

Neues aus Wissenschaft und Lehre

Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf 2010

Heinrich Heine

HEINRICH HEINE
UNIVERSITÄT DÜSSELDORF



d|u|p

düsseldorf university press

**Neues aus
Wissenschaft und Lehre
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
2010**

**Neues aus
Wissenschaft und Lehre
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf 2010**

Herausgegeben vom Rektor
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Univ.-Prof. Dr. Dr. H. Michael Piper

Konzeption und Redaktion:
Univ.-Prof. em. Dr. Hans Süßmuth

d|u|p

© düsseldorf university press, Düsseldorf 2010
Einbandgestaltung: Monika Uttendorfer
Titelbild: Blick in den Konrad-Henkel-Hörsaal
Redaktionsassistenz: Sonja Seippel
Beratung: Friedrich-K. Unterweg
Satz: Friedhelm Sowa, L^AT_EX
Herstellung: WAZ-Druck GmbH & Co. KG, Duisburg
Gesetzt aus der Celeste
ISBN 978-3-940671-71-4

Inhalt

Vorwort des Rektors	11
Hochschulrat	13
Rektorat	15
 Medizinische Fakultät	
<i>Dekanat</i>	19
SASCHA FLOHÉ und JOACHIM WINDOLF (Dekan) Bessere Schwerstverletztenprognose in Deutschland – von der <i>Damage-Control</i> -Chirurgie bis zum Traumanetz	23
PETER FEINDT und ARTUR LICHTENBERG Neue Wege – alte Ziele: Was macht moderne Herzchirurgie im Jahr 2010 aus?	31
STEFANIE RITZ-TIMME, ULRIKE BRUNENBERG-PIEL, VOLKER WEUTHEN, ULRICH DECKING, ALFONS HUGGER und MATTHIAS SCHNEIDER O.A.S.E.: Raum und Symbol für eine neue Lern- und Lehrkultur an der Medizinischen Fakultät	51
ANDREAS HIPPE, ANJA MÜLLER-HOMEY und BERNHARD HOMEY Chemokine im Tumor-Mikromilieu	65
WOLFRAM TRUDO KNOEFEL und JAN SCHULTE AM ESCH Die Förderung der Leberproliferation durch therapeutische Applikation von CD133-positive Knochenmarkstammzellen vor erweiterter Leberresektion	85
S. ROTH, P. ALBERS, W. BUDACH, A. ERHARDT, R. FENK, H. FRISTER, H. E. GABBERT, N. GATTERMANN, U. GERMING, T. GOECKE, R. HAAS, D. HÄUSSINGER, W. JANNI, W. T. KNOEFEL, G. KOBBE, H. W. MÜLLER, C. OHMANN, D. OLZEN, A. SALEH und B. ROYER-POKORA Aktuelle Entwicklungen in der interdisziplinären Krebstherapie	111
JOHANNES SIEGRIST und ANDREA ICKS Gesundheit und Gesellschaft – eine neue Initiative an der Medizinischen Fakultät	141
THOMAS BEIKLER Parodontitis – Einblicke in eine unterschätzte Biofilmerkran- kung	159
MATTHIAS SCHOTT Autoimmune und maligne Schilddrüsenerkrankungen	179

JENS SAGEMÜLLER

- Der Neubau der Krankenhausapotheke
des Universitätsklinikums Düsseldorf 193

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

Dekanat 213

SABINE ETGES und PETER WESTHOFF

- Biodiversität – Vielfalt des Lebens
Die Vielfalt der Pflanzen und ihre Zukunft 217

EVELYN VOLLMEISTER, ELISABETH STRATMANN und
MICHAEL FELDBRÜGGE

- Langstreckentransport im Mikroorganismus *Ustilago maydis* 235

HELMUT RITTER, MONIR TABATABAI und GERO MAATZ

- Funktionsmaterialien in der Dental- und Augenheilkunde 249

VLADA B. URLACHER und KATJA KOSCHORRECK

- Biokatalyse für die selektive Oxidation 265

HEIKE BRÖTZ-OESTERHELT und PETER SASS

- Molekulare Antibiotikaforschung – Neue Leitstrukturen
und Wirkmechanismen gegen multiresistente Bakterien 283

FRANK MEYER und REINHARD PIETROWSKY

- Risikopotential der exzessiven Nutzung von Online-Rollenspielen:
Fortschritte in der klinischen Diagnostik 295

HOLGER GOHLKE

- Strukturbasierte Modellierung der
molekularen Erkennung auf multiplen Skalen 311

Philosophische Fakultät

Dekanat 329

FRANK LEINEN

- Mexiko 1810 – 1910 – 2010:
Entwicklungen, Perspektiven, Problemfelder 333

SHINGO SHIMADA

- Zum Konzept von Natur im Japanischen – das Eigene und das Fremde.
Eine Skizze..... 355

GERHARD SCHURZ

- Wie wahrscheinlich ist die Existenz Gottes?
Kreationismus, Bayesianismus und das Abgrenzungsproblem 365

