

Aus der Radiologischen Klinik, Abteilung für Neuroradiologie
Klinische Medizin der Medizinischen Fakultät
der Universität des Saarlandes, Homburg/ Saar

Kognitive Prozesse beim semantischen Verarbeiten von Text- und Bildsequenzen (Comic)

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2009

vorgelegt von: Stephanie Kathrin Maurer
geb. am: 12. September 1981 in Böblingen

A. Uderzo et R. Goscinny: les personnages qu'ils ont créés dans leurs bandes dessinées
m'ont toujours accompagnée et m'accompagneront encore toute ma vie

I: Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	7
Summary	8
2. Einleitung	9
3. Material und Methodik	23
3.1 Probanden	23
3.2 Stimuli	24
3.3 Versuch und Präsentation	27
3.4 Vorüberlegungen	28
3.5 Bildgebung	29
3.6 Methoden	30
4. Ergebnisse	30
4.1 Comic > Baseline	31
4.2 Comic > Lesen + Bilder	33
4.3 (Comic – Lesen) > (Lesen + Bilder > Lesen)	34
4.4 Hören > Baseline	36
4.5 Conjunction: Comic&Hören&Lesen	38
4.6 Conjunction:(Comic>Lesen>Zufallsbilder)&(Hören>Lesen+Nonsensesprache)	41
4.7 Lesen + Zufallsbilder > Lesen + Wabenbilder	42
4.8 Lesen + Wabenbilder > Lesen + Zufallsbilder	44
4.9 Comic + Hören > Lesen + Bilder	46
4.10 Lesen + Bilder > Comic + Hören	48
4.11 Hören > Lesen	50
4.12 Lesen > Hören	52
4.13 Lesen > Baseline	54
4.14 Aktivierung beim Umschalten zwischen Bedingungen	56
5. Diskussion	59
5.1 Bedeutung von Kinesik v.a. Gestik	59
5.2 Weiterentwicklung zu verbaler Kommunikation und zu Schrift	62
5.3 Bedeutung von Aufmerksamkeit („Top down“-Kontrolle)	63

5.4 Evolution der Sprache und die Bedeutung für diese Studie	64
5.5 Pathomechanismen	66
5.6 Bewertung der Studie und Schlussfolgerung	68
6. Literaturverzeichnis	69
7. Anhang	74
8. Danksagung	80
9. Lebenslauf	81

II. Abbildungsverzeichnis

Einleitung

Abbildung 1: Identifizierte Aktivierungsregionen innerhalb des STS	14
Abbildung 2: Aktivierungsmuster während der Wiederholung gehörter Sprache	16
Abbildung 3: Bilderschrift der Azteken in Mexiko	17
Abbildung 4: chinesische Wortschrift	18
Abbildung 5: ägyptische Hieroglyphenschrift- eine Wortschrift	18
Abbildung 6: japanische Wort-Silben-Schrift	19
Abbildung 7: Entwicklung des Alphabets	20
Abbildung 8: Beteiligung anatomischer Komponenten während des Lesens	21

Material und Methodik

Abbildung 9: Umwandlung eines Originalbildes in ein Wabenbild	25
Abbildung 10: Entfernung der Schrift aus einem Originalbild	26

Ergebnisse

Abbildung 11: Aktivierung beim Comic	31
Abbildung 12: Mehraktivierung durch synchrone Gestik	33
Abbildung 13: Mehraktivierung von synchroner Gestik gegenüber einem Bilderbuch	34
Abbildung 14: Aktivierung beim Hören	36

Abbildung 15: Gemeinsamkeiten aller drei Bedingungen	38
Abbildung 16: Gemeinsamkeiten von synchroner Gestik und Hören	41
Abbildung 17: Mehraktivierung eines Bilderbuches gegenüber eines reinen Lesetextes	42
Abbildung 18: Mehraktivierung eines reinen Lesetextes gegenüber einem Bilderbuch	44
Abbildung 19: Mehraktivierung synchroner Gestik und Hören gegenüber einem Bilderbuch	46
Abbildung 20: Mehraktivierung eines Bilderbuches gegenüber synchroner Gestik und Hören	48
Abbildung 21: Mehraktivierung beim Hören gegenüber Lesen	50
Abbildung 22: Mehraktivierung beim Lesen gegenüber Hören	52
Abbildung 23: Aktivierung beim Lesen	54
Abbildung 24: Aktivierung von Aufmerksamkeitszentren	56

III. Tabellenverzeichnis

Material und Methodik

Tabelle 1: Kontraste und gezielte Fragestellungen	28
---	----

Ergebnisse

Tabelle 2: Comic>Baseline	31
Tabelle 3: Comic>Lesen&Bilder	33
Tabelle 4: (Comic-Lesen)>(Lesen+Bilder>Lesen)	35
Tabelle 5: Hören>Baseline	36
Tabelle 6: Conjunction: Comic&Lesen&Bilder	38
Tabelle 7: Conjunction: (Comic>Lesen+Zufallsbilder)&(Hören>Lesen+Nonsensesprache)	41
Tabelle 8: Lesen+Zufallsbilder>Lesen+Wabenbilder	43
Tabelle 9: Lesen+Wabenbilder>Lesen+Zufallsbilder	45
Tabelle 10: Comic+Hören>Lesen+Bilder	46
Tabelle 11: Lesen+Bilder>Comic+Hören	48
Tabelle 12: Hören>Lesen	50
Tabelle 13: Lesen>Hören	52
Tabelle 14: Lesen> Baseline	54

Tabelle 15: Aktivierung bei Umschaltung zwischen Bedingungen	<u>56</u>
Anhang	
Tabelle 16: Zeittabelle des Paradigmas	<u>74</u>
Tabelle 17: Legende für Ergebnistabellen	<u>78</u>

1. Zusammenfassung

Kognitive Prozesse beim semantischen Verarbeiten von Text- und Bildsequenzen (Comic)

Kommunikation stellt vor allem beim Menschen einen äußerst wichtigen Bestandteil des täglichen Lebens dar. Hierbei treffen zahlreiche Komponenten im Bereich der nonverbalen und verbalen Kommunikation aufeinander. Im Laufe der Evolution wurde die Verständigung untereinander immer vielfältiger, spezifischer und detailreicher.

Um diese Prozesse zu ermöglichen musste sich das menschliche Gehirn ständig weiter spezialisieren und neue Verarbeitungsmechanismen zulassen und ausarbeiten.

Ein Comic lässt nahezu alle Teilbereiche von Kommunikation miteinander interagieren und zeigt Einzigartigkeiten, Überlappungen und Übergänge einzelner Verarbeitungsmuster auf. Mit Hilfe des fMRI untersuchten wir männliche Probanden beim Lesen eines Comics, welcher auf unterschiedliche Weise im Bereich aller möglicher Kommunikationsfelder präsentiert wurde. Von enormer Wichtigkeit scheint insbesondere das Broca-Areal (BA 44) zu sein, welches einem Teil der F5-Areale beim Affen entspricht und eine Brücke von Gestik über gesprochene Sprache bis hin zu Schrift in allen Sparten der Verständigung darstellt. Zudem zeigen sich Aktivierungen sowohl der primären (BA 41) als auch der sekundären Hörrinde (BA 22) nicht nur beim Eingang von tatsächlich akustischen Reizen sondern auch beim gleichzeitigen Eintreffen von gestischer Darbietung mit dazugehörigem Lesetext.

Im Bereich der Suggestion von Bewegung spielt auch hier der Sulcus temporalis superior (STS) eine große Rolle.

Insgesamt lässt sich mit Hilfe unserer Studie eine Art Evolution der Sprachentwicklung nachvollziehen. Sie zeigt Schritte beim Erlernen der menschlichen Sprache und mögliche Pathomechanismen auf.

1. Summary

Cognitive processes in semantic converting of text and picture sequences (comic)

Communication constitutes one of the most important parts of every day life of human beings. In this context numerous elements in band of nonverbal and verbal communication converge.

In the course of evolution accomodation among each other went more and more maifold, specific and detailed. To enable these processes the human brain had to specialize and work out more converting mechanisms.

Using a comic allows the interaction of almost all parts of communication and features singularities, overlappings and intersections of individual converting patterns.

Via fMRI we examined male subjects reading comics that were presented in various ways of all kinds of communication sections. Especially the Broca area (BA 44), which matches a part of the F5-area in apes and which builds a connection of gesture beyond spoken language up to scripture in all categories of communication seems to be of enormous significance. Moreover an activation of the primary as well as the secondary auditory cortex is shown not only with the arrival of actual accustical impulses but also with the coincidental input of gestical performance with the appropriate text. Concerning the imagination of movement also Sulcust temporalis superior (STS) plays an important role.

In summary you can follow a kind of evolution in the development of language with the aid of our study. It highlights the steps in acquisition of human speech as well as possible pathomechanisms.

2. Einleitung

Das menschliche Gehirn mit einem durchschnittlichen Gewicht von 1245g bei Frauen und 1375g bei Männern ist ein extrem leistungsfähiges Organ; zusammen mit dem Rückenmark bildet es das Zentralnervensystem. Das Gehirn ist Zentrum aller Sinnesempfindungen und Willkürhandlungen, Sitz des Bewusstseins, Gedächtnisses und aller geistigen und seelischen Leistungen. Geschützt liegt es in der Schädelhöhle und wird vom äußeren Liquorraum umgeben, der sich zwischen Pia mater und Dura mater ausbreitet (Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2007). Die Blutversorgung erfolgt über vier extrakranielle Arterien: die rechte und linke A. carotis interna sowie die rechte und linke A. vertebralis (M. Trepel, 2003).

Der am weitesten differenzierte und in dieser Form nur beim Menschen anzutreffende Teil des Zentralnervensystems ist das Großhirn. Nicht zuletzt deshalb ist vieles, was den Menschen im Denken, Fühlen und Handeln vom Tier unterscheidet, hier biologisch manifestiert.

Ein Beispiel dafür ist die einzigartig vielfältige Fähigkeit des Menschen, gezielt über mehrere Kanäle zu kommunizieren. Sei dies nonverbal oder verbal über Sprache oder Schrift.

Beginnen wir mit der nonverbalen Kommunikation, die unterteilt wird in vokale Kommunikation (nichtinhaltliche, aber sprachbezogene Aspekte wie Stimmführung, Betonung, Lautstärke, Tonhöhe und Dynamik) und Kinesik (kommunikationsrelevante Bewegungen des Gesichtes, der Augen und der Glieder). Der nonverbale Aspekt unserer Kommunikation ist enorm. Neuere Schätzungen gehen davon aus, dass die Einstellung eines Kommunikationspartners nur zu 7% auf den verbalen Inhalten, zu 38% auf Aspekten der vokalen Kommunikation und zu 55% auf dem Gesichtsausdruck beruht (Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2007).

Auch Paul Watzlawick stellt 1974 in seiner Kommunikationstheorie die Bedeutung nonverbaler Aspekte unserer Sprache dar:

Wir können nicht nicht kommunizieren. Kommunikation findet immer statt, wo Menschen als soziale Wesen zusammen sind. Unser Körper verrät uns.

(1. Axiom)

Jede Kommunikation hat einen Inhalts- und einen Beziehungsaspekt, derart, dass letzterer den ersten bestimmt und daher eine Metakommunikation ist.

(2. Axiom)

Menschliche Kommunikation bedient sich digitaler und analoger Modalitäten.

Kindern...wird ja seit alters her eine besondere Intuition für die Aufrichtigkeit oder Falschheit menschlicher Haltungen zugeschrieben; denn es ist leicht etwas mit Worten zu beteuern, aber schwer, eine Aufrichtigkeit auch analogisch glaubhaft zu kommunizieren. Eine Geste oder eine Miene sagt uns mehr darüber wie ein anderer über uns denkt, als hundert Worte.

(4. Axiom)

Bevor der Mensch sprechen lernte, musste nonverbale Kommunikation ausreichen, um sich innerhalb eines sozialen Verbandes verständlich zu machen.

Anhand von Studien über die Kommunikation zwischen Primaten kann man sich ein ungefähres Bild davon machen, wie die Verständigung des Homo sapiens vor mehreren Millionen Jahren funktionierte und auch teilweise noch heute funktioniert.

Verhaltensbiologe Prof. Dr. Dietmar Todt von der Universität Berlin untersuchte kommunikative Strategien auf vormenschlicher Entwicklungsstufe anhand von Berberaffen, die, im Unterschied zu den meisten anderen Primatenarten, wo harem-ähnliche Gruppenstrukturen vorherrschen, Sozialverbände ausbilden. Bei der Verständigung untereinander greifen diese Tiere außer auf chemische und optische aufgrund ihres komplexen Stimmapparates auch auf akustische Signale sowie Gestik und Mimik zurück.

Zum besseren Verständnis sollen hier kurz einige Exempel statuiert werden:

Ein Beispiel ist ein spezielles Ritual, das gebraucht wird, wenn ein Affe sein Interesse bekundet, das Jungtier eines anderen Affen zu betreuen.

Hierbei werden sowohl Mutter als auch Kind mit einem auffälligen „Schmatzen“ begrüßt. Falls ein „Babysitter“ ein Junges nicht adäquat behandelt, kann dieses durch weithin hörbare Vokalisationen seinen Protest anmelden.

Derartige Lautäußerungen gleichen, je nach Gegebenheiten, einem Schreien, Kreischen, Zetern oder Keckern und richten sich hilfesuchend an die jeweilige Mutter oder ein anderes vertrautes Individuum (Todt et al. 1988).

Auch die Manifestation der Rangordnung erfolgt neben optischen auch über akustische Signale wie mimisches und vokales Drohen oder als Signale des Nachgebens, beispielsweise Gesten der Unterwürfigkeit oder ein „Angstgesicht“ und Rufe der Angst.

Interessanterweise konnten solche Signale meist als Rituale nachgewiesen werden, die sich stammesgeschichtlich aus Gebrauchsmustern entwickelt haben und über Artgrenzen hinweg eingesetzt und verstanden werden (Todt und Kipper, 2001).

Ein weiterer Punkt der Verständigung innerhalb eines hoch entwickelten Sozialverbandes

ist die Ausbildung eines akustischen Alarmsystems bei Bedrohung von Feinden.

So wurde für die Berberaffen ein entsprechendes Signalsystem nachgewiesen, bei dem vor Hunden oder bei Nacht auch vor Menschen gewarnt wird, die sich ihren Schlafbäumen nähern (Fischer 1998). Dieses Alarmsystem gilt als Beispiel für ein referentielles Signalsystem, weil jeder Ruf symbolisch auf einen bestimmten äußeren „Referenten“, hier den jeweiligen Raubfeind, verweist. Solche referentiellen Signalsysteme sind im übrigen Tierreich extrem selten (Todt et al. 1995).

Trotz allem lässt sich akustische Kommunikation subhumaner Spezies nicht mit der vokalen Komponente nonverbaler Kommunikation des Menschen gleichsetzen. Allerdings dürften stimmlichen Entäußerungen wie Lachen und Weinen (intrinsische Vokalisationen), stereotypisierte Äußerungen wie „aua“ (vokalische Embleme) oder die „affektive Tönung“ (affektive oder emotive Prosodie) sprachlicher Kommunikation zumindest teilweise durch dieselben Strukturen vermittelt werden wie die Vokalisationen subhumaner Primaten, sodass tierexperimentelle Untersuchungen doch zum Verständnis der neurobiologischen Grundlagen menschlicher Lautkommunikation beitragen können.

Bei subhumanen Primaten – mit am ausführlichsten wurde in dieser Hinsicht bislang das Totenkopffäffchen untersucht (Jürgens und Ploog 1988) – scheinen das periaquäduktale Grau und die benachbarten parabrachialen Kerne auf der Ebene des Mittelhirns ein „primäres“ Vokalisationszentrum darzustellen, das Lautäußerungen triggert und in emotionales Verhalten integriert.

Dem Mesenzephalon dürfte als kortikale Schaltstelle der Lautbildung subhumaner Primaten die vordere cinguläre Hirnrinde, Teil des limbischen Systems, übergeordnet sein und insbesondere die Initiierung erlernter Vokalisationen vermitteln. Eine bilaterale Dysfunktion dieser Schnittstelle zwischen limbischem und motorischem System kann beim Menschen ein akinetisch – mutistisches Syndrom oder den Verlust der „affektiven Tönung“ sprachlicher Äußerungen mit der Folge einer auffallend monoton – leisen Redeweise hervorrufen.

Im Gegensatz zum Menschen lassen sich beim Totenkopffäffchen durch Reizung von motorischem Kortex und Zerebellum keine Vokalisationen evozieren, und Läsionen dieser Strukturen interferieren nicht mit der Lautbildung. (H.-O. Karnath, P.Thier, 2006).

Es gibt zudem zwei fundamentale Unterschiede zwischen dem einfachen Rufsystem der Affen und menschlicher Sprache:

Zunächst ist unsere Sprache beabsichtigt, also willkürlich, wohingegen das Rufsystem

unwillkürlich ist.

Sprache ist kombinatorisch, das Rufsystem ganzheitlich.

Ein kombinatorisches System beinhaltet eine geringe Anzahl von Grundbausteinen, die in vielerlei Arten kombiniert werden können. Im Falle unserer Sprache sind das Laute oder Silben, mit welchen Worte und Sätze konstruiert werden. Ganzheitliche Äußerungen hingegen bestehen nicht aus diesen kleinen Elementen. Hierbei können höchstens Abstand und Lautstärke einzelner Komponenten variiert werden.

Menschen besitzen eine außerordentlich gute Kontrolle über die Atmung, speziell über die Ausatmung.

Unser Stimmapparat sowie die Funktion unserer Zunge sind zwei wichtige Funktionsträger unserer Sprache.

Auch unser Gehör ist an unsere Sprache angepasst. Es ist im Bereich von 1kHz und 4kHz sehr sensitiv für Geräusche (de Boer, 2005).

In Bezug auf die Trennung zwischen Gestik und Lautäußerung dokumentierte Ploog (2002) zwei neurale Systeme des Sprachverhaltens, einen cingulären und einen neokortikalen Pfad.

Danach ist bei nicht-menschlichen Primaten die Vokalisierung abhängig vom cingulären Pfad, der vom anterioren Gyrus cinguli des limbischen Systems monosynaptisch in das periaquäduktale Grau (PAG) mündet, wohingegen der neokortikale Pfad, bei dem der Bereich des Kortex mit den jeweils zuständigen Motoneuronen interagiert, zur Kontrolle von Handbewegungen entwickelt wurde, wovon Fingerbewegungen jedoch relativ unabhängig sind. Dieses System findet sich sowohl beim Affen, beim Menschenaffen als auch beim Menschen. Ausschließlich beim Menschen aber wurde das neokortikale System zur Kontrolle an der Lautbildung beteiligter Muskeln entwickelt, da hier ein direkter Pfad von der laryngealen Repräsentation im primär motorischen Kortex zu den laryngealen Motoneuronen des Nucleus ambiguus existiert.

Schon diese Theorie zeigt eine mögliche Überlappung von Gestik und Sprache, wobei Ploog überzeugt ist, „vokale Gesten“ seien die Wurzeln der sprachlichen Evolution und nicht etwa körperliche Gesten.

Dies soll im Diskussionsteil noch einmal genauer erörtert werden.

Zur Kommunikation nutzen Affen sehr extensiv Gesichtsausdrücke. Diese werden aber eher in gestischem als in sprachlichem Sinne verwendet (Van Hooff, 1962, 1967).

Bestrebungen, Primaten menschliche Sprache zu lehren, führten in sofern zum Erfolg, als

dass die Tiere einen sprachartigen Stil durch Handzeichen erlernten, nicht jedoch eine Verständigung durch Worte (e.g., Gardner und Gardner, 1969; Savage-Rumbaugh et al., 1998).

Anhand dieser Studien stellt sich nun die Frage, welche Aspekte der nonverbalen Kommunikation von unseren Vorfahren ererbt, das heißt, genetisch festgelegt und welche erlernt sind.

Nach Ansicht von Anthropologen gehören die meisten Elemente der Kinesik zum genetischen Programm des Menschen. Insbesondere die Primäraffekte wie Freude, Trauer, Angst oder Zorn werden bei allen Menschen weitgehend durch dieselben Ausdrucksformen der Mimik signalisiert. Sie unterstreichen also beim Sprechen die emotionalen Aspekte des Gesagten.

Hierbei spielt beim Menschen die Amygdala (Teil des limbischen Systems), eine Ansammlung von Kernen tief im anterioren Temporallappen, eine entscheidende Rolle.

Sie empfängt die schon stark bearbeiteten sensorischen Informationen aus allen Sinnesbereichen (mit Ausnahme einer direkten Afferenz vom Bulbus olfactorius) und verbindet sie mit vielen anderen Hirnstrukturen, deren Funktionen durch Emotionen moduliert werden können (Amaral et al. 1992).

Reizantworten von Neuronen in der Amygdala von Primaten werden durch sozial relevante visuelle Stimuli wie Gesichter und das Sehen komplexer sozialer Interaktionen moduliert (Brothers u. Ring 1993; Emery u. Amaral 1999).

Allerdings gibt es auch zahlreiche Elemente der Kinesik, die spezifisch für einen Kulturkreis oder gar nur für bestimmte Gruppen sind, also auf Konvention beruhen. Hierzu zählt insbesondere die Gestik, was auch aus einer Gesellschaftsstudie von David Efron hervorgeht, der in New York Gruppen von Einwanderern beobachtete, die erst kurze Zeit in New York City lebten. Bei diesen Gruppen handelte es sich um Südtaliener und osteuropäische Sprecher des Jiddisch.

Während sich die jüdischen Emigranten beim Gestikulieren vor allem auf Bewegungen der Unterarme und der Hände aus den Handgelenken beschränkten, neigten die Südtaliener dazu, beim Gestikulieren die ganzen Arme bis in Schulterhöhe und darüber zu bewegen.

Bei den jüdischen Sprechern beobachtete er, dass ihre Gesten die logische Struktur der Argumentation markierten und selten verwendet wurden, um Inhalte zu illustrieren.

Dagegen erschien es ihm, als ob die südtalientischen Sprecher mit ihren Händen von dem Gesagten Bilder zeichneten.

Weiterhin beobachtete er bei den Italienern eine große Anzahl standardisierter gestischer Formen mit symbolischer Bedeutung, die auch ohne verbale Äußerung verwendet werden konnten, was bei den jüdischen Sprechern nicht der Fall war (Adam Kendon, 1998).

Stummfilme sind der beste Beweis dafür, dass Kommunikation auch ohne Lautäußerung, ausschließlich durch Gestik und Mimik funktionieren kann.

Sowohl in der Erfassung von gestischen als auch mimischen Äußerungen spielt der Sulcus temporalis superior (STS) eine entscheidende Rolle, der Verbindungen zur Amygdala und zum orbitofrontalen Kortex besitzt, Regionen, die wie oben bereits teilweise erwähnt, signifikant für emotionale und soziale Aspekte der Kommunikation sind.

Der STS besitzt spezialisierte Zellen zur Auswertung von Gesichtern. Auch visuelle Informationen über Form und Haltung von Fingern, Händen, Armen, Beinen und Oberkörper gehen im STS ein und werden dort ausgewertet.

Insgesamt spielt er also eine wichtige Rolle bei der Bewertung aller biologischer Bewegungen.

Je nach bewegter Körperregion, werden verschiedene Regionen des STS angesprochen.

