

# Neurobiologie: Kompetenzorientierung in Fachlichkeit und Didaktik

## Ablauf

09.00 Uhr – 09.15 Uhr	Einführungsvortrag
09.15 Uhr – 09.20 Uhr	Kaffeepause und Verteilung auf die Workshops
09.20 Uhr – 11.10 Uhr	Workshop-Runde (I)
11.15 Uhr – 13.10 Uhr	Workshop-Runde (II)
13.10 Uhr – 14.00 Uhr	Pause
14.00 Uhr – 15.50 Uhr	Workshop-Runde (III)
15.50 Uhr – 16.00 Uhr	Abschlussplenum

## Inhalt

Einführungsvortrag	1
Workshop A	7
Workshop B	31
Workshop C	41





## Neurobiologie: Kompetenzorientierung in Fachlichkeit und Didaktik



## Neurobiologie: Kompetenzorientierung in Fachlichkeit und Didaktik

09:00 Uhr	Einführungsvortrag
09:15 Uhr	Kaffeepause und Verteilung auf die Workshops
09:20 Uhr	Workshops A, B, C
11:15 Uhr	Workshops A, B, C
13:10 Uhr	Pause
14:00 Uhr	Workshops A, B, C
15:50 Uhr	Abschlussplenum



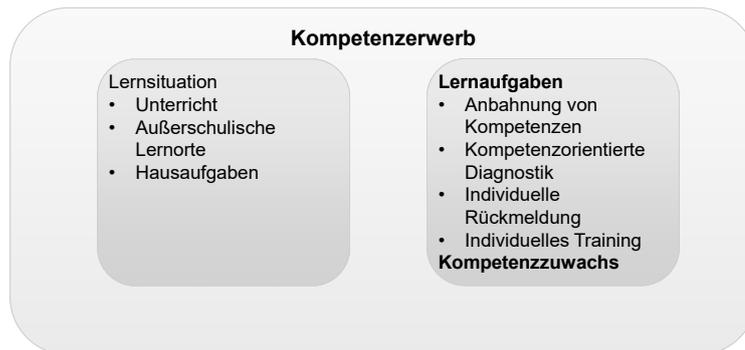
### Workshops:

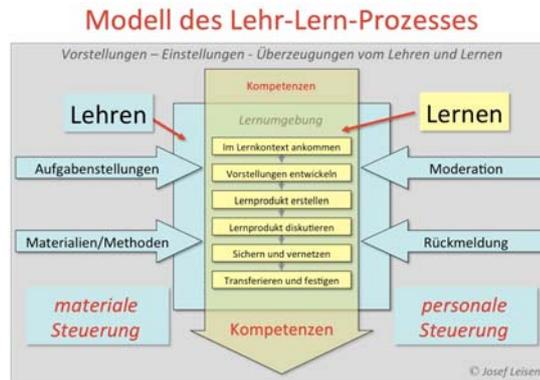
- Workshop A:  
Bildgebende Verfahren und ihre Anwendung bei degenerativen Erkrankungen des Gehirns  
(Lernstraße, Diagnoseaufgaben)
- Workshop B:  
Sympathikus, Parasympathikus und Neuro-Enhancement im Sport  
(kooperative Lernformen, Lernaufgaben)
- Workshop C:  
Gedächtnis und Plastizität des Gehirns  
(kooperative Lernformen, Binnendifferenzierung, Lernaufgaben)





Icons von Freepik





Leisen, Josef. 2017. „lehr-lern-modell.de“. Zugegriffen Januar 17. <http://www.lehr-lern-modell.de/>

## Zentrale Begriffe im und Bezüge zum Kernlehrplan SII

Inhaltliche Schwerpunkte

Basiskonzepte

konkretisierte Kompetenzerwartungen  
übergeordnete Kompetenzerwartungen

Vorgaben



## Zusammenhänge im KLP SII im Inhaltsfeld Neurobiologie

- Vernetzung und Verknüpfung von
  - Inhaltlichen Schwerpunkten  
Plastizität und Lernen
  - Basiskonzepten  
System: Gehirn  
Struktur und Funktion: Synapse, second messenger  
Entwicklung: Neuronale Plastizität





Zusammenhänge im KLP SII im Inhaltsfeld Neurobiologie:

- Vernetzung und Verknüpfung von
  - Konkretisierten Kompetenzerwartungen (Lk) und übergeordneten KE  
Die Schülerinnen und Schüler...
    - stellen aktuelle Modellvorstellungen zum Gedächtnis auf anatomisch-physiologischer Ebene dar (K3, B1)
    - erklären den Begriff der Plastizität anhand geeigneter Modelle und leiten die Bedeutung für ein lebenslanges Lernen ab (E6, UF4)
  - Vorgaben 2017  
Fokussierung: zeitliche und funktionale Gedächtnismodelle nach Markowitsch



Zusammenhänge im KLP SII im Inhaltsfeld Neurobiologie:

- Vernetzung und Verknüpfung der unterschiedlichen Begriffe und Kompetenzen aus dem KLP SII erfolgt im **Unterricht**

Inhaltliche Schwerpunkte

Basiskonzepte

konkretisierte KE  
übergeordnete KE

Vorgaben



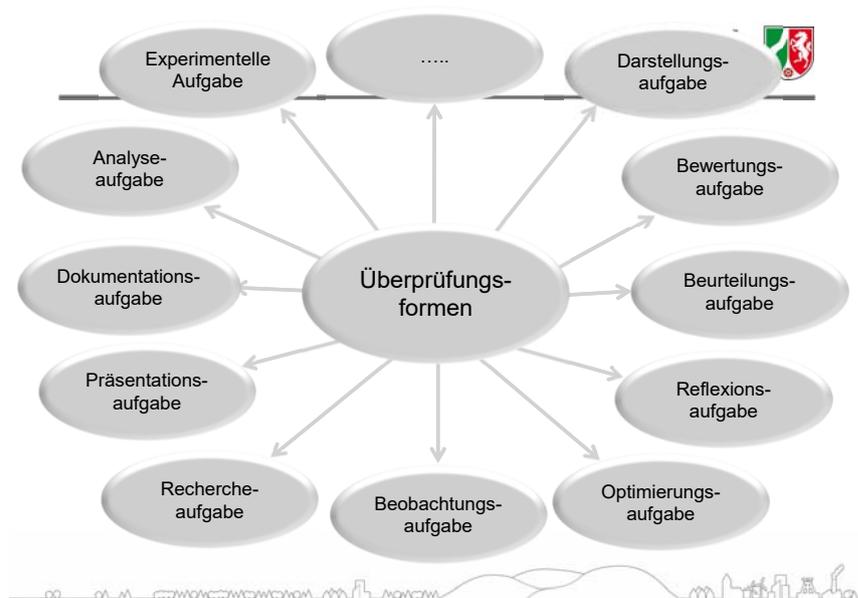
**Unterricht**



Aufgabenstellungen als wichtiges Element der Steuerung des Lehr-Lern-Prozesses im Unterricht

- **Diagnoseaufgaben** zum Kompetenzstand
- **Lernaufgaben** zur Kompetenzentwicklung
- Förderaufgaben zur individuellen Kompetenzentwicklung
- Leistungsaufgaben zur Kompetenzüberprüfung (LFB zu Klausuraufgaben und mündlichem Abitur)





Bezirksregierung  
Arnsberg



### Überprüfungsformen des KLP SII

- sollen als **Lernaufgaben** eingesetzt werden
- sollen im Unterricht geübt werden
- sind je nach Typ geeignet für unterschiedliche Situationen im Unterricht
- beziehen eine experimentelle Vorgehensweise mit ein
- können in Auswahl als **Leistungsaufgaben** eingesetzt werden

Bezirksregierung  
Arnsberg



### Workshops:

- Workshop A:  
Bildgebende Verfahren und ihre Anwendung bei degenerativen Erkrankungen des Gehirns  
(Lernstraße, Diagnoseaufgaben)
- Workshop B:  
Sympathikus, Parasympathikus und Neuro-Enhancement im Sport  
(kooperative Lernformen, Lernaufgaben)
- Workshop C:  
Gedächtnis und Plastizität des Gehirns  
(kooperative Lernformen, Binnendifferenzierung, Lernaufgaben)



# Neurobiologie

## Workshop A

### Bildgebende Verfahren und ihre Anwendung bei degenerativen Erkrankungen des Gehirns

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

### Zentrale Begriffe im und Bezüge zum Kernlehrplan SII

Inhaltliche Schwerpunkte

Basiskonzepte

konkretisierte Kompetenzerwartungen  
übergeordnete Kompetenzerwartungen

Vorgaben



© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

### Zusammenhänge im KLP SII im Inhaltsfeld Evolution

Vernetzung und Verknüpfung von

- inhaltlichen Schwerpunkten  
Neurobiologie
- Basiskonzepten  
System: Neuron, Synapse, Gehirn  
Struktur und Funktion: Neuron, Synapse



© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

## Zusammenhänge im KLP SII im Inhaltsfeld Evolution

Vernetzung und Verknüpfung von

- Konkretisierten Kompetenzerwartungen (Gk und Lk) und übergeordneten KE   
Die Schülerinnen und Schüler...
  - stellen Möglichkeiten und Grenzen bildgebender Verfahren zur Anatomie und Funktion des Gehirn (PET und fMRT) gegenüber und bringen diese mit Abläufen der Forschung von Gehirnabläufen in Verbindung (UF4, UF1, B4)
  - recherchieren und präsentieren aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse zu einer degenerativen Erkrankung (K2, K3)
  - ermitteln mit Hilfe von Aufnahmen eines bildgebenden Verfahrens verschiedene Gehirnareale (E5, UF4)



Vorgaben 2017/18/19  
fMRT, degenerative Erscheinungen der Alzheimer-Erkrankung

## Zusammenhänge im KLP SII im Inhaltsfeld Evolution

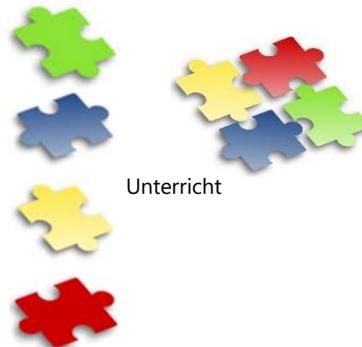
Vernetzung und Verknüpfung der unterschiedlichen Begriffe und Kompetenzen aus dem KLP SII erfolgt im Unterricht

Inhaltliche Schwerpunkte

Basiskonzepte

konkretisierte KE  
übergeordnete KE

Vorgaben



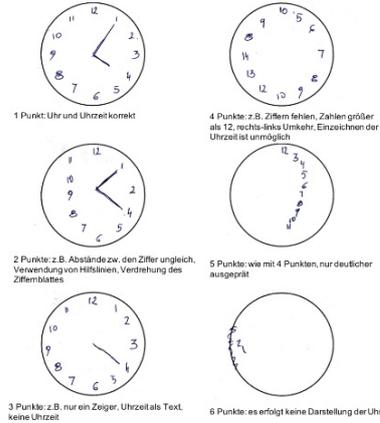
## Hat Herr Amnes Alzheimer? (vgl. Lernstraße I)

Folgende Symptome zeigen sich:

- Vergesslichkeit und mangelnde Orientierung
- Schlüssel wird mehrfach verlegt
- Zuckerdose wird erst nach intensiver Suche gefunden
- Verabredungen werden vergessen
- Zurückziehen und Vermeidung von Sozialkontakten
- Umschreibungen statt konkreter Angaben (Tagesablauf)
- routinierte Tagesabläufe sind nicht mehr möglich, z.B. Körperpflege
- Vergessen von Namen, z.B. Nachbarin
- Vermeidung von Arztbesuchen



## Der Arzt bat Herrn Amnes ein Ziffernblatt einer Uhr zu zeichnen...



<https://h24pflege.files.wordpress.com/2016/06/uhrentest1.png>

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE



## Film: Alzheimer - Eine dreidimensionale Entdeckungsreise

<https://www.youtube.com/watch?v=paqj8hSdp>

C

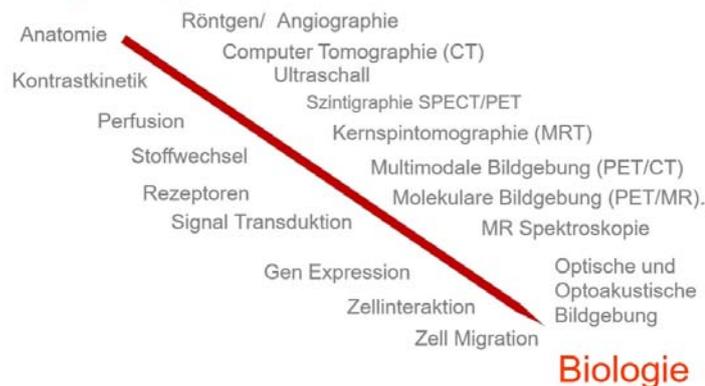
© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE



## Morphologie



<http://docplayer.org/13731881-Medizinische-bildgebung-von-der-diagnose-zur-therapie.html>

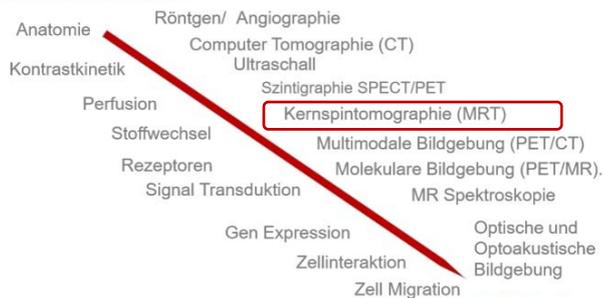
© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE



## Morphologie



## Biologie

"Bei einer beginnenden Demenz macht man schon in der Regel eine Bildgebung, um andere Ursachen auszuschließen, z.B. eine Entzündung, die man gut heilen könnte. Deswegen bekommen die Patienten als erstes eine MRT-Untersuchung."

Neuroradiologie Prof. Zimmer vgl.: <http://www.br.de/radio/bayern2/wissen/gesundheitsgesprach/neuroradiologie-alzheimer-diagnose100.html>

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE



Die **Magnetresonanztomographie** (Tomographie von griechisch "Schnitt") ist ein bildgebendes Verfahren zur Darstellung von Strukturen im Inneren des Körpers.

•**Sie kann Schnittbilder des menschlichen Körpers in beliebigen Ebenen erzeugen.**

•**Aus den Daten können per Computer 3D-Datensätze berechnet werden.**

•**Die MRT hat im Vergleich zur Computertomographie (CT) u.a. eine bessere Weichteildarstellung.**

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE



© BR Arnsberg

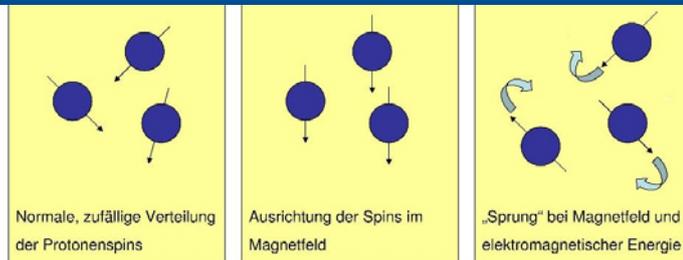
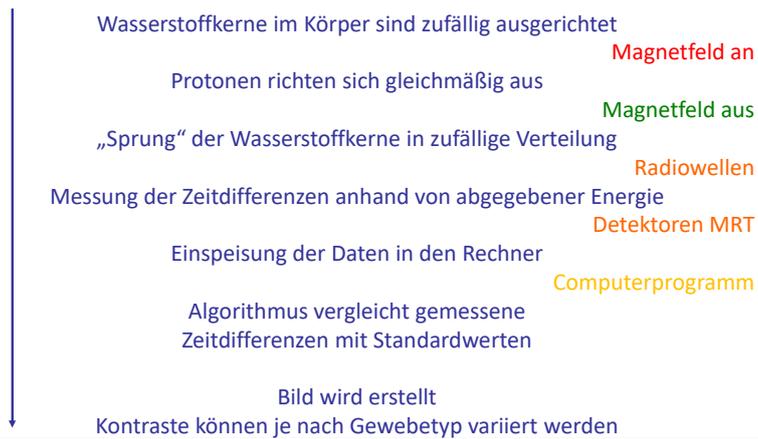
KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

Film MRT – (vgl. Lernstraße IV)

<https://www.youtube.com/watch?v=Hmo3iLzkBe4>

Grundsätzlicher Ablauf eines MRTs

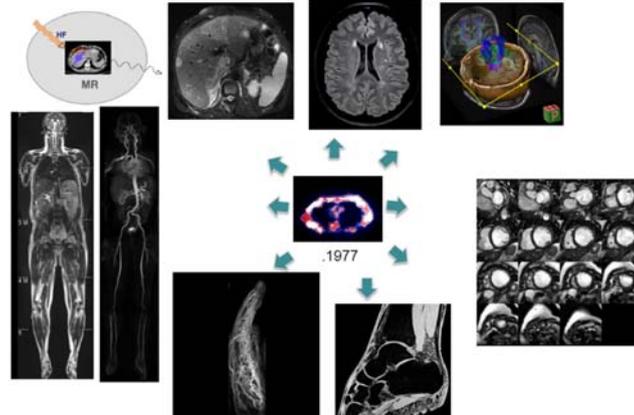


Normalerweise drehen sich alle Atomkerne im Körper um ihre eigene Achse → Kernspin  
Die magnetische Ausrichtung der Wasserstoffkerne ist rein zufällig (Bild 1).  
Legt man an den Körper von außen ein starkes Magnetfeld an, dann ordnen sich diese  
Atomkerne alle in der gleichen Richtung an, und zwar in Längsrichtung des Körpers (2).  
Entscheidend ist der „Sprung“ der Wasserstoffkerne zurück in ihre zufällige Ausrichtung.  
Hierbei geben die Protonen Energie ab, die während der Untersuchung gemessen  
und dann vom Computer zu Bildern zusammengesetzt werden (3).

Text vgl.: <http://www.radiologicum-muenchen.de/kernspintomographie-MRT/Funktionsweise>  
Bild vgl.: <https://blog.lecturio.de/wp-content/uploads/2014/08/MRT.jpg>



## Bilder aus dem MRT



<http://docplayer.org/13731881-Medizinische-bildgebung-von-der-diagnose-zur-therapie.html>

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GY/GE



"Für eine 100-prozentige Diagnose braucht man allerdings mehr Informationen. Unter anderem die genaue Krankengeschichte (Anamnese). Man kann mit einem Liquortest auch das Nervenwasser untersuchen, doch es gibt noch andere bildgebende Methoden, die man durchführen kann. Letztlich im Zusammenspiel von mehreren Methoden versucht man, diese Diagnose immer wahrscheinlicher zu machen."

