

Neurobiologie

Sinn- und Wertevermittlung in Unterricht und Schule

Moritz Klammler 11. Januar 2012

FAKULTÄT FÜR CHEMIE UND BIOWISSENSCHAFTEN



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

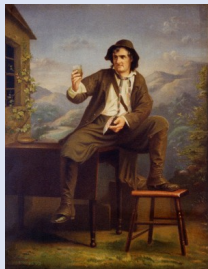
2 Ausgewählte moderne nichtinvasive empirische Methoden

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

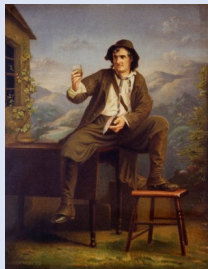
W. Irving. *The Sketch Book of Geoffrey Crayon, Gent.* Hrsg. von H. Springer. Boston: Twayne, 1978



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

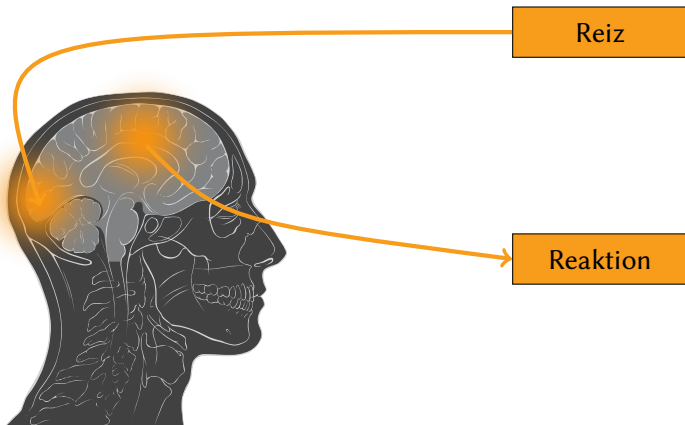
- Erste Beschreibung von **Synapsen** (Foster und Sherrington, 1897)
- Systematisches Messen des Lernfortschritts bei Tieren (Thorndike, 1911)
- Lernen durch **Versuch und Irrtum** (Thorndike, 1911)
- **Bedingter Reflex** (Pavlov)

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



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)

Magnetoenzephalografie (MEG)

Elektroenzephalografie (EEG)

- Kollektive Messung oberflächlicher elektrischer Potentiale
- Schlechte Ortsauflösung (≈ 1 cm)
- Gute Zeitauflösung



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

Magnetoenzephalographie (MEG)

Elektroenzephalografie (EEG)

- Kollektive Messung oberflächlicher elektrischer Potentiale
- Schlechte Ortsauflösung (≈ 1 cm)
- Gute Zeitauflösung



Analoges EEG

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

Magnetoenzephalographie (MEG)

Magnetoenzephalographie (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

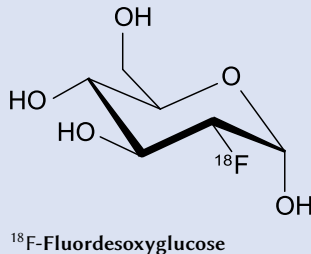
Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

Magnetresonanztomographie (MRT)

Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

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

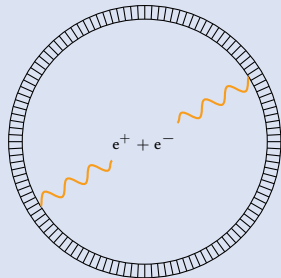


Magnetresonanztomographie (MRT)

Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

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



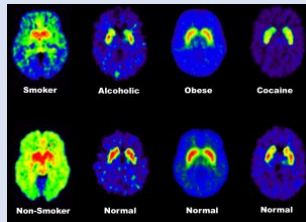
Ratte im PET
(A. Kübelbeck, 2010 CC-BY-SA)

Magnetresonanztomographie (MRT)

Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

- Injektion eines radioaktiven (^{18}F , β^+ -Strahler) Zuckers
- Zwei gleichzeitig auftreffende γ -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)

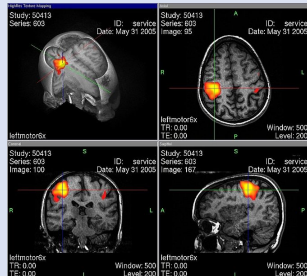
Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)

