

# Neurobiologie

## Sinn- und Wertevermittlung in Unterricht und Schule

Moritz Klammler 11. Januar 2012

FAKULTÄT FÜR CHEMIE UND BIOWISSENSCHAFTEN



*Copyright (C) Moritz Klammler 2012*

Diese Präsentation darf unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Unported (CC BY-SA3.0) oder wahlweise einer beliebigen späteren Version derselben Lizenz vervielfältigt, verbreitet, öffentlich zugänglich gemacht, abgewandelt und kommerziell genutzt werden. Für die genauen Bestimmungen siehe <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

Davon abweichende urheberrechtliche Informationen zu in die Präsentation eingebundenen Bildern sind auf den Folgeseiten genannt.

### *Kolophon*

Diese Präsentation wurde mit  $\LaTeX$  und der BEAMER Klasse erstellt. Das verwendete Theme ist  $\kappa_{it} \rightarrow$  von Moritz Klammler mit einigen individuellen Einstellungen. Zitate wurden mit BIB $\LaTeX$  erstellt. Die Grundschriftart ist LINUX BIOLINUM. Das Titelbild zeigt einen Ausschnitt aus der Bleistiftzeichnung „Kühe am Wasser“ von Gregor von Bochmann (1850–1930).

Der Quellcode der Präsentation ist auf Anfrage vom Autor ([moritz.klammler@gmail.com](mailto:moritz.klammler@gmail.com)) erhältlich.

# Bildnachweise I

**Titelbild** Gregor von Bochmann (1850–1930), *Kühe am Wasser* 19. Jh., Bleistiftzeichnung, 12 × 19 cm, Privatbesitz, Gemeinfrei nach Ablauf der Schutzfrist.

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bochmann\\_B0512\\_-\\_Kuehe\\_am\\_Wasser.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bochmann_B0512_-_Kuehe_am_Wasser.jpg)

**Joseph Jefferson als Rip Van Winkle** Unbekannter Künstler, *Dis von don't count*. 19. Jh., Library of Congress, Gemeinfrei nach Ablauf der Schutzfrist.

<http://www.loc.gov/pictures/resource/cph.3b52120/>

**Kopfschema mit Gehirn** Patrick J. Lynch, *Anatomie des Kopfes in lateraler Ansicht*. 2006, SVG-Grafik, Creative Commons Attribution 2.5 Generic.

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Head\\_anatomy\\_lateral\\_view.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Head_anatomy_lateral_view.svg)

**Étienne de Silhouette** Gemeinfrei.

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Etienne-de-silhouette.png>

**Rattus Norvegicus Forma Domestica** AlexK100, *Fancy rat blaze*. 2007, Farbfotografie, Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 Unported.

<http://www.flickr.com/photos/alexk100/1091960123/>

**Aplysia Californica** Genny Anderson, *Aplysia Californica*. 2004, Farbfotografie, Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported.

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aplysia\\_californica.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aplysia_californica.jpg)

**Patient am EEG** Aschoeke, *EEG mit 32 Elektroden*. 2007, Farbfotografie, Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported.

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:EEG\\_mit\\_32\\_Elektroden.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:EEG_mit_32_Elektroden.jpg)

