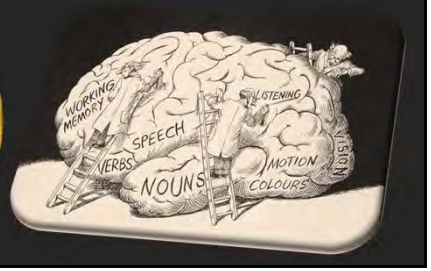
Gehirn in Bewegung – Schule in Bewegung

Einsichten aus der Hirnforschung

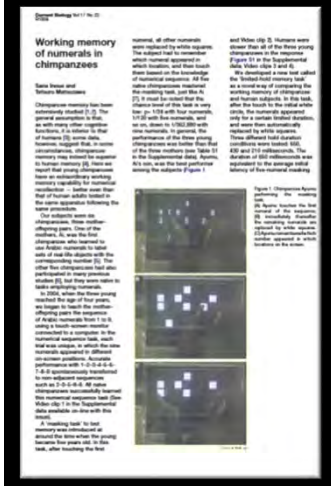
Prof. Dr. Martin Korte

Abt. für Zelluläre Neurobiologie

TU Braunschweig



Selektivität und Gedächtnis



Current Biology Vol 17 No.23
R1004

Working memory of numerals in chimpanzees

Sana Inoue and Tetsuro Matsuzawa

Chimpanzee memory has been extensively studied [1,2]. The general assumption is that, as with many other cognitive functions, it is inferior to that of humans [3]; some data, however, suggest that, in some circumstances, chimpanzee memory may indeed be superior to human memory [4]. Here we report that young chimpanzees have an extraordinary working memory capability for numerical recollection — better even than that of human adults tested in a parallel quantitative following the same procedure.

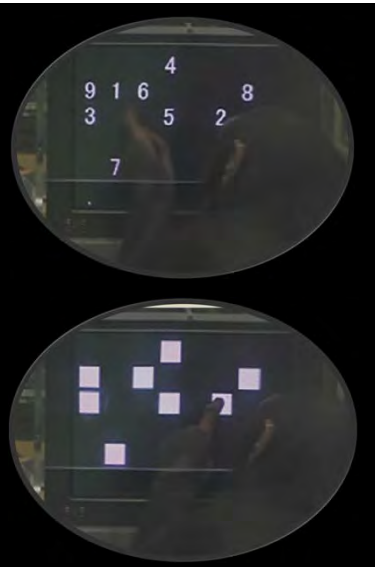
Our subjects were six chimpanzees, three mother–offspring pairs. One of the mothers, Ai, was the first chimpanzee who learned to use Arabic numerals to label sets of real-life objects with the corresponding number [5]. The other five chimpanzees had also participated in many previous studies [6], but they were naïve to numerals and numbers.

In 1994, when the three young reached the age of four years, we began to teach the mother–offspring pairs the sequence of Arabic numerals from 1 to 9, using a touch-screen monitor connected to a computer. In the numerical sequence task, each trial was unique, in which the nine numerals appeared in different on-screen positions. Accurate performance with 1–2–3–4–5–6–7–8–9 spontaneously transformed into a memory task in which such as 2–5–6–8–9. All other chimpanzees successfully learned this numerical sequence task (See Video clip 1 in the Supplemental data available on-line with this issue).

A 'masking task' to test memory was introduced at around the time when the young became five years old. In this task, after touching the first numeral, all other numerals were replaced by white squares. The subject had to remember which numeral appeared in which location, and then touch them based on the knowledge of numerical sequence. All five naïve chimpanzees mastered the masking task, just like Ai. [7]. It must be noted that the chimpanzees had to do this in very long-term (100 trials, 10 months, 17,20—9,999 numerals), and so on, down to 1,760,280 with nine numerals. In general, the performance of the three young chimpanzees was better than that of the three mothers (see Table S1 in the Supplemental data). Ayumu, Ai's son, was the best performer among the subjects (Figure 1 and Video clip 2). Humans were slower than all of the three young chimpanzees in the response (Figure S1 in the Supplemental data, Video clips 3 and 4).