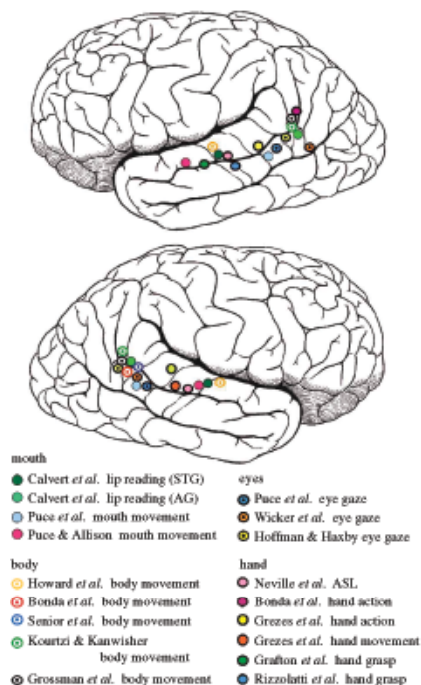


Abbildung 1: Identifizierte Aktivierungsregionen innerhalb des STS

(Quelle: Puce A, Perrett D (2003) Electrophysiology and brain imaging of biological motion)

Ebenso bedeutsam wie der STS sind sogenannte Spiegelneurone, die zuerst beim Affen in der Area F5, einem Teil des prämotorischen Kortex nachgewiesen werden konnten.

Dieses Areal ist beim Affen sowohl bei der Beobachtung als auch bei der Durchführung identischer Körperbewegungen aktiv.

Spiegelneurone sowie Zellen des STS verschlüsseln also die Bewertung von Handlungen auf zweierlei Ebenen. Der des momentan Sichtbaren und der kürzlich wahrgenommenen Geschichte.

Spiegelneurone scheinen, wie unsere Studie zeigen soll, zudem eine große Bedeutung im Bereich sprachlicher als auch gestischer Kommunikation zu haben.

Bei der Erfassung von Augen- und Mundbewegungen gibt es eine Besonderheit: Hier wird vor allem der Kortex um den STS herum, insbesondere in der rechten Hemisphäre, aktiviert.

Der STS ist außerdem aktiver während der Beurteilung von Blickrichtungen, als während der Beurteilung der Identität einer Person.

Diesem Prinzip liegt wohl am ehesten ein sozialgeschichtlicher Aspekt zugrunde. Wichtiger ist uns die Gesinnung unseres Gegenübers als dessen Identität (A. Puce et al, 2003).

Sprache beinhaltet die Verbindung von Klängen und Symbolen mit spezieller Bedeutung und befähigt uns, unsere Umwelt und unsere abstrakten Gedanken zu umschreiben.

Seit wann der Mensch sich der Sprache bedient, lässt sich nicht sagen, doch die ersten grammatikalischen Kategorisierungen wurden von Aristoteles im Rahmen von Poetik und Logik vorgenommen und haben sich seitdem über verschiedene Zeiträume und Kulturen immer weiterentwickelt und spezifiziert.

An der Bildung lautsprachlicher Äußerungen des Menschen sind insgesamt etwa 100 Muskeln im Bereich des Brustkorbes, Halses (einschließlich Kehlkopf) und Mund-Nasen-Rachen-Raums beteiligt. Das Zusammenspiel dieser Komponenten bei der Erzeugung stimmhafter Laute lässt sich durch die sogenannte >>source-filter theory<< erklären: Der Kehlkopf versetzt den expiratorischen Luftstrom in Schwingung (Schallquelle) und durch die Resonanzeigenschaften des sich mundwärts anschließenden Vokaltrakts (Filter) wird dann die charakteristische Formantstruktur vokalischer Laute erzeugt (H.-O. Karnath, P. Thier, 2006).

Gesteuert wird dieser Prozess durch das Broca-Areal, das motorische Sprachzentrum, das seinen Impuls an den motorischen Kortex weiterleitet

Die Wiederholung gehörter Sprache stellt sich wie folgt dar:

Hier geht der Impuls zunächst in der primären Hörrinde (Area 41) ein, wird dann direkt an das Wernicke-Areal weitergeleitet und gelangt bei der Intention des sprachlichen Wiedergebens über den Arcus fasciculus in das Broca-Areal und von dort zum motorischen Kortex (Price, C. J., 2000).

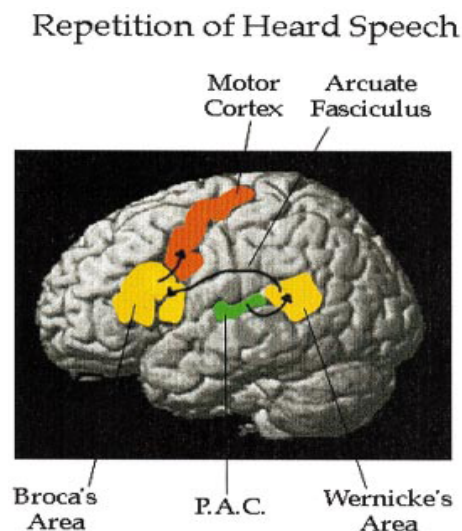


Abbildung 2: Aktivierungsmuster während der Wiederholung gehörter Sprache

(Quelle:Price CJ (2000) The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging)

Kommen wir nun zur modernsten Möglichkeit der Kommunikation, der mittels Schrift.

Das Anfangsstadium der Schrifthanwendung war eine Phase der Herausforderung des abstrakten Denkvermögens durch die Bedürfnisse einer aufstrebenden Zivilisation, ein ständig wachsendes Maß an Informationen zu akkumulieren und wiederverwendbar zu machen. Die Art und Weise, wie das Abstrakte funktioniert und für die Schöpfung einer Originalschrift eingesetzt wird weist genau wie der Gebrauch von Gestik auf eindeutige Kulturabhängigkeit hin(Haarmann, 1990).

Es gibt verschiedene Arten von Schriften. Man unterscheidet die Bilderschrift von der Wortschrift und diese wiederum von der Silbenschrift.

Doch bevor der Mensch zu schreiben begann, drückte er seine Gedanken zunächst in Bildern aus. Bilder auf Höhlenwänden oder auf freien Felsen gehören zu den frühesten Manifestationen der menschlichen Kreativität, und der Homo sapiens malte viele Tausend Jahre Bilder, bevor er zu schreiben begann. Ohne die Vorlage von Bildern ist auch die Entwicklung der Schrift nicht denkbar.

Während allerdings der Begriff des Schreibens und der Schrift eine Beziehung zur Sprache beinhaltet, drückt sich in Bildern etwas anderes aus, nämlich eine Beziehung zur

Gedankenwelt des Menschen, ohne dass Sprache daran beteiligt ist.

Zunächst entstand also eine Schrift, die sich mehr an Bildern als an Sprache orientierte, die Bilderschrift.

Mit der Bilderschrift wird ein Sachverhalt ohne Bindung an eine bestimmte sprachliche Form dargestellt. Die Bilderschriften gehören zu den ältesten Schriftarten. Hierbei existieren einzelne Zeichen für jede einzelne Vokabel, was diese Schriften zu einer außergewöhnlich schwerfälligen Art des Schreibens macht. Zu ihnen gehören beispielsweise alte Schriften des Orients und der alten Indianerkulturen Mittelamerikas.

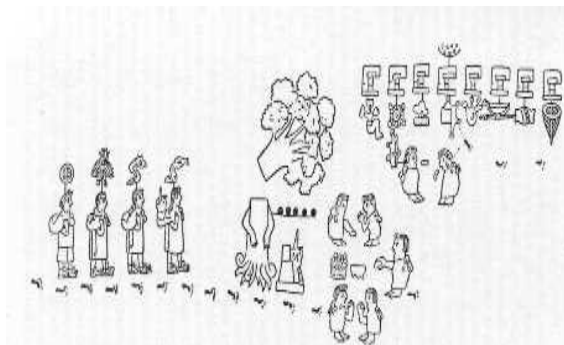


Abbildung 3: Bilderschrift der Azteken in Mexiko

(Quelle: ad hoc Dolmetscher & Übersetzungen-Interpreters & Translations GmbH)

Wird der Sinn des Zeichens nicht mehr unmittelbar mit der Sache, sondern mit dem Wort für die Sache verbunden, entsteht die Wortschrift.

Als Beispiel ist die chinesische Schrift und Kalligraphie zu nennen, die im 2. Jahrtausend v. Chr. aus einer Bilderschrift hervorging. Für jedes Wort existiert hier ein eigenes Schriftzeichen.

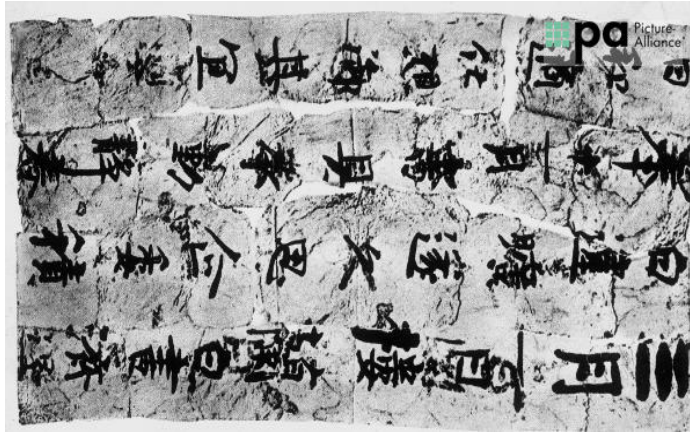


Abbildung 4: chinesische Wortschrift

© Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2007

Auch bei den ägyptischen Hieroglyphen handelt es sich um eine Wortschrift.



(c) Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2007

Abbildung 5: ägyptische Hieroglyphenschrift – eine Wortschrift

© Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2007

Von einsilbigen Wörtern aus gelangt man zur Silbenschrift, in der jedes Schriftzeichen eine Silbe wiedergibt. Reine Silbenschriften (beispielsweise die indische Brahmischrift) jedoch sind selten, meist treten gemischte Wort-Silben-Schriften auf (z.B. in der japanischen Schrift).



Abbildung 6: japanische Wort-Silben-Schrift

© Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2007

Im Unterschied zu Bild-, Wort- und Silbenschrift beruht die Buchstabenschrift auf der durchgängigen Zuordnung graphischer Symbole zu einzelnen Lauten.

Die erste Buchstabenschrift entwickelte sich im 2. Jahrtausend v. Chr. im syrisch-palästinensischen Raum und auch bei der von uns heute gebräuchlichen lateinischen Schrift handelt es sich um eine Buchstabenschrift, die wie alle Schriften West- und Osteuropas aus den griechischen Alphabeten hervorgegangen ist (Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2007).

Wie in der folgenden Darstellung zu erkennen ist, kann man aber auch hier, ähnlich wie bei den bisher beschriebenen Schriftarten eine Entwicklung jedes Buchstaben aus einem ursprünglichen bildhaften Symbol verfolgen.

'(a)	b	g	d	h	w	z	h	t	y	k	
											Ugaritisch (14. Jh. v. Chr.)
											Achiram (um 1000 v. Chr.)
											Eschmunasar (5. Jh. v. Chr.)
											Griechisch (7. Jh. v. Chr.)
A	B	Γ	Δ	E	Υ	Z	Η	Θ	I	K	Klassisches Griechisch
A	B	G	D	E	V	Z	H		I	K	Lateinisch
l	m	n	s	'(o)	p	s	q	r	sch	t	
											Ugaritisch (14. Jh. v. Chr.)
											Achiram (um 1000 v. Chr.)
											Eschmunasar (5. Jh. v. Chr.)
											Griechisch (7. Jh. v. Chr.)
Λ	Μ	Ν	Ξ	Ο	Φ			Ρ	Σ	Τ	Klassisches Griechisch
L	M	N		O	F			R	S	T	Lateinisch

Tabelle zur Entwicklung des Alphabets

(c) Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2007

Abbildung 7: Entwicklung des Alphabets

© Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2007

Für den Verarbeitungsmechanismus bei der Buchstabenschrift ist bekannt, dass beim Lesen visuelle Impulse von der Retina über die Sehbahn zur primären visuellen Rinde (Area 17) gelangen, dort zum Bewusstsein kommen und von hier an die sekundäre Sehrinde (Area 18,19) weitergeleitet werden, wo sie nun als Schrift erkannt und interpretiert werden.

Diese Impulse werden an den Gyrus angularis weitergegeben, der sie efferent in das Wernicke-Zentrum projiziert, wo das Schriftbild mit einem sprachlichen Sinn verknüpft wird.

Soll nun das Gelesene laut vorgelesen werden, wird der Sprachimpuls über den Fasciculus arcuatus an das motorische Sprachzentrum, das Broca-Areal, weitergegeben.

Dieses leitet schließlich (zum größten Teil über Basalganglien und Kleinhirn) seine Sprachinitiation an den motorischen Kortex weiter (M. Trepel, Neuroanatomie, 3. Auflage, 2003).

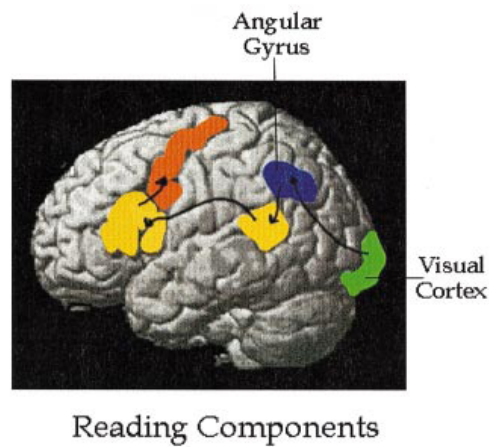


Abbildung 8: Beteiligung anatomischer Komponenten während des Lesens

(Quelle:Price CJ (2000) The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging)

Bisherige Studien gehen oft nur entweder auf Sprache oder Körperbewegungen ein, nicht aber auf die Zusammengehörigkeit beider Komponenten.

Diese Studie bringt alle Aspekte menschlicher Kommunikation ins Spiel.

Es soll aufgezeigt werden, welche intracerebralen Aktivierungsmuster zu verschiedenen Zeitpunkten einer Geschichte zu erkennen sind, wie die jeweiligen Umschaltmechanismen verschiedener Stimuli im Bereich der Kommunikation funktionieren und wie sie miteinander interagieren.

Von großem Interesse ist für uns zudem der Vergleich dieser Aktivierungsmuster mit denen nicht menschlicher Primaten im Bereich der nonverbalen Kommunikation. Sind es dieselben oder ähnliche Hirnregionen, die bei der Mitteilung oder Informationsverarbeitung von Sprache aktiv werden? Leben beim Lesen von Comics archaisch alte Hirnstrukturen wieder auf, die schon bei unseren Vorfahren zur Verständigung untereinander genutzt wurden?

Zu Nutze machen wir uns in dieser Studie die funktionelle Kernspintomographie (fMRI).

Mithilfe dieser Methode lassen sich kortikale Reaktionen auf äußere Reize bei einer zeitlichen Auflösung von einigen Sekunden bis hin zu einigen 100 Millisekunden völlig nicht- invasiv messen.

Wurden früher hierbei noch exogen zugeführte Kontrastmittel verwendet, können funktionelle Untersuchungen mittlerweile auch ohne deren Applikationen durchgeführt werden. Bei den Messungen ist die lokale Oxygenierung des Blutes der entscheidende, die Signalintensität beeinflussende Parameter. Die Oxygenierung ändert sich abhängig von der Perfusion sowie dem Metabolismus der Kortexareale und führt somit zu einem signifikanten Kontrast bzw. Signalanstieg im fMRI.

Der von uns genutzte Kontrastmechanismus nutzt den sogenannten BOLD-Effekt aus (Blood Oxygenation Level Dependent).

Der Oxygenierungsgrad des Blutes wird hier als intravaskuläres Kontrastmittel genutzt. Wichtige Kennwerte sind die Konzentrationen von Oxyhämoglobin und Deoxyhämoglobin. Während die magnetische Suszeptibilität von Oxyhämoglobin nahe der des biologischen Gewebes liegt, ist die von Deoxyhämoglobin um ca. 0,08 ppm höher.

Deoxyhämoglobin verhält sich demzufolge wie ein kleiner Stabmagnet, der im magnetischen Feld zu Suszeptibilitätsartefakten und damit zu Signalabnahmen führt.

Die physiologische Erklärung für die Entstehung des BOLD-Signals liegt in der Erhöhung des regionalen zerebralen Blutvolumens während neuronaler Aktivität, wobei der lokale Sauerstoffverbrauch nicht in dem Maße erhöht ist, wie sauerstoffreiches Blut angeboten wird (Sauerstoffüberschuss). Dieses Überangebot von Oxyhämoglobin führt zur Konzentrationserhöhung von oxygeniertem Blut in den Kapillaren und Venolen nahe der aktiven Hirnregion. Da das Gewebe eine ähnliche Suszeptibilität wie Oxyhämoglobin besitzt, kommt es zu einer Abnahme der mikroskopischen Gradienten und somit zu einem Signalanstieg während neuronaler Aktivität. Konkret bedeutet dies, dass der hemmende Einfluss von Deoxyhämoglobin auf das MRU-Signal abnimmt. Typische Werte für die Signaländerung bei Verwendung eines 1,5-Tesla-Scanners liegen im Bereich von 1-10%.

Zudem gibt es neben dem grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Deoxyhämoglobinkonzentration und BOLD- Signalstärke noch andere Mechanismen, die zum BOLD- Signal beitragen. Die wichtigste zusätzliche Variable ist wahr-

scheinlich die passive Blutflussänderung durch lokale biochemische Prozesse, welche im folgenden kurz erläutert werden.

Der erhöhte Energiebedarf der Nervenzelle während erhöhter neuronaler Aktivität wird durch Glykolyse gedeckt, welche schnell auf eine Änderung des Energieverbrauchs mit der Freisetzung von K^+ , NO und Glutamat reagiert. Diese drei Substanzen haben starke vasodilatatorische Eigenschaften und ihre Freisetzung führt dazu, dass sich die Blutgefäße in der systolischen Phase des Herzschlages stärker erweitern. Dies führt zu einer lokalen Zunahme des Blutvolumens und „verdünnt“ das erzeugte Deoxyhämoglobin.

Allerdings reagiert der Sauerstoffmetabolismus nur langsam auf die Änderung im Energieverbrauch. Der lokale Sauerstoffverbrauch wird zur Wiederherstellung bzw. zum Ausgleich des Energiehaushaltes (Zufuhr von sauerstoffreichem und zuckerhaltigem Blut etc.) eingesetzt und ist nicht direkt mit der Frequenz der Aktionspotentiale verbunden.

Die Vasodilatation hängt von der Aktionspotentialfrequenz ab, während der lokale Sauerstoffverbrauch von der Anzahl der aktivierten Zellen beeinflusst wird.

Die Amplitude des BOLD- Signals erhöht sich mit zunehmender elektrischer Aktivität, nimmt jedoch mit zunehmender Anzahl aktivierter Zellen ab.

Demzufolge bedeutet dies, dass das BOLD- Signal entweder von der Aktionspotentialfrequenz oder dem lokalen Sauerstoffverbrauch abhängt, möglicherweise sogar von beiden Prozessen, wobei diese Prozesse auf eine noch nicht bekannte Art und Weise miteinander interagieren können. Ein starkes BOLD- Signal kann also erhöhte Aktionspotentialfrequenz oder aber die Anzahl aktivierter Neuronen indizieren (Jäncke, 2005).

3. Material und Methodik

3.1 Probanden

Vierzehn gesunde Männer im Alter zwischen 19 und 39 Jahren (Mittelwert: 26,29; Standardabweichung: 4,92) nahmen freiwillig an der Studie teil. Bei allen Probanden handelte es sich um deutschsprachige Rechtshänder. Jeder Proband wurde über Zweck und Inhalt der Untersuchung informiert und stimmte der Untersuchung und Datenauswertung schriftlich zu.

3.2 Stimuli

Die Suche nach den geeigneten Stimuli und deren Bearbeitung für unsere Versuche erforderte zunächst einige Vorbereitungszeit.

Wir überlegten uns eine Strategie, wie wir aus einer Materie im Bereich Kommunikation möglichst viele Darbietungsformen erstellen konnten um optimale Bedingungen für unsere Zwecke zu schaffen.

Als Stimuli wurden schließlich drei Asterix-Comichefte ausgewählt, da der Comic entsprechend unserer Reflektionen alle in der Einleitung erwähnten Sprach- und Schriftprozesse in der Geschichte der Kommunikation in sich zu vereinen scheint:

1. *Asterix, Der Kampf der Häuptlinge* (Zeichnungen: Uderzo; Text: Goscinny; delta Verlag GmbH Stuttgart; 1993)
2. *Asterix auf Korsika* (Zeichnungen: Uderzo; Text: Goscinny; delta Verlag GmbH Stuttgart; 1987)
3. *Asterix bei den Olympischen Spielen* (Zeichnungen: Uderzo; Text: Goscinny; Egmont EHAPA Verlag 2003).

Diese Hefte wurden nun einzeln in **a) Bild** und **b) Text** wie folgt verarbeitet:

a) Erstellung des Paradigmas

Jede dritte Seite eines Heftes angefangen bei der ersten Seite wurde mit einem Scanner dem Computer und damit einem Bildverarbeitungsprogramm zugänglich gemacht. Jedes Comicbild einer Seite wurde nun einzeln gespeichert.

Mit einem Bildverarbeitungsprogramm (Microsoft Photo Editor) wurden die einzelnen Originalbilder zunächst in Wabenbilder ohne erkennbaren Inhalt umgewandelt und ebenfalls gespeichert.



Abbildung 9: Umwandlung eines Originalbildes in ein Wabenbild

Anschließend entfernten wir bei den Originalbildern die Schrift und auch diese neu entstandenen, noch interpretationsfähigen Bilder ohne Text wurden einzeln gespeichert.



Abbildung 10: Entfernung der Schrift aus einem Originalbild

b) Text

Die übrigen Seiten eines jeden Heftes wurden jetzt zu einem fortlaufenden Lesetext (ohne Bilder) umformuliert und gespeichert.

Die Hälfte dieser Texte wiederum wurde nach dem Zufallsprinzip als vorgelesener Hörtext mittels Mikrofon und Sprachprogramm (Audacity) aufgenommen.

Mit diesem Sprachprogramm drehten wir das Gesprochene herum, so dass der Text komplett rückwärts zu hören war:

Bsp.:

Der Frühling geht zu Ende und in dem kleinen gallischen Dorf herrscht tiefer Friede.

> edeirf refeit thcsrreh frod nehcsillag neniolk med ni dnu edne uz theg gnilhüf red.

Diese Texte (richtig und umgedreht) wurden alle einzeln abgespeichert.

Zuletzt wurden die noch übrig gebliebenen Lesetexte mittels „LabView“ zu einem bunten Buchstabensalat verarbeitet und zusätzlich zu den verständlichen Texten gespeichert.

Hieraus wurde ein Paradigma im Blockdesign mit fünf verschiedenen Bedingungen (Konditionen) erstellt.

3.3 Versuch und Präsentation

Zur Kartierung von Hirnfunktionen wurde die funktionelle MRT-Bildgebung (fMRI) genutzt.

Der Proband wurde aufgefordert, sich unter der Magnetspule immer auf den momentan auswertbaren Reiz zu konzentrieren. Diese Reize waren so angeordnet, dass das Paradigma insgesamt ein für den Probanden zusammenhängendes Asterixabenteuer (*Asterix- Der Kampf der Häuptlinge*) ergab.

Bei der ersten Bedingung handelte es sich um die *Baseline (0)*. Der Proband bekam hierbei unten im Blickfeld Wabenbilder (in achtsekündigem Abstand) ohne erkennbaren Inhalt präsentiert. Im Textbanner darüber liefen zusammenhangslose Buchstaben (10 Buchstaben pro Sekunde) vorüber.

Zusätzlich wurde ein rückwärts gesprochener Text per Kopfhörer übertragen.

Dementsprechend war bei (0) keiner der drei dargebotenen Reize sinnvoll auswertbar.

Die zweite Bedingung *Comic (1)* ließ den Probanden im Blickfeld unten Comichilder (Schrift und Bild synchron) erkennen. Im Textbanner darüber wurden abermals zusammenhangslose Buchstaben und im Hörtext rückwärts Gesprochenes präsentiert.