RICARDA BAUSCHKE-HARTUNG

- Liegt der Rheinschatz in Düsseldorf? 377

PETER INDEFREY	
Wie entsteht das gesprochene Wort?	391
HARTWIG HUMMEL	
Europa als Friedensprojekt: Der internationale Masterstudiengang <i>European Studies</i> an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	401
SUSANNE BRANDT und BEATE FIESELER	
Zum Projekt „Studierende ins Museum“	411
GABRIELE GLOGER-TIPPELT	
Warum wir Bindung brauchen – Empirisches Wissen und einige Mythen	427
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät	
<i>Dekanat</i>	445
NADINE MÜLLER und BERND GÜNTER (Dekan)	
Kunstvermittlung und Marketing für Kunst – ein interdisziplinäres Fachgebiet	449
Gastbeitrag	
CHRISTOPH INGENHOVEN	
Rede anlässlich der Eröffnungsfeier des Oeconomicum der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf am 30. November 2010	463
RAIMUND SCHIRMEISTER	
Der MBA Gesundheitsmanagement als innovativer Weiterbildungsstudiengang	469
STEFAN SÜSS	
Fassaden, Mythen und Symbole? Wie Managementkonzepte eingesetzt und bewertet werden	481
JUSTUS HAUCAP	
Eingeschränkte Rationalität in der Wettbewerbsökonomie	495
HANS-THEO NORMANN	
Experimentelle Ökonomik für die Wettbewerbspolitik.....	509
RÜDIGER HAHN	
Corporate Responsibility in betriebswirtschaftlicher Diskussion – Kritische Reflexion und Begründungsgrundlagen unternehmerischer Gesellschaftsverantwortung	525
Juristische Fakultät	
<i>Dekanat</i>	541
RALPH ALEXANDER LORZ	
Die neue Blaupause für Europa Der Vertrag von Lissabon und seine wesentlichen Neuerungen.....	543

CHRISTIAN KERSTING	
Wettbewerb der Rechtskulturen: Der Kampf um das beste Recht.....	557
ANDREAS FEUERBORN, SUSANNE LEITNER und SUSANNE SCHILLBERG	
Fünf Jahre integrierter Grundstudienkurs Rechtswissenschaften Düsseldorf/Cergy-Pontoise – eine erfolgreiche Basis für den neuen deutsch-französischen Aufbaustudienkurs im Wirtschafts-, Arbeits- und Sozialrecht	583
JOHANNES DIETLEIN und FELIX B. HÜSKEN	
Spieterschutz im gewerblichen Automatenpiel Rechtsprobleme der Bauartzulassung neuartiger Geldspielgeräte	593
CHRISTIAN KERSTING	
Zur Zweckmäßigkeit eines Entflechtungsgesetzes	613
Gesellschaft von Freunden und Förderern der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf e. V.	
OTHMAR KALTHOFF	
Gesellschaft von Freunden und Förderern der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf e. V.....	625
Private Stiftungen und die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
ESTHER BETZ	
Ziele und Arbeit der Anton-Betz-Stiftung der Rheinischen Post	631
Forscherguppen an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
DIETER HÄUSSINGER und RALF KUBITZ	
Klinische Forschergruppe KFO 217 „Hepatobiliärer Transport und Lebererkrankungen“	637
Sofja Kovalevskaja-Preisträger	
PHILIPP ALEXANDER LANG	
Wie man virale Infektionen untersuchen kann.....	649
Graduiertenausbildung an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
AXEL GÖDECKE und URSULA KESSEN	
Strukturierte Promotion an der Medizinischen Fakultät: Die <i>Medical Re- search School Düsseldorf</i>	661
CHRISTIAN DUMPITAK, ANDREAS WEBER und CHRISTEL MARIAN	
Shaping the Future of Doctoral Training: iGRAD – Interdisciplinary Graduate and Research Academy Düsseldorf ..	671

SIGRUN WEGENER-FELDBRÜGGE, RÜDIGER SIMON und ANDREAS P. M. WEBER iGRAD-Plant – An International Graduate Program for Plant Science „The Dynamic Response of Plants to a Changing Environment“	679
Nachwuchsforschergruppen an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
M. BEURSKENS, S. KEUNEKE, M. MAHRT, I. PETERS, C. PUSCHMANN, A. TOKAR, T. VAN TREECK und K. WELLER Wissenschaft und Internet	693
Ausgründungen aus der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
CORD EBERSPÄCHER Kennen Sie Konfuzius? Über 300 Konfuzius-Institute verbreiten chinesische Kultur und Sprache weltweit – das Düsseldorfer Institut gehörte zu den ersten	705
Ausstellungen	
STEFANIE KNÖLL Narren – Masken – Karneval Forschungsprojekt und Ausstellung der Graphiksammlung „Mensch und Tod“	721
Geschichte der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
ULRICH KOPPITZ, THORSTEN HALLING und JÖRG VÖGELE Geschichten und Geschichtswissenschaft: Zur Historiographie über die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	739
Forum Kunst	
STEFAN SCHWEIZER Gartenkunst als Städtebau Zur Konvergenz der Disziplinen im Diskurs um den sozialhygienischen Beitrag urbaner Grünanlagen 1890–1914	759
Chronik der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
ROLF WILLHARDT Chronik 2010	783



Prof. Dr. Dr. Peter Indefrey

Peter Indefrey ist seit 2009 Heisenberg-Professor am Institut für Sprache und Information der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Er studierte Humanmedizin, Sprachwissenschaft, Philosophie und Psychologie an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. 1991 wurde er mit einer experimentellen psychosomatischen Arbeit an der Medizinischen Fakultät, 2002 mit einer Arbeit zum Erwerb der schwachen Substantivflexion des Deutschen an der Philosophischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf promoviert. Von 1993 bis 2001 war Peter Indefrey Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe „Neurocognition of Language Processing“ am Max-Planck-Institut für Psycholinguistik. 2001 übernahm er die Leitung dieser Gruppe. Von 2003 bis 2009 leitete er das Forschungsprojekt „Dynamics of Multilingual Processing“ am Max-Planck-Institut für Psycholinguistik und war Principal Investigator am Donders Centre for Cognitive Neuroimaging in Nijmegen. Seine Forschungsschwerpunkte sind Psycholinguistik und Neurokognition der mono- und bilingualen Wort- und Satzverarbeitung.

