

## MULTILINGUALISM AS A CURRENT SOCIAL ISSUE IN NEUROSCIENCE

### MEHRSPRACHIGKEIT ALS AKTUELLES GESELLSCHAFTLICHES THEMA IN DEN NEUROWISSENSCHAFTEN

MARTIN LACHOUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Philosophische Fakultät, Jan-Evangelista-Purkyně-Universität, Institut für Germanistik, Pasteurova 13, 400 96 Ústí nad Labem, martin.lachout@ujep.cz*

---

#### Abstract

This chapter is devoted to the findings of neuroscience which are relevant for professionals involved in the study and learning of (foreign) languages. In the first part of the chapter, the author first explains the concepts of monolingualism and multilingualism, and then discusses the types of bilingualism as a basic type of multilingualism. In the second part of the chapter, he presents the results of neurolinguistic research in relation to L1 acquisition and learning from L2 to Lx.

#### Keywords

Language acquisition, language learning, monolingualism, multilingualism, brain, advantages and disadvantages of multilingualism

---

Der Planet Erde, 70 % seiner Oberfläche Wasser, 6 Kontinente, über 200 Länder, mehr als 7 Milliarden Einwohner, sechs- bis siebentausend Sprachen, die von den Bewohnern des blauen Planeten gesprochen werden. Ja, es ist wahr, sechs- bis siebentausend Sprachen! Diese relativ große Streuung ist zum einen darauf zurückzuführen, dass einige Sprachen im Laufe der Zeit verschwinden, und zum anderen darauf, dass es unmöglich ist, mit ausreichender Genauigkeit zu definieren, was noch eine Schriftsprache und was nur ein Dialekt ist. Wenn man bedenkt, dass es, wie oben erwähnt, etwa 200 Länder auf der Welt gibt, ist es mehr als offensichtlich, dass in vielen Ländern der Welt mehr als eine Sprache gesprochen werden muss. So verwenden schätzungsweise 60-65 % der Weltbevölkerung mindestens zwei Sprachen in ihrem täglichen Leben, und etwa zwei Drittel der Kinder weltweit wachsen in einem mehrsprachigen Umfeld auf (vgl. Bhatia und Ritchie, 2004, 7). Allein auf dem alten Kontinent leben heute rund 740 Millionen Menschen, doch allein in der Europäischen Union gibt es 24 Amtssprachen<sup>1</sup>, und mehr als 50 Millionen Einwohner der Europäischen Union verwenden zur Kommunikation eine andere Sprache als die Amtssprache des Landes, in dem sie leben. Daher ist die Kenntnis mehrerer Sprachen im heutigen Europa zweifellos fast eine Notwendigkeit. Es reicht nicht mehr aus, seine Muttersprache mehr oder weniger gut zu beherrschen, und es reicht auch nicht aus, neben seiner Muttersprache Englisch zu beherrschen, da die Beherrschung des Englischen heute de facto eine Kernkompetenz für jeden Bürger der Europäischen Union darstellt. Das Konzept der Mehrsprachigkeit spielt nicht nur in Europa, sondern auch weltweit eine wichtige Rolle, ebenso wie das Konzept der Mehrsprachigkeit. Minderheitensprachen, die auf dem Gebiet eines anderen Landes gesprochen werden, sind ebenfalls ein wichtiger Faktor, der die sprachliche Kommunikation beeinflusst. Ein solches Land ist z. B. die Tschechische Republik, wo neben der Amtssprache Tschechisch auch Slowakisch als Kommunikationsmittel verwendet wird. In ähnlicher Weise wird in Spanien Katalanisch gesprochen, in der Slowakei Ungarisch usw. Etwas anders sieht es in Ländern aus, in denen mehrere Amtssprachen vertreten sind. Ein Beispiel dafür ist die Schweiz, in der vier Landessprachen offiziell gesprochen werden. Neben Deutsch, das von 64 % der Bevölkerung als Landessprache betrachtet wird, sprechen 20 % Französisch, 7 % Italienisch und 1 % Rätoromanisch. Ähnlich verhält es sich in Belgien, wo drei Sprachen nebeneinander existieren: Niederländisch für 59 % der Bevölkerung, Französisch für 40 % und Deutsch für 1 %, oder in Luxemburg mit drei Amtssprachen: Französisch, Deutsch und Luxemburgisch. Es gibt nur drei Länder in Europa, in denen nur eine Sprache offiziell gesprochen wird. Diese sind Island mit der Amtssprache Isländisch, Liechtenstein mit Deutsch und Portugal mit Portugiesisch.

---

<sup>1</sup> Die 24 offiziellen EU-Sprachen sind Bulgarisch, Dänisch, Deutsch, Englisch, Estnisch, Finnisch, Französisch, Griechisch, Italienisch, Kroatisch, Lettisch, Litauisch, Maltesisch, Niederländisch, Polnisch, Portugiesisch, Rumänisch, Schwedisch, Slowakisch, Slowenisch, Spanisch, Tschechisch und Ungarisch.

Die Gründe für die soeben beschriebene sprachliche Vielfalt in Europa liegen in der höheren Mobilität und Migration. Infolge der erhöhten Mobilität der Bürgerinnen und Bürger des heutigen Europas (aber nicht nur dieser) kommt es auch zu so genannten gemischten Ehen oder Partnerschaften. Sprachlich gemischte Ehen (Partnerschaften) sind solche, in denen die Ehepartner\*innen eine andere Sprache sprechen. Eine zunehmende Zahl solcher Ehen ist heute zu beobachten, insbesondere in Mitteleuropa<sup>2</sup>.

Ein weiterer Faktor, der die sprachliche Vielfalt der heutigen europäischen Bevölkerung begünstigt, ist - historisch gesehen - der Prozess der Migration. Dieser kann verschiedene Ursachen haben, wie Krieg, politische, wirtschaftliche, religiöse und natürliche Ursachen in Form verschiedener Katastrophen. Die Abschaffung der Kolonien in einigen Ländern in den 1950er und 1960er Jahren kann als eine bedeutende Migrationswelle in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts angesehen werden. Infolgedessen wurden viele westeuropäische Städte zu multikulturellen Inseln, die in bestehenden und funktionierenden Staaten entstanden. In den 1960er und 1970er Jahren war es die Anwerbung von Arbeitskräften aus dem Ausland. In den deutschsprachigen Ländern waren dies vor allem die Länder des ehemaligen Jugoslawiens und die Türkei. Die dritte Migrationswelle bestand aus fast 200 000 Ungarn, die nach der Niederschlagung der ungarischen Revolution in den Jahren 1956 und 1957 das Land verließen.

Auch Ereignisse in unserem Land trugen zum europäischen Migrationsprozess bei. Es waren die 200 000 tschechoslowakischen Flüchtlinge, die nach der blutigen Niederschlagung des so genannten Prager Frühlings in den Jahren 1968 und 1969 die damalige Tschechoslowakische Sozialistische Republik verließen. Die anschließende Migrationswelle wurde durch den Fall des so genannten „Eisernen Vorhangs“ im Jahr 1989 und in den folgenden Jahren ausgelöst. In diesem Zeitraum verließen mehr als 4 Millionen Einwohner der mittel- und osteuropäischen Länder ihre Heimat.

Eine noch größere Zahl von Migranten wurde durch die Kriege in den Ländern des ehemaligen Jugoslawien gezwungen, die hauptsächlich zwischen 1991 und 1995 bzw. 1999 stattfanden. Bis zu 5 Millionen Menschen verließen infolgedessen ihre Heimat.

Heute wird die Migration innerhalb Europas durch eine freie Arbeitsmarktpolitik und verschiedene Austauschprogramme gefördert. Das ermöglicht den Menschen, sich langfristig in einem anderen Land als ihrem Heimatland aufzuhalten oder niederzulassen.

Obwohl die Gründe für die Migration, wie bereits erwähnt, unterschiedlich sein können, haben sie alle einen gemeinsamen Nenner: Sie tragen zur Entstehung von Zwei- oder Mehrsprachigkeit bei. So sind sprachliche Minderheiten, Mobilität und Migration Faktoren, die den Kontakt zwischen Angehörigen verschiedener Nationen, Kulturen und Sprachgemeinschaften fördern und somit zur steigenden Zahl gemischter Ehen und Partnerschaften und damit zu zwei- oder mehrsprachigen Personen beitragen. Diese Tatsache stellt auch viele Eltern heute vor die Frage, ob sie ihre Kinder einsprachig oder zweisprachig erziehen sollen, und wenn zweisprachig, welchen Weg sie wählen sollen.

Im Jahr 2019 lebten 496.000 Ausländer in der Tschechischen Republik<sup>3</sup>, was 4,5 % der Bevölkerung entspricht. Der Aufwärtstrend bei der Zahl der Kinder von Menschen mit Migrationshintergrund ist in den Bildungseinrichtungen deutlich sichtbar. Während im Jahr 2008 insgesamt 3.228 ausländische Kinder Kindergärten in der Tschechischen Republik besuchten, waren es zehn Jahre später, im Jahr 2018, bereits 9.805 Kinder von Menschen mit Migrationshintergrund. Dies ist also ein Anstieg dieser Kinder um 200 %. Ähnlich verhält es sich auch bei den Grundschulen, die 2008 von 10.900 Kindern von Menschen mit Migrationshintergrund besucht wurden, 2018 aber bereits mehr als 17.000. Auch hier gibt es einen deutlichen Anstieg von 56 %.

Das Gleiche gilt auch für die Slowakei, wo 2019 insgesamt 62.882 Ausländer (von 38.717 Bürgern der EU-27) lebten, was 1,1 % der Bevölkerung entspricht<sup>4</sup>. Wie in der Tschechischen Republik ist der Anstieg der Zahl der Kinder von Menschen mit Migrationshintergrund in Bildungseinrichtungen deutlich sichtbar. Im Schuljahr

<sup>2</sup> Quellen:

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Bevoelkerungsstand.html>;

<https://www.czso.cz/>;

[https://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/themes/demography!/ut/p/b1/jY\\_LDolwEEU\\_qdMHUJYDSsEQhGJjdGNYGIMRcGH8fitxa3V2Nznn3gyxpCN2Hp7jZXiMyzcc3tmGp6ytGcZCpRu9z6A4pEy2ZcgAqAN6B8CXQ1j9JipkklAEWemt87FWei coiODje4C\\_9IOFuYhKAFmqAArMjY4bzgH5L\\_9I7Ir4GlbA82KVL9OZ3CdjOriKF07SJbg!/dl4/d5/L2dJQSEvUU3QS80S mtFL1o2X0ZTUDJBOTRHQ0RST0YwSVRDMjhTTDYyMEc2/](https://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/themes/demography!/ut/p/b1/jY_LDolwEEU_qdMHUJYDSsEQhGJjdGNYGIMRcGH8fitxa3V2Nznn3gyxpCN2Hp7jZXiMyzcc3tmGp6ytGcZCpRu9z6A4pEy2ZcgAqAN6B8CXQ1j9JipkklAEWemt87FWei coiODje4C_9IOFuYhKAFmqAArMjY4bzgH5L_9I7Ir4GlbA82KVL9OZ3CdjOriKF07SJbg!/dl4/d5/L2dJQSEvUU3QS80S mtFL1o2X0ZTUDJBOTRHQ0RST0YwSVRDMjhTTDYyMEc2/);

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/StaatGesellschaft.html>

<sup>3</sup> Stand zum 31.12.2019

<sup>4</sup> Stand zum 31.12.2019

2015/2016 besuchten Kinder von Menschen mit Migrationshintergrund Kindergärten, vier Jahre später, im Schuljahr 2019/2020, waren es bereits 761 (ein Anstieg von  $\approx 50\%$ ). Grundschulen wurden im Schuljahr 2015/2016 von insgesamt 1 596 Ausländern besucht, im Schuljahr 2019/2020 von 3 423 Ausländern, ein Anstieg von mehr als  $100\%$ <sup>5</sup>.

Damit wird das Zusammenleben von Kindern verschiedener Nationalitäten auf dem Gebiet eines Landes zu einem immer selbstverständlicheren gesellschaftlichen Phänomen. Kinder von Ausländern durchlaufen in ihrer Sprachentwicklung mehrere Phasen. Von der Einsprachigkeit über die Zweisprachigkeit bis zur Mehrsprachigkeit.

### **Definition der Begriffe Monolingualismus, Bilingualismus, Plurilingualismus und Multilingualismus**

Die Fähigkeit, Sprache zu benutzen, ist für den Menschen von entscheidender Bedeutung. Die Sprache ermöglicht es uns, Dinge, Phänomene und Sachverhalte zu benennen und so die Welt um uns herum zu begreifen. Sie stellt somit eine einzigartige menschliche Fähigkeit dar, die wir auch als eine der Komponenten der Identität einer Person oder einer Nation verstehen.

Grundsätzlich können wir zwei Arten des Spracherwerbs unterscheiden. Dies sind der monolinguale und der bilinguale Erwerb. In diesem Zusammenhang werden in der heutigen Welt der Sprachenvielfalt verschiedene Begriffe verwendet, wie z. B. Einsprachigkeit, Zweisprachigkeit, Mehrsprachigkeit und Vielsprachigkeit. Alle diese Begriffe sollten jedoch voneinander unterschieden werden, weshalb wir sie hier kurz erläutern.

Unter Einsprachigkeit versteht man die Fähigkeit eines Individuums, bei der Kommunikation mit der Umwelt nur einen sprachlichen Code zu verwenden, d. h. nur eine Sprache, die gewöhnlich als Muttersprache (L1) bezeichnet wird.

An dieser Stelle soll jedoch auch der Begriff der Muttersprache geklärt werden. Das Pädagogische Wörterbuch (Průcha, Walterová, Mareš, 2009, 118) beispielsweise versteht unter dem Begriff Muttersprache die Sprache der Mitglieder einer bestimmten ethnischen Gemeinschaft, die von Kindern hauptsächlich durch verbale Kommunikation mit Eltern, Gleichaltrigen usw. erworben wird.

Aus psychologischer Sicht (Hartl, Hartlová, 2010, 235) ist „die Muttersprache die Sprache, die man in der Kindheit zuerst erwirbt.“

Laut dem Europäischen Referenzrahmen (2007, 6) umfasst muttersprachliche Kommunikation die Fähigkeit, Ideen, Gedanken, Konzepte, Fakten und Meinungen in schriftlicher und mündlicher Form (Hören, Sprechen, Lesen und Schreiben) auszudrücken und zu interpretieren sowie in allen Bereichen des sozialen und kulturellen Lebens in Bildung und Ausbildung, am Arbeitsplatz, zu Hause und in der Freizeit sprachlich angemessen und kreativ zu reagieren.

Allerdings halten wir den Begriff „Muttersprache“ für etwas problematisch, da wir darunter nicht nur die Sprache der Mutter verstehen, sondern z.B. auch die Sprache des sozialen Umfelds, die eigene Identifikation mit der Sprache usw.

Gemeinsam mit Štefánik (2000, 132) verstehen wir daher unter dem Begriff Muttersprache eine Sprache, die für das betreffende Individuum einige dieser Kriterien erfüllt:

- a. eine Sprache, die das Individuum von seiner Mutter oder seinen engsten Verwandten erwirbt oder
- b. die stärkere von zwei (oder mehr) Sprachen, die die betreffende Person beherrscht; oder
- c. die erste Sprache, die die betreffende Person im Laufe ihres Lebens erwirbt, unabhängig davon, von wem, oder
- d. die Sprache, zu der der Einzelne die engste Beziehung hat, oder
- e. die Sprache, die die betreffende Person am häufigsten verwendet.

Außerdem neigen wir eher dazu, statt des Begriffs Muttersprache den Begriff Erstsprache (L1) zu verwenden, der nicht die Konnotation von Mutter hat.

Das Konzept der Mehrsprachigkeit bezieht sich auf die Kenntnis von zwei oder mehr Sprachen, die eine Person innerhalb einer bestimmten Gesellschaft spricht. Er bezieht sich also auf die Gesamtheit der von einem Sprecher verwendeten Sprachvarianten, wobei das sprachliche Repertoire sowohl die Muttersprache (L1) als auch die nachfolgende(n) Sprache(n) (L2 - Lx) bzw. Varianten dieser Sprachen umfasst. Das Phänomen der Mehrsprachigkeit im Sinne einer individuellen Mehrsprachigkeit hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Im Einklang mit der von der EU geförderten Idee, dass jeder Bürger neben seiner Muttersprache zwei weitere Sprachen beherrschen sollte (vgl. EG-Empfehlung, 2002), werden in tschechischen

---

<sup>5</sup> Quelle: Centrum vedecko-technických informácií SR.

Schulen bereits ab der Grundschule obligatorisch zwei Fremdsprachen unterrichtet, meist Englisch als erste Fremdsprache und Deutsch oder Französisch, Spanisch oder Russisch als zweite Sprache. Trotzdem muss man feststellen, dass die häufigste Form der Mehrsprachigkeit in der Tschechischen Republik heute die Zweisprachigkeit ist, auch Bilingualismus genannt. Nur ein kleiner Prozentsatz der tschechischen Schüler erreicht die Kompetenz eines wirklich mehrsprachigen Sprechers.

Laut dem Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen ist „Mehrsprachigkeit die Fähigkeit, Sprachen zur Kommunikation und zur Teilnahme an interkulturellen Interaktionen zu verwenden, wobei der Einzelne als sozialer Akteur betrachtet wird, der mehrere Sprachen auf unterschiedlichen Niveaus beherrscht und Erfahrungen in mehreren Kulturen hat. Dies wird nicht als eine Aneinanderreihung oder Kopplung von Einzelkompetenzen gesehen, sondern vielmehr als das Vorhandensein einer zusammengesetzten oder sogar vielseitigen Kompetenz, aus der der Benutzer schöpfen kann.“ (Quelle: Europarat, 2001, 168)

In der Praxis bedeutet dies, dass jeder erwachsene Europäer mit Sekundarschulabschluss über das folgende Repertoire verfügen sollte und somit in der Lage sein sollte

- die „Landessprache“ in Wort und Schrift gemäß den im Bildungssystem des Landes geltenden Normen zu verwenden,
- eine Variante der Erstsprache gemäß den in der Region und/oder Generation, der er/sie angehört, geltenden Normen zu sprechen,
- die Regional- oder Minderheitensprache in Wort und/oder Schrift (je nach Fall) in gleicher Weise wie die Landessprache zu verwenden,
- Grundkenntnisse in einer oder mehreren Fremdsprachen aufgrund von Bildung und/oder Erfahrung in den Medien und/oder im Tourismus,
- die Beherrschung einer weiteren Fremdsprache auf höherem Niveau mit der Fähigkeit, sich mündlich und schriftlich auszudrücken.

Unter Mehrsprachigkeit versteht man dann das Vorhandensein von mehr als einer Sprachvariante, die in einem bestimmten geografischen Gebiet unterschiedlicher Größe verwendet wird (z. B. die Sprache einer bestimmten sozialen Schicht, Soziolekte, aber auch Dialekte) (vgl. Europarat 2007, 8).

Neben den oben genannten Begriffen findet sich in der Literatur und in Diskussionen auch der Begriff Bilingualismus, also Zweisprachigkeit, wieder. Auch der breiten Bevölkerung ist dieser Begriff nicht unbekannt, denn er durchdringt zunehmend den Alltag vieler von uns. Es ist jedoch zu unterscheiden zwischen der individuellen Zweisprachigkeit, die das Individuum betrifft und Gegenstand der Forschung z. B. in der Psycholinguistik oder Linguistik ist, und der kollektiven Zweisprachigkeit, die größere soziale Einheiten betrifft (siehe unten).

In diesem Artikel wird die individuelle Zweisprachigkeit behandelt, die kollektive Zweisprachigkeit spielt nur eine untergeordnete Rolle.

Wenn wir von individueller Zweisprachigkeit sprechen wollen, müssen wir zugeben, dass es noch keinen klaren Konsens darüber gibt, was mit diesem Begriff eigentlich gemeint ist. Es ist daher logisch, dass es keine allgemeingültige und vollständig prägnante Definition dieses Phänomens geben kann, und es gibt sehr unterschiedliche Ansichten darüber.

So verstehen beispielsweise Bausch und Kasper in Apeltauer (1997, 9) Zweisprachigkeit als „[...] Aneignung einer weiteren Sprache (neben der Muttersprache, wobei die einzelnen Formen dieses Aneignungsprozesses sich nach Lernalter (gleichzeitig/nachzeitig zum Erstspracherwerb) und Lernkontext (natürlich/gesteuert) weiter differenzieren lassen.“

Zweisprachigkeit wird also als die Fähigkeit eines Individuums verstanden, zwei Sprachcodes alternativ zu verwenden, unabhängig von der tatsächlichen Kommunikationssituation.

Eine der frühesten Definitionen dieses Begriffs findet sich jedoch lange vor Apeltauer, in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts durch den amerikanischen Linguisten Bloomfield, der Bilingualismus als „die Fähigkeit, zwei Sprachen auf dem Niveau eines Muttersprachlers zu verwenden“ bezeichnete. [...] Natürlich kann der Grad der Perfektion, bei dem ein Nicht-Muttersprachler zu einem zweisprachigen Sprecher wird, nicht definiert werden: die Grenze ist relativ“ (Bloomfield 1933, zitiert in Harding-Esch und Riley, 2008, 40n).

An dieser Stelle seien jedoch auch andere Perspektiven auf den Begriff „Zweisprachigkeit“ erwähnt, die in dem Buch *Bilingual Education* von Harding-Esch und Riley (2008) vorgestellt werden:

Zweisprachigkeit ist ein durchaus relatives Phänomen „[...] Wir werden also darunter den abwechselnden Gebrauch von zwei oder mehr Sprachen durch eine Person verstehen“ (Mackey, 1962, zitiert in Harding-Esch und Riley, 2008, 40n.).

