NeuroKids

Einführung in neurowissenschaftliche Themen

und

didaktischer Leitfaden

für Kinder und Jugendliche von Kindergarten bis Oberstufe

erstellt von Peter Walla und Cornelia Duregger

unter Mitwirkung des weiteren Projektteams NeuroKids:

Richard Pircher, Ulrike Thal, Monika Puck und das Team des ÖBV-GT,

Sonja Gabriel

Gefördert durch FFG und bmvit Talente regional

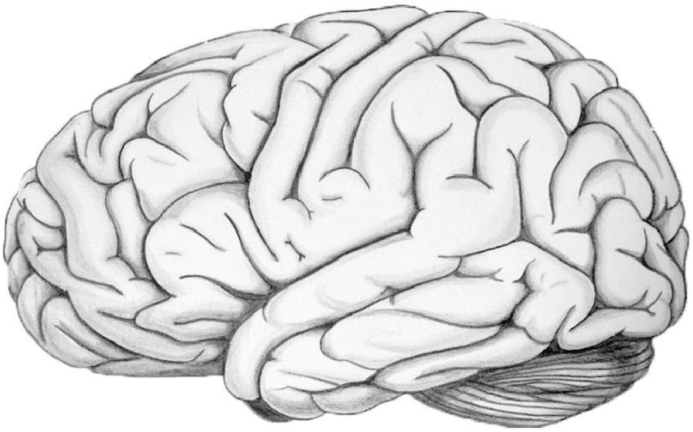


Abb. umliegende Seite aus: Walla/Dal-Bianco: „Verrückt, was unser Gehirn alles kann, selbst wenn es versagt“

Vorwort von Richard Pircher **7**

Vorwort von Peter Walla **9**

1 Einleitung **11**

1.1 Allgemeines *11*

1.2 Das Gehirn *12*

1.2.1 Didaktische Umsetzung 17

2 Neurowissenschaftliche Themen **20**

2.1 Wahrnehmung *20*

2.1.1 Optische Täuschungen 21
2.1.2 Sehen 24
2.1.3 Hören 25
2.1.4 Riechen 27
2.1.5 Schmecken 28
2.1.6 Tasten 29
2.1.7 Didaktische Umsetzung 31
2.1.7.1 Kindergarten 31
2.1.7.2 Ab Volksschule und älter 32
2.1.7.3 Arbeitsbeispiele optische Täuschungen – Erklärung der Phänomene 35

2.2 Affektive Verarbeitung und Emotionen *43*

2.2.1 Angst 45
2.2.2 Freude 46
2.2.3 Didaktische Umsetzung 47
2.2.3.1 Kindergarten 47
2.2.3.2 Volksschule 52
2.2.3.3 Ab 11 Jahren 54

2.3 Selbststeuerung (Selbstregulierung) *57*

2.3.1 Planen 59
2.3.2 Affektkontrolle (Impulskontrolle) 60
2.3.3 Bauchgefühl 61
2.3.4 Bewusste Entscheidung 62
2.3.5 Didaktische Umsetzung 64
2.3.5.1 Kindergarten 64
2.3.5.2 Volksschule 66
2.3.5.3 Ab 11 Jahren 67

2.4 Das Gedächtnis *69*

2.4.1 Gedächtnissysteme 70
2.4.2 Überblick: Stufen der Informationsspeicherung 71
2.4.3 Didaktische Umsetzung 72
2.4.3.1 Kindergarten und Volkschule 72
2.4.3.2 Ab Volkschule und älter 73

3 Schlusswort **81**

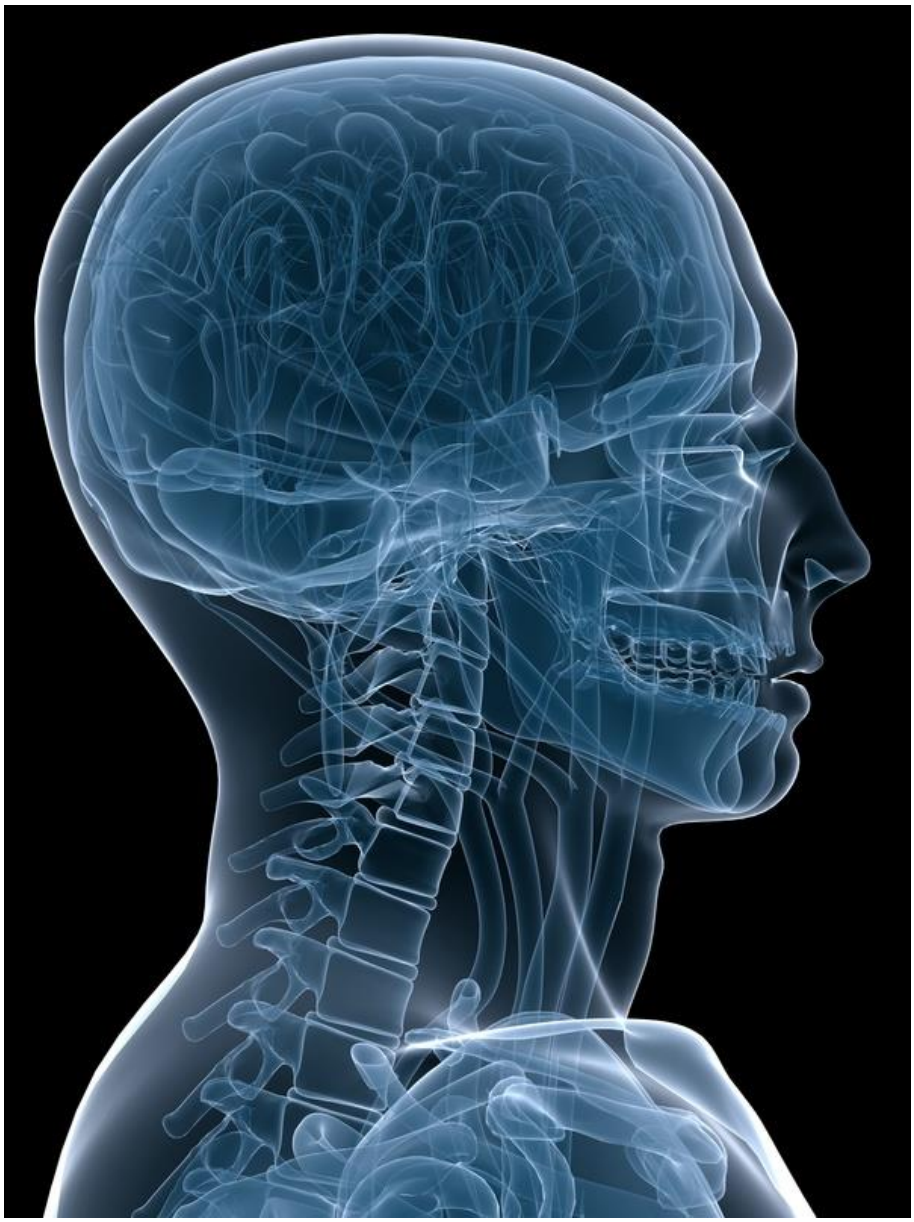
4 Weiterführende Links und Literaturhinweise für PädagogInnen **82**

5 Literaturverzeichnis **84**

„Benutze Dein Gehirn, sonst verlierst Du es“

Sei neugierig!

Es werden 100% der Nervenzellen genutzt.
Wenn eine Nervenzelle nicht genutzt wird, stirbt sie.



"Das Gehirn weiß mehr, als es unserem Bewusstsein gegenüber zugibt. Mithilfe neurowissenschaftlicher Methoden haben wir Zugang zu diesem Wissen"

Foto umliegende Seite: Sebastian Kaulitzki, Fotolia 8104298, zur Verfügung gestellt von Peter Walla

Vorwort von Richard Pircher

Der Verein *[aha:] Lernräume* setzt sich zum Ziel, einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Lern- und Bildungssystems zu leisten, indem er soziale Prozesse und Räume gestaltet, in welchen neue Sichtweisen und Impulse zugänglich werden. Austausch, Peer-Learning und gegenseitige Bestärkung sollen hier stattfinden können. Dies haben wir seit 2012 in Veranstaltungen umgesetzt (siehe ahalernen.at). Die Neurowissenschaften besitzen für das Thema Lernen eine besondere Bedeutung, was im Rahmen der Veranstaltungen von *[aha:] Lernräume u.a.* durch Vorträge von Prof. Gerald Hüther und Prof. Joachim Bauer berücksichtigt wurde.

Das Projekt NeuroKids stellt einen weiteren wichtigen Meilenstein für unsere Aktivitäten dar. Es ermöglicht die spielerische und handlungsorientierte Vermittlung von neurowissenschaftlichen Fragestellungen und Erkenntnissen für Kinder und Jugendliche vom Kindergarten bis 19 Jahren. Dabei werden neurowissenschaftliche Erkenntnisse im Sinne der Neurodidaktik nicht nur vermittelt, sondern auch angewandt. Beispiele dafür sind die Berücksichtigung von emotionalen Komponenten und Angstvermeidung sowie die Bedeutung des sozialen Kontextes für Lernprozesse etwa durch Team- und Peer-Learning. Besonders berücksichtigt werden dabei altersspezifische, handlungs- und erfahrungsbasierte Methoden wie Experimente, Biofeedback, neurowissenschaftlich basierte Spiele, optische Illusionen und haptisch erfahrbare Modelle. Ein besonderes Anliegen war es uns, dass Mädchen genauso angesprochen werden wie Burschen.

In Summe erhielten 714 Kinder und Jugendliche über die Mitwirkung von fünf Bildungsinstitutionen in Wien (# 257) und 10 Kooperationspartnern im ganzen Bundesgebiet (# 457) durch das Projekt NeuroKids Zugang zu neuen Lerninhalten und innovativen didaktischen Methoden. Mit diesem Leitfaden sollen die Projektergebnisse noch vielen weiteren PädagogInnen und Interessierten über ahalernen.at frei zugänglich gemacht werden.

Es ist mir ein Anliegen, mich bei den Fördergebern FFG und bmvit für die Unterstützung und bei allen Projektbeteiligten für ihr Engagement und die aktive Mitwirkung zu bedanken. Ich hoffe persönlich und im Namen des Vereines *[aha:] Lernräume*, dass wir noch viele weitere Möglichkeiten nutzen werden können, um die vorhandenen Potenziale besser zur Entfaltung zu bringen. Unsere Welt braucht es.

Richard Pircher

Vorwort von Peter Walla

Durch stets weiterentwickelte Technologien erweitern sich die Kommunikationskreise, in denen wir uns bewegen. Kulturen mit ihren Mentalitäten und Sprachen vermischen sich und menschliches Zusammenleben wird immer komplexer. Aus diesem Grund ist es umso wichtiger, sich mit DEM Organ auseinanderzusetzen, dessen Nervenzellen all die Informationsverarbeitung bewerkstelligen, die unserem Verhalten zugrunde liegt. Dieselben Nervenzellen versuchen letztendlich sogar, durch ihre komplexe Verschaltung sich selbst und den Rest ihres Trägers, den Menschen, zu verstehen und zu erklären.

Das Gehirn gleicht nicht nur einem Wunder, es ist eines.

Die Gehirnforschung ist Teil der Neurowissenschaften. Beide sind Forschungsbereiche, deren enorme Bedeutung bezüglich eines besseren Verständnisses jedes einzelnen Individuums und der gesamten Menschheit nicht oft genug betont werden kann. Begriffe wie Neuroethik, Neuroökonomie, Neuromarketing, Neurophilosophie und viele mehr zeigen deutlich den Trend und auch den Stellenwert der Neurowissenschaften. Immer mehr Bereiche verschiedenster Richtungen sind dabei, die Neuro-Flagge zu hissen, um kundzutun, die Wichtigkeit dieser Wissenschaft erkannt zu haben.
Jungen Menschen so früh wie möglich die Neurowissenschaften näher zu bringen, ihnen einen frühen Einstieg in die neurowissenschaftliche Lehre zu ermöglichen, kann dabei unterstützen, dass genügend ausgebildeter Nachwuchs heranwächst, um den zukünftigen Anforderungen dieses Wissenschaftsbereichs gerecht zu werden.

Ich, Peter Walla, bin selbst Neurowissenschaftler und habe mich auf nicht-bewusste Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn spezialisiert. Ich freue mich sehr, als Autor und Ratgeber bei diesem Leitfaden mitgewirkt zu haben. Es liegt mir auch am Herzen, mein Buch, welches ich mit meinem Kollegen und Freund, dem Neurologen Peter Dal-Bianco zusammen geschrieben habe, als wichtigste weiterführende Literatur zu empfehlen. Es trägt den Titel „Verrückt, was unser Gehirn alles kann: selbst wenn es versagt“ und ist im Galila Verlag im Jahr 2010 erschienen.

Der FFG und dem bmvit sei dafür gedankt, im Rahmen der Projektschiene Talente regional das diesem Leitfaden zugrunde liegende Projekt bewilligt und durch finanzielle Unterstützung gefördert zu haben. Zu guter Letzt muss an dieser Stelle Richard Pircher gedankt werden, der die Idee zu NeuroKids entwickelt und alle an der Konzeption und Durchführung des Projektes beteiligten Personen erfolgreich zusammengerufen hat.

Der vorliegende Leitfaden soll einen Beitrag dazu leisten, dass einige ausgewählte Themenstellungen der Neurowissenschaften in der Pädagogik vom Kindergarten bis zu Oberstufe breiter berücksichtigt werden können. Selbstverständlich kann im Rahmen dieses Leitfadens nur auf einen Bruchteil einer beinahe unendlichen Vielzahl von Inhalten eingegangen werden, dennoch hoffen wir,

dass sowohl PädagogInnen als auch SchülerInnen Gefallen daran finden, sich intensiver mit diesen spannenden Themen zu beschäftigen.

Viel Spaß und Erfolg!
It's all Neurokay!

Peter Walla

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

In den Neurowissenschaften geht es darum, durch empirische Untersuchungen Wissen über die Funktionsweise von einzelnen Neuronen und ganzen Neuronenverbänden, letztendlich dem Gehirn zu generieren. Die Neurowissenschaften sind längst von hoch komplexen Methoden abhängig und viele ihrer Inhalte muten eher schwer verständlich und kaum verdaulich an. Diesem Leitfaden liegt die Motivation zugrunde, gezielt ausgewählte Themen fundiert und leicht verständlich zu beschreiben. Selbstverständlich kann unter Berücksichtigung einer gewissen Überschaubarkeit nicht tief in die einzelnen Themen eingegangen werden. Ebenso stellt die Liste der Themen nur einen Bruchteil des gesamten Bereichs dar. Um Kindern verschiedener Altersgruppen die ausgewählten Themen pädagogisch gerecht und altersangepasst näher bringen zu können, enthält dieser Leitfaden didaktische Anleitungen und Übungen. Ziel ist es, durch entsprechend und altersgerecht aufbereitete Inhalte echtes Interesse und Begeisterung für neuro-wissenschaftliche Erkenntnisse zu wecken, sodass letztendlich vielleicht sogar die Lust entsteht, einmal selbst neurowissenschaftlich aktiv zu werden.

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Foto: Richard Pircher

1.2 Das Gehirn

Was ist denn eigentlich die Funktion des Gehirns? Wir gehen davon aus, dass die Funktion des Gehirns darin liegt, an die Umwelt angepasstes und kontrolliertes Verhalten zu erzeugen. Verhalten entsteht durch Muskelkontraktionen, die vom Gehirn gesteuert werden. Eigentlich dreht sich also alles um Bewegung oder anders gesagt, ohne Bewegung gibt es kein Leben. Die Kontrolle des Verhaltens geschieht durch die Verarbeitung von Sinneseindrücken bzw. -eingängen und deswegen lässt sich auch die Entwicklung und Entstehung des Gehirns durch Bewegung erklären. Ein Lebewesen, das sich nicht bewegt, ist mehr oder weniger ständig den gleichen Umweltbedingungen ausgesetzt und hat deshalb gleich bleibende Sinneseingänge ohne große Veränderungen. Hingegen entwickelt ein Gehirn komplexere Verarbeitungsstrategien, wenn es ständig mit *neuen* Umweltbedingungen konfrontiert ist, wodurch kontinuierlich neue Sinneseingänge verarbeitet werden müssen, was dem Gehirn Flexibilität und Leistungsverbesserung verleiht. Die Tragweite dieser Ansicht wird vor allem durch die Beschäftigung mit dem Gehirn der Säugetiere, zu denen auch der Mensch zählt, verdeutlicht. Das Gehirn kontrolliert Verhalten und durch Verhalten bewegen wir uns, was neue Eindrücke weckt, die in die Verhaltenskontrolle eingehen. Man kann also sagen, dass viel herumkommen und neue Eindrücke gewinnen der Gehirnentwicklung förderlich ist. **Neugierde gilt hier als entscheidender Motor.**

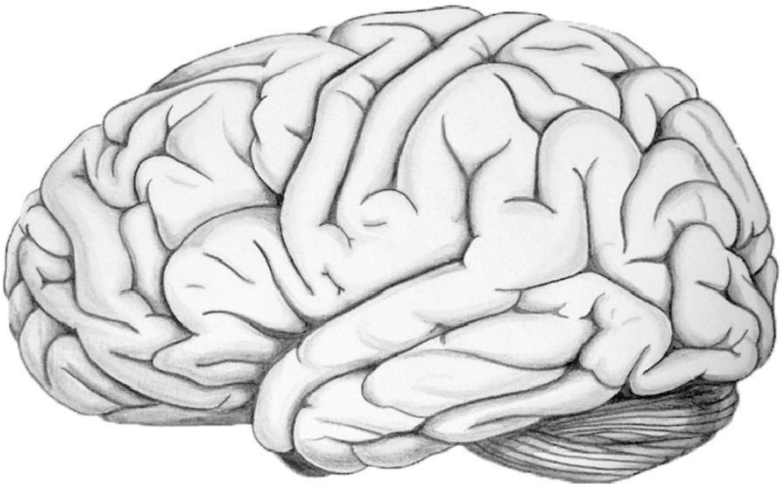


Abbildung: Blick von links auf ein gezeichnetes Menschengehirn. Man sieht die wulstartigen Windungen (Neokortex), welche die jüngsten Strukturen des Gehirns bilden. Sie bestehen aus Nervenzellen, die komplexeste Funktionen ausüben (Abb. adaptiert aus Walla/Dal-Bianco: "Verrückt, was unser Gehirn alles kann, selbst wenn es versagt").

Das Gehirn erzeugt an die Umwelt angepasstes und kontrolliertes Verhalten
Neue Sinneseindrücke stimulieren die Gehirnentwicklung

Das Gehirn besteht, neben anderen Zellstrukturen, hauptsächlich aus Nervenzellen, den Neuronen, die durch ihr orchesterähnliches Zusammenspiel die kontrollierte Verhaltensproduktion gewährleisten.

Wie bereits erwähnt, werden dabei ständig neue Eindrücke einbezogen, um das Verhalten optimieren zu können, was letztendlich der Kontrolle entspricht. Das Einbeziehen der sich ständig verändernden Umweltbedingungen wird erst durch die Sinne ermöglicht, die dem Gehirn entsprechende Informationen liefern. Diese Sinneseingänge führen unter anderem zum Phänomen der *Wahrnehmung*, welche einen der vier Themenbereiche dieses Leitfadens darstellt, die ausführlicher behandelt und didaktisch aufbereitet sind. Wie wir später noch sehen werden, ist Wahrnehmung mehr als nur die Summe aller Sinneseindrücke, was dieses Thema besonders spannend macht. Als zentraler Lehrinhalt zu diesem Thema soll auch genau diese Tatsache definiert werden: **Wahrnehmung ist mehr als nur die Summe der Sinneseingänge**.

Die Signale, die unsere Sinne aufnehmen sind nicht ident mit dem, was wir wahrnehmen

Jeder Sinneseingang wird unabhängig davon, ob er zu Wahrnehmung führt oder nicht, sowohl *affektiv* als auch *kognitiv* verarbeitet. Dabei bedeuten affektive Aspekte Informationen bezüglich der Frage *wie* etwas ist (gut oder schlecht, angenehm oder unangenehm, gefährlich oder harmlos), während kognitive Aspekte sich mehr auf die Frage *was* etwas ist beziehen (ein Auto, ein Löwe, etc.). Affektive Verarbeitung ist ursprünglicher, sie entstand im Rahmen der Evolution noch bevor jegliche Kognition existierte. Um das nackte Überleben zu sichern, war es anfänglich wichtiger, einen Eindruck davon zu haben, ob etwas gut oder böse bzw. angenehm oder unangenehm ist, als zu wissen, *was* es eigentlich ist (das *wie* ist biologisch gesehen wichtiger als das *was*). Affektive Verarbeitung ermöglicht das Erkennen von Gefahren noch bevor Wissen über den auslösenden Reiz vorhanden ist. Weil affektive Verarbeitung eine zentrale Rolle spielt, bildet sie ein weiteres Kapitel dieses Leitfadens. In der Wissenschaft findet sich eine Vielzahl von Definitionen und Ansätzen zum Thema "affektive Verarbeitung und Emotionen". Wie auch immer eine bestmögliche Definition dieser Begriffe aussieht, entscheidend für den Rahmen dieses Leitfadens ist, dass wir uns auf diese Botschaft konzentrieren: **affektive und kognitive Verarbeitung sind voneinander zu unterscheiden.**

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Foto: Richard Pircher

Sofort zu wissen, ob etwas *gut oder schlecht* ist,
ist für das Überleben wichtiger, als zu wissen, *was* es ist

Das dritte Thema handelt von der Funktion, die wir als *Selbststeuerung* (oder *Selbstregulation*) kennen. Selbststeuerung basiert auf Wahrnehmung und bewusstem Denkvermögen.

Der Fähigkeit, seine eigenen Emotionen und Verhaltensweisen steuern zu können, wird ein enormer Einfluss auf das Leben zu geschrieben

In diesem Zusammenhang wird die Gegenüberstellung von **Bauchgefühl** einerseits und **rationalem Denken** andererseits als wichtigste Botschaft verstanden. Vorweg sei erwähnt, dass wir oft meinen, ausschließlich durch unseren freien Willen unser Verhalten zu steuern, was allerdings durch neurowissenschaftliche Erkenntnisse in Frage gestellt wird.

Unser freier Wille spielt eine viel kleinere Rolle als wir glauben

Als viertes und letztes Thema werden *Lernen und Gedächtnis* besprochen. Nur durch funktionierende Gedächtnissysteme kann optimale Verhaltensanpassung stattfinden. Sowohl Lernen als auch Gedächtnis können bewusst und unbewusst funktionieren. Als entscheidende Erkenntnis kann hier gesehen werden, dass es nicht nur einfach *ein* Gedächtnissystem gibt: in unserem Gehirn sind **mindestens vier verschiedene Gedächtnissysteme** vorhanden. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch die Inhalte, die sie speichern und zum Abruf bereithalten. Die Tatsache, dass es im Gehirn nicht nur *ein* Gedächtnissystem gibt, hat mit einer Besonderheit zu tun, die das Gehirn als Organ selbst betrifft. Bei anderen Organen im menschlichen Körper wurde im Zuge von Evolutionsstufen Bestehendes durch Neues ersetzt. Genau das ist beim Gehirn nicht der Fall. Das Gehirn beherbergt tief im Inneren noch immer sehr alte Strukturen, die nicht durch neue ersetzt, sondern deren Funktion durch zusätzliche neue Strukturen erweitert wurde. Das Gehirn als zentrale Steuerungszentrale für die Steuerung größerer, mehrzelliger Organismen hat sich evolutiv weiterentwickelt. Seine Funktionen und die geistigen Fähigkeiten sind damit gewachsen. Dabei wurden zu den älteren Teilen neuere immer wieder dazu gebaut, so als würde man ein Bauprojekt mit einem Gartenhaus beginnen und es zu einem Palast ausbauen, ohne etwas abzureißen. Die alten Strukturen tun noch immer das, was sie schon seit sehr langer Zeit getan haben (und in vielen Tiergehirnen noch tun). Wir können deshalb davon ausgehen, dass die vier Gedächtnissysteme einer entwicklungsgeschichtlichen Reihe entsprechen, wobei über die Zeit hinweg eines nach dem anderen entstanden ist.

In unserem Gehirn sind immer noch sehr alte Strukturen aktiv,
die auch bei Tieren bestehen

Bevor wir nun in die **vier Hauptthemen** dieses Leitfadens – **Wahrnehmung – Affekt und Emotionen** – **Selbststeuerung** – **Lernen und Gedächtnis** – eintauchen, wenden wir uns aber noch kurz der Geschichte der Neurowissenschaften zu.

In keinem anderen Bereich ist der Verständnisgewinn so vom technischen Fortschritt bestimmt, wie in den Neurowissenschaften. Der Wissensstand dieses Forschungsbereichs hängt fundamental von der Entwicklung neuer Forschungsmethoden und -techniken ab. Bereits die Griechen der Antike hatten eine gewisse Vorstellung vom Funktionieren des Lebens, allerdings glaubten sie, so wie noch viele Völker nach ihnen, dass das zentrale Steuerelement im Körper das Herz und nicht das Gehirn sei. So schrieben sie dem Gehirn nur eine Art Ventilation, also eigentlich die Belüftung des Körpers zu. Hippokrates, der Begründer der westlichen Medizin, gab dem Gehirn zwar eine viel größere Bedeutung, indem er dort den Sitz des Verstandes sah, jedoch wurde dieser aus heutiger Sicht sehr fortschrittliche Gedanke damals nicht allgemein anerkannt. Auch die Ägypter erkannten wohl nicht, welche zentrale Rolle das Gehirn in unserem Körper spielt, denn sie präparierten beim Mumifizieren der Toten alle Organe, saugten jedoch das Gehirn einfach aus den Nasenhöhlen und entsorgten es. Galen, ein römischer Arzt kam der heutigen Vorstellung von der Funktion des Gehirns noch am nächsten und könnte deswegen als Pionier in diesem Bereich angesehen werden. Seine Beobachtungen führten ihn zu dem Schluss, dass Erinnerung und Sinneswahrnehmung im Gehirn passieren müssen.

