

# Produktion von Eigennamen: Eine fMRT-Untersuchung des Temporallappens

*Anja Bethmann, Henning Scheich, André Brechmann*

Leibniz-Institut für Neurobiologie, Magdeburg

## 1 Einleitung

Die Wortart Nomen bildet weder syntaktisch noch semantisch eine einheitliche Gruppe. Semantisch lässt sich zwischen Nomen unterscheiden, die konkrete Dinge benennen (*Frau, Luft, Dorf*) und Nomen, die abstrakte Konzepte benennen (*Ruhe, Liebe, Höhe*). Die Konkreta untergliedern sich weiterhin in Gattungsnamen (*Haus, Hund, Baum*) und Eigennamen (*Goethe, Berlin, Titanic*), die sich auch syntaktisch voneinander unterscheiden. So verlangen singuläre Gattungsnamen einen Artikel, (viele) Eigennamen können dagegen ohne Artikel auftreten (\**Hund schläft* vs. *Waldi schläft*).

Subjektiv lässt sich einschätzen, dass die Produktion von Eigennamen<sup>1</sup> mit beträchtlichen Schwierigkeiten verbunden sein kann. Wohl jeder erinnert sich an eine Situation, in der er eine ihm bekannte Person mit dem Namen begrüßen wollte und dieser Name genau in dem Moment nicht zur Verfügung stand. Auch Tagebuchstudien und experimentelle Untersuchungen deuten darauf hin, dass der Abruf von Eigennamen mit größeren Anstrengungen und Blockaden verbunden ist als die Produktion von Gattungsnomen, wobei zu beobachten ist, dass die Wortabrufblockaden für Eigennamen im Alter weiter zunehmen (Burke, MacKay, Worthley & Wade, 1991; Evrard, 2002).

Nicht nur das gesunde Gehirn unterscheidet zwischen Eigen- und Gattungsnamen. Eine Reihe von neurolinguistischen Fallberichten be-

---

<sup>1</sup> Personennamen, geographische Namen, Namen von einzigartigen Objekten, individuellen Tieren, spezifischen Ereignissen, Institutionen, Zeitschriften und künstlerischen Werken

schreibt Patienten mit Hirnläsionen, bei denen der Wortabruf von allgemeinen Nomen dem Wortabruf von Eigennamen deutlich überlegen ist (Fukatsu, Fujii, Tsukiura, Yamadori & Otsuki, 1999; Lucchelli & De Renzi, 1992; Papagno & Capitani, 1998). Semenza und Zettin (1988) untersuchten einen Patienten, der Objekte ohne Schwierigkeiten benennen konnte, nicht aber berühmte Persönlichkeiten und enge Verwandte. Das Verständnis für die Personen und deren Namen war dagegen erhalten, was sich darin äußerte, dass der Patient biographische Informationen über die Personen angeben konnte, die er nicht benennen konnte. Auch der Abruf geographischer Eigennamen zeigte sich als stark beeinträchtigt. Dieses Störungsmuster lässt sich als Beeinträchtigung im Zugriff auf die Wortform von Eigennamen beschreiben.

Beeinträchtigte Verarbeitung von Eigennamen resultiert jedoch nicht immer aus einem Defizit, die entsprechenden Namen abzurufen. Mehrfach konnten zusätzlich rezeptive Schwierigkeiten festgestellt werden. Diese zeigten sich sowohl bei Name-Gesicht-Zuordnungsaufgaben als auch darin, biographische Informationen über die Personen, die nicht benannt werden konnten, anzugeben (Gentileschi, Sperber & Spinnler, 2001; Miceli et al., 2000). Delazer, Semenza, Reiner, Hofer und Benke (2003) untersuchten Alzheimerpatienten, deren Krankheit bereits im frühen Stadium durch Schwierigkeiten im Benennen von Personen gekennzeichnet ist. Die Reaktionen der Patienten ließen sich zum Teil auf Defizite der phonologisch-lexikalischen Ebene zurückführen, zum anderen aber auch auf semantische Beeinträchtigungen. Es ist daher anzunehmen, dass der Benennprozess von Eigennamen auf verschiedenen Verarbeitungsebenen, nicht nur im Zugriff auf die Wortform, gestört sein kann.

Als Ursache für die schlechteren Leistungen bei der Verarbeitung von Eigennamen werden vielfach deren Bedeutungslosigkeit und arbiträre Zuordnung zum Referenzobjekt angesehen (Semenza, 2006). Sie seien lediglich bedeutungslose Labels und weckten keine semantischen Assoziationen, wohingegen biographische Informationen direkt ins

semantische Netzwerk eingebettet werden könnten. Laut Brennen (1993) ist die Anzahl an potentiellen Wortformen bei Eigennamen größer als bei Gattungsnamen, weshalb sich bei nur teilweise erfolgtem Abruf des Namens benachbarte phonologische Formen nicht so schnell als Alternativen ausschließen ließen und ein „Erraten“ der vollständigen Wortform nicht möglich sei. Schließlich wurden auch Faktoren wie Wortfrequenz, Erwerbssalter und Familiarität als Einflussfaktoren diskutiert, wobei für Namen eine geringere Frequenz und Familiarität und ein späteres Erwerbssalter anzunehmen ist, um den Vorteil für Objektnomen über Eigennamen zu erklären. Als alleinige Grundlage zur Erklärung des Verarbeitungsunterschieds genügen diese Faktoren jedoch nicht. Die Benennstörung für Eigennamen der Patienten von Miceli et al. (2000) ließ sich nicht auf Wortfrequenz- und Erwerbssaltereffekte zurückführen und Semenza und Sgaramella (1993) beobachteten bei ihrem Patienten besseren Abruf der Eigennamen *Maradona* und *Sophia Loren* als des Gattungsnamens *Katze*.

Der Unterschied zwischen Gattungs- und Eigennamen besteht wohl bezüglich der Verknüpfung von Wortform und deren Bedeutung primär darin, dass Gattungsnomen für Kategorien von Elementen stehen, Eigennamen jedoch auf ein ganz bestimmtes Individuum referieren. Möglicherweise unterscheiden sich die Verarbeitungswege der Wortform-Bedeutung-Assoziationen bei Gattungs- und Eigennamen (Hittmair-Delazer, Denes, Semenza & Mantovan, 1994). Auf der Bedeutungsebene selbst liegen sehr wahrscheinlich ebenfalls Unterschiede zwischen den Referenten von Gattungs- und Eigennamen vor, da individuelle Objekte deutlich mehr spezifische Merkmale aufweisen als kategorielle Objekte. Ähnlich sehen Gauthier, Skudlarski, Gore und Anderson (2000) den Unterschied in der Verarbeitung von individuellen und kategoriellen Objekten darin begründet, dass Personenverarbeitung auf der subordinierten Kategorisierungsebene stattfindet, die Verarbeitung von allgemeinen Objekten aber auf der Basisebene (*basic level*).