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



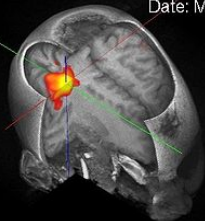
BOLD-fMRT bei Finger-Tapping-Exercise
(M. Witte, 2005, gemeinfrei)

Posit

HighRes Texture Mapping

Study: 50413
Series: 603

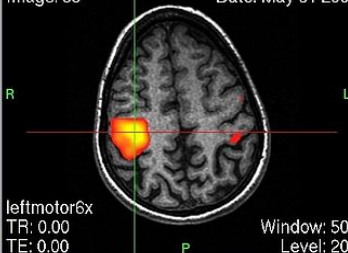
ID: service
Date: May 31 2005



Axial

Study: 50413
Series: 603
Image: 95

ID: service
Date: May 31 2005



leftmotor6x
TR: 0.00
TE: 0.00

Window: 500
Level: 200

Magn

Funkt

■ V

A

■ N

d

u

■ S

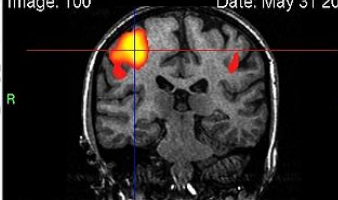
R

A

Coronal

Study: 50413
Series: 603
Image: 100

ID: service
Date: May 31 2005



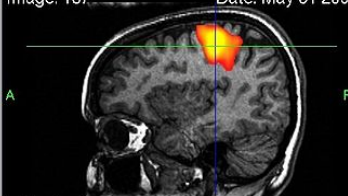
leftmotor6x
TR: 0.00
TE: 0.00

Window: 500
Level: 200

Sagittal

Study: 50413
Series: 603
Image: 167

ID: service
Date: May 31 2005



leftmotor6x
TR: 0.00
TE: 0.00

Window: 500
Level: 200



ei)



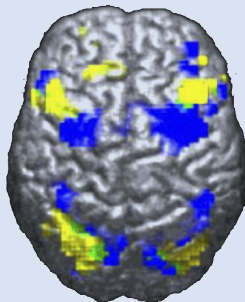
Präsentation

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)

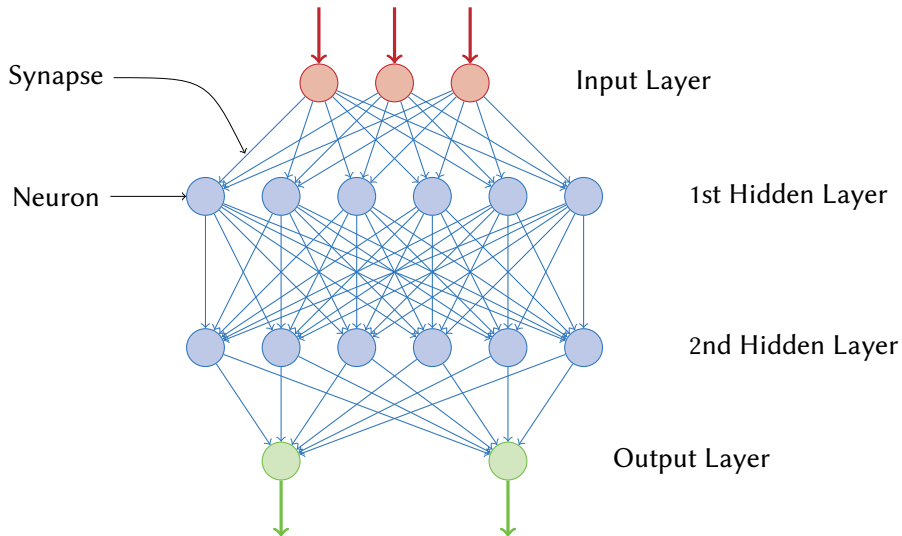
1 Historischer Überblick

2 Ausgewählte moderne nichtinvasive empirische Methoden

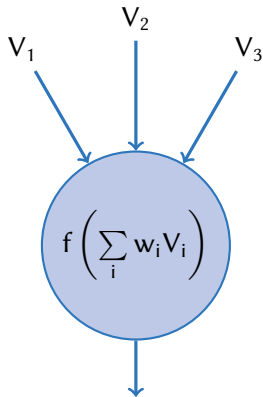
3 **Neuronale Netze und künstliche Intelligenz**