Prof. Claus Zimmer

<http://www.br.de/radio/bayern2/wissen/gesundheitsgesprach/neuroradiologie-alzheimer-diagnose100.html>

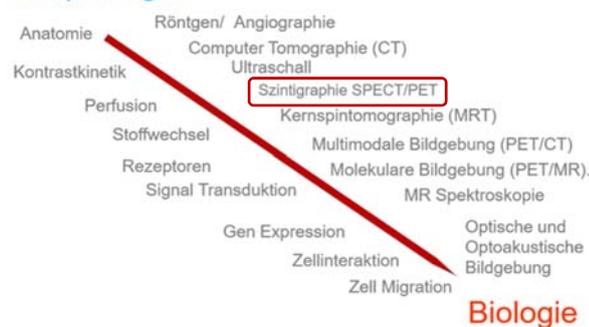
© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GY/GE



## Morphologie



Auf den CT-, MRT- oder fMRT-Aufnahmen kann der Arzt erkennen, ob behandelbare Ursachen für die Demenz vorliegen, zum Beispiel Tumore, verletzungsbedingte Hämatomate (Blutansammlungen), die auf das Gehirn drücken, Schädigungen des Gehirns (Enzephalopathien) oder auch eine Hirnwasserabflussstörung ("Wasserkopf").  
[http://www.alzheimerinfo.de/aktuelles/monatsspecial/archiv/ms\\_02\\_2010/blick\\_ins\\_gehirn/index.jsp](http://www.alzheimerinfo.de/aktuelles/monatsspecial/archiv/ms_02_2010/blick_ins_gehirn/index.jsp)

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GY/GE

## Der PET-Scan

Die Positronen-Emissions-Tomografie gehört zu den so genannten nuklearmedizinischen bildgebenden Verfahren: Mithilfe winziger radioaktiv markierter Teilchen und einer speziellen PET-Kamera werden Stoffwechselfvorgänge im Inneren des Körpers sichtbar gemacht.

Die ausgesandte Radioaktivität wird in der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) als Indikator für die Stoffwechselaktivität von Nervenzellen herangezogen.

In Abhängigkeit des Energieverbrauchs der Zelle kommt es zu einer unterschiedlichen Aufnahme von markiertem (und auch normalem) Traubenzucker. Regionen mit einer verstärkten Speicherung des Radiotracers stellen sich in den berechneten Bildern dann als leuchtende Areale dar und heben sich deutlich vom umliegenden Gewebe ab.

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

## PET Film

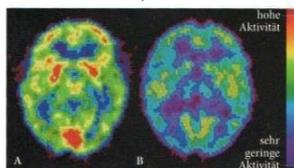
<https://www.youtube.com/watch?v=oySvkmezdo0>

© BR Arnsberg

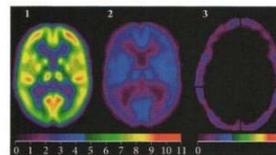
KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

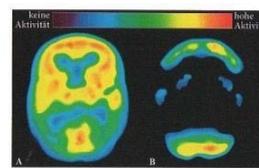
## PET-Aufnahmen



Gehirnaktivität wach (A), schlafend (B)



Gesund (1), Komapatient (2) und Hirntoter (3)



Gehirnaktivität normal (A), bei Demenz (B)

Quellen: Grüne Reihe Materialien S II Neurobiologie (2015), S. 56, 62, 156.

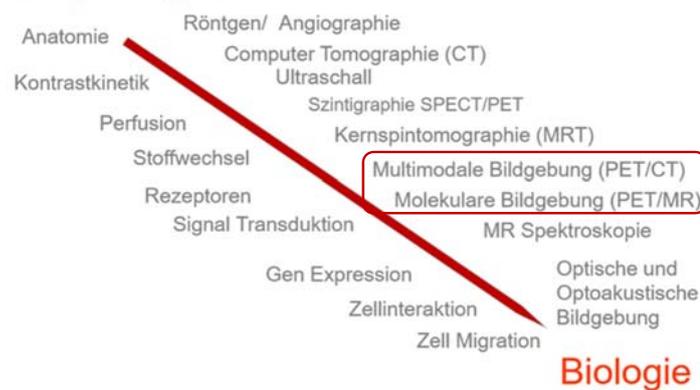
© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

Erarbeiten Sie mithilfe ausgewählter Materialien der Lernstraße die Funktionsweise des fMRT und vergleichen Sie diese in der vorgegebenen Tabelle mit MRT und PET.

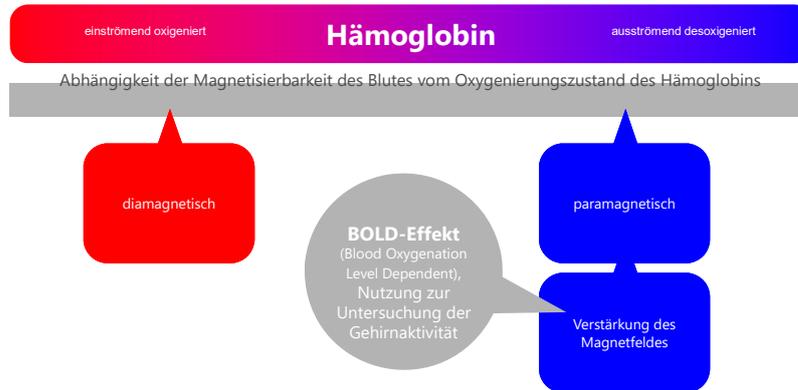
## Morphologie



Die **Funktionelle Magnetresonanztomographie** ist eine Variante der Magnetresonanztomographie. Die Methode misst Veränderungen der Gewebsdurchblutung (rCBF) in den verschiedenen Hirnregionen, die durch den Energiebedarf aktiver Nervenzellen hervorgerufen werden.

Grundlage für die Darstellung des fMRT ist der so genannte **BOLD-Effekt**, der die unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften von sauerstoffreichem und sauerstoffarmem Blut zur Signaldetektion nutzt, genauer gesagt den Unterschied zwischen Oxyhämoglobin und Desoxyhämoglobin.

## fMRT - Das Blut macht's!

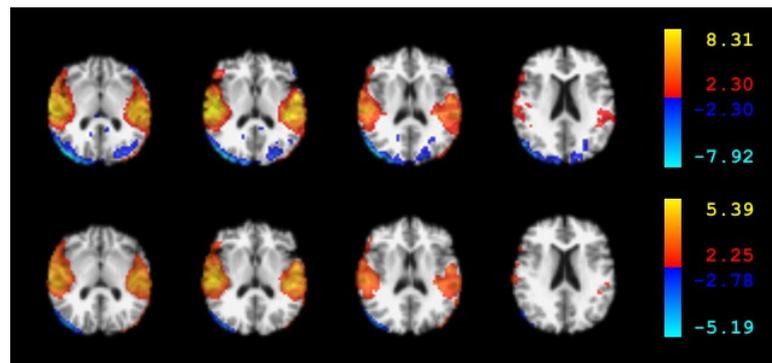


© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

## Bilder aus dem fMRT



© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

Erarbeiten Sie mithilfe ausgewählter Materialien der Lernstraße eine begründete Zuordnung von Bildern bildgebender Verfahren (PET, MRT) zum Normalzustand und zur Alzheimer-Erkrankung.

© BR Arnsberg

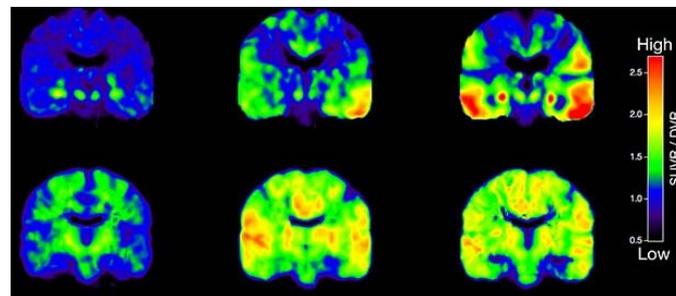
KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

### Vorsicht Falle!

Diagnose der Alzheimer-Erkrankung mit Hilfe von PET-Scan Bildern  
Was denken Sie? Welcher Patient hat Alzheimer?

A B C



© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

Neue Verfahren der molekularen Bildgebung eröffnen nun die Möglichkeit das Vorliegen dieser Neuropathologien in vivo auf nicht invasive Weise zu dokumentieren. Hinsichtlich der Amyloid-Bildgebung stehen bereits mehrere zugelassene PET-Tracer auch kommerziell zur Verfügung. Für die Amyloid-Bildgebung ist ein klinischer Nutzen in der Diagnosesicherung der Alzheimer-Demenz gerade bei atypischen und frühen Erscheinungsformen darstellbar.

Vgl.: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0042-113846>

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

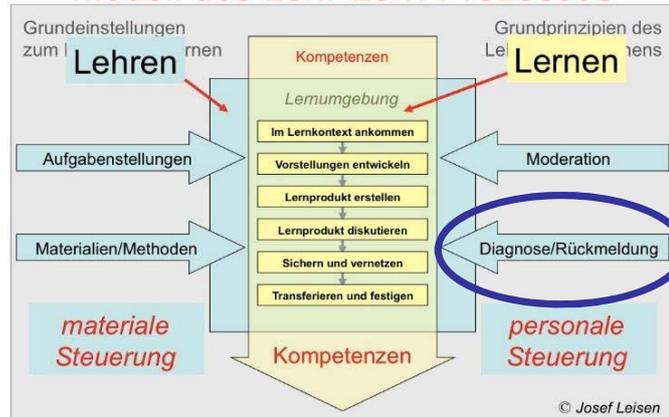
## Diagnose von Fehlkonzepten zur degenerativen Alzheimer-Erkrankung und bildgebenden Verfahren

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GV/GE

## Modell des Lehr-Lern-Prozesses



## Definition Diagnose

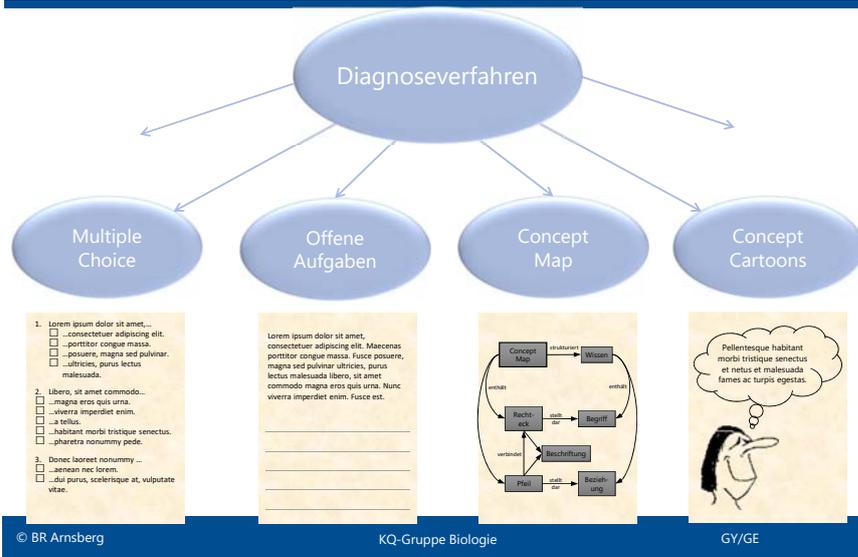
„Pädagogische Diagnostik umfasst alle diagnostischen Tätigkeiten, durch die bei einzelnen Lernenden und den in einer Gruppe Lernenden

- Voraussetzungen und Bedingungen planmäßiger Lehr und Lernprozesse ermittelt,
- Lernprozesse analysiert und
- Lernergebnisse festgestellt werden, um individuelles Lernen zu optimieren.“

Ingenkamp/Lissmann: Handbuch der pädagogischen Diagnostik 2005

## Diagnoseaufgaben (Kennzeichen nach Leisen)

- bringen Lerner zum Handeln und ein auswertbares Produkt hervor
- ermöglichen individuelle Bearbeitungswege
- sind kurz und leicht auszuwerten
- lassen den Kompetenzstand und Vernetzungsgrad von Wissen erkennen
- ermöglichen Aussagen über Lernfortschritte, Bearbeitungsstrategien und -geschwindigkeit
- ermöglichen Aussagen über die Leistungsfähigkeit, Gewissenhaftigkeit und Anstrengungsbereitschaft
- bringen Lerner in einen angstfreien Lernraum und nicht in einen Leistungsraum



## Arbeitsauftrag

Erstellen Sie Diagnoseaufgaben zum Beispiel mithilfe von Multiple Choice, Diagnosebögen, Concept Cartoons oder anderen Diagnoseverfahren im Zusammenhang mit

- bildgebenden Verfahren.
- der degenerativen Alzheimer-Erkrankung.

Dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse auf einem Poster.

## Workshop A

### Bildgebende Verfahren und ihre Anwendung bei degenerativen Erkrankungen des Gehirns

#### **Material:**

Lernstraße

#### **Ziele:**

Die Fachlehrerinnen und Fachlehrer

- stellen Bezüge zwischen den Kompetenzerwartungen, den inhaltlichen Schwerpunkten und den unter den Basiskonzepten subsummierten Begriffen im Inhaltsfeld Neurobiologie her.
- vertiefen ihre Kenntnisse zur Alzheimer-Erkrankung und zu verschiedenen bildgebenden Verfahren und ihre Anwendung und deren Grenzen der Anwendung bei degenerativen Erkrankungen des Gehirns.
- vertiefen ihre Kenntnisse zur Erstellung von Diagnoseaufgaben, um Fehlkonzepte von ausgewählten Aspekten der Neurobiologie zu diagnostizieren.

#### **Arbeitsaufträge für Fachlehrerinnen und Fachlehrer**

Sichten Sie die Arbeitsmaterialien zur Lernstraße der bildgebenden Verfahren und degenerativen Alzheimer-Erkrankung und ordnen Sie die Kompetenzerwartungen, die inhaltliche Schwerpunkte und die unter den Basiskonzepten subsummierten Begriffe zu.

Erarbeiten Sie mithilfe ausgewählter Materialien der Lernstraße:

- a) Diagnoseverfahren zur Abklärung einer möglichen Alzheimer-Erkrankung (Text M1 „Wenn die Fkt. des Gehirns nachlassen“)
- b) die Funktionsweise des fMRT und vergleichen diese in der vorgegebenen Tabelle mit MRT/PET.
- c) eine begründete Zuordnung von Bildern bildgebender Verfahren (PET, MRT) zum Normalzustand und Alzheimer-Erkrankung.

Erstellen Sie Diagnoseaufgaben mithilfe von Multiple Choice, Diagnosebögen oder Concept Cartoons im Zusammenhang mit bildgebenden Verfahren und der degenerativen Alzheimer-Erkrankung. Dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse auf einem Poster.

## Aufgaben zur Lernstraße

### **I Phänomen**

Fassen Sie die dem Text ‚Wenn die Funktionen des Gehirns nachlassen...‘ entnehmbaren Symptome des Herrn Amnes zusammen. (EA)

### **II Hypothesenbildung**

Formulieren Sie mindestens zwei begründete Hypothesen zu Gründen für die Vergesslichkeit des Herrn Amnes. (EA)

### **IIIa Beschreibung der Untersuchungsdaten**

Vergleichen Sie die vorliegenden, durch funktionelle Magnetresonanztomographie und PET erhaltenen Abbildungen des Gehirns von Herrn Amnes mit einer von vergleichbarer Vergesslichkeit nicht betroffenen Person. (PA)

### **IIIb Verfeinerung der Hypothesen**

Entwickeln Sie Ihre zuvor aufgestellten Hypothesen durch Einbezug Ihrer Befunde aus IIIa weiter. (EA, PA)

### **IV Recherche zwecks Prüfung der Hypothesen**

Beschreiben Sie in eigenen Worten die bildgebenden Verfahren fMRT und PET. Es stehen Ihnen hierzu Sachtexte, Schulbuchtexte sowie Animationen zur Verfügung. (PA)  
Vergleichen Sie im Folgenden die beiden Verfahren hinsichtlich ihrer diagnostischen Eignung im vorliegenden Fall. (PA)

### **V Prüfung und Erklärung**

Werten Sie vor dem Hintergrund der Informationen zu fMRT und PET die zuvor beschriebenen Aufnahmen hinsichtlich deren Aussage über organische Gründe von Herrn Amnes Vergesslichkeit aus. (EA/PA/GA)

### **VI Weiterführende Recherche zur Erkrankung**

Recherchieren Sie anhand des ausliegenden Materials Details zu der bei Herrn Amnes festgestellten Erkrankung. (EA/PA)

zu I

**Wenn die Funktionen des Gehirns nachlassen...**

Der 64-jährige Heiner Amnes war während seiner Berufszeit Gymnasiallehrer der Oberstufe. Auch in seiner Freizeit gehörten viele Wissensgebiete zu seinen zahlreichen Hobbies. Vor etwa einem Jahr stellte seine Tochter zum ersten Mal fest, dass er etwas vergesslicher erschien als zuvor. Doch sie machte sich noch keine Gedanken. Schließlich vergisst jeder Mal etwas und ihr Vater kam auch langsam in die Jahre. Außerdem lag der Tod ihrer Mutter erst vier Jahre zurück und sie fragte sich oft, ob ihr Vater das eigentlich schon überwunden hatte oder ob er nicht doch noch sehr trauerte und dadurch vergesslicher war.

Einmal hatte er einen Schlüssel verlegt, der erst nach intensiver Suche in einer Zuckerdose gefunden wurde. Beide lachten, schüttelten den Kopf und dachten sich nichts weiter dabei. Einige Wochen später hatte er eine Verabredung zum gemeinsamen Einkaufen vergessen. Dies war ungewöhnlich, weil er sonst doch schon immer auf der Straße bereit stand, wenn sie ihn abholen kam.

In letzter Zeit zog er sich auch ein wenig zurück von seinen sozialen Kontakten, von denen es allerdings auch eine Menge gab; mehr als sie selbst je vertragen hätte: Kegelclub, Wanderverein, Literaturclub. Zum Kegeln und Wandern wollte er wegen chronischer Kniebeschwerden nicht mehr gehen, sagte er, und der Literaturclub habe ihn zuletzt gelangweilt.

Sie wunderte sich auch, dass er auf einmal gerne essen ging. „Du hast doch immer so gerne gekocht“, hatte sie gesagt, aber er fand das nicht mehr so wichtig. „Ich kann es mir leisten, also geh ich jetzt essen. Warum soll ich mir noch die Mühe machen!?“ „Und wo gehst Du essen?“, fragte sie nach. Aber auch da antwortete er ihr ausweichend: „Es gibt so viele Restaurants. Mal hier, mal da.“

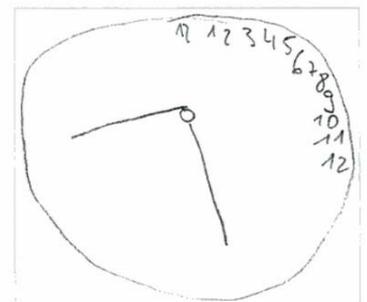
Dann sprach eines Tages eine Nachbarin ihres Vaters sie an. Ihr sei aufgefallen, dass ihr Vater gar nicht mehr den Müll rausstelle. Sie stimmte ihr zu, dass er in letzter Zeit vergesslicher zu werden schien. „So fing es bei meiner Mutter damals auch an“, sagte die Nachbarin, „Achten Sie mal darauf, ob die Toilette und die Wäsche noch sauber ist.“ Sie war ein wenig erschrocken. So schlimm würde es mit ihrem Vater gewiss nicht sein. Sie war doch vor vier Wochen noch da gewesen und außer einer kleinen Vergesslichkeit, war alles in Ordnung. In der Wohnung stellte sie tatsächlich fest, dass die Toilette nicht mehr so sauber war, wie sie es bei ihrem Vater gewohnt war.