PETER INDEFREY

Wie entsteht das gesprochene Wort?

Das Sprechen erscheint uns normalerweise als ein einfacher Vorgang, der keine Aufmerksamkeit erfordert. Gelegentlich kommt es jedoch vor, dass bei diesem scheinbar einfachen Vorgang etwas nicht funktioniert. Beispiele für vorübergehende Störungen sind die Schwierigkeit, die richtigen Worte für etwas zu finden, oder die Erfahrung, dass wir sehr wohl das richtige Wort kennen, dass es uns „auf der Zunge liegt“, wir jedoch im Moment nicht darauf kommen. Auch Versprecher wie Angela Merkels „Roland Kotz ... Koch“ sind das Ergebnis kurzzeitiger Störungen im Wortproduktionssystem. Störungen können jedoch auch langanhaltend sein und unsere Kommunikationsfähigkeit schwer beeinträchtigen wie etwa das Stottern oder die Unfähigkeit, grammatisch korrekte Sätze zu bilden, der sogenannte Agrammatismus bei manchen Schlaganfallpatienten. Offensichtlich betreffen diese Erscheinungen verschiedene Aspekte der Sprachproduktion und dies wiederum legt nahe, dass es Komponenten des Sprachproduktionsprozesses gibt, die jede für sich oder in verschiedenen Kombinationen gestört sein können. Allein aufgrund solcher Alltagsbeobachtungen können wir zumindest eine konzeptuelle oder Bedeutungskomponente („Was will ich sagen?“), verschiedene Formkomponenten („Ich weiß, was ich sagen will, kann aber das Wort gerade nicht finden.“ oder „Ich wollte etwas anderes sagen, aber irgendwie kamen die Sprachlaute nicht an die richtige Stelle.“) und eine Artikulationskomponente („Ich habe Probleme beim Aussprechen von Wörtern, die mit dem Buchstaben W anfangen.“) unterscheiden.

Verarbeitungsschritte der Sprachproduktion

Psycholinguistische Sprachproduktionsmodelle stimmen tatsächlich darin überein, dass es Verarbeitungsschritte für Bedeutung, Form und Artikulation gibt, die nacheinander stattfinden. Wie genau der Informationsfluss zwischen diesen Komponenten aussieht, ist allerdings umstritten. Während etwa das sehr einflussreiche Modell von Levelt¹ annimmt, dass es keine Rückmeldung von späteren Verarbeitungsebenen zu früheren gibt, nehmen die Netzwerkmodelle von Dell² solche Rückmeldungen an, so dass zum Beispiel lautliche Eigenschaften von Wörtern die Bedeutungsebene beeinflussen können. Ich werde im Folgenden in Anlehnung an Levelts Modell den Ablauf der Sprachproduktion beschreiben und mich dann der Frage zuwenden, ob die Verarbeitungsschritte der Sprachproduktion anatomischen Strukturen im Gehirn zugeordnet werden können.

Sprechen beginnt mit der konzeptuellen Vorbereitung. Bei der Beschreibung eines Fußballspiels muss der Kommentator zum Beispiel Ereignisse *linearisieren*, das heißt, in

¹ Vgl. Levelt (1989) sowie Levelt, Roelofs und Meyer (1999).

² Vgl. Dell (1986) sowie Dell, Burger und Svec (1997).