Die dritte Bedingung *Lesen (2)* bot nun wieder Wabenbilder und einen umgekehrten Hörtext.

Diesmal wurde jedoch im Banner ein auswertbarer Lesetext angezeigt.

Bei der vierten Bedingung *Lesen+ Bilder(3)* handelte es sich um ein Ebenbild von (2) mit dem einzigen Unterschied, dass in der unteren Blickfläche keine Wabenbilder, sondern zufällig gewählte Comichilder mit verwischem Schriftbild präsentiert wurden.

Die fünfte Sequenz letztlich, *Hören (4)*, bot dem Probanden im Blickfeld Wabenbild, Buchstabensalat, als auditiven Reiz jedoch einen zusammenhängenden und damit auswertbaren Hörtext.

Diese fünf Bedingungen wechselten stetig, entsprechend einer Seite des Comicheftes.

Sowohl Wabenbilder, Comichilder ohne Text, rückwärts gesprochenes Hörtexte als auch der Buchstabensalat; also alle Reize, die zu einem Zeitpunkt nicht sinnvoll auswertbar sein

sollten, waren nach dem Zufallsprinzip aus allen drei Asterixbänden bunt gemischt und ohne Verbindung zueinander.

Bei (0) wurde der Verlauf der Geschichte unterbrochen.

Mit dem Aufbau dieses Paradigmas und der damit verbundenen vorherigen Arbeit, die Comicbände komplett in ihre Einzelteile zu zerlegen, wollten wir optimale Voraussetzungen für die anschließende Ergebnisauswertung schaffen, um tatsächlich immer nur eine Modalität im Sprachbereich und deren Verarbeitungsmuster im menschliche Gehirn ins Visier nehmen zu können.

3.4 Vorüberlegungen

Zur Konkretisierung relevanter Aktivierungsmuster während der jeweiligen 5 Konditionen sollen nach den Messungen einzelne Ergebnisse zueinander in Bezug gesetzt werden.

Tabelle 1: Kontraste und gezielte Fragestellungen

Kontrast	Ziel
Comic>Baseline	Aktivierung beim Comic
Comic>Lesen&Bilder	Mehraktivierung durch synchrone Gestik
(Comic–Lesen)>(Lesen+Bilder>Lesen)	Mehraktivierung synchroner Gestik gegenüber einem Bilderbuch
Hören>Baseline	Aktivierung beim Hören
Conjunction:Comic&Lesen&Bilder	Gemeinsamkeiten aller drei Bedingungen
Conjunction: (Comic>Lesen+Zufallsbilder) & (Hören>Lesen+Nonsensesprache)	Gemeinsamkeiten von synchroner Gestik und Hören
Lesen+Zufallsbilder>Lesen+Wabenbilder	Mehraktivierung eines Bilderbuches gegenüber eines reinen Lesetextes
Lesen+Wabenbilder>Lesen+Zufallsbilder	Mehraktivierung eines reinen Lesetextes gegenüber einem Bilderbuch
Comic+Hören>Lesen+Bilder	Mehraktivierung synchroner Gestik und Hören gegenüber einem Bilderbuch
Lesen+Bilder>Comic+Hören	Mehraktivierung eines Bilderbuches gegenüber synchroner Gestik und Hören
Hören>Lesen	Mehraktivierung beim Hören gegenüber

	Lesen
Lesen>Hören	Mehraktivierung beim Lesen gegenüber Hören
Lesen>Baseline	Aktivierung beim Lesen
Aktivierung bei Umschaltung zwischen Bedingungen	Aktivierung von Aufmerksamkeitszentren

Wie bereits in der Einleitung soll auch in der Diskussion mit der Historik von Kommunikation begonnen werden. Wie fließt der cerebrale Verarbeitungsprozess von Kinesik v.a. Gestik mit ein in die Verarbeitung gesprochener Worte, was ist beiden Mechanismen gemeinsam?

Der Erörterung dieser Frage wollen wir uns im ersten Ergebnisteil widmen.

Was zeichnet den Comic ohne Störfaktor Baseline an sich aus, was macht Comic mehr als Lesen und Bilder gemeinsam, was unterscheidet den Comic von einem Bilderbuch ohne die genau passenden Bilder zum Text und was haben Comic und Hören gemeinsam, gibt es also für gehörte Sprache, Gestik und Mimik ähnliche oder sogar gleiche Verarbeitungsmechanismen?

Gibt es zum oben Beschriebenen Korrelate beim Lesen? Welche Verarbeitungsmechanismen stehen hier im Vordergrund? Dieser Thematik widmen wir uns im zweiten Teil der Diskussion.

Wichtig ist zudem die Steuerung der Aufmerksamkeit der Probanden die notwendig ist beim Umschalten zwischen Bedingungen. Dieser Thematik widmen wir uns im Diskussionsteil: Bedeutung von Aufmerksamkeit („Top-down“-Kontrolle).

Von besonderer Bedeutung ist für uns, wie schon in der Einleitung erwähnt, die Frage, was uns im Bereich der nonverbalen Kommunikation noch heute mit unseren Vorfahren, den Primaten, verbindet

3.5 Bildgebung

Bei der kernspintomographischen Untersuchung kam ein 1,5 Tesla Siemens „Sonata“

MRT zur Anwendung. Während der Messung war der Kopf des Probanden beiderseits seitlich fixiert.

Mit der BOLD-Imaging-Methode wurde eine EPI-Sequenz (axial 36 Schichten mit 3,5mm Abstand, FoV 230 mm, 64x64-Matrix, Flip-Winkel 90°, TR 3,05 Sekunden, TE 50 ms) erstellt.

Zusätzlich führten wir eine anatomische T1-gewichtete MPRAGE (isometrisch 1x1x1 mm) und eine T2-gewichtete Sequenz mit 36 Schichten zum Ausschluss neurologischer Erkrankungen durch.

3.6 Methoden

Bildverarbeitung

Die bei der Untersuchung erworbenen Daten wurden mittels SPM99 („Statistical Parametric Mapping“ nach Friston et al. 1996) ausgewertet.

Es wurde ein Slicetiming, eine Motion Correction, eine Normalization auf das MNI-Template mit 2x2x2 mm Auflösung und eine Gauß-Glättung mit 8x8x8 mm Radius durchgeführt.

Zusätzlich führten wir eine Fixed-Effects-Analyse für jede Versuchsperson sowie eine Random-Effects-Analyse entsprechend der Gauß'schen Random-Field-Theorie über alle Probanden (n= 14) durch.

4. Ergebnisse

Folgende Ergebnisse der fMRI-Bildgebung waren für uns von Interesse:

- Comic > Baseline
- Comic > Lesen + Bilder
- (Comic – Lesen) > (Lesen + Bilder > Lesen)
- Hören > Baseline
- Conjunction: Comic & Lesen & Bilder
- Conjunction: (Comic > Lesen+Zufallsbilder) & (Hören > Lesen+Nonsensesprache)
- Lesen + Zufallsbilder > Lesen + Wabenbilder
- Lesen + Wabenbilder > Lesen + Zufallsbilder
- Comic + Hören > Lesen + Bilderbuch
- Lesen + Bilder > Comic + Hören
- Hören > Lesen
- Lesen > Hören

- Lesen > Baseline
- Aktivierung bei Umschaltung zwischen Bedingungen

4.1 Comic > Baseline

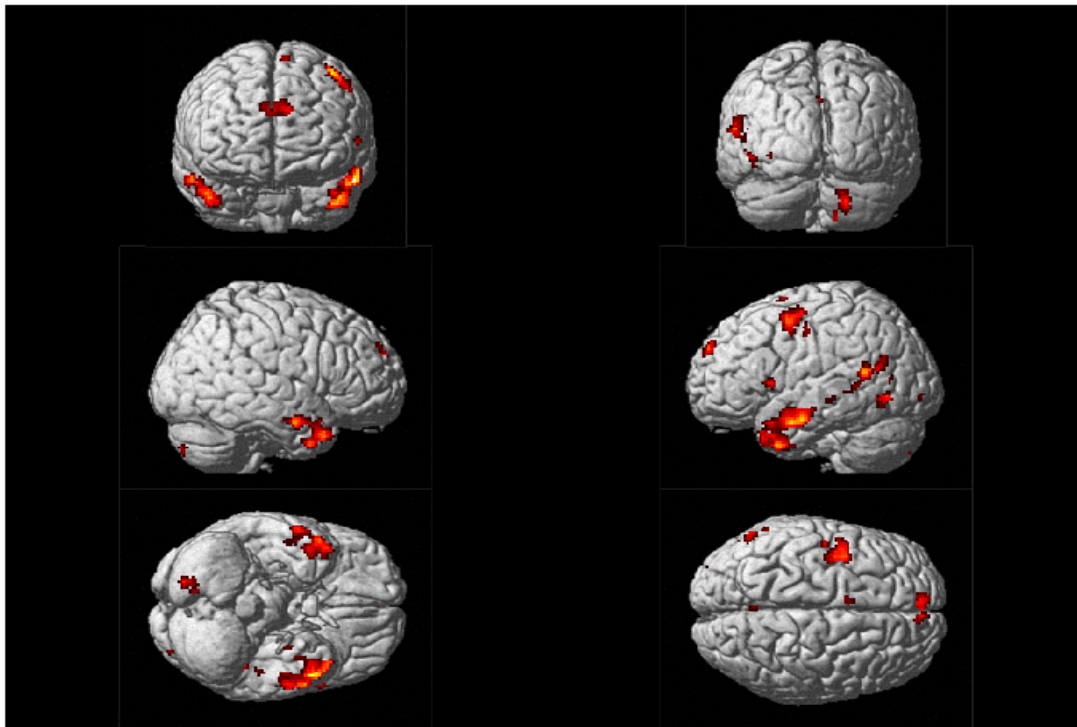


Abbildung 11: Aktivierung beim Comic; Ergebnisse siehe Tabelle 2

Überwiegend zeigen sich Aktivierungen im Gyrus temporalis linksseitig (v.a. BA 21) und auch im Gyrus frontalis (BA 6/9).

Zudem zeigen sich Aktivierungen im Bereich der motorischen Großhirnrinde (BA 4/6) ebenfalls hauptsächlich linksseitig.

Tabelle 2: Comic > Baseline

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
-42	-40	-18	-39	-41	-11	0.902	5.88	4.04	L	GF, BA 37
20	-74	-36	21	-74	-26	0.919	5.81	4.01	R	GF
20	-82	-44	21	-82	-33	0.996	5.15	3.74	R	GF
12	-76	-50	13	-77	-38	1.000	4.85	3.60	R	GF

-32	-92	-4	-32	-89	1	1.000	4.21	3.29	L	GOi, BA 18
Parietal										
0	-58	36	0	-55	34	0.988	5.32	3.81	R	PCu, BA 31
Temporal										
-54	-10	-22	-51	-13	-14	0.044	9.24	5.05	L	GTi, BA 21
-44	-68	-4	-43	-68	1	0.953	5.64	3.94	L	GTi, BA 19
-56	0	-24	-53	-4	-18	0.126	8.42	4.84	L	GTm, BA 21
-50	12	-34	-49	6	-27	0.204	8.03	4.74	L	GTm, BA 21
60	-2	-22	57	-6	-15	0.502	6.96	4.42	R	GTm, BA 21
46	6	-40	44	0	-31	0.661	6.55	4.28	R	GTm, BA 21
-52	-70	8	-51	-69	11	1.000	4.21	3.28	L	GTm, BA 39
-46	-62	16	-45	-61	18	1.000	3.99	3.17	L	GTm, BA 39
46	18	-30	44	12	-22	0.081	8.76	4.93	R	GTs, BA 38
-54	-54	12	-52	-53	15	0.987	5.35	3.82	L	GTs
-58	-64	20	-57	-62	22	1.000	4.86	3.61	L	GTs, BA 8
-56	12	6	-53	9	8	0.968	5.54	3.90	L	SI, BA 44
Frontal										
2	54	32	1	52	28	0.921	5.80	4.01	R	GFd, BA 9
10	52	32	9	50	28	1.000	4.64	3.50	R	GFs, BA 9
-8	4	70	-7	9	63	0.997	5.08	3.71	L	GFs, BA 6
-44	-4	58	-44	-1	53	0.232	7.89	4.70	L	GPrC, BA 6
-48	2	48	-47	3	45	0.727	6.39	4.23	L	GPrC, BA 6
-54	-2	44	-53	-1	41	1.000	4.72	3.54	L	GPrC, BA 6
50	-12	46	-49	-10	43	1.000	4.25	3.30	R	GPrC, BA 4
Limbische Areale/ Basalganglien										
-8	-26	22	-7	-25	22	0.958	5.61	3.93	L	GC, BA 23
4	-54	28	4	-51	27	0.989	5.30	3.80	R	GC, BA 31
-30	-8	-24	-29	-10	-17	0.854	6.04	4.10	L	Gyrus para-hippocampalis

4.2 Comic > Lesen + Bilder

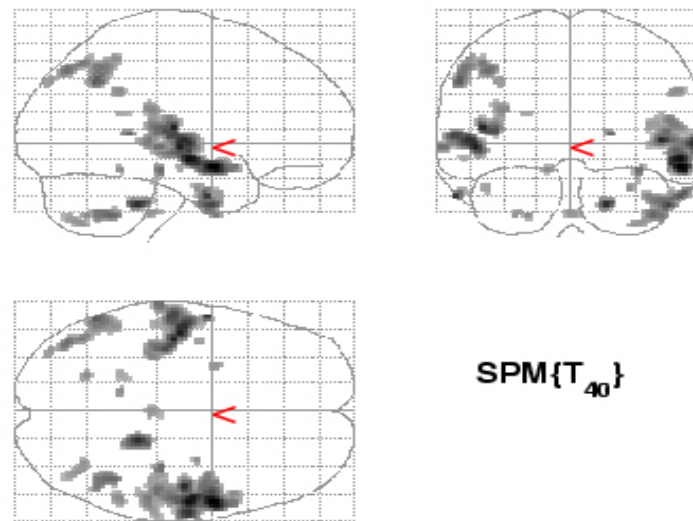


Abbildung 12: Mehraktivierung durch synchrone Gestik; Ergebnisse siehe Tabelle 3

Auch in diesem Ergebnisteil zeigt sich eine Aktivierung des Temporalgebietes bei der Verarbeitung des Comics (vorwiegend BA 20/21).

Auch die primäre Hörrinde (BA 22) sowie der Gyrus supramarginalis zeigen Aktivierungen.

Tabelle 3: Comic > Lesen + Bilder

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
32	-66	-50	-31	-69	-40	0.999	3.86	3.54	R	GF
42	-52	-44	42	-55	-34	0.831	4.47	4.00	R	GF
-58	-2	-32	-55	-6	-25	0.345	5.03	4.40	L	GF, BA 20
Parietal										
-42	-74	44	-42	-70	41	0.886	4.39	3.94	L	LPi, BA 40
-38	-82	38	-38	-78	36	1.000	3.80	3.49	L	LPs, BA 19
-54	-56	46	-54	-53	43	0.935	4.29	3.87	L	Gsm, BA 40
54	-46	32	54	-44	31	0.997	3.96	3.62	R	Gsm, BA 40
Temporal										
56	-4	-32	53	-8	-24	0.673	4.66	4.14	R	GTi, BA 20
50	0	-38	48	-5	-29	0.458	4.89	4.31	R	GTi, BA 21
-42	-8	-28	-40	-11	-21	1.000	3.67	3.39	L	GTi, BA 21
44	2	-44	42	-3	-35	0.970	4.19	3.79	R	GTm, BA 20

56	0	-14	53	-3	-7	0.033	5.98	5.02	R	GTm, BA 21
56	-12	-10	53	-14	-4	0.077	5.66	4.82	R	GTm, BA 21
-66	-28	-2	-62	-29	2	0.902	4.36	3.92	L	GTm, BA 21
-44	-20	10	-42	-20	12	0.153	5.39	4.64	L	GTm, BA 21
-28	2	-44	-28	-2	-36	1.000	3.84	3.52	L	GTs, BA 20
-58	-20	6	-55	-21	8	0.444	4.91	4.32	L	GTs, BA 42
46	-14	2	43	-15	6	0.195	5.29	4.58	R	GTT, BA 22
-48	-16	-2	-45	-17	1	0.136	5.43	4.68	L	GTT, BA 21/22
-56	-60	38	-56	-57	37	0.719	4.61	4.10	L	SI, BA 40
-34	-30	20	-33	-29	20	0.991	4.06	3.69	L	INS, BA 13
Limbische Areale/ Basalganglien										
20	-42	6	20	-41	9	0.892	4.38	3.93	R	Fo
-12	-46	-16	-11	-46	-9	0.997	3.96	3.61	L	Hippocampus
34	-26	-16	32	-27	-9	0.869	4.42	3.96	R	Hippocampus
Andere Areale										
-22	-64	-44	-21	-66	-34	0.998	3.93	3.59	L	Cerebellum

4.3 (Comic – Lesen) > (Lesen + Bilder > Lesen)

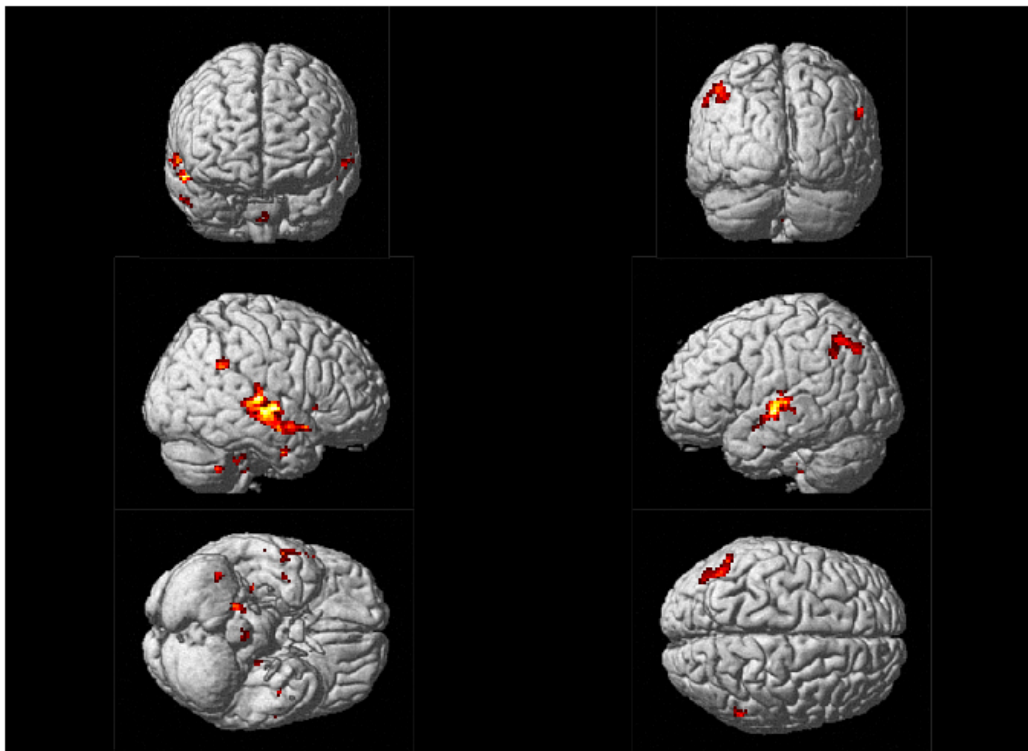


Abbildung 13: Mehraktivierung synchroner Gestik gegenüber einem Bilderbuch; Ergebnisse siehe Tabelle 4

Es zeigen sich Aktivierungen des Gyrus temporalis (überwiegend BA 21/ 42). Auch der Gyrus temporalis transversi sowie der Gyrus supra-marginalis sind in den Verarbeitungsprozess des Comics involviert.

Tabelle 4: (Comic – Lesen) > Lesen + Bilder > Lesen)

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
20	-40	-36	19	-41	-27	0.621	7.17	4.49	R	GF
34	-26	-20	32	-27	-13	0.983	5.88	4.04	R	GF, BA 36
42	-52	-44	42	-55	-34	1.000	5.32	3.81	R	GF
Parietal										
-46	-74	40	-46	-70	38	0.980	5.91	4.05	L	Ga, BA 40
-48	-60	50	-48	-56	46	0.956	6.11	4.13	L	Gsm, BA 40
52	-48	30	52	-46	30	0.996	5.62	3.93	R	Gsm, BA 40
Temporal										
-42	-6	-24	-40	-9	-17	1.000	4.70	3.53	L	GTi, BA 20
60	-4	-30	57	-8	-22	1.000	4.94	3.64	R	GTi, BA 21
40	-2	-32	38	-6	-24	1.000	4.30	3.33	R	GTi, BA 21
62	-6	-2	58	-8	2	0.188	8.12	4.76	R	GTm, BA 21
-54	-12	-2	-51	-14	1	0.408	7.56	4.60	L	GTm, BA 21
58	-22	6	55	-22	9	0.746	6.85	4.38	R	GTs, BA 42
-58	-22	6	-55	-23	8	0.835	6.60	4.30	L	GTs, BA 42
-38	-28	10	-36	-28	12	0.925	6.28	4.18	L	GTT, BA 41
-46	-20	10	-44	-20	12	0.996	5.62	3.93	L	Sl
54	20	0	51	17	4	0.942	6.19	4.15	R	Sl
-58	-58	36	-58	-55	35	1.000	4.83	3.59	L	Sl
48	-22	6	46	-22	9	0.390	7.59	4.61	R	Ra, BA 42
Limbische Areale/ Basalganglien										
-12	-46	-16	-11	-46	-9	0.920	6.30	4.19	L	Hippocampus
-20	-22	-22	19	-23	-15	1.000	4.75	3.55	L	Hippocampus
-6	-56	26	-5	-54	26	1.000	4.54	3.45	L	GC, BA 31

4.4 Hören > Baseline

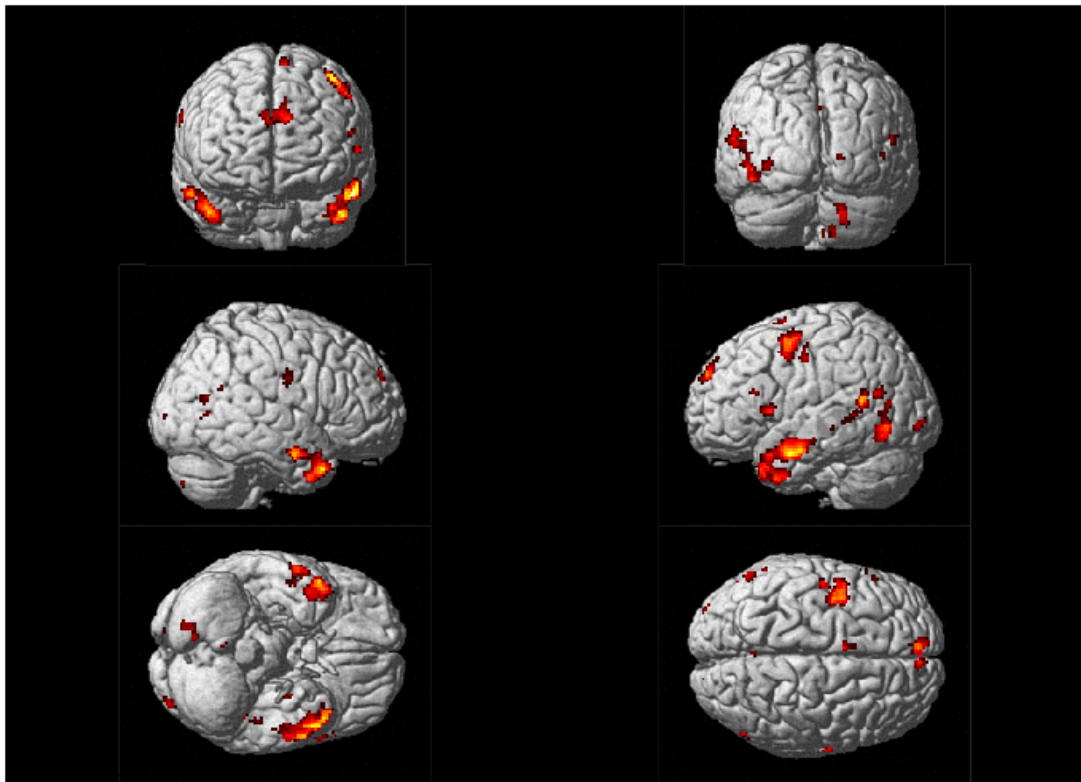


Abbildung 14: Aktivierung beim Hören, Ergebnisse siehe Tabelle 5

Hier finden sich Aktivierungen überwiegend im Bereich des medialen und superioren Gyrus temporalis.