# Bildnachweise II

- Analoges EEG** Der Lange, *16-Kanal EEG eines Patienten mit frühkindlicher Absencepilepsie*. 2005, Datenschreiber, Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 Unported.  
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spike-waves.png>
- Patient am MEG** National Institute of Mental Health, *MEG scanner with patient*. 2009, Farbfotografie, gemeinfrei. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NIMH\\_MEG.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NIMH_MEG.jpg)
- Ratte im PET** Armin Kübelbeck, *Nacktratte PET 01*. 2010, Farbfotografie, Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported.  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nacktratte\\_PET\\_01.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nacktratte_PET_01.jpg)
- PET von Suchtkranken** Nora Volkow, *PET – Human Addiction*. 2001, Computergrafik, gemeinfrei.  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PET\\_-\\_Human\\_Addiction.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PET_-_Human_Addiction.jpg)
- Philips MR-Tomograph** Jan Ainali, *Philips MRI in Sahlgrenska Universitetsjukhuset, Gothenburg, Sweden*. 2008, Farbfotografie, Creative Commons Attribution 3.0 Unported.  
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MRI-Philips.JPG>
- MR-Schnitt** Helmut Januschka, *MRT scan of human head*. 2006, Computergrafik, Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported.  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mrt\\_big.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mrt_big.jpg)
- BOLD-fMRT bei Finger-Tapping-Exercise** Martin Witte, *fMRT-Aufnahme*. 2005, Screenshot, gemeinfrei. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fmrtuebersicht.jpg>
- Autismus fMRT** aus Kendall Powell, *Opening a window to the autistic brain*. 2004, Computergrafik, Creative Commons Attribution 2.5 Generic.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC509312/?tool=pmcentrez>

# Inhaltsübersicht

- 1 Historischer Überblick**
- 2 Ausgewählte moderne nichtinvasive empirische Methoden**
- 3 Neuronale Netze und künstliche Intelligenz**

## **1 Historischer Überblick**

- Ausklingendes 19. Jahrhundert
- Erste Hälfte des 20. Jahrhunderts
- Zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts

## **2 Ausgewählte moderne nichtinvasive empirische Methoden**

## **3 Neuronale Netze und künstliche Intelligenz**

## James, 1890

Could the young but realize how soon they will become mere willing bundles of habits, they would give more heed to their conduct while in the plastic state... Every smallest stroke of virtue or vice leaves its never so little scar.

The drunken Rip Van Winkle, in Jefferson's [*sic*] play, excuses himself for every fresh dereliction by saying "I won't count this time!" Well! he may not count it, and a kind heaven may not count it; but it is being counted none the less. Down among his nerve cells and fibres the molecules are counting it, registering and storing it up to be used against him when the next temptation comes.



Joseph Jefferson als  
Rip Van Winkle

W. James. *Principles of Psychology*. New York: Henry Holt, 1890

W. Irving. *The Sketch Book of Geoffrey Crayon, Gent.* Hrsg. von H. Springer. Boston: Twayne, 1978

# Weitere Ereignisse im ausklingenden 19. Jahrhundert

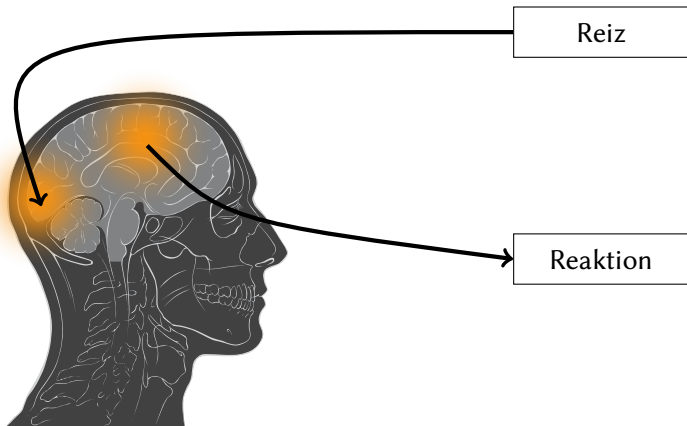
- Erste Beschreibung von *Synapsen* (Foster und Sherrington, 1897)
- Systematisches Messen des Lernfortschritts bei Tieren (Thorndike, 1911)
- Lernen durch *Versuch und Irrtum* (Thorndike, 1911)
- *Bedingter Reflex* (Pavlov)

M. Foster und C.S. Sherrington. *A Text Book of Psychology*. Bd. III. The Central Nervous System. London: McMillan, 1897

E.L. Thorndike. *Animal Intelligence: Experimental Studies*. New York: McMillan, 1911



# Modell der Erregungszentren (Pavlov)



P.J. Lynch 2006, CC-BY

# Frühe Empirische Methoden

- Labyrinthtests
- Sezierung
- Elektrische Stimulation

## Teubner, 1955

Apparently, the best we can do with learning is to prevent it from occurring, by intercurrent stimulation through implanted electrodes [...], by cerebral ablation [...] or by depriving otherwise intact organisms, early in life, of normal sensory influx [...].