We developed a new test called the 'limited-hold memory task' as a novel way of comparing the working memory of chimpanzees and human subjects. In this task, after touching the initial white square, the subjects saw numerals only for a certain time duration, and were then automatically replaced by white squares. Three different hold duration conditions were tested: 600, 430 and 210 milliseconds. The duration of 650 milliseconds was equivalent to the average initial latency of five-numeral masking

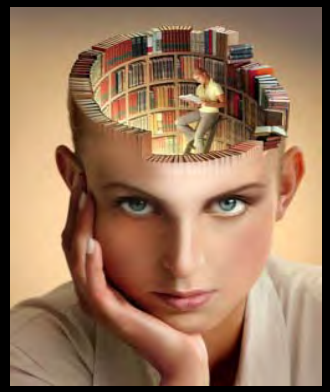
Figure 1 Chimpanzee Ayumu performing the masking task.
(A) Ayumu touches the first numeral of the sequence. (B) Immediately after, the remaining numerals are replaced by white squares. (C) Ayumu remembers the location where the numerals appeared in which location on the screen.



man sollte aber die Vergleiche von Affen und Menschen nicht überbewerten.....

„Das Gedächtnis wäre uns zu nichts nütze, wenn es unnachsichtig treu wäre."

(Paul Valéry)

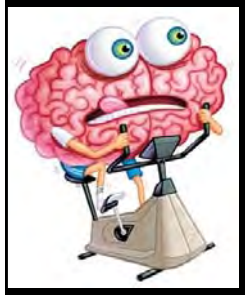


Ein zuviel an Information stört das Denken:

- das Arbeitsgedächtnis versagt
- die Gewichtung der Informationen gelingt nicht
- Die Fehleranfälligkeit nimmt zu

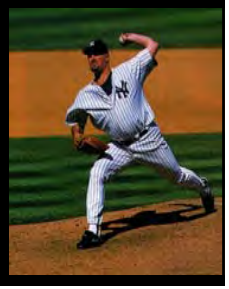
Bewegungsplanung

Was haben Sport, Intelligenz und Gehirn miteinander zu tun?



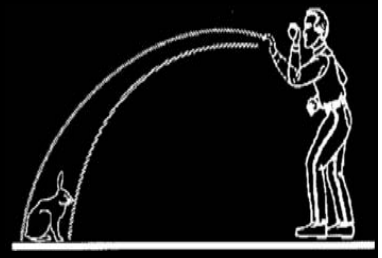
Intelligenz und Sport
Bewegungen planen – Handlungen planen

- Einen Stein zu werfen, dauert etwa 125ms.
- Korrekturschleifen im Gehirn sind nicht schnell genug, um eine einmal angefangene Wurfbewegung zu korrigieren
- bei Wurfbewegungen muss das Gehirn die letzten Sequenzen im voraus planen
- dies könnte die Voraussetzung für das sequentielle Planen von Abläufen genereller Natur sein (z.B. Sprache)



Neues erfordert eine ernome Flexibilität

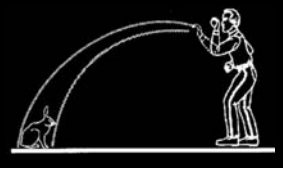
- Die meisten Wurfziele sind neu, so dass die neuronalen Schaltkreise für die Planung von Sequenzen von Bewegungsabläufen, die nur 125ms dauern, über die letzten paar Millionen Jahren verbessert wurde.



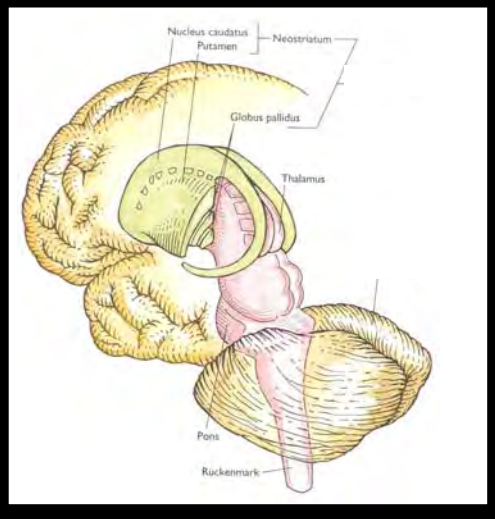
Bewegungslernen: Anweisungen, welche sich auf den Effekt/das Ziel einer Bewegung richten, statt auf die Bewegung selbst, sind erfolgreicher