„Das zweisprachige oder ganzheitliche Konzept der Zweisprachigkeit betrachtet die zweisprachige Person als ein integriertes Ganzes, das sich nicht einfach in zwei separate Teile aufteilen lässt. Ein Bilingualer ist nicht die Summe zweier vollständiger oder unvollständiger Monolingualer, sondern eine einzigartige und spezifische sprachliche Konfiguration.“ (Grosjean, 1982, zitiert in Harding-Esch und Riley 2008, 40n.)

„Wir verstehen Bilingualismus als fließenden Ausdruck in zwei Sprachen.“ (Grosjean, 1982, zitiert in Harding-Esch und Riley, 2008, 40n)

„Zweisprachigkeit bezieht sich auf die Fähigkeit und Kommunikation in zwei Sprachen [...] In einer zweisprachigen Gesellschaft kommuniziert man in zwei Sprachen. In einer zweisprachigen Gesellschaft kann es eine große Anzahl von Einsprachigen geben [...], vorausgesetzt, dass es auch genügend Zweisprachige gibt, um Funktionen zu erfüllen, die zweisprachige Fähigkeiten in dieser Gesellschaft erfordern. Es muss also zwischen individueller Zweisprachigkeit und einer zweisprachigen Gesellschaft unterschieden werden.“ (Lam, 2001, zitiert in Harding-Esch und Riley, 2008, 40n.)

Štefánik, ein slowakischer Experte auf diesem Gebiet, sieht Zweisprachigkeit als die Fähigkeit, zwei (oder mehr) Sprachen abwechselnd zu verwenden, um mit anderen zu kommunizieren, je nach Situation und Umgebung, in der diese Kommunikation stattfindet, und die das Sprachbewusstsein des Einzelnen kennzeichnet (Štefánik, 2000, 128).

Die Zweisprachigkeit wird jedoch nicht nur aus sprachlicher Sicht betrachtet. So verstehen beispielsweise die Pädagogen Průcha et al. (2003, 25) Zweisprachigkeit als „die Fähigkeit eines Individuums, zwei Sprachen zu sprechen“, während es sich aus psycholinguistischer Sicht um eine bestimmte „Art von kommunikativer Kompetenz handelt, die die Verwirklichung verschiedener kommunikativer Bedürfnisse unter Verwendung sowohl der ersten als auch der zweiten Sprache ermöglicht.

Aus psychologischer Sicht ist Zweisprachigkeit „die Fähigkeit, zwei Sprachen mit annähernd gleicher Geläufigkeit zu sprechen“ (Hartl und Hartlová, 2010, 64).

Einer der wohl bekanntesten Versuche einer allgemeinen Definition von Bilingualismus findet sich jedoch bei Skutnabb-Kangas, die ihn wie folgt definiert:

„Ein zweisprachiger Sprecher ist jemand, der in der Lage ist, in zwei (oder mehr) Sprachen zu funktionieren, entweder in einsprachigen oder zweisprachigen Gemeinschaften, entsprechend den soziokulturellen Anforderungen an die kommunikative und kognitive Kompetenz eines Individuums durch diese Gemeinschaften oder durch das Individuum selbst, auf dem gleichen Niveau wie Muttersprachler, und der in der Lage ist, sich mit beiden (oder allen) Sprachgruppen (und Kulturen) oder Teilen von ihnen positiv zu identifizieren.“ (Skutnabb-Kangas, 1984, 90)

Im Gegensatz dazu ist für John McNamara (1967, 59-60) ein Zweisprachiger jeder, der in der Lage ist, eine andere Sprache parallel zu seiner Muttersprache zu verwenden. Unter Gebrauch versteht McNamara also die Einbeziehung aller vier Sprachfertigkeiten: Sprechen und Schreiben als produktive Fertigkeiten, Hören und Lesen als rezeptive Fertigkeiten.

Wir betrachten die Frage der Zweisprachigkeit bzw. Mehrsprachigkeit jedoch etwas großzügiger. Wenn wir rein von Bloomfields Standpunkt ausgehen, wäre es unmöglich, jemanden als zweisprachig zu bezeichnen, der die Sprache nur im rezeptiven Bereich, d. h. beim Hören und Lesen, verwendet. Und in der Tat auch niemanden, der nicht die Kompetenz eines Muttersprachlers erreicht. Vielmehr verstehen wir Zweisprachigkeit und Mehrsprachigkeit als die Fähigkeit eines Individuums, zwei oder mehr sprachliche Codes zu verwenden und gleichzeitig in der Lage zu sein, in der/den Fremdsprache(n) auf eine sprachlich, soziolinguistisch und pragmalinguistisch korrekte Weise zu kommunizieren, so dass der gesamte Kommunikationsprozess sowohl auf der produktiven als auch auf der rezeptiven Ebene nicht gestört wird.

Einen vernünftigen Kompromiss finden wir in der Definition der Zweisprachigkeit von Kielhöfer und Jonekeit (1995, 11n). Sie sprechen von der Notwendigkeit des Bewusstseins der Zweisprachigkeit, wobei es sich um ein rein subjektives Gefühl des Sprechers handelt, wann er sich in beiden Sprachen wohlfühlt und in welchem

Ausmaß. Eine objektive Beurteilung, ob ein Sprecher seine Sprachfertigkeiten perfekt beherrscht und ob er seine Sprachkenntnisse auch einsetzt, ist nach Ansicht der beiden Autoren nicht möglich.

Im Sinne des terminologischen Verständnisses des Konzepts der Zweisprachigkeit können wir außerdem zwischen der so genannten individuellen Zweisprachigkeit, die sich auf die sprachliche Kompetenz eines Sprechers bezieht, ohne die sozialen Bedingungen zu berücksichtigen, und der kollektiven Zweisprachigkeit unterscheiden, die ein soziales Phänomen darstellt, bei dem Sprecher innerhalb eines Landes (einer Region) in ständiger Interaktion mit mehreren Sprachen stehen.

Zweisprachigkeit betrifft nämlich nicht nur Personen, die von Geburt an in einer sprachlich gemischten Familie aufwachsen, in der zwei Sprachcodes für die Kommunikation zwischen den Familienmitgliedern verwendet werden, sondern auch Einwandererfamilien, in denen die Sprache des Heimatlandes, d. h. in der Regel die Sprache der Eltern, für die Kommunikation innerhalb der Familie und die Sprache des Ziellandes (z. B. ukrainische Familien in der Tschechischen Republik usw.) für die Kommunikation mit dem äußeren sozialen Umfeld verwendet wird. Darüber hinaus gilt Zweisprachigkeit auch für Familien, die zwar ursprünglich zur Mehrheitsgesellschaft gehören, aber für die Kommunikation innerhalb der Familie eine andere Sprache als die Sprache des äußeren sozialen Umfelds verwenden (z. B. Roma-Familien in der Tschechischen Republik).

Dementsprechend verstehen wir Zweisprachigkeit als ein natürliches Phänomen, eine Situation, in der eine Person ohne große Schwierigkeiten mit zwei verschiedenen Sprachcodes arbeitet, um zu kommunizieren. Diese Sprachcodes unterscheiden sich voneinander auf der Ebene der Phonetik/Phonologie und der Lexik sowie auf der Ebene der Morphologie oder Syntax und auf anderen Ebenen der Sprache. Die Unterschiede zwischen den beiden Sprachen können entweder erheblich sein, wie z. B. zwischen Tschechisch und Japanisch, oder subtil, wie im Fall von Tschechisch und Slowakisch. Andererseits betrachten wir Zweisprachigkeit nicht als eine Situation, in der eine Person einen Dialekt innerhalb einer Sprache spricht, z. B. wenn ein Tscheche das geschriebene Tschechisch und einen schlesischen Dialekt spricht oder ein Deutscher Standarddeutsch und einen bayerischen Dialekt spricht. In einem solchen Fall gibt es nur zwei Varietäten einer Sprache.

Das Gleiche gilt unserer Meinung nach aber auch für das Phänomen der Mehrsprachigkeit im weiteren Sinne.

### **Typologie der Zweisprachigkeit**

Fragt man einen simultan zweisprachigen Sprecher, welche Sprache er als seine Erstsprache (L1) betrachtet, erhält man oft keine zufriedenstellende Antwort, da Zweisprachige oft nicht in der Lage sind, ihre Erstsprache zuverlässig zu benennen.

Man kann das Phänomen der Zweisprachigkeit aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Das größte Problem besteht jedoch darin, die Kriterien zu definieren, die das Wesen des Bilingualismus am besten beschreiben. Dies kann z. B. wichtig sein, wenn Eltern entscheiden müssen, in welcher Sprache ihre Kinder aufwachsen und später unterrichtet werden sollen. In unserem kurzen Überblick über die Klassifizierungen stützen wir uns auf die Veröffentlichung „Bilingualism or Not. Die Erziehung von Minderheiten“ von Skutnabb-Kangas (1981, 81-89), die wir an einigen Stellen ergänzen.

Skutnabb-Kangas formuliert die folgenden Kriterien:

#### *1. das Kriterium der Herkunft - eine soziologische Perspektive:*

„Das Individuum lernt beide Sprachen von Anfang an in der Familie von Muttersprachlern.“ (M. Swain)  
Es handelt sich also um eine Situation, in der ein Individuum von Anfang an zwei Sprachen parallel als Kommunikationsmittel verwendet.

#### *2. das Kriterium der Kompetenz - eine linguistische Perspektive:*

- a) „Beherrschung von zwei Sprachen als Muttersprachen.“ (L. Bloomfield)
- b) „Aktive, vollständig ausgeglichene Beherrschung von zwei oder mehr Sprachen“ (M. Braun)
- c) "Vollständige Beherrschung von zwei verschiedenen Sprachen, ohne Interferenz zwischen den Sprachprozessen." (J. P. Oestreicher)
- d) „Zumindest eine gewisse Kenntnis und teilweise Beherrschung der grammatikalischen Struktur der anderen Sprache.“ (R. Hall)
- e) „Der Sprecher versteht die Fremdsprache, ist aber nicht in der Lage, sie zu sprechen.“ (J. Pohl)  
Mit anderen Worten: Es handelt sich um einen Zustand, in dem die Person die Sprache so gut beherrscht wie ein

verantwortungsbewusster Muttersprachler, die Sprachcodes so gut beherrscht wie ein verantwortungsbewusster Muttersprachler, in der Lage ist, perfekte und sinnvolle Äußerungen in der zweiten Sprache zu produzieren, und die grammatikalischen Strukturen der zweiten Sprache kennt und zumindest einigermaßen sicher beherrscht.

### *3. das Kriterium der Funktion - eine soziologische Perspektive.*

Soziolinguisten bewerten Zweisprachigkeit als die Fähigkeit, zwei Sprachen zu verwenden, zumindest in den meisten Situationen und in Übereinstimmung mit den eigenen Wünschen und den Anforderungen der Gesellschaft. „Zweisprachigkeit ist der abwechselnde Gebrauch von zwei oder mehr Sprachen durch einen Sprecher“. (W. F. Mackey)

### *4. das Kriterium der Identifikation,*

hier kann man zwischen interner und externer Identifikation unterscheiden, wobei sich der Sprecher als zweisprachiger Sprachbenutzer mit zwei Sprachen oder mit zwei Kulturen oder mit Teilen davon identifiziert.

a) „Der Sprecher identifiziert sich mit beiden Sprachen, Sprachgemeinschaften und deren Kulturen.“ (B. Malberg)

In diesem Fall handelt es sich um die so genannte interne Identifikation des Sprechers (Selbstidentifikation mit der Zweisprachigkeit). Dieser Begriff wird vor allem in der Sozialpsychologie und in der Individualpsychologie verwendet, wenn eine Person von anderen als zweisprachig (Muttersprachler mit zwei Sprachen) angesehen wird.

b) „Der Sprecher muss von den Muttersprachlern der zweiten Sprache akzeptiert werden, wenn er die zweite Sprache verwendet.“ (B. Malberg)

In dieser Definition geht es um die so genannte externe Identifizierung des Sprechers, die wir als Identifizierung der Zweisprachigkeit durch andere Personen verstehen. Sie wird in der Sozialpsychologie und Soziologie verwendet.

Wir werden versuchen, die Komplexität des Konzepts an dieser Stelle durch eine weitere Auflistung möglicher Kriterien zur Klassifizierung von Zweisprachigkeit aus der Sicht der Psychologie und Psycholinguistik zu erhöhen. Dabei stützen wir uns auf S. Jelinek (2004-2005, 53-155 und 2005-2006, 8-11) und Muhić (2004, 65 n.). Wir sind uns bewusst, dass dies keine erschöpfende Liste von Klassifizierungen ist. Außerdem können die Klassifizierungen in der Literatur terminologisch voneinander abweichen.

So wird beispielsweise hinsichtlich des Zeitraums, in dem die Person beide Codes erworben hat, unterschieden zwischen

- a) Simultane Zweisprachigkeit - paralleler Erwerb beider Codes von Geburt an,
- b) sukzessive Zweisprachigkeit, manchmal auch sequentielle Zweisprachigkeit - das Individuum erwirbt den zweiten Sprachcode nach Beherrschung der ersten Sprache.

Je nach dem Grad der Kompetenz, den der Sprecher in beiden Sprachen erreicht hat.

- a) symmetrische Zweisprachigkeit - beide Sprachen werden auf dem gleichen Niveau beherrscht,
- b) asymmetrische Zweisprachigkeit - eine Sprache, meist die erste, dominiert die weitere

In ähnlicher Weise klassifizieren wir hinsichtlich der Sprachdominanz weiter

- a) Koordinative Zweisprachigkeit - beide Sprachen werden auf dem Niveau der Muttersprache dominiert,
- (b) subordinativen Zweisprachigkeit - die zweite Sprache wird in geringerem Maße als die erste Sprache erworben und ist ihr daher sozusagen untergeordnet.

Im Zusammenhang mit der untergeordneten Zweisprachigkeit spricht man auch von einer starken (dominanten) Sprache und einer schwachen (weniger dominanten) Sprache. Aber auch bei der koordinativen Zweisprachigkeit ist es nicht so, dass beide Sprachen in gleichem Maße erworben werden. Eine Sprache ist immer dominant, d. h. stärker, und die andere schwächer. Diese Rollen können sich jedoch je nach den Bedingungen abwechseln.

Je nach dem Alter, in dem die Sprachen erworben werden:

- a) infantiler Bilingualismus - die Sprachen werden von Geburt an erworben,
- b) adoleszenter Zweisprachigkeit - die Sprache wird in einem späteren Alter erworben, meist in Verbindung mit dem Lernprozess,
- c) Späte Zweisprachigkeit - Spracherwerb/lernen im Erwachsenenalter.

Abhängig von der Umgebung, in der das Individuum die Sprache erworben hat:

- a) Primäre oder natürliche Zweisprachigkeit - innerhalb der Familie, in der Regel von Geburt an,
- b) sekundäre oder künstliche Zweisprachigkeit - in der Regel im Zusammenhang mit der institutionellen Erziehung.

Je nach dem Grad der Kompetenz, die der Sprecher besitzt:

- a) Elitenzweisprachigkeit - bezieht sich z. B. auf Wissenschaftler, die die Fähigkeit entwickelt haben, mit Texten zu arbeiten oder zu schreiben, deren Sprechfertigkeit jedoch hinterherhinkt,
- b) Volkszweisprachigkeit - im Gegensatz zum vorhergehenden Typus ist hier die Sprechfähigkeit hauptsächlich in beiden Sprachen entwickelt, andere Fähigkeiten sind nur teilweise oder gar nicht entwickelt.

Aus kognitiv-emotionaler Sicht können wir neben den oben genannten Typen auch den so genannten additiven und subtraktiven Bilingualismus definieren. Diese beiden Arten der Zweisprachigkeit stehen in direktem Zusammenhang mit den kognitiven und emotionalen Fähigkeiten des zweisprachigen Menschen. Die additive Zweisprachigkeit zeichnet sich durch ihren positiven Einfluss auf die kindliche Entwicklung aus. Kinder, die zu dieser Art von Zweisprachigkeit gehören, sind offener, toleranter, wissbegieriger und können besser mit Sprache umgehen als einsprachige Kinder. Diese Art der Zweisprachigkeit ist typisch für zweisprachige Kinder, die einer Mehrheitsgruppe angehören. Ein Beispiel dafür sind tschechische Kinder, die Teil der tschechischen Gesellschaft sind, z. B. in einer deutschen oder österreichischen Schule unterrichtet werden und somit zweisprachig aufwachsen. Kinder, die von Geburt an zweisprachig sind, sind auch additiv zweisprachig. Die subtraktive Zweisprachigkeit hingegen ist durch negative Auswirkungen auf die Gesamtentwicklung des Individuums gekennzeichnet. Kinder, die zur Gruppe der subtraktiven Zweisprachigkeit gehören, zeichnen sich durch eine verzögerte Sprachentwicklung im Vergleich zu anderen Kindern aus, sind emotional instabiler oder werden im Gegenteil sogar verlassen und haben schlechtere schulische Leistungen. Zu dieser Gruppe gehören häufig Kinder von Menschen mit Migrationshintergrund oder Kinder aus benachteiligten Familien.

Semilingualismus ist eine extreme Form des subtraktiven Bilingualismus. Dabei handelt es sich um einen Zustand, in dem die Person in keiner der beiden zu erwerbenden Sprachen eine vollständige Sprachkompetenz entwickelt. Dies spiegelt sich dann sowohl in der Oberflächenstruktur der Sprache wider, z. B. in Form eines begrenzten Wortschatzes des Individuums, der Bildung einfacher Sätze mit grammatikalischen Mängeln, einer fehlerhaften, von der Norm abweichenden Aussprache, der Vermischung beider Sprachen usw., als auch in der Tiefenstruktur. In diesem Fall haben die Betroffenen Schwierigkeiten, abstrakte Begriffe zu entschlüsseln und zu verwenden, Probleme bei der Textverarbeitung und -interpretation, beim Auffinden relevanter Informationen im Text, beim Entschlüsseln und Interpretieren komplizierterer oder abstrakterer Ideen und Zusammenhänge, usw. Die Manifestationen der Halbsprachigkeit treten am häufigsten während der Schulzeit auf, was sich dann in einem unangemessenen Verhalten des Kindes, schlechten schulischen Leistungen, aber auch in der allgemeinen persönlichen Entwicklung des Kindes widerspiegelt.

Neben der psychologischen, psycholinguistischen oder linguodidaktischen Sichtweise gibt es auch eine soziolinguistische Sichtweise des Themas. Unter diesem Gesichtspunkt verstehen wir Zweisprachigkeit als den Gebrauch von zwei Sprachen, wobei der Grad ihrer Beherrschung keine Rolle spielt. Aus soziolinguistischer Sicht reicht es aus, „wenn in einer Gemeinschaft zwei Sprachen nebeneinander existieren, unabhängig von der Zahl der Einwohner, die die eine oder die andere Sprache sprechen, oder dem Grad ihrer Beherrschung beider Sprachen“ (Černý, 1996, 397). Diese Art von Zweisprachigkeit wird oft als kollektive Zweisprachigkeit bezeichnet. Bei dieser Form der Zweisprachigkeit ist häufig eine pragmatische Verwendung beider Sprachcodes zu beobachten, wobei die Sprecher eine Sprache z. B. im Privatleben und die andere in der Schule, bei offiziellen Angelegenheiten usw. verwenden. Typische Vertreter von Ländern mit kollektiver Zweisprachigkeit sind zum Beispiel die bereits erwähnte Schweiz, Kanada oder Belgien. Bis 1993 gehörte auch die ehemalige Tschechoslowakei dazu. Der soziolinguistische Aspekt ist jedoch für diese Publikation nicht relevant und wird daher hier nicht näher erörtert. Aus soziolinguistischer Sicht ist es jedoch notwendig, die so genannte Diglossie vom Bilingualismus zu unterscheiden. Bei der Zweisprachigkeit handelt es sich immer um die Koexistenz zweier Sprachen, die sich voneinander unterscheiden, während es sich bei der Diglossie um eine funktionale Schichtung einer Sprache handelt, bei der es neben der Schriftsprache noch andere Varianten davon gibt, wie die Umgangssprache oder ihre verschiedenen Dialekte.

## **Sprache als Produkt des zentralen Nervensystems**

Die menschliche Sprache. Zwei Wörter, die schon immer Interesse geweckt haben, die wie ein eiserner Magnet die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, die das Ohr schärfen, ganz gleich, ob wir sie aus der Sicht der Wissenschaft oder aus der Sicht der alltäglichen Kommunikation betrachten. Die Sprache des Menschen ist zusammen mit der Fähigkeit des logischen Denkens eine der wunderbarsten Fähigkeiten dieses Geschöpfes. Eines der größten Wunder der Natur findet in Ihnen statt, während Sie diese Zeilen lesen. Denn Sie und ich gehören zu der einzigen biologischen Spezies auf diesem Planeten, die mit der erstaunlichen Fähigkeit ausgestattet ist, ihrer Umwelt mittels eines speziellen Zeichensystems alle ihre Gedankengänge mitzuteilen und so komplexe Informationen zu übermitteln. Mit demselben System empfangen wir dann andere Informationen aus unserer Umwelt zurück. Diese unsere Fähigkeit, die uns von anderen Säugetieren unterscheidet, ist nichts anderes als die menschliche Sprache. Sie ist für uns so natürlich, dass nur wenige von uns wissen, was für ein Wunder sie eigentlich ist. Dabei ist die Sprache für uns eine Art imaginäres Skelett des Denkens. Viele Wissenschaftler glauben sogar, dass das Denken ohne Sprache nicht möglich wäre (vgl. z.B. Vygotsky, 1971). Aber Sprache ist auch ein biologisches Phänomen. Erinnern wir uns daran, dass die Fähigkeit zu kommunizieren letztlich eine Fähigkeit unseres Gehirns ist. Vergleicht man es mit anderen Tieren, deren Kommunikation nicht so weit entwickelt ist wie die menschliche Sprache, so zeigt sich, dass unser Gehirn durch bestimmte Merkmale gekennzeichnet ist, die für die menschliche Sprache wesentlich zu sein scheinen.

