

Gehirnforschung

Seminar
Ist künstliche Intelligenz gefährlich?

Letiția Elena Pârcălăbescu

14. Juni 2017

$$942657 * 235 = ?$$

$$942657 * 235 = 221524395$$

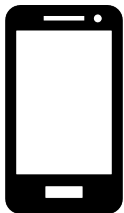


Abbildung 1: 10^{10} 0.00000000001 Sek. 2 Watt.



Abbildung 2: 10^8 60 Sekunden. 20 Watt.

Energiedesaster!

10^{11} mehr Energieverbrauch!

Aufbau

Das Neuronen-1x1

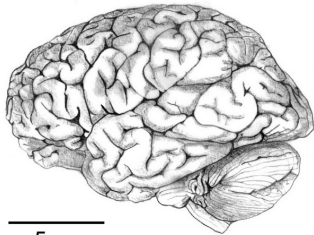
Mit Licht ins Gehirn

Was macht uns besonders?

Größe des Gehirns \sim Anzahl an Neuronen \Rightarrow schlauer!

Größe des Gehirns \sim Anzahl an Neuronen \Rightarrow schlauer!

human



5 cm

African elephant

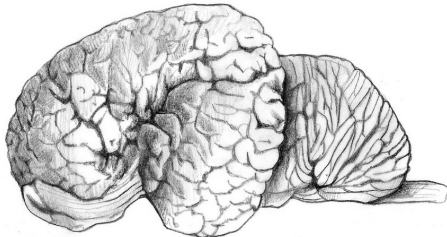


Abbildung 3: Das menschliche Gehirn verglichen zu dem von einem Afrikanischen Elefanten. Zeichnung auf gleicher Skala. Herculano-Houzel (2009)

Noch ein Versuch...

Gehirnmasse pro Körpergröße \sim schlau!

Noch ein Versuch...

Gehirnmasse pro Körpergröße \sim schlau!

- ▶ 70 kg Körpermasse
- ▶ 1,5 kg Gehirnmasse
- ▶ 25% Energieverbrauch
- ▶ 140-210 kg
- ▶ 0,5 kg

Evolution, was meinst du?

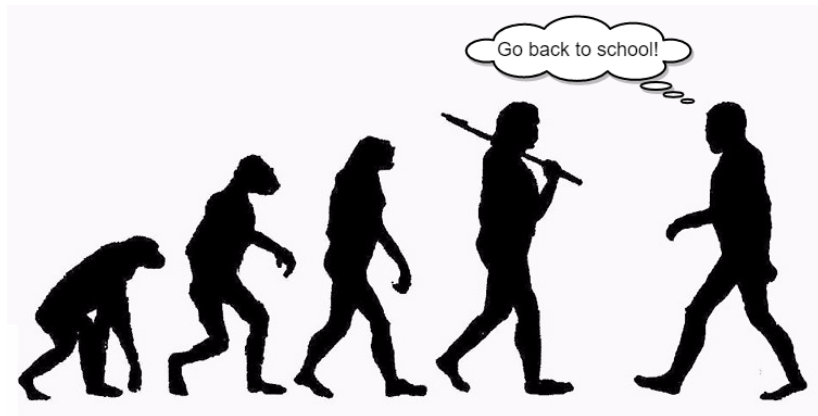


Abbildung 4: Modified from ³

Was macht uns besonders?

Größe des Gehirns \approx Anzahl an Neuronen

- ▶ 10^{11} Neuronen
- ▶ über 10^{12} Gliazellen
- ▶ 10^{15} Synapsen









Homogenisierung



Homogenisierung



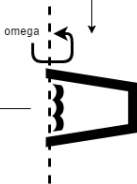
omega



Zentrifugieren



Homogenisierung



Zentrifugieren

Mikroskopische
Analyse



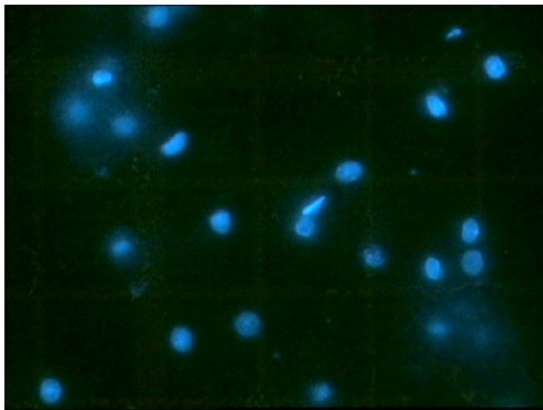


Abbildung 5: Herculano-Houzel and Lent (2005)