Das Ziel ist der Weg: Bewegungsplanung in Sequenzen

- Menschen können sich Ziele und Endpositionen von Bewegungen besser merken, als die Bewegung selbst
- Experimente am Münchner MPI für Psychologische Forschung haben gezeigt, dass Kinder beim Imitieren eher das Ziel und den Sinn einer Bewegung beachten als die Bewegung selbst
- Alle diese Versuche deuten darauf hin, dass wir Bewegungen über ihre **vorgestellten Effekte** planen, steuern und im Gedächtnis speichern.
- Oder anders ausgedrückt: **Der vorweggenommene Effekt steht gewissermaßen für die ganze Bewegung.**

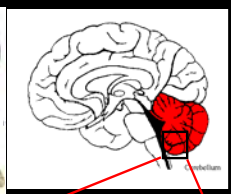


Motorisches Lernen und Gehirn



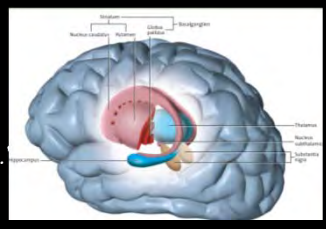
Kleinhirn: Der miniaturisierte Gigant

- 3x soviel Nervenzellen wie das Großhirn
- Bewegungskordination
- Bewegungslernen
- motorisches Gedächtnis



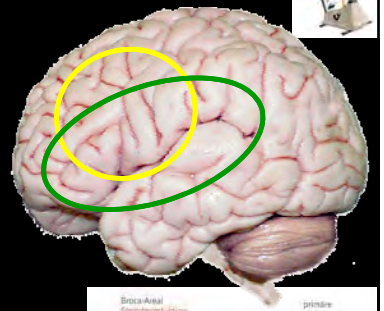
Bewegte Momente: Planen ist manchmal besser als Üben

- Parkinson Patienten: Defizit im Dopamin-System des Gehirns
- können oft nur sehr schwer laufen, aber manchmal noch gut tanzen
- Wie kann das sein?
- Es kommt eben nicht nur darauf an, wie wir eine Bewegung ausführen, welche Muskeln wir wann anspannen oder entspannen, sondern es kommt darauf an, wie wir uns eine Bewegung vorstellen, also wie wir sie mental planen
- z.B. Glen Gould
- *Moshe Feldenkrais: „Durch Vorstellung wird ein größere Besserung erzielt als durch die Handlung.*



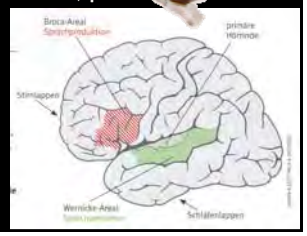
Sprache als Sequenzplanung und -analyse

Die Planung einer Sequenz von Bewegungen (ballistische Wurfbewegungen) waren die Voraussetztung für Sprache und für vorausschauendes Handeln



Bewegung und Sprache:

Die gleichen Areale sind involviert, wenn es um die Erzeugung und Verarbeitung von Sprache geht.