Heute steht uns eine riesige Auswahl an zum Teil komplizierten Forschungsmethoden und Messverfahren zur Verfügung (z. B. bildgebende Methoden), die uns eine Vorstellung davon vermitteln, was in diesem Wunderwerk der Natur vor sich geht. Sehr oft lernen wir durch Untersuchungen am kranken Gehirn mehr als durch Untersuchungen am gesunden Gehirn, was der klinischen Welt in den Neurowissenschaften sehr viel Raum verschafft. Mitte des 18. Jahrhunderts beobachtete Benjamin Franklin erstmals die Elektrizität im Gehirn und rund 60 Jahre später hatten Charles Bell und Francois Magendie ein Verständnis entwickelt, welches bereits eine Weiterleitung von Informationen in den Nervenzellen beinhaltete. Von diesem Zeitpunkt an entwickelten sich die Erkenntnisse über das Gehirn schneller als je zuvor in der Geschichte der Menschheit. Einen großen Teil dieses rasanten Fortschritts verdanken wir der Entwicklung der Mikroskopie Anfang des 19. Jahrhunderts. Durch diese gelang es zu zeigen, dass es im Gehirn tatsächlich ein Netzwerk von Neuronen gibt, die durch ihr Zusammenspiel die Verarbeitung von Informationen ermöglichen.

Die Faszination, die das Gehirn auf uns ausübt, zeigt sich heute in vielen Bereichen unseres Lebens. Überall, wo es im weitesten Sinne um Menschen geht, versuchen Experten, sich die Erkenntnisse der Neurowissenschaften zunutze zu machen. Die einen versuchen, mehr Schuhe zu verkaufen (Neuromarketing), die anderen Kranke zu heilen (Neurologie), und wieder andere versuchen, menschliches Verhalten besser zu verstehen (Neurobiologie) oder die Auswirkungen neurowissenschaftlicher Erkenntnisse auf ethisch-moralische Fragestellungen zu ergründen (Neuroethik). Selbst im Rahmen der Politik (Neuropolitik), der Ökonomie (Neuroökonomie) und der Philosophie (Neurophilosophie) wurde der Nutzen einer neurowissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem menschlichen Gehirn erkannt. Verhalten, Wahrnehmung, Kommunikation und jegliche Art der Entscheidungsfindung, alles wird vom Gehirn durch neuronale Aktivitäten ermöglicht, gesteuert und durchgeführt.

Der Vormarsch der Neurowissenschaften ist nicht aufzuhalten und eine solide Einführung in ihre diversen Inhalte ist unumgänglich, da sie in immer mehr Bereiche Einzug nehmen werden.

Neurowissenschaftliche Erkenntnisse sind in vielen Lebensbereichen anwendbar

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Foto: Richard Pircher

1.2.1 Didaktische Umsetzung

Thema Forschung

Ab Volkschule und älter

Heranführung an das Thema Forschung

Methode/Durchführung: Gespräch zwischen PädagogIn und SchülerInnen, oder Fragen und Antworten niederschreiben, gemeinsames Brainstorming, oder auch auf Kärtchen schreiben als Gruppenarbeit. Wie weit das Thema vertieft wird, ist abhängig von Alter und Vorwissensstand der SchülerInnen.

Arbeitsinhalte/Fragen: Was wisst ihr über Forschung?

Was ist Forschung, was machen ForscherInnen? Wie muss ein/e ForscherIn sein? Wie wird man ForscherIn? Mit welchen Themen beschäftigen sich ForscherInnen? Welche Methoden wenden ForscherInnen an? Was sind ihre Arbeitswerkzeuge …? Arbeiten ForscherInnen alleine oder mit anderen zusammen? Was ist das Ziel / was sind die Ziele von Forschung?

Glauben ForscherInnen, alles was sie hören und sehen? Wann glauben sie es?

Berufsbilder in der Forschung?

Lernziel: Den Begriff Forschung definieren können, zu wissen, was die Tätigkeitsfelder und Methoden von ForscherInnen sind, was Forschung bewirken kann. Für sich selbst begreifen, dass Nachfragen, Nachforschen und Überprüfen wichtig sind, für Wissenserwerb und auch für die eigene Autonomie.

Im Anschluss an die Bearbeitung der Fragen zum Thema Forschung kann mit den SchülerInnen ein Blatt „Forschungstagebuch“ entwickelt werden, mit der Anregung, selbst ein Thema für sich zu wählen, das erforscht und dokumentiert wird.

Thema Das Gehirn – Was ist es, Aufbau und Funktionsweise

Allgemeine Einführung zum Thema Gehirn (nach Lehrplan),

bzw. Abfrage / Wiederholung des vorhandenen Wissens zum Thema

Methode/Durchführung: Vortrag (Einführung), Gespräch zwischen PädagogIn und SchülerInnen oder Fragen und Antworten niederschreiben, gemeinsames Brainstorming, oder auch auf Kärtchen schreiben als Gruppenarbeit

Fragen: Was wisst Ihr über das Gehirn?

Wozu ist das Gehirn da? Aus welchen Teilen besteht es? Was kann das Gehirn alles?

Lernziel: allgemeines Grundwissen über den Aufbau und die Funktion des Gehirns, Herstellen einer gemeinsamen Wissensbasis als Ausgangspunkt

(siehe auch weiterführende Links und Literaturhinweise, S. 82).

Einige Fakten und Daten zum Gehirn (spielerische Einführung zum Thema Gehirn, bei jüngeren Kindern)

Ab Kindergarten

Gewicht des Gehirns

Material: ein dem Gewicht des Gehirns entsprechender Gegenstand (z. B. Wasserflasche)

Arbeitsinhalt: eine Größenordnung durch haptisches Begreifen erfassen

Durchführung: der Gegenstand wird in der Klasse durchgegeben, jedes Kind wiegt ihn in seinen Händen und bekommt so ein Gefühl für die Masse des Gehirns.

Lernziel: zu wissen, dass das durchschnittliche Gewicht des Gehirns eines Mannes ca. 1.445g, das einer Frau ca. 1.330g beträgt. Das Gehirn eines Neugeborenen wiegt ca. 300g und erhöht sich auf ca. 750g bei Einjährigen. Beim Alter von 6 Jahren beträgt das Gewicht bereits ca. 1.300g und hat ungefähr zu Beginn der Pubertät sein Endgewicht erreicht.

Fläche der Großhirnrinde – Tücher auflegen

Material: Tücher (z. B. Jongliertücher) 50 x 50 cm

Methode: Frage und Aktion, Einzel- oder Gruppendemonstration

Arbeitsinhalt: eine abstrakte Zahl als Fläche sichtbar machen

Durchführung: ein(e) SchülerIn oder mehrere abwechselnd oder nacheinander – Tücher werden eines nach dem anderen auf dem Boden aufgelegt, bis eine Fläche von 1 x 2 m erreicht ist, die in etwa der Größe der Fläche der aufgefalteten Großhirnrinde entspricht.

Hat das alles Platz im Kopf? Ein Kind wird aufgefordert, die Tücher wieder einzusammeln und zu einem Knäuel zusammen zu drücken (Gebilde ähnelt Gehirnwindungen, die dazu dienen, die Oberfläche des Gehirns zu vergrößern).

Lernziel: zu wissen, dass die Fläche der entfalteten Großhirnrinde ca. 2 m² beträgt

Aufbau des Gehirns

Material: Gehirnmodelle

Methode: Einzel- oder Gruppenarbeit

Arbeitsinhalt: SchülerInnen nehmen Gehirnmodelle auseinander und bauen sie wieder zusammen, sie erlangen Wissen über die Lage und Form der einzelnen Gehirnteile durch haptisches Begreifen

Durchführung: einzeln oder in Kleingruppe, SchülerInnen zerlegen das Gehirn in seine einzelnen Teile, untersuchen sie und bauen sie wieder zusammen.

Lernziel: die Zusammensetzung des Gehirns grob kennen und verstehen

Ab Volksschule

Film zu Gehirnaufbau

Gehirn - Schulfilm Biologie:

https://www.youtube.com/watch?v=gXwrh6XOACA

http://www.Schulfilme-im-netz.de

Rechte und linke Gehirnhälfte

Material: Gehirnmodell (oder Abbildungen des Gehirns und seiner Teile)

Arbeitsinhalt: Gehirnteile lokalisieren

Durchführung: Kinder nehmen das Gehirnmodell auseinander und setzen es wieder zusammen

Lernziel: die Gehirnteile und ihre Verbindungsstellen kennen. Lange Zeit schrieben Wissenschaft und Forschung den beiden Gehirnhälften unterschiedliche Funktionen zu und teilten die Menschen in rechts- oder linkslastig. Mit Fragetests wurde erhoben, welche Seite bei einem Menschen die bestimmende wäre.

Es hieß, „Linkshirnige“ seien hauptsächlich sachlich, analytisch, dafür mangele es ihnen an Kreativität, Gefühl und Überblick. „Rechtshirnige“ seien kreativ, gefühlvoll, intuitiv, künstlerisch veranlagt, dafür sei bei ihnen das analytische Denken wenig ausgeprägt.

Heute geht man eher davon aus, dass es zwischen beiden Gehirnhälften ein weit größeres Zusammenspiel gibt, als bisher angenommen wurde.

2 Neurowissenschaftliche Themen

2.1 Wahrnehmung

Was ist Wahrnehmung? Wie bereits im Rahmen der Einleitung erwähnt, ist die wichtigste Erkenntnis im Bereich Wahrnehmung, dass sie mehr ist als das, was unsere Sinnesorgane dem Gehirn als Information über die Außenwelt liefern. Wahrnehmung entsteht, indem die von den Sinnesorganen zugeführten Signale durch das Gehirn auf Basis der bis dahin gemachten Erfahrungen *interpretiert* und *bewusst erlebt* werden.

Ein Beispiel: was der Sehsinn unserem Gehirn übermittelt, wenn man eine Rose ansieht, ist, einfach dargestellt, ein kompliziert gefaltetes, matt-rotes Gebilde mit einem grünen Anhängsel unten dran. Was wir bewusst wahrnehmen ist eine Rose.

Die Wahrnehmung einer Rose bedeutet einerseits, zu verstehen, worum es sich handelt und andererseits auch das Einbringen eigener Erfahrungen, die eine Rose dann individuell positiv oder negativ erleben lassen, während der rein sensorische Eingang nur Formen wie Kanten und Rundungen, Farben und Helligkeiten bedeutet. Ein reiner Sinneseingang liefert dem Gehirn rohe Informationen über die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Umwelt. Jede Sache, jedes Objekt, welches sich in der Umwelt befindet, hat *physikalische* Eigenschaften, die sich auf Licht, Ton und Berührung beziehen. Die entsprechenden Sinne Sehen, Hören und Fühlen (Tasten) wandeln diese Eigenschaften in neuronale Signale um, die „Sprache“ des Nervensystems. Die *chemischen* Eigenschaften der Umwelt werden dem Gehirn über die Nase und den Mund überliefert, also über das Riechen und das Schmecken.

Neben den allgemein bekannten fünf Sinnen gibt es zumindest noch weitere fünf Sinne, an die kaum gedacht wird. Diese sind die eigene Körperwahrnehmung (Propriozeption), der Gleichgewichtssinn, der Schmerzsinn, der Temperatursinn und der Beschleunigungssinn. Diese weiteren Sinne sind letztendlich in höherem Maß für die Verhaltenskontrolle verantwortlich als die erstgenannten Sinne, was wohl niemand vermuten würde.

All die verschiedenen Eigenschaftsqualitäten der Umwelt sind wie verschiedene Sprachen, die in die einzige Sprache übersetzt werden müssen, die das Gehirn spricht, nämlich neuronale Signale. Die Sinnesorgane haben also Übersetzungsfunktion und diese ist modalitätsspezifisch, was bedeutet, dass unsere Augen nur Licht sinnvoll in neuronale Signale übersetzen können und unsere Ohren nur Geräusche und Töne.

2.1.1 Optische Täuschungen

Die Sinneseingänge bilden damit die Informationsgrundlage für Wahrnehmung, die nicht nur einfach mehr ist als die Summe aller Eingänge, sondern sogar etwas erlebbar machen kann, was gar nicht existiert. All die zahlreichen so genannten optischen Täuschungen sind anschauliche Beispiele dafür, dass der Prozess Wahrnehmung etwas erzeugen kann, was in den Sinneseindrücken gar nicht existiert, sondern erst durch die Verarbeitung (z. B. durch Einbeziehen von Erfahrungswerten) im Gehirn entsteht.

Einige dieser Täuschungen sind sehr beeindruckend. Man würde vielleicht viel Geld wetten, da man sich so sicher ist, dass etwas so ist, wie man es wahrnimmt. Doch der Schein trügt hier, denn durch geschickte Anordnung von Flächen und Objekten, die Schatten werfen, werden beispielsweise Helligkeitsunterschiede wahrgenommen, die in Wirklichkeit nicht existieren (siehe Abbildung 1e auf Seite 64). Es kann sogar Bewegung wahrgenommen werden, wo keine ist (Abbildung 1b, S. 64). Man kann auch Farben wahrnehmen, wo keine sind (Abbildung 2, S 64). Die allerdings wohl verblüffendste Täuschung ist, wenn aus etwas Zweidimensionalem etwas Dreidimensionales entsteht, was beim so genannten "magischen Auge" der Fall ist. Um diese Täuschung zu erleben, muss man allerdings in der Lage sein, beim Betrachten eines entsprechenden Bildes die optischen Achsen beider Augen künstlich parallel auszurichten, was, wenn das gelingt, zu einem wirklich beeindruckendem 3D-Effekt führt (über das Internet kann eine Menge solcher Bilder zum Üben gefunden werden).

Wenn wir also etwas bewusst sehen, dann sollten wir uns stets darüber im Klaren sein, dass die daraus resultierende Wahrnehmung nur eine *Interpretation* von dem ist, was tatsächlich existiert. Im Frühjahr 2015 sorgte in den sozialen Medien ein Phänomen für Aufsehen, das ein sehr anschauliches Beispiel dafür ist, dass unser Gehirn subjektiv Wahrnehmung aus den Sinneseindrücken konstruiert: An einem Bild von einem Kleid entfachte sich eine heftige Diskussion über die tatsächliche Farbe des Kleidungsstückes, das von manchen Menschen klar als blau mit schwarzen Streifen gesehen wird, während andere um viel Geld wetten würden, dass es weiß ist mit goldenen Streifen (siehe bspw. „The Science of That Dress“: https://www.youtube.com/watch?v=jexnhNfOzHg).

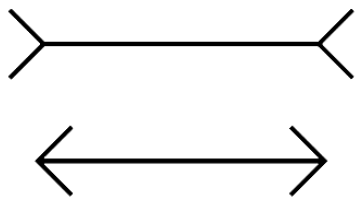
Wir sehen also, dass Wahrnehmung sich individuell unterscheiden kann und somit von Erfahrung abhängig ist, von Gedächtnisinhalten, Persönlichkeitsstrukturen und vielen anderen Besonderheiten, die jeden einzelnen Menschen ausmachen. Jeder Mensch nimmt die Außenwelt auf seine eigene Weise wahr. Ähnlich dem oben erwähnten Kleidphänomen verhält es sich bei einem Baby oder einem kleinen Kind, welches laut Meinung einiger eindeutig der Mutter gleicht, während andere behaupten, es sei dem Vater wie aus dem Gesicht geschnitten. In diesem Fall nimmt jeder bewusst einfach nur andere Aspekte des kleinen Gesichts wahr, von denen manche von der Mutter und andere eben vom Vater stammen.

Wahrnehmung ist die individuell unterschiedliche, erfahrungsabhänge Verarbeitung von Sinnenseindrücken

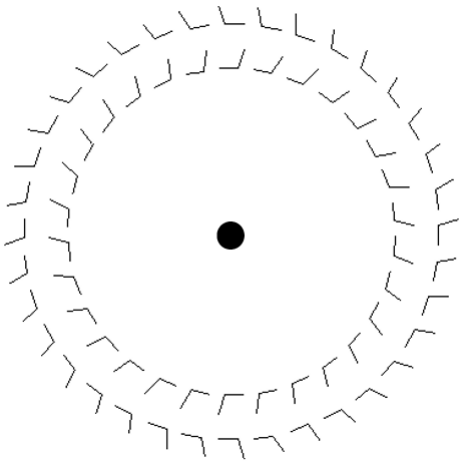
Wahrnehmung entsteht aber nicht nur durch die Verarbeitung von Sinneseingängen aus der Außenwelt. Auch im Inneren unseres Körpers befinden sich Sinnesorgane, die Reize in neuronale Signale umwandeln, die dann ebenfalls die Grundlage für Wahrnehmung bilden können. Das sind einige der bereits erwähnten weiteren Sinne. Im Inneren des Körpers sind es natürlich nicht Licht-, oder Toneigenschaften, aber eine Menge an chemischen und anderen physikalischen Bedingungen, die dem Gehirn über die entsprechenden Sinnesorgane übermittelt werden. Die Wahrnehmung eigener Körperinformation kann beispielsweise Hunger sein. Der Verdauungstrakt, allem voran der Magen, aber auch die Leber, sendet dem Gehirn über eigens dafür verantwortliche Nervenbahnen Information bezüglich schwindender Energiereserven. Das Gehirn erkennt, dass neue Energie durch Nahrungsaufnahme zugeführt werden muss, was letztendlich in der Motivation resultiert, Nahrung zu beschaffen.

Auch unsere Muskeln haben Sensoren, die dem Gehirn kontinuierlich Informationen über deren Kontraktionszustand und somit über die Lage der Extremitäten liefern, auch, wenn sich diese außerhalb des Sehbereichs befinden. Selbst einfachste Muskelrezeptoren können unsere Wahrnehmung beeinflussen, wie das folgende Experiment zeigt: Wenn man in einem dunklen Raum die Hand vor das Gesicht hält und dann ein helles Licht kurz einschaltet, dann sieht man, sobald es wieder dunkel wird, ein so genanntes Nachbild der eigenen Hand. Bewegt man dann im Dunkeln die Hand vom Gesicht weg nach vorne solange das Nachbild noch sichtbar ist, wächst paradoxerweise das Nachbild in seiner Größe, statt kleiner zu werden. Der Grund dafür ist, dass neben dem konstant bleibenden Nachbild (es kommen ja im Dunkeln keine weiteren Seh-Informationen herein) auch muskelbezogene Information im Gehirn einlangt, die dem Gehirn mitteilt, dass die Hand weiter weg ist. Der Konflikt zwischen gleich großem Bild der Hand bei gleichzeitig größerem Abstand wird erfahrungsgemäß so gelöst, dass das Nachbild in der bewussten Wahrnehmung wächst. Mit anderen Worten, eine Hand, die weiter weg ist, aber ein gleich großes Bild liefert, muss größer sein.

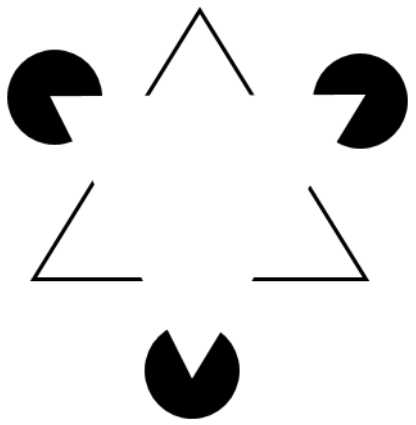
Die im Folgenden abgebildeten optischen Täuschungen zeigen ganz deutlich, wie sehr unsere Wahrnehmung von der Realität entfernt sein kann, weil sie eine *subjektive Interpretation der Sinneseindrücke* darstellt. Daraus folgt natürlich, dass wir unserer Wahrnehmung oft nicht trauen können.



a

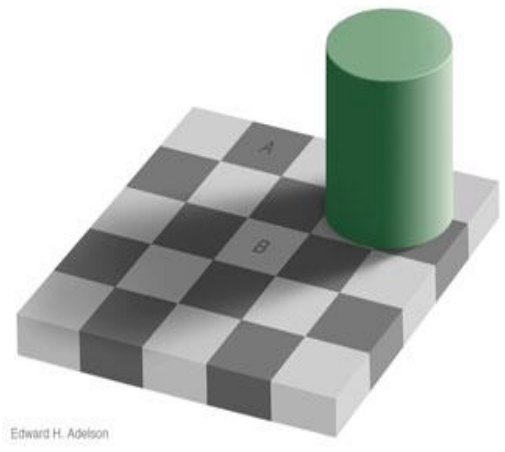


b

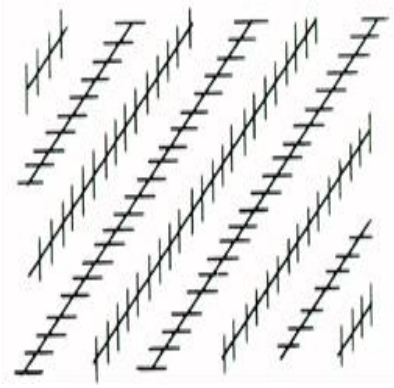


c

d



e



f

Abbildung 1 (Quelle: Peter Walla)**:**

a) die obere horizontale Linie wird als länger wahrgenommen, obwohl sie gleich lang ist, wie die untere Linie (Müller-Lyer-Illusion, http://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%BCller-Lyer-Illusion adaptiert von Peter Walla)

b) die beiden Kreise fangen an, sich zu drehen, wenn man auf den Mittelpunkt schaut und ein bisschen vor und zurück geht und dadurch den Abstand der Augen vor der Abbildung verändert (Illusion von Baingio Pinna, adaptiert von Peter Walla, http://www.scholarpedia.org/article/Pinna_illusion)

c) man nimmt ein weißes Dreieck wahr, obwohl keines existiert (bekannt als Kanizsa-Dreieck, Von Fibonnacci – eigenes Werk, https://de.wikipedia.org/wiki/Optische_T%C3%A4uschung#/media/File:Kanizsa_triangle.svg)

d) der linke Mittelkreis wird als größer wahrgenommen als der rechte Mittelkreis, obwohl beide Kreise gleich groß sind (Ebbinghaus-Illusion, https://en.wikipedia.org/wiki/Ebbinghaus_illusion, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=828098)

e) das graue Feld mit der Bezeichnung "B" wird heller wahrgenommen als das graue Feld mit der Bezeichnung "A", obwohl beide gleich hell sind (von Edward Adelson, http://en.wikipedia.org/wiki/Checker_shadow_illusion)

f) die langen diagonalen Linien werden als nicht parallel wahrgenommen, obwohl sie es sind (Zöllner-Illusion, adaptiert von Peter Walla)

Abbildung 2: Dieses kleine Experiment verdeutlicht, dass ein so genanntes „Nachbild“ in den gegensätzlichen Farben wahrgenommen wird. Schaut man intensiv und konzentriert für ca. 30 Sekunden lang auf die Nasenspitze der Frau auf dem Bild links und richtet dann den Blick auf den Punkt im leeren Feld rechts davon, sieht man das Gesicht der Frau in den originalen Farben (Quelle: Peter Walla).

2.1.2 Sehen

Während bei vielen anderen Säugetieren, wie zum Beispiel Hunden, das Riechvermögen sehr im Vordergrund steht, ist beim Menschen das Sehen der wahrscheinlich dominanteste Sinn. Wir erkennen unsere Umgebung hauptsächlich aufgrund visueller Eindrücke. Der Bereich der Umwelt, den unsere Augen abdecken, umfasst beinahe 180 Winkelgrade. Wenn wir geradeaus schauen, können wir unsere beiden Arme sehen, wenn sie seitwärts ausgestreckt sind und wir unsere Aufmerksamkeit zur Seite richten. Normalerweise nehmen wir allerdings visuell nur bewusst wahr, was sich innerhalb von ungefähr 10 Winkelgraden befindet, was mehr oder weniger dem entspricht, was man sieht, wenn man durch ein zusammengerolltes Blatt Papier schaut. Unser bewusstes Sehen ist also ähnlich einem Tunnelblick, während all die periphere visuelle Information natürlich ebenso von Sehzellen in neuronale Signale umgewandelt wird, sich aber dem Bewusstsein normalerweise entzieht. Abhängig davon, ob es sich um zentrale oder periphere Rezeptoren im Auge handelt, werden die Signale sogar durch unterschiedliche Nervenbahnen ans Gehirn geleitet. Der Anteil an peripheren Eingängen ist wesentlich größer, gleichzeitig sind aber entsprechende Informationen nicht sehr detailliert und auch nicht in Farbe. Nur, was wir direkt anvisieren, wird in Farbe wahrgenommen. Dafür ist der periphere Bereich aber lichtempfindlicher, was man jederzeit selbst feststellen kann, wenn man einen Sternenhimmel betrachtet. Man sucht sich einen Stern aus, der beim direkten Anschauen nur sehr schwach zu sehen ist. Dann schaut man etwas daran vorbei und stellt fest, dass derselbe Stern, nun im peripheren Gesichtsfeld befindlich, viel heller leuchtet.