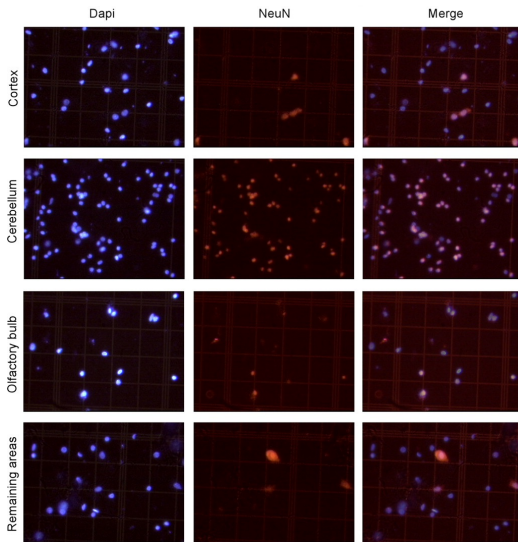


Abbildung 6: Herculano-Houzel and Lent (2005)

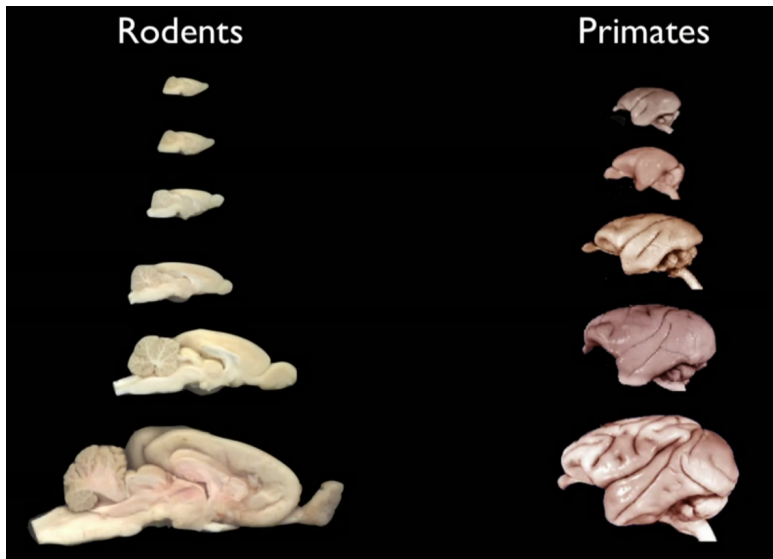
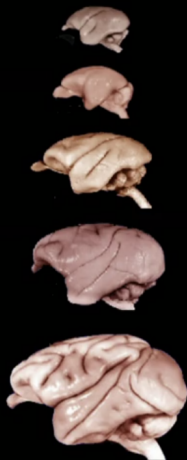