Menschliche Sprache. Zwei Worte, die faszinieren. Faszinierend ist der Gedanke, zu verstehen, was in uns vorgeht, wenn wir mit so außergewöhnlicher Anmut mit Sprache arbeiten. Faszinierend ist die Vorstellung, etwas über das Organ zu erfahren, dem wir dieses Wunder verdanken, und ohne seine Vollkommenheit würden wir uns wahrscheinlich durch Schreie oder Gebärden verständigen, die Menschheit hätte keine Fortschritte gemacht, wir würden keine Bücher kennen, wir wüssten nicht, was Theater ist, wir würden keine philosophischen Diskussionen führen. Denn ohne die Vollkommenheit dieses Organs gäbe es keine Sprache. Dieses Organ ist nichts anderes als unser Gehirn.

Aber wissen wir als professionelle Sprachexperten, viele von uns auch als Sprachlehrer, überhaupt etwas mehr über das Organ, das in unserem Schädel verborgen ist, das uns in die Lage versetzt, zu sprechen und das gesprochene Wort zu verstehen, und das uns als menschliche Spezies an die Spitze der Evolutionskette gestellt hat? Ob wir uns dessen bewusst sind oder nicht, jeder von uns lernt heute und jeden Tag etwas Neues (etwas Neues lernen). Und das gilt zweifellos auch für die Sprache als Kommunikationsmittel. Ziel dieses Artikels ist es nicht, in alle Geheimnisse des menschlichen Gehirns einzudringen, es besser zu kennen als die Ärzte, die oft einen bedeutenden Teil ihres Berufslebens der Erforschung des Gehirns widmen. Doch den entscheidenden Moment sehe ich hier, zusammen mit List (1995, 33) darin, dass „Kenntnis der Forschungslage unabhängiger macht, denn man bestimmt dann selbst, welche Legitimationen sich für unterrichtliches Vorgehen mit Hirnvorgängen begründen lassen und welche nicht“. Ich halte diesen Satz für den Kerngedanken, der impliziert, dass man das, was man nicht weiß, weder akzeptieren noch ablehnen kann. Meiner Meinung nach ist es daher notwendig, sich erst einmal eingehend mit dem Thema vertraut zu machen, um dazu Stellung nehmen zu können. Dazu ist es notwendig, sich nicht nur im sprachlichen, sondern auch im medizinischen Bereich umzusehen - einschließlich der Teildisziplinen der Psychologie und der technischen Hilfswissenschaften. Wir sind uns darüber im Klaren, dass dies keine leichte Arbeit sein wird, aber ich denke, dass sie dennoch für die moderne Sprachdidaktik von Nutzen sein könnte. Wir glauben nämlich, dass die moderne Sprachdidaktik dringend neue Erkenntnisse aus den Neuro- und Kognitionswissenschaften benötigt, um innovative und effektive Methoden für den Fremdsprachenunterricht zu finden.

Dieser Artikel hätte nicht geschrieben werden können ohne die freundliche Hilfe von Ärzten, die uns wertvolle Informationen und medizinische Befunde für seine Erstellung zur Verfügung stellten und uns erlaubten, medizinische Aufzeichnungen einzusehen, die der Allgemeinheit sonst nicht zugänglich sind. Deshalb möchte ich den Ärzten der radiodiagnostischen, neurochirurgischen und pathologisch-anatomischen Abteilungen des Universitätskrankenhauses in Prag sowie den Ärzten der neurologischen Abteilung des VFN und der neurologischen Abteilung des Krankenhauses Na Homolce meinen Dank aussprechen. Im folgenden Teil dieses Artikels werden wir zunächst einen kleinen „Ausflug“ in die Welt der Neuroanatomie unternehmen, um uns den Aufbau dieses zweifellos komplexesten Organs unseres Körpers in Erinnerung zu rufen und die Begriffe zu klären, mit denen wir später arbeiten werden.

## **Aufbau und Funktion des zentralen Nervensystems**

### **Aufbau des Gehirns**

Das menschliche Gehirn ist die bei weitem komplexeste Struktur, die wir wahrscheinlich im gesamten Universum kennen. Die außergewöhnlichen Fähigkeiten dieser anderthalb Kilogramm schweren Masse haben es dem Homo sapiens ermöglicht, die Kontrolle über alle Lebewesen zu übernehmen. Dank des Gehirns sind wir in der Lage, Gene zu manipulieren; es ist der Grund, warum es dem Menschen gelungen ist, die Oberfläche des Mondes zu betreten, die *Ode an die Freude* zu komponieren, *Romeo und Julia* zu schreiben und die *Mona Lisa* zu malen. Schon die Anatomen der Antike mit ihrer charakteristischen Neigung zum Vergleich haben bei der Beschreibung des Gehirns gerne auf die Walnuss verwiesen. Die harte Schutzschale (d. h. der Schädel) enthält ein weißliches, reichlich faltiges und flauschiges Gehirn, das von Trennwänden begrenzt und von einer dünnen Membran umhüllt ist, genau wie der Kern des erwähnten Fötus.

Heute würde wohl niemand mehr bezweifeln, dass unser etwa 1400 Gramm schweres Gehirn (Männer wiegen 1470 Gramm, Frauen 1280 Gramm, Schwankungsbreite 1300 bis 2400 Gramm) zu 70 % aus Wasser, Fett (60 % fest) und Eiweiß besteht. Würden wir das Gehirn ausdehnen, hätte es eine Fläche von der Größe eines Kissens. Das Volumen des Gehirns liegt dann zwischen 1500-1800 cm<sup>3</sup>. Das Gehirn ist der Sitz unserer "Seele", der Motor unseres Willens und Denkens, der Träger der Persönlichkeit und des Charakters, der Aufbewahrungsort allen Wissens und Gedächtnisses und nicht zuletzt der Sitz unserer Sprache.

An dieser Stelle seien noch ein paar interessante Fakten über das Gehirn genannt, die dem Leser vielleicht nicht bekannt sind. Das Gehirn verbraucht 20 % des gesamten Energiebedarfs des Körpers an einem Tag. Im Gegensatz zu anderen Organen kann es diese jedoch nicht speichern und benötigt daher eine ständige Energiezufuhr. Interessanterweise ist das Gehirn im Alter von 7 Jahren fast fertig, und im Alter von 10 Jahren erreicht es die Größe eines erwachsenen Menschen. Traurige Tatsache ist, dass die Masse unseres Gehirns mit zunehmendem Alter abnimmt. Bei einem gesunden Lebensstil sterben täglich etwa 86 000 Neuronen ab, das sind 31 Milliarden Neuronen pro Jahr. Bei einer ungesunden Lebensweise steigt diese Zahl noch an. Ein weit verbreiteter Mythos ist die Behauptung, das Gehirn arbeite nur mit 10 % seiner Kapazität. Dies stimmt jedoch nicht, da unser Gehirn auch im Schlaf intensiv arbeitet und unser Gedächtnis dann mehrere Gehirnregionen gleichzeitig für seine Tätigkeit nutzt.

Interessant ist auch, dass die Größe des Gehirns in keiner Weise mit der Intelligenz eines Menschen zusammenhängt. So war zum Beispiel Einsteins Gehirn für einen Menschen relativ klein, während die Gehirne einiger Serienmörder von überragender Größe waren. Je intelligenter ein Mensch ist, desto besser sind die Verbindungen zwischen den Neuronen. Die dichtere Vernetzung wird dann durch die Menge der neuen Reize bestimmt, die das Gehirn erhält. Eine weitere interessante Tatsache ist, dass das weibliche Gehirn früher reift als das männliche.

Die Vorstellung, dass unser Gehirn der Sitz unseres Denkens, unseres Verstandes, unserer Fähigkeiten und Fertigkeiten, unserer Gefühle, unserer Sprache usw. ist, hat sich jedoch nicht immer durchgesetzt. Aristoteles (384-322 v. Chr.) glaubte zum Beispiel, dass der Sitz unserer geistigen Funktionen unser Herz sei. Diese Auffassung, die manchmal als „Kardiozentrismus“ bezeichnet wird, spiegelt sich noch heute in unserer Sprache wider. Von hier stammen Redewendungen wie „sich etwas zu Herzen nehmen“ oder „sich auf das Herz legen“ usw. Wissenschaftler schätzen heute, dass das menschliche Gehirn aus etwa 100 Milliarden (d. h. 100.000.000.000 oder 10<sup>11</sup>) Neuronen (Nervenzellen) besteht. Jedes Neuron stellt eine eigene Zelle dar. Noch zu Beginn des letzten Jahrhunderts glaubten viele Anatomen, dass das Gehirn eine Ausnahme von dem allgemeinen biologischen Grundsatz darstellt, dass alle Gewebe aus einzelnen Zellen bestehen.

Jedes Neuron besteht wie andere Zellen auch aus einem Kern, der sich in einem mehr oder weniger kugelförmigen Teil des Neurons befindet, der als Körper bezeichnet wird. Vom Körper des Neurons gehen eine Reihe von feinen Verzweigungen aus. Diese werden als Dendriten bezeichnet. Aus dem Zellkörper entspringt ein langer, separater Fortsatz, das Axon, das die Hauptleitfaser des Nerven ist. Das Axon teilt sich am Ende in eine Reihe von Armen, die jeweils in winzigen Knötchen enden. Jedes Endknötchen befindet sich in unmittelbarer Nähe, aber nicht in direktem Kontakt mit dem Dendriten eines anderen Neurons. Die Lücke, die als Synapse bezeichnet wird, dient der Übertragung von Erregungen durch chemische Substanzen - die so genannten Transmitter von Nerven erregungen. Erregungen entstehen immer durch Reizung eines oder mehrerer Dendriten eines Neurons, sie konzentrieren sich im Zellkörper, von wo aus sie aus dem Zellkörper weitergeleitet werden. Erreicht die Erregung die Endganglien des Axons, kann sie unter Umständen über Synapsen auf die Dendriten eines benachbarten Neurons überspringen und so ihre Reise fortsetzen. Ein einzelnes Neuron kann in einer einzigen Sekunde bis zu 1.000 Impulse aussenden und bis zu 20.000 Synapsen bilden. Insgesamt gibt es bis zu einer Billion Synapsen

zwischen den Neuronen, was einer Entfernung von 5 Millionen km entspricht, also der 12-fachen Entfernung zum Mond und zurück.

Vereinfacht gesagt, dienen Synapsen der Informationsübertragung sowohl zwischen verschiedenen Teilen des Gehirns als auch zwischen dem Gehirn und anderen Teilen unseres Körpers.

Es gibt zwei Arten von Nervenzellen (Neuronen) im Gehirn, zum einen Pyramidenzellen, deren Axone ausschließlich erregende Synapsen bilden, und zum anderen sternförmige Zellen oder Interneuronen, die nur hemmende Synapsen bilden. Die eigentliche kortikale Informationsverarbeitung wird von beiden Typen dieser Zellen durchgeführt.

Die Wissenschaftler sind sich einig, dass die Grundlage des Lernens und des Gedächtnisses, in Veränderungen der neuronalen Aktivität liegt, und zwar sowohl im sprachlichen als auch im nichtsprachlichen Bereich. So hat der Neuroanatom Ramon y Cajal bereits 1911 auf die Besonderheiten der einzelnen Synapsen hingewiesen. Diese sollen für den Prozess des Erinnerns verantwortlich sein. Insbesondere Synapsen sind für die Funktionsweise des Gehirns sehr wichtig, da sie nicht nur Informationen an andere Neuronen weiterleiten, sondern auch erregend und hemmend auf Informationen einwirken können, d.h. sie entscheiden, ob Informationen weitergegeben (Erregung) oder gehemmt werden (Hemmung).

Damasio und Damasio (1994, 58) gehen davon aus, dass das Gehirn Sprache mit Hilfe von drei verschiedenen interagierenden Zellstrukturen verarbeitet.

Die erste Struktur besteht aus einer großen Population von Zellen, die sich aus Neuronen der rechten und linken Hemisphäre zusammensetzt. Diese Strukturen dienen der Repräsentation von Gedankenkonzepten und sind somit nicht sprachlicher Natur. Sensorische, motorische und gustatorische Reize erzeugen große Bereiche neuronaler Verbindungen, die das Gehirn in Kategorien (wie Farbe, Form, Geschmack) einteilt. Die zweite Struktur besteht aus einer kleineren Anzahl von neuronalen Strukturen, die hauptsächlich in der linken Hemisphäre lokalisiert sind. Die verschiedenen Bereiche der neuronalen Verbindungen repräsentieren Phoneme, Silben, Morpheme oder syntaktische Regeln für die Kombination von Wörtern (vgl. Pulvermüller 1996). Dieses System bereitet die Wortformen während der Sprachproduktion vor und führt die ersten Schritte der Sprachverarbeitung während der Sprachrezeption durch.

Die dritte Struktur stellt eine wichtige Komponente dar, die als Vermittler zwischen den beiden vorherigen fungiert. Ihre neuronalen Strukturen sind ebenfalls vorwiegend in der linken Gehirnhälfte lokalisiert. Diese Gruppe kann einerseits Begriffe empfangen und die entsprechenden Wortformen aktivieren, andererseits kann sie aber auch Wörter empfangen und andere Hirnareale dazu veranlassen, die entsprechenden Begriffe zu aktivieren.

Während der Embryonalentwicklung wird das Gehirn aus den äußeren Keimblättern gebildet, von denen es drei gibt, dem sogenannten Ektoderm. Das Gehirn ist also entwicklungsgeschichtlich mit der Haut verwandt, so seltsam es auch erscheinen mag. In den frühen Stadien der Embryonalentwicklung bildet sich zunächst in der Mitte des äußeren Keimblattes ein Zellhaufen, die so genannte Neuralplatte. Daraus bildet sich schließlich eine flache Rinne und schließlich das Neuralrohr, das röhrenförmige Primordium des zentralen Nervensystems. Am unteren Ende des Neuralrohrs bilden sich das Rückenmark (Medulla spinalis), das verlängerte Rückenmark (Medulla oblongata) und die Varolibrücke (Pons Varoli). Der obere Teil geht in drei Gehirnabschnitte über: das Vorderhirn (Prosencephalon), das Mittelhirn (Mesencephalon) und das Hinterhirn (Rhombencephalon).

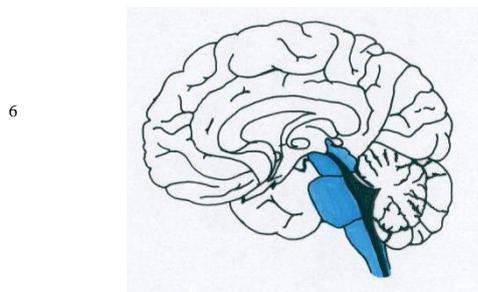


Abb. 1: Hirnstamm (*truncus cerebri*)

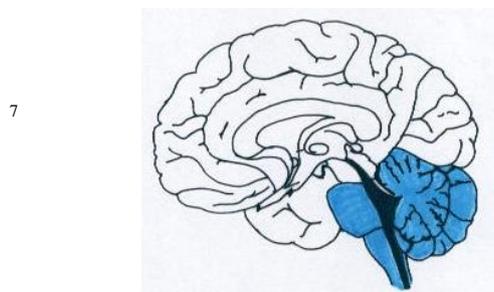


Abb. 2: Hinterhirn (*rhombencephalon*)<sup>1</sup>

<sup>6</sup> Abbildung vom Autor

<sup>7</sup> Abbildung vom Autor

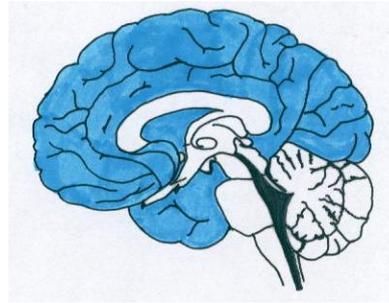


Abb. 3: Vorderhirn (*prosencephalon*)

Teil des Gehirns und des Mittelhirns (Diencephalon), das sich aus fünf Hirnabteilungen zusammensetzt, die sind:

- Thalamus - Struktur, die die Übertragung von Nervenimpulsen aus den peripheren Regionen zur Großhirnrinde ermöglicht,

- der Metathalamus - ist Teil der Seh- und Hörbahnen (Corpora geniculata lateralia und medialis)
- der Hypothalamus - ist das Zentrum vieler autonomer, endokriner und emotionaler Funktionen, er ist mit dem Hypothalamus (Hirnanhangdrüse) verbunden,

- der Epithalamus - wird von der Zirbeldrüse (Corpus pineale) gebildet, dem endokrinen Organ, das Melatonin produziert,

- der Subthalamus - eine Gruppe von mehreren Hirnkernen, die mit der Bewegungsplanung zusammenhängen.

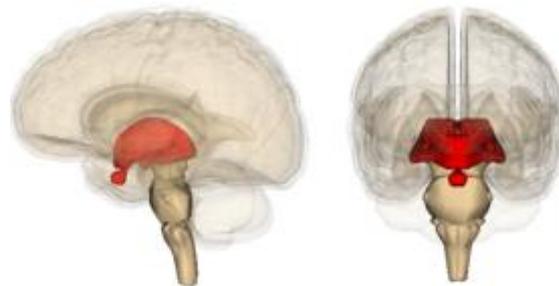


Abb. 4: Zwischenhirn (*diencephalon*)<sup>8</sup>

Einige dieser subkortikalen Kompartimente sind auch am Spracherwerb oder -lernen beteiligt.

An dieser Stelle soll nicht auf alle Bereiche des Gehirns eingegangen werden, sondern nur auf die Bereiche, die für die Sprachverarbeitung relevant sind.

Das Vorderhirn (Prosencephalon) besteht aus dem Großhirn und dem Mittelhirn und ist der größte und am weitesten entwickelte Teil des Gehirns im Allgemeinen. Der größte Teil des Vorderhirns ist das Großhirn (Telencephalon). Es ist unverzichtbar für das Denken und das Gedächtnis, für das Bewusstsein und die höheren geistigen Prozesse. Von hier aus senden die anderen Teile des Gehirns den Input für die Entscheidungsfindung. Hier ist jedoch zu erwähnen, dass nicht nur die Strukturen des Großhirns für die Verarbeitung höherer geistiger Aktivitäten wichtig sind, sondern auch die Strukturen des Mittel- und des Hinterhirns, die sonst vor allem für die automatischen und unbewussten Aspekte des Verhaltens zuständig sind (vgl. Springer, Deutsch, 1995, 332).

Das Hinterhirn (Telencephalon) ist ein halbkugelförmiges Gebilde von etwa 16 cm Länge, 14 cm Breite und etwa 12 cm Höhe. Das Hinterhirn besteht aus der Großhirnrinde, den Basalganglien, dem limbischen System, dem Thalamus und dem Hypothalamus. Nun noch kurz zu den Funktionen der einzelnen Teile. Das limbische System ist funktionell gesehen der Sitz des Gedächtnisses und des emotionalen Verhaltens. Es ist interessant, dass beide Komponenten in diesem einzigen System angesiedelt sind. Emotionen spielen beim Lehren und Lernen von Fremdsprachen eine unbestreitbare Rolle. Dabei ist der Faktor der Motivation entscheidend, wenn nicht sogar der wichtigste für einen optimalen Lerneffekt, vor allem intrinsisch. Das limbische System (Limbus = lateinisch für Kragen, bildet eine Art Kragen um den Hirnstamm) enthält die entwicklungs geschichtlich älteren Teile des Gehirns. Daraus folgt, dass sich alle höheren Gehirnzentren in der Hirnrinde aus dem limbischen System entwickelt haben. Diese emotionalen Bereiche sind durch unzählige Verbindungen mit dem Kortex und dem Neokortex verbunden. Dies erklärt vielleicht, warum Gefühle wie Wut, Leidenschaft oder Angst u. a. zu einem völligen Versagen unserer kognitiven Funktionen führen können (man denke nur an den totalen Gedächtnisverlust bei einer Prüfung). Das limbische System ist in subkortikale und kortikale Bereiche unterteilt. Der Kortex besteht aus Teilen des Allokortex, dem entwicklungs geschichtlich ältesten Teil des Gehirns. Dazu gehören u. a. der an der Hirnbasis gelegene olfaktorische Kortex und der Hippocampus. Zum subkortikalen Teil gehören die

<sup>8</sup> Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diencephalon.png>

Thalamuskern, der Hypothalamus und die Amygdala. Die Aufgabe des Hippocampus besteht darin, Wahrnehmungsmuster zu registrieren und später zu verarbeiten. Er trägt somit zum so genannten episodischen (Kurzzeit-)Gedächtnis bei. Nach heutigem Stand der Forschung ist der Hippocampus also beispielsweise für das Erkennen des Gesichts eines Kollegen zuständig. Der Hippocampus speichert also zusammen mit anderen Teilen der Hirnrinde

Fakten und Details aus unserem Leben, während die Amygdala als eine Art Speicher für unsere emotionalen Erinnerungen fungiert und somit an der Steuerung unserer Emotionen und Aggressionen beteiligt ist. Der Thalamus (Thalamuskern) spielt eine entscheidende Rolle bei der Übersetzung der eingehenden sensorischen Informationen. Diese werden von so genannten neuronalen Gruppen übersetzt, die Fasern zu den entsprechenden Bereichen des Kortex senden. Der Thalamus ist in eine große Gruppe von Kernen unterteilt. Jeder dieser Kerne empfängt Informationen von einem bestimmten Sinnesorgan und leitet diese dann an ein bestimmtes kortikales Gebiet weiter. Dazu gehören beispielsweise das Zentrum für die Wahrnehmung von visuellen (corpus geniculatum laterale), auditiven (corpus geniculatum mediale) und somesthetischen (nucleus ventroposterolateralis) Sinneseindrücken.