eine bestimmte Reihenfolge bringen. Dies kann die natürliche Reihenfolge sein („Özal hat sich bei der Aktion verletzt. Der Trainer wechselt ihn aus.“), aber der Sprecher kann auch davon abweichen, um etwa anzudeuten, dass ihm eines der Ereignisse wichtiger ist („Der Trainer wechselt Özal aus, der sich bei der Aktion verletzt hat.“). Ein anderes Beispiel für konzeptuelle Planung ist die Einnahme einer von mehreren möglichen Perspektiven zur sprachlichen Wiedergabe räumlicher Verhältnisse („Özal steht hinter dem Verteidiger.“ – „Der Verteidiger steht vor Özal.“). Der Sprecher muss bei der Vorbereitung einer Äußerung auch das Weltwissen der Zuhörerschaft und das bisher Gesagte berücksichtigen. Davon hängt zum Beispiel ab, ob er Özal als „Özal“, „er“ oder „der Bremer“ bezeichnet. ÖZAL und BREMER sind lexikalische Konzepte, für die es im Wortspeicher, dem sogenannten mentalen Lexikon des Sprechers Wörter gibt. Wenn der Sprecher sich entschieden hat, dass BREMER das angemessenste Konzept ist, muss auf der Grundlage der konzeptuellen Information das passende Wort im Lexikon selektiert werden. Welche Aspekte der Bedeutung dazu genau benutzt werden, ist noch wenig erforscht und Gegenstand aktueller Projekte an der Heinrich-Heine-Universität. Sicher ist aber, dass in diesem Stadium Lexikoneinträge semantisch ähnlicher Konzepte (HAMBURGER, WERDER-SPIELER) ebenfalls aktiviert werden und mit dem Zielwort ‚Bremer‘ in Wettbewerb treten. Gelegentlich wird ein solches semantisch ähnliches Wort dann irrtümlicherweise selektiert, was der Zuhörer entweder als Versprecher wahrnehmen kann („Hamburger“) oder auch nicht („Werder-Spieler“). Levelt, Roelofs und Meyer³ nehmen an, dass dieser Selektionsprozess auf einer Ebene des mentalen Lexikons (*lemma level*) erfolgt, auf der auch Informationen über die grammatischen Eigenschaften der Wörter verfügbar werden. Erst nach der Selektion eines Lemmas kann der Zugriff auf die *Wortform*, im Wesentlichen eine Kette von Sprachlauten (Phonemen), erfolgen. Wenn dies gelegentlich nicht oder nur teilweise gelingt, liegt uns das Wort „auf der Zunge“: Wir kennen häufig das grammatische Geschlecht oder einen Teil der Wortform („klingt so ähnlich wie ...“), kommen aber nicht auf die vollständige Wortform. Die abgerufenen Phoneme werden in einem weiteren Verarbeitungsschritt, der *phonologischen Enkodierung*, zu Silben zusammengesetzt. Auch dieser Vorgang ist störungsanfällig: Es kann zu Vertauschungen („mein Kralli putzt“ – Pulli kratzt), Vorwegnahmen („Der bleste Platz ist immer noch an der Theke.“) und nachträglichen weiteren Verwendungen („Mitten in die Mampa“ – Pampa) von ein oder mehreren Phonemen kommen.⁴ Die phonologische Enkodierung hat als zusätzlichen Input eine syntaktische Struktur, die durch einen gesonderten Prozess (*grammatische Enkodierung*), auf der Grundlage der geplanten Reihenfolge der Konzepte, ihrer semantischen Beziehungen und der grammatischen Merkmale der zugehörigen Lemmata hergestellt wird. So wird etwa im obigen Beispiel die Tatsache, dass der Trainer der Handelnde des Auswechslungsereignisses ist, durch seine grammatische Rolle ausgedrückt. Diese kann beispielsweise durch grammatischen Kasus, Position des Wortes im Satz oder Kongruenz mit dem Hauptverb des Satzes – das heißt, die Form des Verbs richtet sich nach den grammatischen Merkmalen (zum Beispiel Einzahl oder 3. Person) des Wortes „Trainer“ – definiert werden. Wie das geschieht, hängt von der jeweiligen Sprache ab. Das Ergebnis der phonologischen Enkodierung ist eine phonologische Repräsentation, die

³ Vgl. Levelt, Roelofs und Meyer (1999).

⁴ Beispiele aus Leuninger (1993).

Informationen über die Silben und die Sprachmelodie (Prosodie) kleinerer und größerer Einheiten des Satzes enthält (phonologische Wörter und Phrasen, Intonationsphrasen). Diese Repräsentation wird im nächsten Prozess, der *phonetischen Enkodierung*, in eine abstrakte artikulatorische Repräsentation übersetzt. Die konkrete Artikulationsplanung setzt schließlich diese artikulatorische Repräsentation in Steuerungssignale für die Sprechmuskulatur um, die den Schall der gesprochenen Wörter erzeugen. Außer über das Hören dieses akustischen Signals nehmen wir selbstproduzierte Wörter auch schon nach der phonologischen Enkodierung als innere Sprache bewusst wahr. Diese innere Schleife des sogenannten *self-monitoring* ermöglicht nicht nur sprachliches Denken (wenn also gar keine Aussprache erfolgt), sondern beispielsweise auch die Korrektur von Versprechern, bevor diese überhaupt ausgesprochen werden.

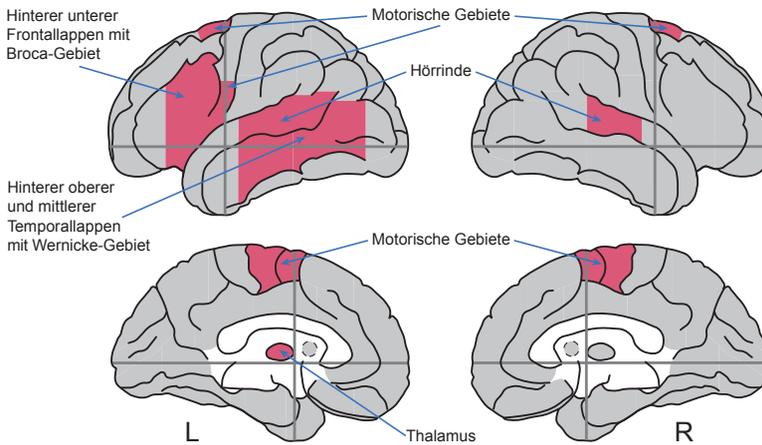


Abb. 1: Hirngebiete, die bei Bildbenennung und Wortgenerierung zuverlässig aktiviert werden; vgl. Indefrey und Levelt (2000) sowie Indefrey und Levelt (2004).