Er wirkte auch ein wenig ungekämmt und schlecht rasiert. Sie sprach ihn an: „Frau Meier sagte, du würdest deinen Müll nicht mehr rausstellen.“ – „Wer sagt das?“ – „Unsere Nachbarin, Frau Meier“ – „kenn ich nicht“, antwortete er, obwohl sie seit über 30 Jahren Nachbarn waren. Sie selbst hatte als Kind von ihr herrlich viele Süßigkeiten bekommen. „Ich kann mir doch nicht von allen, die hier wohnen, die Namen merken!“ Ihr Vater schien verärgert. Dann wurde ihr allmählich klar, dass die Vergesslichkeit doch viel schneller voranschritt, als es normal war. Sie redete mit Engelszungen auf ihren Vater ein, bis er schließlich einem Arzttermin zustimmte.

Den Hausarzt hatte er schon lange nicht mehr gesehen. Es gab einfach keinen Grund zu ihm zu gehen. Das schlimmste, was er hatte, war hie und da eine Erkältung, mit der er spielend selbst fertig wurde.

Der Hausarzt unterhielt sich mit Heiner Amnes, während seine Tochter dabei saß. Bei bestimmten Fragen und kleinen Gedächtnisaufgaben wurde die Vergesslichkeit und mangelhafte Orientierung ihres Vaters ganz offensichtlich.

Der Arzt bat Herrn Amnes das Zifferblatt einer Uhr zu zeichnen. Er malte einen Kreis, zwei Zeiger und verteilte dann alle Zahlen von 1 bis 12 auf der Uhr zwischen der 12 und der 3. „Da ist ja noch viel Platz übrig“, sagte der Arzt und meinte das zu Dreiviertel unbeschriftete Ziffernblatt. Herr Amnes stutzte und schien ratlos. „Was machen wir damit?“, fragte der Arzt erneut, aber Herr Amnes hatte keine Ahnung. [...]



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · Vieten M., Fallbuch Pflege. Krankheiten verstehen 1. 2007 · modifiziert

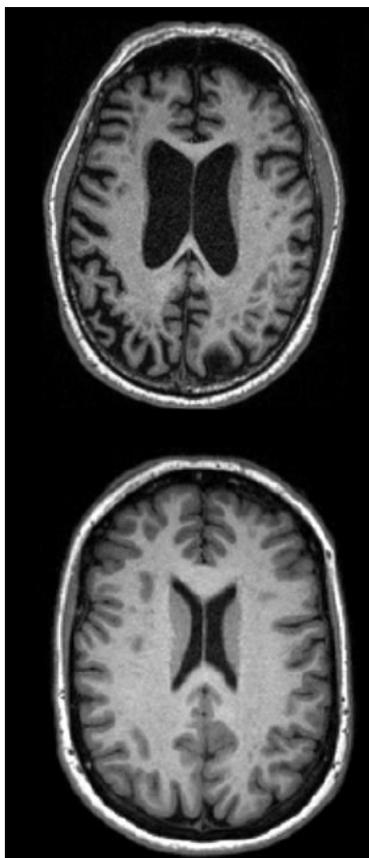
zu III/V

### Untersuchungsergebnisse MRT und PET

Die folgenden Abbildungen sind Ergebnisse von so genannten MRT- und PET-Untersuchungen. Für die PET-Scans wurde ein speziell entwickeltes Kontrastmittel verwendet. Dieses ermöglicht die Sichtbarmachung von Strukturen, die mit Demenzerkrankungen in Verbindung gebracht werden.

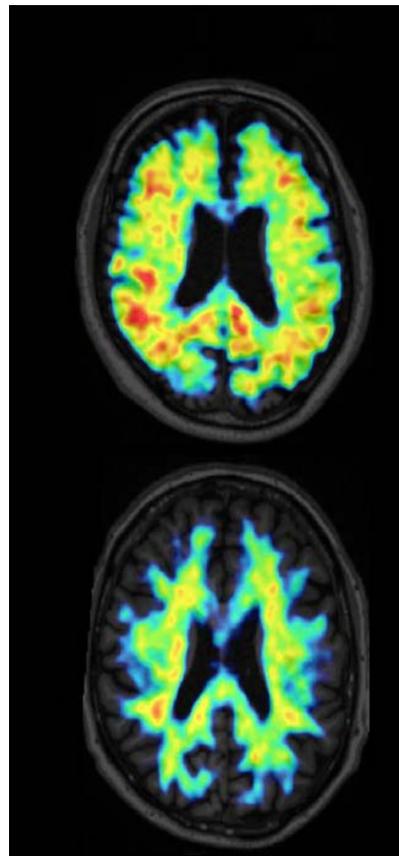
MRT Scans

PET-Scans



Person A

Person B



Person A

Person B

Abbildungen entnommen: <http://docplayer.org/13731881-Medizinische-bildgebung-von-der-diagnose-zur-therapie.html>

zu IV

## **Magnetresonanztomographie (MRT)**

Definition, Funktion und Ablauf

Die **Magnetresonanztomographie (MRT)** gehört im Bereich der Neurophysiologie zu den bildgebenden Verfahren. Mit dem Magnetresonanztomograph können ganz ohne Röntgenstrahlung und radioaktive Strahlenbelastung zweidimensionale Schnittbilder vom menschlichen Körper erzeugt werden. Nebenwirkungen sind nicht bekannt. Die Abkürzung MRI (engl. Magnetic Resonance Imaging) ist ebenso wie die Bezeichnung Kernspintomographie/ Kernspin gebräuchlich.

### **Wie funktioniert ein MRT?**

Das Verfahren der Magnetresonanztomographie macht sich die magnetischen Eigenschaften der Wasserstoffkerne im menschlichen Körper zu Nutze. Über eine Magnetspule erzeugt das MRT-Gerät ein starkes, für den Menschen nicht wahrnehmbares, Magnetfeld. Dadurch werden die Wasserstoffkerne im menschlichen Körper gleichmäßig ausgerichtet. Im Normalzustand sind diese rein zufällig angeordnet.

Ein Hochfrequenzimpuls aus Radiowellen sorgt anschließend dafür, dass sich die Wasserstoffkerne kurzzeitig zufällig anordnen. Wegen des Magnetfeldes richten sich die Wasserstoffkerne danach jedoch sofort wieder gleichmäßig aus. Dieser Rücksprung wird gemessen und liefert letztlich die Bildinformationen.

Für den Bildkontrast (Hell-Dunkel-Kontrast) ist die unterschiedliche Menge an Wasserstoffkerne in den Geweben verantwortlich. Weichteilgewebe (z.B. Gehirn, Muskeln oder einzelne Organe) kann daher besonders gut dargestellt werden. Wasserärmere Strukturen wie Knochen etwas weniger gut.

<http://www.biologie-schule.de/magnetresonanztomographie-mrt.php> last access: 24-05-16

## Funktionelle Magnetresonanztomographie

### Definition, Funktion und Ablauf

Die **Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)** ist ein funktionell-bildgebendes Verfahren, mit dem das Aktivitätsniveau bestimmter Hirnareale sichtbar gemacht werden kann. Technisch basiert das fMRT auf der →Magnetresonanztomographie (MRT). Der Begriff fMRI (engl. Functional magnetic resonance imaging) kann ebenso verwendet werden. Dem Verfahren liegt die Annahme zu Grunde, dass die Aktivierung einer Hirnregion, einen erhöhten Blutfluss eben in dieser zur Folge hat, der indirekt über die magnetischen Eigenschaften des Hämoglobins gemessen werden kann.

### Wie funktioniert ein fMRT?

Aktive Neuronen im Gehirn verbrauchen mehr Energie (Glucose) und Sauerstoff. Durch den erhöhten Bedarf steigt der Blutfluss in den aktivierten Gehirnregionen an, um die Nervenzellen mit Nährstoffen zu versorgen.

Das fMRT-Bild ist abhängig vom so genannten BOLD-Kontrast (blood oxygenation level dependent). Frei übersetzt bedeutet BOLD: "abhängig vom Sauerstoffgehalt des Blutes". Gemessen wird aber nicht die Sauerstoffsättigung im Gehirn, sondern die magnetische Stärke des Hämoglobins. Das eisenhaltige Hämoglobin fungiert beim Menschen als Sauerstofftransportprotein. Abhängig davon, ob das Hämoglobin Sauerstoff gebunden hat, oder nicht, ist es unterschiedlich stark magnetisch.

Hierbei wird zwischen oxygeniertem Blut (Hämoglobin mit gebundenem Sauerstoff) und desoxygeniertem Blut (Hämoglobin ohne gebundenen Sauerstoff) unterschieden. Steigt die Aktivität der Neuronen an, steigt durch den Verbrauch auch der Gehalt von Hämoglobin ohne gebundenen Sauerstoff an. Zwar fließt sauerstoffgesättigtes Blut nach, die Nervenzellen verbrauchen jedoch geringfügig mehr oxygeniertes Blut, als neues in das Gehirnareal nachfließen kann, wodurch der Anteil von desoxygeniertem Hämoglobin gegenüber oxygeniertem Hämoglobin steigt.

Desoxygeniertes Blut und oxygeniertes Blut unterscheiden sich wie eben schon erwähnt hinsichtlich ihrer magnetischen Eigenschaften. Sauerstoffungesättigtes Blut ist stärker magnetisch (paramagnetisch), als sauerstoffgesättigtes Blut (diamagnetisch). Diesen Unterschied kann das fMRT registrieren und sichtbar machen.

<http://www.biologie-schule.de/funktionelle-magnetresonanztomographie-fmrt.php> last access: 24-05-16

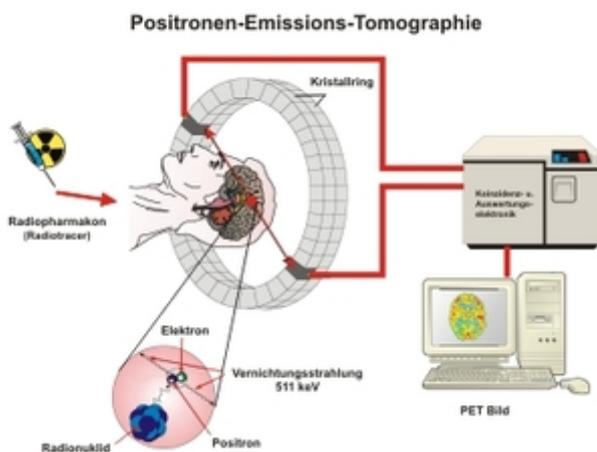
### weiterführende Informationen und Animation des MPI:

<http://hirnforschung.kyb.mpg.de/methoden/funktionelle-magnetresonanztomographie-fmrt.html> last access 24-05-16

## Wie funktioniert PET?

Bei der Positronenemissions-Tomografie (PET) erzeugt eine schwach radioaktive Substanz - ein so genannter "Radiotracer" - das Signal. Dieser wird dem Patienten vor der Messung injiziert. Über die Blutbahn gelangen sie ins Hirn und reichern sich je nach Tracertyp an bestimmten Zellen an: Zuckermoleküle etwa dort, wo erhöhter Energiebedarf ist, Botenstoffe an den entsprechenden Rezeptoren.

Die Zerfallsprodukte der radioaktiven Substanz geben Auskunft über die untersuchten Prozesse: Beim spontanen Zerfall der radioaktiven Atome im Tracer entstehen Positronen. Treffen diese auf Elektronen, entsteht ein messbares Signal (zwei Gamma-Strahlen). Sie zeigen mit einer Auflösung von wenigen Millimetern, wo der Radiotracer in molekulare Prozesse involviert war.



### Prinzip der Positronen-Emissions-Tomographie

So lassen sich Hirnaktivitäten und Stoffwechselfvorgänge beobachten, aber auch Tumorgewebe oder Rezeptoren, die für die Kommunikation zwischen den Gehirnzellen sorgen.

Um solche Vorgänge im Gehirn zu untersuchen, müssen maßgeschneiderte Radiotracer verfügbar sein, die Jülicher Forscher im Institut für Nuklearchemie vorher entwickelt und getestet haben.

[http://www.fz-juelich.de/inm/inm-4/DE/Home/\\_Fokus/Informationen/\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/inm/inm-4/DE/Home/_Fokus/Informationen/_node.html) last access: 08-06-16

## Onlinematerialien

### Videos

#### MRT / MRI

<http://www.onmeda.de/video/mrt.html>

<http://www.cancercenter.com/video/treatments-technology/mri/> (Englisch)

<http://www.zdf.de/ZDFmediathek/beitrag/video/2511918/CT%252C-MRT-und-Co.#/beitrag/video/2511918/CT%2C-MRT-und-Co.> (01:54 bis 03:36)

#### Alzheimer

<https://www.youtube.com/watch?v=paquj8hSdpc>

#### PET

HZDR – Positronen-Emissions-Tomographie

<http://www.britannica.com/topic/positron-emission-tomography> (Englisch)

<https://www.youtube.com/watch?v=oySvkmezdo0>

### Erklärungen

<http://www.onmeda.de/behandlung/pet.html>

<http://www.fmri-easy.de/start1.htm>

	PET	MRT/fMRT
<u>Name der Methode</u>		
<u>Gerät</u>		
<u>Funktion</u>		
<u>Auflösung</u>		
<u>Funktionsweise</u>		
<u>Signal</u>		
<u>Signalträger</u>		
<u>Bilderzeugung</u>		

## zu VI Uhrentest zur Früherkennung von Demenzerkrankungen

Kognitive Fähigkeiten lassen sich durch diesen einfachen Test überprüfen. Ein Ergebnis von mehr als drei Punkten weist auf eine Demenzerkrankung hin.

Anweisungen zur Durchführung:

1. Geben Sie dem Patienten ein Blatt Papier mit einem vorgezeichneten Kreis. Zeigen Sie ihm, wo oben und unten ist.
2. Geben Sie dem Patienten folgende Anweisung: "Dies soll eine Uhr sein. Ich möchte Sie bitten, in diese Uhr die fehlenden Ziffern zu schreiben. Zeichnen Sie danach die Uhrzeit `10 nach 11` ein."
3. Machen Sie sich Notizen zur Ausführung der gestellten Aufgabe (Reihenfolge, Korrekturen etc.)
4. Bewerten Sie die angefertigte Zeichnung gemäß der untenstehenden Kriterien. Notieren Sie den Punktwert zusammen mit Datum und Namen des Patienten auf dem Zeichenblatt.

---

### Testauswertung

Punktwert

#### 1) Perfekt

- Die Ziffern sind richtig eingezeichnet
- Die Uhrzeit 11:10 ist durch die Zeiger richtig angegeben

#### 2) Leichte visuell-räumliche Fehler

- Die Abstände zwischen den Ziffern sind nicht gleichmäßig
- Manche Ziffern liegen außerhalb des Kreises
- Das Blatt wird gedreht, so dass manche Ziffern auf dem Kopf stehen
- Der Patient zeichnet Hilfslinien (Speichen) ein, um sich besser zu orientieren

#### 3) Die Uhr ist richtig dargestellt, aber die Uhrzeit ist fehlerhaft angegeben

- Es wird nur ein Uhrzeiger eingezeichnet
- Die Uhrzeit wird als Text " 10 nach 11" (o.ä.) hingeschrieben
- Es wird gar keine Uhrzeit eingezeichnet

#### 4) Mittelgradige visuell-räumliche Orientierungsprobleme, so dass ein korrektes Einzeichnen der Uhr unmöglich wird.

- Die Abstände zwischen den Ziffern sind unregelmäßig
- Manche Ziffern werden vergessen
- Es werden weitere Kreise gemalt oder Ziffern größer als 12 eingezeichnet
- Die Ziffern werden entgegen dem Uhrzeigersinn angegeben
- Die Ziffern sind undeutlich und kaum lesbar

#### 5) Schwere visuell-räumliche Orientierungsprobleme

- Die unter (4) beschriebenen Probleme sind noch stärker ausgeprägt

#### 6) Es wird überhaupt keine Uhr mehr dargestellt

- Der Patient macht keinerlei Versuche, eine Uhr zu zeichnen
- Die Zeichnung hat nicht einmal eine entfernte Ähnlichkeit mit einer Uhr
- Patient schreibt lediglich Worte oder seinen Namen auf das Papier

<http://dgk.de/gesundheitsverhalten-geist-psyche/alzheimer-demenz/uhrentest.html> last access 24-05-16

## Alzheimer Krankheit

Mit zunehmendem Alter, werden im Gehirn nicht nur neue Verbindungen aufgebaut, sondern auch bestehende Verbindungen abgebaut. Dies kann sich bei älteren Menschen z. B. in Form eines starken Vergessens zeigen. Ein fortschreitender Gedächtnisverlust deutet auf eine Demenz hin. Die am häufigsten auftretende Form der Demenz ist die Alzheimerkrankheit. Eine genaue Ursache dieser degenerativen Erkrankung ist bis heute noch nicht genau geklärt. Die heutige Medizin diskutiert jedoch zwei Hypothesen, die Veränderungen an den Neuronen zur Grundlage legen:

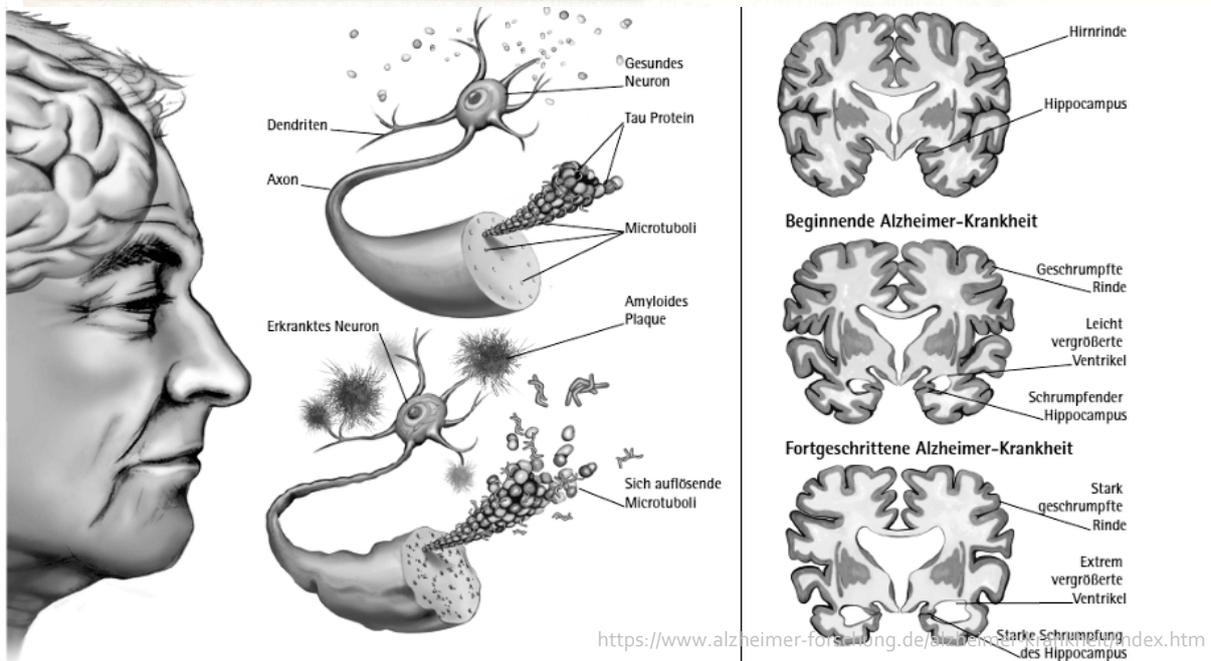
### Hypothese 1

*Tau-Proteine* stabilisieren Bestandteile des Cytoskeletts, die Mikrotubuli. Die Mikrotubuli fungieren in den Zellen als Schienensystem für die Motorproteine, die den Transport von Mitochondrien und synaptischen Vesikeln im Neuron vom Zellkörper im Axon zu den Synapsen übernehmen. Durch diesen Transport wird die Versorgung der Synapsen mit Substanzen aus dem Zellkörper gesichert. Bei Alzheimer-Patienten werden die Tau-Proteine durch ein spezifisches Enzym stärker phosphoryliert, wodurch sie nicht mehr an die Mikrotubuli binden können. Bei Untersuchungen erkrankter Personen findet man phosphorylierte Tau-Proteine in Form von faserigen Strukturen, den Neurofibrillen. Die Mikrotubuli werden instabil, das Cytoskelett wird zerstört. Hierdurch ist der Transport über dieses Schienensystem nicht mehr möglich. Die Versorgung der Synapsen ist unterbrochen, sodass diese absterben. Auch die Neurone sterben ab, sodass es zu einem Schwund in den betroffenen Gehirnregionen kommt. Im Gehirn konnten Wissenschaftler diese Prozesse im Hippocampus und im vorderen Bereich des Großhirns beobachten. Diese sind Regionen, die für das Lernen und das Gedächtnis zuständig sind.