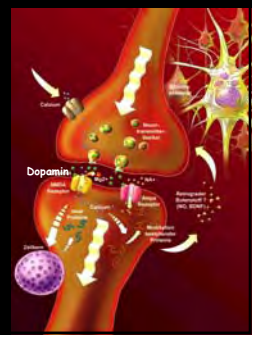


Rhythmik, Sequenzen und IQ

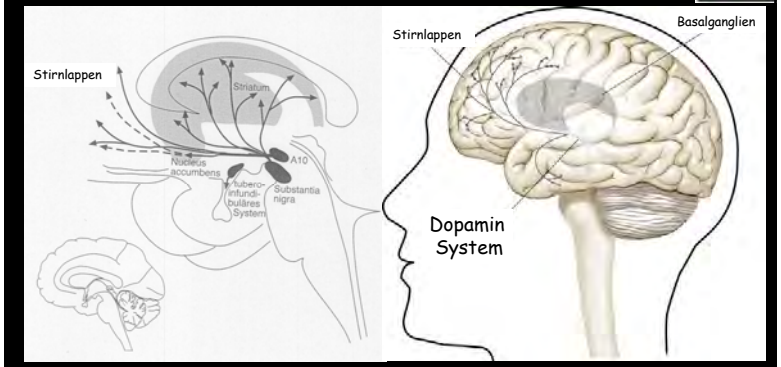
- Sprache, Musik und sportliche Betätigung haben die Planung und Analyse einer Sequenz von Elementen als Grundlage
  - rhythmische Bewegungen verbessern die Kreativität und die Denkfähigkeit (IQ kann bis zu 10% steigen)
  - gleiches gilt auch für das Hören von Musik (kurzfristig) oder wenn man selbst Musik macht (langfristiger Effekt auf den IQ)

Sport, Dopamin und Motivation

- sportliche Betätigung führt zu einem Anstieg des Gehirnbotenstoffes Dopamin
- Dopamin ist ein Neurotransmitter, der die Kommunikation zwischen spezifischen Nervenzellen ermöglicht
- Dopamin wird nur an speziellen Synapsen benutzt
  - in motorischen Schaltkreisen
  - in Motivations-Schaltkreisen
  - beim Arbeitsgedächtnis
- wenn es so etwas wie einen Motor des Gehirns gäbe, wäre es das Dopamin

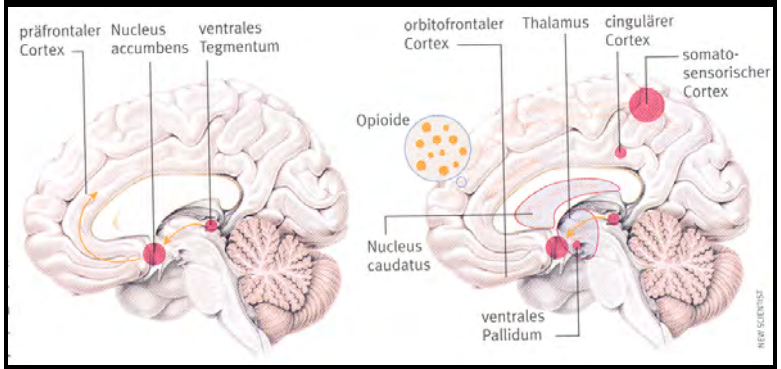


Dopamin: Antriebsstoff für das Gehirn



Dopamin steuert:
- die selektive Aufmerksamkeit
- spielt eine Rolle bei der Bewegungskontrolle (Rhythmus)
- beim Arbeitsgedächtnis und beim Erwartungssystem des Gehirns (Motivation)

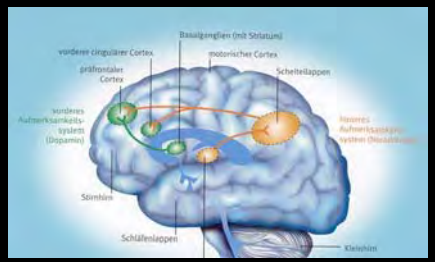
Wie Lust auf eine Tätigkeit im Gehirn entsteht

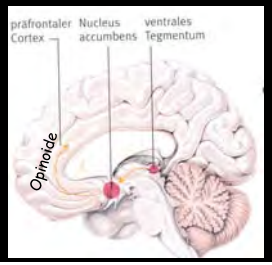


- je überraschender ein Ergebnis, umso größer die hirneigene Belohnung
- Nervenzellen berechnen im vorhinein den zu erwartenden Ertrag einer Handlung

Gehirnbotenstoffe und Sport

Sport führt zu einer Ausschüttung von spezifischen Botenstoffen:
- Sport verbessert die Konzentrationsfähigkeit (bessere Durchblutung und Sauerstoffversorgung)
- das Wohlbefinden wird gesteigert (körpereigene Opiate – ganz legal)
- die Motivation wird erhöht (über Dopamin)
- die Aufmerksamkeit und die mentale Aktivierung werden gesteigert (Noradrenalin)
- Selbstvertrauen wird gesteigert und Angstzustände vermindert (Serotonin)