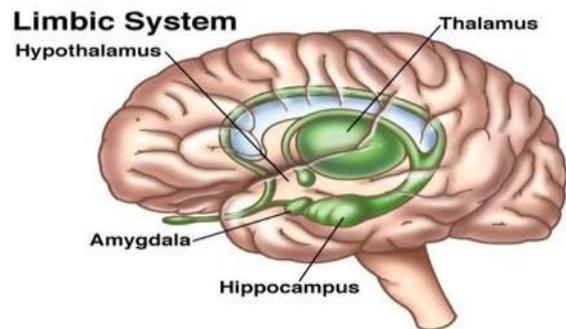


Abb. 5: Limbisches System.<sup>9</sup>

Die Großhirnrinde (Neokortex) schließlich stellt die obere Schicht der Gehirnhälften, der so genannten Hemisphären, dar. Allerdings ist auch die Bezeichnung Hemisphäre nicht ganz zutreffend, denn eine Großhirnhemisphäre entspricht einem Viertel einer Kugel, und nur die beiden Hemisphären zusammen bilden eine Hemisphäre. Zwischen den beiden Hemisphären befindet sich eine tiefe Längsspalte (fissura longitudinalis cerebri - die Furche in der Mitte des Bildes), in deren Tiefe das so genannte Corpus callosum liegt, das die beiden Hemisphären miteinander verbindet, nämlich den Frontal-, den Parietal- und den Okzipitallappen. Dieser Corpus callosum ist etwa 10 cm lang und besteht aus einem Bündel von etwa 200-300 Millionen Axonen, die die beiden Hemisphären miteinander verbinden und es ihnen ermöglichen, miteinander zu kommunizieren. Sobald eine Information die eine Hemisphäre erreicht, leitet das Corpus callosum sie an die andere Hemisphäre weiter. Diese Fähigkeit sollte man sich beim Fremdsprachenlernen zunutze machen, und zwar nicht nur bei Fremdsprachen. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass Frauen eine stärkere Verbindung zwischen den beiden Gehirnhälften haben als Männer. Diese Tatsache wird darauf zurückgeführt, dass Frauen emotional aufnahmefähiger sind, Dinge expliziter benennen können, Farbnuancen besser unterscheiden können und bei der Lösung von Problemen in der Regel beide Hemisphären einbeziehen, während Männer dazu neigen, die Hemisphäre zu nutzen, die für die jeweilige Aufgabe besser geeignet ist.

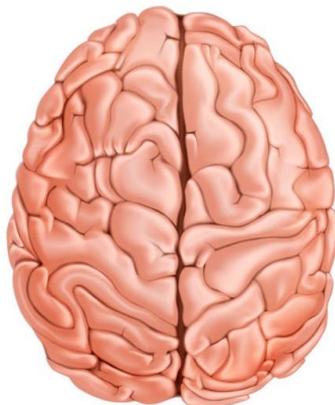


Abb. 5: Fissura longitudinalis cerebri

### Hemisphären des Gehirns

In jeder Hemisphäre lassen sich drei Facies unterscheiden: die äußere konvexe (facies convexa), die untere oder basale (basis cerebri) und die innere (facies medialis). Die Hemisphäre kann in einzelne Lappen unterteilt werden: den vorderen oder frontalen (lobus frontalis), den parietalen (lobus parietalis), den äußeren oder temporalen (lobus temporalis) und den hinteren oder okzipitalen (lobus occipitalis) (siehe Abbildung 1).

<sup>9</sup> Quelle: Limbic System. (2017, June 07). Retrieved from <https://www.assignmentpoint.com/science/biology/limbic-system.html>

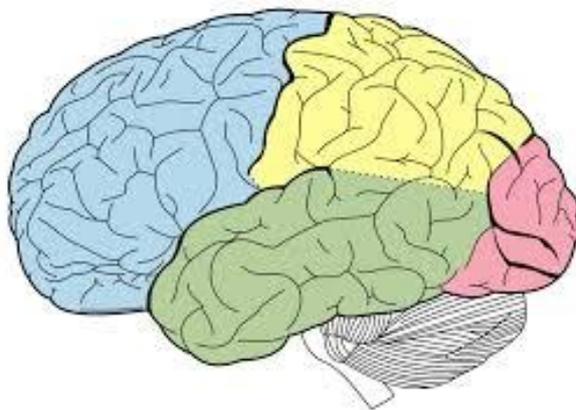


Abb. 6: Die linke Gehirnhälfte (Seitenansicht): blau: Frontallappen (Lobus frontalis); gelb: Parietallappen (Lobus parietalis); grün: Temporallappen (Lobus temporalis); rot: Okzipitallappen (Lobus occipitalis), mit dem Kleinhirn in Grau unter dem Okzipital- und Temporallappen.<sup>10</sup>

Der Frontallappen ist der Sitz der Verhaltensverarbeitung und der Emotionskontrolle, der motorischen Kontrolle, der Sprachproduktion, der exekutiven Funktionen, des Gedächtnisses, der Problemlösung, des Denkens, der Planung, der Motivation usw.. Der Parietallappen ist wichtig für die Wahrnehmung, die Entschlüsselung der Bedeutung von Wörtern, die Arbeit mit der Rechtschreibung, die Verarbeitung von Rechenaufgaben, visuell-räumliche Beziehungen, Aufmerksamkeit usw. Der Temporallappen dient der Sprachaufnahme, der Verarbeitung von auditivem Input, er ist entscheidend für das Gedächtnis, das limbische System, insbesondere dessen affektive Komponente, usw.

Der Occipitallappen ist von unersetzlicher Bedeutung, unter anderem für die Verarbeitung von visuellen Informationen.

Obwohl die beiden Hemisphären symmetrisch erscheinen, unterscheiden sie sich in ihrer Größe und in den einzelnen Funktionen, die sie erfüllen. So lässt sich beispielsweise die Dominanz der Hemisphären bei der Sprachproduktion und -wahrnehmung sehr gut bestimmen. Die überwiegende Mehrheit der Menschen hat eine deutliche Sprachdominanz in der linken Gehirnhälfte. Anhand von klinischen Befunden (früher mit dem so genannten WADA-Test<sup>11</sup>, heute mit der Magnetresonanztomographie) konnte gezeigt werden, dass 96 % der Rechtshänder ein Sprachareal in der linken Hemisphäre haben. Dies deutet darauf hin, dass die Sprachareale seitlich definiert sind. Eine rechtsseitige Sprachdominanz wurde nur bei etwa 15 % der Linkshänder festgestellt. Bei 70 % der Linkshänder bleibt die linke Hemisphäre dominant.

<sup>10</sup> Quelle: <https://i0.wp.com/3shtaar.com/wp-content/uploads/2019/10/%D9%81%D8%B5%D9%88%D8%B5-%D8%A7%D9%84%D8%AF%D9%85%D8%A7%D8%BA.jpg?fit=266%2C190&ssl=1>

<sup>11</sup> WADA-Test - benannt nach seinem Autor. Es handelte sich um einen invasiven Test, der vor neurochirurgischen Eingriffen am Gehirn angezeigt war. Er wurde durchgeführt, indem ein dünner Katheter durch die Oberschenkelarterie in die zu testende Gehirnhälfte eingeführt wurde. Dort wurde eine Natrium-Amytal-Injektion vorgenommen, um die Hemisphäre vorübergehend außer Gefecht zu setzen. Gleichzeitig wurde die Fähigkeit zu sprechen ausgeschaltet. Auf diese Weise wurde die Lateralisierung der Sprache der Person bestimmt. Heute wird diese Methode nicht mehr durchgeführt und durch die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRI) ersetzt.

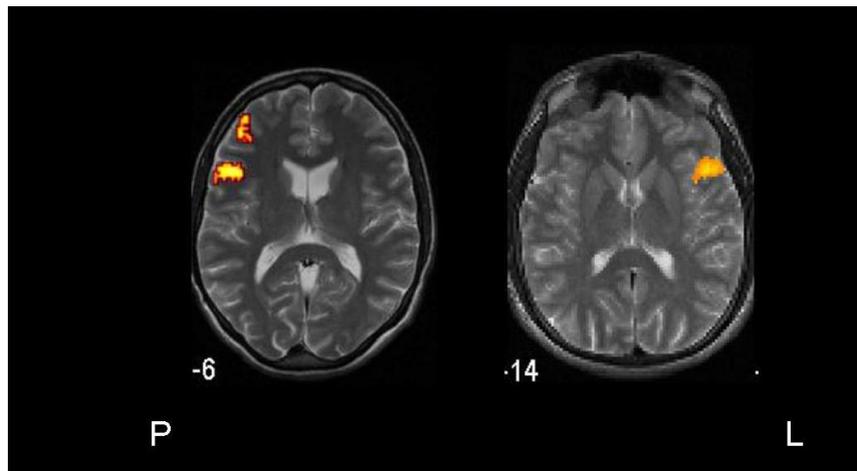


Abb. 6: Verbaler Geläufigkeitstest zum Nachweis der Lateralisierung von Spracharealen (Quelle: Neurologische Klinik der Universitätsklinik in Prag)

Die Dominanz der linken Gehirnhälfte bei der Sprachproduktion kann durch die Tatsache gestützt werden, dass PET-Scans von Rechtshändern eine deutlich bessere Sprachübertragung durch das rechte Ohr gezeigt haben, das hauptsächlich mit der linken Hemisphäre verbunden ist (das so genannte Prinzip der gekreuzten Bahnen). Andere nonverbale akustische Informationen wurden vom linken Ohr wesentlich besser wahrgenommen.

Die Feststellung, dass die Sprachfunktionen der Großhirnhemisphären bei Kindern vor der Einschulung viel genauer definiert sind als beispielsweise bei mehrsprachigen Erwachsenen, ist nicht uninteressant. Es hat sich nämlich gezeigt, dass sich die Lokalisierung mit dem Alter ausweitet und somit einen größeren Bereich der Hemisphäre einnimmt (mehr zur Lokalisierung siehe unten).

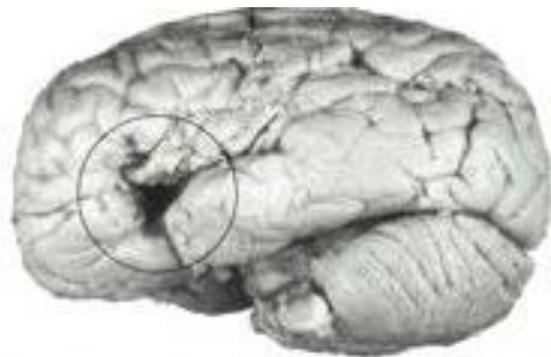
Das Verständnis der Prinzipien, wie unser zentrales Nervensystem funktioniert, könnte in Zukunft in gewissem Maße einige Lehrmethoden beeinflussen (einschließlich anderer Aspekte wie die neuropsychologischen Prozesse des Lernens oder die Rolle des Alters; Kinder werden beim Erlernen von Fremdsprachen lange Zeit angetrieben, zunächst durch den „limbischen“ Einfluss, erst später wird der „kortikale“ Einfluss wichtiger usw.).

### **Die Erforschung der Lateralität des Gehirns**

Doch wie kam es eigentlich zu der Entdeckung, dass die Gehirnhälften unterschiedliche Funktionen erfüllen? Handelt es sich dabei um eine Entdeckung des 20. oder 21. Jahrhunderts, oder sind die ersten Entdeckungen viel älter?

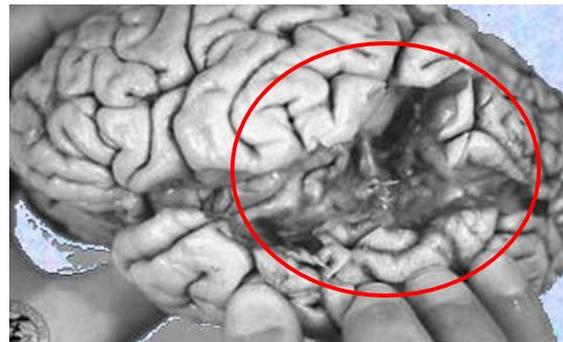
Bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts machte ein Landarzt, Mark Dax, vor einer Versammlung von Gelehrten eine Mitteilung über die funktionelle Abgrenzung der linken Hemisphäre. Dax hatte mehrere Dutzend Patienten mit Aphasie behandelt, und bei der postmortalen Untersuchung der Gehirne seiner Patienten stellte er fest, dass alle eine Beteiligung der linken Hemisphäre aufwiesen. Neu war in seinem Fall nicht die Entdeckung, dass Sprachstörungen auch als Folge einer Hirnschädigung auftreten können; diese Störung war bereits den alten Griechen bekannt. Dax stützte seine Theorie auf die Tatsache, dass jede Gehirnhälfte unterschiedliche Funktionen erfüllt, und auf die Annahme, dass die Sprache von der linken Hemisphäre gesteuert wird, auf drei Parameter - eine linksseitige Läsion, eine Lähmung der Gliedmaßen auf der kontralateralen rechten Körperseite und schließlich eine Aphasie. Die Entdeckung von Dax rief zu seiner Zeit jedoch nicht die geringste Reaktion hervor.

Ein wesentlich größerer Erfolg wurde 1861 von Paul Broca, einem Pariser Chirurgen, erzielt, als er einen Patienten untersuchte, der durch eine sehr schwere Beeinträchtigung der Sprachproduktion gekennzeichnet war. Dieser Patient, ein gewisser Monseigneur Leborgne, konnte nur eine einzige Silbe artikulieren, nämlich die Silbe „tan“ (daher sein Spitzname Tan-tan). Die Frage, was die Ursache für die schwere Behinderung dieses Patienten war, wurde erst bei seiner Autopsie beantwortet. Broca stellte fest, dass der Frontallappen der linken Hemisphäre betroffen war. Später stellte er die gleiche Behinderung post mortem bei mehreren anderen Patienten mit identischen Behinderungen fest. Auch sie hatten an der gleichen Areal (lat. Bereich), dem hinteren Teil des untersten Frontallappens, gelitten (siehe Abbildung 7, rechts).



Dax' Sohn Gustav Dax konnte sich nicht durchsetzen, obwohl er in einem Brief behauptete, sein Vater habe diese Entdeckung bereits gemacht. Broca überzeugte sich durch eine umfangreichere und detailliertere Untersuchung dieser Affektionen, und außerdem lokalisierte er das betroffene Gebiet im Gehirn viel genauer.

Dreizehn Jahre später berichtete der deutsche Neurologe und Psychiater Carl Wernicke über einen Patienten mit einer Sprachproduktionsstörung. Diesmal lokalisierte Wernicke die Läsion jedoch in einem anderen Bereich als Broca vor ihm beschrieben hatte. (Tatsache ist, dass das ursprünglich von Wernicke identifizierte Gebiet nicht so genau definiert war wie das Broca-Areal. Heute haben moderne bildgebende Verfahren bewiesen, dass sich das Wernicke-Areal im hinteren Drittel des Schläfenlappens befindet.) Tatsächlich war bei dem Wernicke-Patienten nicht der Frontal-, sondern der Temporallappen betroffen (siehe Abbildung 8, rechts). Daraus folgt, dass der Begriff Zentrum nicht ganz zutreffend ist (siehe unten) und das von Broca entdeckte Zentrum nicht das einzige Zentrum ist, das für unsere Sprache verantwortlich ist. Der Unterschied zwischen den möglichen Läsionen der beiden Zentren besteht jedoch darin, dass die Broca-Patienten unter einer Beeinträchtigung auf der Ebene der Sprachproduktion litten, während die Wernicke-Patienten eine Beeinträchtigung auf der Ebene der Sprachwahrnehmung aufwiesen. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass Patienten, die von Läsionen des so genannten Broca-Zentrums betroffen waren, entweder gar nicht oder nur mit großen Schwierigkeiten sprechen konnten. Ihre Sprache war unbeholfen, sie stotterten, machten lange Pausen, wiederholten oft dieselben Wörter oder Silben usw. Andererseits waren sie in der Lage, die Bedeutung von Wörtern zu verstehen. Im Gegensatz dazu konnten die Patienten von Wernicke zwar sprechen, hatten ein normales Sprechtempo und eine korrekte Intonation, aber es fehlte ihnen jegliche Logik. Sie produzierten eine Art „Wortsalat“. Darüber hinaus hatten diese Patienten gemeinsame Probleme mit dem Verständnis des geschriebenen und gesprochenen Wortes. Wernicke bezeichnete den Typ der Broca-Aphasie als motorische Aphasie und die von ihm entdeckte Aphasie als sensorische Aphasie.



Neben dieser Aufschlüsselung war Wernicke jedoch der erste, der ein umfassendes Modell der Sprachverarbeitung im Gehirn vorschlug, auf das später aufgebaut wurde. Heute ist dieses Modell durch wesentlich komplexere Modelle ersetzt worden.

Tatsächlich wissen wir aufgrund der wissenschaftlichen Entwicklung bereits, dass die menschliche Sprache nicht nur in diesen beiden Zentren verarbeitet oder gebildet wird. Vielmehr sind weitaus umfangreichere Bereiche an der Produktion und Wahrnehmung von Sprache beteiligt, als Broca und Wernicke ursprünglich annahmen. Aus diesem Grund ist es nicht ganz korrekt, von so genannten Sprachzentren, sondern von „Spracharealen“ zu sprechen. Koukolik (2000) bezeichnet diese Areale als „Knotenpunkte“. Sie sind Orte eines eingegrenzten Profils des Informationsflusses eines Systems, das mit einem Netzwerk verglichen werden kann.

Weitere Experimente zur Lokalisierung einzelner Hirnfunktionen wurden von Wissenschaftlern im letzten Jahrhundert durchgeführt. Gustav Theodor Frisch und Eduard Hitzig stimulierten die Hirnrinde von Tieren mit schwachen elektrischen Strömen. Dabei konnten sie durch die Stimulation bestimmter Areale Bewegungen beim Tier hervorrufen. Heute weiß man, dass nicht nur motorische Bewegungen, sondern auch auditive und visuelle Halluzinationen durch elektrische Stimulation ausgelöst werden können.

Diese Erkenntnisse lassen vermuten, dass unterschiedliche motorische und kognitive Funktionen tatsächlich in verschiedenen Hirnregionen lokalisiert sind. Allerdings konnten diese Experimente damals keine weiteren Informationen über die Lokalisierung höherer kognitiver Funktionen liefern.

Heutzutage untersuchen viele Abteilungen in der ganzen Welt die Gehirnfunktionen. So z.B. Professor Albert Galaburu, ein Schüler Geschwinds, der sich mit der zytoarchitektonischen Erforschung des Gehirns befasst, Professor George Ojeman, ein Neurochirurg aus Seattle, der die Lokalisation von motorischen, sensorischen, mentalen und insbesondere sprachlichen Funktionen im freigelegten Gehirn (in Verbindung mit Hirnläsionen) untersucht hat, oder siehe auch Befunde von S. E. Petersen.

Auf der Grundlage dieser und anderer Studien besteht kein Zweifel, dass jede Hemisphäre unterschiedliche Funktionen ausübt. Der linken Hemisphäre werden beispielsweise die folgenden Denkweisen zugeschrieben: analytisch, sequentiell, seriell, linear, arithmetisch, logisch, syntaktisch, abstrakt, konzeptionell, symbolisch usw. Die linke Hemisphäre ist auch für die Bewegung (auch in der rechten Hemisphäre - PH), das Sehen (auch PH), das Hören (auch PH), das Gedächtnis, das Lesen, das Schreiben, die Sprache, das Sprachverständnis, die numerischen Operationen usw. zuständig. Folgende Fähigkeiten sind typisch für die rechte Hemisphäre: Parallelität, Analogie, Synthetik, Intuition, Konkretheit, Diffusität, Form, und was die Sprache betrifft, z. B. das Entschlüsseln von Metaphern, Ironie, Sarkasmus, suprasegmentale Elemente der Sprache, usw. Darüber hinaus beherbergt die rechte Hemisphäre das räumliche Vorstellungsvermögen, die Fähigkeit zur Verarbeitung von Musik, Rhythmus, emotionaler Wahrnehmung, globaler Wahrnehmung, Erkennung von Gesichtern und räumlichen Beziehungen usw.

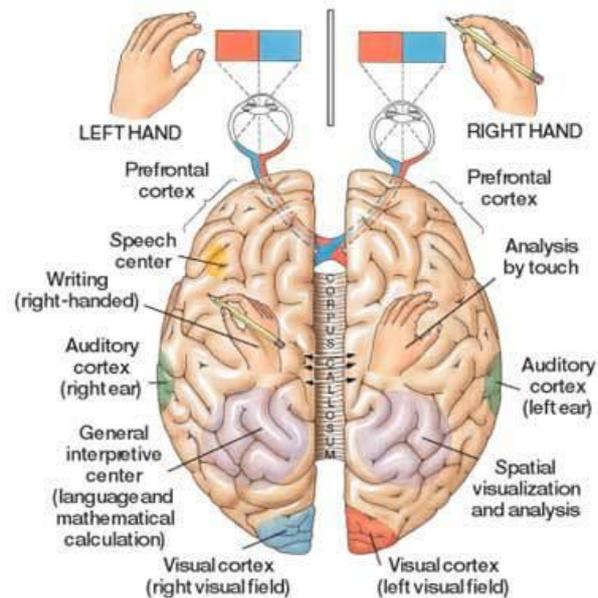


Abb. 9: In zwei Hemisphären unterteiltes Telencephalon mit Funktionsbeschreibung, in der Mitte verbunden durch ein dickes Nervenfaserbündel, das Corpus callosum.<sup>12</sup>

### Aufbau und Funktion der Großhirnrinde

Der phylogenetisch jüngste Teil des Nervensystems ist der Neokortex, der für den Menschen von besonderer Bedeutung ist. Beim Menschen nimmt die Großhirnrinde die Grundfunktionen des Organismus wahr, registriert, integriert und reguliert sie. Um all diese Funktionen erfüllen zu können, war es notwendig, dass sie ihre Oberfläche ständig vergrößert. Wenn wir die Gehirne von niederen Tieren und Säugetieren wie Kaninchen oder Ratten sezieren würden, würden wir feststellen, dass es auf den Gehirnen dieser Tiere keine Oberflächenfalten gibt. Im Gegensatz dazu sind die Gehirne höherer Säugetiere (Hunde, Katzen, Affen oder Menschen) reich an Falten mit zahlreichen Windungen und Einkerbungen (Gyri und Sulci). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Oberfläche des Gehirns dieser Tiere auf relativ kleinem Raum (dem Schädel) immer größer geworden ist. Durch diese Faltenbildung konnte die Hirnoberfläche bis zu einem Mehrfachen vergrößert werden (siehe oben für Informationen zur Hirnoberfläche). Beim Menschen sind die Falten am tiefsten. Dadurch ist die Oberfläche der Großhirnrinde eines Menschen im Verhältnis zu seinem Gehirn und seinem gesamten Körper am größten. Die Großhirnrinde des Menschen, die einen Durchmesser von 2 200 cm<sup>2</sup> hat, ist mit vielen Furchen (Sulci) bedeckt, zwischen denen sich die Großhirngyri (Gyri cerebri) bilden, ist etwa 1,5 bis 4,5 Millimeter dick und hat eine komplexe Struktur, da sie aus Schichten von sechs Lagen von Gehirnzellen besteht.

