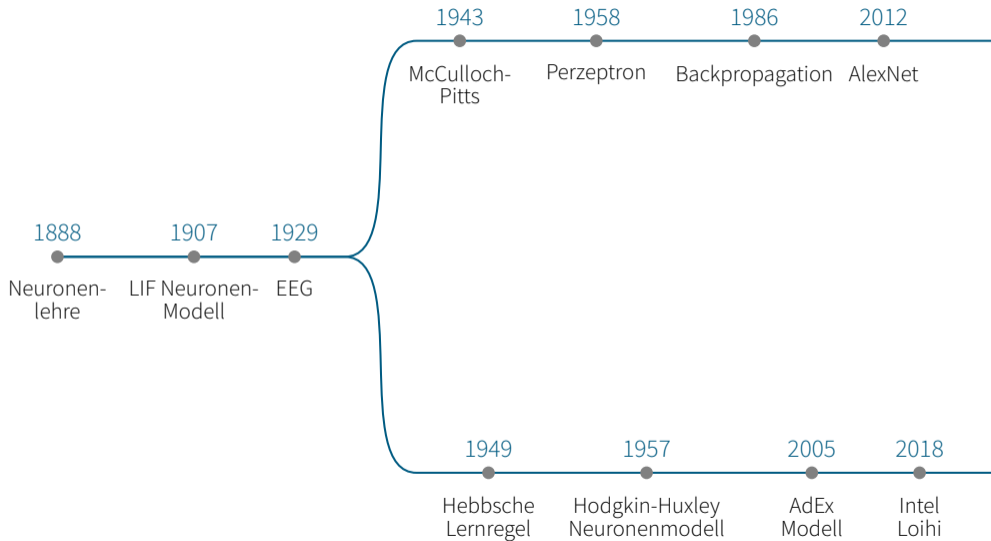
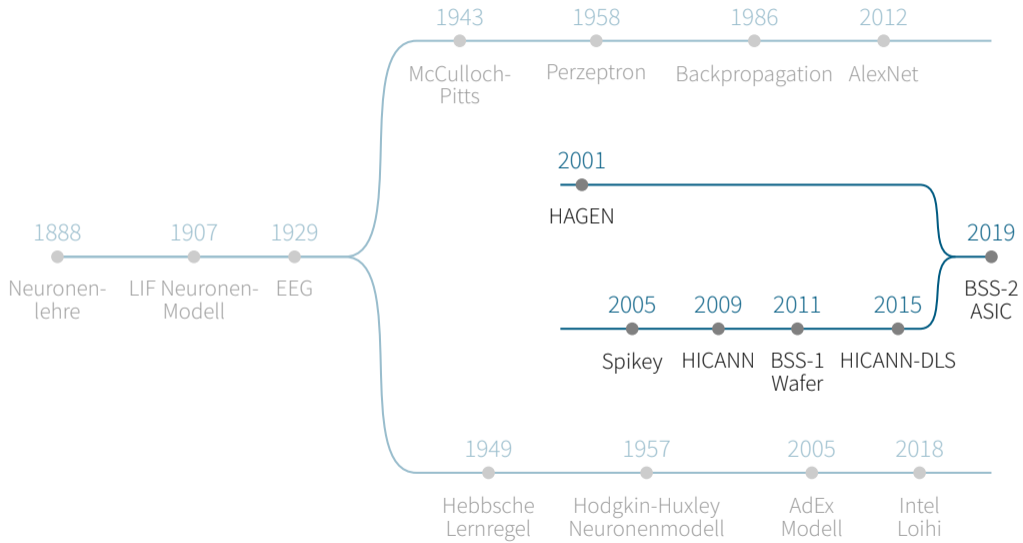


# Die Fliege im Honigtopf – BrainScaleS-2 aus Heidelberg

12. September 2022 | Yannik Stradmann | Kirchhoff-Institut für Physik, Universität Heidelberg







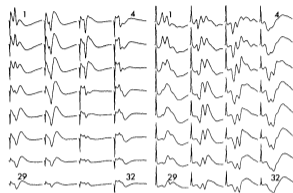
# Die Biologie als Vorbild



# Die Biologie als Vorbild



Messen

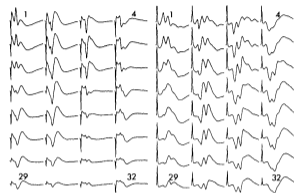


Messung aus Novak und Wheeler (1988).

# Die Biologie als Vorbild



Messen



Modellieren

$$C_m \frac{dV_m}{dt} = -g_{\text{leak}} (V_m - V_{\text{leak}})$$

Messung aus Novak und Wheeler (1988).