Abbildung 7: ⁴

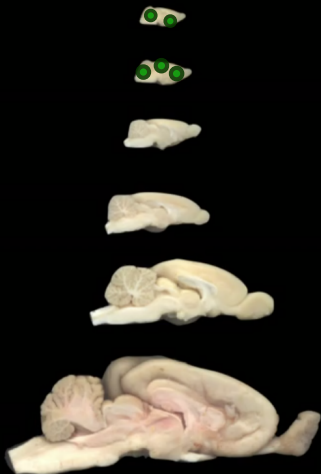
Rodents



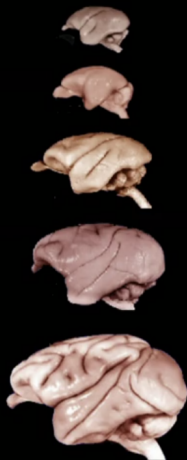
Primates



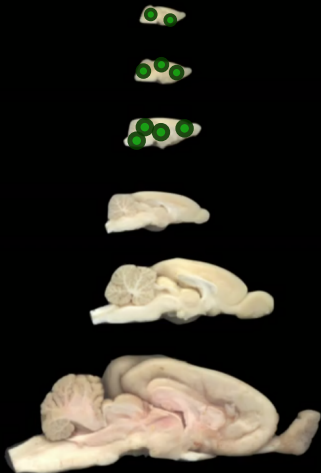
Rodents



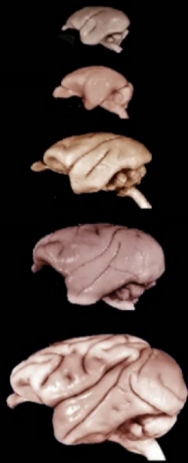
Primates



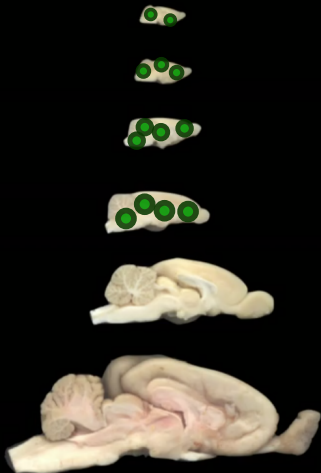
Rodents



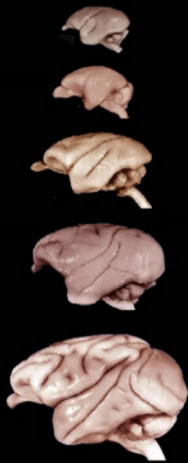
Primates



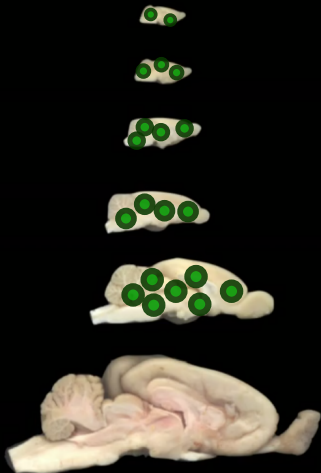
Rodents



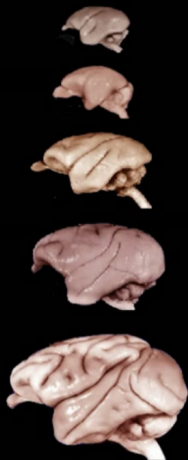
Primates



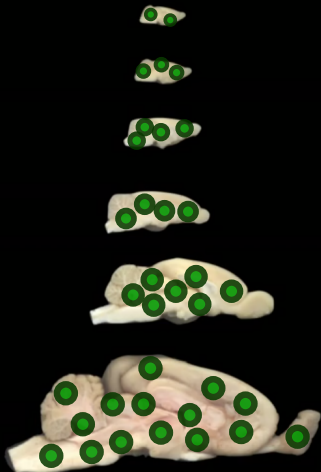
Rodents



Primates



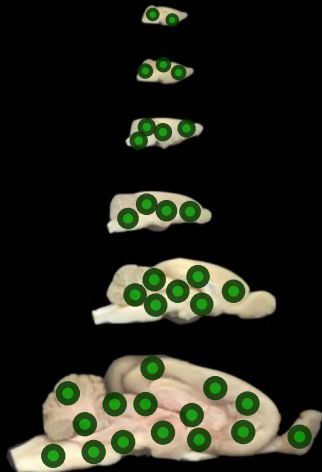
Rodents



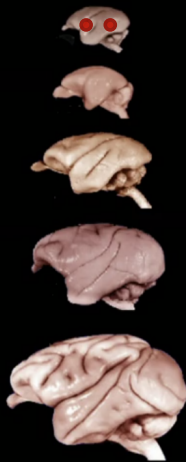
Primates



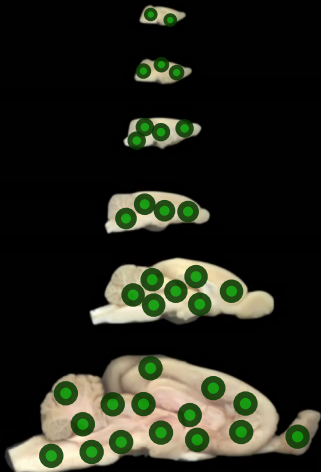
Rodents



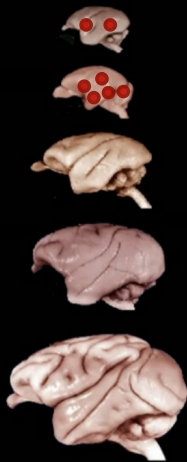
Primates



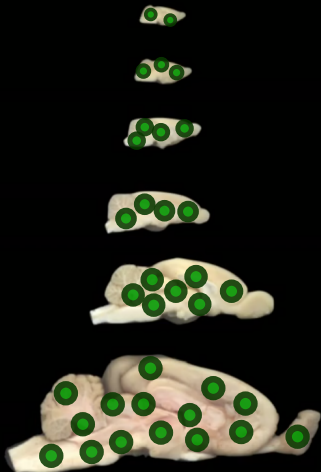
Rodents



Primates



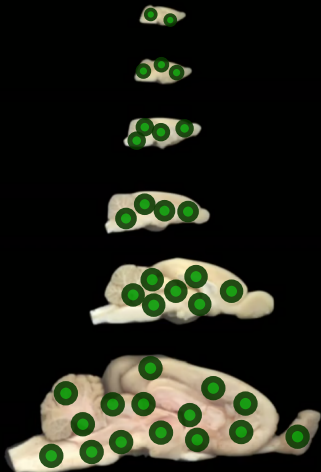
Rodents



Primates



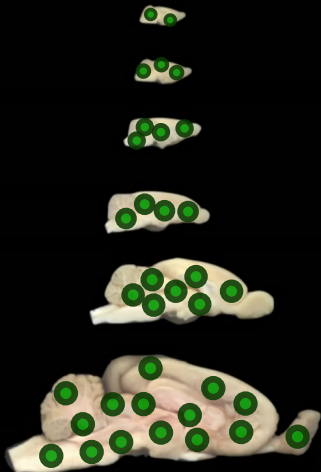
Rodents



Primates



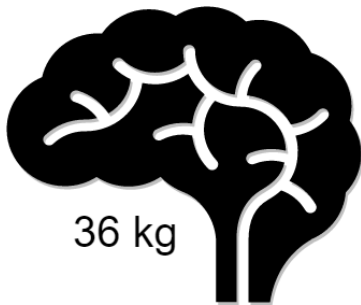
Rodents



Primates



Wenn 86 Milliarden Neuronen wie in einem Nagetiergehirn gepackt wären...



Wenn 86 Milliarden Neuronen wie in einem Primatengehirn gepackt wären.

