

Synchronisation

Niklas Schmolka

Inhaltsverzeichnis

- Motivation
- Einleitung
- Beispiele
- Andere Formen
- Forschung
- Synchronisation im Chaos
- Zusammenfassung
- Quellen

Motivation

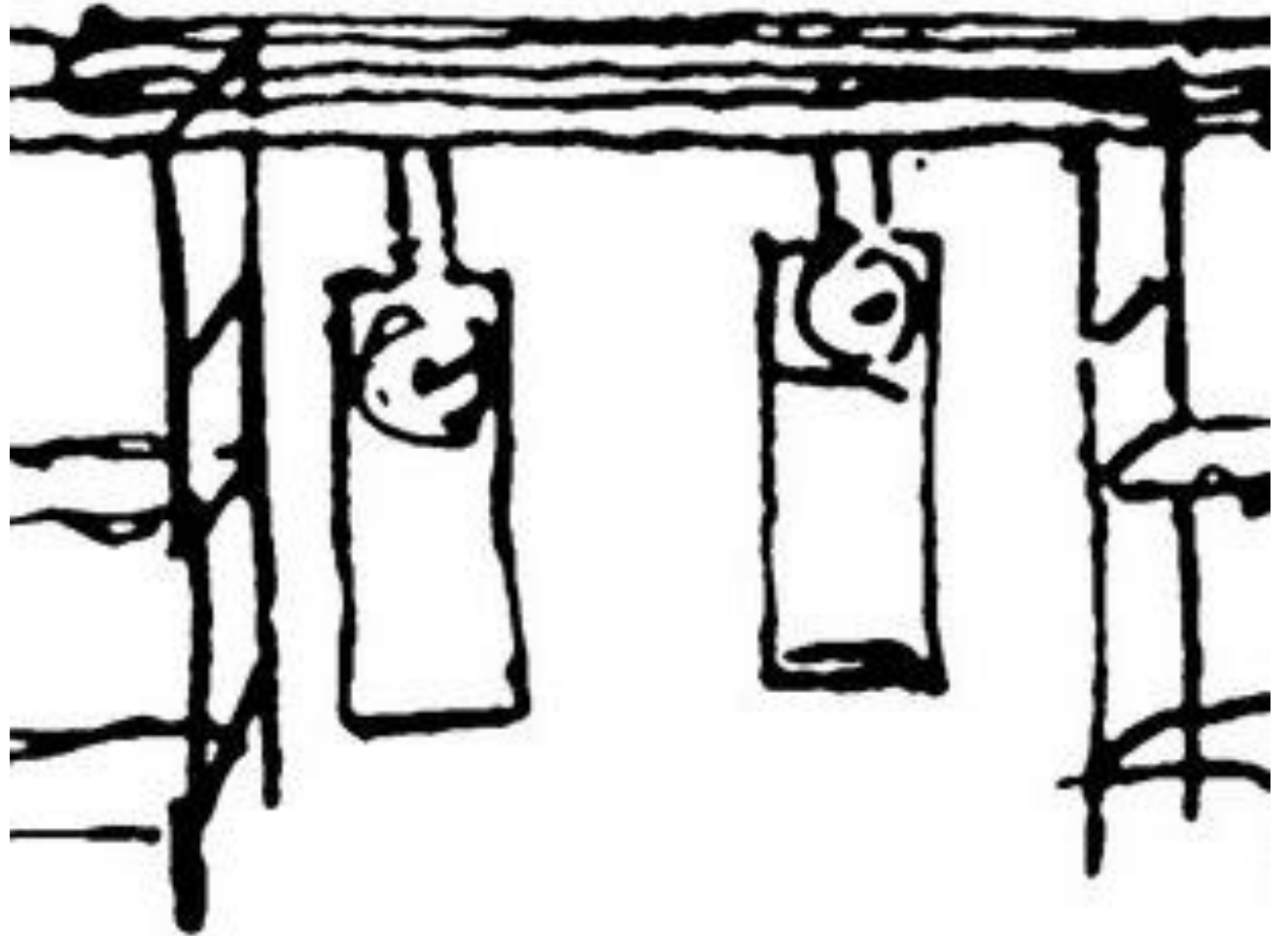
- Millennium Bridge
- Eröffnet im Jahr 2000
- Fing an zu wackeln
- 2 Jahre extra Umbau
- Extrakosten 18 Millionen Pfund
- Eigenfrequenz war den Architekten bekannt

Wie konnte es trotzdem zum wackeln von so einer modernen Brücke kommen?