Die meisten der aufgeführten Erklärungen zum Unterschied zwischen Gattungs- und Eigennamen gehen davon aus, dass Eigennamen Charakteristika aufweisen, die bewirken, dass diese inhärent schwieriger zu verarbeiten sind. Diese Theorien sind jedoch nicht in der Lage zu erklären, weshalb Patienten die isoliert erhaltene Fähigkeit aufweisen können, Eigennamen zu verarbeiten. So beobachteten Yasuda und Ono (1998) bei Globalaphasikern bessere Verständnisleistungen von Personennamen als von Objektnamen. Auch der Patient von Lyons, Hanley und Kay (2002) wies deutliche Defizite beim Benennen von Objekten auf, wohingegen der Abruf von Personennamen nicht beeinträchtigt war. Schmidt und Buchanan (2004) beschrieben einen Patienten mit globaler Aphasie, dessen Sprachproduktion auf die schriftliche Modalität beschränkt war und in dieser wiederum auf Eigennamen. Semenza und Sgaramella (1993) untersuchten die sprachlichen Leistungen eines Patienten, der spontan ausschließlich phonematischen Jargon produzierte, beim Benennen mit Anlauthilfe jedoch Eigennamen, nicht aber Gattungsnamen korrekt äußern konnte. Bei der Untersuchung einer Patientin mit progressiver Aphasie stellten Cipolotti, McNeil und Warrington (1993) in der schriftlichen Sprachproduktion erhaltene Fähigkeiten fest, Eigennamen zu verarbeiten. Im weiteren Verlauf der Krankheit war auch rezeptiv eine Überlegenheit in der Verarbeitung von Eigennamen gegenüber Objektbezeichnungen zu beobachten. Diese Beobachtungen lassen sich jedoch mit der Theorie vereinbaren, dass der Abruf von Gattungs- und Eigennamen über zwei anatomisch und funktionell unabhängige Zugriffsrouten erfolgt.

Bisher besteht jedoch wenig Einigkeit darüber, welche Hirnregionen an der Verarbeitung von Eigennamen beteiligt sind. Untersuchungen mit globalaphasischen Probanden, die massive Läsionen der linken Hemisphäre aufwiesen, aber in der Lage waren, Personennamen rezeptiv zu verarbeiten, führten zu der Annahme, dass die Verarbeitung von Eigennamen durch die rechte Hemisphäre unterstützt wird (Ohnesorge & van Lancker, 2001). Mittels der geteilten Blickfeldmethode untersuchten

die Autoren gesunde Probanden und beobachteten eine Abhängigkeit der Performanz der rechten Hemisphäre bei der Verarbeitung von Eigennamen von Aufgabenstellung und Bekanntheit der Stimuli, was die Autoren als Hinweis darauf deuteten, dass Eigennamen als Folge der persönlichen Relevanz und Affektivität der Stimuli weniger stark linkslateralisiert verarbeitet werden als Objektnomen. Mit einem vergleichbaren Design identifizierten Schweinberger, Landgrebe, Mohr und Kaufmann (2002) dagegen einen Vorteil der linken gegenüber der rechten Hemisphäre bei der Verarbeitung sowohl der allgemeinen Objektnomen als auch der Eigennamen und bezweifeln zudem, dass berühmte Persönlichkeiten Stimuli von emotionalem Wert darstellen.

Der Großteil der funktionellen Bildgebungsstudien zur Produktion von Eigennamen deutet auf eine spezifische Rolle des linken Temporalpols hin. PET-Untersuchungen mit gesunden Probanden ließen Damasio und Mitarbeiter eine besondere Relevanz des linken Temporalpols beim lexikalischen Abruf von Personennamen und eine Beteiligung des rechten Temporalpols bei der Repräsentation von konzeptuellem Wissen über Personen oder dem Zugriff auf dieses Wissen annehmen (Damasio, Grabowski, Tranel, Hichwa & Damasio, 1996). Grabowski et al. (2001) untersuchten in einer PET-Studie das Benennen von Personen und geographischen Elementen und fanden Aktivierungen im Temporalpol der linken Hemisphäre (und etwas schwächer rechtslateral) unabhängig von der semantischen Kategorie. Eine Beteiligung des linken Temporallappens am Abruf von Personennamen lassen auch die Untersuchungen von Fukatsu et al. (1999) vermuten. Nach Lobektomie des linken rostralen Temporallappens wies der untersuchte Patient eine starke Störung im Abruf von Eigennamen auf, wobei semantische Informationen zu diesen Personen abrufbar und keine Verständnisdefizite zu beobachten waren. Er zeigte zudem Defizite im Erlernen neuer Namen, nicht jedoch von Berufen zu unbekanntem Personen.

Obwohl diese Studien auf eine Beteiligung der anterioren Temporalregionen beim Wortabruf von Namen hindeuten, zeigte sich

diese Region auch mehrfach mit rezeptiven Designs aktiviert. Bei Darbietung von bekannten Gesichtern und Gebäuden fanden Gorno-Tempini und Price (2001) bei beiden Stimulustypen gleichermaßen Aktivität im anterioren Teil des linken Gyrus temporalis medius, woraus die Autoren auf eine Beteiligung dieser Hirnstrukturen an der Verarbeitung von individuellen Objekten schlossen. Tsukiura et al. (2002) vermuteten anhand von fMRT-Untersuchungen mit gesunden Probanden, aber auch anhand von Läsions- und Verhaltensdaten von Patienten mit temporaler Lobektomie der linken oder rechten Hemisphäre zum Erlernen von Gesicht-Name- und Gesicht-Beruf-Assoziationen, dass der linke Temporalpol für den Abruf bzw. die Repräsentation der Eigennamen verantwortlich ist, der rechte Temporalpol dagegen eher assoziative Lernprozesse unterstützt. Die rechte Hemisphäre zeigte lediglich einen Einfluss auf den Wissensabruf wenige Minuten nach dem Erlernen, die linke Hemisphäre einen konstanten Einfluss.

Einzelfallstudien zu Läsionsdaten von Personen mit Defiziten in der Verarbeitung von Eigennamen entsprechen diesen Erkenntnissen nur wenig (Semenza, 2006). Zwar führten Läsionen im Temporallappen oftmals zu selektiven Abrufschwierigkeiten von Eigennamen (Miceli et al., 2000; Papagno & Capitani, 1998), jedoch auch Läsionen außerhalb des Temporallappens (z. B. Basalganglien, Thalamus, Okzipitallappen) (Lucchelli & De Renzi, 1992; Semenza & Zettin, 1988). Auch Patienten mit besser erhaltenen Fähigkeiten in der Verarbeitung von Eigennamen als von Gattungsnamen wiesen oftmals Läsionen im Temporallappen (Cipolotti et al., 1993; Warrington & Clegg, 1993) und sogar im linken Temporalpol auf (Pavão Martins & Farrajota, 2007). Insgesamt deuten die Läsionsdaten auf eine sehr variable Lokalisation von Eigennamen im Gehirn hin, wobei der linke Temporallappen jedoch eine nicht unwesentliche Rolle zu spielen scheint.