### Hypothese 2

Amyloid-Peptide sind Bestandteile des Transmembranproteins Amyloidvorläuferprotein. Dieses Protein wird im gesamten Körper von einem spezifischen Enzym, der  $\alpha$ -Sekretase in seine Bausteine, die Peptide, zerlegt. Zwei weitere spezifische Enzyme, die  $\beta$ - und die  $\gamma$ -Sekretase, können ebenfalls das Protein in Peptide zerlegen, jedoch an anderen Schnittstellen. Hierdurch entstehen beim Schneiden durch die zwei Enzyme verschiedene Bruchstücke, die aus unterschiedlichen Aminosäuren bestehen. Das Amyloid-Peptid bildet wasserunlösliche Ablagerungen (*Plaques*). Diese findet man bereits in frühen Entwicklungsphasen der Alzheimerkrankheit gehäuft im Gehirn. Man vermutet, dass durch vermehrte Amyloidablagerungen an die Calciumionenkanäle der Neurone der Zellstoffwechsel verändert wird. Dies führt zum Absterben und Abbau der betroffenen Neurone.

© Klett 2015



<https://www.alzheimer-forschung.de/wordpress/wp-content/index.htm>

last access 15 Feb 2016

1. Lesen Sie arbeitsteilig die beiden Informationstexte.
2. Erklären Sie sich gegenseitig anhand der Abbildung die in den Informationstexten formulierten Hypothesen.



## WORKSHOP B

### Sympathikus, Parasympathikus und Neuro-Enhancement im Sport

#### **Material:**

Materialien zu den Themen *Antagonismus von Sympathikus und Parasympathikus* und *Neuro-Enhancement im Leistungssport am Beispiel von  $\beta$ -Blockern wie Propranolol* sowie Aufgaben für die Expertengruppen A und B (Gruppenpuzzle)

#### **Ziele:**

Die Fachlehrerinnen und Fachlehrer...

- können ausgehend von geeigneten Materialien eine kompetenzorientierte Teilaufgabe zur Zusammenführung des Expertenwissens im Zuge der kooperativen Lernform des Partnerpuzzles mit Bezug zum KLP S II erstellen, indem sie...
  - auf Basis vorgegebener Materialien zur Neurobiologie eine kompetenzorientierte dritte Teilaufgabe zur kooperativen Lernform „Partnerpuzzle“ unter Berücksichtigung passender Operatoren formulieren,
  - eine Zuordnung der Kompetenzerwartungen vornehmen,
  - Bezüge zum Bereich „Inhaltliche Schwerpunkte“ und den unter den Basiskonzepten subsummierten Begriffen herstellen,
  - die Material- und Lernformauswahl in Bezug auf den erwarteten Kompetenzzuwachs der Schülerinnen und Schüler – auch unter Berücksichtigung des Lehr-Lern-Modells nach *Leisen* – überprüfen und diskutieren.

#### **Bezug zum Kernlehrplan:**

Grundkurs

Die Schülerinnen und Schüler...

- erklären die Rolle von Sympathikus und Parasympathikus bei der neuronalen und hormonellen Regelung von physiologischen Funktionen an Beispielen (UF4, E6, UF2, UF1)
- dokumentieren und präsentieren die Wirkung von endo- und exogenen Stoffen auf Vorgänge am Axon, der Synapse und auf Gehirnareale an konkreten Beispielen (K1, K3, UF2)

Leistungskurs

Die Schülerinnen und Schüler...

- erklären die Rolle von Sympathikus und Parasympathikus bei der neuronalen und hormonellen Regelung von physiologischen Funktionen an Beispielen (UF4, E6, UF2, UF1)
- dokumentieren und präsentieren die Wirkung von endo- und exogenen Stoffen auf Vorgänge am Axon, der Synapse und auf Gehirnareale an konkreten Beispielen (K1, K3, UF2)
- **leiten Wirkungen von endo- und exogenen Substanzen (u.a. von Neuroenhancern) auf die Gesundheit ab und bewerten mögliche Folgen für Individuum und Gesellschaft (B3, B4, B2, UF2, UF4)**

## Übersicht und Arbeitsaufträge zu den vorliegenden Arbeitsmaterialien

Arbeitsaufträge für Fachlehrerinnen und Fachlehrer (Gruppenarbeit):

1. Entwickeln Sie auf der Grundlage der zusätzlich zur Verfügung gestellten Materialien (T3-5) und unter Berücksichtigung passender Operatoren eine kompetenzorientierte dritte Teilaufgabe, die es ermöglicht, die Ergebnisse der Expertengruppen A und B zusammenzuführen sowie übergeordnete Sachverhalte – auch bewertend – erfassen zu können.
2. Ordnen Sie *Inhaltliche Schwerpunkte* und passende *Basiskonzepte* mithilfe des KLP S II zu und differenzieren Sie zwischen den Anforderungen im Grund- und Leistungskurs.
3. Diskutieren Sie, inwieweit die Auswahl des Materials und der Lernform (Partnerpuzzle) den Kompetenzzuwachs der Schülerinnen und Schüler unterstützt. Dokumentieren Sie bitte die Ergebnisse unter Berücksichtigung des Lehr-Lern-Modells nach *Leisen*.

### Tipps zur Aufgabenstellung

- Ist die Aufgabenstellung eindeutig und verständlich formuliert?
- Sind die verwendeten Operatoren den Schülerinnen und Schülern bekannt?
- Bezieht sich die Aufgabenstellung auf das zur Verfügung gestellte Material?
- Welche Kompetenzen kann ich anhand der kooperativen Lernaufgabe anbahnen?
- Welche Aussagekraft hat das Material? Was kann die Schülerin/der Schüler daran erarbeiten?
- Ist das Material sachlich richtig, ist es eindeutig, nicht redundant?
- Sind die Arbeitsergebnisse der Gruppen sinnvoll zu verknüpfen? Sind fachliche Zusammenhänge seitens der Schülerinnen und Schüler zu erkennen bzw. abzuleiten?

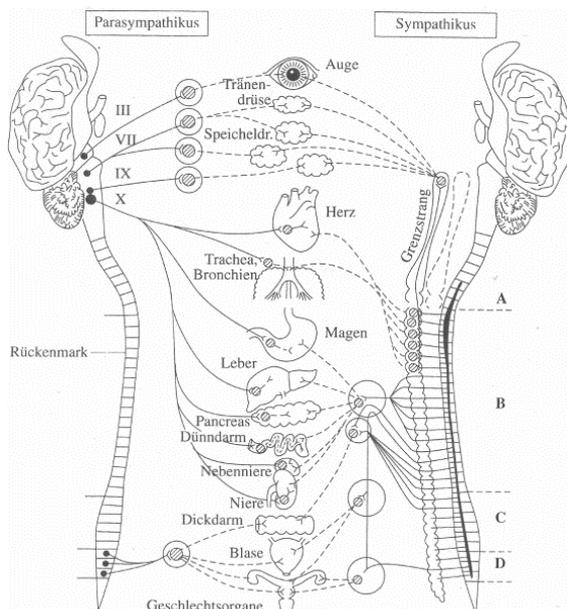
Aufgabenstellung und Materialien für Schülerinnen und Schüler (Expertengruppen A und B):

▪ Aufgabenstellung Gruppe A

1. Bei einem Kurzstreckenläufer sind kurz vor dem Start folgende physiologischen Symptome zu beobachten: Erhöhung der Herzschlagfrequenz, Erweiterung der Herzkranzgefäße, Glucose-Freisetzung in der Leber, Erhöhung des Grundumsatzes sowie Verringerung der Schweißbildung. Erklären Sie diese Befunde in Bezug auf die Steuerungsprozesse des vegetativen Nervensystems mit Hilfe von Abb. 1 und Tab. 1 (EA).

2. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit Ihrem Gegenüber und beschreiben Sie in Partnerarbeit anhand von Abb. 2 das Regulationsgeschehen für den Fall, dass der Blutdruck im Aortenbogen übernormale Werte erreicht (PA).

▪ Material Gruppe A



III: Nervus oculomotorius (betrifft Vorgänge wie Akkommodation u. a.); VII: Nervus facialis (betrifft Drüsen im Nasen- und Kieferbereich); IX: Nervus glossopharyngeus (betrifft Ohrspeicheldrüse); X: Nervus vagus (betrifft die meisten inneren Organe in Brust- und Bauchhöhle); A: Halswirbelbereich; B: Brustwirbelbereich; C: Lendenwirbelbereich; D: Kreuzwirbelbereich

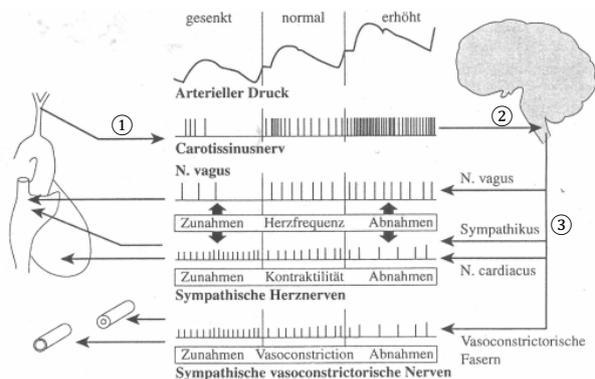
Abb. 1 Steuerung des vegetativen Nervensystems

T1 Regulierung des Blutdrucks durch Vagus\* und Sympathikus

Die Regulierung des Blutdrucks ist von höchster Bedeutung. Zu hohe Drücke der Blutflüssigkeit belasten und schädigen die Gefäße; zu niedrige Drücke erschweren bzw. behindern eine optimale Versorgung der Gewebe mit Sauerstoff, Glucose und anderen benötigten Stoffen.

Die Rezeptoren zur Erfassung des Blutdrucks sitzen in der Halsschlagader (Carotis) und im Aortenbogen.

Die Weiterleitung der Information über den von den Rezeptoren erfassten Blutdruck übernimmt u. a. der Carotissinusnerv (1). Er führt die Impulse den Kreislaufzentren im verlängerten Mark zu (2). Sie übernehmen die Verarbeitung der zugeleiteten Information. Über sympathische bzw. parasympathische (Vagus) Strukturen werden die Erfolgsorgane (Herz, Gefäße) der Blutdruckregulierung erreicht (3).



Vasokonstrictorische Fasern: Nervenfasern, die eine Verengung von Blutgefäßen bewirken; Vasokonstriction: Verengung von Gefäßen; Kontraktilität: Fähigkeit zum Zusammenziehen (Quelle: Schmidt, R. F. u. G. Thews (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 27. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1997)

Abb. 2 Regulierung des Blutdrucks durch Vagus\* und Sympathikus

Tab. 1 Wirkung des vegetativen Nervensystems auf verschiedene Organfunktionen

Organ	Wirkung des Sympathikus	Wirkung des Parasympathikus
Auge: Pupille	Erweiterung	Verkleinerung
Auge: Ciliarmuskel	keine	Kontraktion
Speicheldrüse	wenig zähflüssiger Speichel	viel dünnflüssiger Speichel
Schweißdrüse	wenig klebriger Schweiß	viel dünnflüssiger Schweiß
Herz	Steigerung der Frequenz und Kontraktionskraft der Vorkammer	Erniedrigung der Frequenz und Kontraktionskraft der Vorkammer
Herzkranzgefäße	Erweiterung	Verengung
Bronchien	Erweiterung	Verengung
Lungengefäße	ziemliche Verengung	keine Verengung
Speiseröhre	erschläfft	kontrahiert
Darmmuskulatur	Peristaltik erniedrigt	Peristaltik erhöht
Magen-Darm-Drüse	Hemmung	Anregung
Leber	Glucose-Freisetzung	keine Glucose-Freisetzung
Gallenblase	Hemmung	Gallenentleerung gefördert
Blutgerinnung	Steigerung	keine Steigerung
Blutzuckerspiegel	Erhöhung	keine Erhöhung
Nebennierenrinde	Aktivierung (Noradrenalin)	keine Aktivierung
Skelettmuskulatur	erhöhter Glykogen-Abbau	keine erhöhter Glykogen-Abbau
Harnblase	Harnhaltung	Harnentleerung
Penis	Gefäßverengung, Ejakulation	Gefäßweiterung, Erektion

\*Anm.: Die Begriffe Vagus und Parasympathikus werden im vorliegenden Material synonym verwendet.

Quelle: SCHÄFFLER, A. / SCHMIDT, S. (Hrsg.): Biologie-Anatomie-Physiologie. Fischer Verlag, 1996.

▪ **Aufgabenstellung Gruppe B**

1. Erläutern Sie die Vorgänge an den Noradrenalin ausschüttenden Synapsen anhand von Abb. 3 und erklären Sie die Wirkung von Propranolol unter zu Hilfenahme von Text T2 und Abb. 4 (EA).

2. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit Ihrem Gegenüber und erklären Sie unter Einbezug aller Materialien die Gefahr von Angina-Pectoris-Anfällen nach plötzlicher Absetzung von  $\beta$ -Blockern und bewerten Sie die Tatsache, dass Stoffe wie  $\beta$ -Blocker oder Ritalin als Dopingmittel im Leistungssport zur Leistungssteigerung eingesetzt werden (PA).

▪ **Material Gruppe B**

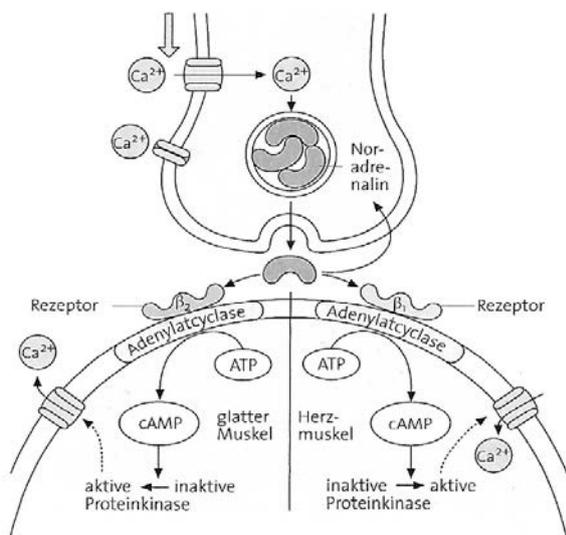
**T2 Wirkung von  $\beta$ -Blockern auf den Menschlichen Organismus**

Seit 1963 werden zur Behandlung von Herzkrankheiten wie Angina Pectoris und von Bluthochdruck  $\beta$ -Rezeptorenblocker ( $\beta$ -Blocker) eingesetzt.

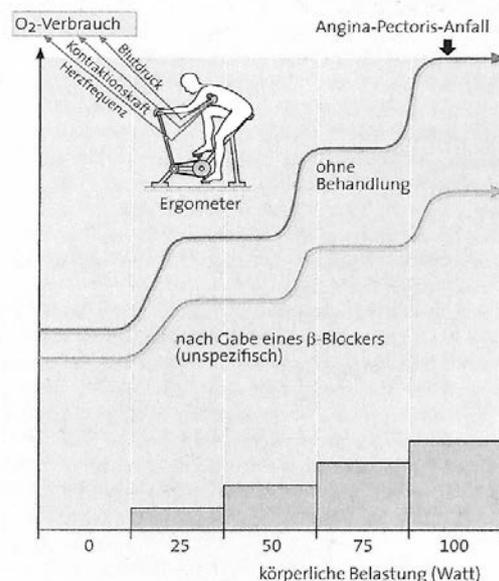
Normalerweise werden durch die Aktivierung des Sympathicus bei Aufregung, Ärger oder körperlicher Anstrengung der Herzschlag beschleunigt und der Blutdruck erhöht. Dazu schütten die Synapsen der sympathischen Nervenenden *Noradrenalin* in den synaptischen Spalt aus. Der Transmitter bindet an  $\beta$ -Rezeptoren der postsynaptischen Membran.

Die  $\beta$ -Rezeptoren lassen sich aufgrund unterschiedlicher Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Pharmaka in  $\beta_1$ - und  $\beta_2$ -Rezeptoren einteilen. Am Herzen finden sich überwiegend  $\beta_1$ -Rezeptoren, in der Lunge und an den Gefäßen  $\beta_2$ -Rezeptoren.  $\beta$ -Blocker, die spezifisch mit  $\beta_1$ -Rezeptoren reagieren, wirken daher vor allem am Herzen. Unspezifische  $\beta$ -Blocker wie Propranolol heben an beiden Rezeptortypen die Wirkung der Transmitter auf, indem sie diese *kompetitiv hemmen*.

$\beta$ -Blocker sind für viele Menschen mit Herzkrankheiten oder Bluthochdruck segensreiche Medikamente, ihre Anwendung birgt aber – wie immer bei Arzneimitteln – das Risiko von *Nebenwirkungen*. Zum Beispiel reagiert der Körper auf ihre Einnahme mit Erhöhung der  $\beta$ -Rezeptoren-Dichte („up-regulation“). Wird der  $\beta$ -Blocker plötzlich abgesetzt, können Angina-Pectoris-Anfälle die Folge sein mit der Gefahr eines Herzinfarkts. Probleme treten auch bei Patienten auf, die an Asthma leiden, denn das Medikament blockiert die bronchienerweiternde Wirkung von Noradrenalin bei der Einatmung. Da manche  $\beta$ -Blocker aufgrund ihrer guten Lipidlöslichkeit ins ZNS eindringen, können sie Schwindel, Halluzinationen und Alpträume auslösen. Bei selektiv wirksamen und hydrophilen Blockern sind solche Nebenwirkungen seltener.



**Abb. 3** Wirkung des Transmitters Noradrenalin auf die postsynaptische Zelle: links glatte Muskulatur (Bronchien), rechts Herzmuskel



**Abb. 4**  $\beta$ -Blocker im Test. Gemessen wurde jeweils der  $O_2$ -Verbrauch von Versuchspersonen bei körperlicher Belastung - unbehandelt und nach Einnahme des  $\beta$ -Blockers

Materialien für Teilaufgabe 3

**T3** Gesteigerte Aktivität des Parasympathikus/Vagus nach Ausdauertraining

### **Aktivieren Sie den „Beruhiger“**

Bewegung löst Stress und den damit verbundenen Spannungskopfschmerz. Vor allem Ausdauertraining in schonender Form wie Joggen, Walken, Nordic Walken und Fahrradfahren haben einen positiven Effekt. Wichtig ist dabei tief bis in den Bauch zu atmen. Bewegung und intensives Atmen stärken nicht nur Herz, Kreislauf, Gefäße und Muskeln, sondern auch den Entspannungsnerv (Nervus vagus oder Parasympathikus). Dieser ist sozusagen unser natürlicher „Beruhiger“. Ausdauertraining aktiviert ihn optimal.