Zudem zeigt sich eine Aktivierung der prämotorischen Areale BA 4 und 6.

Auch der Gyrus frontalis ist beteiligt.

Tabelle 5: Hören > Baseline

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
66	-8	30	63	-7	30	0.895	5.97	4.07	R	Sc
18	-96	4	18	-93	7	0.970	5.59	3.92	R	Cu, BA 18
-42	-64	-12	-41	-64	-5	0.411	7.29	4.52	L	GF, BA 37
-44	-42	-16	-41	-43	-9	0.999	4.94	3.64	L	GF, BA 37
18	-74	-34	19	-74	-24	0.955	5.70	3.97	R	GF
22	-82	-42	23	-82	-31	1.000	4.54	3.45	R	GF

12	-76	-48	13	-77	-37	0.998	5.13	3.73	R	GF
-34	-90	-4	-34	-88	1	1.000	4.87	3.61	L	GOi, BA 18
54	-68	16	-53	-67	18	1.000	4.65	3.51	R	GOM, BA 39
Parietal										
-50	-14	54	-49	-11	50	1.000	3.95	3.15	L	GPoC, BA 3
42	-56	24	52	-54	25	1.000	4.12	3.24	R	LPi, BA 39
Temporal										
-44	-68	-4	-43	-68	1	0.955	5.70	3.96	L	GTi, BA 19
-54	0	-22	-52	-4	-16	0.071	8.86	4.96	L	GTm, BA 21
-50	8	-38	-49	2	-30	0.189	8.12	4.76	L	GTm, BA 21
52	14	-32	50	8	-24	0.381	7.38	4.55	R	GTm, BA 21
44	6	-40	42	0	-31	0.944	5.76	3.99	R	GTm, BA 21
60	-2	-22	57	-6	-15	0.407	7.30	4.53	R	GTm, BA 21
-50	-70	10	-50	-69	13	1.000	4.82	3.59	L	GTm, BA 39
48	-66	4	49	-65	8	1.000	4.14	3.25	R	GTm, BA 37
-42	20	-32	-41	14	-25	0.626	6.71	4.34	L	GTs, BA 38
44	16	-32	42	10	-24	0.206	8.05	4.75	R	GTs, BA 38
-54	-54	12	-52	-53	15	0.997	5.16	3.74	L	GTs, BA 22
-44	-50	10	-42	-49	13	1.000	4.83	3.59	L	GTs, BA 22
-44	-52	18	-43	-51	20	1.000	4.70	3.53	L	GTs, BA 22
-56	-64	20	-55	-62	22	1.000	4.62	3.49	L	GTs, BA 39
-56	12	6	-53	9	8	0.918	5.88	4.04	L	SI, BA 44
Frontal										
-54	24	20	-52	23	20	1.000	4.61	3.49	L	GFi, BA 45
-42	2	58	-42	4	53	0.052	9.11	5.02	L	GFm, BA 6
-40	-6	60	-40	-3	55	0.409	7.29	4.52	L	GFm, BA 6
-6	4	58	-5	7	52	1.000	4.12	3.24	L	GFm, BA 6
-8	2	70	-7	6	63	0.991	5.35	3.82	L	GFs, BA 6
-6	54	32	-5	-51	31	0.682	6.58	4.29	L	GFs, BA9
-50	-12	44	-49	-10	41	1.000	4.40	3.38	L	GPrC, BA 4
-48	2	48	-47	3	45	0.418	7.27	4.52	L	GPrC, BA 6
Limbische Areale/ Basalganglien										
-28	-8	-24	-27	-10	-17	0.856	6.11	4.12	L	Gyrus para-hippocampalis
4	-54	28	4	-51	27	0.960	5.67	3.95	R	GC, BA 31
22	-36	22	22	-35	22	0.999	5.02	3.68	L	NC
-8	-24	20	-7	-23	20	0.950	5.73	3.98	L	Fo
Andere Areale										
6	-56	-50	6	-58	-39	1.000	4.08	3.21	R	Cerebellum

4.5 Conjunction: Comic & Hören & Lesen

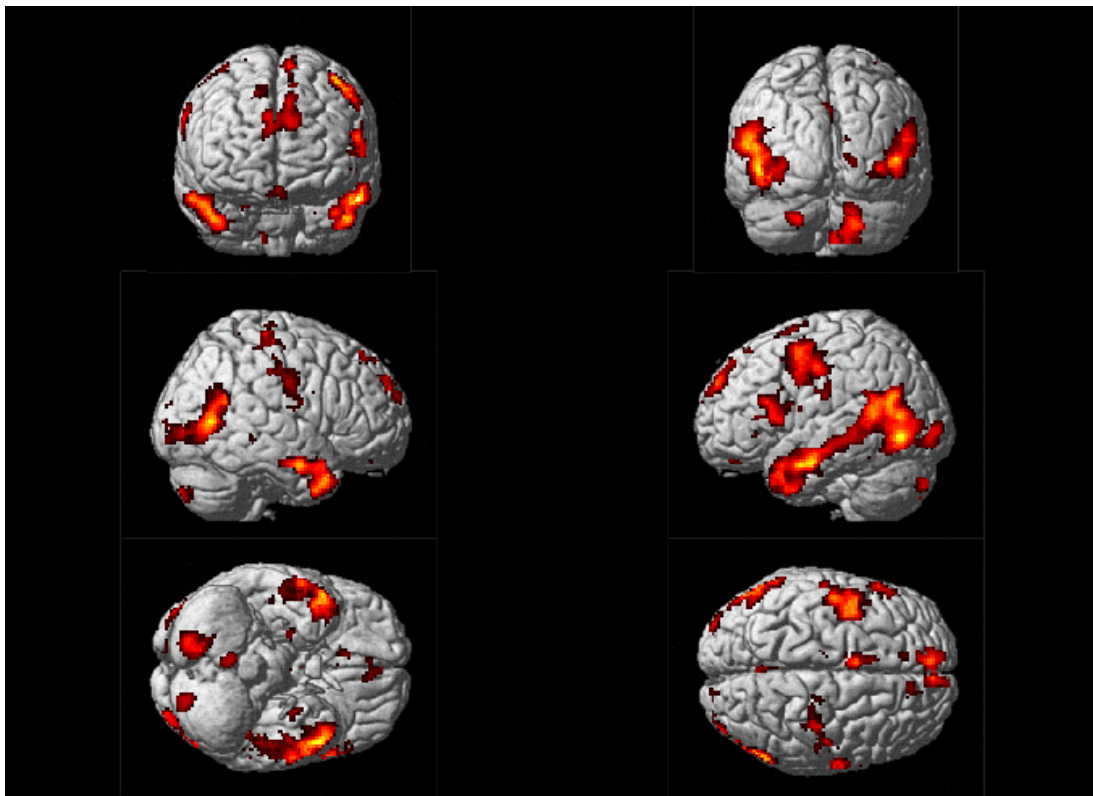


Abbildung 15: Gemeinsamkeiten aller drei Bedingungen; Ergebnisse siehe Tabelle 6

Von enormer Bedeutung zeigt sich bei diesem wichtigen Ergebnisteil die Aktivierung des Broca-Areals im Brodmann-Areal 44 sowie die Beteiligung des prämotorischen Kortex (BA 4 und 6).

Tabelle 6: Conjunction. Comic & Lesen & Bilder

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
18	-94	4	18	-91	7	0.491	2.18	4.39	R	Cu,BA 17
14	-94	18	14	-90	19	1.000	1.62	3.56	R	Cu,BA 18
Parietal										
38	-28	60	39	-24	55	0.914	1.94	4.04	R	GPoC,BA 3
30	-36	46	30	-33	43	1.000	1.51	3.39	R	GPoC,BA 3
54	-16	54	54	-12	50	1.000	1.44	3.29	R	GPoC,BA 3
26	-46	66	27	-42	59	1.000	1.31	3.09	R	GPoC,BA 5

-58	-20	28	-56	-19	27	0.928	1.92	4.02	L	LPi,BA 40
-2	-62	38	-1	-59	35	0.075	2.54	4.92	L	PCu,BA 7
-12	-52	34	-11	-49	32	0.837	2.00	4.12	L	PCu,BA 31
Temporal										
-44	-68	-4	-43	-68	1	0.000	4.72	7.78	L	GTi,BA 37
-52	0	-24	-50	-4	-18	0.000	5.10	(Inf)	L	GTm,BA 21
-48	8	-38	-47	2	-30	0.000	4.43	7.44	L	GTm,BA 21
50	14	-32	48	8	-24	0.000	4.44	7.45	R	GTm,BA 21
60	-2	-22	57	-6	-15	0.000	4.43	7.44	R	GTm,BA 21
42	8	-40	40	2	-31	0.000	3.70	6.51	R	GTm,BA 21
52	-36	-4	50	-36	1	0.998	1.74	3.75	R	GTm,BA 22
44	-64	6	44	-63	9	0.000	3.58	6.36	R	GTm,BA 37
54	-68	12	55	-67	15	0.010	2.82	5.32	R	GTm,BA 39
60	-60	28	60	-58	28	0.120	2.46	4.80	R	GTm,BA 39
48	-6	14	45	-7	16	0.201	2.37	4.67	R	INS,BA 13
-34	-18	18	-33	-18	18	1.000	1.46	3.32	L	INS,BA 13
48	-24	-14	45	-26	-7	1.000	1.39	3.22	R	INS,BA 13
Frontal										
-44	-4	26	-42	-4	25	1.000	1.31	3.11	L	GFi,BA 9
-56	6	18	-53	4	18	0.321	2.28	4.54	L	GFi,BA 44
-48	-2	16	-46	-3	17	0.979	1.85	3.90	L	GFi,BA 44
-54	24	20	-52	23	20	0.002	3.01	5.58	L	GFi,BA 45
-48	30	-2	-47	26	1	1.000	1.43	3.28	L	GFi,BA 45
-54	30	-4	-53	26	0	1.000	1.39	3.21	L	GFi,BA 45
-40	2	58	-40	4	53	0.000	4.41	7.42	L	GFm,BA 6
-40	-6	60	-40	-3	55	0.000	3.80	6.64	L	GFm,BA 6
-48	2	48	-47	3	45	0.000	3.55	6.32	L	GFm,BA 6
-6	2	58	-5	5	52	0.294	2.29	4.56	L	GFm,BA 6
28	8	38	28	9	36	0.740	2.05	4.21	R	GFm,BA 8
6	44	-20	5	38	-20	0.941	1.91	4.00	R	GFm,BA 11
-4	44	-20	-4	38	-20	0.991	1.81	3.84	L	GFm,BA 11
0	50	-16	0	44	-17	0.994	1.79	3.82	L	GFm,BA 11
-12	-20	72	-12	-15	64	1.000	1.40	3.23	L	GFs,BA 6
-8	2	70	-7	6	63	0.002	3.06	5.65	L	GFs,BA 6
-8	16	62	-7	20	56	0.988	1.81	3.86	L	GFs,BA 6
-10	-18	70	-10	-13	63	1.000	1.31	3.10	L	GFs,BA 6
4	54	32	3	52	28	0.004	2.95	5.50	R	GFs,BA 9
-8	54	38	-8	53	33	0.011	2.81	5.30	L	GFs,BA 9
-8	48	46	-8	48	41	0.087	2.52	4.88	L	GFs,BA 8
-12	36	56	-11	38	50	0.847	1.99	4.11	L	GFs,BA 8
14	40	50	14	42	45	0.967	1.87	3.94	R	GFs,BA 8
18	38	46	18	39	42	1.000	1.34	3.14	R	GFs,BA 8

66	-10	26	63	-9	26	0.022	2.72	5.18	R	GPrC,BA 4
62	-2	20	59	-2	21	0.992	1.80	3.83	R	GPrC,BA 4
48	-18	42	47	-16	40	0.686	2.08	4.25	R	GPrC,BA 4
32	-22	48	32	-19	44	0.998	1.74	3.75	R	GPrC,BA 4
36	-24	68	37	-19	61	0.994	1.78	3.81	R	GPrC,BA 4
24	-28	64	25	-24	58	1.000	1.62	3.56	R	GPrC,BA 4
20	-22	72	21	-17	65	1.000	1.68	3.66	R	GPrC,BA 6
-48	-14	28	-46	-13	27	1.000	1.66	3.63	L	GPrC,BA 6
50	-10	32	48	-9	31	1.000	1.69	3.68	R	GPrC, BA 6
64	-10	34	62	-9	33	0.000	3.21	5.85	R	GPrC,BA 6
64	6	26	61	5	27	1.000	1.55	3.46	R	GPrC,BA 6
-56	14	8	-53	11	10	0.055	2.59	4.99	L	GPrC,BA 44
Limbische Areale/ Basalganglien										
-28	-8	-24	-27	10	-17	0.003	2.99	5.56	L	Hippocampus
24	-10	-28	23	-12	-20	0.224	2.35	4.64	R	Gyrus para-hippocampalis BA 28
2	-6	20	2	-6	20	0.896	1.95	4.06	R	Thalamus
2	-12	-6	1	-13	-1	0.733	2.06	4.21	R	Thalamus
-14	-40	20	-13	-39	21	0.605	2.12	4.31	R	GC,BA 31
4	-54	28	4	-51	27	0.000	3.42	6.14	R	GC,BA 31
-20	16	34	-19	16	32	0.771	2.03	4.18	L	GC,BA 32
18	-6	38	18	-5	36	1.000	1.70	3.68	R	GC,BA 24
-16	-22	48	-16	-19	44	1.000	1.58	3.50	L	GC,BA 31
20	14	32	19	14	30	1.000	1.33	3.13	R	GC,BA 32
-16	-22	30	-15	-21	29	1.000	1.65	3.61	L	NC
22	-34	22	22	-33	22	0.010	2.83	5.33	R	NC
-8	6	18	-7	4	18	0.360	2.25	4.50	L	NC
8	4	18	7	2	18	1.000	1.64	3.60	R	NC
-6	12	12	-6	10	13	0.380	2.24	4.48	L	NC
20	-22	28	19	-21	27	0.595	2.13	4.32	R	NC
12	26	-10	11	22	-7	0.859	1.98	4.10	R	NC
6	12	10	5	10	11	1.000	1.55	3.46	R	NC
-8	-26	22	-7	-25	22	0.000	3.60	6.38	L	Ci,BA 23
-22	-48	12	-21	-47	14	0.236	2.34	4.63	L	Ci,BA 30
4	22	-6	3	19	-3	1.000	1.55	3.47	R	Ci,BA 25
6	6	-10	5	3	-5	1.000	1.50	3.39	R	Ci,BA 25
Andere Areale										
16	-70	-34	17	-70	-24	0.000	3.45	6.18	R	Cerebellum
22	-82	-42	23	-82	-31	0.075	2.54	4.92	R	Cerebellum
12	-74	-46	13	-75	-35	0.209	2.36	4.66	R	Cerebellum
6	-54	-48	6	-56	-37	0.015	2.77	5.25	R	Cerebellum
-20	-82	-36	-19	-82	-26	0.132	2.44	4.78	L	Cerebellum

4.6 Conjunction: (Comic > Lesen + Zufallsbilder) & (Hören > Lesen + Nonsensesprache)

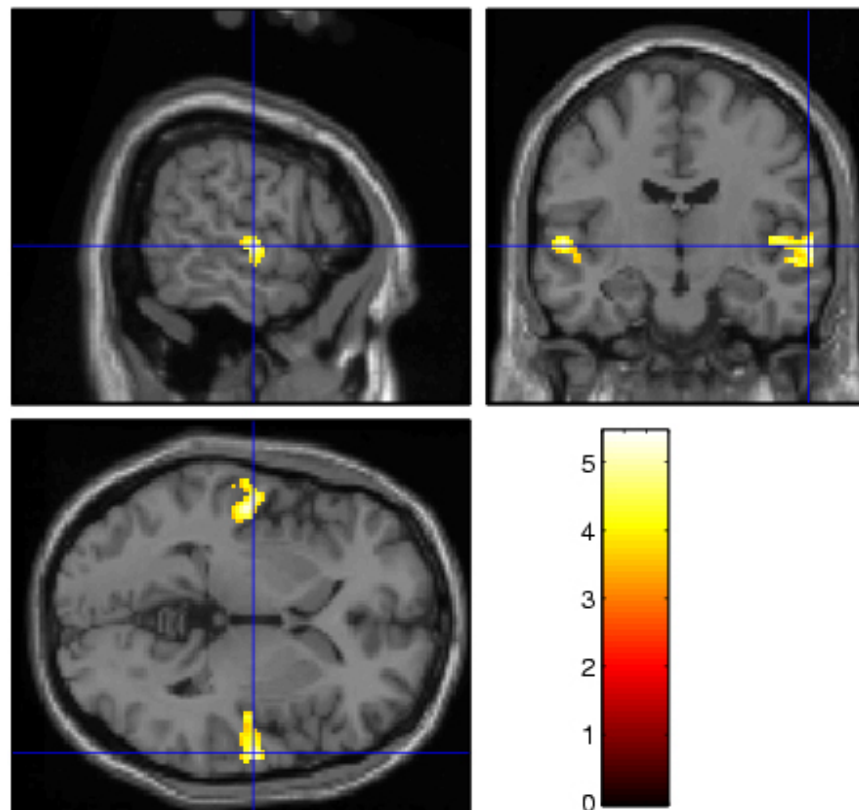


Abbildung 16: Gemeinsamkeiten von synchroner Gestik und Hören; Ergebnisse siehe Tabelle 7

Es zeigen sich Aktivierungen im Gyrus temporalis transversi und im Wernicke- Zentrum (BA 22/ 42).

Tabelle 7: Conjunction: (Comic > Lesen + Zufallsbilder) & (Hören > Lesen + Nonsensesprache)

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Parietal										
-40	-78	42	-40	-74	39	0.040	3.57	5.05	L	LPi, BA 19
Temporal										
46	-6	-34	44	-10	-25	0.005	3.96	5.47	R	GTi, BA 20

62	-12	0	58	-13	4	0.000	5.16	6.67	R	GTm, BA 21
56	-12	-6	53	-14	0	0.000	4.54	6.07	R	GTm, BA 21
-58	-20	6	-55	-21	8	0.000	4.91	6.43	L	GTs, BA 42
-48	-16	-2	-45	-17	1	0.000	5.43	6.93	L	GTT, BA 22
46	-14	2	43	-15	6	0.000	5.29	6.79	R	GTT, BA 22
-44	-20	10	-42	-20	12	0.000	5.39	6.88	L	GTT, BA 41
40	-26	12	38	-26	14	0.016	3.74	5.24	R	GTT, BA 41
46	-26	8	44	-26	11	0.005	3.93	5.44	R	GTT, BA 42
-34	-30	20	-33	-29	20	0.002	4.06	5.57	L	GTT
-52	-28	4	-49	-28	7	0.039	3.58	5.06	L	Ra, BA 22
Limbische Areale/ Basalganglien										
36	-28	-14	34	-29	-7	0.032	3.62	5.10	R	Hippocampus

4.7 Lesen + Zufallsbilder > Lesen + Wabenbilder

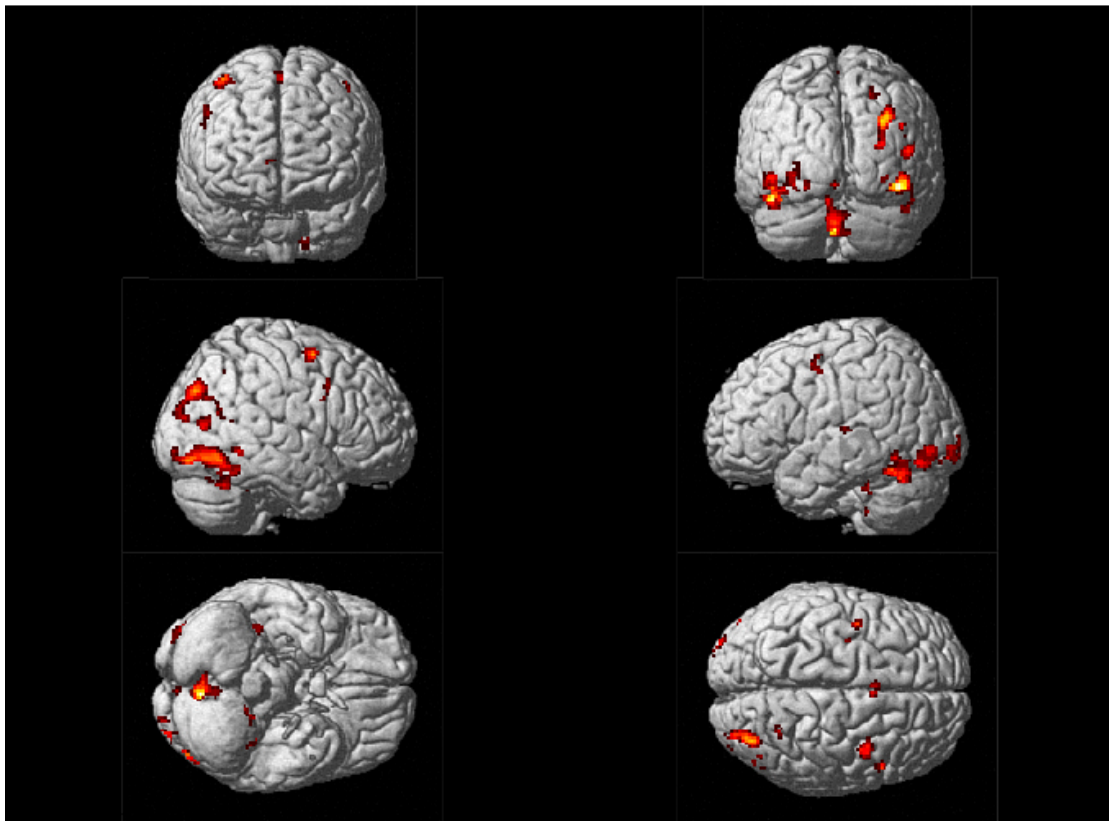


Abbildung 17: Mehraktivierung eines Bilderbuches gegenüber eines reinen Lesetextes; Ergebnisse siehe Tabelle 8

Es soll dieser Ergebnisteil mit „ Lesen + Wabenbilder > Lesen + Zufallsbilder verglichen werden. Erläuterungen siehe in folgendem Ergebnisteil.