H.-L. Teubner. „Physiological Psychology“. In: *Annual Review of Psychology* (6 1955), S. 267–296

# Vererbung von Intelligenz

- Natürliche Rattenpopulation
- Labyrinth-Training
- Auswahl und Kreuzen der besten und der schlechtesten Tiere
- Signifikante Diskrepanz nach 17 Generationen
- Keine weitere Verstärkung nach der 17. Generation
- Hunger signifikant für Geschwindigkeit, nicht aber für Fehlerquote

R.C. Tryon. „Genetic Differences in Maze Learning Abilities in Rats.“ In: *Yearbook of the National Society for Studies in Education* (39), S. 111–119

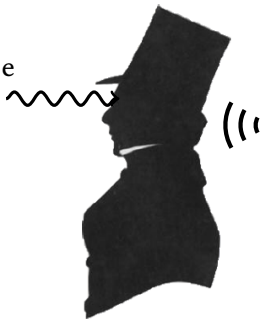
R.C. Tryon. „Individual Differences“. In: *Comparative Psychology*. Hrsg. von F.A. Moss. New York: Prentice Hall, 1942

# Zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts

- Neue (nichtinvasive) bildgebende Verfahren  
⇒ Experimente am lebenden Menschen
- Funktionelle Kartographierung des Gehirns
- Verbesserte chemische Analytik
- Systematische Studien an Modellorganismen
- Neuronale Netze und künstliche Intelligenz

# Anwendungsbeispiel nichtinvasiver Bildgebung

- 12 Testpersonen (18–27 Jahre)
- PET-Scan während ungekoppelter Signaltöne und Luftstöße
- Training mit gekoppelten Reizen
- PET-Scan mit gekoppelten Reizen
- Welche Gehirnregionen wurden durch das Training verändert?



C.G. Logan und S.T. Grafton. „Functional-Anatomy of Human Eyeblink Conditioning Determined with Regional Cerebral Glucose-Metabolism and Positron-Emission Tomography“. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 92.16 (1995), S. 7500–7504

# Anwendungsbeispiel chemischer Analytik

- Ratten in drei Versuchsgruppen
  - standard colony environment
  - enriched environment
  - impoverished environment
- Signifikante Korrelation mit Ausbildung der Synapsen.

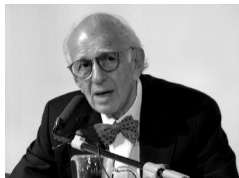


**Rattus Norvegicus Forma Domestica**  
(AlexK100, CC-BY-SA)

M.C. Diamond u. a. „Difference in Occipital Cortical Synapses from Environmentally Enriched, Impoverished, and Standard Colony Rats“. In: *Journal of Neuroscience Research* 1.2 (1975), S. 109–119

# Modellsystem Aplysia

- Überschaubares Nervensystem ( $\approx$  1000 Neuronen)
- Dendrite liegen innerhalb der Nerven  
⇒ Neuronen besser zugänglich
- Spannungsmessungen an einzelnen Neuronen
- Selektives Deaktivieren einzelner Neuronen



Eric Kandel, Nobel-  
preis f. Medizin 2000  
(aquarius3, CC-BY-SA)



*Aplysia Californica*  
(G. Anderson, CC-BY-SA)