Sport fördert IQ

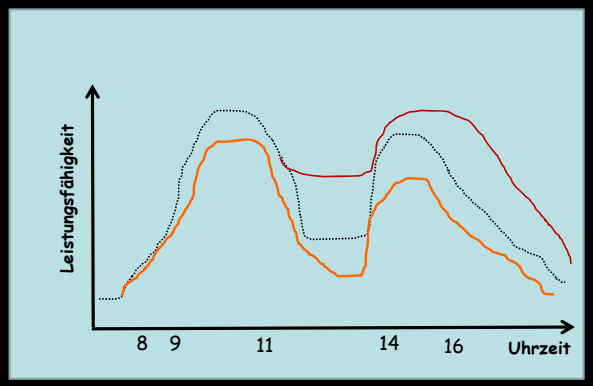
- Sport und musizieren sind eine gute Übung für Sprachen lernen, komplexe Planungen machen und kreatives Denken
- Bewegungsreize sind für das Gehirn Wachstumsreize
- *durch einen erhöhten Vernetztheitsgrad der Nervenzellen des Gehirns wird auch die Intelligenz gefördert.*

Wie lernen wir?

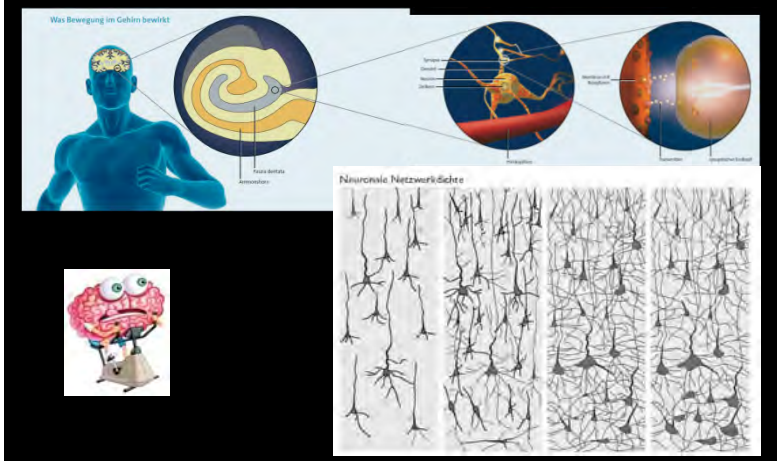
- wirlernen mehr unbewusst als bewusst
- wirlernen immer
- Lernen braucht:

» **Zeit**
» **Energie**
» **Sauerstoff**
» **Bewegung**
» **Flüssigkeit**

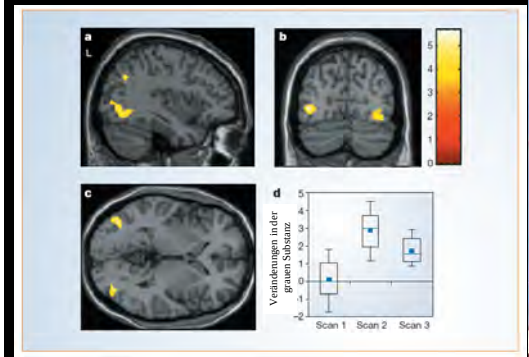
Konzentrationsfähigkeit und Tagesrhythmus



Sport fördert die Neubildung von neuen Nervenzellen, Synapsen und stärkt die Funktion von Synapsen



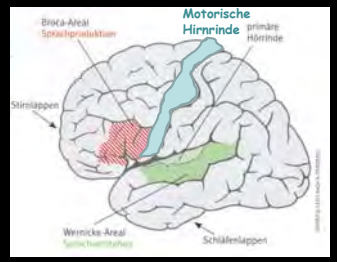
Übung hinterlässt seine Spuren im Gehirn