Tabelle 8: Lesen + Zufallsbilder > Lesen + Wabenbilder

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
-22	-100	-12	-21	-97	-5	0.999	5.36	3.83	L	Sc, BA 18
28	-28	44	28	-25	41	1.000	5.16	3.74	R	Sc
-6	-76	-36	-5	-75	-26	0.681	6.93	4.41	L	GL
-6	-72	-20	-5	-71	-12	1.000	5.13	3.73	L	GL
-2	-88	-10	-1	-85	-4	1.000	4.67	3.52	L	GL, BA 16
-36	-74	-14	-36	-74	-7	0.973	5.89	4.04	L	GF, BA 19
38	-34	-20	36	-35	-13	0.984	5.77	3.99	R	GF, BA 20
26	-44	-26	25	-45	-18	1.000	4.23	3.29	R	GF, BA 36
-40	-54	-18	-38	-55	-11	0.022	9.82	5.18	L	GF, BA 37
38	-44	-30	37	-46	-21	1.000	4.15	3.25	R	GF
-22	-40	-46	-21	-42	-36	1.000	4.59	3.48	L	GF
-46	-82	-6	-46	-81	0	0.926	6.18	4.15	L	GOi, BA 18
32	-92	-6	33	-90	0	1.000	5.03	3.68	R	GOi, BA 18
-32	-96	-4	-32	-93	1	1.000	4.84	3.60	L	GOi, BA 18
-28	-90	-14	-28	-88	-7	1.000	4.23	3.30	L	GOi, BA 18
40	-84	-12	41	-83	-5	0.008	10.71	5.37	R	GOi, BA 19
-28	-102	2	-28	-98	6	1.000	4.35	3.36	L	GOM, BA 18
44	-70	-10	45	-70	-3	0.384	7.60	4.62	R	GOM, BA 19
32	-90	20	33	-86	21	1.000	4.79	3.57	R	GOM, BA 19
28	-84	16	29	-81	18	1.000	4.64	3.50	R	GOM, BA 19
-50	-76	-10	-49	-76	-3	0.976	5.86	4.03	L	GOM, BA 19
34	-78	34	35	-74	32	0.606	7.12	4.47	R	GOs, BA 19
Parietal										
42	-62	18	43	-60	19	1.000	4.25	3.31	R	LPi, BA 39
24	-56	50	25	-52	45	0.995	5.57	3.91	R	LPs, BA 7
44	-70	30	45	-67	29	0.984	5.77	4.00	R	Ga, BA 39
Temporal										
-48	-56	-18	-45	-57	-10	0.844	6.48	4.26	L	GTi, BA 37
-46	-58	-10	-44	-58	-3	0.997	5.47	3.87	L	GTi, BA 37
46	-72	10	47	-70	13	0.997	5.48	3.88	R	GTm, BA 39
52	-48	-6	50	-48	0	0.998	5.40	3.84	R	GTm, BA 21
44	-52	14	44	-51	16	1.000	4.68	3.52	R	GTs, BA 22
-48	-24	10	-45	-24	12	1.000	4.95	3.65	L	GTT, BA 41
Frontal										
-36	-40	-28	-34	-41	-20	1.000	4.79	3.58	L	GFi, BA 36

50	12	36	49	13	35	1.000	4.47	3.42	R	GFi, BA 9/44
52	8	28	50	8	28	1.000	4.44	3.40	R	GFi, BA 44
38	2	62	38	6	57	0.550	7.26	4.51	R	GFm, BA 6
-32	-12	44	-31	-10	41	1.000	5.22	3.77	L	GFm, BA 6
0	6	60	0	10	54	1.000	5.01	3.68	R	GFm, BA 6
6	50	6	5	45	4	1.000	4.07	3.21	R	GFm, BA 10
-44	-6	48	-43	-4	44	1.000	5.08	3.70	L	GPrC, BA 4
-44	-6	58	-44	-3	53	1.000	4.97	3.66	L	GPrC, BA 4
Andere Areale										
-2	-64	-40	-1	-65	-30	0.998	5.43	3.86	L	Cerebellum
-14	-44	-48	-13	-46	-38	1.000	4.32	3.34	L	Cerebellum

4.8 Lesen + Wabenbilder > Lesen + Zufallsbilder

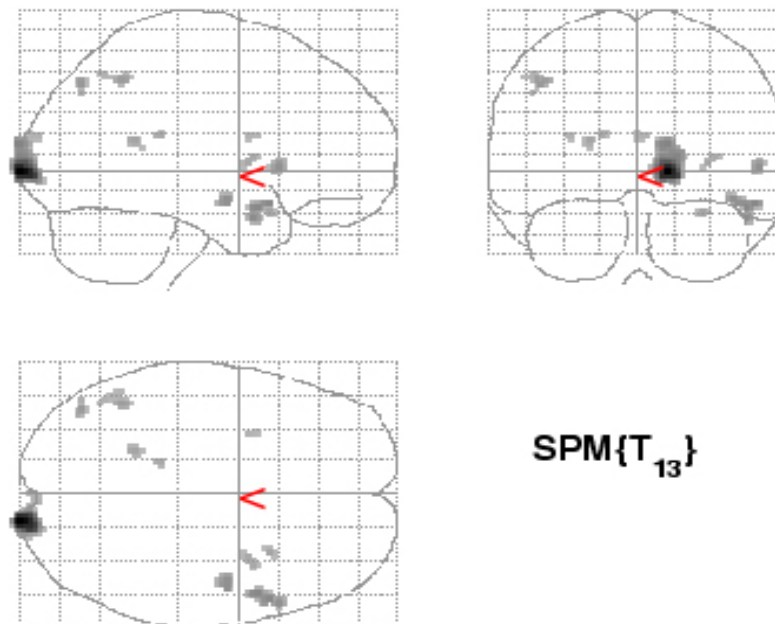


Abbildung 18: Mehraktivierung eines reinen Lesetextes gegenüber einem Bilderbuch; Ergebnisse siehe Tabelle 9

Gegenüber „Lesen+Zufallsbilder“ zeigen sich bei der Sequenz „Lesen+Wabenbilder“ stärkere Aktivierungen im Bereich der primären (BA 17) sowie sekundären Sehrinde (BA 18), des Lobus parietalis inferior (BA 40) und des medialen Gyrus temporalis (BA 21).

Tabelle 9: Lesen + Wabenbilder > Lesen + Zufallsbilder

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
14	-100	0	14	-97	4	0.038	9.37	5.08	R	Cu, BA 17
14	-100	14	14	-96	16	0.998	5.41	3.85	R	Cu, BA 18
2	-94	18	1	-90	19	1.000	4.10	3.23	R	Cu, BA 18
Parietal										
-44	-72	44	-44	-68	41	1.000	4.86	3.61	L	LPi, BA 40
-46	-54	46	-46	-51	43	1.000	4.72	3.54	L	LPi, BA 40
-48	-62	50	-48	-58	46	1.000	4.11	3.23	L	Gsm, BA 40
Temporal										
50	8	-18	47	3	-11	0.999	5.32	3.81	R	GTm, BA 21
44	-6	-14	41	-9	-7	1.000	5.11	3.72	R	GTm, BA 21
56	18	2	53	15	6	1.000	5.11	3.72	R	Sl
Frontal										
30	14	-20	29	9	-13	1.000	4.46	3.41	R	GFi, BA 47
Limbische Areale/ Basalganglien										
-16	-36	18	-15	-35	19	1.000	4.34	3.35	L	NC
32	4	4	31	1	7	1.000	4.40	3.38	R	Pt

4.9 Comic + Hören > Lesen + Bilder

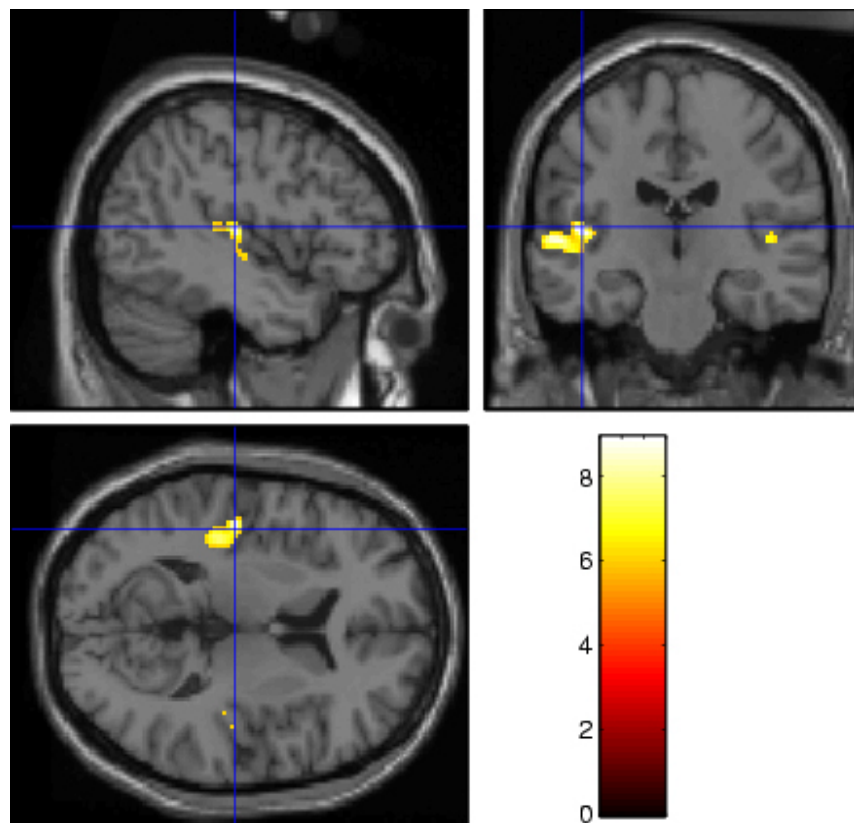


Abbildung 19: Mehraktivierung synchroner Gestik und Hören gegenüber einem Bilderbuch; Ergebnisse siehe Tabelle 10

Auch hier soll ein Vergleich mit unten folgender Sequenz „Lesen + Bilder > Comic + Hören“ angestrebt werden. Es zeigt sich hier insbesondere die Aktivierung der primären (BA 41) sowie der sekundären Hörrinde (BA 22 und 42).

Tabelle 10: Comic + Hören > Lesen + Bilder

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
30	-66	-50	31	-68	-39	0.267	5.13	4.48	R	GF
40	-72	-44	41	-74	-34	0.915	4.32	3.90	R	GF
22	-36	-36	21	-37	-27	0.518	4.80	4.25	R	GF
40	-54	-42	40	-56	-32	1.000	3.81	3.51	R	GF
-42	-34	-14	-39	-35	-8	0.834	4.44	3.99	L	GF, BA 37
Parietal										

-42	-76	42	-42	-72	40	0.203	5.24	4.56	L	LPi, BA 19
-48	-76	32	-48	-73	31	0.376	4.97	4.37	L	Ga, BA 39
-50	-70	38	-50	-67	36	0.885	4.37	3.94	L	Ga, BA 40
50	-72	34	51	-69	33	1.000	3.63	3.36	R	Ga, BA 39
Temporal										
-42	-12	-28	-40	-14	-21	0.967	4.18	3.79	L	GTi, BA 20
-56	-4	-30	-53	-8	-23	0.759	4.54	4.06	L	GTi, BA 21
46	-6	-36	44	-10	-27	0.041	5.86	4.97	R	GTi, BA 42
40	0	-44	39	-5	-35	0.632	4.68	4.16	R	GTm, BA 20
60	-12	0	56	-13	4	0.000	7.88	6.11	R	GTm, BA 22
-46	14	-34	-45	8	-27	0.977	4.14	3.76	L	GTm, BA 38
-28	2	-44	-28	-2	-36	1.000	3.79	3.49	L	GTs, BA 20
-44	-20	10	-42	-20	12	0.000	8.90	6.60	L	GTT, BA 41
-52	-16	2	-49	-17	5	0.000	8.67	6.50	L	GTT, BA 22
-40	-28	10	-38	-28	12	0.000	7.53	5.93	L	GTT, BA 41
46	-14	2	43	-15	6	0.000	8.36	6.35	R	GTT, BA 22
40	-26	12	38	-26	14	0.009	6.39	5.29	R	GTT, BA 41
46	-22	6	44	-22	9	0.003	6.85	5.56	R	Ra, BA 42
Frontal										
22	16	-20	21	11	-14	1.000	3.47	3.23	R	GFi, BA 47
Limbische Areale/ Basalganglien										
36	-28	-16	34	-29	-9	0.143	5.38	4.66	R	Hippocampus
-10	22	2	-10	19	3	0.997	3.95	3.61	L	NC
20	-40	20	20	-39	21	0.973	4.16	3.78	R	NC
-4	8	16	-3	6	16	1.000	3.82	3.51	L	NC
-8	-32	18	-7	-31	19	1.000	3.61	3.35	L	Fo
10	-32	20	10	-31	21	0.994	4.02	3.67	R	Fo
-20	-22	-24	-19	-23	-16	0.965	4.19	3.80	L	Ci, BA 36
12	-6	-26	11	-8	-19	1.000	3.72	3.43	R	Ci, BA 34
Andere Areale										
-2	-44	-36	-1	-45	-27	0.385	4.96	4.36	L	Cerebellum
-18	-64	-44	-17	-66	-34	0.981	4.12	3.75	L	Cerebellum

4.10 Lesen + Bilder > Comic + Hören

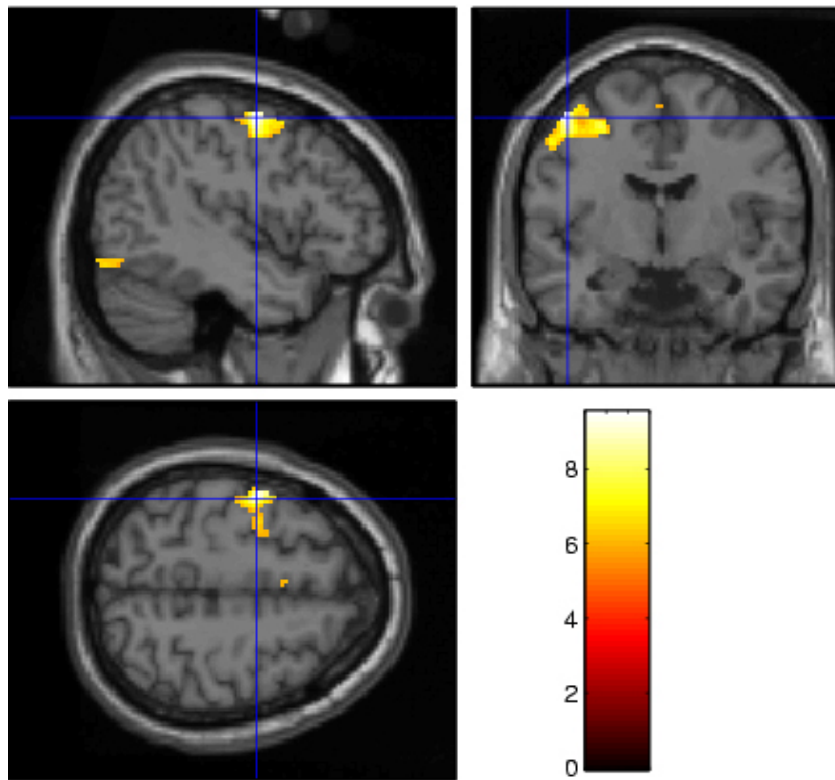


Abbildung 20: Mehraktivierung eines Bilderbuches gegenüber synchroner Gestik und Hören; Ergebnisse siehe Tabelle 11

Der Vergleich zeigt, dass in diesem Ergebnisteil keine Beteiligung sowohl des primären als auch des sekundären Hörzentrums stattfindet.

Tabelle 11: Lesen + Bilder > Comic + Hören

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
30	-66	-50	31	-68	-39	0.267	5.13	4.48	R	GF
40	-72	-44	41	-74	-34	0.915	4.32	3.90	R	GF
22	-36	-36	21	-37	-27	0.518	4.80	4.25	R	GF
40	-54	-42	40	-56	-32	1.000	3.81	3.51	R	GF
-42	-34	-14	-39	-35	-8	0.834	4.44	3.99	L	GF, BA 37
Parietal										
-42	-76	42	-42	-72	40	0.203	5.24	4.56	L	LPi, BA 19

-48	-76	32	-48	-73	31	0.376	4.97	4.37	L	Ga, BA 39
-50	-70	38	-50	-67	36	0.885	4.37	3.94	L	Ga, BA 40
50	-72	34	51	-69	33	1.000	3.63	3.36	R	Ga, BA 39
Temporal										
46	-6	-36	44	-10	-27	0.041	5.86	4.97	R	GTi, BA 42
-56	-4	-30	-53	-8	-23	0.759	4.54	4.06	L	GTi, BA 21
-42	-12	-28	-40	-14	-21	0.967	4.18	3.79	L	GTi, BA 20
40	0	-44	39	-5	-35	0.632	4.68	4.16	R	GTm, BA 20
60	-12	0	56	-13	4	0.000	7.88	6.11	R	GTm, BA 22
-46	14	-34	-45	8	-27	0.977	4.14	3.76	L	GTm, BA 38
-28	2	-44	-28	-2	-36	1.000	3.79	3.49	L	GTs, BA 20
40	-26	12	38	-26	14	0.009	6.39	5.29	R	GTT, BA 41
-44	-20	10	-42	-20	12	0.000	8.90	6.60	L	GTT, BA 41
-52	-16	2	-49	-17	5	0.000	8.67	6.50	L	GTT, BA 22
-40	-28	10	-38	-28	12	0.000	7.53	5.93	L	GTT, BA 41
46	-14	2	43	-15	6	0.000	8.36	6.35	R	GTT, BA 22
46	-22	6	44	-22	9	0.003	6.85	5.56	R	Ra, BA 42
Frontal										
22	16	-20	21	11	-14	1.000	3.47	3.23	R	GFi, BA 47
Limbische Areale/ Basalganglien										
36	-28	-16	34	-29	-9	0.143	5.38	4.66	R	Hippocampus
-10	22	2	-10	19	3	0.997	3.95	3.61	L	NC
20	-40	20	20	-39	21	0.973	4.16	3.78	R	NC
-4	8	16	-3	6	16	1.000	3.82	3.51	L	NC
10	-32	20	10	-31	21	0.994	4.02	3.67	R	Fo
-8	-32	18	-7	-31	19	1.000	3.61	3.35	L	Fo
-20	-22	-24	-19	-23	-16	0.965	4.19	3.80	L	Ci, BA 36
12	-6	-26	11	-8	-19	1.000	3.72	3.43	R	Ci, BA 34
Andere Areale										
-2	-44	-36	-1	-45	-27	0.385	4.96	4.36	L	Cerebellum
-18	-64	-44	-17	-66	-34	0.981	4.12	3.75	L	Cerebellum

4.11 Hören > Lesen

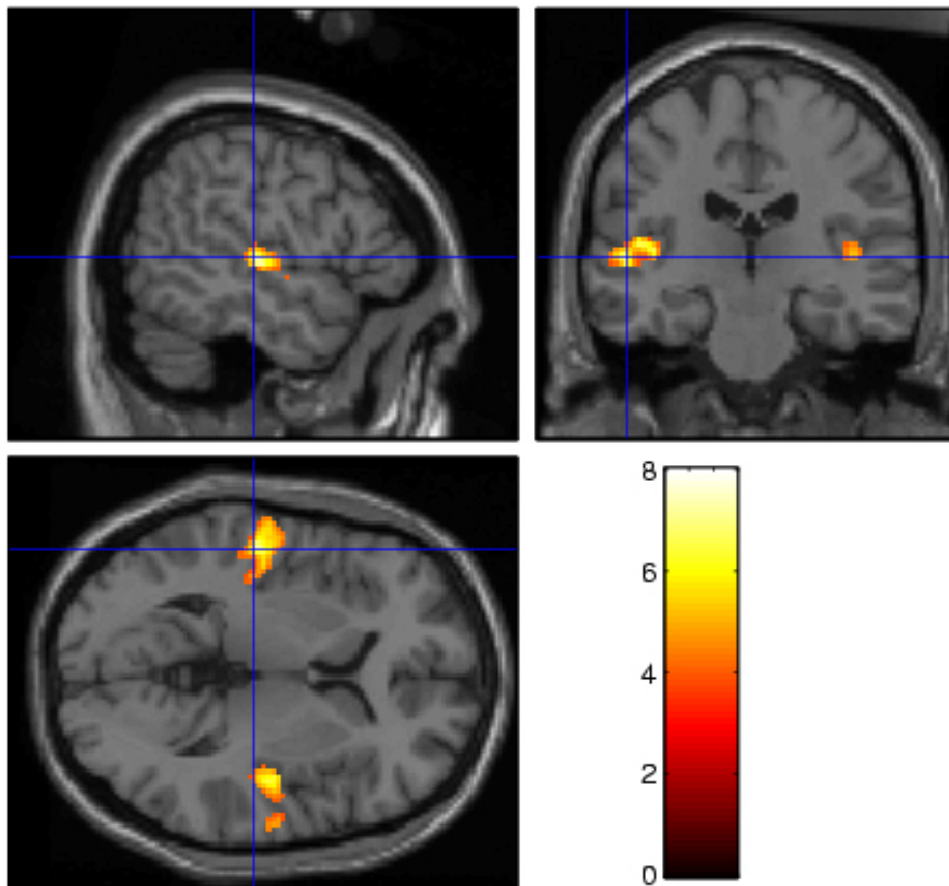


Abbildung 21: Mehraktivierung beim Hören gegenüber Lesen; Ergebnisse siehe Tabelle 12

Die Sequenz „Hören“ zeigt eine höhere Aktivierung im Bereich der primären (BA 41) und sekundären Hörrinde (BA 22/42, =Wernicke-Zentrum) als die Sequenz „Sehen“.