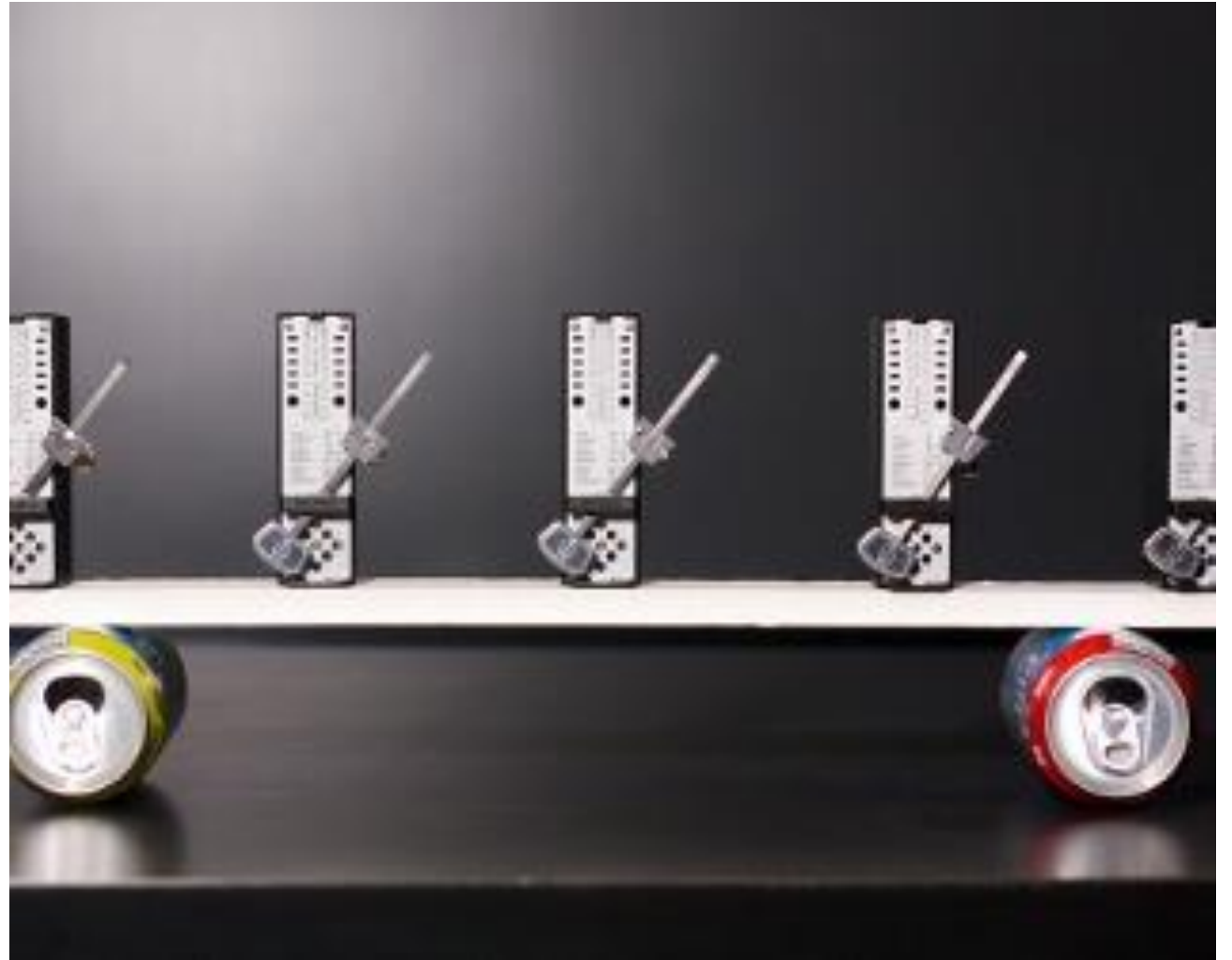
Einführung

- Wissenschaftler Christiaan Huygens
- Entwickelte 1656 die erste Pendeluhr
- Falls zwei Uhren am gleichen Balken hingen kam es zur Synchronisation
- Schloss Luftstrom durch Experiment aus
- Ohne gleichen Balken kam es nicht zur Synchronisation
- Beschrieb zwar Synchronisation, konnte sie aber nicht rigoros erklären