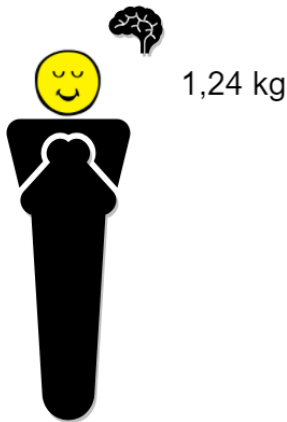




Abbildung 8: ⁵

Körperkosten + # Neuronen < Energieeinnahme

Körperkosten + # Neuronen < Energieeinnahme

A primate that eats 8 hours/day...

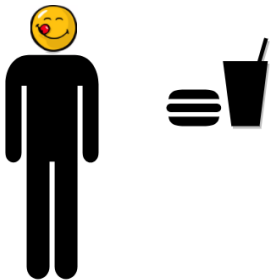
human! →	86 B neurons	not viable	
	53 B neurons	25 kg	
	45 B neurons	50 kg	
	30 B neurons	75 kg	← orang, gorilla
	12 B neurons	100 kg	
	not viable	150 kg	

Abbildung 9: ⁶

Körperkosten + # Neuronen < Energieeinnahme



Abbildung 10: ⁷



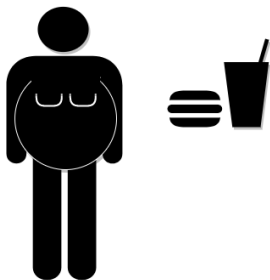




Abbildung 11: ⁸

Was haben wir daraus gelernt?

Neuronale Netze mit 86 Milliarden Neuronen. :)

Nein, ein Gehirn ist viel mehr als ein NN-Modell.

- ▶ Morphologie der Neuronen
- ▶ Zeitliche Dynamik



Abbildung 12: 9

Nein, ein Gehirn ist viel mehr als ein NN-Modell.

- ▶ Morphologie der Neuronen
- ▶ Zeitliche Dynamik

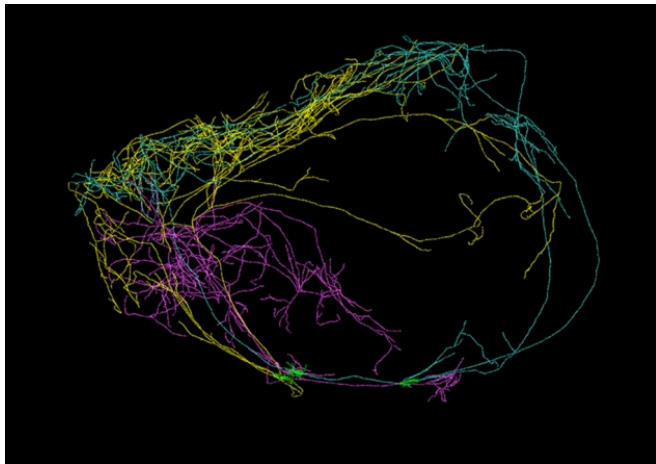


Abbildung 13: ¹⁰

Was wollen wir sehen?

Synapsen:

- ▶ Vorsynaptisch: ~ 40 nm große Vesikeln.
- ▶ Synaptischer Spalt: ~ 30 nm.
- ▶ Postsynaptisch: Aktivierung verschiedener Rezeptoren.