R.D. Hawkins, T.E. Cohen und E.R. Kandel. „Motor Neuron Correlates of Dishabituation and Sensitization of the Gill-Withdrawal Reflex in *Aplysia*“. In: *Society for Neuroscience Abstracts* (18 1992), S. 360

# Chemie des Lernens

## Short-Term Memory (STM)

- Sekunden bis Minuten
- keine Proteinbildung erforderlich

## Long-Term Memory (LTM)

- Unterdrückt von *allen* Proteinkinase Inhibitoren

## Intermediate-Term Memory (ITM)

- Minuten bis Stunden
- Unterdrückt von *Calmodulin* Inhibitoren
- Nicht unterdrückt von reinen *AGC-Proteinkinase* Inhibitoren

M.R. Rosenzweig u. a. „Studying Stages of Memory Formation With Chicks“. In: *Neuropsychology of Memory*. Hrsg. von L.R. Squire und N. Butters. 2. Aufl. New York: Guilford, 1992

P.A. Serrano u. a. „Differential Effects of Protein Kinase Inhibitors and Activators on Memory Formation in the 2-Day-Old Chick“. In: *Behavioral and Neural Biology* (61 1994), S. 60–72



## 1 Historischer Überblick

## 2 Ausgewählte moderne nichtinvasive empirische Methoden

- Elektromagnetische Verfahren
- Bildgebende Verfahren

## 3 Neuronale Netze und künstliche Intelligenz

# Elektromagnetische Verfahren

## Elektroenzephalografie (EEG)

## Magnetoenzephalographie (MEG)

## Elektroenzephalografie (EEG)

- Kollektive Messung oberflächlicher *elektrischer* Potentiale
- Schlechte Ortsauflösung ( $\approx 1$  cm)
- Gute Zeitauflösung



Patient am EEG  
(Aschoeke, 2007, CC-BY-SA)

## Magnetoenzephalografie (MEG)

## Elektroenzephalografie (EEG)

- Kollektive Messung oberflächlicher *elektrischer* Potentiale
- Schlechte Ortsauflösung ( $\approx 1$  cm)
- Gute Zeitauflösung



Analoges EEG  
(D. Lange, 2005, CC-BY-SA)

## Magnetoenzephalographie (MEG)

## Elektroenzephalografie (EEG)

## Magnetoenzephalografie (MEG)

- Messung der durch die Hirnströme bewirkten Veränderung des *Magnetfelds*
- Bessere Ortsauflösung als EEG
- Sehr gute Zeitauflösung ( $< 1$  ms)



Patient am MEG  
(NIMH, 2009, gemeinfrei)

# Bildgebende Verfahren

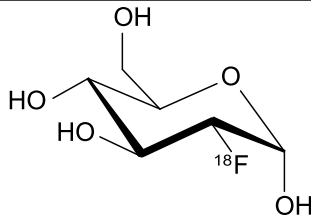
## Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

## Magnetresonanztomographie (MRT)

## Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

## Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

- Injektion eines radioaktiven ( $^{18}\text{F}$ ,  $\beta^+$ -Strahler) Zuckers
- Zwei gleichzeitig auftreffende  $\gamma$ -Quanten  $\Rightarrow$  Ereignis auf der Verbindungslinie
- Bereiche mit hoher Stoffwechselrate reichern Zucker an und emittieren stärker



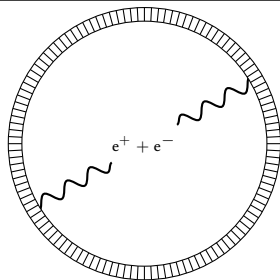
$^{18}\text{F}$ -Fluorodesoxyglucose

## Magnetresonanztomographie (MRT)

## Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

## Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

- Injektion eines radioaktiven ( $^{18}\text{F}$ ,  $\beta^+$ -Strahler) Zuckers
- Zwei gleichzeitig auftreffende  $\gamma$ -Quanten  $\Rightarrow$  Ereignis auf der Verbindungslinie
- Bereiche mit hoher Stoffwechselrate reichern Zucker an und emittieren stärker