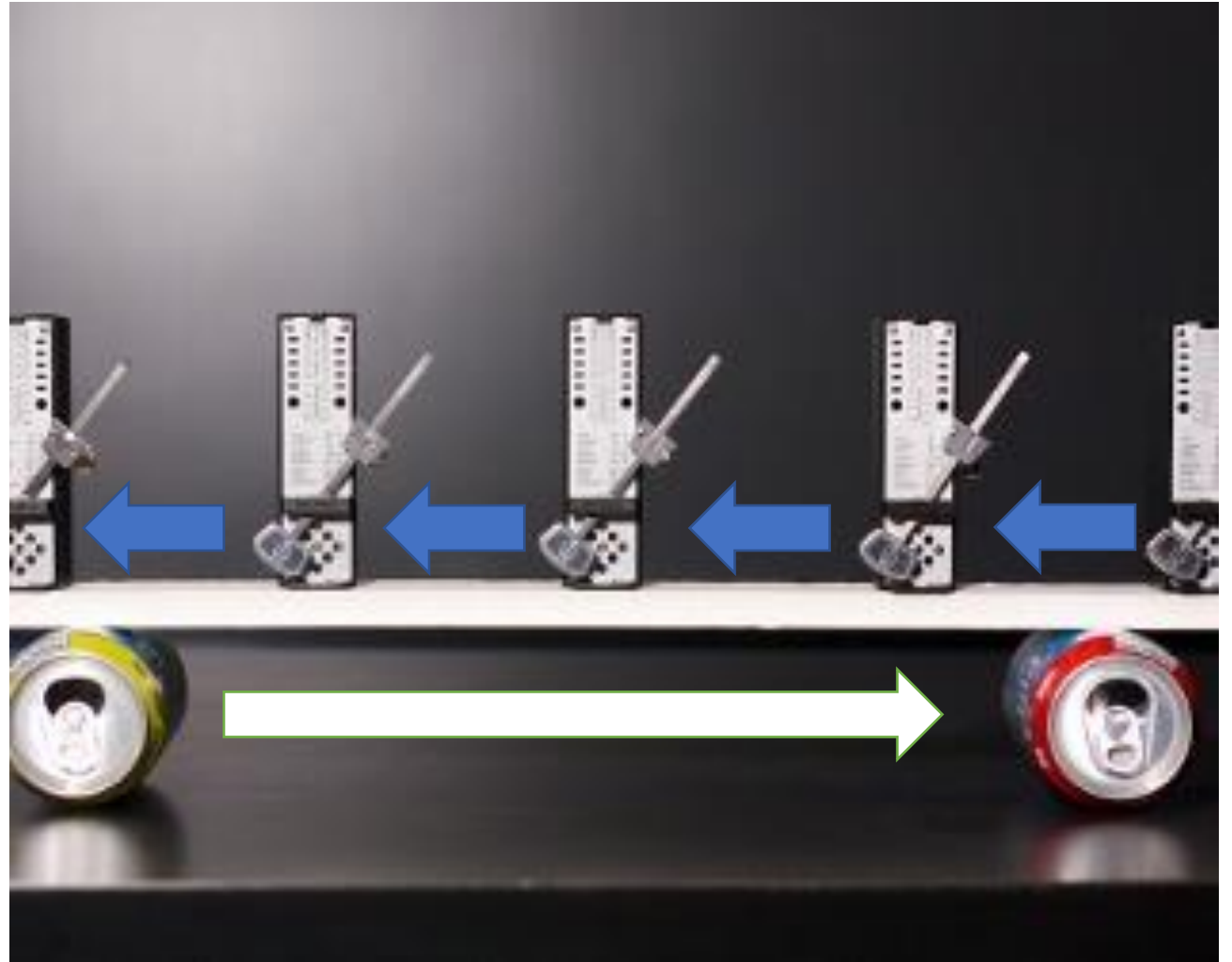
Metronom Experiment

- Mehrere Metronomen auf einer Plattform
- Unabhängig von der Eigenfrequenz kommt es zur Synchronisation



Metronom Experiment

- Mehrere Metronomen auf einer Plattform
- Unabhängig von der Eigenfrequenz kommt es zur Synchronisation
- Schwingen mehr Metronome nach links bewegt sich die Plattform leicht nach rechts
- Genauso andersherum



Metronom Experiment

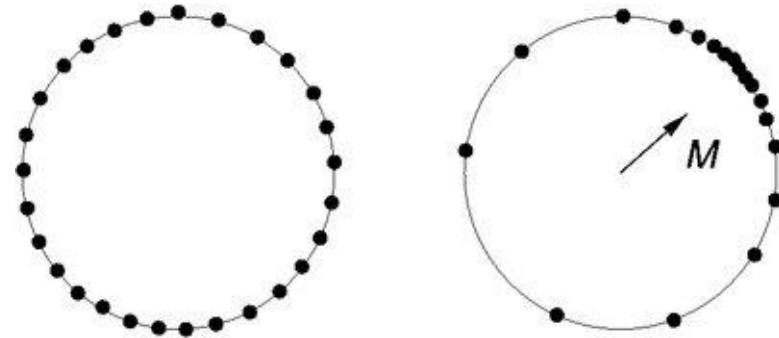
- Ein Metronom mit anderer Frequenz wird hinzugefügt
- Durch die Schwingende Plattform bekommt das Metronom einen Schub
- Wird beschleunigt bis es die gleiche Frequenz erreicht



Mathematische Beschreibung

- Kuramoto Modell
- Phase wird als Punkt auf Kreis dargestellt
- Formel beschreibt die Geschwindigkeit der Punkte
- Hängt von der Eigenfrequenz ab
- Aber auch von der Entfernung anderer Punkte

$$\dot{\phi}_k = \omega_k + \frac{\varepsilon}{N} \sum_{j=1}^N \sin(\phi_j - \phi_k), \quad k = 1, 2, \dots, N,$$



Millennium Bridge

- Es wurde darauf geachtet keine Eigenfrequenz von 2 Hz zu haben
- Was nicht bekannt war das auch 1 Hz Eigenfrequenz Probleme verursachen kann
- 1 Hz ca. die Frequenz die man pro Bein hat
- Schwingungen von einzelnen Beinen heben sich normalerweise auf
- Durch das Schwingen der Brücke passten sich die Schritte an
- Es Endstand eine Positive Feedback loop