Grenzen der klassischen Lichtmikroskopie

Abbe-Limit bei ~ 200 nm:

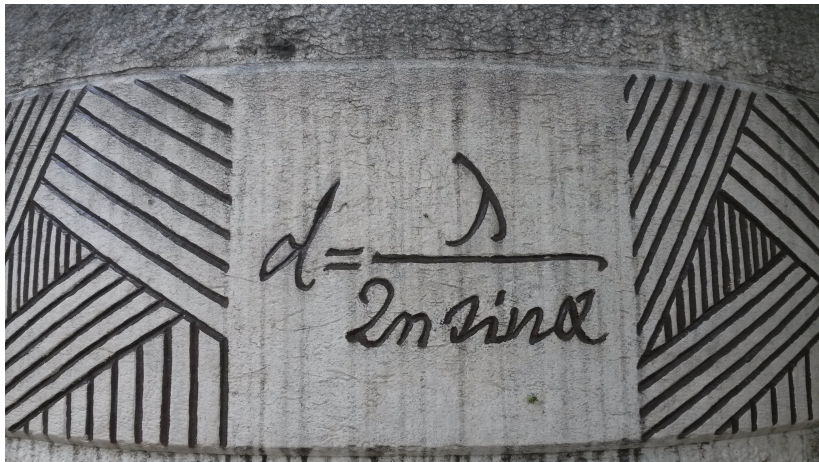


Abbildung 14: ¹¹

Was können wir tun?

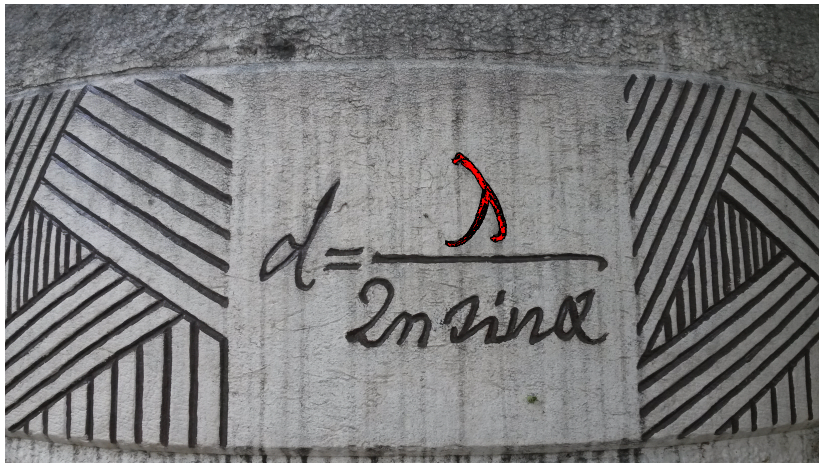


Abbildung 15

Was können wir tun?