Die positiven Folgen: Der Körper entspannt sich, Kopfschmerzen lösen sich auf. Stress lässt sich also weglaufen und ausatmen. Regelmäßiges Ausdauertraining, vier- bis siebenmal pro Woche für eine halbe Stunde hat dabei den besten Effekt. Sportarten mit ruckartigen Bewegungen, wie Sprints, Springen, Werfen, aber auch Squash, Handball und andere Mannschaftssportarten eignen sich allerdings nicht. Im Gegenteil: Sie bauen sehr viel Spannung auf und gehen häufig mit Verletzungen einher.

© FOCUS Online 2015

**T4** Auswirkungen von Sport auf das Herz-Kreislauf-System

Erschienen in der Ausgabe Mai/Juni 2012 von "Gesund + fit":

### **Sport als Prävention gegen Bluthochdruck**

#### **Langsam beginnen - allmählich steigern**

Für welche Sportart sich Betroffene entscheiden, um den Blutdruck dauerhaft zu senken, ist eine Trainingshäufigkeit von 3-4 mal in der Woche und eine Dauer von 30-60 Minuten pro Trainingseinheit optimal. Gerade Neu- und Wiedereinsteiger sollten ihre Ansprüche besonders am Anfang nicht zu hoch setzen, um sich nicht zu überlasten. Die Trainingsintensität sollte moderat sein. Die bekannte Formel " $180 - \text{Lebensalter} = \text{Trainingsherzfrequenz}$ " ist zu einfach, da sie wichtige Faktoren wie z. B. den Ruhepuls unberücksichtigt lässt. Hinzu kommt, dass viele Bluthochdruckpatienten mit Beta-Blockern behandelt werden. Diese senken jedoch die Pulsfrequenz, sodass man sich nicht mehr nach "Faustregeln" richten kann. In der Untersuchung vor Aufnahme des Sports sollte der Arzt deshalb die Trainingspulsfrequenz bestimmen und diese auch regelmäßig kontrollieren, damit die Belastung optimal dosiert werden kann. Eine einfache Methode, die auch bei Bluthochdruckpatienten funktioniert, um Überlastung vorzubeugen, ist die Regel "laufen ohne zu schnaufen", also nur so intensiv zu trainieren, dass man sich beim Sport zumindest in kurzen Sätzen unterhalten kann.

#### **Stress lass nach!**

Neben dem moderaten Ausdauertraining sind für Bluthochdruckpatienten Sportarten geeignet, die direkt der Stressreduktion dienen, denn auch Stress wirkt blutdrucksteigernd. Die Regulation des Blutdrucks wird in erster Linie vom vegetativen Nervensystem mit Sympathikus und Parasympathikus gesteuert, das alle lebenswichtigen Funktionen des Körpers und somit auch den Blutkreislauf überwacht. Die dem Sympathikus zugeordneten Nerven spannen die Gefäßmuskeln an, sodass sich der Durchmesser verkleinert, der Druck erhöht und die

Blutströmung beschleunigt wird. Der Parasympathikus als Gegenspieler des Sympathikus sorgt für die Entspannung der Gefäßmuskeln, so dass sie sich erweitern können und der Blutdruck gesenkt wird. Eine gute Blutdruckregulation setzt voraus, dass Sympathikus und Parasympathikus harmonisch zusammenspielen. Dieses Zusammenspiel gerät bei Stress aus dem Gleichgewicht, denn bei Stress werden von der Nebenniere Katecholamine freigesetzt (Stresshormone). Diese aktivieren den Sympathikus und führen zu einer Engstellung der Blutgefäße mit der Folge, dass der Blutdruck steigt. Wer ständig unter Strom steht, trägt dazu bei, dass sein Blutdruck dauerhaft erhöht ist. Hier ist zu bedenken, dass der Sport generell keinen Stress bedeuten sollte. Dies kann durchaus in Wettkampfsituationen oder aber bei Sportarten passieren, die eine hohe Konzentration erfordern (z.B. Golf oder Schießen).

### **Risikosportarten**

Man kann sich vorstellen, dass bestimmte Sportarten für Bluthochdruckpatienten auch ein Risiko darstellen, denn wer seit längerem unter zu hohem Blutdruck leidet, bei dem sind schon häufig die Blutgefäße in Mitleidenschaft gezogen. Deshalb sollten Hypertoniker Sportarten vermeiden, bei denen es zu Blutdruckspitzen kommt. Dies ist häufig beim Krafttraining der Fall, kann aber auch passieren, wenn man beim Sport nicht gleichmäßig atmet, sondern die sogenannte Pressatmung macht, also gegen die geschlossenen äußeren Atemwege ausatmet. Und das passiert besonders leicht bei Sportarten, in denen viel Kraft gefordert ist. Früher hat man aus diesem Grund gesagt, dass Krafttraining für Bluthochdruckpatienten ungeeignet und gefährlich ist. Allerdings muss man das Krafttraining etwas differenzierter betrachten: Maximalkrafttraining ist absolut tabu, da es Blutdruckspitzenwerte erzeugt, die zu Gefäßschädigungen führen können. Moderates Kraftausdauertraining (40-60 Prozent der Maximalkraft), also wenig Gewicht mit vielen Wiederholungen (20+5), hingegen kann jedoch entgegen früherer Behauptungen auch zur langfristigen Blutdrucksenkung beitragen. Ebenfalls wenig geeignet ist isometrisches Krafttraining (also reine Haltearbeit ohne Verkürzung des Muskels), da dabei die versorgenden Blutgefäße komprimiert werden und der Blutdruck steigt. Da die Muskulatur nur noch schlecht mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt wird, meldet der Körper außerdem "Alarm" und schüttet vermehrt den Neurotransmitter Noradrenalin aus. Dies wiederum sorgt dafür, dass durch die Aktivierung des Sympathikus der Blutdruck steigt. Für bedenklich wurden einstmals auch Sportsportarten gehalten, doch wenn man diese dosiert und ohne zu großen Wettkampfaspekt betreibt, regen auch sie den Stoffwechsel an und haben positive Wirkung auf den Blutdruck.

**T5 Missbrauch von Neuro-Enhancern im Sport: Moralische und physiologische Aspekte**

Erschienen in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung vom 6. Januar 2010:

**Neuro-Enhancement: Das Gehirn ist kein Muskel**

**Von Nicolas Langlitz**

Jüngst wurde in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften ein Memorandum mit dem Titel „Das optimierte Gehirn“ vorgestellt. Als Autoren firmierten eine Gruppe von Medizinethikern, Philosophen und Psychiatern. Sie plädierten für einen liberaleren Umgang mit Substanzen zur Steigerung kognitiver Fähigkeiten, auch „Cognitive Enhancement“ oder „Neuro-Enhancement“ genannt oder - etwas weniger affirmativ - „HirnDoping“: Pillen, die das Denken verbessern. Mediale Aufmerksamkeit war dieser Stellungnahme gewiss.

Indes war nicht allen Kommentatoren aufgefallen, dass die Verfasser des Memorandums heute verfügbare Substanzen wie Ritalin und Modafinil aus ihren Erwägungen ausgeklammert hatten. Denn deren Wirksamkeit, so räumten sie selbst ein, sei fraglich. Hypothetisch reflektierten sie vielmehr ein spekulatives Zukunftsszenario, in dem es sehr viel bessere Mittel gäbe, die ihre Konsumenten tatsächlich klüger machten und dabei arm an Nebenwirkungen wären. Allein die Möglichkeit einer solchen Zukunft verlange, schon heute über die gesellschaftlichen Folgen zu diskutieren. Befürworter wie Gegner des Cognitive Enhancement streiten allein auf dieser Grundlage. Sie steht auf tönernen Füßen und auf einer fahrlässigen Übertreibung dessen, was pharmakologisch überhaupt machbar ist.

**Hilfe beim Ausgleich von Defiziten**

In der öffentlichen Diskussion wird immer wieder der Anschein erweckt, wir verfügten heute bereits über Medikamente, mit denen sich unser Denkvermögen wesentlich verbessern ließe. Aber inwieweit stimmt das überhaupt? Der niederländische Psychopharmakologe Reinoud de Jongh fasste in einem 2008 erschienenen Artikel den Forschungsstand zusammen. Damit zeigte er, dass es beim Konsum gegenwärtig erhältlicher Cognitive Enhancers immer wieder dieselben Muster gibt: Es profitieren vor allem jene Individuen, die vor der Einnahme der Substanzen kognitive Defizite aufwiesen, etwa durch Übermüdung oder anlagebedingt. Menschen mit überdurchschnittlicher kognitiver Leistungsfähigkeit hingegen schneiden in Tests häufig schlechter ab als in nüchternem Zustand.

Darüber hinaus gleichen die Wirkungskurven einem auf dem Kopf stehenden U: Während niedrige Dosierungen eine leichte Verbesserung ermöglichen, führen höhere Dosierungen sogar zu Verschlechterungen. Das legt den Schluss nahe, dass in der Hirnchemie weniger Extremzustände als die goldene Mitte von Vorteil ist. Pharmaka können helfen, bestimmte Defizite auszugleichen, erfüllen aber nicht den Traum von immer größerer Leistungsfähigkeit. Zudem hat sich gezeigt, dass die Verbesserung einer Funktion, etwa des Langzeitgedächtnisses, häufig mit der Verschlechterung einer anderen, etwa des Kurzzeit- oder Arbeitsgedächtnisses, bezahlt werden muss.

**Konzentrierter heißt nicht klüger**

Nun erfordert aber schon ein ganz normaler Arbeitstag den Einsatz eines breiten Spektrums kognitiver Funktionen. Vermeintliches „Enhancement“ könnte sich daher sogar kontraproduktiv auswirken. Vor dem Hintergrund dieser Forschungsergebnisse überrascht es nicht, dass sich in einer Untersuchung an amerikanischen College-Studenten herausstellte, dass die Konsumenten von Neuro-Enhancern im Schnitt schlechtere Noten schrieben als ihre Kommilitonen. Was Substanzen wie Ritalin und Modafinil tatsächlich zu steigern vermögen, sind Wachheit und Konzentrationsfähigkeit. Aber wacher zu sein bedeutet nicht automatisch, auch klüger zu sein. Kurzum: Cognitive Enhancers, die diesen Namen wirklich verdienen, gibt es überhaupt nicht.

Es ist auch nicht zu erwarten, dass es in absehbarer Zukunft wesentlich effektivere NeuroEnhancement-Präparate geben wird. Die Erfindung eines Psychopharmakons, das uns, wie im Bioethik-Diskurs immer

wieder spekuliert wird, ohne Nebenwirkungen schlauer machen könnte, wäre ein in der Wissenschaftsgeschichte präzedenzloser Fall. Und wie der Geschichtswissenschaftler Reinhard Koselleck bei seiner Analyse historischer Vorhersagen herausfand, haben sich Prognosen nie dagewesener Ereignisse in den allermeisten Fällen als falsch erwiesen.

### **Langsame Entwicklung**

Auch wenn Industrie, Medien und Bioethiker aus jeweils unterschiedlichen Motiven heraus Aufbruch- oder Endzeitstimmung verbreiten, bleibt doch festzuhalten: Selbst im 20. Jahrhundert verlief die Entwicklung kognitiver Leistungsverbesserer eher schleppend. Dass Schulkinder unter dem Einfluss von Amphetaminen konzentrierter lernen, ist seit den 1930er Jahren bekannt. Ritalin kam in den 1950er Jahren auf den Markt und wurde schon in den 1960ern von vielen Menschen ohne medizinische Indikation eingenommen. Neu ist lediglich das vor zehn Jahren in den Vereinigten Staaten zugelassene Modafinil, das im Vergleich zu Ritalin zwar ein etwas anderes Wirkungsspektrum aufweist, aber kaum als Quantensprung in der Geschichte der Cognitive Enhancers bezeichnet werden kann.

Bislang ist es nicht gelungen, die Fortschritte der Hirnforschung in pharmakologische Entwicklungsmethoden zu übersetzen, die es erlauben würden, Moleküle mit gewünschten Wirkungen gezielt herzustellen. Solch ein „rational drug design“ ist nach wie vor Wunschdenken. In der Geschichte der Psychopharmakologie waren alle entscheidenden Entdeckungen Zufallsfunde - und das dürfte bis auf weiteres auch so bleiben.

### **Mediale Effekte**

Wir wissen nur sehr wenig über das Ausmaß des nichtmedizinischen Gebrauchs bereits verfügbarer Substanzen in Deutschland. In Amerika ist der Konsum von Ritalin und anderen Stimulanzien heute wieder auf dem Stand der sechziger Jahre angelangt. Wenn deren Einnahme nun tatsächlich auch bei uns zunehmen sollte, dann hat die unablässige Berichterstattung viel dazu beigetragen. Denn anders als in den Vereinigten Staaten ist Werbung für solche verschreibungspflichtigen Medikamente hierzulande verboten. Es sind daher vor allem die Medien, die breite Bevölkerungsschichten überhaupt erst auf die Verfügbarkeit dieser Mittel aufmerksam machen. Zwar ist der Tenor eher kritisch, dennoch könnte die Botschaft paradoxe Effekte zeitigen. Indem immer wieder suggeriert wird, dass sich viele Menschen Vorteile im gesellschaftlichen Konkurrenzkampf verschaffen, indem sie leistungssteigernde Drogen nehmen, wird dem Publikum zweierlei vermittelt: dass es solche Substanzen, die einen wettbewerbsfähiger machen könnten, tatsächlich gibt und dass die anderen sie schon nehmen, man also besser mitzieht. Überzogene Berichte über die weite Verbreitung von Cognitive Enhancers könnten so zur selbst erfüllenden Prophezeiung werden.

Medienrummel dieser Art ist in der Pharmaziegeschichte nichts Neues. Beinahe jede neue Substanz wurde zunächst als Wunderdroge gefeiert und dann verteufelt, wenn Nebenwirkungen und Langzeitfolgen deutlicher hervortraten. Diese nach ihrem Entdecker als Seige-Zyklus bezeichnete Dynamik wurde schon 1912 beschrieben und konnte seitdem anhand einer Vielzahl von Medikamenten beobachtet werden. So führte auch der weitverbreitete Gebrauch von Stimulanzien in den 1960er Jahren nicht auf die abschüssige Bahn in Aldous Huxleys schöne neue Welt - ein Topos, der auch heute gern bemüht wird. Stattdessen ging der Stimulanzien-Konsum in der Folgezeit wieder zurück.

Nimmt man Kosellecks Analyse geschichtlicher Prognosen zur Kenntnis, so lässt sich aus derartigen historischen Beobachtungen mehr über die Zukunft lernen als anhand der in Bioethik und Medien äußerst beliebten Science-Fiction-Romane. Denn historische Vorhersagen haben eine bessere Chance, in Erfüllung zu gehen, wenn sie sich an zyklischen Prozessen orientieren.

### **Unbehagen an der Leistungsgesellschaft**

Natürlich spiegeln sich in jedem dieser Seige-Zyklen auch die Hoffnungen und Ängste der jeweiligen Zeit. Obwohl in den sechziger Jahren nicht weniger Stimulanzien genommen wurden als heute, erregte sich die Öffentlichkeit damals mehr über Haschisch und LSD, weil die Counterculture die Lebensweise

des Bürgertums in Frage stellte und ihre kulturevolutionären Tendenzen mit dem Konsum dieser Drogen assoziierte. Heute scheinen sich die Bürger eher von Managern und Bankern als von langhaarigen Kiffern bedroht zu fühlen. Das Eindringen einer ökonomischen Rationalität in immer weitere Lebensbereiche, die zunehmende Zersetzung gesellschaftlicher Solidarität durch eine ausufernde Wettbewerbslogik beunruhigen zunehmend auch die Mittelschicht. Die Hirn-Doping-Diskussion ist symptomatisch für dieses wachsende Unbehagen an der Leistungsgesellschaft.

Dabei bedeutet das griechische Wort „pharmakon“ immer beides: Heilmittel und Gift. Heute wird diese Semantik zum Sinnbild für die Spannung, mit der die Kontroverse um NeuroEnhancer geführt wird. Erwächst das große Interesse an ihnen einerseits aus der Sehnsucht nach einem Zaubermittel, welches ermöglicht, dem wachsenden Leistungsdruck standzuhalten, so schwingt gleichzeitig die Furcht mit, dass andere einen durch Einnahme solcher Mittel übervorteilen könnten.

Das führt dann zu einer Debatte, die deshalb besorgniserregend ist, weil dabei quasi in Dauerschleife der Eindruck erweckt wird, als ob die momentan verfügbaren Substanzen das leisten könnten, was einige Bioethiker sich in ihren Science-Fiction-Szenarien ausmalen. Die Diskussion solcher Phantasmagorien rührt aber nicht nur unfreiwillig die Werbetrommel für Produkte der Pharmaindustrie, deren Langzeitfolgen noch nicht ausreichend erforscht sind. Sie nährt beim Publikum auch noch das Gefühl, in einen permanenten gesellschaftlichen Konkurrenzkampf verstrickt zu sein. Natürlich ist unsere Arbeitswelt bereits in weiten Teilen hochgradig von Wettbewerb bestimmt. Eine Gesellschaft formt sich jedoch auch nach den Bildern, die sie von sich macht.

### **Leistungssport und Gesellschaft**

Schon die Wortschöpfung „Hirn-Doping“ suggeriert, dass Alltag und Arbeitsleben den Regeln des Hochleistungssports unterworfen wären. Dabei erschöpfen sich die Werte des Leistungssports nicht allein im Ideal eines fairen Wettbewerbs, wonach individuelle Exzellenz an die für alle gleichermaßen geltenden Grenzen der Leistungsfähigkeit geführt wird. Der moderne Leistungssport gebietet auch Überschreitung. Das olympische Motto „Schneller, höher, weiter“ spricht die Erwartung aus, dass im Wettkampf die Grenzen immer wieder aufs Neue gesprengt werden - und die Spitzensportler durch den Verzicht auf künstliche Leistungssteigerung trotzdem im Rahmen des menschlich Möglichen bleiben und dadurch gleiche Chancen haben. Doch Chancengleichheit ist in der Biologie (ebenso wie in der Gesellschaft) eine Fiktion und wird nicht erst durch den Gebrauch leistungssteigernder Mittel zunichtegemacht. Gerecht geht es im Sport nicht zu, wenn die einen siegen und die anderen auf der Strecke bleiben. Vor diesem Hintergrund sollten wir uns fragen, ob es überhaupt wünschenswert ist, unser gesellschaftliches Leben analog zum Spitzensport zu denken, wie es in der Hirn-Doping-Debatte geschieht.

Aber, wie gesagt, es mehren sich die Befunde, dass es die heute verfügbaren Neuro-Enhancer gar nicht erlauben, die Grenzen unserer intellektuellen Fähigkeiten zu überwinden. Statt Hochbegabten weitere Vorteile zu verschaffen, kompensieren sie Defizite und bewirken so eher eine Angleichung kognitiver Leistungsniveaus. Sollte sich diese egalitäre Tendenz in ihrer Pharmakologie weiter erhärten, wären Aufrufe zu einem entspannteren Umgang mit diesen Substanzen zu begrüßen. Das eingangs erwähnte Memorandum gewänne jedoch an Überzeugungskraft, wenn es sich mit dem Vorhandenen und Wahrscheinlichen beschäftigte statt mit spektakulär Spekulativem.