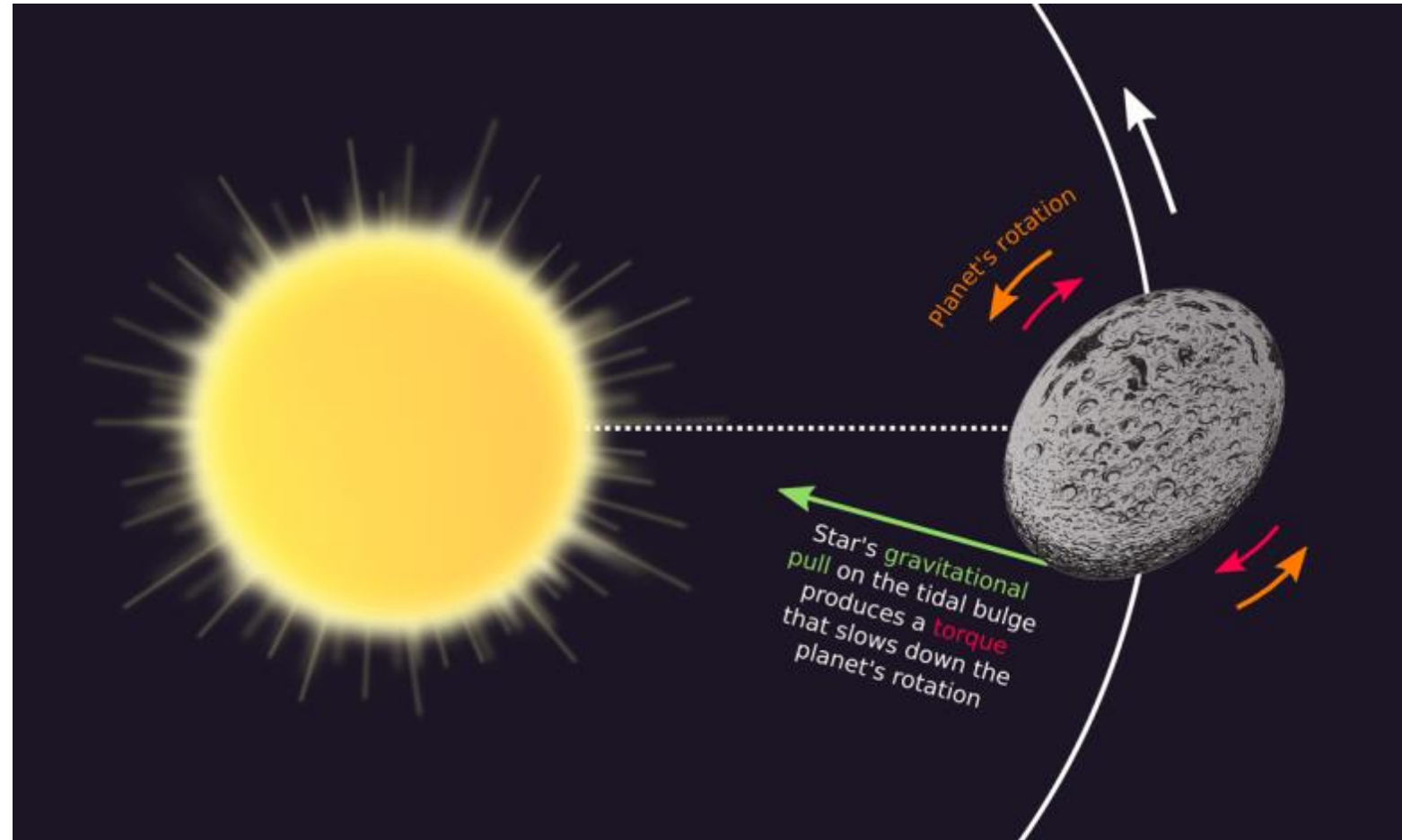
Glühwürmchen

- Jedes hat eine Eigenfrequenz
- Trotzdem kommt es zu Synchronisation
- Simulation davon auf <https://ncase.me/fireflies>