Es stellt sich nun die Frage, was mit peripherer Information passiert, wie diese in die Verhaltensproduktion einbezogen wird. Obwohl wir hier noch keine stichhaltige Antwort kennen, kann

in beeindruckender Weise gezeigt werden, dass periphere Information, sobald sie bewusst verarbeitet wird, zum Teil zu sehr eigenartigen Wahrnehmungen führen kann. So werden beispielsweise peripher im Sekundentakt hintereinander gezeigte Gesichter nach kurzer Zeit sehr entstellt wahrgenommen, wie das unter dem folgenden Link abrufbare Video eindrucksvoll zeigt:
https://www.youtube.com/watch?v=VT9i99D_9gI
Der Teil des Gehirns, der zu bewusster Sehwahrnehmung führt, befindet sich ganz hinten unten an der Gehirnoberfläche (siehe untere Abbildung). Ist dieser Bereich lädiert, ist man blind (ohne bewusstes Sehvermögen) und dennoch kann man, sofern sowohl die Augen selbst als auch weitere existierende Sehbahnen im Gehirn intakt sind, unter idealen Umständen im Gesichtsfeld befindliche Objekte gefühlsmäßig erkennen. Dieses Phänomen wird "Blindsight" genannt. Grund dafür ist die Tatsache, dass nur *eine* von mehreren Sehbahnen zum bewussten Sehen führt und andere genauso visuelle Informationen verarbeiten können (diese Sehbahnen verlaufen alle subkortikal. Subkortikal bedeutet „unter der Rinde“ (lateinisch *cortex* „Rinde“) und bezeichnet Hirnregionen unterhalb der Großhirnrinde, also Regionen im Marklager oder im Hirnstamm, sowie Strukturen in diesen Gehirnregionen.)

Der Sehsinn ist für den Menschen meist dominant.
Unser bewusstes Sehen ähnelt einem Tunnelblick,
doch auch unbewusst Gesehenes kann eine Wirkung haben

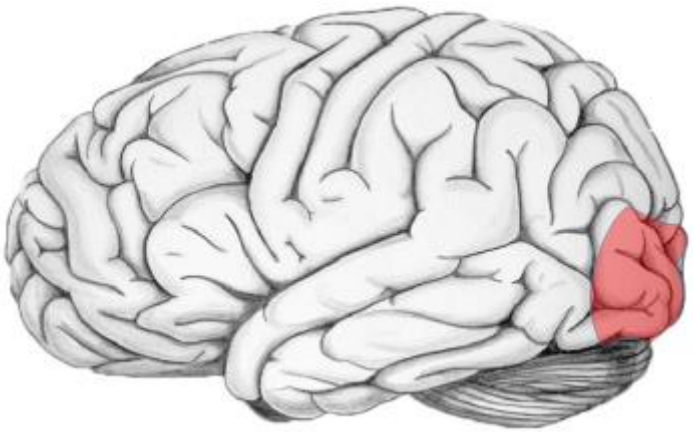


Abbildung: Gehirnbereich auf der kortikalen Oberfläche (Hirnrinde), welcher zu bewusster Sehwahrnehmung führt (Quelle: Peter Walla).

2.1.3 Hören

Das Hören unterscheidet sich vom Sehen unter anderem dadurch, dass wir das Ohr nicht wie die Augen auf einen Reiz ausrichten müssen. Im Falle der Ohren gibt es keine räumliche Einschränkung. Stattdessen hören wir uneingeschränkt, egal, aus welcher Richtung die akustische Information auch kommt. Das Hören ist auch enger mit affektiver Informationsverarbeitung verbunden als das Sehen (später werden wir erfahren, dass affektive Verarbeitung neurobiologisch gesehen sehr zum Überleben beiträgt). Auf das heutige Leben des Menschen übertragen bedeutet das, dass wir durch Musik intensivere affektive Reaktionen erleben können als über Bilder, was wahrscheinlich jeder

schon selbst erfahren hat. Man kann die Dominanz des Hörsinns bezüglich affektiver Verarbeitung sehr gut erleben, wenn man einen schaurigen Film mit entsprechender musikalischer Untermalung ansieht und plötzlich den Ton abschaltet. Man stellt dann fest, dass selbst der gruseligste Film einen großen Teil des Schauers verliert, wenn der Ton fehlt. Bilder alleine haben offensichtlich nicht annähernd die affektive Wirkung von akustischen Reizen.

Die Verbindung des Hörsinns mit affektiver Verarbeitung wird auch beim Phänomen der Sprachmelodie deutlich. Wenn wir sprechen, kommunizieren wir nicht nur rein semantische Inhalte (durch Worte und Sätze), sondern wir kommunizieren auch affektive Inhalte durch veränderte Tonlagen und andere physikalisch akustische Eigenschaften, die letztendlich die Melodie von Gesprochenem ausmachen. Es wird vermutet, dass es kulturabhängige Sprachmelodie-Unterschiede gibt, die unter Umständen zu unerwünschten Missverständnissen führen können. Bei der so genannten *linguistischen Sprachmelodie* kann sich durch veränderte Betonung eine rein sprachliche Bedeutung völlig umkehren. Wenn man den Satz "Das ist eine gute Idee" ganz normal liest, versteht man diesen als Aussage, dass dies eben eine gute Idee ist. Wenn man sich allerdings nun vorstellt, dass man sowohl das Wort "Das" als auch das Wort "gute" speziell betont und das Wort "Idee" tonmäßig nach oben gehen lässt, um eine Frage anzudeuten, dann wird klar, dass aus demselben Satz durch veränderte Betonungen eine andere Aussage wird, die das komplette Gegenteil der rein semantischen Aussage bedeutet. Durch das in Frage stellen kommuniziert man, dass man der Meinung ist, dies sei keine gute Idee. Solche Effekte bilden die Grundlage für Zynismus und Sarkasmus. Die affektive und die linguistische Sprachmelodie tragen beide zu missverständlicher Kommunikation bei, deren Ursache meist im Unbewussten verborgen bleibt, wobei lediglich ein eigenartiges Gefühl bezüglich des Gesprächpartners zurück bleiben kann.

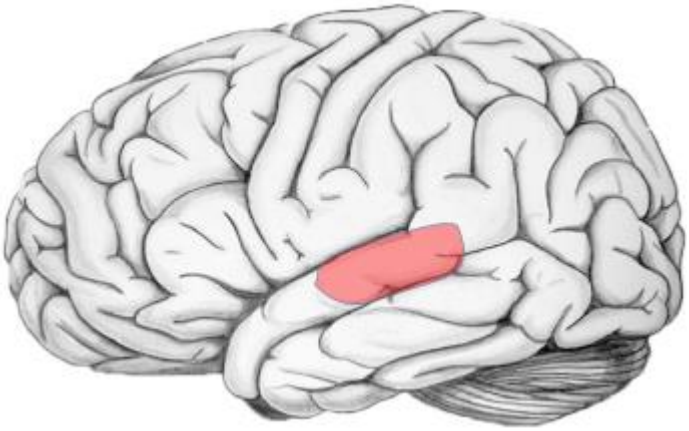


Abbildung: Gehirnbereich auf der kortikalen Oberfläche (Hirnrinde), welcher zu bewusster Hörwahrnehmung führt (Quelle: Peter Walla).

Das Gehör ist sehr stark mit der affektiven Informationsverarbeitung verbunden und beeinflusst deshalb stark die Gefühle

2.1.4 Riechen

Die menschliche Nase ist in der Lage, tausende Gerüche voneinander zu unterscheiden. Hingegen können meist nur etwa 15 bis 20 Gerüche benannt werden. Die bewusste und sprachliche Bedeutung eines Geruchs ist im Alltag eines Menschen von nur geringer Wichtigkeit. Das Riechen ist mit affektiver Informationsverarbeitung in Verbindung zu bringen, da es uns am ehesten einen abstrakten Eindruck über angenehme bzw. unangenehme Umweltbedingungen vermittelt. Wir alle kennen Ausdrücke wie "da stinkt etwas zum Himmel" oder „ich kann diesen Menschen nicht riechen“. Dabei kann oft nicht bestimmt werden, was genau nicht in Ordnung ist, aber ein gewisses Gefühl teilt einem Unbehagen mit. Formulierungen wie diese spiegeln anschaulich wider, wie sehr die Gehirnareale, die auf Geruchsverarbeitung spezialisiert sind, mit der affektiven Verarbeitung verbunden sind.

Der Zusammenhang zwischen Riechen und affektiven Inhalten wird schon alleine durch genaue Betrachtung der anatomischen Grundlagen deutlich. Die Riechbahn, also die Nerven, die von der Nase weg in Richtung Gehirn ziehen, hat direkteste Verschaltungen mit Nervenzentren, die *affektive* Inhalte verarbeiten. Mehr noch, die Nervenzentren, die affektive Inhalte verarbeiten, haben in weiterer Folge direkte Verbindungen zu Hirnstrukturen, die mit dem Speichern von Gedächtnisinhalten beschäftigt sind (allen voran der Hippocampus). So wird verständlich, dass lang zurückliegende Riecherlebnisse noch nach Jahren (oft Jahrzehnten) zu lebendig abrufbaren Erinnerungen führen können.

So wie die bisher beschriebenen Sinne Sehen und Hören, hat auch das Riechvermögen viel mit nicht-bewusster Informationsverarbeitung zu tun, was vor allem bei der Partnerwahl und jeglichem Sexual-verhalten eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt.

Auch der Geruchssinn ist stark mit der affektiven Informationsverarbeitung verbunden und hat Einfluss auf die Gefühle

Neben herkömmlichen Riechzellen befinden sich in der menschlichen Nase aber auch noch freie Nervenendigungen zur Schmerzwahrnehmung und mehr oder weniger viele Neuronen (individuell verschieden), die für Pheromonreize empfindlich sind. Die Schmerzwahrnehmung im Zusammenhang mit Riechen wird deutlich durch "stechende" Gerüche (im wahrsten Sinne des Wortes "stechend"). Die meisten natürlichen Duftstoffe haben eine solche Schmerzkomponente. Diese ist normalerweise unproblematisch und kann, durchaus vergleichbar mit kohlensäurehaltigen Getränken, sogar zu angenehmer Wahrnehmung führen. Die Kohlensäure eines Getränkes ist tatsächlich eigentlich ein Schmerzreiz im Mund. Durch die freien Nervenendigungen zur Schmerzwahrnehmung stellt die Nase aber auch ein offenes Tor für Viren und Bakterien dar. Ähnlich bietet die Inhalation von pharmazeutischen Produkten ein rasches Eindringen der wirkenden Substanzen in die Blutbahn mit seinen Vor- und einen Nachteilen.

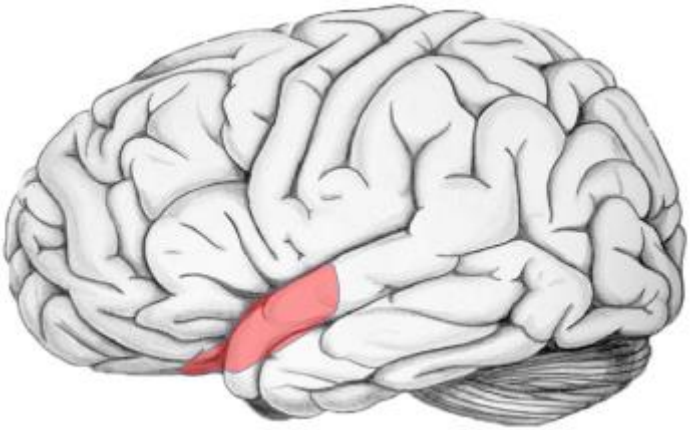


Abbildung: Gehirnbereich **unter** der kortikalen Oberfläche (Hirnrinde), welcher Duftstoffe verarbeitet (Quelle: Peter Walla).

2.1.5 Schmecken

Das Schmecken ist eigentlich auf nur vier Qualitäten beschränkt, süß, salzig, sauer und bitter. Teilweise wird noch eine fünfte Geschmacksrichtung namens Umami erwähnt (jap., „fleischig und herzhaft, wohlschmeckend“). Diese unterschiedlichen Geschmacksqualitäten werden an verschiedenen Stellen auf der Zunge und am Gaumen durch Geschmacksrezeptoren in neuronale Signale umgewandelt und schließlich wahrgenommen. Dass wir durch Schmecken alleine nicht imstande sind, Speisen gut erkennen zu können, merken wir, sobald die Nase durch einen Schnupfen blockiert ist, oder wir einfach nur beim Essen die Nase zuhalten. Was ohne Nase während des Essens an Sinneseingängen übrig bleibt, ist viel zu wenig, um stichhaltig Nahrungsmittel erkennen zu können. Daraus können wir den Schluss ziehen, dass das uns bekannte Aroma einer Speise großteils über den Geruchsinn und nicht über den Geschmacksinn erlebt wird. Beide Sinne sind empfindlich für chemische Reize, was sie in gleicher Weise von den anderen Sinnen unterscheidet, die auf physikalische Reize reagieren. Evolutionsbiologisch ist das Schmecken von großer Bedeutung, da es darauf ausgerichtet ist, das Einnehmen nicht bekömmlicher Substanzen zu verhindern, was natürlich vor allem bei giftigen Substanzen für das Überleben wichtig ist.

Der Geschmackssinn ist evolutionsbedingt bedeutsam, bezüglich seiner Differenzierungsfähigkeit aber sehr beschränkt, das Schmecken von feinen Nuancen wird erst im Zusammenspiel mit dem Geruchssinn möglich

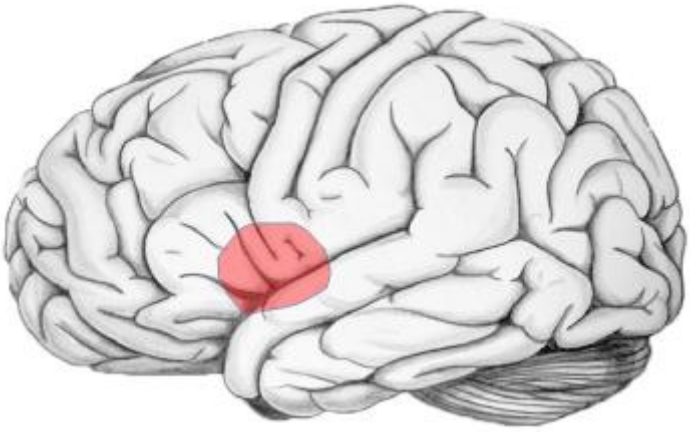


Abbildung: Gehirnbereich **unter** der kortikalen Oberfläche (Hirnrinde), welcher Geschmacksstoffe verarbeitet (Quelle: Peter Walla).

2.1.6 Tasten

Das für den Tastsinn zuständige Sinnesorgan ist die gesamte Haut, in welcher sich verschiedene Rezeptoren befinden, die dem Gehirn Informationen über physikalische Veränderungen in und auf der Haut übermitteln. Ein Beispiel ist Druck. Entsprechende Rezeptoren verformen sich durch Druck an der Hautoberfläche und übersetzen diese Veränderung in neuronale Signale. Diese Rezeptoren gewöhnen sich schnell an gleich bleibende Reize, wodurch sich erklärt, dass man gleich bleibenden Druck auf die Haut, wie von Kleidung, rasch nicht mehr bewusst wahrnimmt. Erst, wenn sich der Druck verringert oder verstärkt, fühlt man ihn wieder. Wenn man also eine Zeit lang auf einem Stuhl sitzt, dann verliert man die Druckempfindung am Gesäß. Erst, wenn man sich rührt, oder gar aufsteht, senden die Drucksensoren wieder Signale, die zu bewusster Wahrnehmung führen.

Es gibt eine Hirnwindung, die einer topographischen Körperkarte (topographisch bedeutet, dass benachbarte Körperpartien auch im Gehirn von benachbarten Bereichen verarbeitet werden) entsprechend alle in das Gehirn einlangenden Tastinformationen verarbeitet und weiter verschaltet. Genauere Untersuchungen haben ergeben, dass bestimmte Körperpartien verhältnismäßig größere Bereiche in dieser Hirnwindung einnehmen als andere. Das beste Beispiel sind die Finger, die durch ihre Greif- und Hantierbewegungen oft Berührungsinformation an das Gehirn senden. Das Resultat ist, dass Neuronen dieser Windung sich überdurchschnittlich mit fingerbasierten Tastinformationen beschäftigen und deshalb zahlenmäßig stärker vertreten sind als andere. Ein Wachsen der neuronalen Bereiche am so genannten somatosensorischen Kortex (das ist der wissenschaftliche Name der hier beschriebenen Hirnwindung) kann bereits nach Tagen festgestellt werden, da ständiges Fingertippen zu wachsenden Verschaltungen führt und somit zu effizienterer Verarbeitung.

Die folgende Abbildung zeigt die unproportionalen Größenunterschiede der Körperpartien (ein so genannter Homunculus) so wie sie verhältnismäßig am somatosensorischen Kortex repräsentiert sind. Daneben ist die beschriebene Körperkarte am selben Kortex zu sehen.

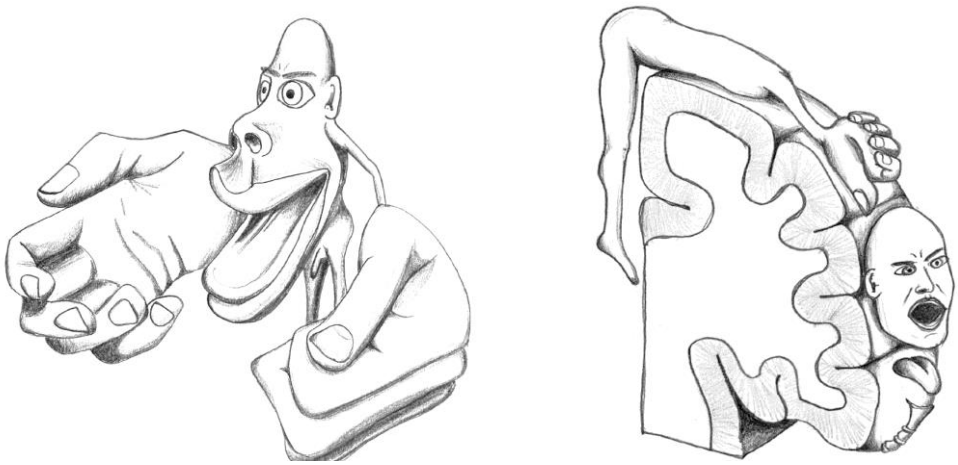


Abbildung: Homunculus nach Wilder Penfield. Links: Dieser zeigt die unterschiedlich groß repräsentierten Körperpartien wie sie verhältnismäßig am somatosensorischen Kortex zu finden sind. Rechts: Körperpartiekarte am somatosensorischen Kortex. (Quelle: Peter Walla, Abb. adaptiert aus "Verrückt was unser Gehirn alles kann, selbst wenn es versagt")

Die Körperregionen werden unterschiedlich stark im somatosensorischen Kortex abgebildet, abhängig davon, wie viele Tastsignale verarbeitet werden

Die untere Abbildung zeigt jenes Hirnareal an der Oberfläche, welches zu bewusster Tastwahrnehmung führt, den somatosensorischen Kortex.

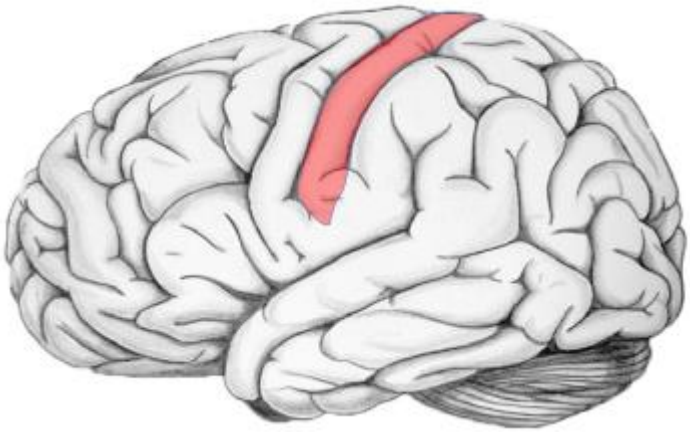


Abbildung: Gehirnbereich auf der kortikalen Oberfläche (Hirnrinde), welcher zu bewusster Tastwahrnehmung führt (Quelle: Peter Walla).

2.1.7 Didaktische Umsetzung

2.1.7.1 Kindergarten

Eigenschaften ertasten

Material: Objekte aus verschiedenen Materialien und in verschiedenen Formen

Methode: Einzel- und Gruppenarbeit unter Anleitung von PädagogIn

Arbeitsinhalt: Objekte ohne Zuhilfenahme der Augen beschreiben

Durchführung: Jeweils ein Objekt wird unter ein Tuch gelegt und ein Kind soll mit seinen Händen erfühlen, was es ist. Das Objekt soll so gut wie möglich beschrieben werden, also mit so vielen Eigenschaften wie möglich definiert werden. Bei kleineren Kindern hilft es, wenn die anderen Kinder Fragen stellen können, wie: ist es hart oder weich, ist es fluffig, kantig, fühlt es sich gummig an oder glitschig, rund oder vielleicht glatt, hat es Spitzen, Einkerbungen oder hat es vielleicht mehr als eine Eigenschaft. Das Kind muss dann nur noch mit ja oder nein antworten.

Lernziel: Benennen von Wahrnehmungen, bewusst seinen Tastsinn einsetzen, Gegenstände über Tastsinn erfahren

Düfte erkennen

Material: Duftdispensoren (Duftfläschchen) (Bezugsquelle bzw. Anleitung siehe S….)

Methode: Gruppenexperiment mit Anleitung

Arbeitsinhalt: Düfte sollen richtig erkannt werden

Durchführung: Die verschiedenen Behältnisse werden geöffnet und die Kinder dürfen daran riechen. Gemeinsam wird erarbeitet, was gut und was nicht gut riecht und die Kinder dürfen auch Tipps abgeben, was es sein könnte.

Lernziel: Benennen von Wahrnehmungen, Definieren einer persönlichen Position

Geschmäcke erkennen

Material: Geschmacksfläschchen (süß, sauer, salzig, bitter) mit Pipetten, (Bezugsquelle bzw. Anleitung siehe S….)

Methode: frontal mit PädagogIn

Arbeitsinhalt: Geschmäcker sollen richtig erkannt werden

Durchführung: Die verschiedenen Behältnisse werden geöffnet, jedes Kind bekommt eine minimale Einheit des Inhaltes auf die Zunge und soll versuchen, den Geschmack zu benennen. Dann darf jeder sagen, welches sein Lieblingsessen und seine Lieblingseissorte ist und versuchen zu beschreiben, wie sie schmecken.

Lernziel: Die Kinder sollen erfahren, dass es verschiedene Geschmäcke gibt, die einen Namen haben.

Lebensmittel klassifizieren

Material: Bastelmaterial, Werbematerial und großer Bogen Papier

Methode: kreative Einzelarbeiten

Arbeitsinhalt: Lebensmittel sollen klassifiziert werden

Durchführung: Auf dem Plakat werden verschiedene Einteilungen gemacht mit je dem Namen des Geschmacks und einem Beispiel. Die Kinder dürfen nun Lebensmittel zeichnen oder aus Werbematerialien ausschneiden und unter die jeweilige Kategorie kleben.

Lernziel: Die Kinder sollen lernen, ein Lebensmittel einem Geschmack zuzuordnen, sie nehmen so wahr, dass es verschiedene Qualitäten von Sinneseindrücken gibt.

Schall lokalisieren

Material: kein Material notwendig

Methode: frontal mit PädagogIn

Arbeitsinhalt: Schall soll lokalisiert werden

Durchführung: In jedem Eck des Raumes steht ein Kind, der Rest der Gruppe sitzt in der Mitte. Nach lautloser Anweisung von PädagogIn soll jeweils eines der vier Kinder in den Ecken in die Hände klatschen. Anschließend dürfen die Kinder in der Mitte erraten, von wo der Schall gekommen ist, also wer in die Hände geklatscht hat. Anschließend kann man die Kinder in den Ecken gegen andere auswechseln.

Lernziel: Meine Ohren können ein Geräusch lokalisieren, ohne dass meine Augen das auslösende Objekt sehen müssen. Der Schall wird über die Luft transportiert und ich nehme diese Schallwelle wahr.

2.1.7.2 Ab Volksschule und älter

Objekte beschreiben und erraten

Material: zwei Listen mit Begriffen = Namen von Objekten, möglichst keine abstrakten Dinge

Methode: Gruppenarbeit

Arbeitsinhalt: Objekte erraten

Durchführung: Einteilung der Klasse in zwei Teams, jedes Team erhält eine Liste. Abwechselnd soll ein Mitglied eines Teams einen Begriff auf der Liste aussuchen, den er oder sie so zu beschreiben versucht, dass die Mitglieder des anderen Teams wissen, was es ist.

Lernziel: Der sensorische Eingang erlaubt dem Gehirn eine Benennung und Zuordnung eines Objektes. Dies geschieht automatisch und es ist für uns schwieriger, ein Ding zu beschreiben als es zu benennen. Objekte zu benennen bedeutet Energie- und Zeitersparnis für den Menschen.

Thema optische Täuschungen

Optische Täuschungen und Interpretieren

Material: Kärtchen mit optischen Täuschungen

Methode: Kleingruppenerfahrung

Arbeitsinhalt: Poggendorff-Täuschung, Ebbinghaus-Illusion, Müller-Lyer-Täuschung, Kippfiguren, usw.