Prinzip des PET

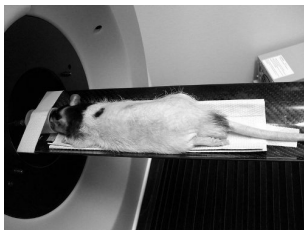
## Magnetresonanztomographie (MRT)

## Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)



## Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

- Injektion eines radioaktiven ( $^{18}\text{F}$ ,  $\beta^+$ -Strahler) Zuckers
- Zwei gleichzeitig auftreffende  $\gamma$ -Quanten  $\Rightarrow$  Ereignis auf der Verbindungslinie
- Bereiche mit hoher Stoffwechselrate reichern Zucker an und emittieren stärker



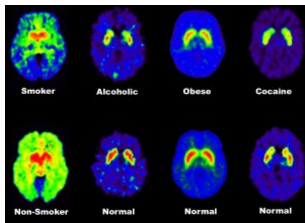
Ratte im PET  
(A. Kübelbeck, 2010 CC-BY-SA)

## Magnetresonanztomographie (MRT)

## Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

## Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

- Injektion eines radioaktiven ( $^{18}\text{F}$ ,  $\beta^+$ -Strahler) Zuckers
- Zwei gleichzeitig auftreffende  $\gamma$ -Quanten  $\Rightarrow$  Ereignis auf der Verbindungslinie
- Bereiche mit hoher Stoffwechselrate reichern Zucker an und emittieren stärker



PET von Suchtkranken  
(N. Volkow, 2001, gemeinfrei)

## Magnetresonanztomographie (MRT)

## Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

## Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

## Magnetresonanztomographie (MRT)

- Wasserstoffatome präzessieren nach Anregung im Magnetfeld
- Nach Abschalten der Anregung klingt das Signal in Abhängigkeit des umgebenden Gewebes ab



Philips MR-Tomograph  
(J. Ainali, 2008, CC-BY)

## Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

## Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

## Magnetresonanztomographie (MRT)

- Wasserstoffatome präzessieren nach Anregung im Magnetfeld
- Nach Abschalten der Anregung klingt das Signal in Abhängigkeit des umgebenden Gewebes ab



MR-Schnitt  
(H. Januschka, 2006, CC-BY-SA)

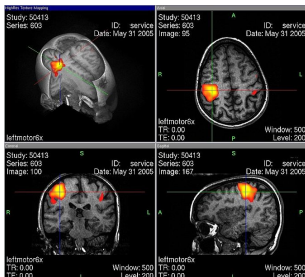
## Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

## Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

## Magnetresonanztomographie (MRT)

## Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

- Wasserstoffatome präzisieren nach Anregung im Magnetfeld
- Nach Abschalten der Anregung klingt das Signal in Abhängigkeit des umgebenden Gewebes ab
- Sauerstoff(-reiches Blut in aktiven Regionen) führt zu schnellerem Abklingen



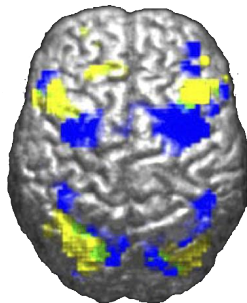
**BOLD-fMRT bei Finger-Tapping-Exercise**  
(M. Witte, 2005, gemeinfrei)

## Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

## Magnetresonanztomographie (MRT)

## Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

- Wasserstoffatome präzisieren nach Anregung im Magnetfeld
- Nach Abschalten der Anregung klingt das Signal in Abhängigkeit des umgebenden Gewebes ab
- Sauerstoff(-reiches Blut in aktiven Regionen) führt zu schnellerem Abklingen



Aktive Gehirnregionen bei visuell-motorischer Aufgabe (fMRT).  
■ Kontrollgruppe, ■ Autismus-Patienten, ■ Beide Gruppen.  
(K. Powell, 2004, CC-BY)