<sup>12</sup> Quelle: <https://wikisofia.cz/w/images/4/47/Lateralita.jpg>

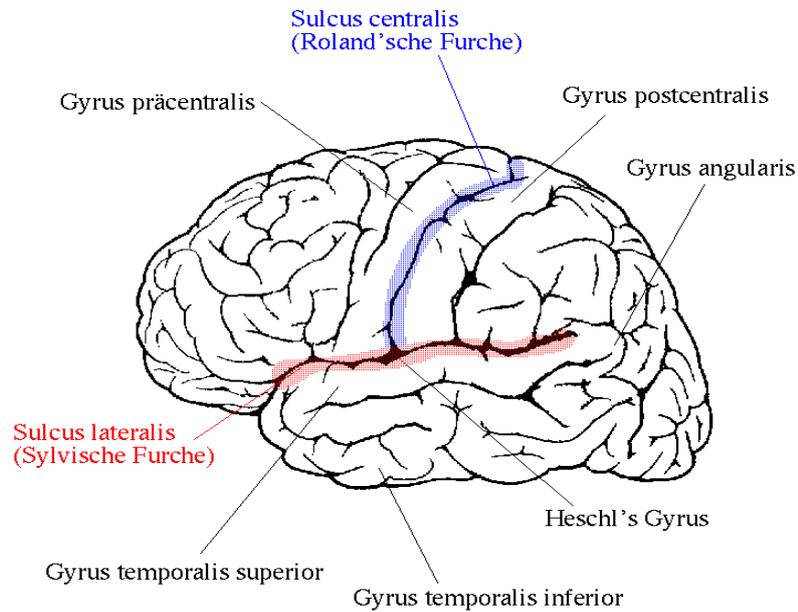
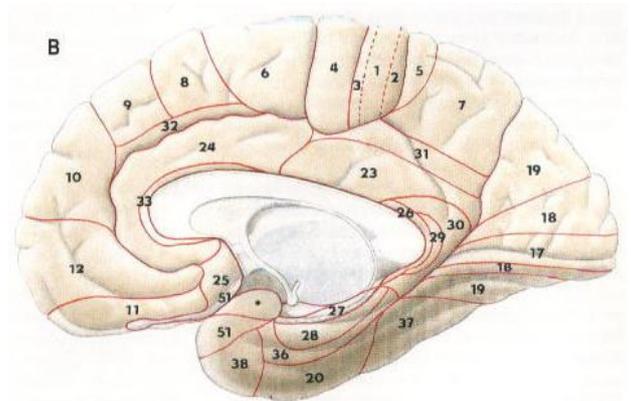
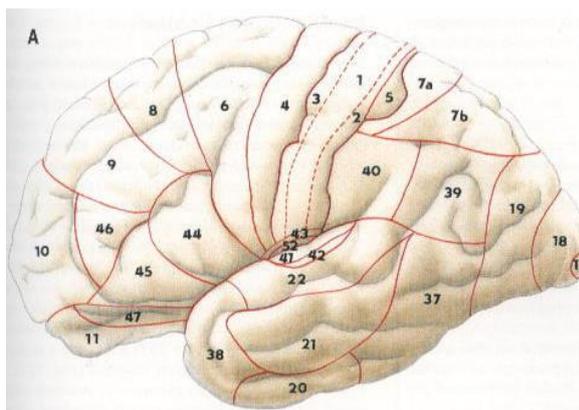


Abb. 11: Hirnfurchen (Sulci) und Hirnwindungen (Gyri)<sup>13</sup>

Es wurden ganze komplexe Karten der Großhirnrinde nach dem Verhältnis der Dicke der einzelnen Schichten erstellt. Das entscheidende Kriterium für ihre Erstellung ist die Architektur der Gehirnzellen. Die berühmteste architektonische Karte des Gehirns wurde von dem deutschen Neuroanatomen Korbinian Brodman im Jahr 1909 gezeichnet - nach ihrem Schöpfer die so genannte Brodman-Karte. Wir werden weiterhin mit dieser Karte arbeiten. Ihr zufolge lassen sich im Gehirn 11 Regionen (regio) und 52 Bezirke (area) unterscheiden, die Brodman nach ihren zytoarchitektonischen Merkmalen bestimmte. Dank dieser Architektur stellte sich heraus, dass bestimmte Regionen der Großhirnrinde ein ganz charakteristisches Bild haben, das manchmal mit der beobachteten Funktion übereinstimmt.



<sup>13</sup> Quelle: Universität Stuttgart. <https://www.ims.uni-stuttgart.de/institut/arbeitsgruppen/ehemalig/ep-dogil/joerg/sgtutorial/architektur.htm>

Abb. 10: Karte der kortikalen Areale nach K. Brodman: Die einzelnen zytoarchitektonischen Areale sind mit den Nummern der Brodman-Karte gekennzeichnet - A - lateraler Bereich der linken Hemisphäre, B - medialer Bereich der rechten Hemisphäre<sup>14</sup>.

Die menschliche Großhirnrinde ist nach der Brodman-Karte in mehrere Areale und Bezirke unterteilt, die sich weiter in die so genannten afferenten (d. h. sensorischen) Teile und die efferenten (Effektor-) Teile unterteilen lassen. Die afferenten Teile empfangen individuelle Signale, während die efferenten Teile Signale von den einzelnen Organen empfangen. Beide Arten der Kortikalbereiche arbeiten sehr eng zusammen. Zu den efferenten Arealen gehören die Projektions- und Assoziationsareale. Die Projektionsareale empfangen Informationen von jeweils einem sensorischen Analysator (z. B. Sehen, Hören, Riechen usw.), während die Assoziationsareale Reize von mehreren Modalitäten empfangen (z. B. Sehen und Hören parallel).

Aus unserer Sicht sind diese Assoziationsareale von Interesse, da sie sich beim Menschen im Frontal-, Temporal-, Parietal- und Okzipitallappen befinden. Es handelt sich um den so genannten präfrontalen Assoziationskortex, den limbischen Assoziationskortex und den parieto-temporo-occipitalen Assoziationskortex.

Zu den Assoziationsgebieten gehören (neben den auditiv-visuellen Assoziationen) auch die Sprachzentren (Areale). Beim Menschen gibt es grundsätzlich drei Sprachzentren:

1. das motorische Sprachzentrum (Areal) - das so genannte Broca-Zentrum (Areal) -, das sich im unteren Teil des Gyrus precentralis und im präfrontalen Assoziationsareal befindet (siehe oben);
2. das sensorische Zentrum - das so genannte Wernicke-Zentrum (Areal) - das sich im parieto-temporo-occipitalen Bereich befindet (siehe oben);
3. das Differenzierungszentrum (Areal).

Das Broca-Areal entspricht den Arealen 44 und 45 in der Brodman-Karte, das Wernicke-Areal dem Areal 22 (siehe Brodman-Karte). Alle diese Areale bilden eine einheitliche Struktur, die in ihrer Gesamtheit an der Sprachproduktion beteiligt ist. Das Wernicke-Areal ist, wie bereits erwähnt, von grundlegender Bedeutung für das Sprachverständnis. Patienten, die aus irgendeinem Grund (Iktus, Trauma) eine Beeinträchtigung des Wernicke-Areals haben, sind oft nicht in der Lage, gesprochene Sprache zu verstehen. In der Medizin wird ein solcher Zustand als sensorische Aphasie bezeichnet. Im Gegensatz dazu ist das Broca-Areal wichtig für die Sprachproduktion. Wenn dieses Areal betroffen ist, können die Patienten keine Sprache produzieren, d. h. sie verlieren die Fähigkeit zu sprechen. Das Differenzierungsareal schließlich, das sich im parietalen Assoziationsgebiet (Areal 39 nach Brodman) befindet, ist für die Wortdifferenzierung wichtig. Nur Menschen sind mit Sprache ausgestattet. Diese einzigartig menschliche Fähigkeit ist auch für das menschliche Denken von Bedeutung. Wie schon oben erwähnt, gibt es sogar Meinungen, dass ohne Sprache das Denken nicht existieren könnte. Aus diesem Grund ist der Mensch auch mit weiteren Sprachbereichen ausgestattet, nämlich für die geschriebene Sprache und für die gelesene Sprache. Diese Areale befinden sich im Bereich der primären visuellen Projektion um die Fissure calcarina (Zentrum des Sehens) (siehe kortikales Feld in Abbildung 10). Wenn diese Areale gestört sind, kann der Patient entweder nicht lesen, Alexie (Wortblindheit), oder nicht schreiben, Agraphie.

Doch kommen wir direkt zu den kortikalen Arealen, die direkt mit der Produktion, der Wahrnehmung und der Rezeption<sup>15</sup> von Sprache zu tun haben, um die es in dieser Arbeit hauptsächlich geht. Diese kortikalen Areale sind: primäre sensomotorische Areale, kortikale Sprachareale und subkortikale Sprachareale.

### **Primäre sensomotorische Areale**

Als primäre sensorische und motorische Hirnareale bezeichnet man diejenigen Bereiche des Gehirns, die Informationen von den Sinnesorganen (d. h. hauptsächlich visuell und auditiv) empfangen oder von denen aus Befehle an die Bewegungsorgane gesendet werden. Aktionspotenziale (Erregungen) gelangen über Nervenfasern (Axone) in das zentrale Nervensystem, wo sie anschließend verarbeitet werden. Die höheren kortikalen Sprachareale des Gehirns benötigen diese Areale, um mit der Außenwelt kommunizieren zu können. Akustische Informationen gelangen über den primären auditorischen Kortex der linken und rechten Hemisphäre in das Gehirn. Diese Areale sind also für die Wahrnehmung des Gehörten verantwortlich. In ähnlicher Weise ist der primäre

<sup>14</sup> Quelle: Čihák, 1997, 377.

<sup>15</sup> Rezeption ist die Fähigkeit, Reize über die Sinnesorgane zu empfangen, Wahrnehmung ist die Fähigkeit des Nervensystems, sich dieser Reize bewusst zu werden.

visuelle Kortex für unsere visuelle Wahrnehmung zuständig. In diesem Fall werden die visuellen Informationen von den Augen zum Gehirn geleitet. Die Aufgabe des primären motorischen Kortex schließlich besteht darin, Nervenimpulse an die Muskeln unseres Körpers zu senden. So werden auch die Muskeln unseres Artikulationsapparates (Zunge, Lippen, Kehlkopf usw.) auf diese Weise innerviert. Die Verarbeitung von Hörreizen ist ein sehr komplizierter Prozess, an dem die Medulla oblongata, das Mittelhirn und der so genannte auditorische Thalamus beteiligt sind. Letzterer ist besonders wichtig für das Sprachverständnis. Der Thalamus ist eigentlich eine Art Schaltzentrale für Sinnesreize, die aus der Umwelt ins Gehirn gelangen. Im Wachzustand werden alle visuellen und auditiven Sinneseindrücke (Bilder, Töne usw.) über den Thalamus an die Hirnrinde weitergeleitet, während dies im Schlaf nicht der Fall ist. Das Mittelhirn wird zur Steuerung von Willkürbewegungen genutzt.

Die primäre Hörrinde befindet sich, vereinfacht ausgedrückt, im Bereich hinter den Ohren, d. h. im Schläfenlappen. Sie befinden sich in den so genannten Heschl'schen Spulen auf der Spitze des Schläfenlappens, die nach Brodman den Arealen 41 und 42 entsprechen. Diese Spulen befinden sich jedoch tief im Gehirn, so dass sie an der Oberfläche des Gehirns nicht sichtbar sind. Stellt man sich jedoch das Gehirn im Sagittalschnitt vor, so sieht man, dass die Hörrinde tief ins Gehirn hineinreicht und dass jedes Ohr über die Hörkerne im Hirnstamm viel besser mit dem gegenüberliegenden primären Hörkortex verbunden ist als mit dem Kortex, der sich auf der gleichen Seite wie das Ohr befindet. Der primäre auditorische Kortex verarbeitet die elementaren Eigenschaften akustischer Reize. So werden hier beispielsweise laute und leise Töne, hohe und tiefe Töne, die Richtung des Schalls usw. unterschieden. Jedes Neuron der subkortikalen Hörkerne empfängt Informationen von mindestens zwei, oft aber auch mehr Neuronen des Systems.

Diesen primären auditorischen Arealen folgen die so genannten sekundären auditorischen Areale, die sich im angrenzenden Gyrus temporalis superior (Areal 22 nach Brodman) befinden. Die sekundären auditorischen Areale und die superioren auditorischen Assoziationsareale verarbeiten komplexere Eigenschaften akustischer Signale, wie z. B. die Tonfrequenz im Zeitverlauf, und sind für die Erkennung des Gehörten, d. h. das Erkennen (Verstehen) von gesprochener Sprache, verantwortlich. Diese komplexen Eigenschaften des akustischen Reizes werden dann von immer komplexeren Neuronen analysiert, bis unser Gehirn in der Lage ist, anhand der vielen Eigenschaften des akustischen Reizes zu erkennen, ob es sich um eine Stimme oder ein Wort handelt.

Der primäre visuelle Kortex befindet sich nicht wie der auditorische Kortex in der Nähe der äußeren Sinnesorgane, sondern ganz hinten, genau gegenüber von ihnen. Bevor die Nervenimpulse zur Hirnrinde gelangen, müssen sie durch das gesamte Gehirn bis zum Okzipitallappen wandern. Die Nervenbahnen werden im inneren Spalt der beiden Gehirnhälften zur Hirnrinde geführt. Bilder, die wir im linken Gesichtsfeld wahrnehmen, werden an den linken primären Kortex weitergeleitet und umgekehrt.

Die Sehbahn beginnt in der Netzhaut mit dem Sehnerv, der etwa eine Million Nervenfasern enthält. Auf der Netzhaut wird die visuelle Wahrnehmung, die die Außenwelt abbildet, empfangen. Auf diese Weise erkennen wir die Form der Objekte, die wir sehen, ihre Farbe, Größe, Lichtintensität und die Bewegung der Objekte. Das Bild eines jeden visuell wahrgenommenen Objekts fällt auf den gegenüberliegenden Teil der Netzhaut, von der linken Hälfte des Gesichtsfelds auf die rechte Hälfte der Netzhaut, von oben nach unten und umgekehrt, da es durch die Augenlinse umgekehrt wird. Wenn der optische Impuls auf die Netzhaut trifft, findet eine chemische Reaktion statt, die in einen Nervenimpuls umgewandelt wird. Dieser wird von der Netzhaut über den Sehnerv durch die Augenhöhle bis zur Schädelbasis weitergeleitet, wo sich die von den inneren Netzhauthälften kommenden Sehnervenfasern unter der Hirnanhangsdrüse an einem Punkt kreuzen, der Chiasma opticum (Sehnervenkreuzung) genannt wird, und zu entgegengesetzten Seiten geleitet werden. Die Kreuzung der Sehnerven ist jedoch nicht vollständig, es kreuzen sich nur die Fasern, die den Impuls aus den nasalen (inneren) Netzhauthälften leiten. Die Fasern aus den temporalen (äußeren) Netzhauthälften kreuzen sich nicht. Die Fasern der Sehnervenbahn (Tractus opticus) verlaufen weiterhin getrennt auf jeder Seite. Eine teilweise Kreuzung der Fasern aus den nasalen Netzhauthälften führt nur dazu, dass z. B. in der rechten Sehbahn Fasern vorhanden sind, die Impulse aus der temporalen Netzhauthälfte des rechten Auges und aus der nasalen Netzhauthälfte des linken Auges, also aus beiden rechten Netzhauthälften, leiten. Es ist jedoch bekannt, dass das Licht aus der linken Gesichtsfeldhälfte auf die rechte Netzhauthälfte fällt, so dass der rechte Tractus opticus Impulse weiterleitet, die das Nervensystem über die linke oder kontralaterale Hälfte des Gesichtsfeldes informieren. Die in der Netzhaut beginnenden Fasern enden im Kern des Thalamus, wo die erste Verarbeitung der Impulse stattfindet. Die hier gespeicherten Neuronen leiten den Impuls in der Regel über ihre in der weißen Substanz der Hemisphären weit verzweigten Fasern an den Okzipitallappen weiter. Hier nimmt die Hinterhauptsrinde der rechten Hemisphäre Impulse aus der linken Gesichtsfeldhälfte wahr und umgekehrt, nur Impulse aus dem Zentrum des Gesichtsfeldes, das visuelle Empfindungen am stärksten wahrnimmt, werden an beide Hemisphären weitergeleitet. Im Kortex ist das primäre

visuelle Areal auf der medialen Seite des Okzipitallappens im und entlang des Sulcus calcarinus (Areal 17 nach Brodman) lokalisiert. In diesen Teilen des Kortex werden die visuellen Impulse dann auf sehr komplexe Weise analysiert.

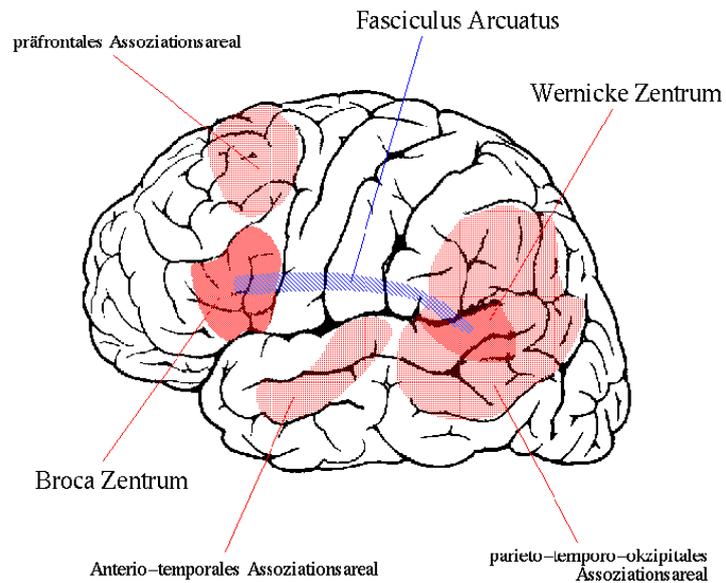
Genauso wie es Bereiche für die Verarbeitung von Sinnesinformationen gibt, die ins Gehirn gelangen, gibt es auch Bereiche im Gehirn, die auf die Übermittlung von Informationen an unsere Umwelt spezialisiert sind. Dies geschieht im so genannten primären motorischen Kortex. Der motorische Kortex erstreckt sich über den Gyrus praecentralis (Areal 4 nach Brodman) (siehe Abb. 10), der im Frontallappen unmittelbar vor dem Sulcus centralis liegt - also an der Grenze zum Parietallappen. Im untersten Teil des motorischen Kortex in der Nähe des Schläfenlappens sind die für die Sprachproduktion wichtigsten Muskeln des Gesichts und des Halses vertreten. Vom motorischen Kortex erhalten diese Muskeln ihre Handlungsimpulse, so dass bei einer Läsion in diesem Bereich des Kortex die entsprechenden Muskeln ausfallen, was zu Störungen der Sprachproduktion führt. Der motorische Kortex einer Hemisphäre steuert die Bewegung der Muskeln der gegenüberliegenden Körperhälfte. Direkt vor der motorischen Hirnrinde befinden sich prämotorische Areale, die komplexe Bewegungen steuern, die aus der Innervation einzelner Muskeln bestehen. Läsionen in diesem Bereich führen dazu, dass zwar einzelne Muskeln innerviert werden, aber ihre gegenseitige Koordination verhindert wird. Dies wiederum hat zur Folge, dass es zu Sprachstörungen im Bereich der Sprachproduktion kommt.

Direkt hinter dem Sulcus centralis liegt der Gyrus postcentralis, der die primäre somatosensorische Rinde darstellt. Er empfängt Impulse von der Haut und den Muskeln sowie von der Zunge und anderen Teilen des Gesichts, die taktile Empfindungen vermitteln und uns auch Informationen darüber geben, inwieweit unsere Muskeln aktiviert sind. Motorische Bewegungen werden in der Regel von somatosensorischen Empfindungen begleitet, und die beiden benachbarten kortikalen Bereiche, motorisch und somatosensorisch, die miteinander verbunden sind, werden allmählich innerviert.