Tabelle 12: Hören > Lesen

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
-40	-12	-28	-38	-14	-21	0.998	3.94	3.60	L	GF, BA 20
-44	-30	-14	-41	-31	-8	1.000	4.58	3.47	L	GF, BA 36
-42	-36	-14	-39	-37	-8	0.752	4.57	4.07	L	GF, BA 37
26	-34	-34	25	-36	-25	1.000	3.64	3.36	R	GF
24	-34	-36	-23	-35	-27	1.000	4.55	3.46	R	GF

Parietal										
-50	-72	34	-50	-69	33	0.856	4.43	3.98	L	Ga, BA 39
44	-64	28	45	-61	28	1.000	3.46	3.21	R	Ga, BA 39
Temporal										
46	-6	-36	44	-10	-27	1.000	4.71	3.54	R	GTi, BA 20
46	-6	-34	44	-10	-25	0.995	4.01	3.65	R	GTi, BA 20
32	-4	-40	31	-8	-31	0.992	5.52	3.89	R	GTm, BA 20
60	-8	-2	56	-10	2	0.001	7.26	5.77	R	GTm, BA 21
38	4	-38	37	-1	-29	0.892	4.38	3.93	R	GTm, BA 21
60	-8	-4	56	-10	1	0.911	6.13	4.13	R	GTm, BA 21
38	4	-38	37	-1	-29	1.000	4.56	3.46	R	GTm, BA 21
-46	14	-34	-45	8	-27	1.000	3.63	3.35	L	GTm, BA 38
-54	-20	4	-51	-21	7	0.000	8.11	6.20	L	GTs, BA 22
64	-14	2	60	-15	6	1.000	5.12	3.72	R	GTs, BA 22
-42	-20	8	40	-20	11	0.227	7.98	4.73	L	GTT, BA 42
-40	-28	10	-38	-28	12	0.995	5.45	3.86	L	GTT, BA 41
46	-14	2	43	-15	6	0.773	6.56	4.29	R	GTT, BA 22
-44	-20	8	-42	-21	10	0.000	8.69	6.48	L	GTT, BA 42
-40	-28	10	38	-28	12	0.006	6.61	5.40	R	GTT, BA 41
46	-18	4	44	-19	7	0.001	7.15	5.70	R	Ra, BA 22
-52	-22	4	-49	-23	7	0.486	7.31	4.53	L	Ra, BA 22
Frontal										
42	-24	12	40	-24	14	0.133	5.44	4.68	R	GFi, BA 41
Limbische Areale/ Basalganglien										
32	-42	-6	31	-42	0	0.981	4.14	3.75	R	Hippocampus
32	-42	-8	31	-42	-2	1.000	4.52	3.44	R	Gyrus para-hippocampalis BA 19
16	12	26	15	11	25	0.996	3.98	3.63	R	NC
18	-38	24	18	-36	24	0.904	4.36	3.92	R	NC
Andere Areale										
-12	-58	-44	-11	-60	-34	0.983	4.13	3.74	L	Cerebellum
4	-46	-36	4	-47	-27	0.999	5.20	3.76	R	Cerebellum

4.12 Lesen > Hören

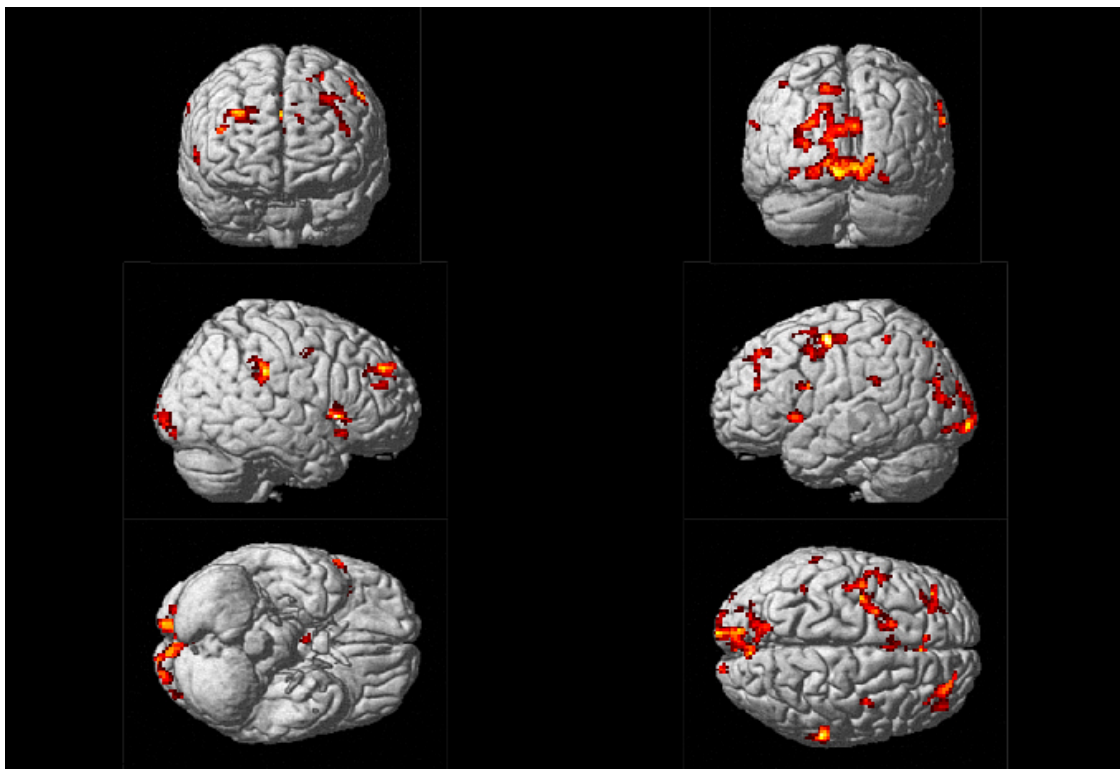


Abbildung 22 : Mehraktivierung beim Lesen gegenüber Hören; Ergebnisse siehe Tabelle 13

Gegenüber der Sequenz „Hören“ zeigt die Sequenz „Lesen“ zunächst eine größere Beteiligung im Bereich der primären (BA 17) und sekundären Sehrinde (BA 18/19). Zudem zeigt sich eine stärkere Aktivierung des Gyrus frontalis, des Lobus parietalis inferior (BA 40) sowie des Gyrus cinguli.

Tabelle 13: Lesen > Hören

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
-8	-74	10	-7	-71	12	1.000	4.91	3.63	L	Cu, BA 17
-8	-92	22	-8	-87	22	0.933	6.03	4.09	L	Cu, BA 18
8	-78	24	8	-74	24	0.755	6.61	4.30	R	Cu, BA 18
10	-8	48	10	-5	44	0.841	6.37	4.22	R	Sc, BA 24
-12	-84	-2	-12	-81	2	0.879	6.25	4.17	L	GL, BA 18

-36	-86	-10	-36	-84	-3	0.998	5.34	3.82	L	GOi, BA 18
-34	-94	-8	-34	-91	-1	1.000	4.49	3.43	L	GOi, BA 18
26	-94	-12	27	-92	-5	1.000	5.06	3.70	R	GOi, BA 18
-28	-84	12	-28	-81	14	1.000	5.10	3.71	L	GOM, BA 19
-26	-76	24	-26	-73	24	0.997	5.38	3.83	L	GOs, BA 19
Parietal										
44	-36	36	44	-34	34	0.905	6.15	4.14	R	GPoC, BA 40
58	-32	32	57	-30	31	0.929	6.05	4.10	R	LPi, BA 40
64	-38	40	63	-35	38	1.000	4.49	3.43	R	LPi, BA 40
-60	-40	24	-58	-39	25	0.964	5.85	4.03	L	LPi, BA 40
-42	-46	54	42	43	50	1.000	4.80	3.58	L	LPi, BA 40
-14	-72	52	-14	-68	47	0.873	6.27	4.18	L	LPs, BA 7
-6	-78	50	-6	-73	45	1.000	4.61	3.49	L	PCu, BA 7
-16	-80	38	-16	-76	35	1.000	4.90	3.63	L	PCu, BA 7
Temporal										
64	-36	26	62	-34	26	0.664	6.85	4.38	R	SI, BA 40
52	18	0	49	15	3	0.992	5.53	3.90	R	SI
60	16	6	57	14	9	1.000	4.99	3.66	R	SI
-38	14	-2	-37	10	1	0.983	5.67	3.96	L	INS
40	10	0	38	7	4	1.000	4.72	3.54	R	INS
Frontal										
36	14	-12	34	10	-6	0.950	5.94	4.06	R	GFi, BA 47
-34	-6	54	-34	-3	49	0.271	7.85	4.69	L	GFm, BA 6
-30	42	44	-29	43	40	0.916	6.10	4.12	L	GFm, BA 8
-34	34	46	-33	35	42	0.966	5.83	4.02	L	GFm, BA 8
30	48	34	29	48	31	0.549	7.14	4.48	R	GFm, BA 9
40	36	30	39	37	29	1.000	4.43	3.40	R	GFm, BA 9
42	46	22	41	46	21	0.999	5.25	3.78	R	GFm, BA 9
-42	42	22	-41	41	21	0.904	6.15	4.14	L	GFm, BA 10
24	54	36	23	54	32	0.990	5.57	3.91	R	GFs, BA 9
38	-4	44	38	-2	42	0.983	5.67	3.95	R	GPrC, BA 6
Limbische Areale/ Basalganglien										
6	-4	-2	5	-6	1	0.826	6.41	4.23	R	Thalamus
8	-16	34	8	-15	32	0.999	5.18	3.75	R	GC, BA 23
-4	-22	38	-3	-20	36	0.999	5.23	3.77	L	GC, BA 24
-14	-4	44	-13	-2	40	0.063	8.96	4.98	L	GC, BA 24
-16	-28	36	-15	-26	34	0.997	5.35	3.82	L	GC, BA 31
8	26	32	7	26	30	0.341	7.69	4.64	R	GC, BA 32
-20	-18	20	-19	-18	20	0.994	5.48	3.88	L	NC
-8	10	30	-7	9	28	0.989	5.59	3.92	L	Ci, BA 24

4.13 Lesen > Baseline

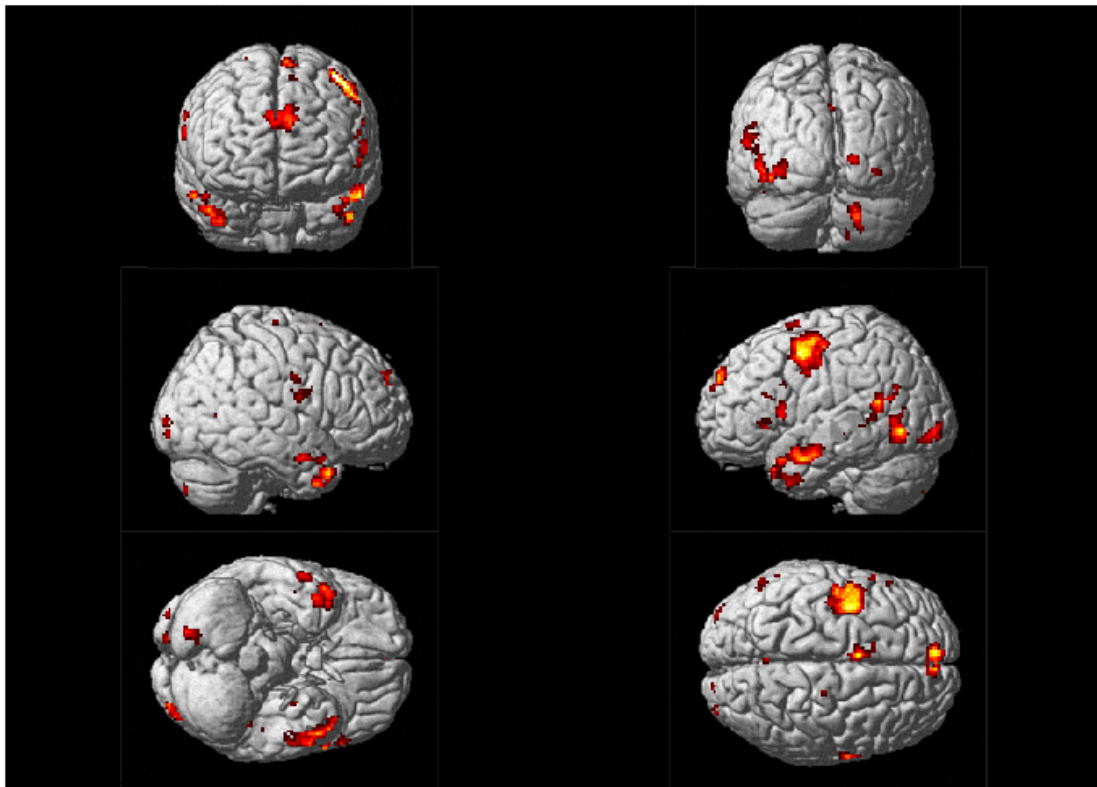


Abbildung 23: Aktivierung beim Lesen; Ergebnisse siehe Tabelle 14

Es zeigt sich eine Beteiligung des Gyrus temporalis vor allem medial (linksseitig) und auch superior.

Zudem lassen sich Aktivierungen in den prämotorischen Arealen (BA 4/6) sowie des Broca-Areals verzeichnen.

Tabelle 14: Lesen > Baseline

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
18	-96	2	18	-93	6	0.656	6.68	4.33	R	Cu, BA 17
18	-74	-34	19	-74	-24	0.646	6.70	4.33	R	GF
22	-82	-46	23	-82	-35	1.000	4.95	3.65	R	GF
14	-74	-48	15	-75	-37	1.000	4.17	3.26	R	GF
-42	-42	-18	-39	-43	-11	0.929	5.87	4.03	L	GF, BA 37
-40	-84	-10	-40	-83	-3	0.777	6.37	4.22	L	GOi, BA 19

-32	-92	-6	-32	-89	0	1.000	4.75	3.56	L	GOi, BA 18
34	-96	-8	35	-94	-1	1.000	4.37	3.37	R	GOi, BA 18
Parietal										
-46	-54	20	-45	-53	21	1.000	4.73	3.55	L	LPi, BA 22
-2	-58	38	-1	-55	35	0.988	5.42	3.85	L	PCu, BA 7
-52	-66	26	-52	-64	27	1.000	4.38	3.37	L	Ga, BA 39
Temporal										
-44	-68	-4	-43	-68	1	0.608	6.80	4.37	L	GTi, BA 19
48	-6	-24	45	-9	-16	1.000	4.67	3.52	R	GTi, BA 20
-50	8	-38	-49	2	-30	0.097	8.62	4.90	L	GTm, BA 21
-50	-2	-24	-48	-5	-17	0.199	8.08	4.75	L	GTm, BA 21
50	14	-32	48	8	-24	0.245	7.93	4.71	R	GTm, BA 21
42	8	-40	40	2	-31	0.610	6.79	4.36	R	GTm, BA 21
58	-2	-22	55	-6	-15	0.737	6.48	4.26	R	GTm, BA 21
-46	-42	0	-43	-42	4	1.000	4.45	3.41	L	GTm, BA 21
-48	-68	6	-47	-67	10	1.000	4.35	3.36	L	GTm, BA 37
-46	14	-26	-45	9	-19	0.511	7.05	4.45	L	GTs, BA 38
40	16	-34	38	10	-26	0.964	5.67	3.96	R	GTs, BA 38
-54	-54	12	-52	-53	15	0.999	5.02	3.68	L	GTs, BA 39
66	-4	18	63	-4	20	0.994	5.31	3.81	R	Sl
-60	12	8	-57	9	10	0.997	5.19	3.75	L	Sl
Frontal										
-58	12	28	-56	11	27	1.000	4.91	3.63	L	GFi, BA 44
-56	24	22	-54	23	22	1.000	4.12	3.24	L	GFi, BA 45
-56	26	0	-54	23	2	1.000	4.95	3.65	L	GFi, BA 47
-6	4	60	-5	7	54	0.999	4.99	3.67	L	GFm, BA 6
-42	2	58	-42	4	53	0.235	7.96	4.72	L	GFm, BA 6
2	54	32	1	52	28	0.574	6.88	4.39	R	GFm, BA 9
-6	60	24	-6	57	20	0.981	5.52	3.89	L	GFm, BA 10
-6	2	70	-5	7	63	0.893	6.02	4.09	L	GFs, BA 6
-12	14	58	-11	17	52	0.999	4.98	3.66	L	GFs, BA 6
-44	-6	58	-44	-3	53	0.040	9.32	5.07	L	GPrC, BA 4
-48	2	48	-47	3	45	0.064	8.94	4.98	L	GPrC, BA 4
64	-6	34	62	-5	33	0.986	5.46	3.87	R	GPrC, BA 6
20	-20	72	21	-15	65	1.000	4.73	3.54	R	GPrC, BA 6
Limbische Areale/ Basalganglien										
-26	-6	-20	-25	-8	-13	0.906	5.97	4.07	L	Gyrus para-hippocampalis
4	-52	28	4	-50	27	1.000	4.84	3.59	R	GC, BA 31
-8	-26	22	-7	-25	22	0.996	5.24	3.78	L	Fo

4.14 Aktivierung bei Umschaltung zwischen Bedingungen

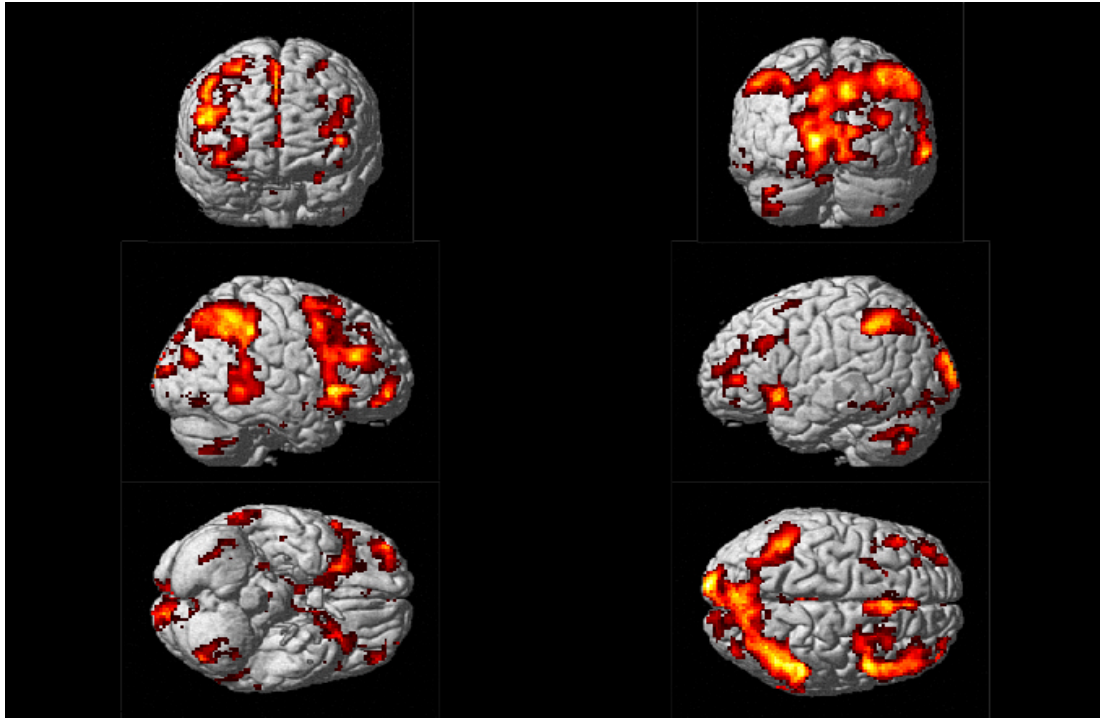


Abbildung 24: Aktivierung von Aufmerksamkeitszentren; Ergebnisse siehe Tabelle 15

Aktivierungen zeigen sich hier im frontoorbitalen Kortex im Bereich BA 9-11, innerhalb des Gyrus cinguli (BA 23-32), im inferioren sowie superioren parietalen Kortex. Zudem beteiligt sind der Gyrus lingualis und fusiformis als auch die Insula.

Tabelle 15: Aktivierung bei Umschaltung zwischen Bedingungen

MNI Koordinaten			Talairach Koordinaten			P – Wert korrigiert	T – Wert	Z - Wert	Seite	Anatomische Region
x	y	z	x	y	z					
Occipital										
-12	-104	6	-11	-99	9	0.012	10.38	5.30	L	Cu, BA 18
6	22	44	6	23	40	0.417	7.36	4.55	R	Sc, BA 32
4	-14	30	4	-13	29	0.724	6.56	4.28	R	Sc, BA 23/24
-18	-56	-6	-17	-55	0	0.126	8.42	4.84	L	GL, BA 19
-10	-94	-8	-9	-91	-2	0.004	11.36	5.49	L	GL, BA 17
30	-72	-50	31	-74	-39	0.751	6.49	4.26	R	GF
44	-50	-42	43	-53	-32	0.987	5.50	3.88	R	GF

38	-62	-42	39	-64	-32	0.990	5.44	3.86	R	GF
32	-54	-38	32	-56	-28	1.000	4.96	3.65	R	GF
26	-32	-28	25	-33	-20	1.000	4.93	3.64	R	GF
-42	-74	-34	-42	-75	-25	0.041	9.29	5.06	L	GF
-28	-64	-10	-27	-63	-4	0.064	8.94	4.98	L	GF, BA 19
-28	-60	-18	-27	-60	-11	0.595	6.88	4.39	L	GF, BA 37
-44	-72	-44	-44	-75	-34	0.411	7.38	4.55	L	GOi
32	-78	20	33	-75	21	0.570	6.95	4.41	R	GOM, BA 19
32	-78	20	33	-75	21	0.570	6.95	4.41	R	GOM,BA 19/39
20	-92	26	20	-88	26	1.000	4.61	3.49	R	GOs, BA 19
Parietal										
58	-44	22	57	-42	23	0.595	6.88	4.39	R	LPi, BA 40
-44	-50	50	-44	-47	46	0.166	8.21	4.79	L	LPi, BA 40
52	-38	42	52	-35	40	0.003	11.67	5.55	R	LPi, BA 40
46	-54	52	47	-50	48	0.089	8.68	4.91	R	LPi, BA 40
48	-42	34	48	-40	33	0.110	8.52	4.87	R	LPi, BA 40
52	-38	42	52	-35	40	0.003	11.67	5.55	R	LPi, BA 40
-34	-60	52	-34	-56	48	0.485	7.17	4.49	L	LPs, BA 7
10	-74	42	10	-70	38	0.002	12.24	5.65	R	PCu, BA 7
Temporal										
46	-16	-30	43	-19	-22	0.984	5.54	3.90	R	GTi, BA 20
-56	-48	-14	-52	-49	-7	0.993	5.39	3.84	L	GTi, BA 21/37
-52	-40	-18	-48	-41	-11	1.000	4.36	3.36	L	GTi, BA 21
-64	-34	-14	-60	-35	-8	1.000	4.65	3.51	L	GTi, BA 20/21
-60	-62	-6	-58	-62	0	1.000	4.14	3.25	L	GTi, BA 37
62	-46	-2	60	-46	3	0.000	13.71	5.88	R	GTm, BA 21
66	-34	-4	62	-35	1	0.077	8.79	4.94	R	GTm, BA 21
36	24	4	34	21	7	0.000	14.91	6.05	R	INS, BA 45
56	16	6	53	14	9	0.031	9.53	5.12	R	SI, BA 45/(22)
Frontal										
30	18	-22	29	13	-15	0.013	10.25	5.27	R	GFi, BA 47
30	22	-6	28	18	-1	0.206	8.05	4.75	R	GFi, BA 47
48	46	20	47	46	20	0.970	5.68	3.96	R	GFi, BA 46
50	6	40	49	7	39	0.039	9.34	5.07	R	GFi, BA 9
-26	12	-22	-26	7	-16	0.036	9.41	5.09	L	GFi, BA 28
-32	22	-4	-31	18	0	0.036	9.41	5.09	L	GFi, BA 47
-38	16	-12	-37	11	-7	0.161	8.24	4.80	L	GFi, BA 47
44	32	22	43	32	23	0.022	9.80	5.18	R	GFm, BA 46
40	54	-8	39	50	-5	0.000	14.04	5.93	R	GFm,BA 10/47
36	48	-14	35	43	-11	0.195	8.09	4.76	R	GFm, BA 11
30	54	2	29	51	2	0.934	5.89	4.04	R	GFm, BA 10
-42	46	4	-41	43	5	0.006	11.00	5.42	L	GFm, BA 10

-34	60	10	-34	57	9	0.837	6.25	4.18	L	GFm, BA 10
-40	48	16	-40	46	15	0.882	6.11	4.12	L	GFm, BA 10
8	10	54	8	13	49	0.119	8.46	4.86	R	GFm, BA 6
4	36	36	3	36	33	0.262	7.88	4.70	R	GFm, BA 9
-46	28	28	-45	27	27	0.152	8.28	4.81	L	GFm, BA 46
-44	22	34	-43	22	32	0.679	6.67	4.32	L	GFm, BA 9
-40	12	42	-39	13	39	1.000	4.96	3.65	L	GFm, BA 9
2	58	2	1	52	0	0.782	6.41	4.23	R	GFm, BA 10
-30	40	36	-29	40	33	0.997	5.24	3.78	L	GFm, BA 9
-30	10	62	-30	13	56	0.999	5.09	3.71	L	GFm, BA 6
-42	48	-12	-41	44	-9	1.000	4.85	3.60	L	GFm, BA 11
26	10	46	26	12	43	1.000	4.02	3.18	R	GFm, BA 8/9
44	32	22	43	32	23	0.022	9.80	5.18	R	GFm, BA 46
52	34	20	51	34	21	0.096	8.63	4.90	R	GFm, BA 46
46	8	48	46	10	46	0.107	8.55	4.88	R	GFm, BA 6
-46	28	28	-45	27	27	0.152	8.28	4.81	L	GFm, BA 46
-44	22	34	-43	22	32	0.679	6.67	4.32	L	GFm, BA 9
4	36	36	3	36	33	0.262	7.88	4.70	R	GFm, BA 9
30	22	58	30	26	53	0.406	7.40	4.56	R	GFm, BA 8
36	6	62	36	10	57	0.502	7.12	4.47	R	GFm, BA 6
40	54	-8	39	50	-5	0.000	14.04	5.93	R	GFm, BA 10/47
-20	20	56	-19	23	51	1.000	4.72	3.54	L	GFs, BA 8
Limbische Areale/ Basalganglien										
26	-28	-16	25	-29	-9	0.971	5.67	3.95	R	Hippocampus, BA 35/36
-20	-24	-6	-19	-25	-1	0.714	6.58	4.29	L	Thalamus
10	-8	2	9	-9	5	0.130	8.40	4.84	R	Thalamus
-14	-14	10	-13	-15	12	0.428	7.33	4.54	L	Thalamus
-2	-36	32	-1	-34	31	0.224	7.99	4.73	L	GC, BA 31
-4	22	42	-3	23	38	0.627	6.80	4.37	L	GC, BA 32
0	38	8	0	35	7	0.509	7.10	4.47	R	GC, BA 24
8	32	30	7	31	28	0.877	6.12	4.13	R	GC, BA 32
-6	34	20	-6	32	19	0.945	5.84	4.02	L	GC, BA 24
-10	12	4	-10	9	6	0.907	6.01	4.09	L	NC
8	-24	-4	7	-25	0	0.392	7.44	4.57	R	NR
4	-24	-22	3	-25	-14	0.038	9.37	5.08	R	NR
8	-20	-16	7	-21	-9	1.000	4.36	3.36	R	NR
4	-24	-22	3	-25	-14	0.038	9.37	5.08	R	NR
-2	-24	-8	-1	-25	-2	0.253	7.90	4.70	L	NR
-22	4	40	-21	4	37	0.992	5.40	3.84	L	Ci, BA 24
-12	34	14	-12	31	13	0.491	7.15	4.48	L	Ci, BA 24
36	-8	-12	34	-10	-6	0.999	5.13	3.73	R	CI

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe folgender Programme bzw. Internetlinks:
MNI- zu Talairach-Koordinaten: <http://www.bioimagesuite.org/MNI2Tal/index.html>
Talairach-Koordinaten in anatomische Region: *TalairachClient.exe*
oder MNI-Koordinaten in anatomische Region:
http://www.neurovia.umn.edu/webservice/tal_atlas.html

5. Diskussion

5.1 Bedeutung von Kinesik v.a. Gestik

In diesem Abschnitt sollen die einzelnen Komponenten, Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten der cerebralen Verarbeitung von Kinesik, v.a. Gestik und gesprochener Sprache in Zusammenhang mit Bildern aufgeführt und diskutiert werden.