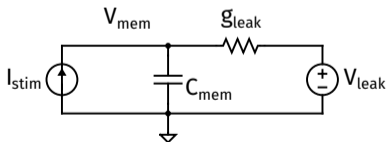
# Die Biologie als Vorbild



Messen



Modellieren

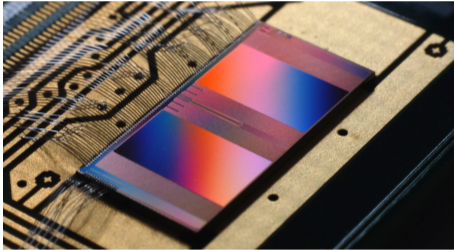


Implementieren

$$C_m \frac{dV_m}{dt} = -g_{\text{leak}} (V_m - V_{\text{leak}})$$

Messung aus Novak und Wheeler (1988).

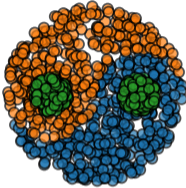
# BrainScaleS-2 – Überblick



- Hybrides neuromorphes System, 65 nm CMOS
- 1000× schneller als die Biologie
- 512 AdEx Neuronen
- 512 × 256 Synapsen
- Zwei Mikroprozessoren mit Vektorbefehlssatz



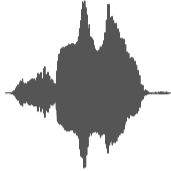
# Blitzschnelle Klassifizierung mit biologischen Modellen



Kriener, Göltz und Petrovici (2022)



Cramer, Stradmann u. a. (2022)



```
7 2 1 0 4 1 4 9 5 9 0 6 9 0 1 5
9 7 8 4 7 6 6 5 4 0 7 4 0 1 3 1
4 4 6 3 5 5 6 0 4 1 9 5 7 8 9 3
7 4 6 4 3 0 7 0 2 9 1 7 3 2 9 7
7 6 2 7 8 4 7 3 6 1 3 6 9 3 1 4
1 7 6 9 6 0 5 4 9 9 2 1 9 4 8 7
3 9 7 9 4 4 9 2 5 4 7 6 7 9 0 5
8 5 6 6 5 7 8 1 0 1 6 4 6 7 3 1
7 1 8 2 0 2 9 9 5 5 1 5 6 0 3 4
4 6 5 4 6 5 4 5 1 4 4 7 2 3 2 7
1 8 1 8 1 8 5 0 8 9 2 5 0 1 1 1
0 9 0 3 1 6 4 2 3 6 1 1 1 3 9 5
```

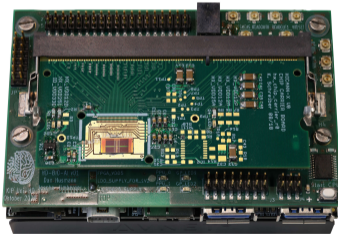
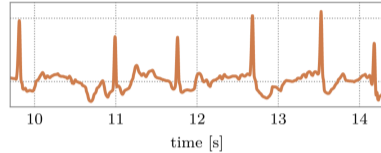
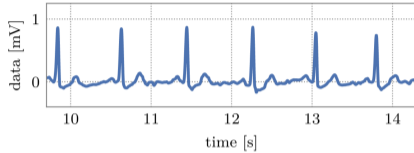
Göltz u. a. (2021) und Cramer, Billaudelle u. a. (2022)

Am Beispiel handgeschriebener Zahlen:

- 85 000 erkannte Bilder pro Sekunde
- Energieverbrauch: 2.4  $\mu$ J pro Bild



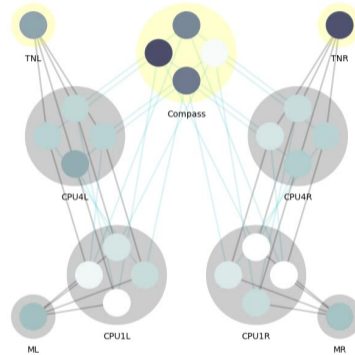
# Künstliche Netzwerke erkennen Vorhofflimmern



- Klassifizierung von 2-Kanal EKGs
  - Sinusrhythmus
  - Vorhofflimmern
- 276  $\mu$ s pro Patient
- 5.6 W Systemleistung

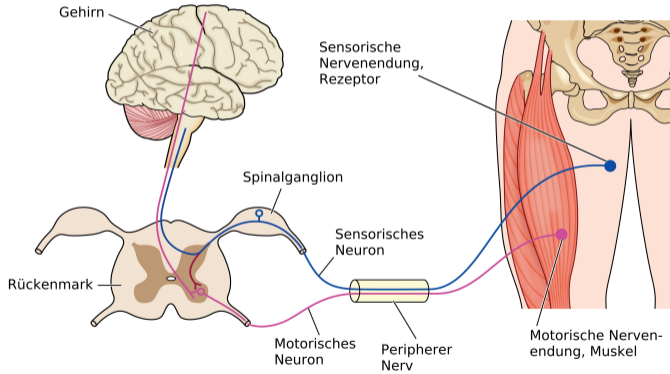
Experiment aus Stradmann u. a. (2021)