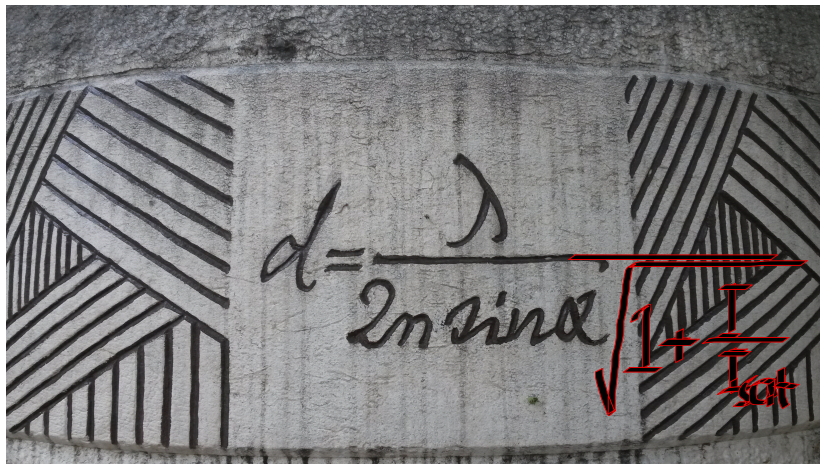


Abbildung 16

Fluoreszenzmikroskopie

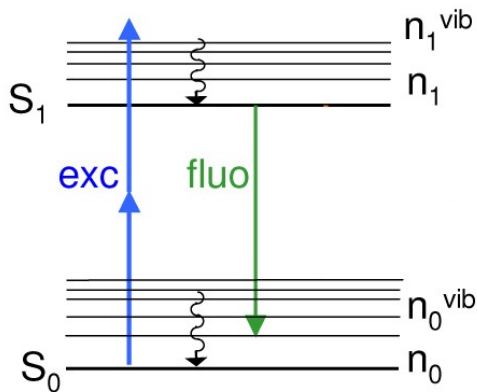


Abbildung 17: modified from ¹²

Fluoreszenzmikroskopie

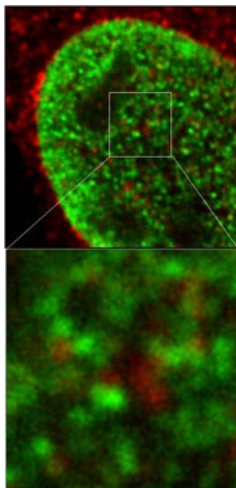


Abbildung 18: modified from ¹³

Fluoreszenzmikroskopie

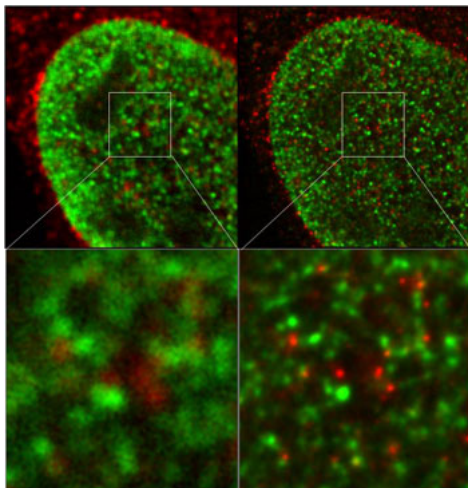


Abbildung 19: Links: Fluo, Rechts: STED. ¹⁴

Stimulated Emission Depletion (STED)

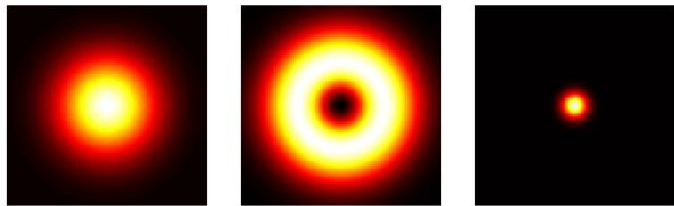


Abbildung 20: ¹⁵

Stokesverschiebung

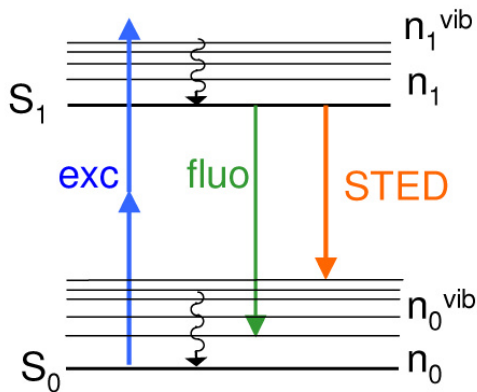
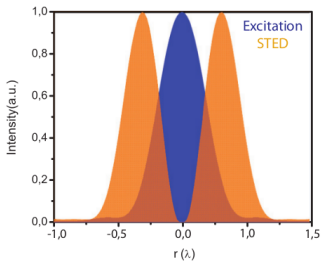
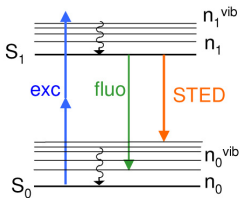
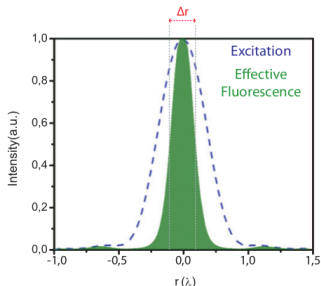


Abbildung 21: ¹⁶

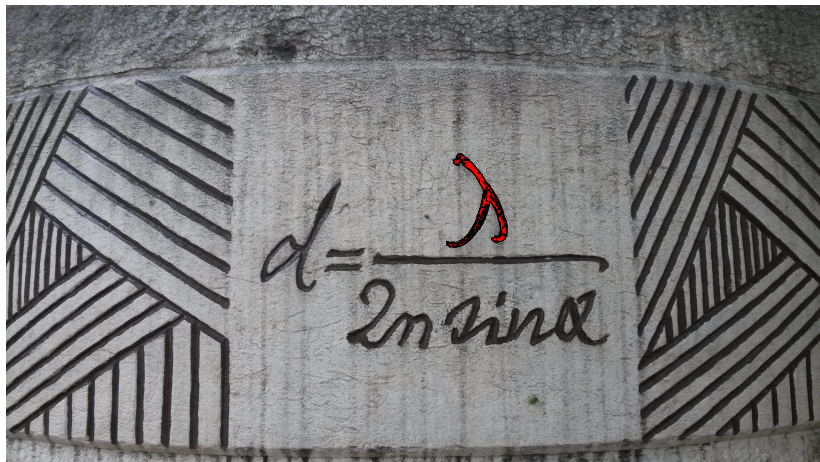


(a)



(b)

Was können wir tun?