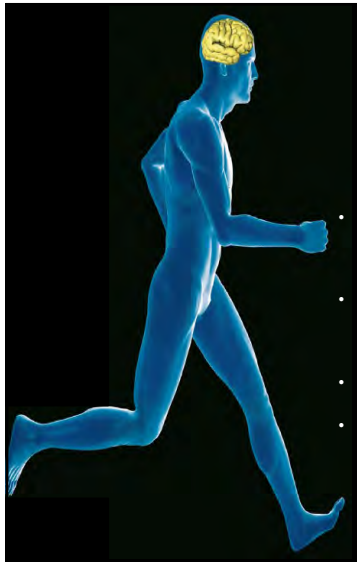


Bogdan Draganski*, Christian Gaser†, Volker Busch*, Gerhard Schuierer‡, Ulrich Bogdahn*, Arne May*

NATURE | VOL 427 | 22 JANUARY 2004

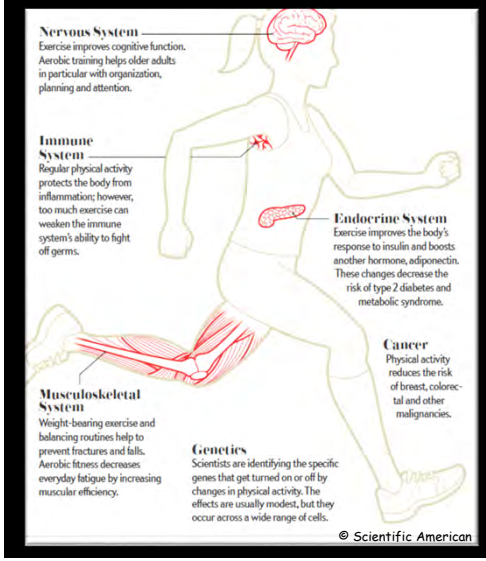
Durchblutung des Gehirns und Bewegung: Förderung der Konzentrationsfähigkeit





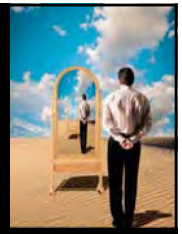
Bewegung:

- Bildung neuer Nervenzellen wird angeregt (Wachstumsfaktoren)
- Durchblutung des Gehirns wird verbessert
- Konzentrationsfähigkeit wird gesteigert
- lässt das Gehirn langsamer Altern (moderates Ausdauertraining reicht)

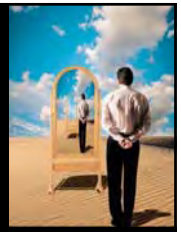


Sport nützt dem gesamten Körper, vor allem dem Gehirn und dem Herz!

Steckbrief über Spiegelneurone

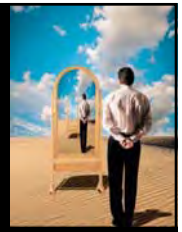


Spiegelneurone in Aktion: die schmerzhafte Variante

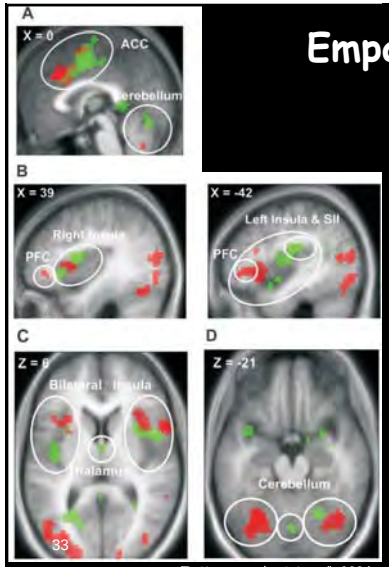


- Empathie

Spiegelneurone in Aktion: die schmerzhafte Variante



- Empathie



T. Singer et al.,, Science", 2004

Empathie

Wenn wir Schmerz bei anderen Menschen beobachten, sind die gleichen Gehirnareale aktiv, die aktiv wären, wenn wir selbst Schmerz hätten!