Ziel der folgenden Studie war es daher, die Funktion des Temporallappens beim Abruf von Eigennamen zu untersuchen. Mittels der funktionellen Kernspintomographie an gesunden Versuchspersonen

sollten Bereiche des Temporallappens identifiziert werden, die spezifisch an der konzeptuellen Verarbeitung von individuellen Entitäten und dem Abruf von Eigennamen beteiligt sind. Da der Namensabruf unabhängig von der Inputmodalität erfolgt, wurde nach den Arealen gesucht, die gleichermaßen auf auditiv und visuell präsentierte Individuen reagieren.

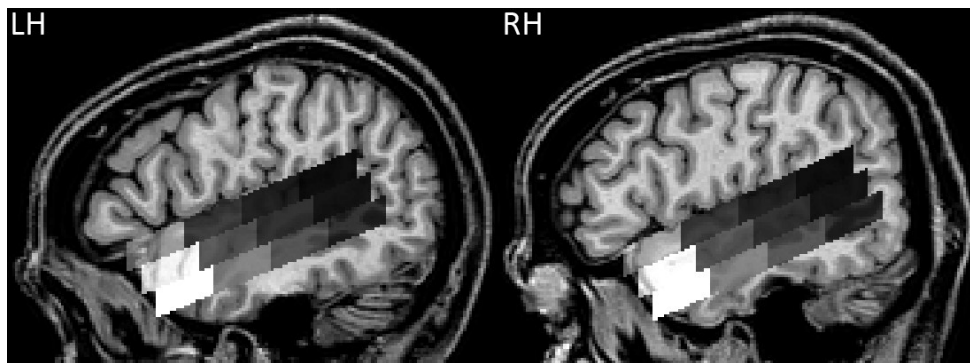
## 2 Methode und Material

### 2.1 Datenerhebung und -auswertung

Zwei funktionelle Bildgebungsexperimente wurden an einem 3-Tesla-Magnetresonanztomographen (Siemens Trio, Erlangen) durchgeführt, der mit einer 8-Kanal-Kopfspule ausgerüstet war. Zuerst wurde ein hochaufgelöster, T1-gewichteter Datensatz (192 axial ausgerichtete Schichten, Schichtdicke = 1 mm, TR = 2500 ms, TE = 4,77 ms) aufgenommen, der das gesamte Gehirn abdeckte und der Rekonstruktion der individuellen dreidimensionalen Hirnanatomie diente. Danach erfolgte zunächst die Aufnahme eines ebenfalls T1-gewichteten, anatomischen, zweidimensionalen Datensatzes (TR = 20000 ms, TE = 34 ms) mit gleicher Orientierung und Geometrie wie bei den funktionellen Bildern und zum Schluss die Aufnahme der funktionellen Bilder mittels einer T2\*-gewichteten EPI-Sequenz (32 axial orientierte Schichten, Schichtdicke = 3 mm, Schichtzwischenraum = 0,3 mm, TR = 2000 ms, TE = 30 ms).

Sämtliche Verarbeitungs- und Analyseschritte der MRT-Daten erfolgten mit Hilfe des Programms BrainVoyager QX (Version 1.8.6, Brain Innovation, Maastricht, NL). Die Daten wurden in den Talairach-Raum überführt, um die individuelle Hirnanatomie durch Streckung und Stauchung der Größe des stereotaktischen Talairach-Raums anzupassen (Talairach & Tournoux, 1988). Die parametrischen Aktivierungskarten wurden mit Hilfe eines allgemeinen linearen Modells und in beiden Experimenten für jeden Probanden separat erstellt. Der erwartete hämodynamische Signalverlauf wurde mittels einer 2-Gamma-Funktion modelliert. Die Auswertung der Aktivierungen erfolgte anhand von

Interesseregionen (ROIs). Diese wurden für jeden Probanden anhand seiner individuellen Anatomie definiert und befanden sich sämtlich in den Temporallappen. Die exakte Lage der Interesseregionen orientierte sich am Anstieg der superioren Temporalsulci entlang der y-Achse des Gehirns von anterior nach posterior (Abbildung 1). Die weitere Analyse der Aktivierungen basierte jedoch nicht auf allen Voxeln eines ROIs, sondern nur auf den signifikant ( $t \geq 4$ ,  $p < .0001$ ) aktivierten Voxeln (Experimentalbedingung > Ruhe), wenn diese ein Aktivierungscluster bestehend aus mindestens vier zusammenhängenden Einzelvoxeln bildeten.



*Abbildung 1.* Beispiel der Lage der Interesseregionen. Die Sagittalansichten mit  $x = -50$  (LH) und  $x = -50$  (RH) zeigen die Lage der ROIs entlang des superioren Temporalsulcus bei einem Probanden. Die oberste Reihe der ROIs deckt primär den superioren Teil des STG (sSTG) ab, die mittlere Reihe der ROIs den inferioren Teil des STG (iSTG) und die untere Reihe der ROIs den superioren Teil des MTG (sMTG). Die vordersten ROIs liegen im anterioren (a) Temporallappen, die dahinter liegenden ROIs im mittig-anterioren (ma), die noch weiter hinten liegenden ROIs im mittig-posterioren (mp) und die hintersten ROIs im posterioren (p) Temporallappen.

Nach Eingrenzung der ROIs auf die signifikant und reliabel aktivierten Voxel wurden diese in jedem ROI gezählt und das ereigniskorrelierte Mittel des BOLD-Signals für jede Bedingung berechnet. Dieses zeigt die prozentualen Signalschwankungen an, die von einem Stimulustyp ausgelöst werden und ist somit ein Ausdruck für die Aktivierungsstärke, die ein Stimulus in einem bestimmten Areal auslöst. Aus diesem Signalverlauf wurde dann für jede Bedingung ein Einzelwert extrahiert, der die Effektstärke reflektiert und die Grundlage für die weitere statistische Analyse des BOLD-Signals darstellte. Außerdem wurde für jedes ROI



basierend auf den extrahierten BOLD-Werten ein Selektivitätsindex (SEL) berechnet, der den Unterschied in der Aktivierungsstärke zwischen der Experimental- und den jeweiligen zwei Kontrollbedingungen angab. Je größer der prozentuale Unterschied in der Aktivierung zwischen Kontroll- und Experimentalbedingung war, desto größer fiel der Selektivitätsindex aus.

Die statistische Analyse der Werte erfolgte mit Hilfe des Programms SPSS 8.0.0 (SPSS Inc., Chicago, USA). Zunächst wurden die Daten auf Normalverteilung überprüft. Da eine Vielzahl von Datenreihen anhand des Shapiro-Wilk-Tests keine Normalverteilung aufwies, wurden nicht-parametrische Tests zur Auswertung verwendet. Sämtliche  $p$ -Werte in diesem Aufsatz sind für die zweiseitige Testung angegeben. Fehlerbalken in Abbildungen zeigen die Standardfehler des Mittelwertes an.