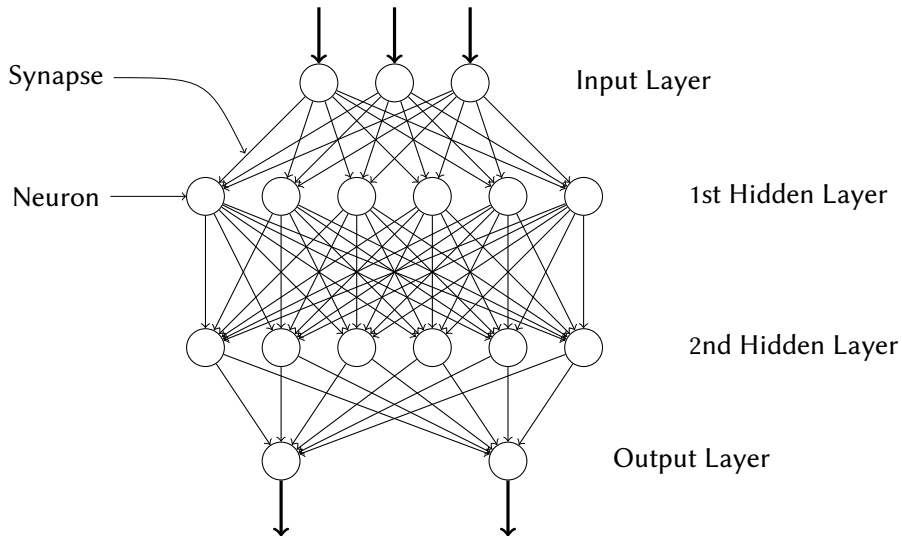
**1** Historischer Überblick

**2** Ausgewählte moderne nichtinvasive empirische Methoden

**3** Neuronale Netze und künstliche Intelligenz

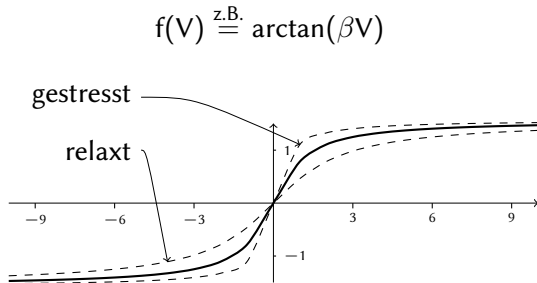
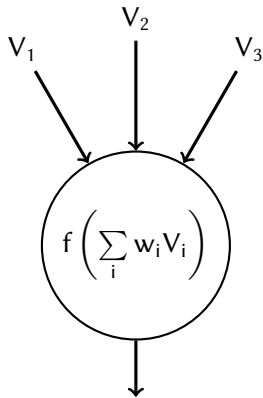
- Neuronale Netze
- Künstliche Intelligenz

# Neuronale Netze





# Neuronen



# Zusammenfassung

## Wahrnehmen bedeutet...

...  $V_i$  bekommen.

## Denken bedeutet...

...  $\arctan \left( \beta \sum_i w_i V_i \right)$  berechnen.

## Das Gemüt verändern bedeutet...

...  $\beta$  verändern.

## Lernen bedeutet...

... die  $w_i$  besser bestimmen.

# Künstliche Intelligenz

<http://www.phi-t.de/mousegame/>

# Literaturempfehlungen

- M.R. Rosenzweig. „History of Research on Learning and Memory“. In: *Neurobiology of Learning and Memory*. San Diego: Academic Press, 1998
- Michael Feindt. *Moderne Methoden der Datenanalyse*. Vorlesung (2 SWS) mit Übung

Unterlagen zu diesem Vortrag online:

<http://klammer.eu/data/chemistry/kit/sinnwert/>