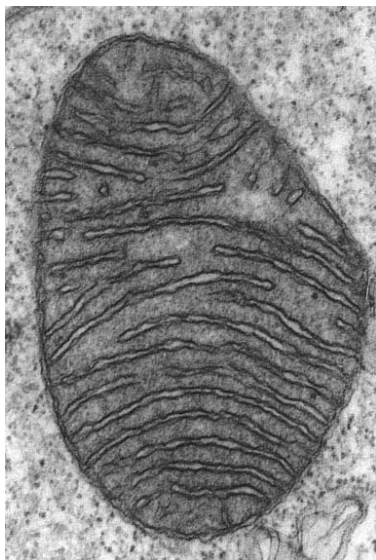


Abbildung 23: ¹⁷

Elektronenmikroskop

- ▶ TEM Transmissionselektronenmikroskopie: 10^{-15} m
- ▶ REM Rasterelektronenmikroskopie: 10^{-9} m

Magneten als Linsen, Glühkathode als Quelle der e^- .

Elektronenmikroskop



Abbildung 24: 18

Vor-und Nachteile

LM:

- ▶ limitiert von λ , mit Tricks kommt man auf 100 nm.
- ▶ zeitliche Aufnahmen
- ▶ Fluoreszenzproteine markieren nur manche Strukturen, das meiste ist dunkel.
- ▶ mehrere Farbkanäle.

EM:

- ▶ sehr hohe Auflösung 1 nm.
- ▶ destruktive Untersuchungsmethode.
- ▶ feine Strukturen kommen zum Vorschein.
- ▶ Grauwerte.

Correlative Light Electron Microscopy (CLEM)

1. Lokalisation: LM
2. Feine Strukturen: EM

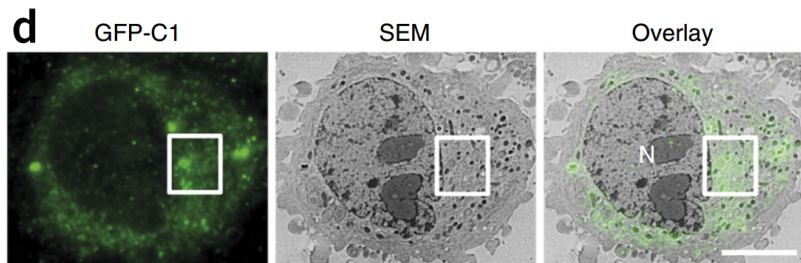


Abbildung 25: De Boer et al. (2015)

3 Varianten.

1. Sequentielle Aufnahme und Überlappung der ROI

- ▶ freie Wahl der LM Technik bevor EM.
- ▶ EM Präparation nach LM
- ▶ brauche Lokalisationsgitter für die passende Ausrichtung.
Dafür Software, aber geringe Genauigkeit.

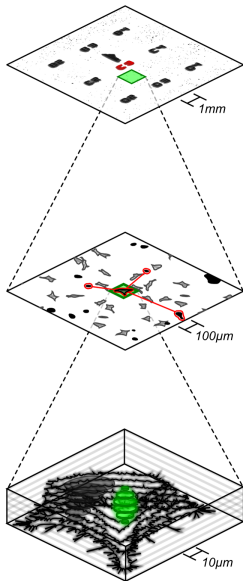


Abbildung 26: Padman et al. (2014)

2. High-precision overlay

- ▶ Genauigkeit über $5\mu\text{m}$.
- ▶ Marker in LM und EM wie Nanopartikel, Quantum Dots
- ▶ Verzerrung in der Präparation von EM.

3. Integrierte Mikroskopie

- ▶ FM und EM in Einem.
- ▶ Die Präparation soll von Anfang an für beides LM und EM gemacht worden sein, schwierig.
- ▶ keine Verzerrung in der jetzt nicht existierenden Mittelstufe.

Die Objekte selbst vergrößern?!

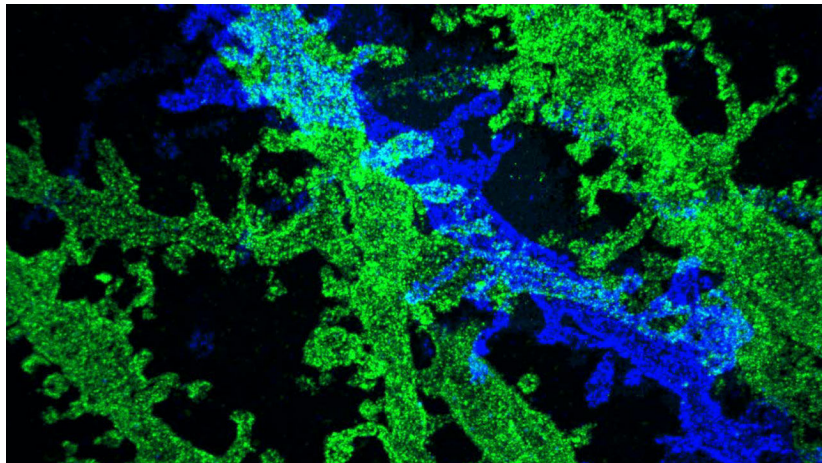


Abbildung 27: Chang et al. (2017)