Durchführung: Jeder in der Gruppe darf mit den Karten experimentieren, sie ansehen und herausfinden, was er sieht.

Lernziel: Es ist nicht alles so, wie es scheint. Ich kann mein Gehirn hereinlegen, weil es automatisch nach vorgegebenen Mustern handelt.

Optische Täuschungen und Überprüfen

Material: Blätter mit Abbildungen optischer Täuschungen, Lineal, Schere…

Methode: Einzel- oder Kleingruppenarbeit

Arbeitsinhalt: Kanisza-Dreieck, Poggendorff-Täuschung, Müller-Lyer-Täuschung, Ebbinghaus-Illusion…

Durchführung: SchülerInnen untersuchen einzeln oder in Kleingruppen die Bilder und erstellen eine Hypothese, was darauf zu sehen ist. Dann wird die jeweilige Hypothese durch Messen, Ausschneiden, Aneinanderlegen von Flächen… überprüft.

Lernziel: Es ist nicht alles, wie es erscheint. Ich muss die Dinge überprüfen, bevor ich mir eine endgültige Meinung bilde. Ich muss nicht alles unhinterfragt glauben, was man mir sagt.

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Foto: Richard Pircher

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Fotos: Richard Pircher

Optische Täuschungen herstellen

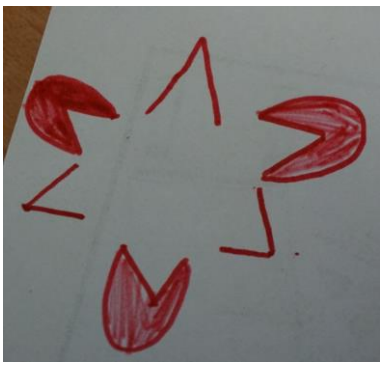
Material: Kärtchen mit Abbildungen optischer Täuschungen, Papier und Stifte

Methode: Einzelerfahrung

Arbeitsinhalt: Poggendorff-Täuschung, Ebbinghaus-Illusion, Müller-Lyer-Täuschung, usw.

Durchführung: Die SchülerInnen versuchen, die Täuschungen selbst herzustellen, indem sie sie nachbilden.

Lernziel: Auch wenn ich weiß, dass ich getäuscht werde - ich habe die Illusion ja selbst hergestellt - nehmen meine Sinnesorgane die Information in gewohnter Weise wahr und lassen sich täuschen.



Umsetzung von NeuroKids in der Unterstufe, Foto: Richard Pircher

Subjektivität der Wahrnehmung

Material: Karten mit optischen Täuschungen (wenn eine Präsentation über ein Smartboard möglich ist, kann der Inhalt auch so präsentiert werden)

Methode: Gruppenpräsentation

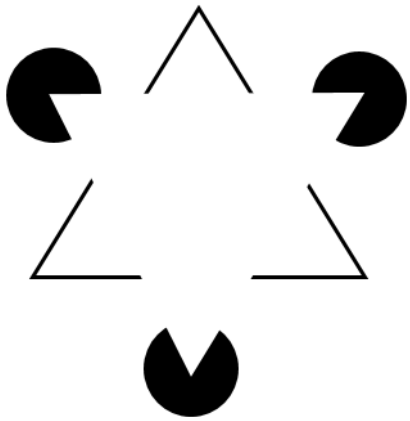
Arbeitsinhalt: Poggendorff-Täuschung, Ebbinghaus-Illusion, Müller-Lyer-Täuschung, Kippfiguren, usw.

Durchführung: Die SchülerInnen sehen sich die Täuschungen an und diskutieren darüber, wie sie zustande kommen.

Lernziel: Ich kann nicht immer sicher sein, dass das, was ich sehe, auch das ist, was wirklich da ist. Ich kann mich nicht immer nur auf meine Augen verlassen, sondern muss auch mitdenken.

2.1.7.3 Arbeitsbeispiele optische Täuschungen – Erklärung der Phänomene

Kanisza-Dreieck



Quelle: Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Gaetano_Kanizsa, Von Fibonnacci – eigenes Werk, https://de.wikipedia.org/wiki/Optische_T%C3%A4uschung#/media/File:Kanizsa_triangle.svg

Frage: Was ist auf diesem Bild zu sehen?

Erklärung: Das Gehirn ergänzt fehlende Linien auf Basis seiner Erfahrungswerte. Obwohl kein Dreieck zu sehen ist, interpretiert das Gehirn die ihm bekannte Form in die Zeichnung hinein.

Ebbinghaus-Illusion

Quelle: https://en.wikipedia.org/wiki/Ebbinghaus_illusion, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=828098

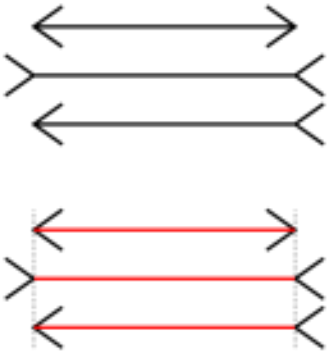
Fragen: Sind die beiden Innenkreise gleich groß? Welcher der beiden Innenkreise ist größer?

Erklärung: Die Größe eines Objektes steht in Relation zu seiner Umgebung. Das Gehirn unterliegt einer Fehleinschätzung, weil es die Größe eines Objektes (einer Fläche) in Relation zu den Objekten in der Umgebung setzt. Sind die umgebenden Objekte klein, erscheint das Objekt (die Fläche) größer und umgekehrt. Je weiter weg die kleinen Punkte von den großen sind, desto weniger wirkt die Täuschung.

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Fotos: Richard Pircher

Müller-Lyer-Illusion

Längenverzerrung

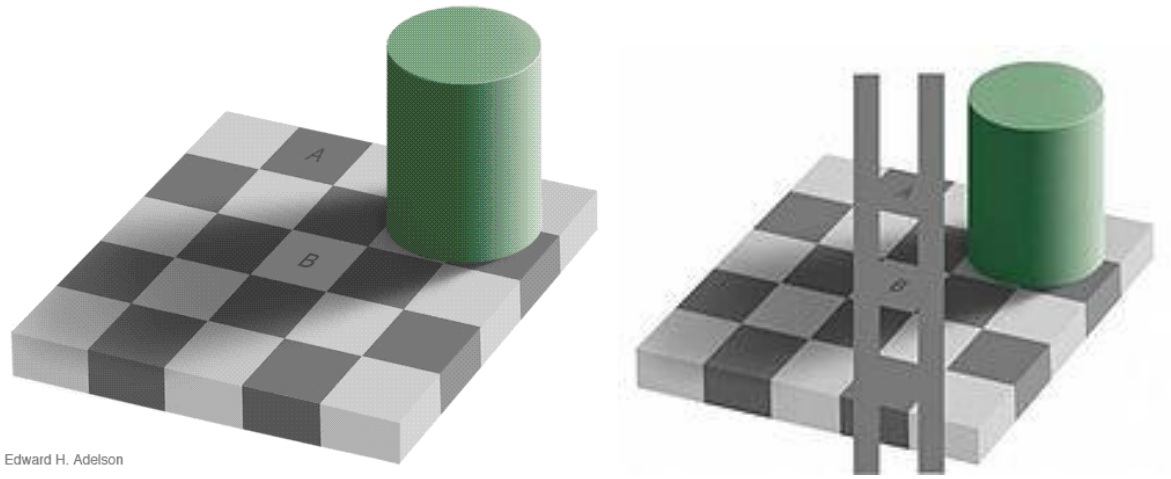


Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Optische_T%C3%A4uschung
Von Fibonacci - Eigenes Werk, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1792612

Fragen: Sehen die Pfeile gleich lang aus? Sind die Pfeile gleich lang?

Erklärung: Die Geraden sind gleich lang, obwohl sie durch die Anordnung der Pfeilspitzen unterschiedlich lang wirken. Die Winkel verursachen eine Täuschung (Längenverzerrung): wenn sie nach innen gesetzt sind, wirken Pfeile kürzer, nach außen wirken Pfeile länger. Das Gehirn verlängert oder verkürzt automatisch die Linien.

Schachbrett Illusion - **Shadow Checker Illusion**, Edward H. Adelson



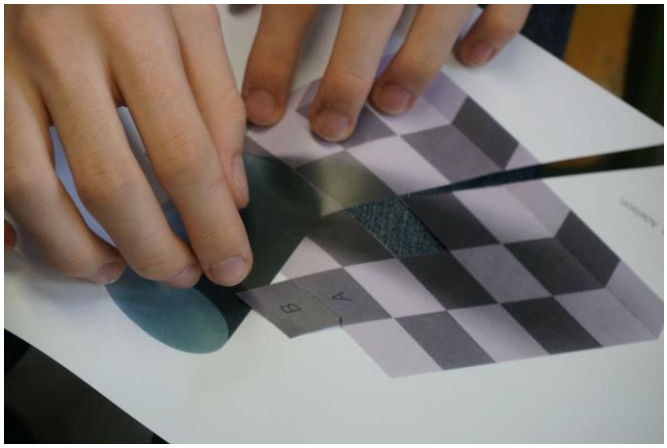
Quellen: http://web.mit.edu/persci/people/adelson/checkershadow_illusion.html,
http://en.wikipedia.org/wiki/Checker_shadow_illusion

Frage: Hier sind zwei Felder (A und B) zu sehen, sind sie unterschiedlich dunkel?

Erklärung: Die beiden Felder sind gleich dunkel. Wie ist das möglich?

Unsere Verarbeitung visueller Reize kompensiert automatisch und ohne unsere bewusste „Zustimmung“ den Schatten, den der Zylinder wirft, um die „richtige“ Helligkeit zu erhalten. Graduelle Helligkeitsunterschiede werden ignoriert, um nicht durch den Schatten in die Irre geführt zu werden. Zusätzlich wird das Feld A nur von hellen und das Feld B nur von dunklen Feldern umgeben. Der

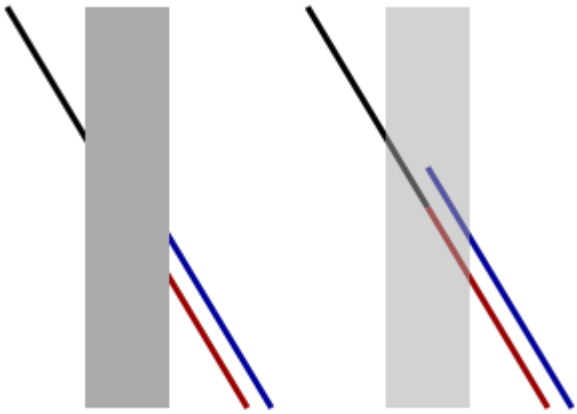
Kontrast führt dazu, dass das Gehirn automatisch und für uns nicht wahrnehmbar „vermutet“, dass A dunkler und B heller sind als ein durchschnittliches Feld.



Umsetzung von NeuroKids in der Unterstufe, Foto: Richard Pircher

Außerdem „wissen wir“, dass ein Schachbrett in der Diagonale aus lauter weißen bzw. schwarzen Feldern besteht. Deshalb muss A ein schwarzes und B ein weißes Feld sein. Dieses Wissen wird vom Gehirn automatisch angewandt, selbst wenn wir nach dieser Erklärung bewusst wissen, dass die Felder gleich dunkel sind.

Poggendorff-Täuschung



Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Poggendorff_illusion.svg?download

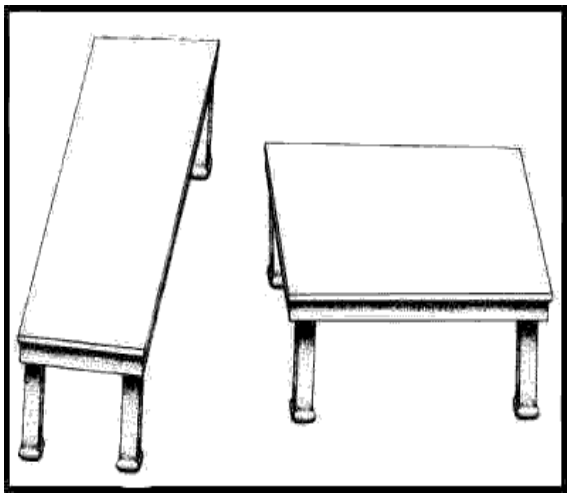
Frage: Was ist auf dieser Zeichnung zu sehen? Welche der farbigen Linien gehört zu der schwarzen Linie links?

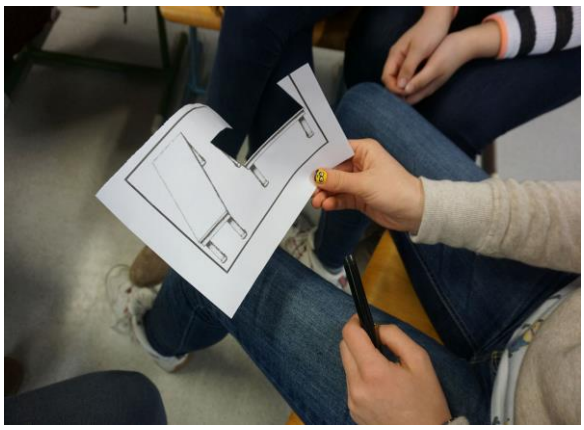
Erklärung: Durch den vertikalen Balken wird unser visuelles System getäuscht. Das Gehirn versucht, aus der Erfahrung heraus, seinen Schluss zu ziehen. Dabei schätzt es den Winkel zwischen der schwarzen Linie und dem Balken falsch ein. Deshalb erscheint meist die oberste Linie als Fortsetzung, in Wahrheit ist es jedoch die zweite Linie von oben.

Es bestehen verschiedene Theorien, um diese falsche Einschätzung, die J. C. Poggendorff bereits 1860 entdeckte, zu erklären. Ein Ansatz führt sie auf Winkelverzerrung zurück. Spitze Winkel werden

größer wahrgenommen als sie sind (Winkelüberschätzung) und stumpfe Winkel kleiner als sie tatsächlich sind (Winkelunterschätzung).

Shepards Tischplatte (Shepard Table Top Illusion)

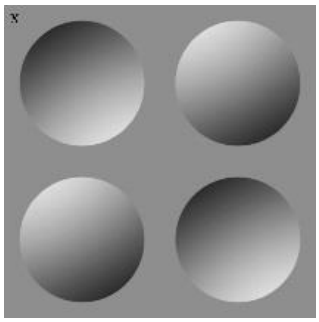




Umsetzung von NeuroKids in der Unterstufe, Foto: Richard Pircher)
Quelle Zeichnung: http://www.smart-kit.com/s868/optcal-illusion-tables/, http://brainden.com/visual-illusions.htm

Frage: Sind die beiden Tischflächen gleich groß?
Erklärung: Das Gehirn kennt das Objekt Tisch und versucht, ein dreidimensionales Bild der Tische herzustellen. Bei der Abbildung ist die Perspektive nicht ganz korrekt gezeichnet, das Gehirn korrigiert den Fehler, deshalb erscheinen die Tischplatten unterschiedlich groß. Unser Gehirn interpretiert vertikale Maße automatisch länger als horizontale.

Form durch Schatten, Kreise konkav und konvex



Quelle: V.S. Ramachandran, 1988

Fragen: Was ist der Unterschied zwischen diesen Kreisen? Sind diese Kreise gewölbt? Wenn ja, wie?
Erklärung: Für die meisten Menschen sehen Kreise mit dem dunklen Teil oben wie nach innen gewölbt aus, die mit dem dunklen Teil unten, wie nach außen gewölbt.
Wir haben gelernt, dass Licht von oben kommt (vor allem von der Sonne). Deshalb muss eine Wölbung mit dem Schatten oben nach innen und eine mit dem Schatten unten nach außen gehen.

Der blinde Fleck (Blind Spot)

Quelle: Richard Pircher, http://www.colorcube.com/illusions/blndspot.htm

Frage/Aufgabe: Schließe das linke Auge und fixiere das Kreuz. Bewege nun die Abbildung ca. 30 cm vor Deinen Augen so lange langsam nach vor und zurück bis der Kreis rechts verschwunden ist.
Wenn Du das Experiment mit obigem Bild wiederholst, zeigt sich vielleicht, dass der graue Balken ununterbrochen fortgesetzt erscheint, wenn der schwarze Kreis durch den blinden Fleck unsichtbar wurde.
Erklärung: Unser Gehirn vervollständigt automatisch die Wahrnehmung mit der „wahrscheinlichsten" Variante der visuellen Eindrücke rund um den blinden Fleck. Diese lokale Blindheit besteht auf dem Punkt, wo alle Fasern der lichtempfindlichen Schicht des Auges zusammen kommen und den Sehnerv bilden, der die aufgenommenen Signale vom Auge zum Gehirn leitet. An dieser Stelle sehen wir nicht. Doch nehmen wir wahr, dass wir an diesem blinden Fleck nicht sehen?
Die über unsere Sinne aufgenommenen Daten werden also nicht nur stark gefiltert, sondern auch bei Bedarf automatisch retuschiert.

Übungen zu den 5 Sinnen

Wahrnehmungsschwelle „Süß"

Material: Anleitung, Behältnisse, Becher, Messbecher, Wasser, und Zucker
Methode: Gruppenexperiment mit Anleitung
Arbeitsinhalt: Anhand einer experimentellen Erfahrung wird die Absolutschwelle eines Stimulus, in diesem Fall des Geschmacks "Süß" bestimmt. Die ungefähre Erkennungsschwelle für in Wasser gelösten Zucker liegt bei einem Teelöffel Zucker auf 7,6 Liter Wasser.
Durchführung: Jede Gruppe erhält ein Behältnis, Wasser, Zucker, einen kleinen Messbecher und kleine Einwegbecher zum Probieren. Es soll nun die Menge an Zucker bestimmt werden, die man braucht, um ihn im Wasser aufgelöst wahrzunehmen.
Lernziel: Es gibt eine minimale Menge, die ich nehmen muss, um einen Reiz überhaupt wahrzunehmen.

Wahrnehmungsschwelle „Abstände", sensorische Wahrnehmung

Material: Stäbchen, Anleitung zur Durchführung
Methode: Gruppenexperiment mit Anleitung
Arbeitsinhalt: Wie weit müssen die Stäbchen voneinander entfernt sein, um als getrennt voneinander wahrgenommen zu werden.
Durchführung: Jede Gruppe erhält mehrere Stäbchen, und jeweils ein/e SchülerIn soll einem/einer anderen die Stäbchen in verschiedenen Abständen voneinander auf den Unterarm und dann auf die Wange oder Hand halten.
Lernziel: Die Rezeptoren sind an den Extremitäten weiter entfernt und somit werden die Stäbchen erst bei einigen Zentimetern Distanz unabhängig voneinander wahrgenommen. An der Wange oder Hand ist die Distanz kleiner. Das hat mit der Wichtigkeit des Gesichtes und der Hände für die sensorische Wahrnehmung zu tun.

Düfte erkennen

Material: Duftdispensoren
Methode: Gruppenexperiment mit Anleitung
Arbeitsinhalt: Düfte sollen richtig erkannt werden
Durchführung: Die verschiedenen Behältnisse werden geöffnet und Jeder SchülerIn schreibt auf eine Liste, was er zu riechen glaubt. Anschließend werden die Angaben überprüft.
Lernziel: Im Verhältnis zur Gesamtheit der existierenden und bekannten Düfte kann man nur eine geringe Anzahl benennen und auch das ist nicht einfach.

Thema selektive Wahrnehmung entsprechend einem bestimmten Fokus

Film „selective attention test“ (invisible gorilla) und danach „The Monkey Business Illusion” (Daniel Simons, University of Illinois)

Frage: Wie oft spielen die Spieler in Weiß einander den Ball zu?

1. Video: „selective attention test“ (invisible gorilla): https://www.youtube.com/watch?v=vJG698U2Mvo
2. Video: „The Monkey Business Illusion”: https://www.youtube.com/watch?v=IGQmdoK_ZfY

Bei dem zweiten Video „The Monkey Business Illusion” sehen vor allem diejenigen Personen, die das erste Video kennen, die neuen zusätzlichen Änderungen *nicht*. Die „Sicherheit“, schon zu wissen, worum es geht, führt uns tendenziell zu einem Tunnelblick, wodurch wir die anderen Änderungen übersehen.
Tipp: das Video erst *nach* dem Titel zeigen und mehrfach die Aufgabe klar und deutlich kommunizieren. Es ist auch möglich, das Experiment mit den SchülerInnen nachzuspielen und aufzuzeichnen.

Lernziel: In unserer Wahrnehmung werden immer viele Signale ausgeblendet. Durch den Blick auf ein bestimmtes Ziel oder durch eine bestimmte Erwartung lenken wir unsere Aufmerksamkeit und steuern, was wir bewusst wahrnehmen und was nicht.

Gummihandillusion

Video: http://www.youtube.com/watch?v=sxwn1w7MJvk

Frage: Wie kann man sich mit einer Gummihand identifizieren?

Lernziel: Unser Körpergefühl ist eine Konstruktion des Gehirns. Personen, denen eine Gliedmaße amputiert wurde, empfinden häufig so genannte Phantomschmerzen in der nicht mehr vorhandenen Gliedmaße, weil das Gehirn versucht, den fehlenden Körperteil zu rekonstruieren. Es verwendet dazu die stärksten erinnerbaren Signale und das sind Schmerzen. Durch eine Spiegeltherapie kann diese Reaktion des Gehirns häufig erfolgreich behandelt werden.

Reflexion von Wahrnehmung

Material: keines

Methode: Gespräch zwischen PädagogIn und Klasse, Brainstorming

Arbeitsinhalt: Wie kommt Information in den Kopf hinein? Wie kommen Informationen zu Euch? Wo kommen sie hinein? Was braucht man dazu?

Glaubt ihr, dass alles so ist, wie ihr es seht? Könnt ihr Euren Augen trauen?

Lernziel: SchülerInnen kennen die Gehirnfunktionen, die für die Wahrnehmung und Wissensspeicherung verantwortlich sind. Unsere Wahrnehmung ist nicht gleich der Realität. Unser Bild der Realität entsteht im Kopf. Erfahrungen, Erwartungen und Emotionen beeinflussen, was wir wahrnehmen. Unsere Fähigkeit wahrzunehmen, ist begrenzt.

Anmerkung:

Die angestrebte Erkenntnis aus den Übungen besteht darin, zu begreifen, dass die Welt nicht gleich dem ist, was ich wahrnehme und denke. Unser Bild von der Welt entsteht in unserem Gehirn. Miss-verständnisse etc. können auf unterschiedlicher Wahrnehmung beruhen. Durch Austausch über unsere Wahrnehmung können wir Überraschendes entdecken und ein besseres gegenseitiges Verständnis fördern.

2.2 Affektive Verarbeitung und Emotionen

Bis heute hat sich keine allgemein anerkannte Definition des Begriffs „Emotion“ durchgesetzt, es gibt in der Tat eine Vielzahl an verschiedenen Definitionen. Um ein bestmögliches Verständnis dieses Leitfadens zu erzielen, sei hier auf die den Autoren als momentan am sinnvollsten erscheinende Definition hingewiesen.
Stellen wir uns dafür eine Szene im Schulhof vor, bei der ein Kind, das bei einem Spiel immer sehr geschickt und erfolgreicher als die anderen war, plötzlich verliert. Diese Situation löst momentan eine starke Frustration aus. Äußerlich wird aber Stärke und der „gute Verlierer“ gezeigt. Die innere Frustration wird hier als *Gefühl*, die nach Außen gezeigte Stärke als *Emotion* bezeichnet.
Eine *Emotion* ist ein Verhaltens*ausdruck* (Expression) affektiver Informationsverarbeitung und unterscheidet sich dadurch von einem *Gefühl*, wie zum Beispiel Angst, welche *gespürt* wird. Ein Paradebeispiel für eine Emotion ist ein Gesichtsausdruck, der eindeutig durch Muskelkontraktion hervorgerufen wird und somit klar als Ausdruck verstanden wird.

Oft werden diese verschiedenen Begriffe nicht eindeutig definiert und erklärt, meist nicht einmal auseinander gehalten, sondern untereinander austauschbar verwendet. Folgende Analogie verdeutlicht das Problem: "Emotion" wird verwendet als ob die Räder eines Autos, sein Motor, das komplette Auto und selbst das Fahren des Autos allesamt "Auto“ genannt würden, wobei diese eigentlich separate Komponenten, oder im Falle des Fahrens sein Mechanismus sind. Würde ein Mechaniker dem Besitzer eines Autos nichts anderes mitteilen können, als dass sein Auto reparaturbedürftig sei, wüsste der Besitzer nicht, ob das Problem beim Motor, den Rädern oder irgendwo sonst zu finden ist. Die Frustration des Autobesitzers wäre verständlich, hingegen hatte bis vor kurzem offensichtlich niemand ein Problem mit der Tatsache, dass als „Emotion“ sowohl neuronale Aktivitäten als auch kognitive Interpretationen und Gefühle und zuletzt auch Gesichtsausdrücke angesehen werden.
Im Rahmen dieses Leitfadens werden Emotionen als *Ausdruck* verstanden und sind somit das *Ergebnis* affektiver Informationsverarbeitung (und nicht selbst Verarbeitung!). Emotionen können, müssen aber nicht auf jegliche affektive Verarbeitung hin entstehen. Es kann auch nur *rein affektive Verarbeitung* vorherrschen, deren neuronales Ergebnis natürlich in einen Entscheidungsprozess miteinbezogen wird, die aber zu keinen Emotionen führt. Wie bereits anfangs erwähnt, bedeutet affektive Verarbeitung die Auseinandersetzung mit der „wie“-Frage (gut oder böse, angenehm oder unangenehm, …).