## 2.2 Experimentelle Designs

### 2.2.1 Experiment 1

An Experiment 1 nahmen 12 Probanden (8 weiblich, 4 männlich) teil, deren Durchschnittsalter  $25,3 \pm 3,2$  Jahre (Mittelwert  $\pm$  SD) betrug. Präsentiert wurden 90 akustische Stimuli, die drei verschiedenen Objektkategorien angehörten. Zum einen wurden Äußerungen von 20 berühmten und 10 unbekanntem deutsch sprechenden Personen vorgespielt. Diese Ausschnitte hatten jeweils eine Länge von zwei Sekunden und bestanden aus mehreren syntaktisch zusammenhängenden Wörtern, deren Inhalt jedoch keinen Aufschluss über die Identität des Sprechers gab (Hans-Dietrich Genscher: ... *hängt wohl damit zusammen, je länger man lebt ...*, Nena: ... *ich bin davon überzeugt, dass man ...*). Weiterhin wurden 20 charakteristische Geräusche präsentiert, die von Tieren produziert wurden (Kuh, Hahn, Frosch), und 10 Tierlaute, von denen angenommen wurde, dass sie keinem bestimmten Tier zuzuordnen sind. Schließlich beinhalteten die Stimuli auch 20 Melodien oder Klänge, die von verschiedenen Musikinstrumenten erzeugt worden waren (Violine,

Klavier, Kastagnetten) und 10 Melodien, die synthetischen Ursprungs sind und von denen angenommen wurde, dass sie sich keinem Instrument zuordnen lassen.

Die Stimuli wurden in Form eines langsamen ereigniskorrelierten fMRT-Designs präsentiert. Die Probanden hörten die Stimuli für 2 Sekunden, denen dann jeweils eine Pause von 12 Sekunden folgte. In dieser Zeit hatten die Probanden die Aufgabe, per Knopfdruck anzugeben, ob sie die Personen, Tiere oder Musikinstrumente so eindeutig identifiziert hatten, dass sie sie mündlich benennen könnten.

### *2.2.2 Experiment 2*

An Experiment 2 nahmen 17 Probanden (8 weiblich, 9 männlich) teil, deren Durchschnittsalter  $27,4 \pm 4,7$  Jahre (Mittelwert  $\pm$  SD) betrug. Präsentiert wurden 100 farbige Grafiken, die drei verschiedenen Objektkategorien angehörten. Zum einen wurden Zeichnungen von 25 Comicfiguren mit tierischem Grundcharakter gezeigt (Garfield - Katze, Donald Duck - Ente, Dumbo - Elefant), dann naturgetreuere Zeichnungen von 50 Tieren (Pelikan, Löwe, Hai) und schließlich Zeichnungen von 25 Obst- und Gemüsesorten (Kartoffel, Birne, Zitrone).

Die Stimuli wurden in Form eines langsamen ereigniskorrelierten fMRT-Designs präsentiert. Die Probanden sahen die Grafiken für 1 Sekunde, der dann jeweils eine Pause von 11 Sekunden folgte. In dieser Zeit hatten die Probanden die Aufgabe, die Stimuli entweder mündlich zu benennen oder zu beschreiben. Die mündlichen Antworten wurden aufgezeichnet.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Experiment 1

##### 3.1.1 Verhaltensdaten

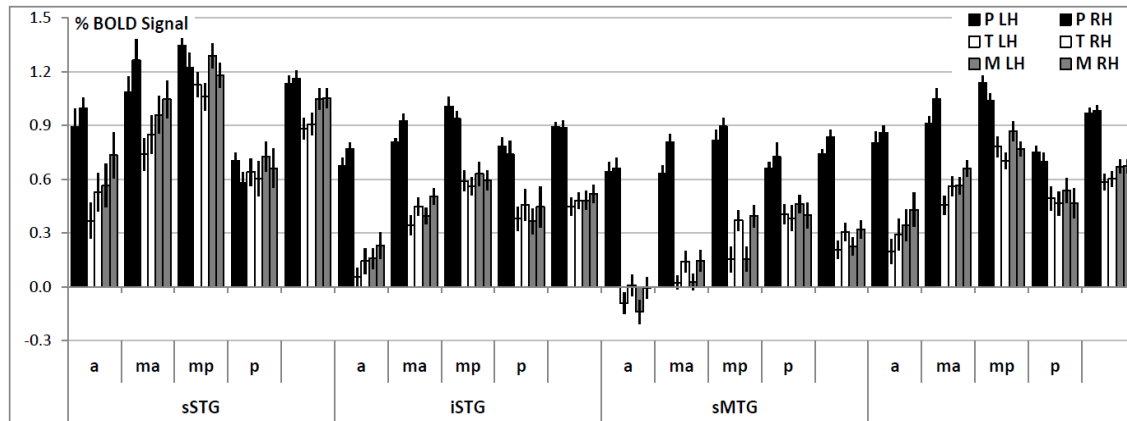
Die Präsentation der Personenstimmen (P), Tierstimmen (T) und Musikinstrumente (M) sollte von den Probanden mittels Tastendruck beantwortet werden und darüber die Bekanntheit der Stimuli angegeben werden. In jeder Kategorie wurden 20 bekannte (B) und 10 unbekannte (U) Stimuli präsentiert.  $9 \pm 1$  Personenstimmen,  $16 \pm 1$  Tierstimmen und  $17 \pm 1$  Musikinstrumente wurden als bekannt bewertet. Die Anzahl der bekannten Stimuli unterschied sich damit signifikant zwischen den Personen auf der einen Seite und den Tieren und Musikinstrumenten auf der anderen Seite ( $z \leq -2.81$ ,  $p \leq .002$ ). Die Tiere und Musikinstrumente wurden gleich häufig als bekannt bewertet ( $z = -0.42$ ,  $p = .703$ ).

Anhand der Tastendruckreaktionen wurde eine Reaktionszeitanalyse für die verschiedenen semantischen Kategorien vorgenommen. Für alle Stimuli gemeinsam betrug die Zeit von Beginn der Stimuluspräsentation bis zum Tastendruck  $3,4 \pm 0,3$  s, für Personenstimmen  $3,8 \pm 0,3$  s, für Tierstimmen  $3,1 \pm 0,2$  s und für die Musikinstrumente  $3,4 \pm 0,3$  s. Damit erfolgten die Reaktionen auf die Tiere signifikant schneller als auf die Personen und Musikinstrumente ( $z \leq -2.22$ ,  $p \leq .024$ ) und die Reaktionen auf die Musikinstrumente ebenfalls schneller als auf die Personen ( $z = -2.13$ ,  $p = .032$ ).