### **Kortikale Sprachareale**

Wie bereits erwähnt, sind die klassischen menschlichen Sprachregionen, die bereits im 19. Jahrhundert beschrieben wurden, das bereits erwähnte Broca-Areal und das Wernicke-Areal. Diese Areale funktionieren jedoch nicht völlig getrennt voneinander, sondern kommunizieren miteinander. Wenn wir uns die Wiederholung des gesprochenen Wortes als Beispiel für eine komplexe Sprachverarbeitung vorstellen, können wir dies nicht auf die Aktivität eines klar definierten Hirnareals stützen, das entweder nur für das Verstehen oder nur für die Artikulation zuständig ist. Dass es eine Verbindung zwischen den beiden Zentren geben muss, wurde lange Zeit angenommen. Aber erst viel später wurde die Existenz eines Nervenfaserbündels zwischen dem hinteren Schläfenlappen und dem Frontallappen (den Bereichen, in denen Broca und Wernicke liegen, siehe oben) tatsächlich bestätigt. Dieses Bündel, das die beiden für die Sprache wichtigen Bereiche des menschlichen Gehirns verbindet, wird als Fasciculus arcuatus bezeichnet (siehe Abbildung 11 - blauer Pfeil). In den 1970er Jahren und in den folgenden Jahren des 20. Jahrhunderts änderte sich mit der Verfügbarkeit neuer bildgebender Verfahren (fMRI, CT und PET) der allgemeine Ansatz zur Untersuchung der neurologischen Grundlagen der Sprache. Damals konnte zum ersten Mal die Lokalisierung von Läsionen im Gehirn, die zu Sprachstörungen führen, an lebenden Patienten untersucht werden. Diese neuen Techniken bestätigten zwar die Bedeutung des Broca- und des Wernicke-Areals für die Sprachverarbeitung, zeigten uns aber auch, dass neben diesen beiden Arealen noch andere Gehirnregionen an der Sprachverarbeitung beteiligt sind. Norman Geschwind, ein Bostoner Neurologe und Autor des neurologischen Modells der Sprache (siehe Kapitel „Neurologische Modelle der Sprache“), trug wesentlich zu diesen Entdeckungen bei. Geschwind zufolge spielt der Gyrus angularis, der sich im unteren Teil des Scheitellappens befindet, eine wichtige Rolle bei der Umwandlung von schriftlichen Informationen in ihre akustische Form. So stellt der Gyrus angularis nach seinem Modell eine Art Tor zum Wernicke-Areal dar, das nur bei visuell wahrgenommener Sprache genutzt wird. Im Prinzip wird heute jedoch nicht nur das Wernicke-Areal als Sprachareal angesehen, sondern auch ein großer Teil des Areals zwischen dem Temporal- und dem unteren Parietallappen. Zu diesem Gebiet gehören nicht nur das Wernicke-Areal und der Gyrus angularis, sondern auch das Planum temporale, der Teil des Gehirns, der direkt hinter dem auditorischen Kortex liegt und für die auditive Sprachverarbeitung von großer Bedeutung ist, sowie der Gyrus supramarginalis im Scheitellappen. Dieser Gyrus supramarginalis befindet sich zwischen dem Gyrus angularis und dem somatosensorischen Kortex.

Abb. 11: Broca- und Wernicke-Zentrum und die Verbindungsstelle zwischen ihnen, der Fasciculus arcuatus (blauer Pfeil).



### Subkortikale Sprachareale

Zu den subkortikalen Spracharealen gehören der Hirnstamm, der Thalamus und die Basalganglien. Der Hirnstamm, der aus der Medulla oblongata, dem Mark und dem Mittelhirn (siehe oben) besteht, verbindet nicht nur die Hirnrinde der Großhirnhemisphären mit dem Rückenmark, sondern enthält auch Zellverbände, sogenannte Kerne, in denen Nervenzellen bestimmte Aufgaben erfüllen. Dabei handelt es sich insbesondere um grundlegende Funktionen des Körpers (Steuerung der Atmung, Wachsein, Schlaf usw.). Lange Zeit ging man daher davon aus, dass unsere höheren kognitiven Funktionen in der Hirnrinde angesiedelt sind, während die basalen Funktionen des Organismus von subkortikalen Bereichen, nämlich dem Hirnstamm, gesteuert werden. Dabei wurden jedoch mehrere wichtige Tatsachen übersehen. Zum einen ist es die Tatsache, dass alle Informationen, die wir von der Außenwelt erhalten, über den Thalamus an den Kortex weitergeleitet werden, bevor sie tatsächlich verarbeitet werden. Auditive Informationen müssen sogar von mehreren subkortikalen Bereichen der Kerne vorverarbeitet werden, bevor sie den Thalamus erreichen.

Andererseits muss Sprache artikuliert werden. In diesem Fall müssen zunächst neuronale „Schaltkreise“ eingeschaltet werden. Zu diesen Schaltkreisen gehören die subkortikal gespeicherten Strukturen der Basalganglien und des Kleinhirns (siehe Kapitel Artikulation von Sprache). Beeinträchtigungen in diesen Bereichen können zum Verlust der Sprache oder der Fähigkeit zu schreiben führen (dasselbe gilt auch für den Verlust der Gebärdensprache). Aus unserer Sicht ist es von Bedeutung, dass die Medulla oblongata zusammen mit der Varol-Brücke an der Sprachproduktion, der Phonation und der Erzeugung von Gesichtsbewegungen beteiligt ist. Darüber hinaus müssen wir bei der Sprachwahrnehmung und -produktion zahlreiche weitere subkortikale Funktionen nutzen, die zwar nicht direkt an der Sprachverarbeitung beteiligt sind, aber dennoch für uns essentiell sind und auf die wir nicht verzichten können. Dazu gehören zum Beispiel die Fähigkeit, Wörter im Langzeitgedächtnis zu speichern oder die Fähigkeit, unsere Aufmerksamkeit auf Sprache zu richten (Konzentration).

Zu den subkortikalen Arealen gehört auch der Thalamus. Diese Struktur des Zwischenhirns (Mittelhirn) befindet sich am oberen Ende des Hirnstamms und ist mit fast allen kortikalen Bereichen des Gehirns reziprok (d. h. hin und her) verbunden. Diese Verbindungen verlaufen über eine Schicht von Neuronen, die den Thalamus wie eine Art Schale umhüllt. Wir nennen ihn den Nucleus reticularis thalami. Aber der Thalamus ist nicht nur eine bloße Schaltstation für Nervenfasern, die zum und vom Kortex führen. Abhängig von bestimmten kognitiven Gegebenheiten entscheidet der Thalamus, ob eingehende oder ausgehende Informationen weitergeleitet werden oder ob sie nicht gesendet werden. Was im Wachzustand an unsere Hirnrinde gesendet würde, wird im Tiefschlaf vom Thalamus blockiert. In ähnlicher Weise fungiert der Thalamus als eine Art Relais zwischen verschiedenen kortikalen Bereichen. Die zur Großhirnrinde gerichteten Afferenzen (sensorisch, visuell, auditiv, gustatorisch) werden im Thalamus wieder zusammengeschaltet (vgl. Mysliveček, Myslivečková-Hassmannová, 1989, 166). Die Weiterleitung der Nervenimpulse erfolgt in Abhängigkeit von unserer Aufmerksamkeit. Wenn wir beispielsweise unsere Aufmerksamkeit auf die visuelle Wahrnehmung richten, werden Informationen, die vom Auge kommen,

im Gehirn bevorzugt. Der Thalamus erfüllt also eine wichtige Aufgabe bei der Auswahl, welche Informationen verarbeitet werden und welche nicht. Der Thalamus kann von Bereichen des frontalen Kortex beeinflusst werden, wodurch die Steuerung unserer Aufmerksamkeit beeinflusst wird. Läsionen des Thalamus führen zu amnestischen Symptomen wie Schwierigkeiten beim Benennen von Bildern.

Andere subkortikale Strukturen, die für das Sprechen wichtig sind, sind die Basalganglien (die anatomisch mit dem Großhirn verwandt sind) und das Kleinhirn, wo die Planung der willkürlichen motorischen Bewegungen stattfindet. Bevor wir eine Bewegung ausführen, wird sie zunächst von unserem Gehirn gründlich programmiert. Selbst eine so triviale Bewegung wie das Werfen eines Steins muss zunächst sorgfältig geplant und in kleinere Sequenzen programmiert werden. Dieser eine Wurf besteht in Wirklichkeit aus einer Vielzahl von einzelnen Muskelbewegungen, die in einer genau geplanten Abfolge nacheinander ablaufen. Diese Planung findet in den Basalganglien statt, die seitlich des Thalamus zwischen dem Mittelhirn und dem Kortex liegen. Bevor der Nervenimpuls vom motorischen Kortex zum entsprechenden Muskel gesendet wird, läuft der Impuls in einer Art Schleife zunächst zu den Basalganglien, von dort zum Thalamus und zurück zum Kortex. Dabei ist es möglich, bereits eine Sekunde vor der eigentlichen Bewegungsausführung EEG-Signale zu messen, die die Aktivität dieser motorischen Planungsschleife anzeigen. Nur wenn diese Planung erfolgreich ist, wird die Bewegung schließlich ausgeführt. Es gibt aber noch eine weitere Kontrollinstanz in unserem Gehirn: das Kleinhirn (anatomisch Teil des Rhombencephalons). Jede Bewegung wird daraufhin überprüft, ob sie perfekt ausgeführt wurde. Diese Bewertung erhält das Kleinhirn durch sensorische Neuronen aus der Haut oder den Muskeln unseres Körpers, die die notwendigen Informationen über das Rückenmark und den Hirnstamm zurücksenden. Im Kleinhirn werden dann die sensorischen und motorischen Impulse miteinander verglichen und bewertet, und wenn ein Fehler festgestellt wird, wird die Bewegung erneut ausgeführt. Warum eine so ausführliche Beschreibung? Weil dieses Prinzip der motorischen Steuerung auch für unsere Sprachproduktion gilt. Auch in diesem Fall besteht die Sprachmotorik aus drei Phasen: Planung, Ausführung und Nachbereitung. Das ist der Grund, warum es bei Läsionen der Basalganglien und des Kleinhirns zu erheblichen Sprachstörungen kommt. Wenn die Basalganglien betroffen sind, ist aufgrund ihrer normalen Funktion der Sprachplanung die expressive Seite der Sprache betroffen. Wenn das Kleinhirn, das am Sprachrhythmus beteiligt ist, betroffen ist, wird dieser Rhythmus unterbrochen und die Sprache wird langsam und undeutlich.

#### Artikulation der Sprache

Physiologisch gesehen kann die Artikulation als eine Kombination aus Phonation (Lautbildung), Kehlkopftätigkeit (lateinisch: Larynx) und Artikulation in der Nasen-Rachenhöhle beschrieben werden. Die im Kehlkopf erzeugte Stimme wird bei der Aussprache durch die so genannten Artikulatoren (Zunge, Unterkiefer und Lippen) verändert. Dadurch werden entweder Konsonanten oder Vokale erzeugt. Der Prozess der Artikulation umfasst jedoch weit mehr als nur die motorische Steuerung des Artikulationsapparates. Diese motorische Kontrolle ist die Aufgabe des motorischen Kortex. Doch bevor die Innervation der Artikulationsmuskeln durch Nervenzellen im primären motorischen Kortex überhaupt erfolgen kann, muss das aus dem begrifflich-semantischen System ausgewählte Konzept des zu sprechenden Wortes in eine Folge von Phonemen umgewandelt werden. Erst dann kommt es zur Aktivierung komplexer motorischer Programme, die zur Reizung primärmotorischer Regionen und schließlich zur Innervation peripherer Muskeln führen.

Lange Zeit galt es als gesichert, dass die Sprachproduktion ausschließlich Aktivität des Broca'schen Sprachareals ist. Diese ursprüngliche Auffassung, die heute nicht mehr ganz korrekt ist, ist jedoch entschuldbar. Das Broca-Areal befindet sich nämlich direkt vor dem motorischen Kortex, nämlich auf der Ebene der Repräsentation der Gesichts- und Artikulationsmuskeln. Zu einer Zeit, als es noch nicht möglich war, die Funktionen einzelner Hirnregionen mit modernen Untersuchungsmethoden zu erforschen, wurde diese Rolle nicht dem motorischen Kortex, sondern dem eng an ihn angrenzenden Broca-Areal zugeschrieben. Heute interpretieren wir die Steuerung des Sprechapparates etwas anders. Wichtig für die Entwicklung einer neuen Vorstellung von der Steuerung der Sprachproduktion in unserem Gehirn war insbesondere eine bestimmte medizinische Studie, in der eine Reihe von Aphasikern untersucht und eine Beeinträchtigung im motorischen Bereich der Sprache (Dysarthrie) diagnostiziert wurde. Das Ausmaß der Hirnläsionen war bei diesen Patienten nicht ganz identisch, wobei die Läsionen waren bei allen in der linken Gehirnhälfte lokalisiert. Mit Hilfe der Computertomographie wurden bei jedem Patienten die spezifischen Läsionsorte in verschiedenen Hirnregionen analysiert. Es stellte sich heraus, dass die kortikale Region unterhalb des Broca-Areals, der so genannte insuläre Kortex, die einzige Hirnregion war, die bei all diesen Dysarthrikern gemeinsam betroffen war.

Die Schlussfolgerungen, die aus den Untersuchungen dieser Hirnläsionen gezogen wurden, zeigen, dass nicht das klassische Broca-Areal, sondern die bis dahin gültige Insula für die Sprachartikulation von Bedeutung ist. Diese Meinung wurde später durch eine Reihe weiterer Studien mit Methoden der funktionellen Bildgebung wiederholt

bestätigt. In diesen Studien wurde zudem gezeigt, dass diese Insula, genauer gesagt ihr vorderer Teil, bei der Sprachplanung mit den subkortikalen Arealen der Basalganglien und mit dem Kleinhirn zusammenarbeitet (siehe Kapitel Subkortikale Sprachareale). Die folgende Studie, die mit Hilfe der Positronenemissionstomographie durchgeführt wurde und bei der die Probanden die gehörten Wörter wiederholen mussten, zeigt das Gehirnnetzwerk, das aktiviert wird, wenn der gehörte Stimulus produziert wird. Das linke Bild zeigt eine hohe Aktivierung der primären und sekundären Hörregionen beider Großhirnhälften. Diese Aktivierung wird durch das tatsächliche Hören der Wörter verursacht. Darüber hinaus lassen sich drei aktivierte Hirnregionen identifizieren, die mit der Artikulation des gehörten Wortes zusammenhängen. Dabei handelt es sich um die anteriore Insula und den Globus pallidus der Basalganglien. Beide sind in der linken Großhirnhälfte lokalisiert. Darüber hinaus kann eine Aktivierung im rechten Kleinhirn beobachtet werden. Die gleiche Aktivierung im linken Kleinhirn ist deutlich schwächer. Dies lässt sich dadurch erklären, dass das rechte Kleinhirn mit kortikalen Bereichen in der linken Großhirnhälfte kommuniziert.

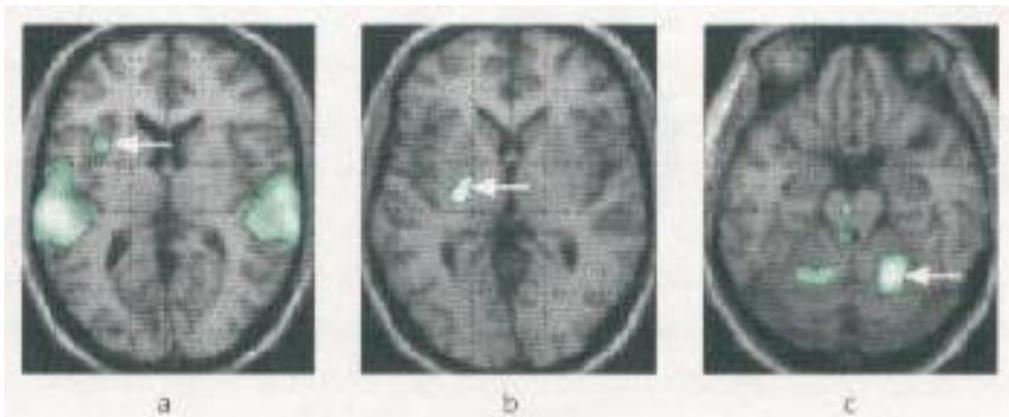


Abb. 12: Diese PET-Studie zeigt die zerebralen Korrelate während der Wiederholung eines überhörten Wortes. Die größte bilaterale Aktivierung ist durch das Hören des Reizworts bedingt (Bild a). Darüber hinaus zeigt sich eine Aktivierung in der vorderen Insula (Pfeil - Bild a), in den Basalganglien (Bild b) und im rechten Kleinhirn (Bild c), die für die Artikulation von Wörtern verantwortlich sind (Herrmann und Fiebach, 2007, 100).

### **Neurolinguistisches Modell der Sprache**

Das erste Modell der Sprache wurde von dem deutschen Psychiater und Psychologen Carl Wernicke vorgeschlagen. Ihm zufolge hat die auditive oder visuelle Wahrnehmung von Sprache ihren Ursprung in einzelnen sensorischen Bereichen des Großhirns, die auf die Verarbeitung auditiver oder visueller Informationen spezialisiert sind. Von dort gelangen diese Wahrnehmungen in den Gyrus angularis, ein assoziatives Areal der Hirnrinde, das auf auditive und visuelle Informationen spezialisiert ist. Dieser Bereich wandelt gesprochene oder geschriebene Sprache in eine neuronale Form um. Dieser Code wird an das Wernicke-Areal weitergeleitet (wie bereits erwähnt, handelt es sich dabei nicht um ein Zentrum im eigentlichen Sinne, sondern um einen größeren Bereich), wo der Code erkannt und mit einer bestimmten Bedeutung assoziiert wird. Ohne diese Assoziation wäre das Verstehen von Sprache nicht möglich. Der Code wird dann in das Broca-Areal übertragen, wo er von einer sensorischen (auditiven oder visuellen) Form in eine motorische Form umgewandelt wird, die es uns wiederum ermöglicht, die betreffenden Ideen zu sprechen oder zu schreiben.

Schon Wernicke vermutete, dass es im Gehirn Verbindungen geben muss, die das sensorische Wernicke-Areal mit dem motorischen Broca-Areal verbinden. Später wurde tatsächlich eine Nervenbahn namens Fasciculus arcuatus entdeckt, die unter anderem diese Funktion erfüllt. Über den Fasciculus arcuatus erreicht das Sprachsignal das Broca-Zentrum, in dem die motorischen Koordinationsmuster des Artikulationsprozesses gespeichert sind. Diese Modelle steuern die primären motorischen Nerven, die die Muskeln des Gesichts kontrollieren.

Eines der ersten komplexeren Sprachmodelle wurde in den 1970er Jahren von dem bedeutenden Bostoner Neurologen Norman Geschwind entwickelt. Seine Arbeit basierte auf dem Modell von Wernicke, das er weiterentwickelte. Das neurologische Modell der Sprache von Geschwind, manchmal auch als Wernicke-Geschwind-Modell bezeichnet, basierte auf langjährigen Studien an Aphasikern. Dabei wurden modernste bildgebende Verfahren wie die Computertomographie eingesetzt, um den Ort der Hirnschädigung bei diesen Patienten zu bestimmen. Bei der Entwicklung seines Modells analysierte Geschwind die Verbindungen zwischen

verschiedenen sensorisch-rezeptiven, assoziativen und sprachlich-motorischen Arealen. Kurz gesagt, Geschwind ging davon aus, dass das Wernicke-Areal für die Begriffsbildung und die Sprachproduktion entscheidend ist.

Es zeigt den Prozess der Verarbeitung des geschriebenen Wortes durch den visuellen Kortex (siehe Pfeile) bis zur Einleitung der Wortartikulation durch den motorischen Kortex. Signale in Form von visuellen Informationen wandern zunächst von der Netzhaut zum visuellen Kortex im unteren Teil des linken Okzipitallappens (Parietallappen) (Areale 17 und 18 nach Brodman). Diesem Hirnareal wird im Wernicke-Geschwind-Modell die Funktion einer Art „Reservoir“ für visuell gespeicherte Informationen (in Form von Buchstaben und Wörtern) zugeschrieben, das an der Umwandlung des visuell-orthografischen Eingangssignals in die auditive Form beteiligt ist. Von dort gelangen die Informationen in den Gyrus angularis (Areal 39 nach Brodman), wo sich das visuelle Assoziationsgebiet befindet, von hier aus dann weiter in das Wernicke-Areal (Areal 22 nach Brodman). Nach dem Modell von Geschwind speichert das dem Gyrus angularis vorgelagerte Wernicke-Areal die auditiv-phonologischen Bilder von Wörtern, die hier auch erkannt werden. Die Informationen werden dann über den Fasciculus arcuatus (ein Nervenfaserbündel) an das im Frontallappen gelegene Broca-Areal (Areale 44 und 45 nach Brodman) und schließlich an das motorische Kontrollareal der gesprochenen Sprache weitergeleitet, d.h. an das Areal der gesprochenen Sprache, das für die Steuerung der Aktivität der Gesichtsmuskeln zuständig ist (Areal 4 nach Brodman).

Bei der bloßen Rezeption eines geschriebenen Wortes ohne anschließende Äußerung visueller Informationen endet die Signalverarbeitung im Wernicke-Zentrum, wo der semantische Aspekt des Wortes aktiviert wird.

Beim Hören des gesprochenen Wortes kann sich das Gehirn eine Reise durch den Gyrus angularis sparen, da die gehörten Worte die „Aufzeichnungen“ im Wernicke-Zentrum direkt aktivieren können. Das gehörte Wort wird also von der primären Hörrinde (den so genannten Heschl'schen Spulen, Areale 41 und 42 nach Brodman, grüner Bereich in Abb. 14) zum Wernicke-Zentrum weitergeleitet, wo es erkannt wird.