Ein wichtiger Beitrag der elektrophysiologischen Neurokognitionsforschung ist die genaue zeitliche Messung von EEG-Potentialen, die in Bezug zu den Verarbeitungsschritten der Sprachproduktion gesetzt werden können. Indefrey und Levelt⁵ konnten aus solchen Messungen unter Einbeziehung von Daten aus psycholinguistischen Reaktionszeitstudien die Dauer der einzelnen Verarbeitungsschritte in einem typischen Wortproduktionsparadigma, der Bildbenennung, abschätzen. In diesem Paradigma sehen die Versuchsteilnehmer eine Umrisszeichnung beispielsweise eines Hundes und sagen daraufhin „Hund“. In den meisten Experimenten kommt das gleiche Bild mehrfach vor und im Durchschnitt dauert es etwa 600 Millisekunden vom Erscheinen des Bildes bis zum Beginn der Äußerung „Hund“. Unter diesen Bedingungen dauert es etwa 175 Millisekunden vom Erscheinen des Bildes bis zur Auswahl des Konzeptes HUND und weitere 75 Millisekunden bis das Lemma ‚Hund‘ im mentalen Lexikon selektiert ist. Der Abruf der Wortform dauert etwa 80 Millisekunden und deren phonologische Enkodierung 125 Millisekunden. Die verbleibenden 145 Millisekunden entfallen auf

⁵ Vgl. Indefrey und Levelt (2004).

die phonetische Enkodierung und die Artikulationsplanung. Die rechte Seite der Abbildung 2 zeigt die kumulativen Zeiten der Verarbeitungsstadien bei der Produktion eines Wortes. Neuere Studien haben diese Zeiten im Wesentlichen bestätigt. So zeigte sich etwa in einer klinischen Studie an Patienten mit Wortfindungsstörungen, dass sich bei den Bildern, die korrekt benannt werden konnten, die EEG-Potentiale von Patienten, bei denen die Wortfindungsstörung semantische Ursachen hatte, bereits zwischen 100 und 200 Millisekunden nach der Präsentation des Bildes signifikant von denen gesunder Kontrollpersonen unterschieden. Bei Patienten mit Störungen aufgrund phonologischer Ursachen fand sich ein solcher Unterschied jedoch erst zwischen 350 und 450 Millisekunden.⁶

Hirnaktivität während der Sprachproduktion

Seit einigen Jahren wird die Lokalisation der Hirnaktivität während der Sprachproduktion mit verschiedenen Techniken untersucht. Die meisten Studien wurden mit sogenannten hämodynamischen Methoden wie der Positronenemissionstomographie (PET) und der funktionellen Kernspintomographie (fMRI) durchgeführt. Diese Methoden messen den Anstieg des Blutflusses in Hirngebieten während der Sprachproduktion im Vergleich zu einer Kontrollbedingung ohne Sprachproduktion. Einige Studien wurden auch mit Magnetenzephalographie (MEG) durchgeführt, einer Methode, die die schwachen Signale der elektromagnetischen Aktivität von Nervenzellen mit hoher zeitlicher Auflösung erfasst und es bis zu einem gewissen Grad auch erlaubt, den Ursprungsort dieser Aktivität im Gehirn zu bestimmen. Während die Daten der bisher genannten Methoden darüber Aufschluss geben, welche Hirngebiete aktiv sind, aber im Prinzip nicht feststellen können, welche Anteile dieser Aktivität für eine bestimmte kognitive Leistung wirklich notwendig sind, liefern Methoden, die eine kurzzeitige Störung der Nervenzellaktivität induzieren, komplementäre Information. Im Rahmen der präoperativen Lokalisation von Sprachfunktionen bei neurochirurgischen Eingriffen wird die Hirnoberfläche an verschiedenen Stellen elektrisch gereizt und festgestellt, ob beispielsweise die Benennung von Bildern dadurch gestört wird. Wenn das der Fall ist, kann geschlossen werden, dass die Nervenzellen an dieser Stelle für Wortproduktion notwendig sind. In jüngster Zeit ist es auch möglich, bei gesunden Versuchsteilnehmern durch transkortikale Magnetstimulation (TMS) die Aktivität von Nervenzellen an verschiedenen Stellen des Gehirns vorübergehend zu verändern und festzustellen, ob dadurch die Sprachproduktion beeinflusst wird.

Indefrey und Levelt⁷ werteten in Meta-Analysen die Ergebnisse von mehr als achtzig Hirnaktivierungsstudien zur Wortproduktion aus und versuchten, die gefundenen Hirnaktivierungen in Bezug zu den einzelnen Verarbeitungsschritten zu setzen. Außer dem bereits erwähnten Bildbenennungsparadigma wurden in diesen Studien häufig Wortgenerierungsaufgaben oder Vorleseaufgaben eingesetzt. Wichtig dabei ist, dass alle diese Paradigmen auch kognitive Leistungen wie zum Beispiel die visuelle Verarbeitung von Bildern oder geschriebenen Wörtern erfordern, die nichts mit der eigentlichen Wortproduktion zu tun haben, aber natürlich auch Hirnaktivität hervorrufen (Einlei-

⁶ Vgl. Laganaro, Morand und Schnider (2009).

⁷ Vgl. Indefrey und Levelt (2000), Indefrey und Levelt (2004) sowie Indefrey (2007).

tungsprozesse). Andererseits erfordern nicht alle experimentellen Aufgaben sämtliche Verarbeitungsschritte der Wortproduktion. Beim Vorlesen von Wörtern beispielsweise erfolgt der Lexikonzugriff nicht über ein Konzept, sondern auf der Basis einer orthographischen Repräsentation, die entweder als ganzes Wortbild den Lexikoneintrag eines Wortes einschließlich der (phonologischen) Wortform aktiviert oder Buchstabe für Buchstabe in eine phonologische Repräsentation umkodiert werden kann. Beim Vorlesen von sogenannten Kunstwörtern (zum Beispiel ‚Donke‘) ist Letzteres die einzige Möglichkeit, so dass deren Aussprache nur die Verarbeitungsschritte ab dem phonologischen Enkodieren erfordert.