# Honigbienen im Geschwindigkeitsrausch

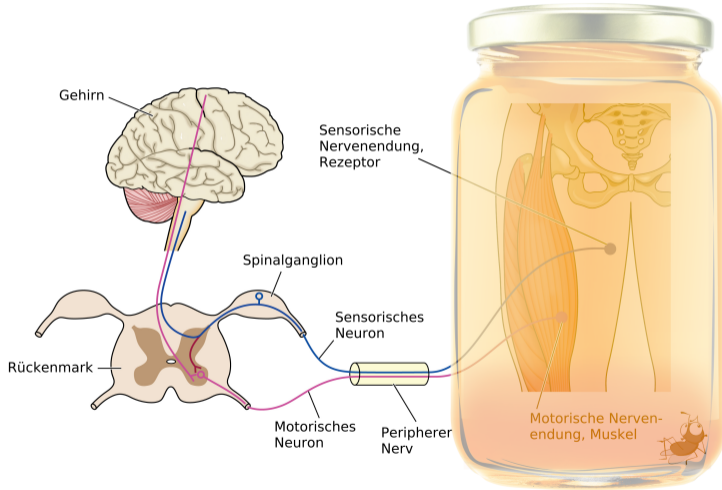


Experiment von Korbinian Schreiber (Billaudelle u. a., 2020).

# Robotik?



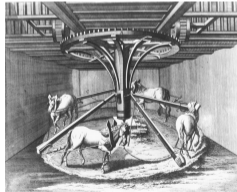
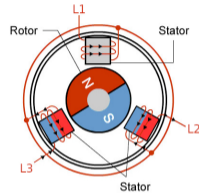
# Robotik? – schwierig!



# Ausblick: Heraus aus dem Honigtopf!

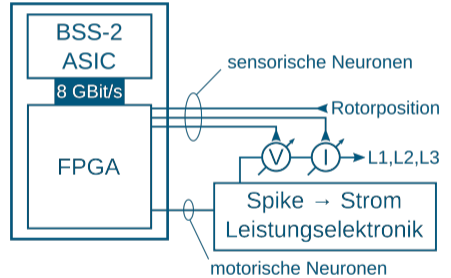
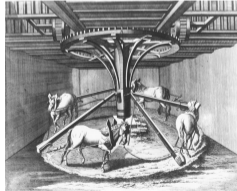
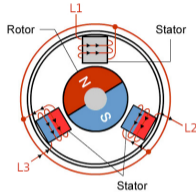


# Ausblick: Heraus aus dem Honigtopf!





# Ausblick: Heraus aus dem Honigtopf!





# Bibliographie

- Billaudelle, Sebastian u. a. (Okt. 2020). “Versatile emulation of spiking neural networks on an accelerated neuromorphic substrate”. In: 2020 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). IEEE. doi: 10.1109/iscas45731.2020.9180741.
- Cramer, Benjamin, Sebastian Billaudelle u. a. (2022). “Surrogate gradients for analog neuromorphic computing”. In: Proceedings of the National Academy of Sciences 119.4.
- Cramer, Benjamin, Yannik Stradmann u. a. (2022). “The Heidelberg Spiking Data Sets for the Systematic Evaluation of Spiking Neural Networks”. In: IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems 33.7, S. 2744–2757. doi: 10.1109/TNNLS.2020.3044364.
- Göltz, Julian u. a. (2021). “Fast and energy-efficient neuromorphic deep learning with first-spike times”. In: Nature Machine Intelligence 3.9, S. 823–835. doi: 10.1038/s42256-021-00388-x.
- Kriener, Laura, Julian Göltz und Mihai A. Petrovici (2022). “The Yin-Yang Dataset”. In: Neuro-Inspired Computational Elements Conference. NICE 2022. Virtual Event, USA: Association for Computing Machinery, S. 107–111. ISBN: 9781450395595. doi: 10.1145/3517343.3517380.
- Novak, James L. und Bruce C. Wheeler (1988). “Multisite hippocampal slice recording and stimulation using a 32 element microelectrode array”. In: Journal of Neuroscience Methods 23.2, S. 149–159. ISSN: 0165-0270. doi: [https://doi.org/10.1016/0165-0270\(88\)90187-2](https://doi.org/10.1016/0165-0270(88)90187-2). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0165027088901872>.
- Stradmann, Yannik u. a. (März 2021). “Demonstrating Analog Inference on the BrainScaleS-2 Mobile System”. In: arXiv preprint. arXiv: 2103.15960 [cs.AR].