Emotionale Intelligenz und Willenskraft

- sich selbst sehr gut einschätzen können
- *andere Menschen in ihren Zielen und Gefühlen sehr gut einschätzen können*
- *Willensstärke*

Atmosphärisches nüchtern im Gehirn betrachtet

- Dopamin: Leistung, Aufmerksamkeit (Arbeitsgedächtnis)
- Opinoide: "Wohlfühldroge" / Euphorie (endogene Opiate), Belohnung
- Oxytoxin: soziale Bindung, persönlicher Einsatz, Vorbilder, für bestimmte Menschen besonders einsetzen

Vorausetzung dafür, dass dieser Motivations-Cocktail auch ausgeschüttet wird:

- Interesse
- soziale Anerkennung
- persönliche Wertschätzung
- gute Vorbilder
- Chance auf Erfolg
- Fairness
- Ansprüche stellen

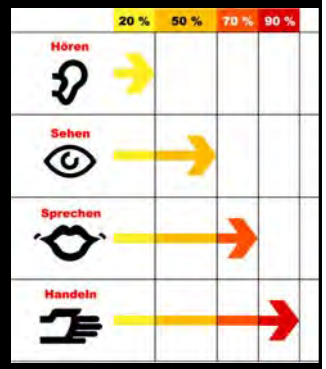
Gesunde Ernährung , welche dem Gedächtnis nützt:

- Mehrfachzucker, geben dem Gehirn kontinuierlich Energie
  - Brot, Nudeln, Reis, Hülsenfrüchte, Kartoffeln
- ungesättigte Fettsäuren (das Gehirn ist unser fetthaligstes Organ)
  - Omega-6 und Omega-3 Fettsäuren
  - sind in Rapsöl, Nussöl, Nüsse
  - 2x die Woche: Lachs, Thunfisch, Hering, Makrele, Forelle
- Vitamin B1 (ermöglichti die Verwertung von Traubenzucker)
  - Linsen,, Schinken, Leber
- Folsäure (vor allem Mangel im Alter)
  - Kresse, Spinat, Brokkoli, Eier
- Vitamin E (verlangsamt Alterungsprozesse im Gehirn), Maisöl, Mais, Sonnenblume

Sieben Aussagen über Lerntypen

Ergebnisse eines 10 minütigen Testes:

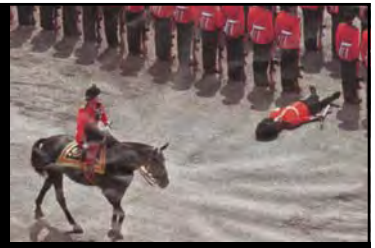
1. 10% von dem, was wir lesen
2. 20% von dem, was wir hören
3. 30% von dem, was wir sehen
4. 50% von dem, was wir hören + sehen
5. 70% von dem, was wir selber sagen
6. 90% von dem, was wir selber tun (!)
7. **Mischstrategien sind also das Beste und nichts ist besser als es selber zu tun**



K. Witzenbacher, American Audiovisuell Society, 1985

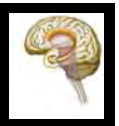
Wieder alles falsch gemacht…

Wieder alles falsch gemacht…



- entscheidender Erfolgsfaktor für Menschen besteht darin, aus eigenen Fehlern zu lernen
- Einsatz statt Talent loben – aus Fehlern lernen verstärken
- Lobt man nur vorhandene Kenntnisse, werden Fehlern zu Niederlagen
- Angst vor dem Versagen behindert die Lernleistung
- Fehler sind aus Sicht des Gehirns entscheidende Bausteine für neues Wissen (Kalibrierung des Dopamin-Systems)
- Nils Bohr: *„man ist erst dann Experte auf einem Gebiet, wenn man alle nur denkbaren Fehler begangen hat"*

7 Lernprinzipien gegen das Vergessen

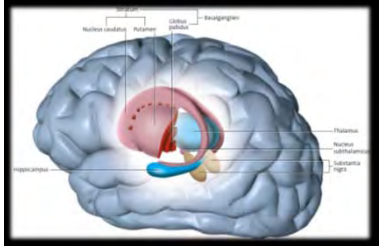


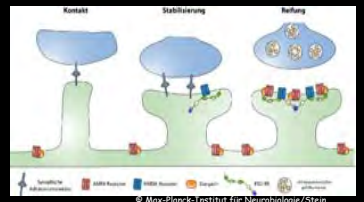
1. Klare Ziele setzen
2. Motivieren und sich konzentrieren
3. das Wissen neu sortieren und ordnen
4. Assoziationen nutzen
5. Bilder erzeugen
6. Zusammenhänge verstehen
7. Üben, Üben, Üben (in kurzen Intervallen)

Gewohnheiten sind fest in unserem Gehirn verdrahtet und verschwinden so gut wie niemals!