##### 3.1.2 fMRT-Daten

Die Verarbeitung der präsentierten Stimmen führte bei allen Probanden zu einer großflächigen Aktivierung beider Temporallappen, die sich aus einer Vielzahl einzelner Aktivierungscluster mit großer Signalintensität zusammensetzte. In den ROIs der linken Hemisphäre waren  $16753 \pm 896$  Voxel aktiviert, in der rechten Hemisphäre  $18320 \pm 1085$  Voxel. Das prozentuale BOLD-Signal betrug in der linken Hirnhälfte  $0,968 \pm 0,029$  für Personen,  $0,586 \pm 0,045$  für Tiere und  $0,671 \pm 0,039$  für Musikinstrumente

sowie in der rechten Hirnhälfte  $0,979 \pm 0,032$  für Personen,  $0,602 \pm 0,042$  für Tiere und  $0,673 \pm 0,037$  für Musikinstrumente (Abbildung 2).



**Abbildung 2.** BOLD-Signal in Experiment 1.  
 P = Personen, T = Tiere, M = Musikinstrumente  
 LH = linke Hemisphäre, RH = rechte Hemisphäre  
 sSTG = superiorer Teil des STG, iSTG = inferiorer Teil des STG  
 sMTG = superiorer Teil des MTG  
 a = anterior, ma = mittig-anterior, mp = mittig-posterior, p = posterior

In beiden Temporallappen variierte die BOLD-Amplitude in Abhängigkeit von der semantischen Kategorie der Stimuli. Personenstimmen führten in den meisten ROIs beider Hemisphären zu einer signifikant stärkeren Aktivierung als Tierstimmen oder Musikinstrumente. In keinem ROI war eine schwächere Aktivierung der Temporallappen durch die Personenstimmen im Vergleich zu den beiden anderen Kategorien festzustellen. Die BOLD-Unterschiede verteilten sich jedoch nicht gleichmäßig über die Temporallappen. Wie sehr sich das BOLD-Signal der Bedingungen voneinander unterschied, hing mit dem Ursprungsort des Signals zusammen. In Regionen rund um die primär-auditorischen Kortizes fielen die Unterschiede geringer aus als in weiter anterior und inferior liegenden ROIs. Der Unterschied im BOLD-Signal zwischen den menschlichen Stimmen auf der einen Seite und den Tierstimmen und Musikinstrumenten auf der anderen Seite wurde durch einen Selektivitätsindex erfasst. Niedrige Selektivitätswerte sprachen für ein ähnlich starkes BOLD-Signal aller Bedingungen, hohe Selektivitätswerte für eine deutlich höhere BOLD-Amplitude bei den menschlichen Stimmen. Die niedrigsten

Selektivitätsindizes fanden sich in beiden Hemisphären in den ROIs rund um den auditorischen Kortex (Abbildung 3). Ausgehend von diesen ROIs nahm der Selektivitätsindex in alle untersuchten Richtungen zu.

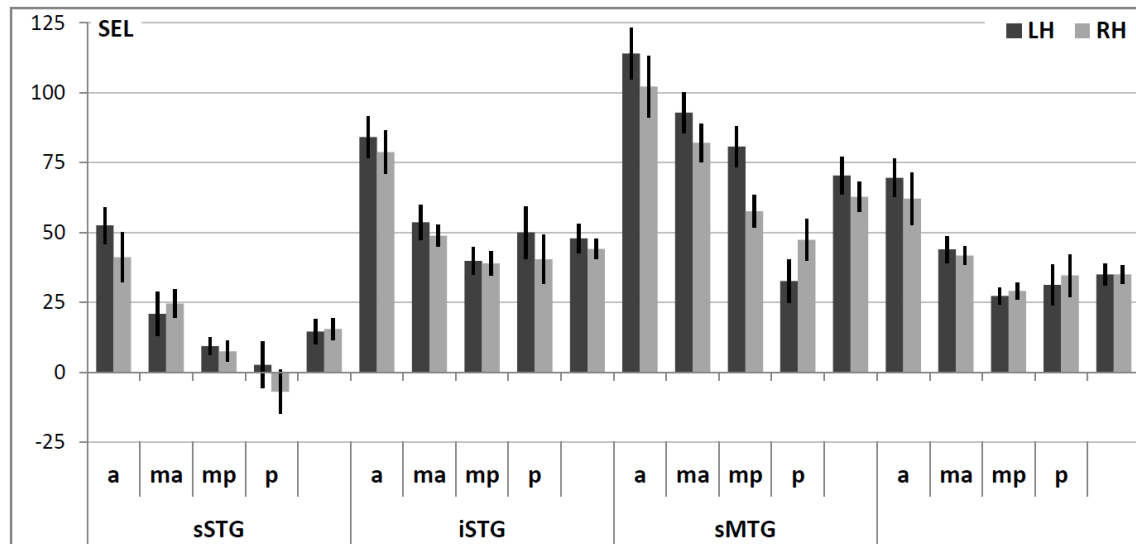


Abbildung 3. Selektivitätsindizes in Experiment 1 (Abkürzungen s. Abb. 2).

## 3.2 Experiment 2

### 3.2.1 Verhaltensdaten

Die visuell präsentierten Comicfiguren (C), Tiere (T) und Obst- und Gemüsesorten (O) sollten von den Probanden mündlich benannt oder semantisch umschrieben werden. Die Comicfiguren wurden zu  $70 \pm 4$  % korrekt benannt, die Tiere zu  $88 \pm 2$  % und die Obst- und Gemüsesorten zu  $92 \pm 2$  %. Die Anzahl der korrekt benannten Abbildungen unterschied sich damit signifikant zwischen den semantischen Kategorien ( $z \leq -2.17$ ,  $p \leq .029$ ).

Anhand der overten Reaktionen wurde eine Reaktionszeitanalyse für die verschiedenen semantischen Kategorien vorgenommen. Für alle Grafiken gemeinsam betrug die Zeit von Beginn der Stimuluspräsentation bis zum Beginn der mündlichen Antwort im Mittel  $1,7 \pm 0,1$  s, für Comicfiguren  $2,1 \pm 0,1$  s, für Tiere  $1,6 \pm 0,1$  s und für Obst- und Gemüsesorten  $1,5 \pm 0,1$  s. Damit erfolgten die Reaktionen auf die Tiere und die Obst- und Gemüsesorten etwa gleich schnell ( $z = -0.78$ ,  $p = .459$ ), beide aber signifikant schneller als auf die Comicfiguren ( $z \leq -3.38$ ,  $p = .000$ ).

### 3.2.2 fMRT-Daten

Die Verarbeitung der visuell präsentierten Comicfiguren führte zu einer Aktivierung beider Temporallappen, die sich bei allen Probanden aus mehreren einzelnen Aktivierungsclustern zusammensetzte. In den ROIs der linken Hemisphäre waren  $11859 \pm 1130$  Voxel aktiviert, in der rechten Hemisphäre  $13310 \pm 1194$  Voxel. Das BOLD-Signal betrug in der linken Hirnhälfte  $0,684 \pm 0,038$  für Comicfiguren,  $0,530 \pm 0,030$  für Tiere und  $0,554 \pm 0,025$  für Obst- und Gemüsesorten sowie in der rechten Hirnhälfte  $0,688 \pm 0,038$  für Comicfiguren,  $0,562 \pm 0,028$  für Tiere und  $0,590 \pm 0,022$  für Obst und Gemüse (Abbildung 4).