3D Rekonstruktion

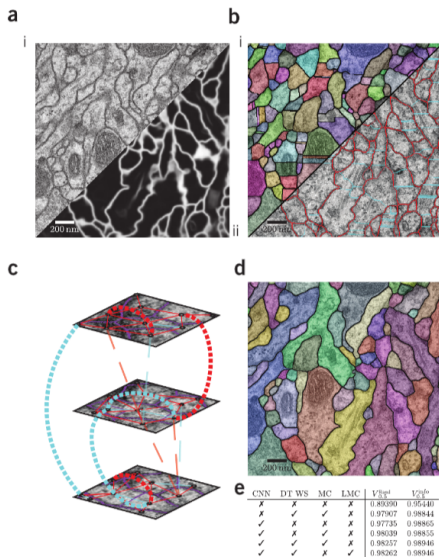


Abbildung 28: Beier et al. (2017)

Referenzen

- I. Begemann and M. Galic. Correlative light electron microscopy: Connecting synaptic structure and function. *Frontiers in Synaptic Neuroscience*, 8:28, 2016. ISSN 1663-3563. doi: 10.3389/fnsyn.2016.00028. URL <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnsyn.2016.00028>.
- T. Beier, C. Pape, N. Rahaman, T. Prange, S. Berg, D. D. Bock, A. Cardona, G. W. Knott, S. M. Plaza, L. K. Scheffer, et al. Multicut brings automated neurite segmentation closer to human performance. *Nature Methods*, 14(2):101–102, 2017.
- J.-B. Chang, F. Chen, Y.-G. Yoon, E. E. Jung, H. Babcock, J. S. Kang, S. Asano, H.-J. Suk, N. Pak, P. W. Tillberg, et al. Iterative expansion microscopy. *Nature Methods*, 14(6):593–599, 2017.
- P. De Boer, J. P. Hoogenboom, and B. N. Giepmans. Correlated light and electron microscopy: ultrastructure lights up! *Nature methods*, 12(6):503–513, 2015.
- S. Herculano-Houzel. The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in human neuroscience*, 3:31, 2009.
- S. Herculano-Houzel and R. Lent. Isotropic fractionator: A simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain. *Journal of Neuroscience*, 25(10):2518–2521, 2005. ISSN 0270-6474. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4526-04.2005. URL <http://www.jneurosci.org/content/25/10/2518>.
- B. S. Padman, M. Bach, and G. Ramm. An improved procedure for subcellular spatial alignment during live-cell clem. *PLoS one*, 9(4):e95967, 2014.

Bildquellen

- ¹<https://image.flaticon.com/icons/png/512/0/488.png>
- ²<http://magazin.woxikon.de/wp-content/uploads/2012/08/Das-Gehirn.jpg>
- ³<https://ih0.redbubble.net/image.33182433.8467/raf,750x1000,075,t,fafafa:ca443f4786.jpg>
- ⁴https://www.ted.com/talks/suzana_herculano_houzel_what_is_so_special_about_the_human_brain#t-332425
- ⁵https://ichef.bbci.co.uk/news/660/cpsprodpb/11CC5/production/_91910927_gettyimages-167884840.jpg
- ⁶https://www.ted.com/talks/suzana_herculano_houzel_what_is_so_special_about_the_human_brain#t-332425
- ⁷<http://ghk.h-cdn.co/assets/16/48/1600x800/landscape-1480535239-gettyimages-184130285.jpg>
- ⁸<https://d1d8i24om29pt.cloudfront.net/static/desktop/products/salat-korfu.png>
- ⁹https://en.wikipedia.org/wiki/File:Purkinj_cell_by_Cajal.png
- ¹⁰<http://www.nature.com/news/a-giant-neuron-found-wrapped-around-entire-mouse-brain-1.21539>
- ¹¹https://en.wikipedia.org/wiki/File:Ernst-Abbe-Denkmal_Jena_F%C3%BCrstengraben_-_20140802_-_125708.jpg
- ¹²<https://www.osapublishing.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-19-19-18036>
- ¹³<https://www.activemotif.com/catalog/689/chromeo-494-tools-for-sted-microscopy>
- ¹⁴<https://www.activemotif.com/catalog/689/chromeo-494-tools-for-sted-microscopy>
- ¹⁵https://en.wikipedia.org/wiki/File:STED_Mikroskop_PSFs.jpg
- ¹⁶<https://www.osapublishing.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-19-19-18036>
- ¹⁷<http://www2.vobs.at/bio/cytologie/pics/c-zelle-mito-02.jpg>
- ¹⁸<https://de.wikipedia.org/wiki/Elektronenmikroskop#/media/File:Elektronenmikroskop.jpg>