Eine Emotion ist ein Verhaltens*ausdruck* affektiver Informationsverarbeitung
Ein Gefühl, wie zum Beispiel Angst, wird *gespürt*

Viele meinen mit Emotion aber eigentlich eher Gefühl, was einem bewusst erlebten *affektiven Inhalt* entspricht. Klassische Beispiele sind das Gefühl der Angst oder der Freude. Diese Zustände werden *gespürt*. Die entsprechenden Emotionen sind dann das, was zum Ausdruck gebracht wird und somit

von jemand anderem wahrgenommen werden kann. Dass eine rein affektive Verarbeitung nicht ident mit einer Emotion sein muss, haben wir bereits mit der oben beschriebenen Schulhofsituation illustriert: Die Situation, plötzlich der Verlierer zu sein, resultiert in Gefühlen wie Frustration oder Ärger. Die innerliche Frustration wird hier als *Gefühl*, die nach Außen gezeigte Stärke des „guten Verlierers" als *Emotion* bezeichnet. Als sozial aufgewachsener Mensch schüttelt man die Hand des Gewinners und sieht ihm lachend ins Gesicht, obwohl man tief im Inneren eigentlich das Gefühl des Ärgers spürt und verarbeitet. Solche Begebenheiten verdeutlichen auch den Umstand, dass ein bestimmter affektiver Reiz gleichzeitig mehrere Emotionen auslösen kann, denn obwohl wir ein Lachen im Gesicht haben, können zeitgleich auch andere emotionale Reaktionen stattfinden, die sehr wohl den Ausdruck von Ärger andeuten.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, ist affektive vor *kognitiver* Informationsverarbeitung entstanden und ist somit evolutionsgeschichtlich älter. Daraus wird auch ersichtlich, dass unterschiedliche Gehirnstrukturen beteiligt sind. Es sind vornehmlich ältere Strukturen im Gehirn, die affektive Informationsverarbeitung bewerkstelligen, sodass davon auszugehen ist, dass Tiere, die diese alten Strukturen auch in ihren Gehirnen tragen, ebenso affektive Aspekte prozessieren und entsprechende Ergebnisse dann auch zur Verhaltenskontrolle nutzen. Klar ist, dass auch nicht-menschliche Säugetiere Gefühle haben können, auch, wenn diese nicht immer mit Emotionen einhergehen.

Kognition ist eine Art der Verarbeitung im Gehirn, die durch jüngere neuronale Strukturen unterstützt wird. Aus diesem Grund kann auch angenommen werden, dass Tiere, die diese jüngeren Strukturen nicht in ihren Gehirnen beinhalten, keine entsprechende kognitive Verarbeitung (oder eingeschränkte, oder andere) durchführen können, aber natürlich trotzdem ihr Verhalten anpassen.

Durch die unterschiedlichen Entwicklungsgeschichten lässt sich ableiten, dass sprachlicher Zugang zu tief im Gehirn verarbeiteten affektiven Inhalten nur schwer bis gar nicht möglich ist. Befragungen zu affektiven Inhalten führen deshalb oft zu falschen bzw. irreführenden Ergebnissen. Kinder mit affektiv begründeten Lernschwierigkeiten können beispielsweise die Ursachen dafür nicht sprachlich ausdrücken. Im Falle von Marktforschung sind die möglichen Folgen Flop-Produkte und bei medizinischen bzw. therapeutischen Behandlungsstrategien wären es suboptimale Interventionen.

Inhalte älterer Gehirnbereiche sind oft sprachlich nicht erfassbar

Als Fazit kann gesagt werden, dass jeder Reiz zumindest eine affektive und eine kognitive Komponente besitzt. Der Anblick eines aggressiv knurrenden und zähnefletschenden Hundes hat die kognitive Komponente, die uns sagt, dass es sich um eine bestimmte Hunderasse handelt, vielleicht einen Schäfer, während die affektive Komponente eindeutig darauf hinweist, dass dieser Hund wohl eher zu meiden ist und nicht gestreichelt werden sollte.

Im Schulalltag dürften viele Missverständnisse und Misserfolge darauf beruhen, dass sehr viel Aufmerksamkeit der kognitiv-sprachlichen Ebene zugewandt wird, die affektiv-gefühlsmäßige aber zu selten bewusst adressiert und wahrgenommen wird.

2.2.1 Angst

Wie bereits weiter oben beschrieben, ist Angst ein *Gefühl* und keine Emotion (siehe Walla und Panksepp, 2013). Da kein Allgemeinverständnis vorherrscht (immerhin sind sich nicht einmal anerkannteste Wissenschaftler einig), nehmen wir in diesem Leitfaden an, dass Angst der bewussten Wahrnehmung einer körperlichen Reaktion auf einen Angst auslösenden Reiz entspricht, was am besten als Gefühl bezeichnet wird. Die Gehirnstruktur, die als Folge eines Angst auslösenden Reizes zuerst aktiv wird, heißt Mandelkern bzw. wissenschaftlich Amygdala (siehe Abbildung unten). Es gibt hier, wie bei den meisten Gehirnstrukturen, ein Paar, einen Mandelkern links und einen rechts. Die Mandelkerne sind kleine (mandelgroße), rundliche Strukturen, die wiederum aus mehreren kleineren Unterstrukturen bestehen, die alle ihre eigenen Funktionen haben. Allgemein sind die Mandelkerne am ehesten als Negativitätsdetektoren zu verstehen. Wenn man sie entfernt, hat man keine Angst mehr, da Negativität nicht mehr erkannt wird und somit auch keine entsprechenden Körperreaktionen erzeugt werden. Selbstverständlich ist es gut und wichtig, Angst haben zu können, da man dadurch nicht nur in der Lage ist, negative und potenziell gefährliche Situationen zu erkennen, sondern den Drang verspürt, solche Situationen aktiv zu vermeiden.

Einige der Unterstrukturen der Mandelkerne verarbeiten Riechinformationen, was zu negativen affektiven Reaktionen auf Gerüche führen kann, was wiederum zur Folge hat, dass die damit verbundenen Erlebnisse lange abrufbar bleiben.

Angst ermöglicht es uns, gefährliche Situationen zu vermeiden

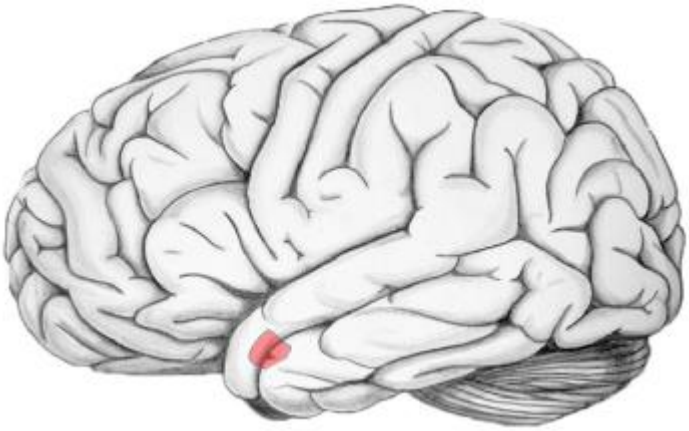


Abbildung: Gehirnbereich **unter** der kortikalen Oberfläche (Hirnrinde), welcher Angstreize verarbeitet (Mandelkern). Es gibt einen Mandelkern in der linken und einen in der rechten Gehirnhälfte (Quelle: Peter Walla).

2.2.2 Freude

In der Neurobiologie unterscheidet man ganz klar zwischen negativen und positiven Gefühlen. Negativität hat stets mehr Gewicht, da es verständlicherweise für das nackte Überleben wichtiger ist, eine Quelle negativer Konsequenzen meiden zu können, als auf eine positive Quelle zuzugehen. Einen giftigen Pilz *nicht* zu essen ist wichtiger als ein Eis am Stiel zu genießen.

Sich über etwas freuen zu können, ist biologisch gesehen wohl eher ein Luxus als eine überlebensnotwendige Strategie. Vermutlich werden positive Gefühle wie Freude von einem anderen Netzwerk im Gehirn verursacht, welches mit dem so genannten Belohnungszentrum in Verbindung steht. Die wahrscheinlich wichtigste entsprechende, **unter** der kortikalen Oberfläche liegende, Gehirnstruktur heißt „Nucleus accumbens“ (siehe Abbildung unten).

Neben den gängigen Hirnforschungsmethoden, mit denen man sozusagen dem Gehirn bei der Arbeit zusehen kann (Neuroimaging, Methoden wie Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT), Positronen-Emissions-Tomographie (PET), Magnetenzephalographie (MEG) und Elektroenzephalographie (EEG)), gibt es eine kaum bekannte Methode, die so genannte Schreckreflexmodulation (SRM), die viel eleganter und auch stichhaltiger affektive Informationsverarbeitung messen kann. Bei dieser Methode werden Testpersonen in unregelmäßigen Abständen immer wieder laute Knallgeräusche über Kopfhörer vorgespielt, sodass diese im wahrsten Sinne des Wortes erschrecken. Ein wichtiger Teil der Schreckreaktion ist der Lidschlussreflex. Mit anderen Worten, man blinzelt, wenn es knallt. Mithilfe so genannter Elektromyographie (EMG) kann man die Stärke dieses Lidschlussreflexes quantifizieren. Das Ausmaß des Lidschlussreflexes verändert sich entscheidend, abhängig von der momentanen affektiven Verarbeitung im Gehirn. Dabei wirkt der Nucleus accumbens hemmend auf den Lidschlussreflex - man blinzelt weniger stark je positiver man während des erschreckt Werdens gestimmt ist. Der Mandelkern hingegen wirkt verstärkend - man blinzelt heftiger je mehr Negativität momentan affektiv verarbeitet wird (siehe Walla & Koller (2015).

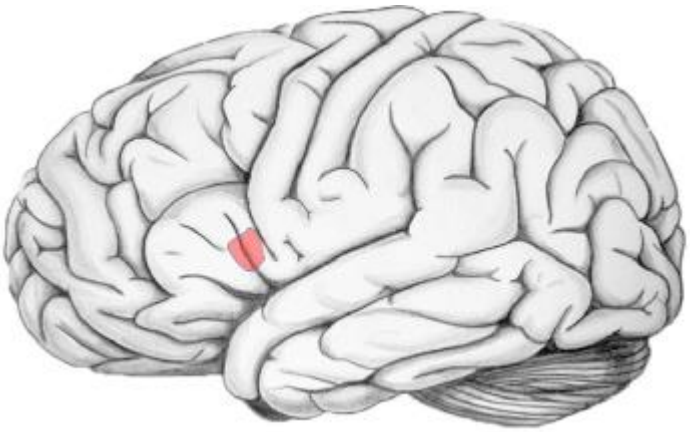


Abbildung: Der rot markierte Bereich weist auf den Ort **unter** der kortikalen Oberfläche (Hirnrinde) hin, wo sich der Nucleus accumbens befindet (einer in jeder Gehirnhälfte) (Quelle: Peter Walla).

2.2.3 Didaktische Umsetzung

2.2.3.1 Kindergarten

Thema Angst

Das Thema Angst kann im Kindergarten auf verschiedenen Ebenen erarbeitet werden. Eine Ebene ist die des *Erkennens* und der *Heranführung an den Begriff*. Dies geschieht hier durch die aktive Beobachtung von Tierbildern und die gemeinsame Diskussion über Reaktionen die auf Angst folgen können. Anschließend kann der Begriff auf eine *individuelle, persönliche Ebene* gebracht werden. Hier können die Kinder lernen, dem Begriff körperliche Symptome, Reaktionen und Befindlichkeiten zuzuordnen. Auf einer weiteren Ebene kann Angst dann *spielerisch dargestellt* werden, um in einem geschützten Rahmen die Verknüpfung der Emotion mit Auslösern zu verstehen.

Angst bei Tieren

Material: Bilder von Tieren, die Angst haben, mit kurzer Erklärung durch PädagogIn

Methode: Arbeitskreis

Arbeitsinhalte:

- Katze macht Buckel
- Meerschweinchen fällt tot um
- Vogel Strauß steckt Kopf in den Sand
- Käfer stellt sich tot
- Tintenfisch sprüht Tinte
- Kugelfisch wird rund
- usw.

Durchführung: Neugierde wecken und Aufmerksamkeit gewinnen: Kinder sitzen in einem Arbeitskreis und PädagogIn erklärt zunächst, dass heute etwas besprochen wird, was sicher Jeder kennt. Eine Karte wird aus dem Stapel gezogen (evtl. dürfen Kinder eine Karte ziehen) und die Frage gestellt, wer das Tier kennt. Was macht das Tier da und wieso macht es das? Hat jemand so ein Tier schon einmal gesehen und hat es auch dieses Verhalten gezeigt? Glaubt ihr, dass dieses Verhalten sinnvoll ist und zum Ziel führt?

Lernziel: Die Kinder sollen verstehen, was Angst ist, dass Angst zu haben normal für ein Tier ist und dass es viele Arten gibt, darauf zu reagieren. Angst zu haben ist gut, da das Tier dann Feinde abwehren kann.

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Fotos: Richard Pircher

Gesichter - Emotionen zuordnen / erkennen

Material: Abbildungen von menschlichen Gesichtern, die unterschiedliche Emotionen zeigen

Methode: frontal

Arbeitsinhalt: Emotionen zuordnen und benennen

Durchführung: PädagogIn zeigt den Kindern der Reihe nach die Bilder und die Kinder sagen, was sie sehen. Vertiefend kann darüber diskutiert werden, wie sich die Emotion im Inneren anfühlt, welche weiteren Körpersymptome möglich sind, was die Auslöser für diese Gefühle und Emotionen sein können, wie man sich gegenüber einem Menschen verhalten kann, der diese Emotion zeigt. Muss, wie jemand sich gerade fühlt, immer im Gesichtsausdruck erkennbar sein?

Lernziel: Was ein Mensch fühlt, zeigt sich häufig in seinem Gesichtsausdruck (und anderen Körperreaktionen). Wenn ich lerne, Gesichtsausdrücke richtig zu interpretieren, kann ich mich besser der Situation entsprechend verhalten.

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Fotos: Richard Pircher

Angst benennen - was ist Angst für mich?

Material: Fragekärtchen zur gemeinsamen Diskussion mit Stichworten zur Orientierungshilfe für PädagogIn

Methode: Arbeitskreis

Arbeitsinhalt: Wer von euch hatte schon einmal Angst, oder kennt ihr jemanden, der Angst hatte? Wieso/wovor hattet ihr/ hatte ein anderer Angst? Wie fühlt sich Angst haben an (im Kopf, in den Knien, im Hals, im Bauch...)? Was tue ich, wenn ich Angst habe? Was hilft mir, wenn ich Angst habe?

Durchführung: eine geführte Diskussion mit Anregungen durch PädagogIn und der Möglichkeit für alle, sich selbst wahrzunehmen oder über Aussagen anderer wieder zu erkennen.

Lernziel: Die Inhalte bekommen einen persönlichen Bezug. Die Kinder sollen lernen, den eigenen Gefühlen Namen zu geben und über sie zu sprechen.

Spiel Fuchs und Hasen

Material: selbst gebastelte Tiermasken oder nur ein Farbpunkt an der Bekleidung

Methode: Bewegungsspiel zum Abschluss und zur Festigung des Inhaltes

Durchführung: Wir haben einen Angstauslöser, das ist der Fuchs, und viele kleine ängstliche Hasen. Ein ausgewähltes Kind (z. B. dasjenige, das als nächstes Geburtstag hat) darf als erstes der Fuchs sein, alle anderen Kinder sind Hasen. Zuerst dürfen alle Hasen herumhoppeln, dann kommt der Fuchs. Dabei versucht er, sich anzuschleichen und die Hasen zu erschrecken. Die Hasen laufen im Zickzack davon und verstecken sich vor dem Fuchs in ihrem Hasenbau. So viele Durchgänge wie erwünscht.

Lernziel: Auflockerung, Bewegung, spielerische Aufarbeitung der Emotion Angst und gleichzeitige Festigung des Begriffs durch konkretes Verbinden eines Auslösers mit einem Verhalten.

Thema Freude

Auf spielerische Weise soll hier gezeigt werden, was Freude bedeutet. Die Kinder sollen lernen, einen Begriff einem Gefühl zuzuordnen.

Begriffe Gefühlen zuordnen

Material: Fragekärtchen zur gemeinsamen Diskussion mit Stichworten zur Orientierungshilfe für PädagogIn

Methode: Arbeitskreis

Arbeitsinhalt/Fragen: Wer von euch kennt Freude? Wie fühlt sich Freude an (im Kopf, in den Knien, im Hals, im Bauch...)? Was tue ich, wenn ich mich freue (weinen, Saltos schlagen, lachen)? Worüber freue ich mich?

Durchführung: eine geführte Diskussion mit Anregungen durch PädagogIn und der Möglichkeit für alle, sich selbst wahrzunehmen oder über Aussagen anderer wieder zu erkennen.

Lernziel: Die Inhalte bekommen einen persönlichen Bezug. Die Kinder sollen lernen, den eigenen Gefühlen Namen zu geben und über sie zu sprechen.

Lachen hören

Material: Tonbandaufzeichnung mit Lachen

Methode: entspannte Körperhaltung

Arbeitsinhalt: Die Kinder sollen zuhören und anschließend berichten, wie es ihnen gefallen hat. Hat jemand grinsen oder gar mitlachen müssen, war das Lachen ansteckend oder nicht?

Durchführung: Kinder sitzen oder liegen entspannt und hören zu, wie jemand lacht.
Anschließend wird darüber gesprochen, was die Kinder dabei gefühlt haben.

Lernziel: Möglichkeit, über das eigene Befinden zu berichten, Gefühle zu beschreiben. Förderung des Ausdrucks und der Sprache und sich selbst kennen zu lernen.

Spiel „Armer schwarzer Kater“

Material: Instruktionen für das Spiel

Methode: Gruppenspiel

Arbeitsinhalt: Die Mitspieler bekommen den Auftrag nicht zu lachen. Einer (oder mehrere bei größeren Gruppen) soll versuchen, nur durch miauen einen anderen Spieler zum Lachen zu bringen. Die im Kreis sitzenden Spieler müssen, wenn sie anmiaut werden, antworten: „armer schwarzer Kater“.

Durchführung: Kinder sitzen im Kreis und beobachten sich selbst und die anderen. Anschließend wird darüber gesprochen, was die Kinder dabei gefühlt haben

Lernziel: Möglichkeit, über das eigene Befinden zu berichten, Gefühle zu beschreiben. Förderung des Ausdrucks und der Sprache und sich selbst kennen zu lernen

Freude malen (kreativ ausdrücken)

Material: Mal- oder Bastelmaterial nach Wunsch

Methode: Einzel- oder Gruppendurchführung

Arbeitsinhalt: Es sollte ein Werk entstehen, das Freude zeigt. Dies kann entweder etwas sein, was bei den Kindern Freude auslöst oder nur eine Farbe, Kollage oder ähnliches.

Durchführung: Über einen festgelegten Zeitraum wird kreativ gearbeitet

Lernziel: Der kreative Ausdruck ermöglicht eine erweiterte Beschäftigung mit den Emotionen

2.2.3.2 Volksschule

Thema Angst

Das Ziel ist die gemeinsame Erarbeitung von allgemeinen Inhalten zum Thema Angst. Insgesamt ist der Inhalt in drei Ebenen gegliedert: eine allgemeine einführende Beobachtungsebene, um dann auf eine persönliche Ebene und schließlich auf eine abstrakte überzugehen.

Angst bei Tieren

Material: Bilder von Tieren, die Angst haben, mit kurzer Erklärung durch PädagogIn. Dieselben Bilder ohne Erklärung evtl. für Kleingruppenarbeiten

Methode: frontal oder in Kleingruppen

Arbeitsinhalte:

- Katze Buckel
- Meerschweinchen fällt tot um
- Vogel Strauß steckt Kopf in den Sand
- Käfer stellt sich tot
- Tintenfisch sprüht Tinte
- Kugelfisch wird rund
- usw.

Durchführung: Bei frontaler Erarbeitung zeigt PädagogIn die einzelnen Bildkarten den SchülerInnen und erarbeitet folgende Punkte mit der gesamten Klasse, ansonsten werden sie in den Kleingruppen erarbeitet und dann vorgestellt:

Welches Tier sehe ich?

Was macht es da?

Wieso macht es das?

Habe ich das Verhalten schon mal gesehen?

Was ist die mögliche Konsequenz eines solchen Verhaltens?

Lernziel: Die Kinder sollen verstehen, was Angst ist, dass Angst zu haben normal für ein Tier ist und dass es viele Arten gibt, auf Angst auslösende Situationen zu reagieren. Die Funktion von Angst ist das Abwenden von Feinden, um so das eigene Überleben zu sichern und das wiederum dient der Arterhaltung.

Angst benennen – was ist Angst für mich?

Material: Fragekärtchen zur gemeinsamen Diskussion, mit Stichworten zur Orientierungshilfe für PädagogIn

Methode: Arbeitskreis oder Kleingruppen

Arbeitsinhalte/Fragen: Wer von euch hatte schon mal Angst? Kennt ihr jemanden der Angst hatte?

Wieso/wovor hattet ihr/ hatte ein anderer Angst?

Wie fühlt sich Angst haben an (im Kopf, in den Knien, im Hals, im Bauch...)?

Was tue ich, wenn ich Angst habe?
Was hilft mir, wenn ich Angst habe?
Habt ihr schon mal absichtlich Angst auslösende Situationen aufgesucht (z. B. Achterbahn, Spukschloss)?
Lernziel: Die Inhalte bekommen einen persönlichen Bezug. Die Kinder sollen lernen, den eigenen Gefühlen Namen zu geben und über sie zu sprechen. Durch den Körperbezug lernen sie, auch auf die eigenen physiologischen Reaktionen zu achten.

Sinn von Angst

(Altersgruppe: ab Eintritt in formales Denken geeignet)
Material: Fragekärtchen mit rückseitiger Antwort
Methode: Frontal oder Kleingruppen
Arbeitsinhalte/Fragen:
Haben andere Lebewesen, Pflanzen, Objekte Angst?
Wann und wieso ist es *sinnvoll*, Angst zu haben?
Haben ein Baum, eine Blume, ein Grashalm Angst?
Hat ein Wurm Angst?
Hat ein Fisch Angst?
Hat ein Käfer Angst?
Hat ein Haustier Angst?
Hat der Computer Angst?
Hat ein Tisch Angst?
usw.
Wieso ist es gut, Angst zu haben?
Wieso ist es biologisch sinnvoll, Angst zu haben?
Lernziel: Hier geht es um ein allgemeines Verständnis von Angst, zum Teil wird auch Abstraktionsfähigkeit von den Kindern verlangt, die das ganzheitliche Denken fördern soll.

Thema Freude

Der Begriff der Freude wird hier auf spielerische Weise erarbeitet.

Freude thematisieren

Material: Fragekärtchen zur gemeinsamen Diskussion mit Stichworten zur Orientierungshilfe für PädagogIn
Methode: Arbeitskreis
Arbeitsinhalte/Fragen:
Wer von euch kennt Freude?
Wie fühlt sich Freude an (im Kopf, in den Knien, im Hals, im Bauch...)?
Was tue ich, wenn ich mich freue (weinen, Saltos schlagen, lachen)?
Worüber freue ich mich?

Durchführung: eine geführte Diskussion mit Anregungen durch PädagogIn und der Möglichkeit für alle, sich selbst wahrzunehmen oder über Aussagen anderer wieder zu erkennen.
Lernziel: Die Inhalte bekommen einen persönlichen Bezug. Die Kinder sollen lernen, den eigenen Gefühlen Namen zu geben und über sie zu sprechen.

Emotionen Gesichtern zuordnen

Material: Blätter mit „erkannt“ „nicht erkannt“, für Strichlisten
Bilder mit Gesichtern, die verschiedenste Emotionen ausdrücken
Methode: Klein- oder Zweiergruppen
Durchführung: Die Kinder sollen versuchen, die Emotionen den Gesichtern richtig zuzuordnen. Danach sollen sie die verschiedenen Emotionen selbst darstellen und der Partner soll versuchen, sie zu erkennen.
Lernziel: Erkennen, dass es viele verschiedene Emotionen gibt und sie benennen lernen.

Freude malen (kreativ ausdrücken)

Material: Mal- oder Bastelmaterial nach Wunsch
Methode: Einzel oder Gruppendurchführung
Arbeitsinhalt: Es sollte ein Werk entstehen, das Freude zeigt. Dies kann entweder etwas sein, was bei den Kindern Freude auslöst oder nur eine Farbe, Kollage oder ähnliches.
Durchführung: Über einen festgelegten Zeitraum wird kreativ gearbeitet.
Lernziel: Der kreative Ausdruck ermöglicht eine erweiterte Beschäftigung mit dem Thema Emotionen.

2.2.3.3 Ab 11 Jahren

Thema Angst

Der Aufbau ist in zwei Teile gegliedert, einen *allgemeinen* und einen *persönlichen*, wobei die Reihenfolge der Bearbeitung nicht vorgegeben ist. PädagogIn kann die Umsetzung nach Belieben variieren, die Vorgaben sollen als Basismaterial dienen und können beliebig erweitert werden.

Angst bei Tieren

Material: Liste von Tieren und ihrer Reaktion auf Angst
Methode: Kleingruppenarbeit
Arbeitsinhalte:

- Katze macht Buckel
- Hund zeigt Zähne
- Meerschweinchen fällt tot um
- Vogel Strauß steckt Kopf in den Sand
- Käfer stellt sich tot
- Tintenfisch sprüht Tinte

- Kugelfisch wird rund
- Kofferfisch versprüht Gift und tötet alle Fische um sich herum
- Schlange kriecht davon
- Dragon macht sich größer
- usw.

