention. 515-549. San Diego.

Reason, J. & Lucas, D. (1984).

Using cognitive diaries to investigate naturally occurring memory blocks.

In: Harris, J. & Morris, P. (Hrsg).

Everyday memory, actions and absentmindedness. 53-69. San Diego.

Reynods, R.E. & Wade, S.E. & Trathen, W. & Lapan, R. (1989).

The Selective Attention Strategy and Prose Learning.

In: McCormick, C.B. & Miller, G. & Pressley, M. (Hrsg).

Cognitive Strategy Research. 160-190. New York.

Rickheit, G. & Strohner, H. (1993).

Grundlagen der kognitiven Sprachverarbeitung. Tübingen.

Rickheit, M. (1993).

Wortbildung - Grundlagen einer kognitiven Wortsemantik. Opladen.

Ritter, H. (1988).

Selbstorganisierende neuronale Karten. München.

Ritter, H. & Kohonen, T. (1989).

Self-Organizing Semantic Maps.

In: Biological Cybernetics 61. 241-254.

Ritter, H. & Martinez, T. & Schulten, K. (1991).

Neuronale Netze - Eine Einführung in die Neuroinformatik selbstorganisierender Netzwerke. Bonn.

Roach, P. (1991).

English Phonetics and Phonology - A practical course. Cambridge.

Rödel, J. (1993).

Neuronale Netzwerke als psychologische Modelle des episodischen Gedächtnisses in Listenparadigmen. Bochum.

Roelofs, A. (1992 A).

A spreading-activation theory of lemma retrieval in speaking.

In: *Cognition* 42. 107-142.

Roelofs, A. (1992 B).

Lemma Retrieval in Speaking. A theory, computer simulations, and empirical data.
Den Haag.

Rösler, F. (1997).

Neuropsychologische Gedächtnisforschung.

In: Lüer, G. & Lass, U. (Hrsg).

Erinnern und Behalten - Wege zur Erforschung des menschlichen Gedächtnisses.
79-116. Göttingen.

Rojas, R. (1993).

Theorie der Neuronalen Netze - Eine systematische Einführung. Berlin.

Rosch, E. (1975).

Cognitive Representations of semantic categories.

In: *Journal of Experimental Psychology* 104. 192-233.

Rosenberg, J. (1989).

Connectionism and Cognition.

In: *Research Group in Mind and Brain. Report Nr. 1.* Bielefeld.

Roth, G. (1996).

Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Frankfurt am Main.

Roth, G. (1992).

Neuronale Grundlagen des Lernens und des Gedächtnisses.

In: Schmidt, S. (Hrsg).

Gedächtnis - Probleme und Perspektiven der interdisziplinären Gedächtnisforschung. 127-158. Frankfurt am Main.

Roth, G. (1992).

Die Konstitution von Bedeutung im Gehirn.

In: Schmidt, S. (Hrsg).

Gedächtnis - Probleme und Perspektiven der interdisziplinären Gedächtnisforschung. 360-370. Frankfurt am Main.

Rubin, D. (1975).

Within Word Structure in the Tip-of-the-Tongue Phenomenon.

In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 14. 392-397.

Schade, U. (1992).

Konnektionismus - Zur Modellierung der Sprachproduktion. Opladen.

Schiller, N.O. (1997).

MPI Series in Psycholinguistics 2:

The Role of the Syllable in Speech Production. Nijmegen.

Schiller, N.O. & van Lieshout, P.H. & Meyer, A.S. & Levelt, W.J.M. (1997).

Does The Syllable Affiliation of Intervocalic Consonants Have Articulatory Basis? Evidence From Electromagnetic Midsagittal Articulography.

In: Schiller, N.O. (Hrsg).

The Role of the Syllable in Speech Production. 161-181. Nijmegen.

Schmidt, S. (1992). (Hrsg).

Gedächtnis: Probleme und Perspektiven der interdisziplinären Gedächtnisforschung.

Frankfurt am Main.

Schmitt, B.M. (1997).

Lexical Access in the Production of Ellipsis and Pronouns.

MPI Series in Psycholinguistics 3. Nijmegen.

Schneider, W. (1993).

Varieties of working memory as seen in biology and in connectionist control architecture.

In: *Memory & Cognition* 21. 184-192.

Schnelle, H. & Rickheit, G. (1988).

Sprache in Mensch und Computer. Opladen.

Scholtes, J. (1991).

Recurrent Kohonen Self-Organization in Natural Language Processing.

In: Kohonen, T. & Mäkisara, K. & Simula, O. & Kangas, J. (Hrsg).

Artificial Neural Networks. 1751-1754. Amsterdam.

Schrameier, A. (1990).

Wortbedeutung im Gedächtnis. Göttingen.

Schreuder, R. (1987).

Word meaning in the mental lexicon.

In: Engelkamp, J. & Lorenz, K. & Sandig, B. (Hrsg).

Wissensrepräsentation und Wissensaustausch. 101-114. Köln.

Schreuder, R. (1989).

Psycholinguistic Issues in the Lexical Representation of Meaning.