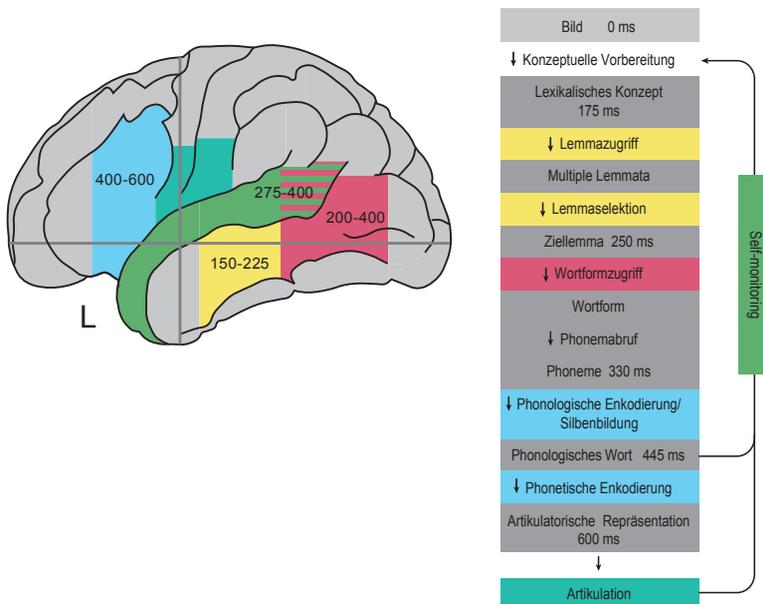


Abb. 2: Links: Verarbeitungsschritte der Wortproduktion, an denen linkshemisphärische Hirngebiete beteiligt sind. Die Zahlen entsprechen in MEG-Experimenten gemessenen Aktivierungsintervallen (in Millisekunden) der jeweiligen Gebiete. Rechts: Geschätzter zeitlicher Ablauf der Wortproduktion bei einer Bildbenennung mit Beginn der Sprachäußerung nach 600 Millisekunden; nähere Angaben siehe Indefrey und Levelt (2004).

Unsere Analyse der bei den verschiedenen Paradigmen stattfindenden Prozesse ergab, dass Bildbenennung und Wortgenerierung, wie beispielsweise das Nennen passender Verben (zum Beispiel „schälen“ oder „essen“) zu einem auditiv präsentierten Nomen wie ‚Apfel‘, alle Verarbeitungsschritte der Wortproduktion erfordern, aber verschiedene Einleitungsprozesse haben. Dementsprechend konnten paradigmspezifische Hirnaktivierungen den Einleitungsprozessen, Aktivierungen dagegen, die mit beiden Paradigmen gefunden wurden, der eigentlichen Wortproduktion zugeordnet werden. Abbildung 1 zeigt die Hirngebiete, die mit beiden Paradigmen zuverlässig gefunden wurden. Entsprechend der Dominanz der linken Hirnhälfte für Sprache weist das Aktivierungsmuster eine deutliche Asymmetrie mit stärkerer Aktivierung der linken Hemisphäre

auf. Beidseitige Aktivierungen finden sich nur in motorischen Gebieten und der Hörrinde, dem Gebiet der Hirnrinde, in dem Nervensignale von akustischen Reizen ankommen. Diese Aktivierungen entsprechen der Steuerung der Sprechmuskulaturbewegungen und der Wahrnehmung der eigenen Sprachäußerung. Die rein linkshemisphärischen Aktivierungen finden sich im hinteren unteren Teil des Frontallappens (Stirnlappen) sowie im Temporallappen (Schläfenlappen) und umfassen zwei Hirngebiete, das Broca-Areal und das Wernicke-Areal, die bereits im 19. Jahrhundert aufgrund von Untersuchungen an Gehirnen von sprachgestörten Patienten als Sprachgebiete identifiziert wurden. Besonders im Temporallappen gehen die beobachteten Aktivierungen aber deutlich über die hinteren oberen Abschnitte, die man als Wernicke-Areal bezeichnet, hinaus.

Weil beim Vorlesen von Wörtern und Kunstwörtern nicht mehr alle Verarbeitungsschritte der Sprachproduktion beteiligt sind, konnten wir durch Einbeziehung der typischen Aktivierungsmuster dieser Aufgaben weitere Vermutungen über die Zuordnung der linkshemisphärischen Gebiete zu einzelnen Verarbeitungsschritten anstellen. Beim Vorlesen von Wörtern wurden die meisten der bei Bildbenennung und Wortgenerierung gefundenen Gebiete – mit Ausnahme des mittleren Abschnitts der mittleren Temporalwindung – ebenfalls zuverlässig identifiziert. Das nicht aktivierte Gebiet könnte daher eine Rolle bei einem Verarbeitungsschritt spielen, der beim Vorlesen nicht vorkommt, nämlich der lexikalischen Suche nach einem Wort für ein vorhandenes Konzept. Studien, in denen die lexikalische Selektion des gesuchten Wortes bei der Bildbenennung experimentell erschwert wurde, indem dem Versuchsteilnehmern zusätzlich zum zu benennenden Bild semantisch ähnliche Störwörter (Distraktoren) oder Störbilder angeboten wurden, haben inzwischen tatsächlich verstärkte Aktivierungen in diesem Gebiet gefunden.⁸