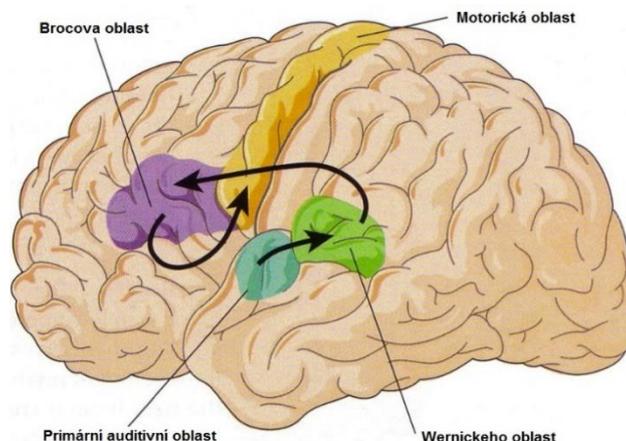


Abb. 13: Primärer auditorischer Bereich - Heschl'sche Gehirnwindungen, grün hervorgehoben.

Wenn wir das gehörte Wort aussprechen wollen, wird die Information über das Wort vom primären auditorischen Kortex zum Wernicke-Areal, von dort zum Gyrus angularis, zurück zum Wernicke-Areal, von dort zum Broca-Zentrum und anschließend in den motorischen Kortex übertragen, der Befehle an die Muskeln der Lippen, der Zunge, des Kehlkopfs usw. sendet.

Überraschenderweise gibt es in diesem Sprachmodell jedoch kein Zentrum, das für die Verarbeitung des semantischen Aspekts von Wörtern zuständig ist, wie in früheren Modellen. Geschwind schrieb diese Rolle dem Wernicke-Areal zu und assoziierte es mit der akustischen Repräsentation. Die Sprachbildung schrieb er dann dem Broca-Zentrum zu. Geschwind's Modell der Sprache wird heute jedoch als zu einfach angesehen und ist inzwischen überholt.

Geschwind machte eine weitere wichtige Entdeckung auf dem Gebiet der menschlichen Kortikalisforschung. Zusammen mit seinen Kollegen fand er interessante individuelle Unterschiede in der Größe und Form einer der Kortikalregionen. Dieser Bereich wird heute als Planum temporale bezeichnet. Es handelt sich dabei um ein Gebiet, das sich direkt hinter dem auditorischen Kortex (Gyrus Heschl, siehe oben) in der Nähe des Wernicke-Areals befindet und wahrscheinlich eine der wichtigsten Hirnregionen für die Sprachproduktion ist. Dieses Areal

ist in der linken Gehirnhälfte zu etwa 65 % größer, bis zu zehnmal größer, während das Planum temporale in der rechten Hemisphäre nur zu etwa 11 % größer ist. Diese Entdeckung könnte als anatomische Grundlage dafür dienen, warum die linke Hemisphäre bei der Sprachproduktion dominant ist (Breedlove und Hampson, 2002: 103). Diese Befunde wurden auch bei Neugeborenen, die in der perinatalen Periode (der Zeit vor der Geburt) gestorben sind, und bei menschlichen Föten (Föten, ab dem 3. Schwangerschaftsmonat als Fötus bezeichnet) bestätigt. Auch bei diesen wurde das Planum temporale gefunden, was darauf hindeutet, dass es eine anatomische Grundlage für die spätere Entwicklung der Sprachfunktionen beim Menschen gibt.

Trotz seiner anfänglichen Anerkennung ist das Wernicke-Geschwind-Modell heute mit einer Reihe von Problemen konfrontiert. So hat die Forschung beispielsweise gezeigt, dass beide Funktionen in beiden Zentren vertreten sind. Das heißt, dass das Wernicke-Zentrum bis zu einem gewissen Grad an der Sprachproduktion und das Broca-Zentrum am Sprachverständnis beteiligt ist.

Darüber hinaus wurden auch geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Lokalisierung von Sprachfunktionen im Gehirn von Männern und Frauen festgestellt (Kimurova, 1987). Kimurova stellte eine größere linkshemisphärische Dominanz der Sprachfunktionen bei Männern als bei Frauen fest. Bei ihnen war die Sprachrepräsentation eher bilateral. Andere Untersuchungen haben gezeigt, dass Männer phonologische Informationen lokaler verarbeiten als Frauen. Sowohl Männer als auch Frauen aktivierten den linken Temporallappen bei der Worterkennung in gleicher Weise. Bei der Verarbeitung von Rhythmus aktivierten Männer jedoch nur den vorderen Teil der linken Hemisphäre, während Frauen die frontalen Teile beider Hemisphären aktivierten.

Kimura ging auch auf die Frage ein, ob Frauen und Männer Sprache unterschiedlich lernen. Studien haben gezeigt, dass Frauen in dieser Hinsicht viel begabter sind als Männer. Ausschlaggebend dafür ist vor allem die unterschiedliche Funktion des Hypothalamus (Teil des Mittelhirns - siehe Seite 8) bei Frauen und Männern. Zusammen mit der Hypophyse steuert der Hypothalamus unter anderem den Hormonspiegel im Körper und damit die Ausschüttung von Östrogen und Testosteron. Kimura neigt zu der Annahme, dass ein erhöhter Östrogenspiegel den Lernprozess positiv beeinflusst. Zum anderen spielt das Corpus callosum, das die beiden Gehirnhälften miteinander verbindet, eine wichtige Rolle (siehe Seite 9). Der Corpus callosum ist bei Frauen viel stärker ausgeprägt als bei Männern. Diese Tatsache wurde in vielen Experimenten nachgewiesen. Die heutigen Modelle der neuronalen Verarbeitung von Sprache sind weitaus komplizierter als ihr Vorgänger, das Wernicke-Geschwind-Modell. Das nachstehende Modell schlägt ein relativ einfaches Schema für die Verknüpfung der uns bereits bekannten Komponenten vor. Es zeigt die Beziehungen zwischen verschiedenen anatomischen Strukturen und den unterschiedlichen Phasen der Sprachverarbeitung. Es sind jedoch auch andere Formen der Verknüpfung möglich. In Anlehnung an Petersen et. al. werden sowohl visuelle als auch auditive Signale von gesprochenen und geschriebenen Ausgaben (Outputs) dargestellt. al, 1988

**Geschlechtsspezifische Unterschiede beim Sprechen**

Zusätzlich zu dem, was bereits erwähnt wurde, können wir auch einige Unterschiede nennen, die bei beiden Geschlechtern offensichtlich sind. Bekanntlich ist die weibliche Sprache fließender, Frauen produzieren in einer bestimmten Zeit eine größere Anzahl von Wörtern als Männer, außerdem sind sie in der Lage, zu sprechen und zuzuhören, während sie parallel eine Tätigkeit ausüben, das sogenannte Multitasking. Die Sprachproduktion und -rezeption ist in beiden Hemisphären des weiblichen Gehirns stärker ausgeprägt. Das weibliche Gehirn verfügt nämlich über mehr Verbindungen im Corpus Callosum zwischen den beiden Hemisphären, und im Gegensatz zu Männern ist die Lateralisierung bei ihnen weniger ausgeprägt.

Interessant ist auch, dass einige Lernbehinderungen bei Jungen und Männern häufiger vorkommen als bei Mädchen und Frauen. Legasthenie ist zum Beispiel viermal häufiger bei Männern anzutreffen. Der Hauptunterschied liegt in der chromosomalen Ausstattung, die bei Frauen vielfältiger ist. Männer tragen bekanntlich sowohl ein X-Chromosom als auch ein Y-Chromosom. Das X-Chromosom, welches die Grundlage für die Entwicklung und das Funktionieren der kognitiven Funktionen bildet und einen hohen Prozentsatz an Genen enthält, die an der Entwicklung des Gehirns beteiligt sind, ist dagegen bei Frauen doppelt vorhanden, während es bei Männern nur einmal vorhanden ist. Das Y-Chromosom, das Frauen nicht besitzen, enthält weniger als 100 Gene, während das X-Chromosom, das Frauen zweimal besitzen, mehr als 1 500 Gene enthält.

### **Die Vorteile der Zweisprachigkeit aus neurowissenschaftlicher Sicht**

#### **Empirische Forschung zur Sprachverarbeitung bei simultan und sequentiell Zweisprachigen**

Die neurophysiologische Forschung der letzten Jahre hat gezeigt, wie das Gehirn primär erworbene Muttersprachen und wie es sekundär erworbene Sprachen verarbeitet. Darüber hinaus wird erforscht, wie sich simultane Zweisprachigkeit (der parallele Erwerb von zwei oder mehr Sprachen ab der frühen Kindheit) und

sequentielle Zweisprachigkeit (der sukzessive Erwerb einer oder mehrerer anderer Sprachen) in der Organisation des Gehirns manifestieren.

Bereits 1997 konnte Karl H.S. Kim von der amerikanischen Corel-University mittels Magnetresonanztomographie zeigen, dass simultane Bilinguale, die in der frühen Kindheit Sprachen erwerben, nur ein Netzwerk von Nervenzellen für beide (oder alle) Sprachen im Broca-Areal aktivieren, während diejenigen, die die andere(n) Sprache(n) später im Leben erwerben, für jede Sprache ein eigenes Netzwerk in ihrem Kortex haben. Dabei sollte davon ausgegangen werden, dass das Alter, in dem eine Sprache erlernt oder erworben wird, ein wichtiger Indikator für die funktionelle Aktivität und anatomische Organisation unseres Gehirns ist. Im Wernicke-Areal hingegen wurden keine Unterschiede gefunden; simultan und sequentiell Zweisprachige aktivierten identische, sich überlappende Areale (vgl. Kim, 1997).

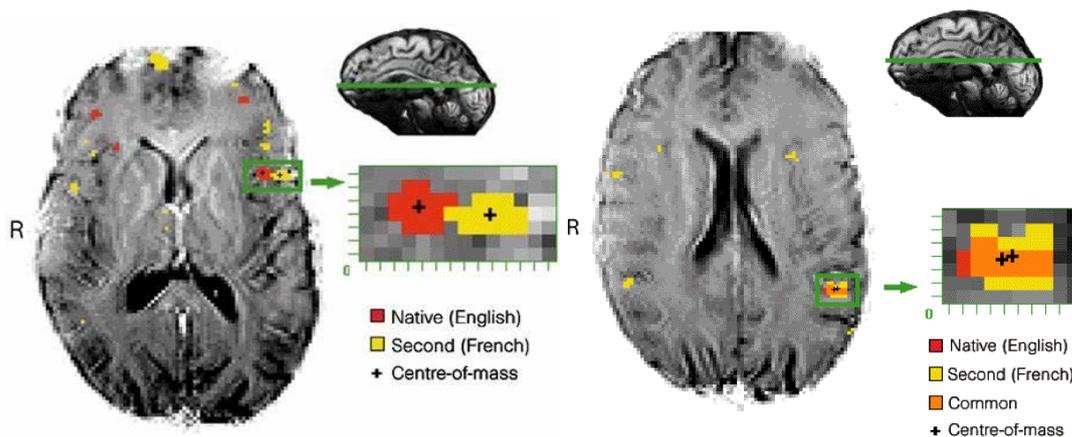


Abb.14: Sequentiell erworbene Sprachen

Simultan erworbene Sprachen<sup>16</sup>

Aus neurobiologischer Sicht ist die neuronale Plastizität unseres Gehirns entscheidend für den frühen oder späteren Spracherwerb. Die neuere Forschung hat versucht, die folgenden Entwicklungsstufen zu definieren (vgl. Benešová, 2009; Kuliš'ák, 2003).

Da pränatale Signale vorhanden sind, kann davon ausgegangen werden, dass sich im kindlichen Gehirn bereits vor der Geburt „Fenster“ zum Lernen öffnen. Bereits vor der Geburt werden im Gehirn des Ungeborenen die ersten neuronalen Verbindungen gebildet. Nach der Geburt kommt es zu einer Phase der Reorganisation dieser Verbindungen, ihrer weiteren Bildung, und bis zum zweiten Lebensjahr erreichen diese Verbindungen eine Zahl von mehr als einer Billion.

Die noch nie dagewesenen quantitativen Veränderungen in der postnatalen Synaptogenese, während der die meisten neuronalen Verbindungen und die Dynamik der neuronalen Organisation aufgebaut werden, sind für die weitere Entwicklung der kognitiven Funktionen äußerst wichtig.

Während sich die für das Individuum relevanten neuronalen Netzwerkverbindungen mit dem Alter stabilisieren, verschwinden nicht mehr benötigte und redundante Verbindungen langsam. Diese Eliminierung beginnt bereits im Embryonalstadium. Der Embryo hat in der 21. Woche noch 1 Million Verbindungen pro mm<sup>3</sup>, während der Erwachsene nur noch 30.000 mm<sup>3</sup> hat. Die Synapsendichte im kindlichen Gehirn erreicht ihren Höhepunkt im zweiten Lebensjahr und nimmt ab dem sechsten Lebensjahr ab.

Mit der Veränderung der Plastizität des Gehirns geht auch eine Verringerung der Möglichkeit einher, neue Verbindungen herzustellen. Bisher bleibt jedoch die Frage offen, wie lange das Gehirn die Fähigkeit behält, neue und neue neuronale Netze zu bilden. Lennenberg (1967) formulierte auf der Grundlage der Tatsache, dass Kinder eine zweite oder andere Fremdsprache wesentlich leichter und schneller lernen als Erwachsene, die Hypothese, dass diese Fähigkeit zur Bildung neuer Verbindungen bis zum Alter von etwa 18 Jahren bestehen bleibt. In dieser Zeit bleiben die oben erwähnten „Fenster“ wahrscheinlich offen. Ob es tatsächlich eine kritische Zeitspanne gibt, ist jedoch noch nicht durch ausreichende einschlägige Forschungsarbeiten eindeutig belegt. Es sollte jedoch bedacht werden, dass die Vorteile dieser kritischen Phase nicht für alle Komponenten der Sprache gleichermaßen gelten. Diese Hypothese ist sicherlich für den phonologischen Aspekt der Sprache gerechtfertigt. Aus eigener

<sup>16</sup> Quelle: Kim, Nature, 1997, S. 171-174.

Erfahrung wissen wir, dass es die Aussprache ist, die sich Kinder mit viel größerer Leichtigkeit und mit viel besserem Endergebnis aneignen als Erwachsene. Dasselbe gilt bis zu einem gewissen Grad auch für die Morphologie einer Sprache. Für den Erwerb der lexikalischen Komponente der Sprache gibt es keine Altersgrenze, und noch weniger für die Pragmatik der Sprache, deren die Kinder geistig noch nicht ausgereift sind, gilt es dagegen nicht mehr so rigide.

Ein wichtiger Punkt beim Spracherwerb ist daher die Aussendung eines frühen Reizes, der zur Bildung und Aktivierung neuronaler Verbindungen führt. Wird der richtige Zeitpunkt für den Beginn des Spracherwerbs verpasst, ist ein späterer Erwerb entweder gar nicht oder nur sehr mühsam und selten umfassend möglich (vgl. z.B. die so genannten „Wolfskinder“). Je mehr Erfahrungen Kinder in ihren ersten Lebensjahren sammeln, je mehr Reizen sie ausgesetzt sind, desto größer ist ihre Fähigkeit, Sprache zu erwerben. Mit anderen Worten: Je mehr Aktivitäten, die beide Gehirnhälften ansprechen, desto besser.

Doch trotz des Gesagten sollten wir uns damit trösten, dass unser Gehirn auch im späteren Leben und sogar bis ins hohe Alter unerwartet neue neuronale Netze bildet, wenn es genügend relevanten Input erhält. Außerdem haben Erwachsene oder sogar ältere Menschen im Gegensatz zu Kindern die Fähigkeit, durch Analogien zu lernen, wozu Kinder noch nicht in der Lage sind. Dies ist wahrscheinlich auf die Nutzung primärer Aktivierungsprozesse zurückzuführen, durch die die neuronalen Korrelate mentaler Repräsentationen miteinander verknüpft werden. Solche Prozesse dienen dazu, die bei Erwachsenen bereits reduzierte Plastizität des Gehirns zu kompensieren. Geht man davon aus, dass das erste neuronale Netzwerk offensichtlich in der Kindheit gebildet wird, und wird das Kind gleichzeitig zweisprachig erzogen, so wird die erworbene Fähigkeit zwei Sprachcodes zu verwenden, in mehr oder weniger demselben neuronalen Netzwerk gespeichert. Dies hat zur Folge, dass sich eine viel dichtere Synapsenstruktur ausbildet, als dies in anderen Teilen des Gehirns der Fall ist. Der Nachteil dieses zweisprachigen Systems besteht jedoch darin, dass unser Gehirn dieses zweisprachige Netzwerk nicht nutzen kann, wenn wir später im Leben eine oder mehrere andere Sprachen erwerben, und gezwungen ist, ein neues neuronales Netzwerk parallel zu dem Bestehenden aufzubauen. Die Tatsache, dass der Prozess des Erlernens einer weiteren Sprache aufgrund der immer geringer werdenden neuronalen Dynamik und der reduzierten Fähigkeit, neue Synapsen zu bilden, sehr viel schwieriger sein wird, erweist sich für uns als ein freudloses Negativum. In einer ihrer Studien untersuchte Professor Franceschini, wie der Kortex von Menschen organisiert ist, die getrennt voneinander mehrsprachig sind, d. h. mehrere Sprachen gleichzeitig beherrschen, diese aber nacheinander erworben haben. Sie gab Probanden Sprachaufgaben und beobachtete mit einem Tomographen deren Gehirnaktivität in der L1, L2 und L3 (Franceschini 2002, 47). Dabei stellte sie fest, dass Simultan-Zweisprachige andere Aktivierungsmuster aufwiesen als Sukzessiv-Zweisprachige: Sie zeigten eine erhöhte Hirnaktivität im präfrontalen Kortex, einem Bereich, der hauptsächlich für exekutive Funktionen wie die Aufmerksamkeitssteuerung zuständig ist.

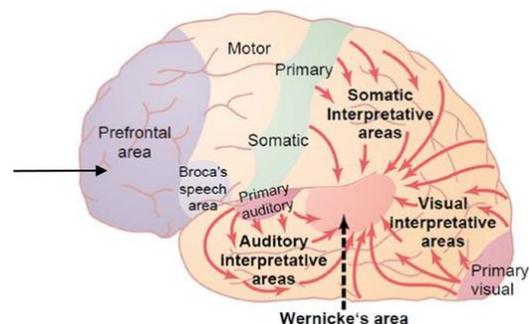


Abb. 14: Präfrontaler Kortex.

Franceschini kommt auch zu dem Schluss, dass simultan Zweisprachige weniger Hirnmasse aktivieren, wenn sie ihre zweite (bis x-te) Sprache verwenden, weniger Hirnaktivität während der Sprachproduktion in beiden (allen) Sprachen zeigen als sukzessiv Zweisprachige und eine neuronale Struktur im Broca-Areal aufweisen, in die andere Sprachen integriert werden können.

Auf der Grundlage der von Franceschini ermittelten Ergebnisse konnte die frühere Hypothese von Kim bestätigt werden, dass unterschiedlich identifizierbare Aktivierungsmuster in separaten neuronalen Regionen bei Plurilingualismus höhere kognitive Anforderungen an das Gehirn stellen als bei simultanen Bilingualen. Das Gehirn ist in diesem Fall nicht mehr in der Lage, die Regeln der Sprache so spielerisch und mühelos zu erwerben wie beim Erstspracherwerb oder beim simultanen Erstspracherwerb. Damals wurden die Regeln durch Versuch und Irrtum automatisiert. In einem späteren Alter muss das Gehirn jedoch auf der Grundlage eines kognitiven Problembewusstseins lernen. Bei der Sprachproduktion sind wir dann damit konfrontiert, die produzierte Sprache unbewusst mit den im Gehirn gespeicherten Regeln zu vergleichen und das Gesagte zu überprüfen. Dieses Moment ist möglicherweise der Grund dafür, dass manche erwachsene Fremdsprachenlerner die Sprache nur zögerlich anwenden, obwohl sie über eine gute sprachliche Grundlage verfügen. Bekanntlich leiden Kinder in der Regel nicht unter solchen Hemmungen im Sprachgebrauch.

Überraschend war jedoch die Feststellung, dass Kinder, die in der frühen Kindheit simultan zweisprachig werden und noch im Säuglingsalter eine weitere Fremdsprache erwerben, diese neue Sprache nicht wie die später sequentiell zweisprachig werdenden Individuen in einem eigens dafür geschaffenen neuronalen Netzwerk speichern, sondern in etwa in demselben neuronalen Netzwerk im Broca-Areal, in dem sie auch ihre erste und zweite zuvor erworbene Sprache speichern. Während unser Gehirn bei späterer sequentieller Zweisprachigkeit oder beim späteren Erwerb einer zweiten Sprache keine Verbindungen mit dem bereits gebildeten neuronalen Netz des Broca-Areals der aktiv benutzten Sprache herstellt, kann das Gehirn beim späteren Erwerb einer dritten Sprache die in der frühen Kindheit gebildeten Netze von Neuronen nutzen, ohne dafür ein weiteres Netz bilden zu müssen.

Durch die frühe simultane Zweisprachigkeit entsteht also ein neuronales Netzwerk im Broca-Areal, das das Erlernen weiterer Sprachen funktionell ermöglicht. Das frühe mehrsprachige neuronale Netzwerk ist ausreichend anpassungsfähig, um die Integration von später erlernten Sprachen zu ermöglichen. Diese Ergebnisse werden durch andere Forschungsarbeiten gestützt, die gezeigt haben, dass die Integration mehrerer Sprachen in denselben Gehirnregionen im Wesentlichen keine neurobiologischen Grenzen kennt. So scheint das Gehirn für Sprachen, die gleichzeitig als Erstsprache erworben werden, entweder genau dieselben oder überlappende Bereiche zu nutzen. Auf dieser Ebene unterscheiden sich die Lokalisationen der Sprachen nicht voneinander.