Literatur: Galert et al., „Das optimierte Gehirn“, in: Gehirn & Geist, Nr. 11, 2009, S. 40-48. De Jongh et al., „Botox for the brain: enhancement of cognition, mood and pro-social behavior and blunting of unwanted memories“, in: Neuroscience and Biobehavioral Reviews 32 (2008), S. 760-776. Nicolas Rasmussen, „On Speed. The Many Lives of Amphetamine“, New York University Press, 2008.

Prof. Dr. med. Dr. phil. Nicolas Langlitz ist Medizin-Anthropologe und lehrt an der New School for Social Research in New York.



# Neurobiologie

## Workshop C

### Gedächtnis und Plastizität des Gehirns

Bezirksregierung  
Arnsberg



© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GY/GE

## Gedächtnis und Plastizität des Gehirns

### Gliederung

- Bezüge zum Kernlehrplan: Inhaltsfeld Neurobiologie
- Gedächtnis – ein kurzer Überblick
- Plastizität des Gehirns – ein kurzer Überblick
- Binnendifferenzierende Materialien im WS C

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GY/GE

2

## Bezüge zum Kernlehrplan: Neurobiologie

### Grundkurs

- Die Schülerinnen und Schüler
  - stellen aktuelle Modellvorstellungen zum Gedächtnis auf anatomisch-physiologischer Ebene dar (K3, B1) [Fokussierung: zeitliche und funktionale Gedächtnismodelle nach Markowitsch]
  - erklären die Bedeutung der Plastizität des Gehirns für ein lebenslanges Lernen (UF4)

### Leistungskurs

- Die Schülerinnen und Schüler
  - stellen aktuelle Modellvorstellungen zum Gedächtnis auf anatomisch-physiologischer Ebene dar (K3, B1) [Fokussierung: zeitliche und funktionelle Gedächtnismodelle nach Markowitsch]
  - erklären den Begriff der Plastizität anhand geeigneter Modelle und leiten die Bedeutung für ein lebenslanges Lernen ab (E6, UF4)

© BR Arnsberg

KQ-Gruppe Biologie

GY/GE

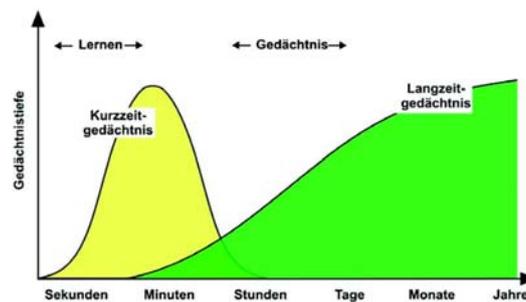
3

## Gedächtnis – ein kurzer Überblick

- Gedächtnis:
  - ist die Fähigkeit, aufgenommene Informationen zu speichern, zu ordnen und bei Bedarf wieder abzurufen
  - hat sich in der Evolution des Menschen zur heutigen Form entwickelt
  - sichert Überlebensvorteile zum Beispiel durch Geruchs- und Raumgedächtnis
  - ermöglicht Persönlichkeitsbildung durch Bewegung auf retrograder und projektiver Zeitachse

## Gedächtnis – ein kurzer Überblick

- Gedächtnistypen
  - zeitliche Gliederung



## Gedächtnis – ein kurzer Überblick

- Gedächtnistypen: Gliederung des Langzeitgedächtnisses
  - inhaltliche Gliederung in fünf Langzeitgedächtnissysteme
    1. prozedurales Gedächtnis
    2. Priming (Prägung, Bahnung)
    3. pezeptuelles Gedächtnis
    4. Wissenssystem (= semantisches Gedächtnis)
    5. episodisch-autobiografisches Gedächtnis

[Einteilung der funktionalen Gedächtnissysteme nach Markowitsch 2009a]

## Gedächtnis – ein kurzer Überblick

Gedächtnissystem	Einspeicherung	Ablagerung	Abruf
Prozedurales Gedächtnis mechanische, auf das motorische System bezogene Fertigkeiten	Basalganglien, prämotorische Areale		
Priming (Bahnung) höhere Wiedererkennungswahrscheinlichkeit für zuvor in gleicher oder ähnlicher Weise wahrgenommene Reize	Primärer Cortex und Assoziationscortex		
Perzeptuelles Gedächtnis Wiedererkennen von Reizen auf Grund von Familiaritäts- oder Bekanntheitsurteilen	Posteriorer und sensorischer Cortex		
Wissenssystem auf die Gegenwart bezogenes System, das sich auf kontextfreie Fakten bezieht	Präfrontaler Cortex, limbische Strukturen	Cerebraler Cortex (vorw. Assoziationsgebiete)	Frontotemporaler Cortex (links)
Episodisch-autobiografisches Gedächtnis Schnittmenge von subjektiver Zeit, autooetischem Bewusstsein und dem sich erfahrenden Selbst	Limbisches System, Präfrontaler Cortex	Cerebraler Cortex (vorw. Assoziationsgebiete), limbische Regionen	Frontotemporaler Cortex (rechts), limbische Regionen

## Gedächtnis – ein kurzer Überblick

### ■ Gedächtnis als dynamischer Prozess

- Gedächtnis ist zustandsabhängig
- Einspeicherreize / Abrufreize
- „last in – first out“
- Abrufbedingungen
  - freier Abruf
  - mit Hinweisreizen
  - Wiedererkennen

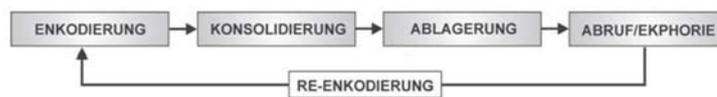
## Gedächtnis – ein kurzer Überblick

### ■ Gedächtnis und Gehirn

- verschiedene Netzwerke greifen ineinander (z. B. für allgemeine Aktivierung, emotionale Kolorierung, Faktenrepräsentation)
- limbisches System bei Steuerung der Verarbeitung wichtig (Hippocampus, Amygdala, Teile des Thalamus)
- alle eingehenden Informationen werden vom Hippocampus in Arbeits- und Langzeitgedächtnis überführt
- weitere Assoziation in neocorticalen Strukturen

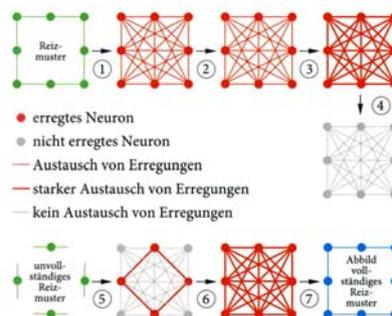
## Gedächtnis – ein kurzer Überblick

- Verarbeitung von Informationen auf Ebene des Gehirns
  - Beteiligung beider Gehirnhälften
  - neuronale Verbände werden bei Abruf der Information reaktiviert
  - dadurch erfolgt eine Re-Enkodierung der Information



## Gedächtnis – ein kurzer Überblick

- Neuronenverbände als neuronales Modell der Gedächtnisspeicherung



## Plastizität des Gehirns – ein kurzer Überblick

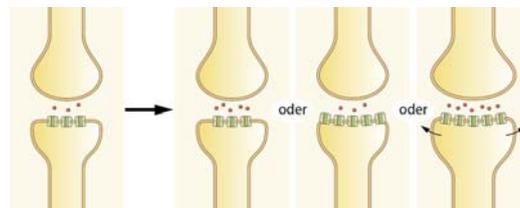
- Lernen – eine Leistung unseres Gedächtnis
- Lernen basiert auf neuronaler Plastizität, die man auf verschiedenen Ebenen betrachten kann:
  - auf Ebene der **Gehirnregionen**, die an der Verarbeitung der Informationen beteiligt sind (Material C3)
  - auf **zellulärer Ebene** der Ausbildung von Synapsen (Material C1)
  - auf **molekularer Ebene** der Synapsenmembran (Material C2)

## Plastizität des Gehirns – ein kurzer Überblick

- neuronale Plastizität auf Ebene der Gehirnregionen, die an der Verarbeitung der Informationen beteiligt sind
  - Veränderung der kortikalen Karten, also der Verschaltung unterschiedlicher kortikaler Bereiche je nach Beanspruchung
  - Mystery in Material C3 mit Möglichkeit zur Erklärung der Entstehung von Phantomschmerzen

## Plastizität des Gehirns – ein kurzer Überblick

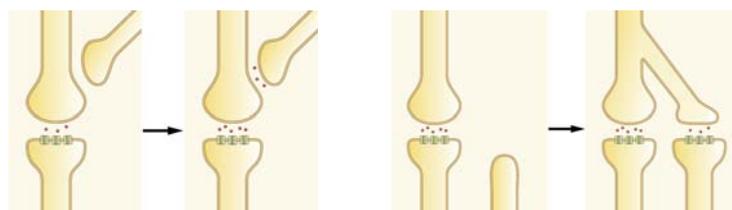
- neuronale Plastizität auf zellulärer Ebene der Ausbildung von Synapsen  
(Material C1 zur Erstellung eines Sachtextes)



Erhöhung der Transmittermenge / Rezeptoranzahl / Kontaktfläche

## Plastizität des Gehirns – ein kurzer Überblick

- neuronale Plastizität auf zellulärer Ebene der Ausbildung von Synapsen  
(Material C1 zur Erstellung eines Sachtextes)

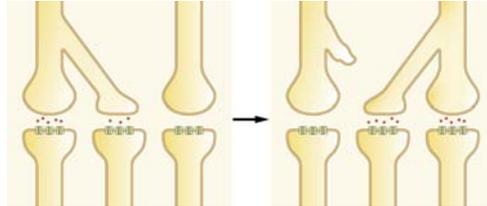


Verstärkung durch erregendes Interneuron

Erhöhung der Anzahl synaptischer Verbindungen

## Plastizität des Gehirns – ein kurzer Überblick

- neuronale Plastizität auf zellulärer Ebene der Ausbildung von Synapsen  
(Material C1 zur Erstellung eines Sachtextes)



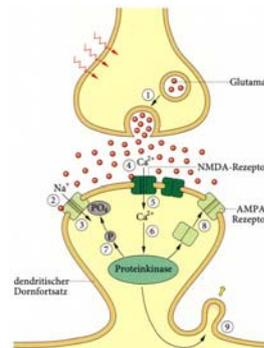
Veränderung der synaptischen Verschaltungen im Neuronenverband

## Plastizität des Gehirns – ein kurzer Überblick

- neuronale Plastizität auf molekularer Ebene der Synapsenmembran

(Material C2 zur Erstellung eines Pfeildiagramms)

- Langzeitpotenzierung

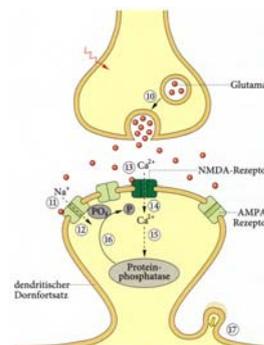


## Plastizität des Gehirns – ein kurzer Überblick

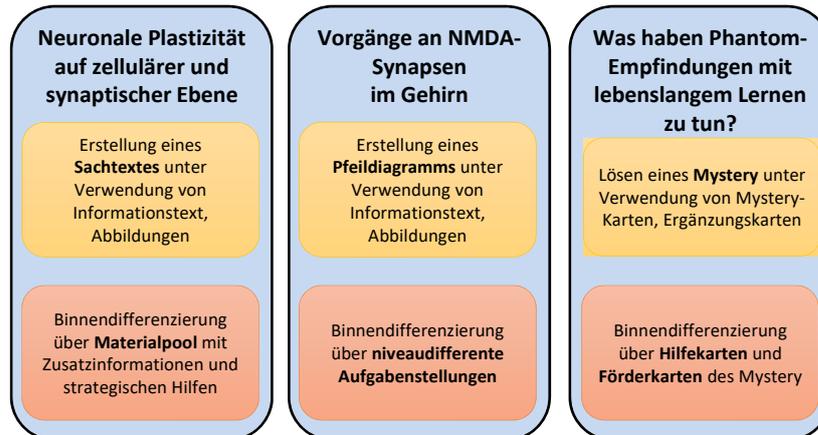
- neuronale Plastizität auf molekularer Ebene der Synapsenmembran

(Material C2 zur Erstellung eines Pfeildiagramms)

- Langzeitdepression



## Binnendifferenzierende Materialien WS C



## Arbeitsaufträge für die Gruppenarbeit

- Sichten** Sie die vorliegenden Materialien zu C1, C2 und C3. **Prüfen** Sie die Eignung der Materialien in Bezug auf Stimmigkeit zum KLP SII, Kompetenzorientierung und Einsatz im Grund- bzw. Leistungskurs.
- Erstellen** Sie ein mögliches **Lernprodukt** mithilfe eines Materials Ihrer Wahl.
- Diskutieren** Sie die verwendeten Möglichkeiten zur Binnendifferenzierung bei C1, C2 und C3 unter den Aspekten der Zeitökonomie und des Kompetenzzuwachses.  
**Dokumentieren** Sie bitte die erhaltenen Gruppenergebnisse.

## WORKSHOP C

### Gedächtnis und Plastizität des Gehirns

#### **Material:**

Binnendifferenzierende Arbeitsmaterialien zur Plastizität des Gehirns

#### **Ziele:**

Die Fachlehrerinnen und Fachlehrer...

- können ihre fachlichen Kenntnisse zur Plastizität des Gehirns auf verschiedenen Systemebenen erweitern, indem sie...
  - im kollegialen Austausch die fachliche Eignung der vorliegenden Schülermaterialien diskutieren,
  - die Kompetenzorientierung der Materialien erörtern.
- können binnendifferenzierende Materialien im kompetenzorientierten Unterricht einsetzen und erstellen, indem sie...
  - strategische und inhaltliche Lerntipps zur Erarbeitung der neuronalen Plastizität auf zellulärer und molekularer Ebene erproben und diskutieren,
  - die Methode des Mystery zur Erarbeitung der kortikalen Plastizität des Gehirns anwenden und erörtern.

#### **Bezug zum Kernlehrplan:**

*Inhaltlicher Schwerpunkt:* Plastizität und Lernen

*Basiskonzepte:* Membran, Synapse, Gehirn (System), Neuron, Synapse (Struktur und Funktion), Neuronale Plastizität (Entwicklung)

*Konkretisierte Kompetenzerwartungen Grundkurs*

Die Schülerinnen und Schüler...

- stellen aktuelle Modellvorstellungen zum Gedächtnis auf anatomisch-physiologischer Ebene dar (K3, B1) [Fokussierung: zeitliche und funktionale Gedächtnismodelle nach Markowitsch]
- erklären die Bedeutung der Plastizität des Gehirns für ein lebenslanges Lernen (UF4)

*Konkretisierte Kompetenzerwartungen Leistungskurs*

Die Schülerinnen und Schüler...

- stellen aktuelle Modellvorstellungen zum Gedächtnis auf anatomisch-physiologischer Ebene dar (K3, B1) [Fokussierung: zeitliche und funktionale Gedächtnismodelle nach Markowitsch]
- erklären den Begriff der Plastizität anhand geeigneter Modelle und leiten die Bedeutung für ein lebenslanges Lernen ab (E6, UF4)

## Übersicht und Arbeitsaufträge zu den vorliegenden Arbeitsmaterialien

### Arbeitsaufträge für Fachlehrerinnen und Fachlehrer (Gruppenarbeit)

1. Sichten Sie die vorliegenden Materialien zu C1, C2 und C3. Prüfen Sie die Eignung der Materialien in Bezug auf Stimmigkeit zum KLP SII, Kompetenzorientierung und Einsatz im Grund- bzw. Leistungskurs.
2. Erstellen Sie ein mögliches Lernprodukt mithilfe eines Materials Ihrer Wahl.
3. Diskutieren Sie die verwendeten Möglichkeiten zur Binnendifferenzierung bei C1, C2 und C3 unter den Aspekten der Zeitökonomie und des Kompetenzzuwachses. Dokumentieren Sie bitte die erhaltenen Gruppenergebnisse.

### C1: Neuronale Plastizität auf zellulärer und synaptischer Ebene

- Methode: Erstellung eines Sachtextes unter Verwendung der Fachsprache in PA, kriteriengeleitete Prüfung der Arbeitsergebnisse anderer Gruppen durch Tausch der Arbeitsergebnisse und Verwendung eines Auswertungsbogens zur Diagnose
- Arbeitsaufträge zu Material
- Informationstext, Abbildungen
- Rückmeldebogen für die PA
- Binnendifferenzierung über Materialpool mit Lerntipps und Zusatzinformationen, aus denen je nach Neigung und Bedarf gewählt werden kann

### C2: Vorgänge an NMDA-Synapsen im Gehirn

- Methode: Einzelarbeit oder Partnerarbeit, Vergleich und Diskussion der Ergebnisse im Plenum
- Arbeitsauftrag: Umsetzen von Informationen aus Sachtext und Grafiken in ein Pfeildiagramm
- Binnendifferenzierung über niveaudifferente Aufgabenstellung mit drei, zwei und einem Sternchen gekennzeichnet, frei wählbares Niveau

### C3: Was haben Phantom-Empfindungen mit lebenslangem Lernen zu tun?

- Methode: Mystery mit Mystery-Karten und Ergänzungskarten (Hilfekarten, Förderkarten)
- Arbeitsauftrag: Lösen des Mystery durch Erstellung eines Lege-Konstruktes (GA) und anschließende Diskussion im Plenum
- Binnendifferenzierung über Hilfekarten und ggf. Förderkarten

## C1: Neuronale Plastizität auf zellulärer und synaptischer Ebene

### Arbeitsaufträge:

Schreiben Sie Herrn Sauerländer einen informativen, freundlichen und sachlich korrekten Antwortbrief (Sachtext). Erklären Sie ihm darin, wieso der Rosenduft der Creme so bildliche Erinnerungen an seinen Rosengarten hervorruft.

Gehen Sie dabei folgendermaßen vor:

1. Informieren Sie sich anhand des beiliegenden Informationsmaterials (M1: Neuronale Plastizität und Gedächtnis, M2 Veränderungen an Synapsen) über die biologischen Hintergründe des von Herrn Sauerländer geschilderten Phänomens. Beschreiben Sie dabei die dargestellten Möglichkeiten zur Veränderung an Synapsen stichwortartig. (EA)
2. Tauschen Sie Ihre Erkenntnisse bezüglich der Neuronalen Plastizität und der Funktionsweise von Erinnerungsprozessen im Gedächtnis mit einem Partner aus.
3. Verfassen Sie in Partnerarbeit den Antwortbrief. Orientieren Sie sich dabei am ausliegenden AB „Methodentraining: Sachtexte verfassen“. Informieren Sie Herrn Sauerländer auch darüber, welche Bedeutung die erläuterten Prozesse für ein lebenslanges Lernen haben.
4. Tauschen Sie die verfassten Texte zwischen den Gruppen aus und bewerten Sie diese gegenseitig anhand des Rückmeldebogens.