Die Ergebnisteile *Comic>Baseline*, *Comic>Lesen+Bilder* und *(Comic-Lesen)>(Lesen+Bilder>Lesen)* zeigen in Anlehnung an A. Puce und D. Perrett (2003) die enorme Bedeutung des Sulcus temporalis superior (STS) bei der Beobachtung von Bewegungen jeglicher Art, wie schon in der Einleitung aufgeführt. Erstaunlich ist die Aktivierung nun im Falle der Comicbilder, in denen im eigentlichen Sinne keine Bewegung stattfindet. Wie Puce und Perrett die cerebrale Verarbeitung der Beobachtung einer bewegten Figur beschreiben, gibt es innerhalb des STS eine spezielle Zellpopulation, die auch aktiviert bleibt, wenn die beobachtete Figur hinter einer Leinwand verschwindet, der Beobachter selbst aber aus der vorhergegangenen Bewegungs- oder Handlungsabfolge schließen kann, was sich im Moment des Verschwindens abspielen muss.

Zellen des STS und seinem aufsteigenden Ast im inferioren parietalen Kortex, welche auf die Beobachtung von Bewegungen des Körpers, der Hände, der Augen und des Mundes reagieren, werden auch bei der Vorstellung von Bewegung (Grossman et al. 2000) und bei der Beobachtung statischer Bilder, die eine Bewegung implizieren (Kourtzi & Kanwisher, 2000), aktiv.

Übertragen auf die Comicbilder kann man nun zunächst sagen, dass aus den sichtbar unbewegten Bildern bei der cerebralen Verarbeitung ein imaginärer Film entstehen muss, bei dem der Beobachter tatsächlich Bewegungen wahrnimmt.

Sowohl der STS als auch die in der Einleitung beschriebenen F5- Areale, die beim Menschen Teile des Broca-Areals und des prämotorischen Kortex ausmachen, sind neben der Verarbeitung von Bewegung wichtige Elemente der Sprachverständigung, sei dies in gestisch-mimischer oder auditiver Form.

Bei der zwischenmenschlichen Kommunikation stehen gesprochene Worte, Hand-, Mund- und Körperbewegung in engem Zusammenhang zueinander.

Im Rahmen einer fMRI-Studie konnte gezeigt werden, dass beim Menschen während der Beobachtung von Mund-, Hand- und Fußbewegungen verschiedenen Bereiche des Broca-Areals sowie des prämotorischen Kortex aktiv waren, die dem F5-Areal des Affen mit großer Wahrscheinlichkeit entsprechen (G. Buccino, F. Binkofski, L. Riggio, 2004). Besonders wichtig scheint hierbei das Brodmann Areal 44 im motorischen Sprachzentrum, sowie das Brodmann Areal 6 im prämotorischen Kortex zu sein (F. Binkofski, G. Buccino, 2004).

In bisherigen Studien wurde das Broca Areal (BA 44/45) oft als Kernpunkt menschlicher Kommunikation gesehen, als semantische Vereinheitlichung von Gestik und Sprache (Willems, Özyürek und Hagoort, 2006). Es soll zudem helfen, Sprache selbst aus gestischen Äußerungen zu erlernen, da gestische Fähigkeiten linguistischen Fertigkeiten sowohl evolutionär als auch in der menschlichen Entwicklung während des Heranwachsens vom Kind zum Erwachsenen vorausgehen. Kinder stellen vor dem Erwerb der Sprache ihre Gedanken durch Gesten heraus, woraufhin die Mütter durch das Ablesen dieser Körperbewegungen den sprachlichen Aspekt hinzufügen und es dem Kind damit ermöglichen, sich einen eigenen Wortschatz anzueignen (Goldin-Meadow et al., 2007).

Im Gehirn entsteht also eine Art Brücke zwischen gezeigtem Gegenstand, der darauf gerichteten Geste und dem Wort.

Beide Systeme, das gestische und sprachliche, sind laut Gentilucci et al. (2008) im Broca-Areal lokalisiert und werden nach Erwerb des Wortschatzes parallel verwendet. Dabei können Armbewegungen das Sprachverständnis mehr beeinflussen als dies anders herum der Fall ist (Gentilucci und Dalla Volta, 2008).

Zudem haben Studien gezeigt, dass der Beginn einer gestischen Körperbewegung normalerweise dem Beginn des relevanten Sprachsegmentes weniger als eine Sekunde vorausgeht (Butterworth und Shovelton, 1978; Morrel Samuels & Krauss, 1992).

Außerdem ist für den semantischen Verarbeitungsprozess die Kongruenz beider Elemente unabdingbar (Wu und Coulson, 2005), was unter anderem in einer ERP-Studie anhand doppeldeutiger Worte erforscht wurde. Hierbei wurde die erste Bedeutung des Wortes während eines Satzes pantomimisch unterstrichen und in einem weiteren Satz mit der zweiten Bedeutung wiederholt. Dabei ergaben sich bei Probanden geringere Reizantworten (Holle und Gunter, 2006).

Dies zeigt zum einen die große Bedeutung von Gestik für gesprochene Worte und

andererseits auch die Notwendigkeit der engen Aneinanderkoppelung beider Komponenten.

Auch in unserem Falle zeigen sich während der Sequenzen *Comic>Baseline*, *Hören>Baseline* sowie *Conjunction: Comic & Hören & Lesen* (linksseitige) Aktivierungen im Broca-Areal (BA 44), was noch einmal die gemeinsame Bedeutung dieses Areals für Gestik und Sprache unterstreicht. Zudem zeigt sich in eben genannten Sequenzen auch eine große, vor allem linksseitige Beteiligung des primärmotorischen Kortex (BA 4) und des prämotorischen Kortex (BA6).

In fMRI- Studien zur Erforschung der Verständigung tauber Menschen mittels Zeichensprache zeigten sich bei der Verarbeitung Aktivierungen der inferior frontalen sowie temporalen Areale (Corina & Knapp, 2006; Emmorey, 2006). Gebiete also, die die primäre (Gyrus temporalis transversus = GTT, BA 41) und sekundäre Hörrinde (Wernicke-Zentrum, BA 22/42) sowie das eben erwähnte motorische Sprachzentrum (Broca-Areal, BA 44/45) beinhalten.

Beim Vergleich der Gemeinsamkeiten von Comic und Hören (*conjunction: Comic&Hören*), der Sequenz *Comic>Lesen+Bilder* und dem Vergleich zwischen *Comic+Hören>Lesen+Bilder* und *Lesen+Bilder>Comic+Hören* ist im Ergebnisteil dieser Studie die Aktivierung der primären (BA 41) und sekundären Hörrinde (BA 22) besonders hervorzuheben.

Diese Aktivierungen lassen den Schluss zu, dass Gestik in Verbindung mit zeitlich passendem Lesetext ohne akustischen Reiz bei der cerebralen Verarbeitung gleiche Wege einschlägt, wie sie etwa durch tatsächliche auditive Reize hervorgerufen werden können. So hört man in diesem Sinne in unserer Studie die Römer schreien.

Allerdings wird auch bei der Sequenz *Lesen+Zufallsbilder> Lesen+Wabenbilder*, also beispielsweise beim Lesen und Anschauen eines Bilderbuches, wo Bild und Text nicht wie beim Comic zeitlich perfekt aufeinander abgestimmt sind, sowohl die primäre als auch sekundäre Hörrinde angesprochen.

Anders stellt es sich bei der Sequenz *Lesen+Wabenbilder>Lesen+Zufallsbilder* dar, wo das Hörzentrum nicht beteiligt ist.

Demnach scheint es eine Verbindung zwischen Bildinhalt und Lesetext zu geben, die dazu führt, das Hörzentrum mit einzubeziehen. Die zeitliche Aneinanderkopplung dürfte für den Comic im Vergleich zum Bilderbuch trotzdem eine gewisse Rolle spielen. Dies wird beim Vergleich zwischen den Sequenzen *Comic>Lesen+Bilder* und *Comic+Hören >Lesen+Bilder* sehr deutlich, wo man erkennen kann, dass der Anteil der Aktivierung des

primären und sekundären Hörzentrums bei zeitlicher Abstimmung von Bild und Text aufeinander größer ist.

5.2 Weiterentwicklung zu verbaler Kommunikation und zu Schrift

Bevor der Mensch die Schrift entwickelte und damit wieder auf die Interpretation von Gesehenem zurückkam, lernte er, seinen Stimmapparat gezielter als bisher einzusetzen und seinen Mitmenschen mithilfe des gesprochenen Wortes einen Sachverhalt näher zu bringen. Hier spielte auch plötzlich das „Hören“ eine größere Rolle. In dieser Zeit stand zum ersten Mal nicht mehr nahezu allein das Spiegelneuronsystem im Mittelpunkt menschlicher Kommunikation.

Beim Vergleich der Sequenzen *Lesen>Hören* und *Hören>Lesen* kann man in Bezug auf das folgende Thema der Schriftentwicklung sehen, dass hier beim Hören vorrangig das primäre und sekundäre Hörzentrum angesprochen werden und die dem F5-Areal homologen Brodman-Areale 6 und 44 in den Hintergrund rücken.

Geht man nun einen Schritt weiter in Bezug auf die Aktivierung des Spiegelneuronsystems und denkt an die in der Einleitung erläuterte Entwicklung der Schrift, stellt man fest, dass auch hier zunächst im Falle der Bilderschrift eine Verbindung des Bildhaften mit dem Wort besteht. Trotz der Weiterentwicklung der Schrift, die zumindest im Westen in diesem Sinne bildlich nicht mehr das wiedergibt, was sie sprachlich zu vermitteln versucht, sehen wir im Ergebnisteil *Lesen>Baseline* eine erstaunliche Aktivierung in den F5-Neuronen zugehörigen Arealen BA 4/6 und BA 44/45 und damit das Broca-Areal als weiteres Bindeglied in der Kette der Sprachentwicklung, da auch im Falle der im Westen gebräuchlichen Buchstabenschrift ursprünglich Symbole für jeden einzelnen Buchstaben standen.

Zwar erinnern diese heute nicht mehr an dieses zunächst Bildhafte, trotzdem könnte man mutmaßen, dass auch hier über das Spiegelneuronsystem eine Verbindung des Gesehenen und damit eine Übersetzung in die sprachliche Form besteht.

Zudem sehen wir auch eine Aktivierung des Gyrus angularis (BA 39) und des Wernicke-Zentrums (BA 22). Die neuronale Verbindung dieser beiden Strukturen übersetzt visuelle Wortformen in die auditorische Komponente, ermöglicht also dadurch diese modernste Art der Kommunikation (Geschwind, 1965).

Aktivierungen im Sulcus temporalis superior (STS) und im medialen Gyrus temporalis (GTm) sehen wir in allen Fällen von Spracheingängen. Beide bilden Verbindungen zum assoziierten auditorischen Kortex.

Isolierte Läsionen des Gyrus temporalis superior bilateral führen zum Syndrom der „Worttaubheit“ (Buchmann et al.,1986; Engelein et al., 1995). Betroffene Patienten haben normale Sprachfähigkeiten, sind in der Lage zu sprechen, lesen und zu schreiben, können Umgebungsgeräusche identifizieren, sind aber unfähig, gehörte Sprache zu verstehen. Wie aber schon im vorangegangenen Teil diskutiert, beinhalten GTm und STS polymodale Areale, die visuelle, somatosensorische und akustische Ansätze empfangen (Seltzer & Panya, 1994).

5.3 Bedeutung von Aufmerksamkeit („Top down“-Kontrolle)

Durch die im Versuch immer wechselnden Stimuli im Bereich aller Kommunikationssparten und die im Hintergrund laufenden unverständlich oder bedeutungslosen Stimuli war eine enorme Konzentration und Aufmerksamkeit bei der Selektion relevanter Informationen erforderlich, die besonders groß beim Wechsel der Kanäle sein musste.

In neuroradiologischen Studien wurden Areale, die in die räumliche Aufmerksamkeit involviert sind, identifiziert.

Hierbei sind sowohl Frontal-, Parietal-, Temporal- als auch der Occipitallappen sowie subkortikale Strukturen beteiligt.

Im Bereich des Parietallappens scheint laut J.B. Hopfinger et al. (2000) der inferiore Teil spezifisch für sogenannte „Top down“-Aufmerksamkeitskontrolle zu sein, wohingegen der superiore Abschnitt eher unspezifisch reagiert. Tatsächlich zeigt sich auch in unserer Studie eine höhere Beteiligung des inferioren als des superioren Parietallappens.

Eine große Rolle spielt zudem das frontale Augenfeld (FEF), das Teile des BA 8 beinhaltet. Es wird angenommen, dass diese Region in Aufmerksamkeitsprozesse involviert ist, insbesondere, wenn diese in Verbindung mit Augenbewegungen stehen (J.B.Hopfinger, 2000).

Auch in unserem Versuch zeigt sich eine Beteiligung des präfrontalen und frontoorbitalen Kortex im Bereich von BA 8-12.

Bezüglich des lateralen präfrontalen Kortex (meist rechtsseitig dominant) und des parietalen Kortex (oft linksseitig lateralisiert) fanden sich hier neuronale Korrelate für sowohl Wechsel zwischen, als auch für die Vermengung von verschiedenen Aufgabenteilen bei Probanden in fMRI-Versuchen (Barber & Carter,2005; Brass & von Cramon,2004; Braver, Renolds & Donaldson,2003; Crone, Wendelken, Donohue & Bunge,2006; Dove, Pollman, Schubert, Wiggins & von Cramon,2000; Gruber, Karch, Schlueter, Falkai & Goschke,2006; Kimberg et al.,2000; Smith, Taylor, Brammer &

Rubia,2004; Sohn et al.,2000; Swainson et al.; 2003; Yeung, Nystrom, Aronson & Cohen,2006). So scheinen diese Hirnregionen für den hier diskutierten Ergebnisteil besonders wichtig zu sein.

Laut J.B. Hopfinger et al. spielen für die Aufmerksamkeitsausrichtung der kontralateralen Hemisphäre zudem der jeweilige posteriore Gyrus fusiformis und lingualis sowie die Insula nahe des Putamens eine bedeutende Rolle, was mit unseren Ergebnissen korreliert.

5.4 Evolution der Sprache und die Bedeutung für diese Studie

Wir wollen nun auf die Frage zurückkommen welche Hirnregionen angesprochen wurden, die evolutionär bezüglich der Sprachentwicklung interessant sind und uns mit den subhumanen Primaten und somit unseren gemeinsamen Vorfahren verbinden.

Zeigt sich eine nachgeahmte Evolution der Sprachentwicklung auch im Aufbau unserer Studie, die doch nahezu alle relevanten Komponenten und Voraussetzungen hierzu bereitstellt?

Der gemeinsame Urahn von Mensch und Affe besaß zunächst ein Spiegelneuronsystem, welches ausschließlich dazu diente gestische Handlungen eines Individuums zu erfassen und zu deuten. Es war ein evolutionärer Prozess notwendig, um solche Handlungen schließlich auch nachahmen zu können, so die Spiegelneuronhypothese (Arbib,2005).

Das Broca-Areal des Menschen, welches, wie schon erwähnt, dem F5-Areal des Spiegelneuronsystems beim subhumanen Primaten entspricht, ist nun evolutionär noch einen Schritt weiter differenziert und gewährleistet die Übersetzung von Gestik zu Sprache. Eine These, wie es zur Weiterentwicklung der Leistungsfähigkeit dieses Areals beim Homo sapiens kam, stützt sich auf eine Spontanmutation des Gens FOXP2 auf Chromosom 7. Ein heutzutage lebender Mensch mit einem Defizit dieses Gens leidet unter einer zu geringen Aktivierung des Broca-Areals während der Worterzeugung. So ist es ihm beispielsweise nicht möglich, pantomimische Handlungen komplex verbal zu umschreiben (Corballis,2004).

Das Broca-Areal schließlich soll die Entwicklung des Wernicke Areals möglich gemacht haben (Arbib,2005).

Nun steht aber nicht das Broca-Areal alleine im Mittelpunkt der Sprachentwicklung, sondern stellt eher einen wesentlichen Teil eines größeren Sprachsystems dar. Zunächst spielen Zellen des Sulcus intraparietalis anterior eine Rolle, indem sie Meldungen, die das Spiegelneuronsystem betreffen, aus der Sehbahn extrahieren und an die Area F5 schicken.

Auch der Occipitallappen spielt eine Rolle beim Erfassen von Objekten.

Die Highlights des sogenannten FARS-Modells (benannt nach den Beschreibern Fagg, Arbib, Rizzolatti und Sakata, 1998) stellen aber der inferotemporale Kortex sowie der präfrontale Kortex bei der „Anwahl“ des F5-Areals für „handlungsauffordernde Umweltgegebenheiten“ dar, da sie den Sulcus intraparietalis anterior bei der Wahl der F5 betreffenden Angelegenheiten beeinflussen.

All diese Areale zeigen sich auch in unserer Studie überall da, wo das Broca-Areal eine Rolle spielt, aktiviert und bilden damit früher wie heute die ersten Schritte zur Kommunikationsverarbeitung im menschlichen Gehirn.

Arbib stellte 2002 eine Hypothese auf, die die Sprachentwicklung des Menschen in sieben Phasen einteilt, davon stellen die ersten drei Stadien prähominide Formen dar:

Phase 1: Das Verständnis gestischer Handlungen

Phase 2: Entwicklung eines dem Menschen und Affen gemeinsamen Spiegelneuronsystems zur Erfassung von Gestik.

Phase 3: Ein einfaches Imitationssystem für Objekt gerichtetes Begreifen durch häufige Wiederholung einer Darbietung. Auch dieses System wird noch mit dem gemeinsamen Vorfahr geteilt.

Die nächsten Phasen trennen dann schließlich die menschliche Linie von der subhumaner Primaten.

Phase 4: Entwicklung eines komplexen Imitationssystems, die Fähigkeit, die Darbietung eines anderen Individuums zu wiederholen, indem man sie als Reihe zusammengehöriger, vertrauter Bewegungsstränge erkennt, oder aber festzustellen, dass eine solche Darbietung neue Bewegungen beinhaltet, die bereits bekannten Bewegungsmustern entsprechen.

Phase 5: „Protosign“= ein manuell-basiertes Kommunikationssystem, dass das feststehende Repertoire der Vokalisierung des Primaten durchbricht und damit neue Möglichkeiten eröffnet.

Phase 6: „Protospeech“= eine Möglichkeit, die sich aus der zunehmenden, flexibleren Fähigkeit entwickelt hat, den Stimmapparat zu kontrollieren.

Der letzten Phase wird, wenn überhaupt, nur noch ein sehr geringer biologischer Einfluss, als mehr der kulturell-geschichtliche Wandel im Leben des Homo sapiens zugeschrieben.

Phase 7: Moderne Sprache: die Wende von einem Handlungs-Objekt-Rahmen zu Verb-Argumentationsstrukturen, zu Syntax und Semantik.

Diesem Modell zufolge ist uns mit dieser Studie eine gute Nachahmung menschlicher Kommunikationsevolution gelungen.

Die Comicbilder scheinen archaisch alte Hirnstrukturen anzuregen, sie befähigen uns, schnell einen konkreten Überblick über eine Situation zu erlangen und befähigten uns schon vor langer Zeit, unsere Umwelt schnell und richtig zu deuten. Diese Strukturen sind aber mittlerweile (wahrscheinlich durch spontane Mutationen, wie es sich am Beispiel des FOXP2-Gens zeigt) so komplex gebaut und mit anderen Hirnstrukturen „verkabelt“, dass eine direkte Verbindung mit allen Kanälen von Sprachproduktion und -verarbeitung besteht, so dass wir beispielsweise Dinge hören, die eigentlich nur zu sehen sind oder Bilder zu Schrift und damit zu Sprache verwandeln können. All dies war unseren Vorfahren und ist den heute noch lebenden subhumanen Primaten nicht möglich.

Durch die Vergleiche des Comics zunächst mit dem Hören und dann auch mit dem Lesen konnten wir hier Schritte der sprachlichen Evolution nachvollziehen und uns einen Pfad in der Zeitgeschichte der Kommunikation bahnen.

Sowohl mit dieser als auch mit vielen anderen Studien, die in dieser Diskussion aufgezeigt worden sind, lässt sich die These D. Ploogs, laut derer vokale Gesten die Wurzeln sprachlicher Evolution seien, weitestgehend widerlegen.

Trotz der zweifelsfreien Existenz von Kommunikation durch Laute auch bei unseren Vorfahren kommen wir mit dieser Studie zu dem Schluss, dass die heute gebräuchliche menschliche Kommunikation zum größten Teil über die Weiterentwicklung von Gestik und die dementsprechenden Veränderungen und Anpassungen von cerebralen Verarbeitungsmustern entstanden sein muss.

5.5 Pathomechanismen

Die in dieser Studie erörterte Geschichte und Gegenwart menschlicher Kommunikation

lässt nun noch die Frage offen, was geschieht, wenn Sprachareale oder das darin enthaltene Spiegelneuronsystem Defizite aufweisen.

Der von Eugen Bleuler geprägte Begriff des Autismus beschreibt einen Zustand pathologischer Selbstbezogenheit und sozialen Rückzugs. Betroffene Kinder kapseln sich in elementarer Weise von ihrer Umgebung ab und nehmen nur auf bestimmten, ritualisierten Wegen Kontakt zu ihr auf. Besonders typisch ist, dass kein Blickkontakt aufgenommen wird und die Kinder durch ihr Gegenüber hindurchsehen (Duale Reihe, Psychiatrie und Psychotherapie,2005). Genau dieses Defizit verhindert wahrscheinlich von klein auf, eine Barriere von Gestik oder Symbolik zu Sprache herzustellen. Die Sprachentwicklung ist demnach gestört. Die aktive Sprache bleibt unproduktiv, unmoduliert, affektarm und wird kaum von Mimik oder Gestik begleitet (Duale Reihe, Psychiatrie und Psychotherapie,2005).