In: Marslen-Wilson, W. (Hrsg).

Lexical Representation and Process. 409-436. Cambridge.

Schreuder, R. & Baayen, H. (1994).

Prefix Stripping Re-Revised.

In: *Journal of Memory and Language* 33. 357-375.

Schüttauf, K. & Bredenkamp, J. & Specht, E. (1997).

Induzierte "Freudsche Versprecher" und zwangsneurotischer Konflikt.

In: *Sprache & Kognition* 16. 3-13.

Schwarz, M. (1992).

Einführung in die Kognitive Linguistik. Tübingen.

Schwarz, M. (1992).

Kognitive Semantiktheorie und neuropsychologische Realität. Repräsentationale und prozedurale Aspekte der semantischen Kompetenz. Tübingen.

Sedgewick, R. (1992).

Algorithmen in C. Bonn.

Segui, J. & Dupoux, E. & Mehler, J. (1990).

The Role of the Syllable in Speech Segmentation, Phoneme Identification, and Lexical Access.

In: Altmann, G. (Hrsg).

Cognitive Models of Speech Processing: Psycholinguistic and Computational Perspectives. 263-280. Cambridge.

Selkirk, E.O. (1982).

The Syllable.

In: Van der Hulst, H. & Smith, N. (Hrsg).

The structure of phonological representation. Part II. 337-383. Dordrecht.

Selkoe, D.J. (1992).

Aging Brain, Aging Mind.

In: *Scientific American* 9: Special Issue. 97-103.

Selz, O. (1924).

Die Gesetze der produktiven und reproduktiven Geistestätigkeit. Bonn.

Sharkey, N. (1992).

Connectionist Natural Language Processing. Oxford.

Singer, W. (1992).

Die Entwicklung kognitiver Strukturen - ein selbstreferentieller Lernprozeß.

In: Schmidt, S. (Hrsg).

Gedächtnis: Probleme und Perspektiven der interdisziplinären Gedächtnisforschung. 96-126. Frankfurt am Main.

Sleutels, J. (1994).

Real Knowledge - The problem of content in neural epistemics. Nijmegen.

Spitzer, M. & Böhler, P. & Weisbrod, M. & Kischka, U. (1995).

A neural network model of phantom limbs.

In: *Biological Cybernetics* 72. 197-206.

Taft, M. & Forster, K.I. (1975).

Lexical Storage and Retrieval of Prefixed Words.

In: *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 14. 638-747.

Thomae, H. (1989).

Zur Relation von qualitativen und quantitativen Strategien psychologischer Forschung.

In: Jüttemann, G. (Hrsg). 92-107.

Qualitative Forschung in der Psychologie. Heidelberg.

Trask, R.L. (1996).

A Dictionary of Phonetics and Phonology.

London.

Vaas, R. (1996).

Ein Blick ins Lexikon des Gehirns.

In: *Spektrum der Wissenschaft* 11. 24-32.

Van Gelder, T. (1990).

Compositionality - A Connectionist Variation on a Classical Theme.

In: *Cognitive Science* 14. 355-384.

Van Haneghan, J.P. & Baker, L. (1989).

Cognitive Monitoring in Mathematics.

In: McCormick, C.B. & Miller, G. & Pressley, M. (Hrsg).

Cognitive Strategy Research. 215-235. New York.

Vennemann, T. (1986).

Neuere Entwicklungen in der Phonologie. Berlin.

Von der Malsburg, C. (1973).

Self-organization of orientation sensitive cells in the striate cortex.

In: *Kybernetik* 14. 85-100.

Welte, W. (1993).

Englische Semantik. Frankfurt am Main.

Wenzl, A. (1936).

Empirische und theoretische Beiträge zur Erinnerungsarbeit bei erschwerter Wortfindung.

In: *Archiv für die gesamte Psychologie* 97. 294-318.

Wheeler, D.W. & Touretzky, D.S. (1997).

A Parallel Licensing Model of Normal Slips and Phonemic Paraphasias.

In: *Brain and Language* 59. 147-201.

Woodworth, R. (1908).

Psychology. New York.

Woodworth, R. (1929).

Psychology (2nd rev. ed.). New York.

Woodworth, R. (1938).

Experimental Psychology. New York.

Yaniv, I. & Meyer, D. (1987).

Activation and Metacognition of Inaccessible Stored Information - Potential Bases for Incubation Effects in Problem Solving.

In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 2. 187-205.

Yarmey, A.D. (1973).

I recognize your face but I can't remember your name - Further evidence on the tip-of-the-tongue phenomenon.

In: *Memory and Cognition* 1. 287-290.

Zaidel, E. (1983).

On Multiple Representations of the Lexicon in the Brain - The Case of Two Hemispheres.

In: Studdert-Kennedy, M. (Hrsg).

Psychobiology of Language. 105-125. Cambridge, Mass.

Zell, A. (1994).

Simulation Neuronaler Netze. Bonn.

Zipser, D. (1991).

Recurrent network model of the neural mechanism of short-term active memory.

In: *Neural Computation* 3. Seite 178-192.