Wie in der Einleitung erwähnt, ist die Annahme, dass die Sprachproduktion und -wahrnehmung in nur zwei Arealen stattfindet - d. h. früher in den so genannten Broca- und Wernicke-Zentren - überwunden worden. Die Sprachfunktionen sind nicht auf wenige Areale beschränkt, sondern verteilen sich über den gesamten Kortex und reichen bis in den inferioren linken Thalamus. Man kann also davon ausgehen, dass Sprachproduktion und -wahrnehmung zwar in mehr oder weniger getrennten Modulen verarbeitet werden, diese aber in komplexen Netzwerken von Nervenzellen, die zum Teil sogar parallel arbeiten, eng miteinander verbunden sind. Neben dem Wernicke-Areal sind auch die angrenzenden Teile des linken Frontallappens bei der Sprachverarbeitung aktiv, ebenso wie andere Areale des Frontallappens in der Nähe der Sylviusfurche beim Broca-Areal. Die einzelnen Areale spielen spezifische Rollen. Stark vereinfacht ausgedrückt, analysiert das Spracherkennungssystem im auditorischen Kortex der linken und rechten Hemisphäre zunächst akustisch-phonetische Schallwellenassoziationen in ihren disjunkten Einheiten. Anschließend filtern Teile des Temporal- und Frontallappens in linkshemisphärischen Arealen Wortkategorien heraus, in denen die für das Verständnis der syntaktischen Struktur wichtige Unterscheidung zwischen Substantiven und Verben stattfindet, und erst im dritten Schritt werden jene Hirnareale aktiviert, die für die semantische Analyse, also für das inhaltliche Verständnis der Äußerung, zuständig sind. Detaillierte Tests zeigten die Lokalisierung der syntaktischen und semantischen Informationen im Wernicke-Areal, entsprechend dem vorderen, mittleren und hinteren Teil des fraglichen Areals. Während der vordere Teil des Gehirns die Satzstruktur und der mittlere Teil die Wortsemantik analysiert, scheint der hintere Teil des Wernicke-Areals an beiden Analysen beteiligt zu sein. Es ist also möglich, dass er für die grammatischen Beziehungen zwischen Wortbedeutung und Satzstruktur verantwortlich ist (Friederici, 2003, 44).

Weitere Vorteile der Mehrsprachigkeit zeigen sich in Forschungsarbeiten, die sich mit der Struktur des Gehirns befassen haben. Eine solche Studie wurde 2004 von Mechelli und seinen Kollegen durchgeführt. Sie kamen zu dem Schluss, dass der Erwerb einer zusätzlichen Sprache zu einer Verdickung der grauen Substanz (Substantia grisea) in einer Hirnregion, dem linken inferioren parietalen Kortex, führt, der für kognitive Kontrollprozesse wie die selektive Aufmerksamkeit zuständig ist. Er stellte ferner fest, dass die Verdickung der grauen Substanz von der Kompetenz und dem Alter der Probanden abhängt. Die Masse nimmt mit zunehmender Kompetenz in einer bestimmten Sprache zu. Umgekehrt nimmt sie in Korrelation mit dem Alter ab. Die Dichte ist beim frühen L2-Erwerb ab einem Alter von 1,5 Jahren am höchsten, aber wenn wir eine Sprache nach dem Alter von 10 Jahren lernen, ist die Zunahme der Masse deutlich geringer. Wie seine Kollegen, die vor ihm das Gehirn in Bezug auf Sprache untersucht haben, kam er zu dem Schluss, dass simultan zwei- oder mehrsprachige Personen eine neuronale Struktur im Broca-Areal besitzen, in die später andere Sprachen integriert werden können.

Die Vorteile der Zweisprachigkeit und Mehrsprachigkeit für den Einzelnen ausgehend von den oben genannten Fakten lassen sich mehrere Aspekte formulieren, die für Menschen, die in ihrem Leben mehr als eine Sprache sprechen, von Vorteil sein können.

Zwei- und mehrsprachige Menschen haben einen besseren Zugang zu mehr Informationen, können diese kognitiv besser verarbeiten und verfügen über ein besser entwickeltes abstraktes Denken. Wir betrachten dies als einen kognitiven Aspekt.

Zweisprachige und mehrsprachige Menschen haben bessere Zukunftschancen im Studium und im Beruf. Die Kommunikation in mehreren Sprachen ist eine Grundvoraussetzung für viele Arbeitgeber. Dies ist ein pragmatischer Aspekt.

Zwei- und mehrsprachige Menschen können mehrere Sprachen gleichzeitig verwenden, um neue Kenntnisse und Fähigkeiten zu erwerben - der kognitiv-pragmatische Aspekt.

Zweisprachigkeit und Mehrsprachigkeit sind ein Mittel, um andere Kulturen kennen zu lernen (Literatur, Kunst, persönliche Kontakte), was wir als ästhetisch-emotionalen Aspekt betrachten.

Zweisprachige und mehrsprachige Menschen sind toleranter gegenüber ihrer Umgebung und anderen Kulturen, sie sind offener und nehmen leichter und ohne Vorurteile Kontakt zu anderen Kulturen auf = sozialer Aspekt. Zweisprachige Menschen können als Vermittler zwischen Sprachen und Kulturen agieren, dies ist der psychosoziale Aspekt. (Vgl. Lachout, 2017; Mechelli et al. 2004, 757)

### **Didaktische Schlussfolgerungen**

Einer veröffentlichten UNESCO-Statistik zufolge wachsen heute über 60 % der Weltbevölkerung zwei- und mehrsprachig auf. Der Grund für dieses Phänomen kann unter anderem in einer zunehmend globalisierten Welt und der damit verbundenen zunehmend globalisierten Kommunikation liegen. Gleichzeitig hat sich gezeigt, dass die Tendenz zur Zwei- und Mehrsprachigkeit aufgrund des globalen Bedürfnisses nach gegenseitiger und einfacher Kommunikation mit anderen Menschen weiter zunimmt. Die Bedingungen für die Entwicklung einer simultanen Zweisprachigkeit sind jedoch nicht für alle Bewohner des blauen Planeten gleich, und wir müssen uns daher fragen, ob es nicht auch für weniger privilegierte Schüler und Studenten Hoffnung gibt, dieses hohe Niveau der fließenden Kommunikation in einer Fremdsprache zu erreichen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob die Bildung neuer Sprachnetzwerke tatsächlich eine zwangsläufig geringere Kompetenz in der Sprachproduktion und -wahrnehmung beim späteren Erwerb einer Fremdsprache impliziert. Wenn man darüber nachdenkt, muss man diese Frage grundsätzlich bejahen, es sei denn, das Kind ist von frühester Kindheit an in einer zweisprachigen Familie oder später im zweisprachigen Kindergarten oder in der Grundschule der Fremdsprache ausgesetzt. Wenn dies nicht der Fall ist, können wir zumindest versuchen, diese Defizite auszugleichen, indem wir versuchen, dieses „neuronale Handicap“ durch kognitive Anstrengung, Übung, Fleiß und Motivation zu kompensieren.

In Forschungs- und Vergleichsstudien mittels Positronen-Emissions-Tomographie wurden bei sequentiellen Zweisprachlern zwar nahezu muttersprachliche Kompetenzen in den Bereichen Sprachverständnis, verbale Reaktionsgeschwindigkeit und Redefluss beobachtet, andererseits zeigte sich, dass diese Probanden bei der grammatikalischen Korrektheit der Sprache oder auf der phonetischen Ebene kein so hohes Kompetenzniveau erreichten (vgl. Perani, 1998). In einer der Studien mussten die Probanden Sätze mit grammatikalischen und lexikalischen Fehlern korrigieren. Während der Durchführung der Aufgaben wurde ein hochsignifikanter Unterschied in der Hirnaktivierung zwischen den beiden Arealen festgestellt, der signifikant zugunsten der grammatikalischen Aufgabe ausfiel, was darauf hindeutet, dass das Alter, in dem die Probanden die Sprache lernen, einen Einfluss auf die Durchführung einer bestimmten Aufgabe hat (Wartenburger 2003, 165). Während die fehlerhaften Wörter sowohl bei den simultanen als auch bei den sequenziellen Bilingualen identische Hirnareale aktivierten, wurden bei grammatikalischen Fehlern in beiden Gruppen unterschiedliche Gruppen von Neuronen im Broca-Areal aktiviert. Dies deutet darauf hin, dass das Lexikon bei den Personen, die die Sprache erst später erlernten, zwar noch verankert war, die Grammatik aber nicht mehr in all ihren Nuancen assimiliert wurde. Noch schlechtere Ergebnisse werden bei der Aussprache ohne fremde Akzente erzielt. Zwar gibt es in der Großhirnrinde nach der Geburt ein bestimmtes neuronales Netzwerk, das in der Lage ist, jedes Phonem dieser Welt aufzunehmen und zu verarbeiten, aber schon nach wenigen Monaten filtert das Gehirn des Säuglings die Phoneme heraus, die nicht zum phonetischen System seiner Sprache gehören, und im Laufe des ersten Lebensjahres verliert es zunehmend die Fähigkeit, fremde Phoneme eindeutig zu identifizieren, da diese für sein Überleben nicht relevant sind. Dies ist der Grund dafür, dass wir beim späteren Erwerb einer Fremdsprache bestimmte Silben meist nicht mehr deutlich hören und daher meist auch nicht richtig bilden können. Nicht zuletzt spielt auch die Tatsache eine Rolle, dass sich nicht nur das Gehirn, sondern auch unsere Sprachorgane an die Aussprache der Vokale unserer Sprache angepasst haben und nicht etwa an die Aussprache der deutschen Rundvokale, des akzentuierten „r“, des russischen weichen „l“ oder des englischen „th“. Im obigen Text haben wir erwähnt, dass die rechte Hemisphäre neben der linken auch maßgeblich an der Sprachverarbeitung beteiligt ist, und zwar nicht nur an der auditiv-phonologischen Analyse von Sprache, die in beiden Hemisphären stattfindet, sondern vor allem an der prosodischen Aufnahme von Informationen, die durch Bedeutungsnuancen gekennzeichnet sein können. Da die rechte Hemisphäre hauptsächlich auf die globale

Wahrnehmung der umgebenden Welt, auf die Verarbeitung von Musik, Rhythmus, Emotionen oder Bildern ausgerichtet ist, darf ihre Beteiligung am Fremdsprachenunterricht nicht vernachlässigt werden. In der Literatur finden sich auch Meinungen, die einen interhemisphärischen Fremdsprachenunterricht oder sogar einen interhemisphärischen Grammatikunterricht befürworten (vgl. z.B. Hager 1993 oder dramapädagogische Ansätze). Insbesondere kann ein Lehrer im Geiste der Schola Ludus von Comenius ein Theaterstück für seine Schüler vorbereiten, in dem jeder von ihnen eine bestimmte Rolle erhält und alle gemeinsam eine Geschichte erarbeiten. Dies kann zum Beispiel dazu dienen, die Vergangenheitsform von Verben zu üben und zu festigen, aber auch den Wortschatz zu erweitern. Die Schüler können in Überlebende und Journalisten aufgeteilt werden, wobei die Journalisten den Überlebenden Fragen dazu stellen, was vor dem Schiffbruch geschah, was sie auf der einsamen Insel erlebten, wie sie ihre Zeit verbrachten usw. Darüber hinaus können die Schüler in kleinen Gruppen jede Aktivität mit einer Pantomime oder einer Zeichnung der Insel begleiten. Um den Eindruck zu verstärken, kann die Lehrkraft vor der Aktivität eine Aufnahme eines dröhnenden Schiffes, Meeresrauschen, singende Papageien, einen Ausschnitt aus dem Film „Der Schiffbrüchige“ oder einen Auszug aus Robinson Crusoe usw. abspielen. Durch den Einsatz der Vorstellungskraft (das Moment der Geschichte) in Verbindung mit Bewegung (Pantomime) und der Wahrnehmung von Klängen oder Bildern wird nicht nur die linke, sondern auch die rechte Gehirnhälfte aktiviert, wodurch die Kapazität des Gehirns viel effizienter genutzt wird als im Falle seiner einseitigen Beteiligung.

Die Anwendung neurowissenschaftlicher Erkenntnisse, d.h. mit dem Prinzip, möglichst viele Sinne einzubeziehen, hat in der Fremdsprachendidaktik Tradition. Nicht nur J. A. Comenius, dessen Werk *Orbis sensualia pictus* oder die oben erwähnte Schola Ludus dies belegen, war sich bewusst, dass die Multimodalität der Wahrnehmung des Lernstoffs positiv zu dessen besserer Behaltensleistung beiträgt, sondern auch schon viele Jahre früher waren sich griechische Rhetoren bewusst, die nicht nur Bilder selbst, sondern auch visuelle Bilder von vertrauten Orten mit dem zu lernenden verbalen Stoff verbanden (die so genannte Ortsmethode), um sich den Text besser zu merken. Ähnliche Prinzipien wenden wir heute im Fremdsprachenunterricht an, wenn wir verschiedene Gedächtnisstrategien üben. So eignet sich zum Beispiel die Mind-Mapping-Methode für den Wortschatzerwerb, während die Ortsmethode eingesetzt wird, um Sachdaten oder Regeln besser zu behalten, und ähnlich kann die Akronym-Methode oder die Reim-Methode eingesetzt werden, um die Regeln der deutschen Grammatik zu lernen (aber, denn, und, sondern, oder = ADUSO - und der Satz bleibt so oder und, aber, oder, denn - wir beginnen mit einem Subjekt, etc.) ) oder beim Üben der richtigen Rechtschreibung (Wer nämlich mit H schreibt, ist dämlich). Eine sehr geeignete Methode für den Grammatikunterricht ist auch eine, bei der die Schüler eine Geschichte erfinden müssen (z. B. beim Üben von Verbformen in der Vergangenheitsform oder beim Üben der schwachen und gemischten Deklination von Substantiven, Pluralformen usw.). Wenn die Geschichte unter Berücksichtigung der Interessen der Schüler erstellt wird, fördert dies auch ihre Lernmotivation. Bei der Darstellung grammatikalischer Regeln ist es mehr als angebracht, das Element der Visualisierung zu nutzen, d.h. die grafische Darstellung der Regeln (z.B. die Stellung eines Verbs mit trennbarer Vorsilbe im Hauptsatz sollte als Schlange dargestellt werden, der Vergleich von Adjektiven als Treppe, usw.): „Dem Schüler gehört die Arbeit, dem Lehrer die Leitung. Legen Sie dem Schüler gemäß dieser Richtlinie die Werkzeuge immer so in die Hand, dass er sich bewusst ist, dass er arbeiten muss, und dass er sich nichts als fern, unzugänglich und schwierig vorstellt; Sie werden in ihm bald Interesse, Lebendigkeit und Lust wecken“ (Komenský, 1946). Mit anderen Worten: Was der Schüler selbst tun kann, soll er selbst tun. Geben wir grünes Licht für die Entwicklung der Selbstständigkeit unserer Schüler. Untersuchungen haben nämlich gezeigt, dass wir uns an 10 % des Gelesenen erinnern, an 20 % des Gehörten, an 30 % des Gesehenen, an 50 % des Gehörten und Gesehenen, an 70 % des Gesagten und an 90 % dessen, was wir selbst getan haben. Auch dies ist ein Beweis dafür, dass das Gehirn multimodale Informationen viel besser behalten kann.

Die Vorteile der Zweisprachigkeit und der Mehrsprachigkeit haben wir bereits oben aufgeführt. Die Ereignisse der letzten Monate haben uns gezeigt, dass die Zahl der zweisprachigen Kinder und mehrsprachigen Schüler in den tschechischen Schulen zunimmt und auch in Zukunft weiter steigen wird. Es ist notwendig, sowohl die derzeitigen als auch die künftigen Lehrer in ihrer Berufsvorbereitung auf diese Situation vorzubereiten. Aus eigener Erfahrung wissen wir jedoch, dass viele Lehrerinnen und Lehrer die Zwei- und Mehrsprachigkeit manchmal noch übersehen (vgl. Krumm 2004). Unserer Meinung nach sind in Zukunft weitere Forschungen zur Mehrsprachigkeit notwendig.

Wir sollten daher die Erkenntnisse der aktuellen Neurowissenschaften im Auge behalten und versuchen, sie auf den Fremdsprachenunterricht anzuwenden. Auf diese Weise können wir unseren Schülern die ohnehin schwierige Entdeckungsreise erleichtern.

## Literaturverzeichnis

- APELTAUER, E. 1987. *Gesteuerter Zweitspracherwerb: Voraussetzungen und Konsequenzen für den Unterricht*. München, Hueber Verlag.
- BAUSCH, K. R., Königs, F. G., Krumm, H.J. (Hrsg.) 2004. *Mehrsprachigkeit im Fokus*. Tübingen : Narr Verlag
- BENEŠOVÁ, M., PREISS, M., KULIŠŤÁK, P. 2009. Neuroplasticita lidského mozku a její význam pro psychologii. In *Česká a slovenská psychologie*, 53(1), s. 55-67.
- BHATIA T. K., RITCHIE W. C. (Eds.) 2004. *The handbook of bilingualism*. Oxford: Blackwell Publishing.
- BORELLI, L. 2015. *Bilingualism And Brain Health: Learning A Second Language Boosts Cognitive Function, Even At Old Age*. July 2015 <https://mb.cpf.ca/blog/whats-new/bilingualism-and-brain-health-learning-a-second-language-boosts-cognitive-function-even-at-old-age/> (12. 2. 2023)
- BREEDLOVE, S. M., Hampson, E. 2002. Sexual Differentiation. In Jill B. Becker. J. B. *Behavioral Endocrinology 2e*. London: MIT Press.
- ČIHÁK, R. 1997. *Anatomie 3*. 1. vyd. Praha: Grada.
- FRANCESCHINI, R. 2002. Das Gehirn als Kulturinskription. In Müller-Lancé, J., Riehl, C. M (eds.) *Ein Kopf – viele Sprachen: Koexistenz, Interaktion, Vermittlung*. Aachen: Shaker Verlag: 45-62.
- FRIEDERICI, A.D. 2003. Sprachverarbeitung – Der Lauscher im Kopf. In *Gehirn und Geist*. č. 2, s. 43-45.
- HERRMANN, Ch., Fiebach, Ch. 2007. *Gehirn und Sprache*. Frankfurt a.M.: Fischer Verlag
- KIM, K. H. S. 1997. Distinct cortical areas associated with native and second languages. In *Nature*, sv. 388, č. 6638: 171-174.
- KOMENSKÝ, J. A. 1946. *Didaktika analytická*. Praha: Samcovo knihkupectví.
- KOUKOLÍK, F. 2000. *Lidský mozek: Funkční systémy, normy a poruchy*. Praha: Portál.
- KULIŠŤÁK, P. 2003. *Neuropsychologie*. Praha: Portál, kap. 4., s. 67-80.
- LACHOUT, M. 2017. *Bilingvismus a bilingvní výchova na příkladu bilingvismu česko-německého*. Praha: Togga.
- LIST, G. 1995. Zwei Sprachen und ein Gehirn. Befunde aus der Neuropsychologie und Überlegungen zum Zweitspracherwerb. In *Fremdsprache Deutsch, Sondernummer*.
- MECHELLI, A., CRINION, J. T., NOPPENY, U., O'DOHERTY, J., ASHBURNER, J., FRACKOWIAK, R. S., et al. 2004. Neurolinguistics: structural plasticity in the bilingual brain. In *Nature*, 431(7010): 757.
- MORTIMER, J. A., ALLADI, BAK, T.H. 2013. Bilingualism delays age at onset of dementia, independent of education and immigration status. In *American Academy of Neurology*, August 2013. DOI: <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000000400>
- MYSLIVEČEK, J., MYSLIVEČKOVÁ-HASSMANNOVÁ, J. 1989. *Nervová soustava: funkce, struktura a poruchy činnosti*. Praha: Avicenum.
- PERANI, D. et al. 1998. The bilingual brain: proficiency and age of acquisition of the second language. In *Brain*, 121, č. 10, s. 1841-1852.
- PRŮCHA, J., WALTEROVÁ, E., MAREŠ, J. 2008. *Pedagogický slovník*. Praha: Portál.
- SKUTNABB-KANGAS, T. 1984. *Bilingualism or Not. The Education of Minorities*. Clevedon: Multilingual Matters.
- STERNBERG, R. J. 2002. *Kognitivní psychologie*. Praha: Portál.
- ŠTEFÁNIK, J. 2000. *Jeden člověk, dva jazyky: Dvojazyčnost' u dětí – Predsudky a skutečnosti*. Bratislava: Academic Electronic Press.
- TEMPLE, O. et al. 2017. Effect of early language education on the academic performance of National High School students. In *Journal of the Linguistic Society of Papua New Guinea*, Vol. 35, 2017: 178

Internet-und Bilderquellen:

<https://media.gettyimages.com/videos/thalamus-in-the-human-brain-video-id618320903> (11. 3. 2023)

[https://media.gettyimages.com/videos/high-angle-static-an-anatomical-model-of-the-human-brain-highlights-video-id164176827?s=256\\_srp](https://media.gettyimages.com/videos/high-angle-static-an-anatomical-model-of-the-human-brain-highlights-video-id164176827?s=256_srp) (11. 3. 2023)

[https://www.wikiskripta.eu/w/Limbick%C3%BD\\_syst%C3%A9m](https://www.wikiskripta.eu/w/Limbick%C3%BD_syst%C3%A9m) (11. 3. 2023)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Kal%C3%B3zn%C3%AD\\_t%C4%9Bleso](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kal%C3%B3zn%C3%AD_t%C4%9Bleso) (11. 3. 2023)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Hipokampus#/media/File:Hippocampus.gif> (11. 3. 2023)

<http://www.artofeducation.net/2016/03/bilingualism-impact-beyond-language-learning.html> (11. 3. 2023)