Tatsächlich lassen sich neben anderen strukturellen Auffälligkeiten bei Autisten postmortal auch Veränderungen im diagonalen Streifen des Broca-Areals ausmachen (Baumann & Kemper, 2005).

Das Phänomen des Gedankenlesens, das zu fühlen, was ein anderer fühlt, wird in engen Zusammenhang mit dem Spiegelneuronsystem gebracht (Miller, 2005).

Bei einer weiteren psychiatrischen Erkrankung, der Schizophrenie, kommt es bei betroffenen Personen unter anderem zu Ich-Erlebnis-Störungen wie Gedankeneingebung, Gedankenentzug oder Gedankenausbreitung sowie zu formalen Denkstörungen wie Kontamination, Neologismen, Zerfahrenheit, Schizophasie, Vorbeireden, Sperrung, Paralogik oder Konkretismus (Duale Reihe, Psychiatrie und Psychotherapie,2005).

Laut Strik et al. (2008) zeigen sich bei diesen Patienten Defizite in der linken Sprachregion innerhalb des Temporallappens, jedoch eine Hyperaktivität in der frontalen Sprachregion linksseitig.

Man kann also mutmaßen, dass die Beobachtung anderer Individuen, das „Lesen“ ihrer Gestik, Mimik und Körperbewegungen bei schizophrenen Personen überschießend verarbeitet und in die sprachliche Komponente übersetzt wird und keine Möglichkeit der Unterscheidung beider Komponenten mehr besteht.

Genauere Untersuchungen zur Frage von Pathomechanismen der Kommunikation könnten neue Studien klären.

5.6 Bewertung der Studie und Schlussfolgerung

In vielen bisherigen Studien wurden unterschiedliche Aspekte von Kommunikation untersucht und erörtert.

Diese Studie bringt nun insofern etwas Besonderes mit sich, indem sie alle möglichen Komponenten von Sprache miteinander koppelt und doch untereinander vergleicht, also multimodal arbeitet.

Im Unterschied zu einem Bilderbuch, wie wir es kennen, ist ein Comic näher am Geschehen.

Der Leser und Betrachter sieht Figuren, die miteinander agieren, durch ihre Haltung, ihre Mimik etwas Bestimmtes ausdrücken, während zum gleichen Zeitpunkt gesprochen wird und diese Sprache vom Leser schriftlich verarbeitet wird.

Ein Comic ist lebendiger als ein gewöhnliches Bilderbuch, was aus dem ersten Teil der Diskussion deutlich hervorgeht.

Das menschliche Gehirn „zaubert“ mit Hilfe des STS aus statischen Bildern einen Film. Der Temporallappen ist aber noch in anderen Ebenen von Sprache und Kommunikation wichtig, da vor allem der mediale und superiore Bereich Verbindungen zum auditorischen Kortex haben, visuelle, somatosensorische und akustische Ansätze empfangen und demnach in dieser Studie in nahezu jedem Ergebnisteil Beteiligungen zeigen.

Ebenso schaltet das Gehirn primäres und sekundäres Hörzentrum ein, wo nichts zu hören ist, um diesen Film letztlich zu „vertonen“. Möglicherweise entspricht also die Repräsentation der wörtlichen Aussage in der Sprechblase mehr noch einem imaginierten auditiven Erlebnis als dies ein Buch erzielt, selbst wenn dort Zitate vorkommen.

Das Spiegelneuronsystem mit Broca-Areal und präfrontalem Kortex helfen uns, von Kindesbeinen an, sprachliche Komponenten aus Koppelung miteinander zu erlernen und später auch gemeinsam und zum selben Zeitpunkt zu benutzen. Zudem bieten sie eine Art Übersetzungshilfe von einem Sprachkanal in einen anderen. Gestik und Mimik können in Sprache und später auch Schrift übersetzt werden.

Fallen wichtige Komponenten der Sprachverarbeitung aus, kommt es zu schwerwiegenden Störungen, die sich vor allem in einem Mangel sozialer Interaktionen zeigen.

Bei immer wechselnden Stimuli braucht der Mensch eine gewisse Aufmerksamkeit um sich auf den richtigen, auswertbaren Reiz zu konzentrieren. Hierzu verfügt er über Aufmerksamkeitszentren im Gehirn. Wichtig und spezifisch ist der Lobus parietalis inferior, aber auch das frontale Augenfeld und der präfrontale Kortex.

LPi und präfrontaler Kortex haben insbesondere Bedeutung beim Wechsel zwischen, und

der Vermengung verschiedener Aufgabenbereiche.

6. Literaturverzeichnis

Amaral DG, Price JL, Pitkanen A, Carmichael, ST (1992) Anatomical organization of the primate amygdaloid complex. In: Aggleton JP (ed) The amygdala: neurobiological aspects of emotion, memory, and mental dysfunction. Wiley-Liss, New York, pp 1-66

Arbib MA (2005) From monkey-like action recognition to human language: An evolutionary framework for neurolinguistics. In: Behavioral and brain sciences, Los Angeles, pp 105-167

Arbib MA (2002) The mirror system, imitation, and the evolution of language. In: Imitation in animals and artifacts, ed. C. Nehaniv&K. Dautenhahn, pp 229-280. MIT Press

Barber AD, Carter CS (2005) Cognitive control involved in overcoming prepotent response tendencies and switching between tasks. In: Cerebral Cortex 15, pp 899-912

Baumann ML, Kemper TL (2005) Neuroanatomic observations of the brain in autism: a review and future directions. In: Int J Dev Neurosci 23 (2-3), pp 183-187

Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2007

Binkofski F, Buccino G (2004) Motor functions of the Broca's region. In: Brain and Language 89, pp 362-369

Brass M, von Cramon DY (2004) Decomposing components of task preparation with functional magnetic resonance imaging. In: Journal of Cognitive Neuroscience 16, pp 609-620

Braver TS, Reynolds JR, Donaldson DI (2003) Neural mechanisms of transient and sustained cognitive control during task switching. In: Neuron 39, pp 713-726

Brothers L, Ring B (1993) Mesial temporal neurons in the macaque monkey with responses selective for aspects of social stimuli. In: Behav Brain Res 57 pp 53-61

Buccino G, Binkofski F, Riggio L (2004) The mirror neuron system and action recognition. In: *Brain and Language* 89(2), pp 370-376

Buchman AS, Garron DC, Trost-Cardamone JE, Wichter MD, Schwartz D (1986) Word deafness: one hundred Years later. In: *Journal of neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 49, pp 489-499

Butterworth G, Shovelton H (1978) Gesture and silence as indicators of planning in speech. In: Campbell N, Smith P, editors. *Recent advances in the psychology of language*. New York: Plenum pp 347-360

Corballis MC (2004) FOXP2 and the mirror system. In: *Science direct*. Auckland: pp 95-96

Crone EA, Wendelken C, Donohue SE, Bunge SA (2006) Neural evidence for dissociable components of task-switching. In: *Cerebral Cortex* 16, pp 475-486

de Boer B (2005) Evolution of speech and its acquisition. In: *Adaptive Behavior* 13, pp 281-292

Dove A, Pollmann S, Schubert T, Wiggins CJ, von Cramon DY (2000) Prefrontal cortex activation in task switching: An event-related fMRI study. In: *Cognitive Brain Research* 9, pp 103-109

Emery NJ, Amaral DG (1999) The role of the amygdala in primate social cognition. In: Lane RD, Nadel L (eds) *Cognitive neuroscience of emotion*. Oxford Univ Press, Oxford, pp 151-191

Engelien A, Silbersweig D, Stern E, Huber W, Doring W, Frith C (1995) The functional anatomy of recovery from auditory agnosia. A PET study of sound categorisation in a neurological patient and normal controls. In: *Brain* 118, pp 1395-1409

Fagg A, Arbib MA (1998) Modeling parietal-premotor interactions in primate control of grasping. In: *Neural Networks*, pp 1277-1303

Fischer J (1998): Barbary macaques categorize shrill barks into two calls. In: *Animal behaviour* 55, pp 799-89.

Gentilucci M, Dalla Volta R, Gianelli C (2008): When the hands speak. In: *J Physiol Paris, Review*

Gentilucci M, Dalla Volta R (2008): Spoken language and arm gestures are controlled by the same motor control system. In: *Q J Exp Psychol (Colchester)* 61 (6) pp 944-957

Geshwind (1965): Disconnection syndromes in animals and man. In: *Brain* 88, pp 237-294

Goldin-Meadow S, Goodrich W, Sauer E, Iverson J (2007) Young children use their hands to tell their mothers what to say. In: *Developmental Science* 10:6 pp 778-785

Grossman E, Donnelly M, Price R, Pickens D, Morgan V, Neighbor G & Blake R (2000): Brain areas involved in perception of biological motion. In: *J. Cogn. Neurosci.* 12, pp 711-720

Gruber O, Karch S, Schlueter EK, Falkai P, Goschle T (2006) Neural mechanisms of advance preparation in task switching. In: *Neuroimage* 31, pp 887-895

Haarmann H (1990) *Universalgeschichte der Schrift*. Campus Verlag Frankfurt/Main, New York, pp 22-24

Holle H, Gunter TC (2006): Dynamic co-speech gestures may be used as disambiguation cues. In: *ERP evidence. J Cogn Neurosci (suppl).* 18:221

Hopfinger JB, Buonocore MH, Mangun GR (2000) The neural mechanisms of top-down attentional control. In: *Nature Neuroscience* vol.3 no 3, pp 284-291

Jäncke L (2005) *Methoden der Bildgebung in der Psychologie und den kognitiven Neurowissenschaften*. In: Rösler F, Tack WH (eds.). *Standards Psychologie*. Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 1.Auflage, pp 78-135

Karnath HO, Thier P, Neuropsychologie, 2. Auflage, 2006

Kendon A (1998), Die wechselseitige Einbettung von Geste und Rede. In: Körperbewegungen und ihre Bedeutung (Hrsg.:Schmauser C, Noll T). Berlin Verlag Arno Spitz GmbH

Kimberg DY, Aguirre GK, D'Esposito M (2000) Modulation of task-related neural activity in task-switching: An fMRI study. In: Cognitive Brain Research 10, pp 189-196

Kourtzi Z & Kanwisher N (2000): Activation in human MT/MST by static images with implied motion. In: J. Cogn. Neurosci. 12, pp 48-55

Miller G (2005): Reflecting on Another's mind. In: Science (308), pp 945-947

Möller HJ, Laux G, Deister A, Duale Reihe, Psychiatrie und Psychotherapie, 3. Auflage, 2005

Morrel Samuels P, Krauss RM (1992): Word familiarity predicts temporal asynchrony of hand gestures and speech. In: J Exp Psychol Learn Mem Cogn. 18 (3) pp 615-622

Ploog D (2002): Is the neural basis of vocalisation different in non-human primates and Homo sapiens? In: Crow, T.J. (Ed.), The Speciation of Modern Homo Sapiens. Oxford University Press, Oxford, pp 121-135

Price CJ (2000) The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging. In: J. Anat. 197, pp 335-359

Puce A, Perrett D, (2003) Electrophysiology and brain imaging of biological motion, pp 435-445

Seltzer B, Pandya DN (1994) Parietal, temporal and occipital projections to cortex of the superior temporal sulcus in the rhesus monkey: a retrograde tracer study. In: Journal of Comparative Neurology 343, pp 445-463

Smith AB, Taylor E, Brammer M, Rubia K (2004) Neural correlates of switching set as

measured in fast, event-related functional magnetic resonance imaging. In: Human Brain Mapping 21, pp 247-256

Sohn MH, Ursu S, Anderson JR, Stenger VA, Carter CS (2000) Inaugural article: The role of prefrontal cortex and posterior parietal cortex in task switching. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 97, pp 13448-13453

Strik W, Dierks T, Hubl D, Horn H (2008) Hallucinations, thought disorders, and the language domain in schizophrenia. In: Clin EEG Neurosci 39(2), pp 91-94

Swainson R, Cunnington R, Jackson GM, Rorden C, Peters AM, Morris PG et al. (2003) Cognitive control mechanisms revealed by ERP and fMRI: Evidence from repeated task-switching. In: Journal of Cognitive Neuroscience 15, pp 785-799

Todt D, Goedeking P and Symmers D(1988): Primate Vocal Communication. Heidelberg, New York: Springer Verlag

Todt, D & Kipper S (2001): Der Begriff Kommunikation in den Biowissenschaften

Todt D, Hammerschmidt K, Ansorge V & Fischer J (1995): The vocal behavior of Barbary macaques.

Trepel M, Neuroanatomie, 3. Auflage, 2003

Van Hooff, J A R A M (1962): Facial expressions in higher primates. Symposium of the Zoological Society of London 8, 97-125

Van Hooff, J A R A M (1967): The facial displays of the catarrhine monkeys and apes. In: Morris D (Ed.), Primate Ethology. Weidenfield and Nicolson, London, pp 7-68

Yeung N, Nystrom LE, Aronson JA, Cohen JD (2006) Between-task competition and cognitive control in task switching. In: Journal of Neuroscience 26, pp 1429-1438

7. Anhang

Tabelle 16: Zeittabelle des Paradigmas

1	H05	x	rKSeite34_L.wav	8
4	H06	@H06	oHSeite06_L.wav	26
3	H07	@H07	rKSeite19_L.wav	31
1	H08	x	rOSeite21_L.wav	9
2	H09	@H09	rHSeite22_L.wav	33
0	H10	@H10	rOSeite16_L.wav	6
1	H11	x	rHSeite46_L.wav	9
4	H12	@H12	oHSeite12_L.wav	15
3	H13	@H13	rKSeite25_L.wav	25
1	H14	x	rHSeite10_L.wav	8
4	H15	@H15	oHSeite15_L.wav	24
3	H16	@H16	rOSeite36_L.wav	30
1	H17	x	rOSeite34_L.wav	8
2	H18	@H18	rOSeite31_L.wav	36
0	H19	@H19	rOSeite27_L.wav	5
1	H20	x	rOSeite24_L.wav	9
2	H21	@H21	rOSeite21_L.wav	35
0	H22	@H22	rOSeite19_L.wav	7
1	H23	x	rOSeite16_L.wav	11
4	H24	@H24	oHSeite24_L.wav	14
3	H25	@H25	rKSeite34_L.wav	19
1	H26	x	rKSeite31_L.wav	11
4	H27	@H27	oHSeite27_L.wav	14
3	H28	@H28	rHSeite39_L.wav	38
1	H29	x	rHSeite37_L.wav	10
2	H30	@H30	rHSeite34_L.wav	33
0	H31	@H31	rHSeite31_L.wav	5

1	H32	x	rHSeite27_L.wav	9
2	H33	@H33	rHSeite24_L.wav	36
0	H34	@H34	rHSeite22_L.wav	5
1	H35	x	rHSeite19_L.wav	10
2	H36	@H36	rHSeite15_L.wav	40
0	H37	@H37	rHSeite12_L.wav	7
1	H38	x	rHSeite10_L.wav	6
4	H39	@H39	oHSeite39_L.wav	11
3	H40	@H40	rKSeite34_L.wav	29
1	H41	x	rKSeite31_L.wav	11
2	H42	@H42	rKSeite27_L.wav	36
0	H43	@H43	rKSeite25_L.wav	6
1	H44	x	rKSeite21_L.wav	9
2	H45	@H45	rKSeite19_L.wav	19
0	H46	@H46	rKSeite16_L.wav	9
1	H47	x	rKSeite12_L.wav	9
0	H48	@H48	rKSeite09_L.wav	7
1	K05	x	rKSeite06_L.wav	8
4	K06	@K06	oKSeite06_L.wav	28
3	K07	@K07	rOSeite45_L.wav	50
1	K08	x	rOSeite43_L.wav	9
4	K09	@K09	oKSeite09_L.wav	19
3	K10	@K10	rOSeite12_L.wav	44
1	K11	x	rOSeite09_L.wav	6
4	K12	@K12	oKSeite12_L.wav	30
3	K13	@K13	rKSeite34_L.wav	36
1	K14	x	rKSeite31_L.wav	9
2	K15	@K15	rKSeite27_L.wav	62
0	K16	@K16	rKSeite25_L.wav	8
1	K17	x	rKSeite21_L.wav	9

2	K18	@K18	rKSeite19_L.wav	43
0	K19	@K19	rKSeite16_L.wav	9
1	K20	x	rKSeite12_L.wav	8
4	K21	@K21	oKSeite21_L.wav	22
3	K22	@K22	rHSeite37_L.wav	42
1	K23	x	rHSeite34_L.wav	7
2	K24	@K24	rHSeite31_L.wav	22
0	K25	@K25	rHSeite27_L.wav	6
1	K26	x	rHSeite24_L.wav	10
4	K27	@K27	oKSeite27_L.wav	12
3	K28	@K28	rOSeite27_L.wav	41
1	K29	x	rOSeite24_L.wav	8
2	K30	@K30	rOSeite21_L.wav	44
0	K31	@K31	rOSeite19_L.wav	7
1	K32	x	rOSeite16_L.wav	9
2	K33	@K33	rOSeite12_L.wav	23
0	K34	@ K34	rOSeite09_L.wav	5
1	K35	x	rOSeite07_L.wav	9
4	K36	@K36	oKSeite36_L.wav	19
3	K37	@K37	rOSeite45_L.wav	46
1	K38	x	rOSeite43_L.wav	5
2	K39	@K39	rOSeite39_L.wav	34
0	K40	@K40	rOSeite36_L.wav	9
1	K41	x	rOSeite34_L.wav	7
2	K42	@K42	rOSeite31_L.wav	17
0	K43	@K43	rOSeite27_L.wav	6
1	K44	x	rOSeite24_L.wav	9
4	K45	@K45	oKSeite45_L.wav	16
3	K46	@K46	rKSeite25_L.wav	26
1	K47	x	rKSeite21_L.wav	7

0	K48	@K48	rKSeite19_L.wav	8
1	O05	x	rKSeite16_L.wav	5
2	O06	@O06	rKSeite12_L.wav	27
0	O07	@O07	rKSeite09_L.wav	6
1	O08	x	rKSeite06_L.wav	12
4	O09	@O09	oOSeite09_L.wav	19
3	O10	@O10	rHSeite19_L.wav	27
1	O11	x	rHSeite15_L.wav	9
4	O12	@O12	oOSeite12_L.wav	15
3	O13	@O13	rKSeite40_L.wav	29
1	O14	x	rKSeite36_L.wav	10
2	O15	@O15	rKSeite34_L.wav	27
0	O16	@O16	rKSeite31_L.wav	5
1	O17	x	rKSeite27_L.wav	11
2	O18	@O18	rKSeite25_L.wav	20
0	O19	@O19	rKSeite21_L.wav	5
1	O20	x	rKSeite19_L.wav	10
4	O21	@O21	oOSeite21_L.wav	14
3	O22	@O22	rKSeite45_L.wav	35
1	O23	x	rKSeite43_L.wav	7
4	O24	@O24	oOSeite24_L.wav	17
3	O25	@O25	rHSeite27_L.wav	21
1	O26	x	rHSeite24_L.wav	8
4	O27	@O27	oOSeite27_L.wav	14
3	O28	@O28	rOSeite36_L.wav	33
1	O29	x	rOSeite34_L.wav	10
2	O30	@O30	rOSeite31_L.wav	34
0	O31	@O31	rOSeite27_L.wav	7
1	O32	x	rOSeite24_L.wav	7
2	O33	@O33	rOSeite21_L.wav	22

0	O34	@O34	rOSeite19_L.wav	8
1	O35	x	rOSeite16_L.wav	7
4	O36	@O36	oOSeite36_L.wav	9
3	O37	@O37	rOSeite43_L.wav	32
1	O38	x	rOSeite39_L.wav	9
4	O39	@O39	oOSeite39_L.wav	13
3	O40	@O40	rKSeite45_L.wav	30
1	O41	x	rKSeite43_L.wav	8
2	O42	@O42	rKSeite40_L.wav	27
0	O43	@O43	rKSeite36_L.wav	6
1	O44	x	rKSeite34_L.wav	9
4	O45	@O45	oOSeite45_L.wav	20
3	O46	@O46	rHSeite46_L.wav	10
1	O47	x	rHSeite43_L.wav	8
2	O48	@O48	rHSeite39_L.wav	45

Tabelle 17: Legende für Ergebnistabellen

Occipital	
Cu	Cuneus
Sc	Sulcus calcarinus
Gl	Gyrus lingualis
GF	Gyrus fusiformis
GOi	Gyrus occipitalis inferior
GOM	Gyrus occipitalis medialis
GOs	Gyrus occipitalis superior
Parietal	
GPoC	Gyrus postcentralis
LPI	Lobulus parietalis inferior
LPs	Lobulus parietalis superior
PCu	Precuneus
Ga	Gyrus angularis

Gsm	Gyrus supramarginalis
Temporal	
GTi	Gyrus temporalis inferior
GTm	Gyrus temporalis medialis
GTs	Gyrus temporalis superior
GTT	Gyrus temporalis transversus
Ra	Radiatio optica
Sl	Sulcus lateralis
INS	Insula
Frontal	
GFi	Gyrus frontalis inferior
GFm	Gyrus frontalis medialis
GFs	Gyrus frontalis superior
GPrC	Gyrus precentralis
Limbische Areale/ Basalganglien	
Hippocampus	Hippocampus
Gyrus parahippocampalis	Gyrus parahippocampalis
Thalamus	Thalamus
GC	Gyrus cinguli
NC	Nucleus caudatus
Pt	Putamen
NR	Nucleus ruber
Fo	Fornix
Ci	Cingulum
Cl	Clastrum
Andere Areale	
Cerebellum	Cerebellum

8. Danksagung

Mein Dank gilt all den Menschen die mich auf vielfältige Art und Weise bei meiner Arbeit unterstützt haben:

Zunächst möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Reith für die Überlassung des Themas bedanken.

Einen ganz besonderen Dank schulde ich meinem Betreuer Dr. Christoph Krick, der nahezu immer erreichbar war, für alle Unklarheiten eine Erklärung parat hatte und es geschafft hat, mich mit viel Motivation und Freude an der Arbeit auf die oberste Sprosse der Leiter zu schubsen.

Zudem bedanke ich mich bei allen Probanden, die freiwillig über eine Stunde in der „Röhre“ verbrachten um dort einen Comic zu lesen und mir ihr Gehirn zur Verfügung stellten.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, ohne die mein Studium und diese Dissertation nicht möglich gewesen wären, sowie bei meinem Verlobten, der mir sowohl bei den Versuchen als auch bei der Ausarbeitung des Textes immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

9. Lebenslauf

Name: Stephanie Kathrin Maurer

Geburtsdatum: 12.09.1981

Geburtsort: 71032 Böblingen

Familienstand: ledig

Schulausbildung: Eichendorff – Grundschule Böblingen
(1988 – 1992)
Albert – Einstein – Gymnasium Böblingen
(1992 – 1999)
Lise –Meitner – Gymnasium Böblingen
(1999 – 2001)

Schulabschluss: Zeugnis der allgemeinen Hochschulreife am
20.06.2001

Studium: Studium der Humanmedizin an der Universität des
Saarlandes von Oktober 2002 bis Mai 2009

Praktisches Jahr: Wahlfach Psychiatrie von Februar bis Juni 2008
Universitätsklinik Homburg/Saar

Dissertation: seit September 2008 unter der Leitung von Herrn
Prof. Reith und der Betreuung durch Dr. C. Krick