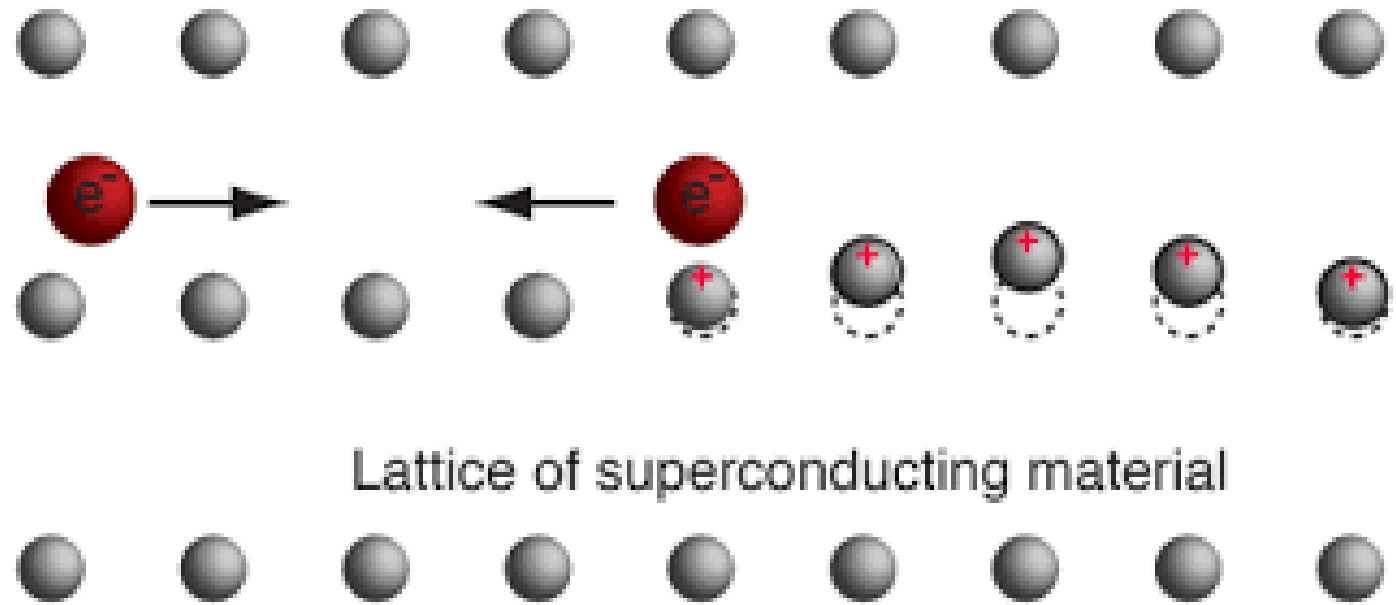
Andere Arten der Synchronisation

- Außer Mechanisch gibt es auch Synchronisation abhängig von der Gravitation
- Rotationsfrequenz von Mond Synchronisiert mit der Erde
- Es gibt aber auch Elektrische und Chemische Synchronisation



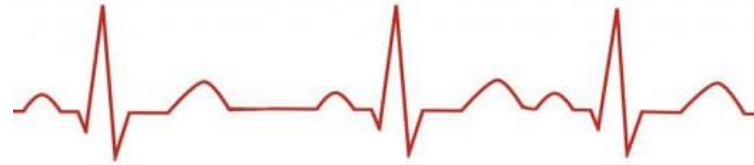
Synchronisation in der QM

- Supraleitung lässt sich mithilfe Synchronisation erklären
- Zwei Elektronen koppeln sich
- Gekoppelte Fermionen wirken wie Bosonen
- Es entsteht ein Einstein-Bose Kondensat woraus kein elektrischer Widerstand folgt

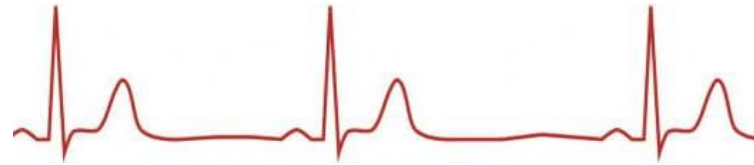


Forschung

- Eine Art der chemischen Synchronisation findet auf dem Herz statt
- Durch zu wenig Synchronisation kommt es zur Herzrhythmusstörung
- Mithilfe von Synchronisationsforschung Hoffnung auf bessere Defibrillatoren



Arrhythmie (unregelmäßig)



Bradykardie (zu langsam)