Inhaltliche und strategische Lerntipps finden Sie auf dem Materialtisch:

- Animation zu den Vorgängen an der motorischen Endplatte (chemische Synapse mit Acetylcholin als Transmitter)
- Modell einer chemischen Synapse
- Abbildungen:
  - chemische Synapse
  - Ausbildung und Rückbildung dendritischer Dornfortsätze
  - Ausbildung und Rückbildung dendritischer Dornfortsätze und axonaler Verdickungen
- Hinweise zur Erstellung von Sachtexten
- Verschiedene Zusatzinformationen aus Schulbüchern

Email von Justus Sauerländer an die „Biologische Fachberatungsstelle Attendorn“:

Sehr geehrte Damen und Herren,

seit einiger Zeit verwirrt mich ein an mir selbst beobachtetes Phänomen: In meinem Garten stehen einige Rosenbüsche alter englischer Duftrosen, die ich im Sommer gern pflege. Mitten zwischen den blühenden, duftenden Rosen genieße ich die Farben und Gerüche dieser wunderbaren Pflanzen. Gerade im letzten Sommer habe ich dort viel Zeit mit der Pflege der Rosen verbracht. Nun ist es aber gerade Winter und alle Rosensträucher sind kahl. Sobald aber meine Frau eine Gesichtscreme mit Rosenduft verwendet, sehe ich diese Blütenpracht unserer Rosenbüsche wie eine Tatsache vor mir.

Wie kann das sein? Neige ich zu Tagträumen und muss mir Sorgen machen? Bitte geben Sie mir als interessiertem Laien eine biologische Begründung für diese sonderbare Erscheinung.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen,  
Justus Sauerländer

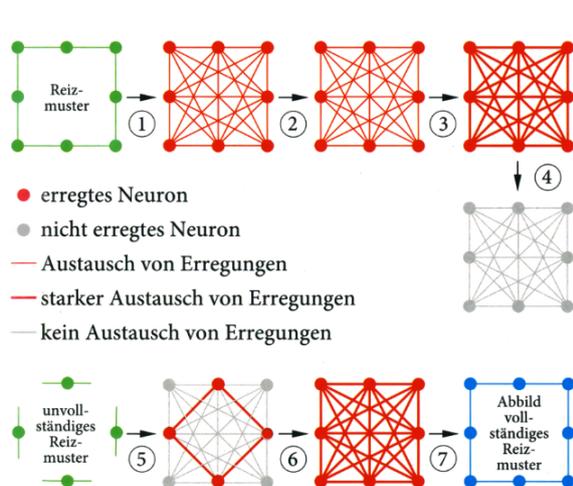
**Informationstext für die Antwort des Teams der „Biologischen Fachberatungsstelle Attendorf“:**

M1

## Neuronale Plastizität und Gedächtnis

Unter neuronaler Plastizität versteht man die Eigenart von Synapsen, Neuronen und Hirnarealen sich in ihrer Anatomie und Funktion zu verändern, sodass laufende neurophysiologische Prozesse optimiert werden. Die aktivitätsabhängige Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung ist ein neurophysiologischer Mechanismus für Lernprozesse und Gedächtnis. Dies wird als HEBBsches Lernen und beteiligte Synapsen als HEBBsche Synapsen bezeichnet.

Die Plastizität der Neuronen ist damit eine wesentliche Voraussetzung für lebenslanges Lernen und auch für das Phänomen des Vergessens.

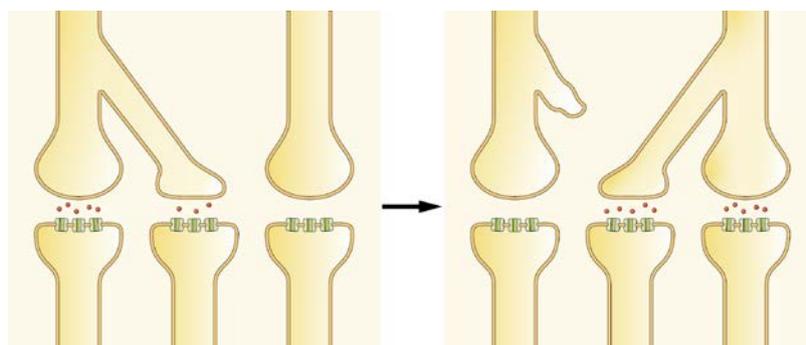
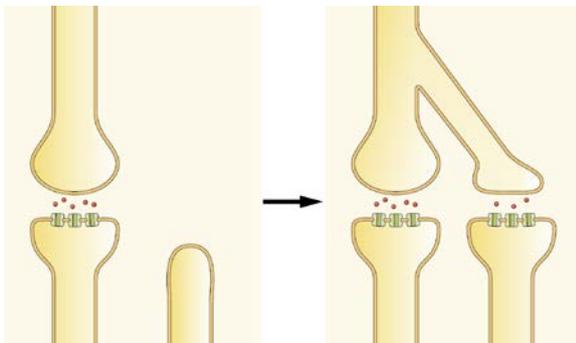
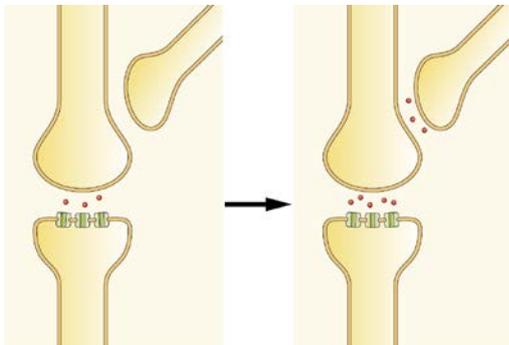
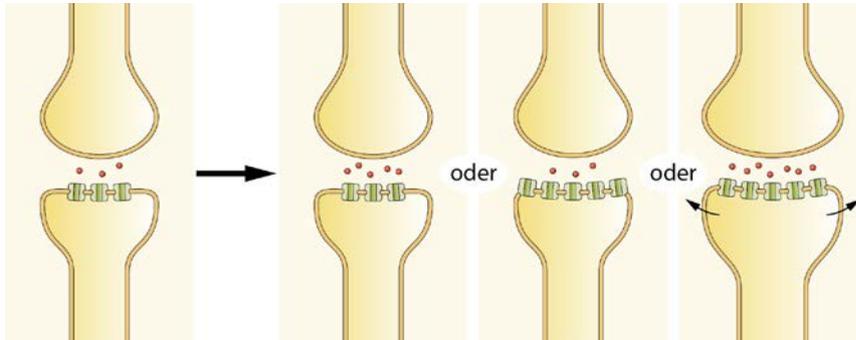


Ein bestimmtes Reizmuster ist hier durch grüne Punkte und Linien symbolisiert. Dieses führt zur Aktivierung eines Neuronenverbandes ①. Wiederholte Präsentation dieses Reizmusters führt dazu, dass die Erregungen in diesem Neuronenverband über längere Zeit zirkulieren ②. Tritt dies häufiger ein, so werden die Verschaltungen in diesem Neuronenverband verstärkt, es kommt bei gleicher Reizung zu einer verstärkten Erregung dieses Neuronenverbandes ③.

Wird das Reizmuster später nur unvollständig angeboten, so werden zunächst nur einige Neuronen des Verbandes aktiviert ⑤. Deren Erregung überträgt sich aber aufgrund der verstärkten Verschaltungen auf den gesamten Neuronenverband ⑥. Daher wird im Gehirn das vollständige Reizmuster abgebildet bzw. wahrgenommen ⑦.

**Informationsgrafiken für die Antwort des Teams der „Biologischen Fachberatungsstelle Attendorf“:**

M2



Hilfe zur Prüfung der fachlichen Korrektheit der Antwort nach der Arbeitsphase

	<p>Veränderungen synaptischer Übertragungsstärke durch Erhöhung der Transmittermenge, Erhöhung der postsynaptischen Rezeptoranzahl oder Erhöhung der Transmittermenge bei vergrößertem prä- und postsynaptischen Areal</p>
	<p>Veränderungen der Beeinflussung durch Zwischenneuronen: Die zusätzliche erregende Wirkung des präsynaptischen Zwischenneurons verstärkt den Transmitterausstoß der Präsynapse.</p>
	<p>Bildung neuer Synapsen: In einem häufig benutzen Neuronenverband können neue, zusätzliche dendritische Dornfortsätze ausgebildet werden, die als Postsynapse fungieren. Von axonalen Bereichen des präsynaptischen Neurons werden entsprechende präsynaptische Verdickungen angelegt.</p>
	<p>Veränderung der synaptischen Verschaltung: Ein häufig benutzter Neuronenkreis führt zu Abbau von Strukturen bei weniger aktiven benachbarten Verschaltungen. Postsynaptische Dornfortsätze können zum Beispiel durch neu aufgebaute axonale Präsynapsen des aktiveren Konkurrenten belegt werden.</p>

Rückmeldebogen für das Ergebnis der Partnerarbeit

<b>Aufbau des Textes</b>	☺	☹	☹
Zusammenhängender Text			
Klare argumentative Struktur			
Gute Verständlichkeit			
<b>Fachsprache</b>	☺	☹	☹
Korrekte Verwendung der Fachbegriffe			
Verständliche Verwendung der Fachbegriffe			
Korrektur Bezug der fachlichen Inhalte auf den gegebenen Kontext			
<b>Fachliche Korrektheit der Darstellung</b>	☺	☹	☹
Veränderung synaptischer Übertragungsstärke durch			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung der Transmittermenge</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung der postsynaptischen Rezeptoranzahl</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vergrößertes prä- und postsynaptisches Areal</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwischenneuronen verstärken den Transmitterausstoß der Präsynapse</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausbildung zusätzlicher dendritischer Dornfortsätze und präsynaptischer Endknöpfchen</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung der synaptischen Verschaltung durch Auf- bzw. Abbau präsynaptischer Endknöpfchen</li> </ul>			
<b>Bezug zu Rosenbeispiel</b>	☺	☹	☹
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensive Beschäftigung im Rosengarten führte zu Aktivierung von Neuronenverbänden</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• optische Reize (Aussehen der Rosen bzw. des Rosengartens) und Duftreize (Rosenduft) aktivierten gemeinsamen neuronalen Verband (Assoziation)</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rosenduft genügt daher zur Aktivierung des gesamten Neuronenverbandes (Eindruck des Rosengartens)</li> </ul>			
<b>Bezug zu lebenslangem Lernen</b>	☺	☹	☹
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neuronale Plastizität ist Grundlage für Lernprozesse</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umbauprozesse an synaptischen Verbindungen laufen zeitlebens ab, daher sind Lernen und Vergessen lebenslang möglich</li> </ul>			
Was ich noch sagen wollte...			

## Methodentraining: Sachtexte verfassen

Wenn man sich auf einem fachlichen Niveau mit einem bestimmten Thema beschäftigt, können die Ergebnisse der Überlegungen in einem Sachtext münden. Dabei erkennt man einen Sachtext sowohl an inhaltlichen als auch formalen Kriterien.

**Kriterien für einen guten Sachtext**

Ein Sachtext unterscheidet sich inhaltlich von anderen Texten in mehreren Punkten:

- Ein Sachtext ist informativ und sachbezogen.
- Die Informationen im Sachtext müssen belegbar sein, Mutmaßungen oder persönliche Empfindungen haben daher keinen Platz darin. Der Sachtext präsentiert Fakten, die auf der Auswertung von Materialien (z. B. Tabellen, Informationstexten, Diagrammen, Versuchsprotokollen) unter Einbeziehung des eigenen Fachwissens beruhen.

Daher soll ein Sachtext verständlich geschrieben sein.

Er weist formal gesehen folgende Merkmale auf:

- Er ist verständlich und klar formuliert.
- Er ist gut gegliedert und strukturiert.
- Die Fachsprache wird genutzt, Alltagssprache hat in Sachtexten keinen Platz.
- Der Sachtext enthält nur relevante Informationen, vom Thema wird nicht abgeschweift.
- Anfangs (oder bei komplexen Sachtexten, z. B. einer Facharbeit) sollten die unten genannten Schritte schriftlich durchgeführt werden, bei geübten Verfassern von Sachtexten können die Abläufe später auch rein gedanklich erfolgen.

**Vorgehen beim Verfassen eines Sachtextes**

Das Verfassen eines Sachtextes will geübt sein!

1. Lesen Sie die **Aufgabenstellung** genau durch und beachten Sie die Operatoren. Arbeiten Sie das gegebene **Material** durch, markieren Sie Schlüsselbegriffe und notieren Sie am Rand wichtige Fachbegriffe, die Ihnen relevant erscheinen.
2. Fertigen Sie anschließend eine möglichst detaillierte **Fachwort-** und **Stichwortsammlung** zum Thema an. Sie können diese Fachworte auch schon in fachsprachlich genutzte Satzfragmente, die Ihnen geläufig sind, einbauen (z. B. „Basentriplets codieren für Aminosäuren“).
3. **Sortieren** Sie ihre Stichwortsammlung sinnvoll. Hierbei haben sich bei umfangreicheren Stichwortsammlungen **Mind-Maps** oder **Cluster** als sinnvoll erwiesen.
4. Entscheiden Sie sich jetzt, wie Sie Ihren Sachtext gliedern bzw. **strukturieren** möchten. Beginnen Sie z. B. mit allgemeinen Erläuterungen oder beschreiben Sie das zugrunde liegende Material und werten Sie es unter Zuhilfenahme Ihres Grundwissens aus.
5. **Überprüfen** Sie anhand der oben angegebenen Kriterien für einen guten Sachtext Ihre Ausarbeitung kritisch. Korrigieren Sie gegebenenfalls Grammatik- oder Ausdrucksfehler.

## C2: Vorgänge an NMDA-Synapsen im Gehirn \*\*\*

### **Arbeitsaufträge (EA):**

1. Stellen Sie die Vorgänge Langzeitpotenzierung (LTP) und der Langzeitdepression (LDP) in jeweils einem Pfeildiagramm übersichtlich dar.
2. Erklären Sie die Bedeutung dieser Veränderungen für ein lebenslanges Lernen.

Verwenden Sie dazu den Sachtext sowie die passenden Grafiken.

## C2: Vorgänge an NMDA-Synapsen im Gehirn \*\*

### Arbeitsaufträge (EA):

1. Stellen Sie die Vorgänge Langzeitpotenzierung (LTP) und der Langzeitdepression (LDP) in jeweils einem Pfeildiagramm übersichtlich dar.
2. Erklären Sie die Bedeutung dieser Veränderungen für ein lebenslanges Lernen.

Verwenden Sie dazu den Sachtext sowie die passenden Grafiken.

Nutzen Sie die folgenden Begriffe für das Pfeildiagramm:

LTP: sensorisches Neuron, ausreichende Depolarisation, Präsynapse, Einbau weiterer AMPA-Rezeptoren, Glutamat-haltige Vesikel, Glutamat-Bindung, AMPA-Rezeptoren, Na<sup>+</sup>-Ionen-Einstrom, EPSP, NMDA-Rezeptoren, Glutamat-Bindung, Ca<sup>2+</sup>-Ionen-Einstrom, Proteinkinase-Aktivierung, Phosphorylierung der AMPA-Rezeptoren, Hippocampuszelle, Steigerung der Ionenleitfähigkeit, Wachstum dendritischer Dornfortsätze, Mg<sup>2+</sup>-Blockade, Steigerung der Intensität der Erregungsübertragung

LDP: geringe Depolarisation, ...

## C2: Vorgänge an NMDA-Synapsen im Gehirn \*

### Arbeitsaufträge (EA):

1. Stellen Sie die Vorgänge Langzeitpotenzierung (LTP) und der Langzeitdepression (LDP) in jeweils einem Pfeildiagramm übersichtlich dar.
2. Erklären Sie die Bedeutung dieser Veränderungen für ein lebenslanges Lernen.

Verwenden Sie dazu den Sachtext sowie die passenden Grafiken.

Nutzen Sie die folgenden Begriffe für das Pfeildiagramm:

LTP: sensorisches Neuron, ausreichende Depolarisation, Präsynapse, Einbau weiterer AMPA-Rezeptoren, Glutamat-haltige Vesikel, Glutamat-Bindung, AMPA-Rezeptoren, Na<sup>+</sup>-Ionen-Einstrom, EPSP, NMDA-Rezeptoren, Glutamat-Bindung, Ca<sup>2+</sup>-Ionen-Einstrom, Proteinkinase-Aktivierung, Phosphorylierung der AMPA-Rezeptoren, Hippocampuszelle, Steigerung der Ionenleitfähigkeit, Wachstum dendritischer Dornfortsätze, Mg<sup>2+</sup>-Blockade, Steigerung der Intensität der Erregungsübertragung

LDP: geringe Depolarisation, Präsynapse, sensorisches Neuron, Glutamat-haltige Vesikel, Glutamat-Bindung, AMPA-Rezeptoren, Na<sup>+</sup>-Ionen-Einstrom, EPSP, NMDA-Rezeptoren, geringeres EPSP, Glutamat-Bindung, sehr geringer Ca<sup>2+</sup>-Ionen-Einstrom, Proteinphosphatase-Aktivierung, Dephosphorylierung der AMPA-Rezeptoren, Hippocampuszelle, Verringerung der Ionenleitfähigkeit, Abbau dendritischer Dornfortsätze, Mg<sup>2+</sup>-Blockade, Abschwächung der Intensität der Erregungsübertragung

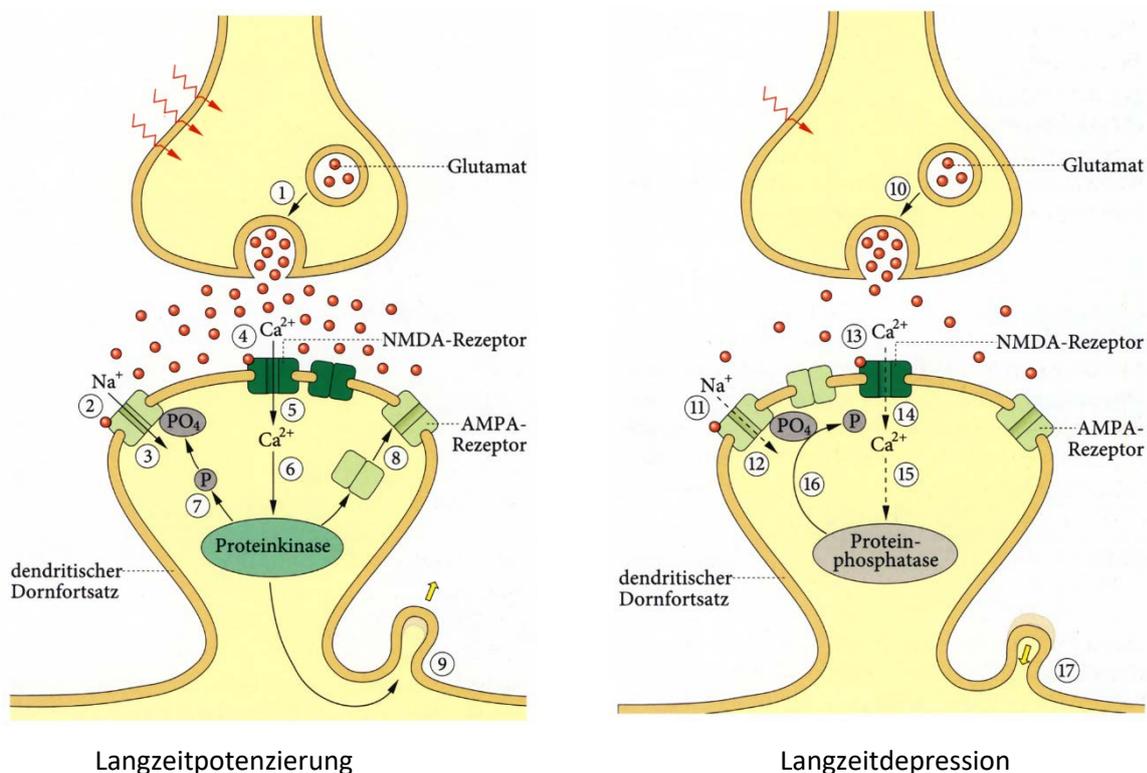
Die in den Grafiken angegebenen Zahlen geben die logische Reihenfolge beider Prozesse wieder. Jeder Begriff erhält ein Kästchen. Die Abfolge der einzelnen Teilschritte wird durch Pfeile angegeben. Beginnen Sie mit der Benennung der Zellen und der synaptischen Bestandteile.