Beim Vorlesen von Kunstwörtern schließlich, wurde zwar das Broca-Gebiet in der unteren Frontalwindung, nicht aber die hinteren Abschnitte des Schläfenlappens zuverlässig gefunden. Da Kunstwörter *per definitionem* nicht in unserem mentalen Lexikon eingetragen sind, schlossen wir erstens, dass der hintere obere Schläfenlappen eine Rolle beim Zugriff auf lexikalisch gespeicherte Wortformen spielt, und zweitens, dass das Broca-Gebiet an Verarbeitungsschritten beteiligt sein muss, die erst nach dem lexikalischen Zugriff erfolgen, also der phonologischen oder phonetischen Enkodierung. Auch die Beziehung zwischen dem hinteren oberen Schläfenlappen (und angrenzenden Gebieten) und den Lautrepräsentationen von Wörtern im mentalen Lexikon wird mittlerweile durch eine Reihe von Studien bestätigt, in denen die Aktivierung speziell dieses Gebietes durch die zusätzliche Darbietung von phonologisch ähnlichen Distraktoren oder durch die Häufigkeit des zu nennenden Wortes beeinflusst werden konnte.⁹

Weniger klar ist die genaue Funktion des Broca-Gebietes bei der Wortproduktion. Einerseits haben Messungen des Zeitpunktes der Broca-Aktivierung mit MEG oder TMS überwiegend eine relative späte Aktivierung ab circa 300 bis 400 Millisekunden gefunden, was mit der Annahme der Beteiligung an einem postlexikalischen Verarbeitungsschritt übereinstimmt. Andererseits scheint die ursprünglich angenommene Betei-

⁸ Vgl. de Zubicaray *et al.* (2001) sowie Maess *et al.* (2002).

⁹ Vgl. Abel *et al.* (2009), de Zubicaray *et al.* (2002) sowie Graves *et al.* (2008).

ligung bei der phonologischen Enkodierung (Silbenbildung) nicht die einzige Funktion des Broca-Gebietes bei der Wortproduktion zu sein. Eine Studie von Papoutsi *et al.*¹⁰ zeigte, dass es tatsächlich ein Teilgebiet des Broca-Areals gibt, das beim Sprechen längerer Kunstwörter mit vielen Silben stärker aktiviert wird. Während dieses Teilgebiet beim Aussprechen seltener Phoneme keine stärkere Aktivierung zeigte, war dieses aber in einem weiteren Bereich des Broca-Areals der Fall. Letzteres wäre nicht zu erwarten, wenn das Broca-Gebiet nur an der Silbenbildung beteiligt wäre, weil die Phoneme in diesem Stadium ja bereits zur Verfügung stehen. Die Autoren haben vermutlich mit der Annahme recht, dass das Broca-Areal auch an der phonetischen Enkodierung beteiligt ist, weil Silben, die aus selteneren Phonemen bestehen, selbst nicht so oft vorkommen, und daher deren artikulatorischer Code aufwändiger herzustellen ist.

Die Rolle des Broca-Gebiets bei der Sprachproduktion ist darüber hinaus nicht auf die Produktion einzelner Wörter beschränkt. In PET Studien, bei denen die Versuchsteilnehmer visuell präsentierte animierte Szenen beschreiben sollten, in denen geometrische Objekte einfache Aktionen ausführten, konnten Indefrey *et al.*¹¹ zeigen, dass das Broca-Gebiet stärker aktiviert wird, wenn die Beschreibungen in Sätzen erfolgen („Das blaue Viereck stößt den gelben Kreis weg.“) als wenn sie in einer Aufzählung der Inhaltswörter ohne grammatische Struktur erfolgen („Viereck, blau, Kreis, gelb, wegstoßen“). Das Broca-Gebiet war auch bei der Produktion von Nominalphrasen zusätzlich aktiviert, bei denen zwar die Übereinstimmung des grammatischen Geschlechts von Adjektiven und Nomen (Genuskongruenz), nicht aber syntaktische Beziehungen auf der Satzebene enkodiert werden mussten („blaues Viereck, gelber Kreis, wegstoßen“). Durch eine zusätzliche experimentelle Manipulation der Sprechrate konnte ausgeschlossen werden, dass die stärkere Aktivierung des Broca-Gebietes auf der Anzahl zusätzlicher Silben beruhte, so dass der entscheidende Unterschied der beiden Versuchsbedingungen in der bei Sätzen und Nominalphrasen notwendigen grammatischen Enkodierung zu sehen ist, an der das Broca-Gebiet demnach beteiligt ist. Neuere Studien haben diese Funktion des Broca-Gebietes sowohl bei der Produktion von Sätzen¹² als auch bei der Enkodierung der Genuskongruenz in Nominalphrasen¹³ bestätigt.