Haben andere Lebewesen, Pflanzen oder Objekte Angst?

Wann und wieso ist es sinnvoll, Angst zu haben?

Wieso ist es biologisch sinnvoll?

Durchführung: Die SchülerInnen schreiben in Kleingruppen alle Beobachtungen auf, die sie in Zusammenhang mit den aufgelisteten Tieren und Angst gemacht haben. Dabei sollen sie sich auf die direkte Abwehrreaktion der Lebewesen konzentrieren und auf die Funktion, die diese Abwehrreaktion erfüllen soll.

Lernziel: Erweiterung des Wissens über das Verhalten der Tiere. Einführung in die Sinnhaftigkeit von Angst im Tierreich.

Angst differenzieren

Material: Fragekärtchen zur gemeinsamen Diskussion mit Stichworten zur Orientierungshilfe für PädagogIn

Methode: Arbeitskreis oder Kleingruppen

Arbeitsinhalte/Fragen:

Wer von euch hatte schon mal Angst, oder kennt ihr jemanden der Angst hatte?

Wieso/wovor hattet ihr/ hatte ein anderer Angst?

Wie fühlt sich Angst haben an (im Kopf, in den Knien, im Hals, im Bauch...)?

Was tue ich, wenn ich Angst habe?

Was hilft mir, wenn ich Angst habe?

Habt ihr schon mal absichtlich Angst auslösende Situationen aufgesucht (z. B. Achterbahn, Spukschloss)?

Was geschieht, wenn ich keine Angst habe (lebensbedrohlich?)?

Ist es für einen Menschen in unserer Zivilisation überhaupt noch wichtig, Angst zu haben?

Durchführung: Die Einzelbeiträge werden aufgelistet und gemeinsam besprochen.

Lernziel: Die Inhalte bekommen einen persönlichen Bezug. Die Kinder sollen lernen, den eigenen Gefühlen Namen zu geben und über sie zu sprechen. Durch den Körperbezug lernen sie, auch, auf die eigenen physiologischen Reaktionen zu achten. Die letzten Fragen sind allgemein gehalten, um eine Erweiterung des Themas zu erlauben.

Wovor haben wir Angst?

Material: Flipchart

Methode: Strichliste

Arbeitsinhalt: angstauslösende Objekte benennen

Durchführung: Alle Angst auslösenden Dinge, die der Klasse einfallen, können aufgeschrieben werden, dann wird für jedes Objekt durch Hand hoch heben bestimmt, wie viele Personen in der Klasse diese spezielle Angst betrifft. Anhand der Häufigkeitsverteilung können mathematische Grundbegriffe wiederholt oder eingeführt werden.
Lernziele: Grundlagen der Statistik werden praktisch angewandt. Die Erkenntnis, dass man nicht alleine ist mit der Angst.

Thema Freude

Freude wird auf einer allgemeinen Ebene erarbeitet und spielerisch eingeführt. Auf einer kreativen Ebene wird den Kindern ermöglicht, das Erlebte zu verarbeiten und auszudrücken, da gerade in der Welt der Emotionen der verbale Ausdruck vielen schwer fällt.

Freude definieren

Material: Fragekärtchen zur gemeinsamen Diskussion mit Stichworten zur Orientierungshilfe für PädagogIn
Methode: Arbeitskreis
Arbeitsinhalte/Fragen:
Wer von euch kennt Freude?
Wie fühlt sich Freude an (im Kopf, in den Knien, im Hals, im Bauch, ...)?
Was tue ich, wenn ich mich freue (weinen, Saltos schlagen, lachen)?
Worüber freue ich mich?
Wieso kann ich vor Glück weinen?
Bin ich automatisch glücklich, wenn ich (erzwungen) lächle?
Durchführung: eine geführte Diskussion mit Anregungen durch PädagogIn und der Möglichkeit für alle, sich selbst wahrzunehmen oder über Aussagen anderer wieder zu erkennen.
Lernziel: Die Inhalte bekommen einen persönlichen Bezug. Die Kinder sollen lernen, den eigenen Gefühlen Namen zu geben und über sie zu sprechen.

Emotionen darstellen

Material: Karte mit aufgelisteten Gefühlen
Methode: Zweier- oder Kleingruppen
Arbeitsinhalt: Emotionen wie Angst, Trauer, Freude, Wut, Ekel, Überraschung, Ärger
Durchführung: Die SchülerInnen versuchen abwechselnd, eine Emotion durch die entsprechende Veränderung des Gesichtsausdrucks darzustellen und die anderen in der Gruppe sollen versuchen herauszufinden, welche der aufgelisteten Emotionen dargestellt wurde.
Lernziel: Die Gesichtsmuskeln können unterschiedliche Emotionen darstellen, die auch von der Umwelt wahrgenommen werden. Manchen wird es schwerer fallen, eine Emotion darzustellen, da dies normalerweise unbewusst geschieht.

Freude malen (kreativ darstellen)

Material: Mal- oder Bastelmaterial nach Wunsch

Methode: Einzel- oder Gruppendurchführung

Arbeitsinhalt: Es sollte ein Werk entstehen, das Freude zeigt. Dies kann entweder etwas sein, was bei den Kindern Freude auslöst oder nur eine Farbe, Kollage oder ähnliches.

Durchführung: Über einen festgelegten Zeitraum wird kreativ gearbeitet

Lernziel: Der kreative Ausdruck ermöglicht eine erweiterte Beschäftigung mit den Emotionen.

2.3 Selbststeuerung (Selbstregulierung)

Wir haben bereits gehört, dass das Gehirn die Funktion hat, kontrolliertes (oder angepasstes) Verhalten zu produzieren. Um ein Optimum an angepasstem Verhalten zu erzeugen, müssen einerseits gezielt Entscheidungen getroffen werden und andererseits rein affektiv basierte Verhaltensmotivationen unterdrückt werden, da ansonsten mehr triebhaftes als rational gesellschaftsfähiges Verhalten produziert würde.

Affektive Informationsverarbeitung ist evolutionsgeschichtlich älter als kognitive Informationsverarbeitung, was bedeutet, dass es Zeiten gab, während derer Verhalten ausschließlich auf Basis affektiver Verarbeitung kontrolliert und gesteuert wurde (bei den meisten Tieren ist dies immer noch der Fall). Neugeborene verhalten sich ebenso ausschließlich auf Basis affektiver Verarbeitung, da sich ihre kognitiven Fähigkeiten erst im Laufe der folgenden Jahre entfalten. Eine Erklärung dafür ergibt sich aus dem neurobiologischen Ansatz, dass sich der gesamte Ablauf der Evolution im Rahmen eines Menschenlebens widerspiegelt. Das bedeutet, dass ein Menschenleben mit einzelnen Zellen beginnt (Eizelle und Spermienzelle), so wie auch Leben auf der Erde überhaupt erst mit einzelnen Zellen begann, bis dann schrittweise mehrzellige Organismen entstanden sind bis hin zu Primaten, Hominiden und Menschen. Wenn eine Funktion also evolutionsgeschichtlich früh entstanden ist, dann kann dem entsprechend daraus abgeleitet werden, dass sich diese auch früh im Rahmen eines Menschenlebens entwickelt. Anders gesagt, agieren Neugeborene sehr affektbasiert, denn die evolutionsgeschichtlich jüngsten Gehirnstrukturen, die kognitive Verarbeitung und dadurch auch Impulskontrolle ermöglichen, müssen sich erst entfalten (so wie diese auch später im Laufe der Evolution entstanden sind als die affektiven Zentren). Das Verhalten von Babys ist impulsartig, wobei eine einmal eingeschlagene Verhaltensrichtung relativ lange andauert, bis sich schließlich wieder eine neutrale Grundeinstellung einpendeln kann. Das liegt daran, dass affektive Informationsverarbeitung zum Teil durch Hormone und andere Substanzen als Informationsträger funktioniert und diese großteils über Blutbahnen an ihre Zielorte gelangen. Die Geschwindigkeit von Nervenimpulsen ist bedeutend höher als die der Blutbahn. Zudem können Hormone auch nachhaltige Effekte haben, die das Abklingen einer affektbasierten Motivation verzögern.

Der gesamte Ablauf der Evolution spiegelt sich im Rahmen eines Menschenlebens wider

Den Neugeborenen vergleichbare Verhaltensweisen zeigen manchmal ältere – von dementiellem Abbau betroffene - Menschen, bei denen diejenigen Gehirnstrukturen, die bei Babys noch nicht voll entwickelt sind, schon durch krankheitsbedingten Abbau ihre Funktion eingeschränkt oder verloren haben können („was zuletzt kommt geht zuerst“, z. B. bei der frontotemporalen Demenz). Man nennt diesen Umstand „frontale Enthemmung“. „Frontal“ steht für „vorne“ und gemeint sind damit vordere Gehirnstrukturen (vor allem präfrontale Strukturen; siehe untere Abbildung), die bei gesunden Erwachsenen rein affektbasierte Motivationen hemmen und dadurch triebhaftes Verhalten unterdrücken. Eine Hemmung verhindert, dass gesellschaftlich unangebrachtes, triebhaftes Verhalten ausgeführt wird. Diese Hemmfunktion kann im Laufe des Alterns im Zuge einer dementiellen Erkrankung wieder verloren gehen.

Grundsätzlich dürfen wir davon ausgehen, dass auch im gesunden, jungen Gehirn eines Menschen alles Verhalten durch affektive Verarbeitung und Entscheidungsfindung initiiert wird. Im Sinne der optimalen Anpassung des Verhaltens an sich verändernde Situationen im sozialen Umfeld klinkt sich *vor* einer affektiv basierten Verhaltensausführung die kognitive Verarbeitungsebene ein, um ihren Beitrag zu leisten und sozusagen „salonfähiges“ Verhalten zu produzieren.

Die vorderen, frontalen Gehirnstrukturen hemmen Affekte und ermöglichen dadurch sozial angepasstes Verhalten

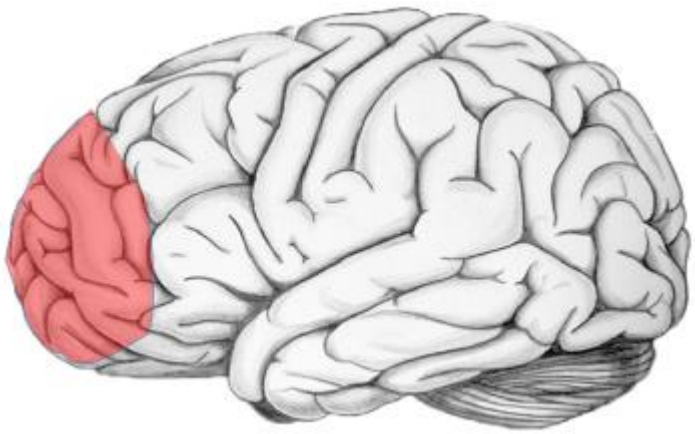


Abbildung: Präfrontale Gehirnareale (Teil des so genannten Frontallappens) auf der kortikalen Oberfläche (Hirnrinde) (Quelle: Peter Walla)

Rationale Entscheidungsfindung ist *die* Form der Verhaltenssteuerung (-regulierung), die uns am geläufigsten ist, da sie auf bewusster Überlegung beruht. Sie ist mit kognitiver Informationsverarbeitung in Verbindung zu bringen. Es gibt allerdings auch einen großen Teil an nicht-bewusster Informationsverarbeitung, die ebenso in den Steuerungsprozess miteinbezogen wird (nicht-bewusste Kognition und affektive Verarbeitung). Das sogenannte Bauchgefühl beruht auf dieser nicht-bewussten, affektiven Verarbeitung. Bauchgefühl ist eigentlich mehr eine Metapher für eine im Gehirn stattfindende Informationsverarbeitung, die auch als Intuition verstanden wird. Da die entsprechende Verarbeitung zu keiner bewusst werdenden Rationalität führt und daher mehr mit einem Gefühl zu

vergleichen ist, geht der Laie davon aus, dass diese nicht im Gehirn, sondern woanders im Körper passiert. Wie auch immer, Tatsache ist, dass es einen regelrechten Trend in Richtung „Folge Deinem Bauchgefühl“ gibt, der sowohl in der Wissenschaft als auch in der Wirtschaft mittlerweile sehr ernst genommen wird. Man kann Bauchgefühlentscheidungen auch mit Heuristiken, einer Art von unbewussten „Daumenregeln“, in Verbindung bringen, da diese genau genommen mit eingeschränkten Informationen zur Entscheidungsfindung beitragen (vgl. Gigerenzer 2008). Es wird beispielsweise nicht die perfekte, optimale Entscheidung gesucht, weil das zu aufwendig wäre, sondern eine *akzeptable, befriedigende*, die man als *erste* findet. Wie bereits im Abschnitt zum Thema Affekt und Emotion erwähnt, bedeuten affektive Inhalte abstrakte, also eher eingeschränkte, Information bezüglich „gut oder böse“, „angenehm oder unangenehm“.

Nicht-bewusste, affektive Verarbeitung kann eine hilfreiche Informationsquelle sein

2.3.1 Planen

Verhalten bewusst zu planen, ist wohl einer der komplexesten Prozesse im Gehirn des Menschen. Es bedarf einer Sicht in die Zukunft und auch einer gewissen Befähigung, sich im Moment nicht existierende Umstände vorstellen zu können. Bewusstes Planen wird derzeit nur uns Menschen und den uns Menschen nahen Menschenaffen (Schimpansen und Bonobos) zugeschrieben. "Theory of mind" (TOM) bezeichnet die Fähigkeit, sich in die Gedankenwelt eines anderen hineinversetzen zu können. Somit ist TOM eine wichtige Voraussetzung, um bestmöglich planen zu können. Natürlich ist auch eine gewisse Selbstbewusstheit vorauszusetzen und dabei spielt das autobiographische Gedächtnis die wahrscheinlich größte Rolle, da für eine optimale Planung zeitliche Wahrnehmung unumgänglich ist. Bewusstes Planen ist eine Funktion des frontalen oberflächlichen Gehirnbereichs (frontaler Kortex siehe Abbildung oben).

Planen ist gedanklich vorweggenommenes Handeln

Ein absolut spannendes Thema behandelt ein wissenschaftlicher Befund aus dem Jahr 1964, als ein deutscher Doktorand zusammen mit seinem Doktorvater eine bahnbrechende Entdeckung machte (Kornhuber & Deecke, 1964; siehe auch https://de.wikipedia.org/wiki/Bereitschaftspotential). Man stelle sich folgendes Experiment vor: Während die Gehirnaktivitäten der Probanden aufgezeichnet werden, sollen sie immer wieder einmal den rechten Zeigefinger bewegen (anheben), nach längeren Abständen und ohne dabei zu zählen. Im Nachhinein wird dann eine durchschnittliche Gehirnaktivität errechnet, die auch über die Zeit *vor* der Fingerbewegung hinausgeht. Was sich zeigt, ist ein Anstieg an Aktivität, welcher bereits 2 Sekunden vor der Bewegung beginnt, wobei man sich allerdings erst ungefähr eine halbe Sekunde davor *bewusst* wird, dass man genau jetzt den Finger bewegen möchte. Es scheint, als ob der freie Wille, einen Finger zu einem bestimmten Zeitpunkt zu bewegen, den dafür

bereits getroffenen Vorkehrungen hinter her hinkt. Wollen wir am Ende nur, was unser Gehirn bereits längst entschieden hat (siehe Abbildung folgende Seite)?

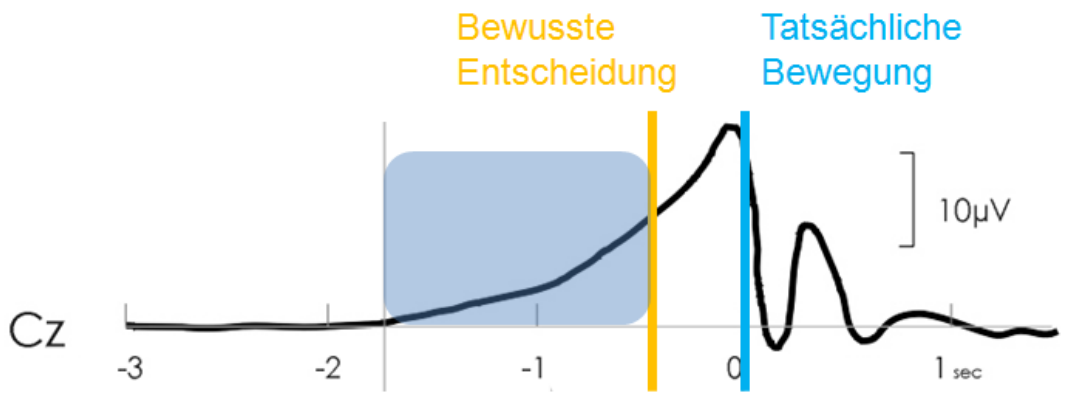


Abbildung: Bereitschaftspotential (nach Kornhuber & Deecke, 1964). Die schwarze Kurve zeigt den zeitlichen Verlauf von Gehirnaktivitätsänderungen im Zusammenhang mit einer willkürlichen Bewegung. Man sieht (markiert durch das hellblaue Feld), dass es ca. 1 1/2 Sekunden *vor* der bewusst getroffenen Entscheidung, eine Fingerbewegung durchzuführen, bereits einen Anstieg an Gehirnaktivität gibt. Es deutet hier also alles darauf hin, dass man will, was das Gehirn bereits unbewusst vorbereitet hat (Bereitschaftspotential) (Quelle: Peter Walla).

2.3.2 Affektkontrolle (Impulskontrolle)

Wenn der Reiter nicht mehr im Sattel sitzt, galoppiert das Pferd davon. Ungefähr so lässt sich fehlende Affektkontrolle beschreiben (ähnlich der oben erwähnten frontalen Enthemmung). Körperliche Regungen entstehen als Folge affektiver Informationsverarbeitung. Wie wir bereits gesehen haben, sind es die älteren Strukturen im Säugergehirn, die affektiv verarbeiten, und jegliche Sinneseingänge bezüglich ihrer potentiellen Gefahr oder ihres möglichen Belohnungsgrades bewerten. Der Anblick eines kleinen Stücks weißen Papiers mit aufgedruckten Lottozahlen, die allesamt mit denen der im Fernseher präsentierten Ziehung übereinstimmen, wird vom affektiven System im Gehirn als über die Maßen belohnend interpretiert. Infolgedessen werden Körperreaktionen ausgelöst, die unter anderen Umständen unangebracht sind und deswegen unterdrückt werden sollten. Jubelndes Geschrei unter Menschen, die in tiefer Trauer sind, wäre ein anschauliches Beispiel dafür. Affektkontrolle macht es möglich, die ekstatische Freude zu zügeln, um sie entweder ganz in Schach zu halten oder sie erst später auszuagieren.

Gegenteilig resultiert der Anblick eines Flugzeuginnenraumes bei vielen Menschen in einem Gefühl von Angst, deren begleitende Körperreaktionen ebenso wenig aus der Bahn geraten sollen, da sich eine Panikattacke in Anwesenheit hunderter Passagiere sicher nicht als erwünscht erweist.

Affektkontrolle oder Affektregulation ist oft notwendig, vor allem im Leben sozialer Säugetiere, die wir Menschen nun mal sind. Um sich von einem Affekt nicht zügellos mitreißen zu lassen, müssen sich jüngere Strukturen des Säugergehirns einschalten. Diese befinden sich im vorderen Teil des Gehirns, dem bereits erwähnten Frontallappen (siehe Abbildung oben). Durch Einschalten dieser Strukturen wird eine tief im Gehirn entstandene, affektbasierte Verhaltensmotivation unterschwellig gehalten und

so das ihr entsprechende, jedoch nicht erwünschte Verhalten verhindert, was ein klassisches Beispiel von Impuls-kontrolle bzw. Selbststeuerung darstellt.

In den 1950er bis in die 1970er Jahren unternahm der in die USA emigrierte österreichische Wissenschafter Walter Mischel an der Stanford University und der Columbia Universität eine Reihe von Studienserien zu Selbstkontrolle und der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub, die unter dem Namen „Marshmallow Experiment“ zu den heute berühmtesten wissenschaftlichen Experimenten zählen.
Im Testsetting wird ein Kind mit einem Marshmallow 15 Minuten alleine in einem Raum gelassen. Es bekommt die Anweisung, mit dem Verzehr des Marshmallows bis zur Rückkehr des Erwachsenen zu warten, wenn ihm das gelingt, würde es einen zweiten Marshmallow bekommen (siehe Mischel et al., 2011, https://www.youtube.com/watch?v=QX_oy9614HQ).
In Langzeitstudien wurde festgestellt, dass die Fähigkeit, einem Impuls und Bedürfnis zu widerstehen eine wichtige Voraussetzung für ein gelungenes Leben ist. Personen, die schon als Kind über diese Selbststeuerungsfähigkeit verfügten, erzielten bessere Schulnoten und -abschlüsse, wiesen als Erwachsene einen besseren Gesundheitszustand auf, waren in ihren sozialen Beziehungen stabiler und konnten besser mit Stress umgehen. Dies zeigte sich unabhängig vom Intelligenzquotienten und wurde auch bei Zwillingen mit demselben familiären Hintergrund bestätigt. Bei Personen, die diese Selbststeuerungsfähigkeiten erst im Laufe ihres Lebens erwerben konnten, traten die positiven Effekte ebenfalls ein (vgl. Moffitt, 2011).
Mit seinen Experimenten zeigte Mischel auch, dass die Fähigkeit zu Selbststeuerung und Selbstkontrolle nicht genetisch bedingt ist und sich Wille und Durchhaltevermögen trainieren lassen. Es ist also nie zu spät, „den Willensmuskel zu trainieren“, wie es der Neurobiologe Manfred Spitzer formuliert.
Neben der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub versteht man unter Selbststeuerung auch die Fähigkeit, gleichzeitig mehrere Inhalte im Arbeitsgedächtnis zu behalten und zwischen verschiedenen Aufgaben zu wechseln.

2.3.3 Bauchgefühl

Die Neurowissenschaften sind sich nicht ganz im Klaren, wie mit dem spannenden Thema des Bauchgefühls am besten umzugehen ist. Fest steht aber, dass immer mehr Forschungsergebnisse bestätigen, dass das Bauchgefühl in unserem täglichen Leben großen Einfluss hat. Wichtig ist, dass bereits vorhandenes Wissen (Erfahrung) die Entscheidungsfindung über ein Bauchgefühl unterstützt. Während man beispielsweise spazierend eine neue Stadt erkundet, wird die Bauchentscheidung bezüglich einer Richtungsänderung treffender sein, wenn man vorher den Stadtplan studiert hat, obwohl man sich im Moment der Entscheidungsfindung nicht bewusst an den Plan erinnern kann.
Oft wird von einem „Gehirn“ im Bauch gesprochen, oder einem neuronalen Netzwerk, das Informationen im Bauch verarbeitet. Natürlich gibt es in der Bauchregion Neuronen. Diese verarbeiten aber weder kognitive noch affektive Informationen. Allerdings - und das ist es auch, was zum Begriff

Bauchgefühl führt - kann es zu affektiven Reaktionen im Bauchbereich kommen, welche letztendlich als ein Gefühl wie das der Angst oder der Freude, empfunden werden können.
Wie wir weiter oben in diesem Kapitel erfahren haben, bereitet unser Gehirn selbst eine willkürliche Bewegung *vor* der willentlichen Entscheidung und somit unbewusst vor. Damit ist leicht vorstellbar, dass auch Prozesse im Gehirn, die zu anderen Entscheidungen führen, unbewusst ablaufen und sich nur als eine Art Körpergefühl bemerkbar machen. Wer dieses Gefühl richtig interpretiert und danach handelt, hat ein gesundes intuitives Verhalten. Wenn man sich beispielsweise vor einer Abreise gezielt fragt, ob man wohl alles Geplante und Notwendige in den Koffer gepackt hat, dann kann einem dieses Gefühl durchaus stichhaltig mitteilen, ob dies der Fall ist, oder nicht. Fehlt etwas, dann fühlt man vielleicht, dass etwas nicht stimmt, ohne dabei in Worte fassen zu können, was es ist. Erst nach längerem Überlegen, oder tatsächlicher Überprüfung stellt sich heraus, was vergessen wurde. Andererseits kann man auch fühlen, dass alles in Ordnung ist.
Obwohl wir noch nach einer verständlichen Erklärung suchen und die empirische Überprüfung aussteht, ist zu erwähnen, dass einige neurophysiologische Signale unbewusster Verarbeitung im menschlichen Gehirn nachgewiesen werden konnten. So hinterlassen beispielsweise wiederholt gezeigte Wörter, die nicht als Wiederholungen erkannt werden, eine neurophysiologische Spur, die eindeutig zeigt, dass das Gehirn mehr weiß, als es dem Bewusstsein gegenüber zugibt (Rugg et al., 1998). Wie wir im nächsten Kapitel erfahren werden, gibt es oft Unterschiede zwischen dem, was man bewusst sagt, oder für richtig hält und dem, was neuronale Aktivität im Gehirn reflektiert, vor allem, wenn es um affektive (emotionale) Inhalte geht. Das liegt daran, dass die Sprachzentren im Gehirn keinen Zugang zu den tief im Inneren stattfindenden affektiven Verarbeitungen haben. Nur objektive Messverfahren sind in der Lage, die „affektive Wahrheit“ ans Tageslicht zu bringen.