Gut, dass wir nach dem Urlaub wieder zurück in die Arbeits-routine finden, oder noch Auto fahren können

Aber: unser Gehirn kann nicht zwischen guten und schlechten Gewohnheiten unterscheiden!





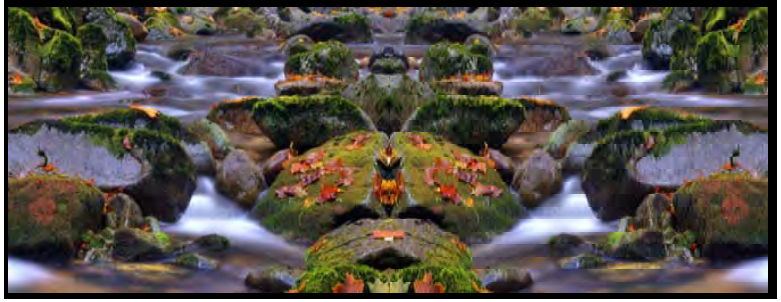
© Max-Planck-Institut für Neurobiologie/Stein

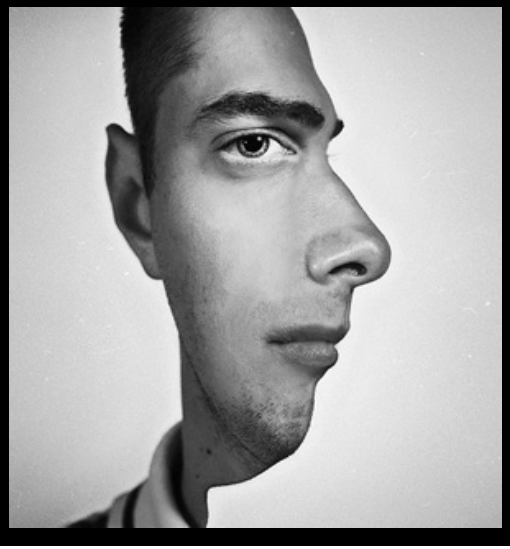
Zeit

Im Wasser

„Da schwimmen zwei junge Fische umher, und die begegnen zufälligerweise einem älteren Fisch, der in die die entgegengesetzte Richtung schwimmt. Er nickt ihnen zu und sagt: „Morgen Jungs. Wie ist das Wasser so?"

Die beiden jungen Fische schwimmen weiter, schließlich blickt einer den anderen an und sagt: „Was zum Teufel ist Wasser?" (David Foster Wallace)





Gewohnheitsschaltkreise durchbrechen

1. Was ist der Auslösereiz? (Schlüsselreize identifizieren)
2. Was soll die Routine sein?
3. Was könnte eine Belohnung sein, die wir erwarten?

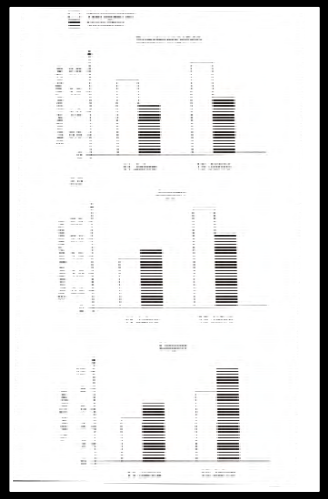
Menschen ändern Routinen –

- nur dann, wenn sie glauben, das Änderung möglich ist (Autonomie)
- eher in einer sozialen Gruppe
- wenn neue Auslösereize verwendet werden, z.B. in Zeiten der Krise
- Simulation einer neuen Situation
- wenn Achtsamkeit trainiert wird (Arbeitsgedächtnis), wird auch die Willenskraft gestärkt
- Wenn dem neuen ein vertrauter Anstrich gegeben wird

Gehirn

Mediennutzung

Vor allem zählt was man nicht tut, wenn man vorm Fernseher oder vorm Computer sitzt



Frosch am Smartphone: Suchtfaktor nicht unterschätzen