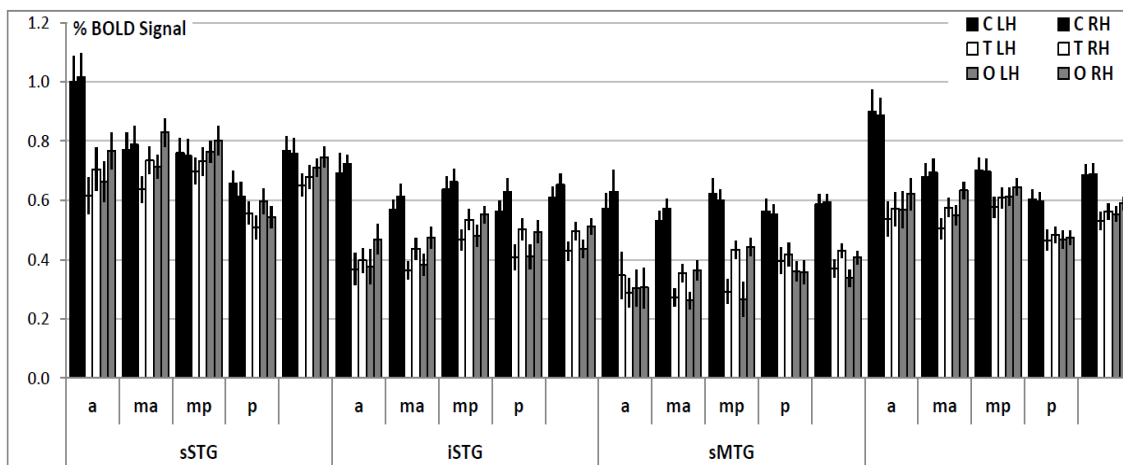


Abbildung 4. BOLD-Signal in Experiment 2.  
C = Comicfiguren, T = Tiere, O = Obst und Gemüse  
(weitere Abkürzungen s. Abb. 2)

In beiden Temporallappen variierte die BOLD-Amplitude erneut in Abhängigkeit von der semantischen Kategorie der Stimuli. Comicfiguren führten in den meisten ROIs beider Hemisphären zu einer signifikant stärkeren Aktivierung als Grafiken von Tieren oder Obst und Gemüse. In keinem ROI war eine schwächere Aktivierung der Temporallappen durch die Comicfiguren im Vergleich zu den beiden anderen Kategorien festzustellen. Die BOLD-Unterschiede verteilten sich jedoch auch hier nicht gleichmäßig über die Temporallappen. Wie sehr sich das BOLD-Signal der Bedingungen voneinander unterschied, hing wieder mit dem Ursprungsort des Signals zusammen. In den mittigen oberen ROIs fielen

die Unterschiede geringer aus als in weiter anterior und inferior liegenden ROIs. Der Unterschied im BOLD-Signal zwischen den Comicfiguren auf der einen Seite und den Tieren und Obst- und Gemüsesorten auf der anderen Seite wurde auch bei diesem Experiment durch einen Selektivitätsindex erfasst. Niedrige Selektivitätswerte sprachen für ein ähnlich starkes BOLD-Signal aller Bedingungen, hohe Selektivitätswerte für eine deutlich höhere BOLD-Amplitude bei den Comicfiguren. Die niedrigsten Selektivitätsindizes fanden sich in beiden Hemisphären in den mittigen ROIs des superioren Teils des STG (Abbildung 5). Ausgehend von diesen ROIs nahm der Selektivitätsindex in alle untersuchten Richtungen zu.

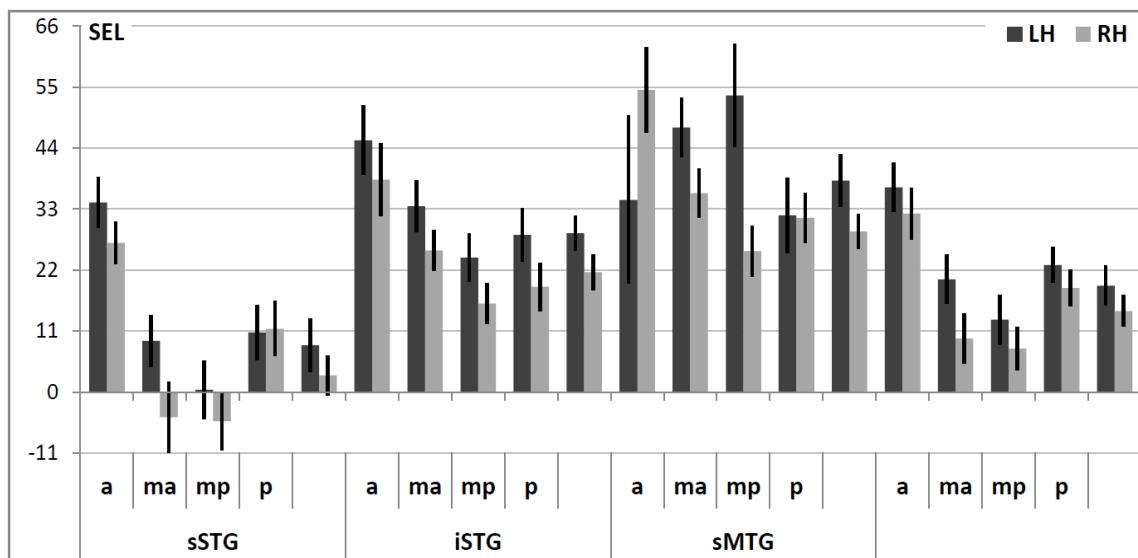


Abbildung 5. Selektivitätsindizes in Experiment 2 (Abkürzungen s. Abb. 2).

#### 4 Diskussion

Funktionelle Bildgebungsstudien zur Produktion von Eigennamen und Läsionsdaten von Patienten mit spezifischen Problemen im Abruf von Eigennamen deuten auf eine Beteiligung des Temporallappens an der Verarbeitung von individuellen Entitäten hin. Insbesondere der linke Temporalpol scheint den Wortabruf der Namen zu unterstützen (Damasio et al., 1996; Fukatsu et al., 1999; Gorno-Tempini & Price, 2001). Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stimmen mit dieser Vermutung überein. In zwei fMRT-Experimenten wurden gesunden Versuchs-

personen individuelle und kategorielle Entitäten präsentiert, die diese entweder kovert (Experiment 1) oder overt (Experiment 2) benennen sollten. In Experiment 1 wurden die Stimuli auditiv präsentiert (Personenstimmen) in Experiment 2 visuell (Comicfiguren). Über beide Experimente zeigte sich, dass der Temporallappen zwischen den individuellen und den kategoriellen Stimuli unterschied, indem in fast allen Bereichen beider Temporallappen die individuellen Stimuli zu einer stärkeren Aktivierung führten als die kategoriellen Stimuli. Die Stärke des Unterschieds fiel jedoch nicht in allen Bereichen der Temporallappen gleich stark aus. Vielmehr war zu beobachten, dass es insbesondere in den mittleren Temporalgyri und in den besonders weit anterior liegenden Temporalpolen zu einer sehr deutlichen Differenzierung der Stimuli kam. Beim auditiven Experiment war in den anterioren, unteren ROIs sogar eine selektive Aktivierung für die Personenstimmen verglichen mit den Tierstimmen und Musikinstrumenten festzustellen. Die Ergebnisse der Untersuchung sprechen damit deutlich für eine Beteiligung der anterioren Temporallappen an der Verarbeitung von Eigennamen.