Unbewusstes Wissen kann Verhalten und Entscheidungen hilfreich beeinflussen, obwohl es dem Bewusstsein nicht zugänglich ist

2.3.4 Bewusste Entscheidung

Im Gegensatz zum Bauchgefühl wird bei einer bewussten Entscheidung die Information bewusst durchdacht und gedanklich abgewogen. Nehmen wir folgende Frage als Beispiel:
„Wo sollen wir diesen Sommer Urlaub machen?“
Den meisten von uns stellt sich diese Frage jedes Jahr aufs Neue. Um eine Antwort zu finden, stellen wir in der Regel bewusste Überlegungen an, was bedeutet, wir wägen ab, welche Art von Urlaub grundsätzlich in Frage kommt. Sollen wir ans Meer reisen oder in die Berge? Individuelle Gestaltung oder Gruppenreise? Wir denken darüber nach, wo wir am liebsten hinfahren möchten, wobei stets eine Menge an entscheidungsbeeinflussenden Faktoren berücksichtigt wird. Es kann beispielsweise vereinbart sein, dass diesmal eine befreundete Familie mit dabei sein soll. Selbstverständlich müssen dann deren Vorlieben bedacht werden. Bewusste Entscheidungen sind von kontrollierten Denkprozessen geprägt. Am Ende mischt sich aber immer das Bauchgefühl ein.

Eine bewusste Entscheidung ist natürlich von Wahrnehmung abhängig und somit zumindest zum Teil potenziell durch falsche Interpretation geleitet. Beispiele dafür haben wir bereits bei den optischen Täuschungen im Kapitel Wahrnehmung gesehen.

Bei den bisher beschriebenen Szenarien handelt es sich um einfach verständliche Situationen, die jeder kennt. Bei solchen Entscheidungen gibt es eigentlich kein richtig oder falsch, maximal ein gut oder schlecht. Es gibt jedoch andere Beispiele, bei denen klar wird, dass bewusste Entscheidungen tatsächlich falsch sein können, entweder aus voller Absicht, um irgendetwas schön zu reden, oder unbewusst als pure Fehlentscheidungen, wobei ein Zugang zur unbewussten Verarbeitungsebene im Gehirn den richtigen Antworten bedeutend näher sein kann.

Speziell bei affektiven Inhalten liegt das Bewusstsein allzu oft daneben. Im vorherigen Abschnitt wurde bereits erwähnt, dass ein sprachlicher Zugang nur indirekt vorherrscht, da affektive Verarbeitung tief im Gehirn, unterhalb der Hirnrinde, stattfindet, während bewusste Sprachzentren innerhalb der Hirnrinde lokalisiert sind. Ein depressiver Mensch kann ein schönes (positives) Bild genauso positiv bewerten, wie ein gesunder Mensch. Hingegen kann mit objektiven Messverfahren gezeigt werden, dass beim Depressiven dasselbe positive Bild von tief im Gehirn befindlichen Strukturen signifikant negativer bewertet wird. In diesem Fall präsentiert der objektive Zugang zur unbewussten Welt im Gehirn ein wahrheitsgetreueres Bild affektiver Verarbeitung. Die Tatsache, dass objektive Messverfahren tatsächlich näher an affektiver Wahrheit sein können als es bewusste Entscheidungen auf organisierte Befragungen hin sind, ist natürlich in vielerlei Hinsicht interessant. Jede bewusste Entscheidung ist von Wahrnehmung abhängig und diese kann, wie wir weiter oben gesehen haben, verzerrt sein.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, zu verstehen, dass die eigene, bewusste Entscheidung möglich ist, man sich aber auch darüber im Klaren sein muss, wodurch diese Entscheidung beeinflusst werden kann. Wenn wir uns der Tatsache bewusst sind, dass bewusste Entscheidungen von unbewussten Einflussfaktoren mitbestimmt sein können, können wir diese Einflüsse in gewissem Grad und Umfang kontrollieren. Z. B. kann die Menge der Werbebotschaften, denen man sich aussetzt, kontrolliert werden. Auch in der Reflexion über die eigenen inneren Beweggründe können unbewusste Einflüsse identifiziert werden. Wenn z. B. ein Pädagoge oder eine PädagogIn einem Kind gegenüber negative Gefühle hegt, kann die Reflexion darüber Hinweise geben, ob es vielleicht Ähnlichkeiten mit anderen Personen gibt, die diese negativen Gefühle auslösen.

Das Bewusstsein kann von unbewussten Einflüssen unbemerkbar beeinflusst sein
Wir können teilweise kontrollieren, welche Einflüsse wir zulassen

2.3.5 Didaktische Umsetzung

2.3.5.1 Kindergarten

Eine Reise planen

Material: keines, oder ein Blatt Papier zum Notieren

Methode: frontal mit PädagogIn oder Kleingruppenarbeit

Arbeitsinhalt: eine Reise planen, was ist dazu notwendig und was nimmt man mit, usw.

Durchführung: PädagogIn fragt die Kinder und schreibt die Antworten stichwortartig auf die Tafel, oder Kinder erarbeiten das Thema in Kleingruppen.

Lernziel: Wenn ich (voraus)plane, vergesse ich nichts und spare Zeit, weil ich die Dinge geordnet und mit System erledigen bzw. einpacken kann. Eine Liste hilft mir dabei.

Spiel „Ich packe meinen Koffer“

Material: keines

Methode: Gruppenspiel (Kleingruppen)

Durchführung: Kinder nennen der Reihe nach einen Gegenstand, den sie in den gemeinsamen Koffer packen wollen. Das Spiel geht so lange, bis alle einen Gegenstand dazu gegeben haben. Nach jedem neuen Gegenstand wiederholen alle die bisher genannten Gegenstände.

Lernziel: Lernen durch Wiederholung, alle denken mit. Es ist schwierig, sich mehrere Dinge zu merken, man muss sich sehr konzentrieren.

FEX-Spiel zur Stärkung der Selbststeuerungsfähigkeit

Quelle: http://www.znl-fex.de www.wehrfritz.de

Material: FEX-Karten und FEX-Figur oder selbst hergestellte Karten und Holzfigur o.ä.

Methode: frontal, PädagogIn mit Klasse

Durchführung/Anleitung:

Eine Seite der Karte wird den Spielern gezeigt, gleichzeitig bekommen sie eine Anweisung, was zu tun ist: entweder das, was auf der Karte zu sehen ist, oder das Gegenteil.

Level 1: Die Spieler sollen das tun, was auf der Karte zu sehen ist.

Level 2: Die Spieler sollen das Gegenteil von dem tun, was auf der Karte zu sehen ist.

Level 3: Die Spieler sollen das, was auf der Karte zu sehen ist, nur tun, wenn gleichzeitig mit der Karte die hölzerne Spielfigur gezeigt wird. Andernfalls müssen sie sagen: “Let`s fex!”

Level 4: Die Spieler sollen das Gegenteil von dem tun, was auf der Karte zu sehen ist, jedoch nur, wenn gleichzeitig die hölzerne Spielfigur gezeigt wird. Andernfalls müssen sie sagen: “Let`s fex!”

Lernziel: Verbesserung der Selbststeuerungsfähigkeiten

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Foto: Richard Pircher

Umsetzung von NeuroKids im Kindergarten, Fotos: Richard Pircher

2.3.5.2 Volksschule

Planen und Bauen

Material: Spaghetti und Marshmallows, Uhr

Methode: Gruppendurchführung (4-6 Kleingruppen)

Arbeitsinhalt: Gemeinsames Bauen eines möglichst hohen Gebildes

Durchführung: Die SchülerInnen sollen gemeinsam aus den vorgegebenen Materialien einen Turm bauen, wer den höchsten Turm, der auch steht, gebaut hat, gewinnt. Es gibt eine Zeitvorgabe, nach Ablauf der Zeit werden die Ergebnisse vorgestellt und besprochen. Bei jüngeren Kindern kann PädagogIn unterstützend Hilfe anbieten und sollte auch bei der Einhaltung der Zeitvorgabe helfen.

Lernziel: Planen eines möglichst hohen Gebildes, wichtig ist hier die soziale Komponente, das Projekt sollte gemeinsam durchgeführt werden. Die SchülerInnen entwickeln Ideen und können versuchen, sie so zu vermitteln, dass die anderen sie verstehen und überzeugt werden.

Zungenbrecher

Material: Blatt Papier mit Zungenbrechersätzen

Methode: Einzelausführung

Arbeitsinhalt: Wenn die Inhalte zu ähnlich sind, kann mein Gehirn sie ganz schwer auseinander halten (Gedächtnishemmung).

Durchführung: Die SchülerInnen sollen versuchen, verschiedene Zungenbrecher nachzusprechen und zu lernen.

Lernziel: Es ist schwierig, ähnliche Inhalte auseinander zu halten, wenn sie im selben Kontext vorkommen.

FEX-Spiel zur Stärkung der Selbststeuerungsfähigkeit

Siehe Beschreibung S. 64

2.3.5.3 Ab 11 Jahren

Gefangenendilemma

Material: Spieltheorie/Gefangenendilemma in Vierfelderdiagramm und Erklärung (siehe bspw. S. 10 in http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/G/gruenderklasse-nr-5-oekonomische-experimente,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf,
oder auf http://psynet.ruhr-uni-bochum.de/social/gd/)

Methode: Gruppendurchführung (4-6 Kleingruppen, evtl. auch mehr)

Arbeitsinhalt: Verstehen des Konzeptes des Dilemmas und Erproben der Planung eines Ausganges

Durchführung: SchülerInnen werden in kleine Gruppen geteilt, die jeweils mit einer anderen Gruppe das Spiel durchführen. Nachdem der Spielverlauf erklärt wurde, können die Gruppen eine Entscheidung treffen, ohne sich mit anderen Gruppen auszutauschen. Es kann mehrere Durchgänge geben, interessant ist auch die Veränderung der Entscheidung in Bezug auf die jeweiligen Entscheidungen der konkurrierenden Gruppe. Wer am Ende die meisten Punkte sammeln konnte, hat gewonnen. Anschließend kann darüber berichtet und diskutiert werden, welche Strategien angewandt wurden und weshalb.

Lernziel: Kontrollierte Entscheidungen werden getroffen, Pläne werden gemacht und wieder verändert.

Affektkontrolle

Material: Papier und Stift mit anschließender Möglichkeit zur Diskussion

Methode: Gruppendurchführung

Arbeitsinhalt: Affektkontrolle und geeignete Methoden zur Kontrolle/Regulierung von Emotionen. Was sind Ausdrücke von Affekten, die nicht kontrolliert werden, wo zeigen sie sich in unserer Umgebung.

Durchführung: Zunächst sollte den SchülerInnen klar werden, was „Affekt“ bedeutet und dass es wahrscheinlich schon jedem passiert ist, ein Gefühl nicht kontrollieren zu können. Zu den Themen, die hier im weiteren Sinne bearbeitet werden können, gehören Mobbing, hormonelle Veränderungen in der Pubertät, Schwangerschaft, zyklusabhängige Emotionsschwankungen, asoziales Verhalten, unangemessene Reaktionen auf einen an sich neutralen Reiz, unvorhersehbare persönliche Reaktionen in Extremsituationen.

Lernziel: Es gibt im Leben Situationen, in denen es schwierig ist, mit eigenen Gefühlen umzugehen. Möglichkeiten der Selbstkontrolle erfahren. Was mache ich, wenn mir bewusst wird, dass ich mich falsch verhalten habe, welche Möglichkeiten habe ich?

Gemeinsam planen und bauen

Material: flexibel, alle sollten die gleichen Materialien zur Verfügung haben

Methode: Gruppendurchführung (4-6 Kleingruppen, evtl. auch mehr)

Arbeitsinhalt: Planen mit anschließender Ausführung des Projektes

Durchführung: Die SchülerInnen sollen gemeinsam mit den vorgegebenen Materialien einen Turm bauen, wer den höchsten Turm, der auch steht, gebaut hat, gewinnt. Es gibt eine Zeitvorgabe, nach Ablauf der Zeit werden die Ergebnisse vorgestellt und besprochen.

Lernziel: Planen eines möglichst hohen Gebildes, wichtig ist hier die soziale Komponente, das Projekt sollte gemeinsam durchgeführt werden. Die SchülerInnen generieren Ideen und können versuchen, sie so zu vermitteln, dass die anderen sie verstehen und zustimmen.

FEX-Spiel zur Stärkung der Selbststeuerungsfähigkeit

Siehe Beschreibung S. 64

Biofeedbackübung - Spiel „Mindflex“ von MB

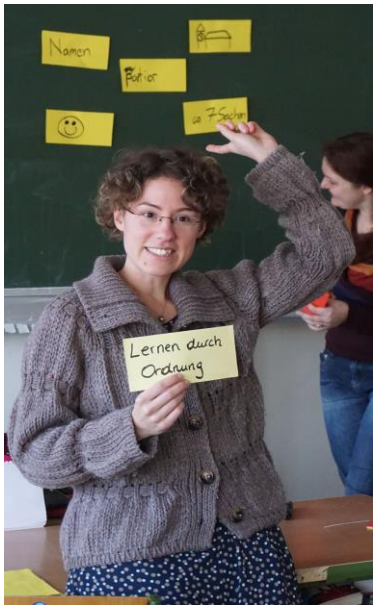
Biofeedbackübung in der Oberstufe, Foto: Richard Pircher

Material: Biofeedbackgerät von MB oder (siehe Bild) andere vergleichbare Geräte (im Internet findet man verschiedene Geräte)
Methode: Einzelerfahrung
Arbeitsinhalt: eine Kugel mit der Kraft der Gedanken lenken
Durchführung: SchülerIn bekommt ein Stirnband, das mit einer Elektrode mitten auf der Stirn versehen ist, durch die eine EEG-Ableitung unipolar vom Stirnhirn erfolgt. Erdung an beiden Ohren
Mit der Kraft der Gedanken bringt man ein Gebläse in Gang, das einen Ball bewegt. Es sind Aufgaben vorgegeben (Parcours), wie der Ball zu lenken ist
Lernziel: Es geht um Aufmerksamkeit und Konzentration. Bei dieser Übung geht es darum, sich selbst zu beeinflussen. Wir selbst können (in uns) etwas verändern (z. B. auch durch Entspannung).

2.4 Das Gedächtnis

Lernen ist die Grundlage dafür, Verhalten anpassen zu können. Wer lernt, kann die zukünftigen (Aus)wirkungen seines Verhaltens abschätzen und dadurch Verhalten planen und anpassen. Unser Gehirn lernt ständig, ohne unser bewusstes Zutun. Diese Art des Lernens nennt man *beiläufig* (oder inzidentell). Dem gegenüber steht *gewolltes*, *bewusstes* oder *absichtliches* Lernen (auch intentional genannt).

Beiläufiges Lernen findet zwar auch im Erwachsenenalter statt, aber noch viel dominanter bei Kindern und sowieso im Babyalter. Kinder lernen beispielsweise eine Sprache beiläufig. Der Spracherwerb beginnt rein passiv über den Hörsinn, der es dem jungen Gehirn ermöglicht, Verbindungen zwischen Lautreihen und Bedeutungen herzustellen, um ein Sprachverständnis zu entwickeln. Im Erwachsenenalter muss wesentlich mehr absichtliches Lernen stattfinden, um entsprechende Erfolge zu erzielen, was beim Versuch, eine Zweit- oder gar Drittsprache zu lernen offensichtlich wird. Manche Fähigkeiten kann man als Erwachsener selbst durch absichtliches Lernen oft nur sehr schwer erreichen, wie zum Beispiel akzentfreie Aussprache.



Barbara Kaindl, ÖBV-GT, Foto: Richard Pircher

Eine wichtige Voraussetzung für jegliches Lernen sind unsere Gedächtnissysteme, die die Grundlage für die Erinnerung darstellen. Sie ermöglichen, durch Veränderungen neuronaler Strukturen und Verbindungen, Informationen zu speichern und diese für einen späteren Abruf zur Verfügung zu stellen. Lernvorgänge bedeuten in der Tat, dass neue Strukturen im Gehirn gebildet werden, die vor allem für neue Verbindungen zwischen Nervenzellen verwendet werden. Die Entstehung solcher Verbindungen ist ein Resultat genetischer Funktionen. Wenn Gene aktiv werden, sorgen sie für die Produktion von Proteinen und genau diese bilden die strukturellen Bausteine für die Verbindungen. Lernen ist also auch ein genetischer Prozess.

Immer wieder hört man von außergewöhnlichen und beeindruckenden Gedächtnisleistungen. Hier sind jene Leistungen, die in Verbindung mit psychischen Störungen stehen, besonders interessant. Ein gutes Beispiel sind die so genannten Inselbegabungen, die im Zusammenhang mit verschiedensten Störungen auftreten können. Es kann vorkommen, dass lange Zahlenreihen, einmal gelernt, sofort gemerkt werden oder beispielsweise, dass sofort erkannt wird, wie viele Zündhölzer aus einer Packung ausgeschüttet wurden, auch wenn es mehrere Dutzend sind.

2.4.1 Gedächtnissysteme

Wie wir bereits wissen, gibt es in unseren Gehirnen nicht nur ein einzelnes Gedächtnissystem, sondern man unterscheidet mehrere Systeme je nach abzuspeichernder Information. Wir gehen davon aus, dass zumindest vier Systeme existieren, die auch einer entwicklungsgeschichtlichen Reihe entsprechen. *Priming* (Bahnungsgedächtnis) gilt als älteste Gedächtnisform. In diesem System werden nicht-bewusste, sensorische Inhalte gespeichert. Dieses Gedächtnis kann deshalb auch als eine Art *sensorisches System* verstanden werden. Dabei reicht aus, dass wir einmal ein beliebiges Objekt gesehen haben, um es beim nächsten Mal bereits effizienter (schneller) verarbeiten zu können. In Wahrheit sind wir ständig „geprimt“, da wir natürlich unaufhörlich neuen Dingen ausgesetzt sind. Diese älteste Gedächtnisform ist sehr robust (wenig störanfällig), sodass sie normalerweise selbst bei Alzheimer-Patienten in fortgeschrittenen Stadien noch immer funktionstüchtig ist.

Als nächstes, entwicklungsgeschichtlich jüngeres System kennen wir das *prozedurale Gedächtnis.* Im Rahmen dieses Systems werden motorische Programme gespeichert, die ebenfalls nicht-bewusst sind. Während des Lernens einer motorischen Aktivität, wie zum Beispiel beim Tennis spielen, werden die entsprechenden Bewegungsabläufe im prozeduralen System gespeichert. Dabei geht es konkret darum, welche Muskelgruppen in welcher chronologischen Abfolge und wie stark kontrahiert werden müssen, um bestimmte Bewegungsabläufe zu optimieren. Auch dieses System ist in der Regel sehr robust und nur selten durch Alterungs- und oder Krankheitsprozesse gestört.

Dem prozeduralen Gedächtnis folgt das *semantische System*, welches Bedeutung beinhaltet. Das semantische System ist jenes Gedächtnis, welches in der entwicklungsgeschichtlichen Reihe als erstes mit kognitiven Prozessen in Verbindung zu bringen ist. Es ermöglicht Denken. Seine Inhalte werden sowohl nicht-bewusst als auch bewusst verarbeitet. Was bedeutet Denken? Denken ist ein neuronaler Prozess, der Bedeutungsinhalte verarbeitet und verknüpft und dadurch Zusammenhänge erstellt, um die Umwelt bestmöglich verstehen zu können. Das Ziel ist immer eine optimale Anpassung an eine sich ständig verändernde Umwelt. Was können wir unter "Bedeutung" verstehen? Die "Bedeutung" von etwas ist die Antwort auf die Frage, was es kann. Zum Beispiel können wir uns fragen, was ein Tisch eigentlich kann. Eine mögliche Antwort auf diese Frage ist, dass ein Tisch Dinge auf einer vom Boden abgehobenen Fläche tragen kann, sodass man sich bequem stehend oder auf einem Stuhl sitzend dieser Dinge möglichst einfach bedienen kann. Man könnte auch antworten, dass ein Tisch eine horizontale Fläche ist, die auf einem oder mehreren Beinen steht und auf der man etwas abstellen kann. Man kann solche Antworten auch als *Konzepte* eines Tisches verstehen. Man geht davon aus, dass Aktivitäten ganz konkreter neuronaler Schaltkreise solche Bedeutungen

repräsentieren und dem Gehirn für kognitive Leistungen zur Verfügung stellen. Kognition, oder Denkvermögen, ist die Fähigkeit mit diesen neuronalen Repräsentationen umzugehen.
Das letzte und evolutionstheoretisch jüngste Gedächtnissystem ist das *episodische System*, welches autobiographische Informationen beinhaltet (auch autobiographisches Gedächtnis). Seine Inhalte sind meist bewusst zugänglich, können aber ebenso unbewusst verarbeitet werden. Wer sich noch daran erinnert, was er gestern getan hat, hat ein funktionierendes episodisches Gedächtnis. Eigentlich ist das episodische Gedächtnis nichts anderes als eine zeitliche Aneinanderreihung semantischer Inhalte mit Selbstbezug.

2.4.2 Überblick: Stufen der Informationsspeicherung

Gedächtnisinhalte durchlaufen drei Stufen der Speicherung, bevor sie dauerhaft im Gehirn verankert sind. Man unterscheidet hier zwischen dem bereits erwähnten sensorischen Gedächtnis, das früher Ultrakurzzeitgedächtnis genannt wurde, dem Kurzzeitgedächtnis und dem Langzeitgedächtnis. In das sensorische Gedächtnis finden die sensorischen Eindrücke aus der Umwelt Eingang, bevor sie in das Kurzzeitgedächtnis aufgenommen werden.
Wichtig für das Thema Lernen ist in diesem Zusammenhang, dass die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses beschränkt ist (früher ging man davon aus, dass max. 7 +/-2 Informationen auf einmal gespeichert werden können, was heute so nicht mehr haltbar ist).
Das ursprüngliche Modell des Kurzzeitgedächtnisses wurde durch das Modell eines aus mehreren Komponenten bestehenden Arbeitsgedächtnisses ergänzt (Alan D. Baddely und Graham J. Hitch, 1974). Das Arbeitsgedächtnis gewährleistet verschiedene Bearbeitungsebenen – die „phonologische Schleife“, die der Speicherung verbaler Informationen dient (durch inneres Wiederholen können sie sehr lange abrufbar bleiben), der „räumlich-visuelle Notizblock“ zur kurzfristigen Speicherung visueller Eindrücke, sowie die „zentrale Exekutive“, die die Kontrollfunktion ausübt und die aus phonologischer Schleife und räumlich-visuellem Notizblock eingehenden Informationen mit dem Langzeitgedächtnis verknüpft. Später fügte Baddely seinem Modell noch den „episodischen Puffer“ hinzu, der sowohl visuelle als auch phonologische Informationen in Form von „Episoden“ speichern kann.
Informationen werden dann gespeichert, wenn sie interessant oder wichtig genug erscheinen. Die Aufmerksamkeit (konzentriert man sich oder ist man abgelenkt) spielt hier natürlich ebenso eine große Rolle wie die affektive Verarbeitung (empfindet man die Information als spannend, lustig oder als langweilig). Die als relevant erscheinenden Informationen werden in weiterer Folge an das Langzeitgedächtnis, das in der Großhirnrinde liegt, weitergeleitet und dort dauerhaft gespeichert.

2.4.3 Didaktische Umsetzung

2.4.3.1 Kindergarten und Volkschule

Glühbirnchentheater

Material: Schachtel mit Glühbirnen aus Stoff oder aus Karton, Glühbirnen haben lachende, aufmerksame, gelangweilte, traurige, fragende… Gesichter. Der Deckel der Schachtel hat Öffnungen (Löcher oder Schlitze), in die mehrere Stück Glühbirnen gesteckt werden können.

Arbeitsinhalt: Wie viele Informationen kann das Gehirn gleichzeitig behalten? Welche Informationen behält das Gehirn leichter?

Glühbirnchentheater, Quelle: Puck – GTA, Foto: Richard Pircher

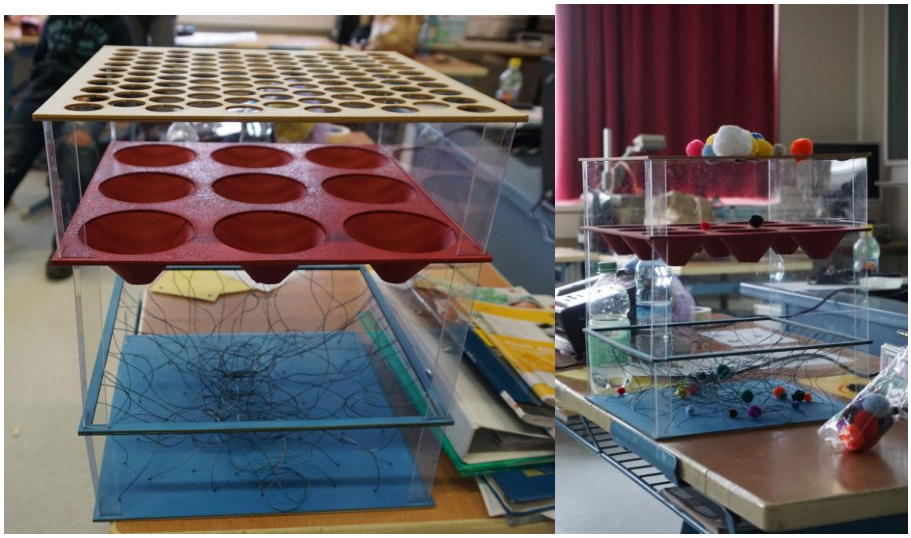
Durchführung: PädagogIn zeigt den SchülerInnen eine Glühbirne und lässt sie beurteilen, ob es sich um eine Information handelt, die sich das Gehirn leicht merken wird (wichtig, interessant, bemerkenswert, langweilig, traurig, neugierig machend…) In der Schachtel ist Platz für eine beschränkte Anzahl an Glühbirnen.