## C2: Vorgänge an NMDA-Synapsen im Gehirn

### Langzeitgedächtnis durch Langzeitpotenzierung

Im Hippocampus werden die Erregungen der sensorischen Nervenzellen verarbeitet. Die betreffenden Synapsen zwischen den sensorischen Neuronen und den Hippocampuszellen nutzen Glutamat als Neurotransmitter. In den postsynaptischen Dornfortsätzen finden sich zwei Typen von ligandengesteuerten Ionenkanälen, die durch Glutamat aktiviert werden können. Die AMPA-Rezeptoren öffnen sich bei der Bindung von Glutamat und bewirken einen  $\text{Na}^+$ -Ionen-Einstrom. Die NMDA-Rezeptoren binden Glutamat, sind aber durch ein  $\text{Mg}^{2+}$ -Ion blockiert. Erst ab einer gewissen Höhe des EPSP wird diese Blockade aufgehoben und es kommt zu einem  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen-Einstrom in den Dornfortsatz. Dies führt zu einer Aktivierung einer Proteinkinase, die als Folge die AMPA-Rezeptoren phosphoryliert. Dadurch wird deren Ionenleitfähigkeit erhöht, sodass die Postsynapse für Glutamat empfindlicher wird. Demnach entstehen stärkere EPSP in dem Dornfortsatz. Weiterhin führt die Aktivierung der Proteinkinase zu einem Einbau zusätzlicher AMPA-Rezeptoren in die Zellmembran. Außerdem scheint das Wachstum weiterer dendritischer Dornfortsätze angeregt zu werden, sodass die Erregungsübertragung zwischen sensorischem Neuron und Hippocampuszelle dauerhaft gesteigert wird. Diese Spätphase der LTP hält über Stunden bis Wochen an und ist eine wesentliche neurophysiologische Grundlage des Lernprozesses.

Bei der Langzeitdepression entstehen nur geringe EPSP in der Postsynapse, da selten eine Erregungsübertragung stattfindet. Daher bleiben die NMDA-Rezeptoren durch das  $\text{Mg}^{2+}$ -Ion blockiert. Die geringe  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen-Konzentration im dendritischen Dornfortsatz bewirkt die Aktivierung einer Proteinphosphatase, die Phosphatgruppen von den AMPA-Rezeptoren abspaltet. Diese Dephosphorylierung der AMPA-Rezeptoren senkt wiederum ihre Ionenleitfähigkeit, sodass als Folge noch geringere EPSP entstehen. Durch diese Prozesse kann ein Abbau von benachbarten dendritischen Dornfortsätzen induziert werden. Damit wird die Erregungsübertragung zwischen sensorischem Neuron und Hippocampuszelle noch weiter abgeschwächt.



Abbildungen aus Grüne Reihe Neurobiologie 2015

### C3: Was haben Phantom-Empfindungen mit lebenslangem Lernen zu tun?

**Fallbeispiel:** Nach der Amputation der linken Hand fühlte Rüdiger S. auch nach Abklingen der nachoperativen Schmerzen weiterhin quälend deutlich seine linke Hand. Diese Empfindungen wurden mit der Zeit nicht schwächer sondern eher intensiver. Sie können sogar gezielt durch Berühren der Lippen oder der Mundregion ausgelöst werden.

**Leitfrage:** Was haben Phantom-Empfindungen mit lebenslangem Lernen zu tun?

#### **Arbeitsaufträge (GA):**

1. Erstellen Sie in Gruppenarbeit ein Lege-Konstrukt aus den Mystery-Karten unter Beachtung der Leitfrage. Berücksichtigen Sie dabei die Förderkarten mit Zusatzinformationen und die Hilfekarten mit Lerntipps.
2. Begründen Sie die Anordnung der Mystery-Karten in Ihrem Lege-Konstrukt.
3. Beantworten Sie die Leitfrage.

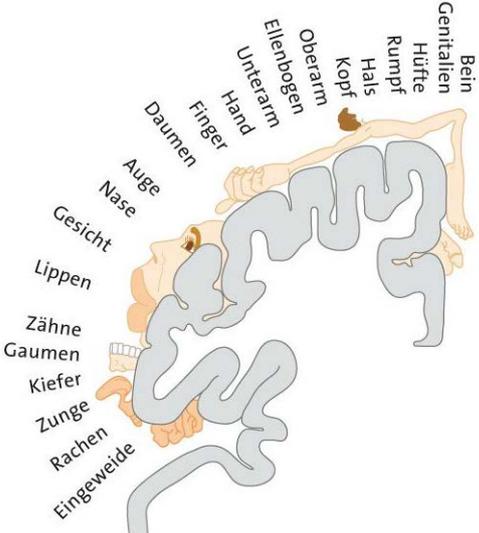
Eine Gruppe stellt das Lege-Konstrukt im Plenum vor. Der Bezug zur Leitfrage wird hergestellt und die mögliche Antwort in der Sicherung festgehalten.

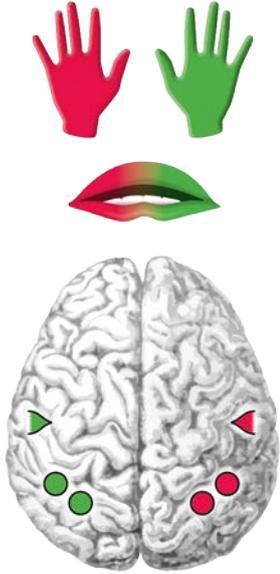
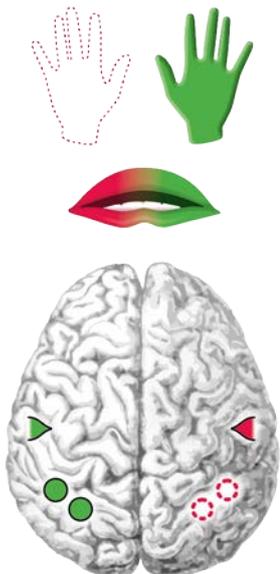
Zusatzinformation zur Methode:

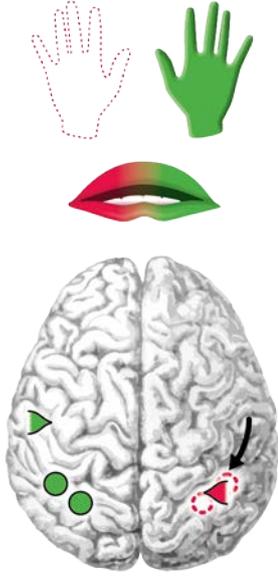
Die Mystery-Karten werden in Gruppenanzahl kopiert, auseinander geschnitten, gemischt und in Briefumschläge verpackt. Die Ergänzungskarten können zum Beispiel am Pult bereitgehalten werden.

### C3: Was haben Phantom-Empfindungen mit lebenslangem Lernen zu tun?

#### Mystery-Karten:

 <p>Abbildung 1</p>	<p>In einem bestimmten Bereich der Großhirnrinde befinden sich Bereiche, die Berührungsempfindungen von Körperregionen verarbeiten. Dieser Bereich wird als somatosensorischer Cortex bezeichnet. Von empfindlichen Körperregionen, die mit einer höheren Dichte an Sinneszellen ausgestattet sind, muss auch eine größere Anzahl an Informationen verarbeitet werden. Daher sind an dieser Verarbeitung entsprechend eine deutlich größere Anzahl von Neuronen beteiligt. Die verschiedenen Körperregionen werden durch bestimmte Bereiche von Neuronen im somatosensorischen Cortex repräsentiert. (Abbildung 1)</p>
<p>Im somatosensorischen Cortex liegen die Bereiche, welche Lippen und Mundregion sowie die Hand repräsentieren, in räumlicher Nähe. Bei der Erregung neuronaler Verbände in diesen Bereichen können aufgrund der Plastizität der beteiligten Neuronen Verschaltungen verstärkt oder abgeschwächt werden.</p>	<p>Für die Verarbeitung der Berührungsempfindungen von Lippen, Gesicht sowie der Finger sind größere neuronale Bereiche im somatosensorischen Cortex zuständig. Dies spiegelt auch die Wichtigkeit der jeweiligen Körperregionen zum Beispiel für die Kontrolle bei der Nahrungsaufnahme wider. Lippen, Zunge und Fingerbeeren geben vor dem Verzehr die letzten Informationen über die Genießbarkeit der möglichen Nahrung.</p>
<p>Werden neuronale Bereiche nur wenig genutzt, kann es im Gehirn zum Abbau synaptischer Verbindungen kommen. Die Anzahl der dendritischen Dornfortsätze zwischen den verschalteten Neuronen wird reduziert und damit die Übertragung weiter abgeschwächt.</p>	<p>Intensive Erregungsübertragung in neuronalen Schaltkreisen führt zu einer Verstärkung der Verschaltung zum Beispiel durch das Wachstum neuer dendritischer Dornfortsätze. Die häufige gleichzeitige Erregung benachbarter Neuronen bewirkt, dass diese Zellen ihre Verbindungen untereinander verstärken und daher die Erregungsübertragung dauerhaft verstärkt wird.</p>

 <p>Abbildung 2</p>	<p>Der somatosensorische Cortex der linken Gehirnhälfte verarbeitet vorwiegend die einlaufenden Informationen der rechten Körperregionen. Die Berührungsempfindungen der linken Körperhälfte werden vorwiegend im Cortex der rechten Gehirnhälfte repräsentiert. Daher liegen die Repräsentationen der linken Hand und der linken Lippen- und Mundregion vorwiegend in der rechten Gehirnhälfte.</p> <p>Kreise symbolisieren Bereiche verstärkter neuronaler Aktivität bei Reizung des kleinen Fingers bzw. Daumens, Dreiecke symbolisieren die Repräsentation der Lippen- und Mundregion. (Abbildung 2)</p>
 <p>Abbildung 3</p>	<p>Schematische Darstellung der kortikalen Repräsentation der gesunden rechten Hand im somatosensorischen Cortex der gegenüberliegenden, linken Gehirnhälfte im unteren Teil des Bildes bei Reizung des kleinen Fingers bzw. Daumens (ausgefüllte grüne Kreise). Die Repräsentation der Mundregion ist durch ein rotes bzw. grünes Dreieck symbolisiert.</p> <p>Nach der Amputation der linken Hand sind deren Repräsentationen in der rechten Gehirnhälfte inaktiv (gestrichelte Kreise). (Abbildung 3)</p>

 <p>Abbildung 4</p>	<p>Kortikale Veränderungen bei Rüdiger S.: Schematische Darstellung der kortikalen Repräsentation der gesunden rechten Hand im somatosensorischen Cortex der gegenüberliegenden, linken Gehirnhälfte im unteren Teil des Bildes bei Reizung des kleinen Fingers bzw. Daumens (ausgefüllte grüne Kreise). Die Repräsentation der Lippen- und Mundregion ist durch Dreiecke symbolisiert.</p> <p>Die Reizung der Lippen- und Mundregion insbesondere auf der linken Körperhälfte führt zur Aktivierung von Neuronen, die im Bereich der „Handregion“ der amputierten Hand liegen. Der schwarze Pfeil veranschaulicht die Verschiebung der aktivierten neuronalen Bereiche. (Abbildung 4)</p>
<p>Mithilfe von bildgebenden Verfahren wie PET und fMRT kann man Einblicke in die funktionelle Aktivität von Gehirnbereichen erhalten. So können neuronale Bereiche lokalisiert werden, die zum Beispiel bei Berührungsreizen ausgewählter Körperregionen erhöhte Stoffwechselaktivität zeigen. Diese Verfahren basieren auf empfindlichen Nachweisen einer verstärkten Aktivität im Stoffwechsel von Zellen.</p>	<p>Die Veränderung kortikaler Karten wird durch die Plastizität der Neuronen im Gehirn ermöglicht. Der stark veränderte Fluss von Erregungen kann zu einer stärkeren räumlichen Ausdehnung bestimmter Bereiche führen. Diese Veränderung geht auf Kosten sehr gering oder im Extremfall gar nicht mehr angesprochener neuronaler Netze.</p>
<p>Was haben Phantom-Empfindungen mit lebenslangem Lernen zu tun?</p>	<p>Die Repräsentation der verschiedenen Körperregionen durch bestimmte Bereiche des somatosensorischen Cortex wird in Form von kortikalen Karten dargestellt. Diese geben ein räumliches Verteilungsmuster der neuronalen Bereiche wieder, die an der Verarbeitung der eintreffenden Informationen beteiligt sind. Diese kortikalen Karten sind von Individuum zu Individuum verschieden, je nach der bevorzugten Aktivität des Sinnessystems.</p>

Dazu kommen noch *Ergänzungskarten*:

- *Hilfekarten* mit Tipps zu HEBBschen Synapsen (vgl. C1), Abbildung eines Neurons, Erklärungen von Begriffen wie Cortex, somatosensorischer Cortex, dendritischer Dornfortsatz, Repräsentation, kortikale Karte, ...
- *Förderkarten* mit Zusatzinformationen zum Beispiel zur Repräsentation der Hand bei Geigenspielern, Therapie bei Schlaganfall, ... (sind hier nicht enthalten)

Beispiele für Hilfekarten:

<p><b>Cortex:</b> Großhirnrinde, besteht aus dem Soma der Neuronen des Großhirns</p> <p><b>Somatosensorischer Cortex:</b> Bereich der Großhirnrinde, in dem die Sinnesreize von Rezeptoren der Haut wie Berührung, Druck, Vibration und Temperatur bzw. Schmerz verarbeitet werden</p>	<p><b>Dendritischer Dornfortsatz:</b> eine feine, oft pilzförmige Vorwölbung der Oberfläche eines Dendriten; Zellmembran bildet dort meist eine postsynaptische Region aus</p>
<p><b>Repräsentation</b> (Neurowissenschaften): bestimmte Bereiche des Gehirns spielen bei der Verarbeitung bestimmter Informationen eine Rolle, diese Bereiche sind dann bei der Informationsverarbeitung besonders aktiv;</p> <p>Zum Beispiel: In einem bestimmten Bereich des somatosensorischen Cortex werden die Sinneseindrücke aus der Lippenregion verarbeitet. Dieser Bereich repräsentiert also die Lippenregion.</p>	<p><b>Kortikale Karte:</b> bezeichnet eine Form der kortikalen Organisation (der Organisation im Cortex) von neuronalen Bereichen, wobei bestimmte Bereiche des Cortex für die Verarbeitung bestimmter sensorischer Sinneseindrücke zuständig sind</p> <p>Zum Beispiel laufen die Impulse der Sinneswahrnehmungen vom Fuß an einer Stelle des Kortex zusammen, die des Schienbeines an einer anderen, aber benachbarten Stelle.</p>
<p><b>PET:</b> <i>Positronen-Resonanz-Tomographie</i>; funktionelles bildgebendes Verfahren, das auf der Basis von zugeführten, schwach radioaktiven Stoffen deren stoffwechselphysiologischen Umsatz im Gehirn sichtbar macht</p>	<p><b>fMRT:</b> <i>funktionelle Magnetresonanztomographie</i>; funktionelles bildgebendes Verfahren, das stoffwechselphysiologisch besonders aktive Bereiche des Gehirns auf Basis der Kernspinresonanz von Wasserstoffatomen sichtbar macht</p>

Förderkarten:

Für die Formulierung der Förderkarten mit Zusatzinformationen gibt es unterschiedliche Ansätze. Starke Schülerinnen und Schüler haben sicher Interesse am Einsatz der Spiegeltherapie zur Behandlung von Schlaganfallpatienten. Ein weiteres Beispiel sind die neuronalen Repräsentationen der Hand zum Beispiel bei professionellen Geigenspielern oder bei Gamern.

# Neuronale Plastizität

Neuronenverbände haben Verbindungen über Synapsen, deren Struktur nach dem 20. Lebensjahr meist unverändert bleibt.

Lebenslanges Lernen bedeutet, dass sich neuronale Verbindungen vermindern können, wenn die beteiligten Neuronen oft hohe Aktivitäten zeigen.

Neuronale Plastizität basiert nur auf der Neuentstehung von Gehirnbereichen.

Hebbsche Synapsen findet man zum Beispiel an den motorischen Endplatten.

Werden durch unterschiedliche Reize räumlich benachbarte Neuronenverbände zeitgleich erregt, so können sich die synaptischen Verbindungen nur durch Ausbildung von Dornfortsätzen verstärken.

... und was denkst du?

## Literatur

Bear, Mark F.; Connors, Barry W.; Paradiso, Michael A.; Engel, Andreas K. (Hrsg.) (2012): *Neurowissenschaften: ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie*. 3. Aufl. [Übers. der 3. amerikan. Aufl., 1. Ausg.]. Berlin: Springer Spektrum.

Ebel, Mathias; Erdmann, Andrea; Erdmann, Ulf; u. a. (2015): *Neurobiologie*. Braunschweig: Schroedel (Grüne Reihe – Materialien SII).

Markowitsch, Hans J; Staniloiu, Angelica (2012): „Amnesic disorders“. In: *The Lancet*. 380 (9851), S. 1429–1440, doi: 10.1016/S0140-6736(11)61304-4.

Markowitsch, Hans-Joachim (2009a): „Dem Gedächtnis auf der Spur: Die Neuropsychologie des autobiographischen Gedächtnisses“. In: Schröder, Johannes; Brecht, Frank G. (Hrsg.) *Das autobiographische Gedächtnis: Grundlagen und Klinik*. Heidelberg: Akademische Verlagsgesellschaft AKA S. 9–25.

Markowitsch, Hans-Joachim (2009b): *Dem Gedächtnis auf der Spur: vom Erinnern und Vergessen*. 3., mit einem neuen Vorw. Aufl. Darmstadt: WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).

Pape, Hans-Christian; Kurtz, Armin; Silbernagl, Stefan (Hrsg.) (2014): *Physiologie*. 7., vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart, New York: Thieme.

Schmidt, Robert F.; Lang, Florian; Heckmann, Manfred (Hrsg.) (2010): *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*. 31., überarb. und aktualisierte Aufl. Heidelberg: Springer Medizin (Springer-Lehrbuch).

# Fortbildungsangebote im Fach Biologie

## Schulexterne Veranstaltungen

Abiturprüfung im 4. Fach (Biologie)

Klausuraufgaben Biologie: Konzeption,  
Methodentraining, Diagnose und  
Rückmeldung

Evolution – Kompetenzorientierung,  
Phylogenie, Fehlkonzepte

## Schulinterne Veranstaltungen

Binnendifferenzierung mithilfe gestufter  
Hilfen im Fachunterricht Biologie S I und S II

Analyse von Gendatenbanken  
unter Anwendung gestufter Hilfen (S II)

Binnendifferenzierung  
im Experimentalunterricht  
der drei Naturwissenschaften (S I und S II)