- Neuronale Netze
- Künstliche Intelligenz

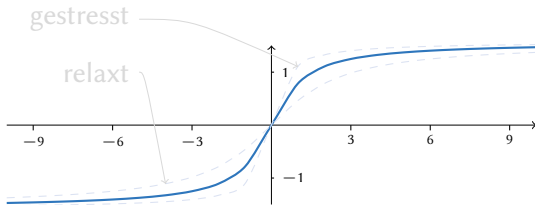
Neuronale Netze



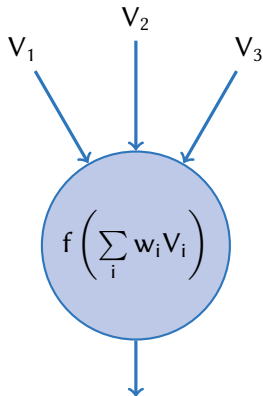
Neuronen



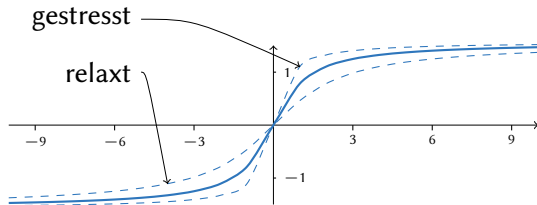
$$f(V) \stackrel{\text{z.B.}}{=} \arctan(\beta V)$$



Neuronen



$$f(V) \stackrel{\text{z.B.}}{=} \arctan(\beta V)$$



Zusammenfassung

Wahrnehmen bedeutet...

... V_i bekommen.

Denken bedeutet...

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

Das Gemüt verändern bedeutet...

... β 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/>

Appendix: Willensfreiheit

Speck, 2009

[Der methodische Determinismus] [...] entspricht dem empirisch-wissenschaftlichen Erkenntnisinteresse und auch der Alltagserfahrung, dass „alles seinen Grund hat“ (nihil sine causa), dass der Mensch als lebendiger Körper nicht nur naturgesetzlichen (physikalisch, biologischen) Kausalitäten sondern auch Persönlichkeitsfaktoren folgt, die durch die Gene [*sic*] bzw. durch Umwelteinflüsse bestimmt sind.

Otto Speck. *Hirnforschung und Erziehung – Eine pädagogische Auseinandersetzung mit neurobiologischen Erkenntnissen*. 2. Aufl. München: Ernst Reinhardt Verlag, 2009

Appendix: Willensfreiheit

Speck, 2009

[Der methodische Determinismus] [...] **entspricht dem** empirisch-wissenschaftlichen Erkenntnis**interesse** und auch der Alltagserfahrung, dass „alles seinen Grund hat“ (nihil sine causa), dass der Mensch als lebendiger Körper nicht nur naturgesetzlichen (physikalisch, biologischen) Kausalitäten sondern auch Persönlichkeitsfaktoren folgt, die durch die Gene [*sic*] bzw. durch Umwelteinflüsse bestimmt sind.

Otto Speck. *Hirnforschung und Erziehung – Eine pädagogische Auseinandersetzung mit neurobiologischen Erkenntnissen*. 2. Aufl. München: Ernst Reinhardt Verlag, 2009

Appendix: Willensfreiheit

Speck, 2009

[Der methodische Determinismus] [...] entspricht dem empirisch-wissenschaftlichen Erkenntnisinteresse und auch der **Alltagserfahrung, dass „alles seinen Grund hat“ (nihil sine causa)**, dass der Mensch als lebendiger Körper nicht nur naturgesetzlichen (physikalisch, biologischen) Kausalitäten sondern auch Persönlichkeitsfaktoren folgt, die durch die Gene [*sic*] bzw. durch Umwelteinflüsse bestimmt sind.

Otto Speck. *Hirnforschung und Erziehung – Eine pädagogische Auseinandersetzung mit neurobiologischen Erkenntnissen*. 2. Aufl. München: Ernst Reinhardt Verlag, 2009



Appendix: Willensfreiheit

Speck, 2009

[Der methodische Determinismus] [...] entspricht dem empirisch-wissenschaftlichen Erkenntnisinteresse und auch der Alltagserfahrung, dass „alles seinen Grund hat“ (nihil sine causa), dass der Mensch als lebendiger Körper nicht nur naturgesetzlichen (physikalisch, biologischen) **Kausalitäten** sondern auch **Persönlichkeitsfaktoren** folgt, die durch die Gene [*sic*] bzw. durch Umwelteinflüsse bestimmt sind.