Gauthier et al. (2000) sahen den Unterschied in der Verarbeitung von Eigennamen und allgemeinen Nomen darin begründet, dass Personenverarbeitung auf der subordinierten Kategorisierungsebene stattfindet, die Verarbeitung von Objekten aber auf der Basisebene. Über den Fusiformgyrus im inferioren posterioren Temporallappen ist bekannt, dass er deutlich auf die Präsentation von Gesichtern reagiert, jedoch nur gering auf andere visuelle Stimuli. Die Autoren nahmen jedoch nicht an, dass Gesichter eine spezifisch visuelle Kategorie darstellen, sondern dass diese auf einer untergeordneteren Ebene diskriminiert werden als andere Objekte. Sie konnten mittels eines fMRT-Experiments zeigen, dass bei Experten für Vogelarten und Automarken im Vergleich zu Nicht-Experten die entsprechenden Stimuli zu Aktivierungen im Fusiformgyrus führten. Ähnlich argumentierten Tyler et al. (2004), die allgemeine Objekte in einem fMRT-Experiment einmal auf übergeordneter Ebene klassifizieren ließen (künstlich oder natürlich) und einmal auf untergeordneter Ebene



(Benennen). Beide Bedingungen gemeinsam führten in posterioren temporalen Bereichen zu Aktivierungen. Das Areal, das stärker durch die Benennaufgabe als die Klassifikationsaufgabe aktiviert wurde, war der linke mediale anteriore Temporallappen. Zusätzlich konnten die Autoren zeigen, dass die Spezifität des Signals von posterioren zu anterioren Hirnbereichen sukzessive zunahm, indem posterior beide Bedingungen zu etwa gleich starken Aktivierungen führten und in weiter anterior liegenden Arealen das Signal der Klassifikationsaufgabe zunehmend geringer ausfiel. Sie schlussfolgerten, dass im anterioren Temporallappen spezifische Merkmale von Objekten verarbeitet werden, im posterioren Temporallappen allgemeinere Merkmale. Dieses Aktivierungsmuster ließ sich auch mit der vorliegenden Studie nachweisen. Stimuli, die auf der höchsten Stufe der Spezifität verarbeitet werden müssen, um identifiziert werden zu können (individuelle Personenstimmen und Comicfiguren), führten im anterioren Temporallappen zu einer deutlich stärkeren Aktivierung als Stimuli, die auf der Basisebene verarbeitet wurden (kategoriale Objekte und Tiere). Der Unterschied zwischen den Bedingungen nahm hier insbesondere beim auditiven Experiment vom auditorischen Kortex nach anterior und inferior sukzessive zu. Die Daten sprechen folglich dafür, dass visuell oder auditiv verarbeiteter Input in posterioren (primären und sekundären) Hirnarealen bezüglich allgemeiner semantischer Merkmale analysiert wird, die Weitergabe der Informationen entlang des Sulcus temporalis superior erfolgt und zunehmend spezifischere Merkmale extrahiert werden und die amodale Verarbeitung ganz spezifischer semantischer Merkmale in anterioren temporalen Regionen erfolgt.

Unter dieser Erkenntnis lässt sich jetzt erklären, weshalb temporale Läsionen sowohl im anterioren als auch im posterioren Temporallappen zu Defiziten in der Verarbeitung von Eigennamen führen können (Semenza, 2006). Der Abruf von Eigennamen nach Schädigungen des anterioren Temporallappens misslingt, weil die dafür notwendigen spezifischen semantischen Merkmale nicht zur Verfügung gestellt werden

können. Der Abruf der Eigennamen nach Schädigung des posterioren Temporallappens misslingt, weil die dafür notwendigen allgemeinen semantischen Merkmale nicht zur Verfügung gestellt werden können. Damit lässt sich also das typischere Muster der selektiven Störung von Eigennamen erklären. Nicht erklärt werden kann jedoch, weshalb Eigennamen selektiv erhalten sein können (Cipolotti et al., 1993; Lyons et al., 2002; Schmidt & Buchanan, 2004; Semenza & Sgaramella, 1993), z. B. auch nach Läsion des Temporalpols (Pavão Martins & Farrajota, 2007). Da selektiv erhaltene Leistungen mit Eigennamen häufig im Zusammenhang mit sonst sehr schweren aphasischen Störungen nach großflächigen linkshemisphärischen Läsionen stehen (Semenza, 2006), könnte die Vermutung von Ohnesorge und van Lancker (2001) zutreffen, dass Eigennamen als Folge der persönlichen Relevanz und Affektivität der Stimuli eher rechtshemisphärische Unterstützung finden können als Gattungsnamen.

Das auditive Experiment lieferte deutliche Aktivierungsunterschiede zwischen Personenstimmen auf der einen Seite und Tierstimmen und Lauten von Musikinstrumenten auf der anderen Seite. Diese Unterschiede lassen sich, abgesehen von der oben beschriebenen Eigennamentheorie, auch auf andere Charakteristika in den Stimuli zurückführen. Zum Beispiel handelt es sich bei den Personenstimmen um gesprochene Sprache, sodass man annehmen könnte, die Aktivierungen innerhalb der Temporallappen würden primär durch phonologische oder syntaktische Verarbeitungsprozesse hervorgerufen werden. Da sich das gleiche Aktivierungsmuster jedoch auch bei der visuellen Präsentation von nicht sprechenden Comicfiguren zeigte, lässt sich diese Erklärung für die Aktivierungen im vorliegenden Experiment ausschließen. Dasselbe gilt für die Theorie, dass die obere Bank des Sulcus temporalis superior ein stimmselektives Areal wäre. Belin, Zatorre, Lafaille, Ahad und Pike (2000) kontrastierten in mehreren fMRT-Experimenten menschliche Stimmen mit diversen Kontrollgeräuschen wie Umweltgeräuschen, Klängen verschiedener Glocken, gescrambelten Stimmen oder amplituden-moduliertem