Lernziel: Informationen merkt man sich dann gut, wenn sie in irgendeiner Weise interessant erscheinen (im weiteren Unterricht werden gemeinsam mit den SchülerInnen Methoden erarbeitet/-gezeigt, wie man auch langweilige, wenig interessante Dinge in (be)merkenswerte verwandeln kann).

Glühbirnchenheater, Umsetzunh von NeuroKids im Kindergarten,
Foto: Richard Pircher

2.4.3.2 Ab Volkschule und älter

Modellkasten 3-Speichermodell



3-Speicher-Modell (Quelle: Puck – GTA), Fotos: Richard Pircher

Material: Offener Kasten aus Karton (oder Box aus Plexiglas), drei darin eingezogene Ebenen: die oberste Ebene hat viele Löcher, auf der zweiten Ebenen ist die Anzahl die Löcher geringer (Trichter, lässt weniger durch), die dritte, darunter liegende Ebene besteht aus einem Netzwerk aus Fäden. Weiteres Material: Kugeln (Murmeln, Wollbällchen, …) in verschiedenen Größen. 3 Ebenen = Sensorisches Gedächtnis (Ultrakurzeitgedächtnis), Kurzzeitgedächtnis, Langzeitgedächtnis

Arbeitsinhalt: Die Kugeln oder Bällchen stehen für Informationen. Informationen fallen auf die erste Ebene, die Filterfunktion hat (Sensorisches Gedächtnis, Ultrakurzzeitgedächtnis), einige bleiben hier liegen, dringen nicht weiter ein, andere fallen durch die Löcher auf die zweite Ebene, die einen Trichter darstellt (begrenztes Kurzzeitgedächtnis), dort wiederum kommen einige nicht durch und bleiben liegen, eine begrenzte Zahl an Informationen fällt durch die Löcher auf die darunter liegende dritte Ebene, und wird dort vernetzt und im Langzeitgedächtnis verankert.

Durchführung: Die SchülerInnen lassen die Kugeln oder Bällchen unterschiedlicher Größe auf die oberste Ebene fallen, beobachten, was mit ihnen geschieht und diskutieren anschließend darüber.

Lernziel: Von den vielen Informationen, die auf uns einströmen, erreichen nur wenige das Langzeitgedächtnis und bleiben dauerhaft gespeichert (und mehr oder weniger abrufbar).

Übung Zahlen merken - Kurzzeitgedächtnis

Material: Papier und Stift für jedes Kind

Methode: frontal mit PädagogIn

Arbeitsinhalt: Wie viele Zahlen kann man sich auf einmal merken, 6 – 9 – 12?

Durchführung: PädagogIn sagt Zahlen an, zuerst 6, dann 9, dann 12, die SchülerInnen versuchen, sich die Zahlen zu merken und auf das Blatt Papier zu schreiben. Die SchülerInnen werden gebeten, beim Schreiben still zu sein, damit die Konzentration der anderen nicht gestört wird.

Lernziel: Das Gehirn kann nur eine bestimmte Menge an Information auf einmal aufnehmen. Sich 6 Zahlen zu merken, ist relativ leicht, bei 12 Zahlen wird es sehr schwierig. Für ein gutes Ergebnis muss man sich sehr konzentrieren und darf nicht abgelenkt sein. Beim Kurzzeitgedächtnis ist Konzentration sehr wichtig.

Überkreuzübungen

Überkreuzübungen fördern das Zusammenspiel der rechten und linken Gehirnhälfte und helfen dabei, die Aufnahme- und Konzentrationsfähigkeit zu steigern.

- **Übung Langlaufen:** Körperhaltung wie beim Langlaufen, rechter Arm und linkes Bein ziehen nach vorne, dann linkes Bein und rechter Arm
- **Übung „Schuhplatteln“:** Das rechte Bein wird nach hinten angewinkelt und die Fußsohle mit der linken Hand berührt, dann schneller Wechsel zur anderen Seite
  Variante: Das rechte Bein wird nach vorne angehoben und die Fußsohle mit der linken Hand berührt, dann schneller Wechsel zur anderen Seite
- **Übung Knie zu Ellenbogen:** Das linke Knie wird mit dem rechten Elenbogen zusammengeführt, dann schneller Wechsel zur anderen Seite
- **Übung Ohr reiben:** Der linke Arm greift über den Kopf nach dem rechten Ohrläppchen und reibt es eine Weile, dann Wechsel zur anderen Seite.
  Variante: beide Arme über der Brust überkreuzen und an die Ohrläppchen fassen
- **Übung „Faust und Pistole“:** Eine Hand wird wie eine Pistole geformt, bei der anderen wird der Daumen in der Faust eingeschlossen. Seitenwechsel, schneller, mit Rhythmus.

Umsetzung von NeuroKids in der Volksschule, Foto: Richard Pircher

Merkfähigkeit des Gehirns unterstützen / Lernmethoden

Lernen kann man lernen. Hilfreich ist dabei die Anwendung von Ordnungssystemen auf den Lernstoff. Wiederholungen sind notwendig, um den zu lernenden Stoff nachhaltig im Langzeitgedächtnis verankern zu können.

Übung Zahlen erfassen – Welche Zahl fehlt

(ab 2 Klasse VS)

Material: Kärtchen mit Zahlen von 1 bis 20

Methode: frontal

Arbeitsinhalt: erkennen, welche Zahl fehlt

Durchführung: Pädagogin legt Kärtchen mit Zahlen auf, einmal ungeordnet, einmal in richtiger Reihenfolge, es fehlt jedoch immer eine Zahl. Die SchülerInnen müssen die fehlende Zahl suchen und benennen, die dafür benötigte Zeit wird gestoppt.

Lernziel: Das Gehirn ist immer schneller, wenn Ordnung und Überblick herrschen. Man lernt leichter, wenn die Lerninhalte in irgendeiner Form geordnet sind.

Übung Begriffe Ordnen

Material: Kärtchen mit verschiedenen, drei Überkategorien zuordenbaren Begriffen (z. B. Überbegriff Kleidung – Hose, Schuhe, Gürtel, Hemd, Haube, Socken, Jacke, z. B. Überbegriff Nahrungsmittel, Überbegriff Schulsachen …) Bei jüngeren Kindern können die Begriffe abgebildet sein.

Methode: frontal oder Gruppenarbeiten

Arbeitsinhalt: Begriffe in eine Ordnung bringen

Durchführung: Begriffe werden ungeordnet aufgelegt oder an die Tafel gepinnt. Die SchülerInnen finden den Zusammenhang zwischen den Begriffen (Hose und Jacke = Kleidung) und bringen die Begriffe in eine Ordnung (Zugehörigkeit zum gefundenen Überbegriff und Ordnung innerhalb der Begriffe (z. B. nach Alphabet oder nach Reihenfolge beim Anziehen oder von oben nach unten – Haube, Jacke, Hemd, Hose, Gürtel, Socken, Schuhe; Mahlzeitenfolge, o.ä.)). Dann werden Kärtchen umgedreht und die SchülerInnen wiederholen sie nach der von ihnen entwickelten Ordnung.

Lernziel: Methoden lernen, die Merkfähigkeit des Gehirns zu unterstützen, in diesem Fall durch Ordnen und Kategorisieren und Wiederholen. Man merkt sich Dinge leichter, wenn eine Ordnung vorherrscht.

Merkakronym BUS

(Quelle: Puck - GTA)

Material: keines

Methode: frontal mit PädagogIn oder Einzelarbeit mit anschließender Präsentation

Arbeitsinhalt: Hier geht es darum, Inhalte, die man sich merken will, mit **B**ildern zu verbinden (eventuell auch bewegt), sie **u**ngewöhnlich machen (im Snne von Über- und **U**ntertreibung, merkwürdig, Eselsbrücken…), **S**paß, **S**inne einsetzen, vorstellen

- **B** wie Bilder machen!
- **U** wie Ungewöhnliches!
- **S** wie alle Sinne!

Durchführung: PädagogIn schreibt einen Begriff an die Tafel und fordert die SchülerInnen auf, zu dem Begriff Assoziationen zu finden, mit deren Hilfe man sich den Begriff leichter merken kann. Oder SchülerInnen finden Assoziationen zu Begriffen in Einzelarbeit und erzählen anschließend, was sie gefunden oder entwickelt haben. Je nach Alter der SchülerInnen kann es um einzelne Begriffe oder um komplexere Lerninhalte gehen (Sätze, Formeln, ein kurze Geschichte).
Lernziel: Man kann Lernen mit Spaß verbinden, man kann das Lernen durch geeignete Methoden fördern und unterstützen.

Übung Sinn in Zeichen zu finden

Material: Tafel und Kreide
Methode: frontal
Durchführung: PädagogIn zeichnet gerade Striche an die Tafel, die Striche können z. B. Buchstaben ergeben oder irgendetwas ähneln (z.B. U, N, 2 Striche nebeneinander, dann drei etc.).
Die SchülerInnen sehen sich die Striche an und versuchen, sie sich einzuprägen. Dann werden die Striche gelöscht und SchülerInnen sollen sich an die Striche und ihre Anordnung erinnern und sie selbst an die Tafel zeichnen.
Lernziel: Man merkt sich Dinge leichter, wenn man sie mit etwas verbinden kann (hier Buchstaben oder anderes, Bilder)

Geschichte mit Einbein, Zweibein, Dreibein

Material: keines
Methode: frontal
Arbeitsinhalt: sich eine Geschichte zu merken
Durchführung: PädagogIn erzählt folgende Geschichte:
2-3-1
4-2-1
2-3-4
4-1
2-1
Haben die Kinder diese Geschichte verstanden? Nein? Dann also die Geschichte noch einmal anders erzählt:
Zweibein sitzt auf Dreibein und hat Einbein in der Hand. Da kommt Vierbein, schnappt nach Zweibein und stiehlt Einbein. Da schlägt Zweibein mit Dreibein nach Vierbein und holt sich Einbein zurück.
Haben die Kinder die Geschichte nun verstanden? Nein? Dann also die Geschichte noch einmal anders: Ein Mann (Zweibein) sitzt auf einem Hocker (Dreibein) und hat ein Hühnerbein (Einbein) in der Hand. Da kommt ein Hund (Vierbein), schnappt nach dem Mann (Zweibein) und stiehlt das

Hühnerbein (Einbein). Da schlägt der Mann (Zweibein) mit dem Hocker (Dreibein) nach dem Hund (Vierbein) und holt sich das Hühnerbein (Einbein) zurück.
Lernziel: Bei einer scheinbar sinnlosen Aneinanderreihung von abstrakten Ausdrücken fällt das Verstehen und Merken schwer. Kaum hat man den Text gelesen, hat man ihn auch schon wieder vergessen. Auch Beispiel dafür, dass man manchmal etwas nicht versteht, was ein anderer vermitteln will, der das Wissen hat.

Merken mit der Loci-Methode

Die Loci-Methode ist eine bekannte Methode aus dem Gebiet der Mnemo-Technik. Sie wird häufig von Gedächtnissportlern angewandt. Erfunden wurde diese Methode bereits von den alten Griechen, wahrscheinlich von dem Poeten und Redner Simonides von Keos, und später von Cicero angewendet und beschrieben.
Der Name bezieht sich auf das lateinische Wort „locus“ (Ort). Bei der Loci-Methode arbeitet man damit, Dinge, die man sich merken will, an einem Ort fest zu machen, z. B. im Raum (Wände, Türen etc.), am eigenen Körper, auf dem täglichen Weg zur Schule/Arbeit)…. Einzelne Elemente in einem Raum oder Punkte auf einem Weg werden mit Inhalten (Bilder, Wörter, Sätze, Zahlen…) belegt, die auch miteinander verknüpft werden können.

Übung Loci-Methode

(Altersgruppe: alle, ab 5 Jahren)
Material: keines
Methode: frontal, PädagogIn mit Gruppe, oder Einzelarbeit
Arbeitsinhalt: 10 Wörter mittels der Loci-Methode in der richtigen Reihenfolge merken und wieder geben
Durchführung: Die SchülerInnen versuchen, sich einen bestimmten Lerninhalt (z. B. 10 Wörter) zu merken, indem sie ihn in seine Bestandteile zerlegen und diese einem bestimmten Ort oder bestimmten Elementen an einem Ort zuordnen. Beim Abgehen der Orte (oder Betrachten der Elemente an einem Ort) können die Lerninhalte in Erinnerung gerufen werden.
Lernziel: Ich merke mir Inhalte leichter, wenn ich sie mit etwas verbinden kann, in diesem Fall mit bestimmten Orten oder bestimmten Elementen an einem konkreten Ort. Ich kann das Lernen und Merken mit geeigneten Methoden (die im besten Fall auch noch Spaß machen) unterstützen.

Unbewusst merken

Material: Fragekärtchen mit multiplen Antwortmöglichkeiten
Methode: Einzelaufgabe
Arbeitsinhalt: erkennen, dass schon einmal wahrgenommene Inhalte im Gedächtnis bleiben und wieder abgerufen werden können. Bei ähnlichen Inhalten kann es dabei leicht zu Verwechslungen kommen
Durchführung: Es kann ein Inhalt entweder neu präsentiert werden, oder aber schon bekannte Lernstoffe aus dem Unterricht verwendet werden. Jede/r SchülerIn bekommt ein Antwortkärtchen auf

das er/sie im Multiple-Choice-Stil Antworten eintragen soll. Die Fragen können entweder von PädagogIn vorgelesen oder als einzelne Bögen ausgeteilt werden.
Im Vordergrund steht hier nicht das richtige Beantworten der Fragen, sondern der Zugang. Die Inhalte sollten so gewählt werden, dass sie den SchülerInnenn bekannt sind, aber nicht unbedingt eindeutig wiedergegeben werden können. Ein Hauptakzent sollte dabei das spielerische Lernen sein, die Fragen sollten daher nicht wirklich Prüfungscharakter haben. So könnte man beispielsweise fragen, welche Farbe die Socken des Lehrers am Tag zuvor hatten.
Lernziel: Unbewusst wahrgenommene Inhalte bleiben im Gedächtnis und können über das Bauchgefühl erahnt werden.

Übung Stressfragebogen

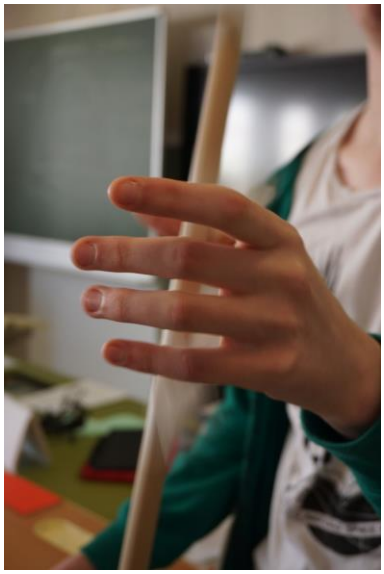
Negativer Stress hat Auswirkungen auf die Lernleistung.
SchülerInnen sollen Themen sammeln, die sie selbst stressen und danach einen Fragebogen entwickeln und die anderen zum Thema befragen. (Nach Skala von 1- 10 z. B.)
Was kann man gegen Stress tun? Es werden gemeinsam mit PädagogIn Strategien zur Stressbewältigung und zur Stressvermeidung erarbeitet.

Übung Aufmerksamkeitstest (Sedlak-Test)

Material: Papier und Bleistift für jede/n SchülerIn, dazu ein Blatt mit beliebigen Fragen
Anweisung 1: Auf das Blatt mit den Fragen wird nicht geschrieben, nur auf das leere Blatt
Durchführung: PädagogIn gibt die Anweisung und teilt das Fragenblatt 1 aus. SchülerInnen sollen die Anweisungen aufmerksam anhören, das Blatt mit den Fragen lesen und die Fragen beantworten.
Lernziel: Die meisten schreiben auf das Blatt mit den Fragen statt auf das leere Blatt, weil sie beim Vorlesen der Anweisung nicht genau genug aufgepasst haben. Bewusstsein dafür entwickeln, wann man aufpassen muss, um die wesentlichen Informationen zu bekommen.

Multitasking-Experiment mit Stäben

(Quelle: Puck - GTA)
Material: dünne Holzstäbe in der Länge von ca. 1 m, Klebeband
Methode: Kleingruppenerfahrung
Arbeitsinhalt: Reaktionsgeschwindigkeitstest, einmal ohne Ablenkung, einmal mit Ablenkung
Durchführung: Übung in 3er Gruppen, eine/r hält den Stab, lässt ihn fallen, ein/e andere/r fängt ihn auf, dritte Person bringt eine Markierung an der Stelle an (Klebeband), an der der Stab gefangen wurde. Wiederholen. Wie sieht es aus, wenn man abgelenkt wird? Eine/r aus der Gruppe versucht den/die Fangende/n abzulenken. Wenn man dabei ein Sms schreibt?
Lernziel: Um schnell reagieren zu können, muss ich sehr aufmerksam sein und mich konzentrieren. Mit Wiederholungen verbessert sich die Reaktionsgeschwindigkeit.



Umsetzung NeuroKids in der Volksschule, Multitasking-Experiment
(Quelle: Puck – GTA), Foto: Richard Pircher

Aufgabe zum Abschluss

Welche drei Dinge werden von SchülerInnen als Forschungs- und WissensbotschafterInnen in der nächsten Zeit umgesetzt?

z. B. eine Vorlage für ein Forschungstagebuch entwickeln, eine Forschungsfrage für sich wählen und sie bearbeiten und die Tätigkeiten und Ergebnisse dokumentieren

z. B. Bericht über die erfolgten Aktivitäten schreiben für schulinterne Medien (Schulhomepage, Schulzeitung)

Und anderes …

NeuroKids, schriftliche Feedbackrunde im Kindergarten, Fotos: Richard Pircher

3 Schlusswort

Wir sind uns der Tatsache bewusst, dass dieser Leitfaden nur einen kleinen Bruchteil von dem vermittelt, was die Neurowissenschaften zu bieten haben. Wir hoffen sehr, dass es uns mit der Auswahl der hier vorgestellten Themen gelungen ist, das Interesse für weitere neurowissenschaftliche Beschäftigung anzuregen. Ziel war es, durch einen neurobiologischen Zugang die Beschäftigung mit menschlichen Gehirnfunktionen, mit Neuronen, die diesen zugrunde liegen, und auch mit relevanten entwicklungsgeschichtlichen Begebenheiten, als reizvoll darzustellen.

Die Entwicklung unseres Gehirns hat uns Menschen zu kognitiven Höchstleistungen befähigt. Seit Bestehen menschlicher Kultur ist es nicht mehr die Natur, die den menschlichen Körper formt, sondern vielmehr formt der Mensch die Natur, um selbst unter widrigen Umständen lebensfähig zu sein. Wir bauen Häuser und Heizungsanlagen. Wir produzieren Autos und entwickeln Informationstechnologien. All diese Dinge erlauben uns höchst effiziente Lebensstrategien.
Wir wissen nicht genau, wohin die entwicklungsgeschichtliche Reise uns Menschen und unsere Umwelt noch bringen wird, aber mit großem Respekt blicken wir auf die bisherige Geschichte der Lebensentstehung und -entwicklung zurück. Die Neurowissenschaften stellen uns Wissen zur Verfügung, das uns helfen kann, mit diesem Erbe verantwortungsvoll umzugehen und es für zukünftige Generationen zu bewahren.

Wir wünschen uns, dass dieser Leitfaden die LeserInnen zu der Erkenntnis führt:

„Es macht Spaß, sich über sein eigenes Gehirn Gedanken zu machen,
um letztlich sich selbst und die Welt um uns besser verstehen zu lernen.“

Die AutorInnen

4 Weiterführende Links und Literaturhinweise für PädagogInnen

Links:

Gehirn und Bewusstsein - Zukunftswege der Hirnforschung
https://www.youtube.com/watch?v=x4BobxeMwWI

Film Pinky & Brain Stammhirn-Song
https://www.youtube.com/watch?v=R73v7bW_13k

Das Gehirn. Der Kosmos im Kopf
www.dasgehirn.info

Optische Täuschungen
http://www.sehtestbilder.de/optische-taeuschungen-illusionen/

Marshmallow-Test
https://www.youtube.com/watch?v=QX_oy9614HQ

Anleitung zur Herstellung von Geruchsdosen
https://www.montessori-material.de/anleitung-geruchsdosen.pdf

Anleitung zur Herstellung von Geschmacksfläschchen
http://www.montessori-shop.de/bilder/50_anleitung-geschmacksflaeschchen.pdf?PHPSESSID=15b1fd732163c3e06cda9671b8fae6ea
www.montessori-shop.de

Übungen des ÖBV-GT zu Gedächtnis und Merkfähigkeit
www.oebv-gt.at/service/gt-uebungen.html

Weiterführende Literatur:

Bauer, Joachim (2015): Selbststeuerung: Die Wiederentdeckung des freien Willens, München: Karl Blessing Verlag

Hüther, Gerald, Michels, Inge (2009): Gehirnforschung für Kinder: Felix und Feline entdecken das Gehirn, München: Kösel Verlag

Hüther, Gerald (2012): Biologie der Angst – Wie aus Stress Gefühle werden, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht

Hüther, Gerald (2013): Was wir sind und was wir sein könnten: Ein neurobiologischer Mutmacher, Frankfurt/Main: Fischer Verlag

Madeja, Michael, von Holleben, Jan, Naie, Katja (2013): Denkste?!, Verblüffende Fragen und Antworten rund ums Gehirn, Stuttgart: Gabriel Verlag

Menkhoff, Inga (o.J.): Die Welt der optischen Illusionen, Bath: Parragon Books Ltd

Puck, M. & Puck, S. (2015): Ausbildungsskript der Gedächtnistrainingsakademie - Grundausbildung zum/r GedächtnistrainerIn.

Puck, M. & Puck, S. (2015): Ausbildungsskript der Gedächtnistrainingsakademie - Lern- und Denktraining für Kinder und Jugendliche.

Spitzer, Manfred (2014): Rotkäppchen und der Stress: (Ent-)Spannendes aus der Gehirnforschung, Stuttgart: Schattauer Verlag

Spitzer, Manfred (2007): Lernen: Gehirnforschung und die Schule des Lebens, Berlin und Heidelberg: Spektrum akademischer Verlag

Zysk, Stefanie (o.J.): Augenzauber. Faszinierende optische Täuschungen, München: Compact Verlag (Sonderausgabe)

5 Literaturverzeichnis

Gerrig, Richard J., Zimbardo, Philip G. (2008): Psychologie, München: Pearson Verlag

Gigerenzer, Gerd (2008): Bauchentscheidungen: Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition, München: Goldmann

Kornhuber, H.H. und Deecke, L. (1964): Hirnpotentialänderungen beim Menschen vor und nach Willkürbewegungen, dargestellt mit Magnetbandspeicherung und Rückwärtsanalyse. In: Pfügers Arch. 281, S. 52.

Mischel, Walter (2015): Der Marshmallow-Test: Willensstärke, Belohnungsaufschub und die Entwicklung der Persönlichkeit. Aus dem Englischen von Torsten Schmidt, München: Siedler Verlag

Mischel, Walter, et al.: 'Willpower'over the life span: decomposing self-regulation. Social Cognitive and Affective Neuroscience 6.2 (2011): 252-256.

Moffitt, Terrie E., et al. : A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. Proceedings of the National Academy of Sciences 108.7 (2011): 2693-2698.

Pinel, John P.J. und Pauli, Paul (2007): Biopsychologie, München: Pearson Verlag

Ramachandran, Vilayanur S. Perceiving shape from shading. Scientific American 259.2 (1988): 76-83.

Rugg, M.D., Mark, R.E., Walla, P., Schloerscheidt, A.M., Birch, C.S. and Allen, K. (1998): Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory. Nature, 392(6676), 595-598.

Siegel, Daniel (2014): Das achtsame Gehirn, Freiburg: Arbor Verlag

Spitzer Manfred (1996): Exekutive Funktionen – Basis für erfolgreiches Lernen, ZNL. Verfügbar unter www.znl-fex.de/Fex_Broschuere.pdf

Squire, Larry, Kandel, Eric R. (2009): Gedächtnis: Die Natur des Erinnerns, Heidelberg und Berlin: Spektrum akademischer Verlag

Walla, Peter, Dal-Bianco, Peter, (2010): Verrückt was unser Gehirn alles kann: selbst wenn es versagt, Etsdorf: Galila Verlag

Walla, P., & Koller, M. (2015): Emotion is not what you think it is: Startle Reflex Modulation (SRM) as a measure of affective processing in NeuroIS. NeuroIS conference proceedings, Berlin: Springer. Verfügbar auch unter https://www.researchgate.net/publication/277665081_Emotion_is_not_what_you_think_it_is_Startle_reflex_Modulation_as_a_measure_of_affective_processing_in_NeuroIS

Walla, P., and Panksepp, J. (2013): Neuroimaging helps to clarify brain affective processing without necessarily clarifying emotions. Novel Frontiers of Advanced Neuroimaging, Kostas N. Fountas (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/51761

Yantis, Steven (2013): Sensation and Perception, New York: Worth Publishers