Gerade am Beispiel des Broca-Areals wird deutlich, dass keine der erwähnten Beteiligungen von Hirngebieten an der Sprachproduktion etwa als ausschließliche Funktionen der jeweiligen Gebiete zu verstehen sind. Alle genannten Gebiete werden auch bei einer Vielzahl anderer kognitiver Prozesse aktiviert, die größtenteils nicht einmal etwas mit Sprachverarbeitung zu tun haben. Das Broca-Areal ist beispielsweise auch bei Entscheidungsprozessen verschiedener Art und der Planung von Handbewegungen involviert. Hirnaktivierungsstudien auf allen Gebieten der Kognition einschließlich der Sprachproduktion zeigen ein komplexes Bild von Spezialisierung von Hirngebieten einerseits und Multifunktionalität andererseits. Aus diesem Grunde wendet sich die Forschung gegenwärtig verstärkt den Interaktionen zwischen Hirngebieten zu. Gefragt wird weniger „Was macht ein Hirngebiet?“ als vielmehr „Wie kommt eine bestimmte Funktion zustande, wenn ein Hirngebiet mit anderen auf eine bestimmte Weise interagiert?“

¹⁰ Vgl. Papoutsi *et al.* (2009).

¹¹ Vgl. Indefrey *et al.* (2001) sowie Indefrey *et al.* (2004).

¹² Vgl. zum Beispiel Golestani *et al.* (2006).

¹³ Vgl. Heim *et al.* (2009).

Literatur

- ABEL, S., K. DRESSEL, R., BITZER, D. KUMMERER, I. MADER, C. WEILLER und W. HUBER (2009). „The separation of processing stages in a lexical interference fMRI-paradigm“, *NeuroImage* 44, 1113–1124.
- DELL, G. S. (1986). „A spreading-activation theory of retrieval in sentence production“, *Psychological Review* 93, 283–321.
- DELL, G. S., L. K. BURGER und W. R. SVEC (1997). „Language production and serial order: A functional analysis and a model“, *Psychological Review* 104, 123–44.
- GOLESTANI, N., F. X. ALARIO, S. MERIAUX, D. LE BIHAN, S. DEHAENE und C. PALLIER (2006). „Syntax production in bilinguals“, *Neuropsychologia* 44, 1029–1040.
- GRAVES, W. W., T. J. GRABOWSKI, S. MEHTA und P. GUPTA (2008). „The left posterior superior temporal gyrus participates specifically in accessing lexical phonology“, *Journal of Cognitive Neuroscience* 20, 1698–1710.
- HEIM, S., A. D. FRIEDERICI, N. O. SCHILLER, S.-A. RÜSCHEMEYER und K. AMUNTS (2009). „The determiner congruency effect in language production investigated with functional MRI“, *Human Brain Mapping* 30, 928–940.
- INDEFREY, P. und W. J. M. LEVELT (2000). „The neural correlates of language production“, in: M. S. GAZZANIGA (Hrsg.). *The new cognitive neurosciences*. Cambridge (MA), 845–865.
- INDEFREY, P., C. M. BROWN, F. HELLWIG, K. AMUNTS, H. HERZOG, R. J. SEITZ und P. HAGOORT (2001). „A neural correlate of syntactic encoding during speech production“, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98, 5933–5936.
- INDEFREY, P. und W. J. M. LEVELT (2004). „The spatial and temporal signatures of word production components“, *Cognition* 92, 101–144.
- INDEFREY P., F. HELLWIG, H. HERZOG, R. J. SEITZ und HAGOORT, P. (2004). „Neural responses to the production and comprehension of syntax in identical utterances“, *Brain and Language* 89, 312–319.
- INDEFREY P. (2007). „Brain imaging studies of language production“, in: G. GASKELL (Hrsg.). *Oxford Handbook of Psycholinguistics*. Oxford, 547–564.
- LAGANARO, M., S. MORAND und A. SCHNIDER (2009). „Time course of evoked-potential changes in different forms of anomia in aphasia“, *Journal of Cognitive Neuroscience* 21, 1499–1510.
- LEUNINGER, H. (1993). *Reden ist Schweigen, Silber ist Gold. Gesammelte Versprecher*. Zürich.
- LEVELT, W. J. M. (1989). *Speaking: from intention to articulation*. Cambridge (MA).
- LEVELT, W. J. M., A. ROELOFS und A. S. MEYER (1999). „A theory of lexical access in speech production“, *Behavioral and Brain Sciences* 22, 1–38.
- MAESS, B., FRIEDERICI, A. D., DAMIAN, M., MEYER, A. S. und LEVELT, W. J. M. (2002). „Semantic category interference in overt picture naming: Sharpening current density localization by PCA“, *Journal of Cognitive Neuroscience* 14, 455–462.
- PAPOUTSI, M., J. A. DE ZWART, M. JANSMA, M. J. PICKERING, J. A. BEDNAR und B. HORWITZ (2009). „From phonemes to articulatory codes: an fMRI study of the role of Broca’s area in speech production“, *Cerebral Cortex* 19, 2156–2165.
- ZUBICARAY, G. I. DE, S. J. WILSON, K. L. MCMAHON und S. MUTHIAH (2001). „The semantic interference effect in the picture-word paradigm: An event-related fMRI study employing overt responses“, *Human Brain Mapping* 14, 218–227.
- ZUBICARAY, G. I. DE, K. L. MCMAHON, M. M. EASTBURN und S. J. WILSON (2002). „Orthographic/phonological facilitation of naming responses in the picture-word task: An event-related fMRI study using overt vocal responding“, *NeuroImage* 16, 1084–1093.

ISBN 978-3-940671-71-4



9 783940 671714