Otto Speck. *Hirnforschung und Erziehung – Eine pädagogische Auseinandersetzung mit neurobiologischen Erkenntnissen*. 2. Aufl. München: Ernst Reinhardt Verlag, 2009

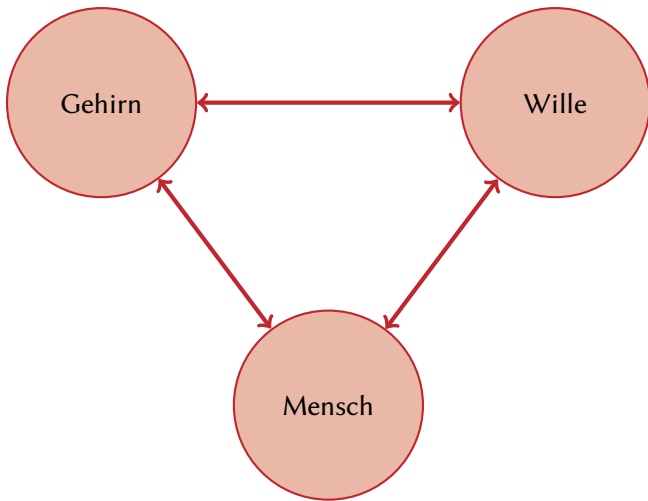
Appendix: Willensfreiheit

Speck, 2009

[Der methodische Determinismus] [...] entspricht dem empirisch-wissenschaftlichen Erkenntnisinteresse und auch der Alltagserfahrung, dass „alles seinen Grund hat“ (nihil sine causa), dass der Mensch als lebendiger Körper nicht nur **naturgesetzlichen (physikalisch, biologischen)** Kausalitäten sondern auch Persönlichkeitsfaktoren folgt, die durch die **Gene** [*sic*] bzw. durch **Umwelteinflüsse** bestimmt sind.

Otto Speck. *Hirnforschung und Erziehung – Eine pädagogische Auseinandersetzung mit neurobiologischen Erkenntnissen*. 2. Aufl. München: Ernst Reinhardt Verlag, 2009

Falsches Bild von getrenntem „Willen“ und „Gehirn“



Wer denkt, wenn nicht das Gehirn?

Speck, 2009

§ 2 Kritik der neurophysiologischen Thesen

Der Wille sei „nur“ ein nachgeordnetes Gefühl. Es sei also nicht das eigene Ich, das eine Handbewegung initiiert und bewirkt, sondern es sei das Gehirn, das entscheide, ob und wann ich zu einem Glas Wasser [...] greife und trinke.

Otto Speck. *Hirnforschung und Erziehung – Eine pädagogische Auseinandersetzung mit neurobiologischen Erkenntnissen*. 2. Aufl. München: Ernst Reinhardt Verlag, 2009

Wer denkt, wenn nicht das Gehirn?

Speck, 2009

§ 2 Kritik der neurophysiologischen Thesen

Der Wille sei „nur“ ein nachgeordnetes Gefühl. Es sei also nicht das eigene **Ich**, das eine Handbewegung initiiert und bewirkt, sondern es sei das **Gehirn**, das entscheide, ob und wann ich zu einem Glas Wasser [...] greife und trinke.

Otto Speck. *Hirnforschung und Erziehung – Eine pädagogische Auseinandersetzung mit neurobiologischen Erkenntnissen*. 2. Aufl. München: Ernst Reinhardt Verlag, 2009

Wissenschaftliches Bild des Willens

Wissenschaft

- objektiv bestimmte Größe?
- determiniert oder zufällig?
- entsteht wodurch?

Metaphysik / Theologie

- Objektivität kein Kriterium
- frei* oder erzwungen?
- entsteht durch wen?

*gewollter Wille?

Die Annahme, dass es einen sich bildenden Willen geben könnte, der durch etwas anderes als natürliche Prozesse entsteht, ist bereits unwissenschaftlich. Eine wissenschaftliche Diskussion darüber ist nicht sinnvoll.

Wissenschaftliches Bild des Willens

Wissenschaft

- objektiv bestimmte Größe?
- determiniert oder zufällig?
- entsteht wodurch?

Metaphysik / Theologie

- Objektivität kein Kriterium
- frei* oder erzwungen?
- entsteht durch wen?

*gewollter Wille?

Die Annahme, dass es einen sich bildenden Willen geben könnte, der durch etwas anderes als natürliche Prozesse entsteht, ist bereits unwissenschaftlich. Eine wissenschaftliche Diskussion darüber ist nicht sinnvoll.