Rauschen und beobachteten deutlich stärkere Aktivierungen für die menschlichen Stimmen bilateral entlang des Sulcus temporalis superior. In einer Folgestudie verglichen Belin und Zatorre (2003) eine Bedingung, in der verschiedene Silben vom gleichen Sprecher gesprochen wurden, mit einer Bedingung, in der die gleiche Silbe von mehreren Sprechern gesprochen wurde. Die zweite Bedingung führte im rechten Temporalpol zu einer stärkeren Aktivierung als die erste Bedingung, was die Autoren dahingehend deuteten, dass dort stimmspezifische Informationen verarbeitet werden. Aktivierungen im gleichen Areal fanden von Kriegstein, Eger, Kleinschmidt und Giraud (2003) für ihre Stimmenbedingung, als sie akustische Stimuli einmal auf die linguistische Form und einmal auf stimmliche Merkmale analysieren ließen. In der vorliegenden Untersuchung reagierten die Areale, die spezifisch durch menschliche Stimmen aktiviert wurden, jedoch auch deutlich stärker auf visuell präsentierte Comicfiguren verglichen mit Zeichnungen von Tieren und Obst- und Gemüsesorten. Daher sprechen die Daten neben möglichen Funktionen des Temporallappens bei der phonologischen, syntaktischen oder Stimmenverarbeitung für eine Verarbeitung sehr spezifischer semantischer Informationen, die zum Beispiel beim Abruf von Eigennamen nötig sind.

## 5 Literatur

- Belin, P. & Zatorre, R. J. (2003). Adaptation to speaker's voice in right anterior temporal lobe. *Neuroreport*, *14*, 2105–2109.
- Belin, P., Zatorre, R. J., Lafaille, P., Ahad, P. & Pike, B. (2000). Voice-selective areas in human auditory cortex. *Nature*, *403*, 309–312.
- Brennen, T. (1993). The difficulty with recalling people's names: the plausible phonology hypothesis. *Memory*, *1*, 409–431.
- Burke, D. M., MacKay, D. G., Worthley, J. S. & Wade, E. (1991). On the tip of the tongue: What causes word finding failures in young and older adults? *Journal of Memory and Language*, *30*, 542–579.

- Cipolotti, L., McNeil, J. E. & Warrington, E. K. (1993). Spared written naming of proper nouns: A case report. *Memory, 1*, 289–311.
- Damasio, H., Grabowski, T., Tranel, D., Hichwa, R. D. & Damasio, A. R. (1996). A neural basis for lexical retrieval. *Nature, 380*, 499–505.
- Delazer, M., Semenza, C., Reiner, M., Hofer, R. & Benke, T. (2003). Anomia for people names in DAT – Evidence for semantic and post-semantic impairments. *Neuropsychologia, 41*, 1593–1598.
- Evrard, M. (2002). Ageing and lexical access to common and proper names in picture naming. *Brain and Language, 81*, 174–179.
- Fukatsu, R., Fujii, T., Tsukiura, T., Yamadori, A. & Otsuki, T. (1999). Proper name anomia after left temporal lobectomy: A patient study. *Neurology, 52*, 1096–1099.
- Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, J. C. & Anderson, A. W. (2000). Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nature Neuroscience, 3*, 191–197.
- Gentileschi, V., Sperber, S. & Spinnler, H. (2001). Crossmodal agnosia for familiar people as a consequence of right infero polar temporal atrophy. *Cognitive Neuropsychology, 18*, 439–463.
- Gorno-Tempini, M. L. & Price, C. J. (2001). Identification of famous faces and buildings: A functional neuroimaging study of semantically unique items. *Brain, 124*, 2087–2097.
- Grabowski, T. J., Damasio, H., Tranel, D., Ponto, L. L., Hichwa, R. D. & Damasio, A. R. (2001). A role for left temporal pole in the retrieval of words for unique entities. *Human Brain Mapping, 13*, 199–212.
- Hittmair-Delazer, M., Denes, G., Semenza, C. & Mantovan, M. C. (1994). Anomia for people's names. *Neuropsychologia, 32*, 465–476.
- Lucchelli, F. & De Renzi, E. (1992). Proper name anomia. *Cortex, 28*, 221–230.
- Lyons, F., Hanley, J. R. & Kay, J. (2002). Anomia for common names and geographical names with preserved retrieval of names of people: A semantic memory disorder. *Cortex, 38*, 23–35.

- Miceli, G., Capasso, R., Daniele, A., Esposito, T., Magarelli, M. & Tomaiuolo, F. (2000). Selective deficit for people's names following left temporal damage: An impairment of domain-specific conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, *17*, 489–516.
- Ohnesorge, C. & van Lancker, D. R. (2001). Cerebral laterality for famous proper nouns: Visual recognition by normal subjects. *Brain and Language*, *77*, 135–165.
- Papagno, C. & Capitani, E. (1998). Proper name anomia: A case with sparing of the first-letter knowledge. *Neuropsychologia*, *36*, 669–679.
- Pavão Martins, I. & Farrajota, L. (2007). Proper and common names: A double dissociation. *Neuropsychologia*, *45*, 1744–1756.
- Schmidt, D. & Buchanan, L. (2004). Sparing of written production of proper nouns and dates in aphasia. *Brain and Cognition*, *55*, 406–408.
- Schweinberger, S. R., Landgrebe, A., Mohr, B. & Kaufmann, J. M. (2002). Personal names and the human right hemisphere: An illusory link? *Brain and Language*, *80*, 111–120.
- Semenza, C. (2006). Retrieval pathways for common and proper names. *Cortex*, *42*, 884–891.
- Semenza, C. & Sgaramella, T. M. (1993). Production of proper names: A clinical case study of the effects of phonemic cueing. *Memory*, *1*, 265–280.
- Semenza, C. & Zettin, M. (1988). Generating proper names: A case of selective inability. *Cognitive Neuropsychology*, *5*, 711–721.
- Talairach, J. & Tournoux, P. (1988). *Co-planar Stereotaxic Atlas of the Human Brain: 3-Dimensional Proportional System – An Approach to Cerebral Imaging*. Stuttgart: Thieme.
- Tsukiura, T., Fujii, T., Fukatsu, R., Otsuki, T., Okuda, J., Umetsu, A., ... Yamadori, A. (2002). Neural basis of the retrieval of people's names: Evidence from brain-damaged patients and fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 922–937.
- Tyler, L. K., Stamatakis, E. A., Bright, P., Acres, K., Abdallah, S., Rodd, J. M. & Moss, H. E. (2004). Processing objects at different levels of specificity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*, 351–362.

- von Kriegstein, K., Eger, E., Kleinschmidt, A. & Giraud, A. L. (2003). Modulation of neural responses to speech by directing attention to voices or verbal content. *Cognitive Brain Research*, *17*, 48–55.
- Warrington, E. K. & Clegg, F. (1993). Selective preservation of place names in an aphasic patient: A short report. *Memory*, *1*, 281–288.
- Yasuda, K. & Ono, Y. (1998). Comprehension of famous personal and geographical names in global aphasic subjects, *Brain and Language*, *61*, 274–287.

### **Kontakt**

Anja Bethmann

*bethmann@ifn-magdeburg.de*