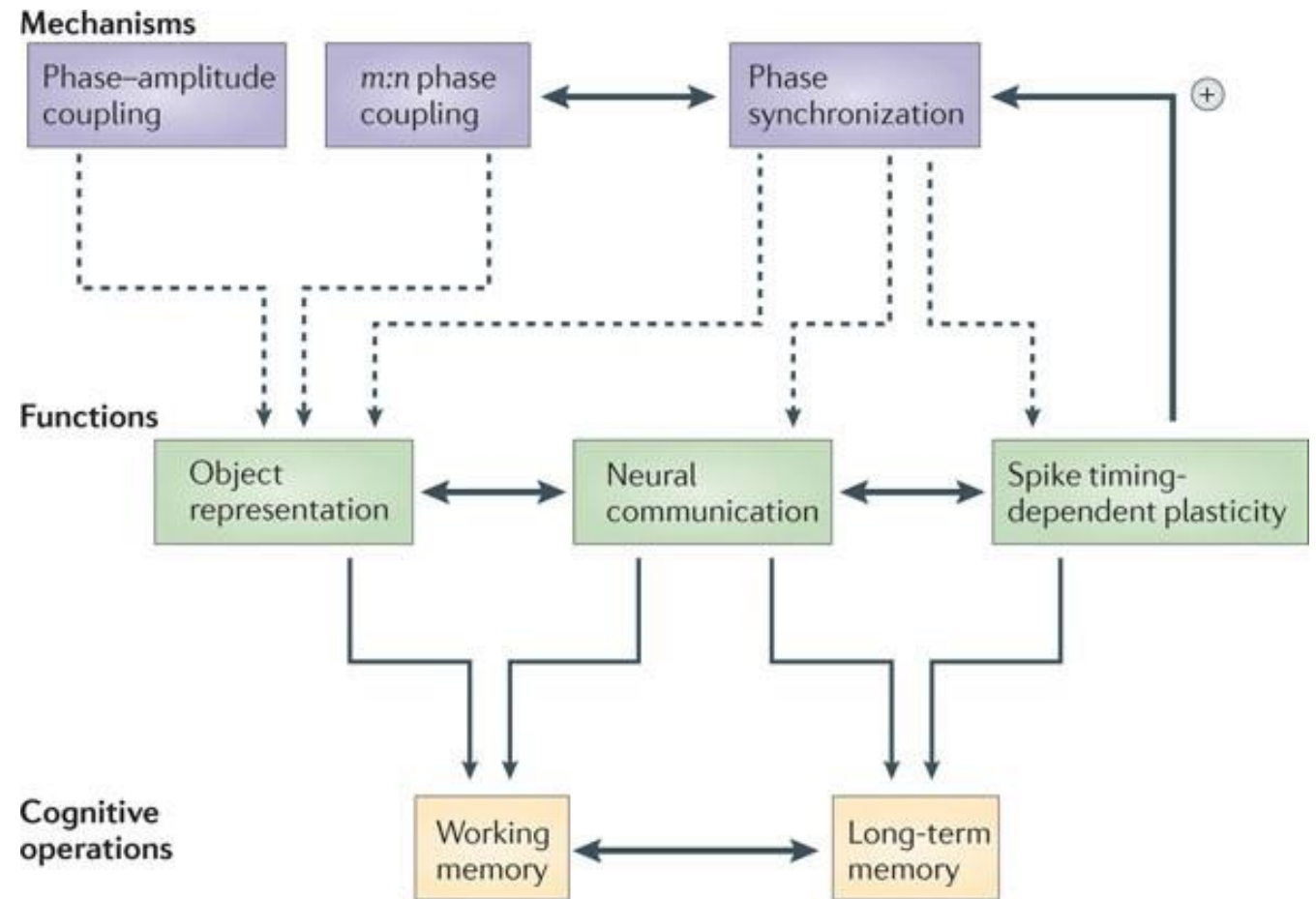
Tachykardie (zu schnell)



Normaler Herzrhythmus

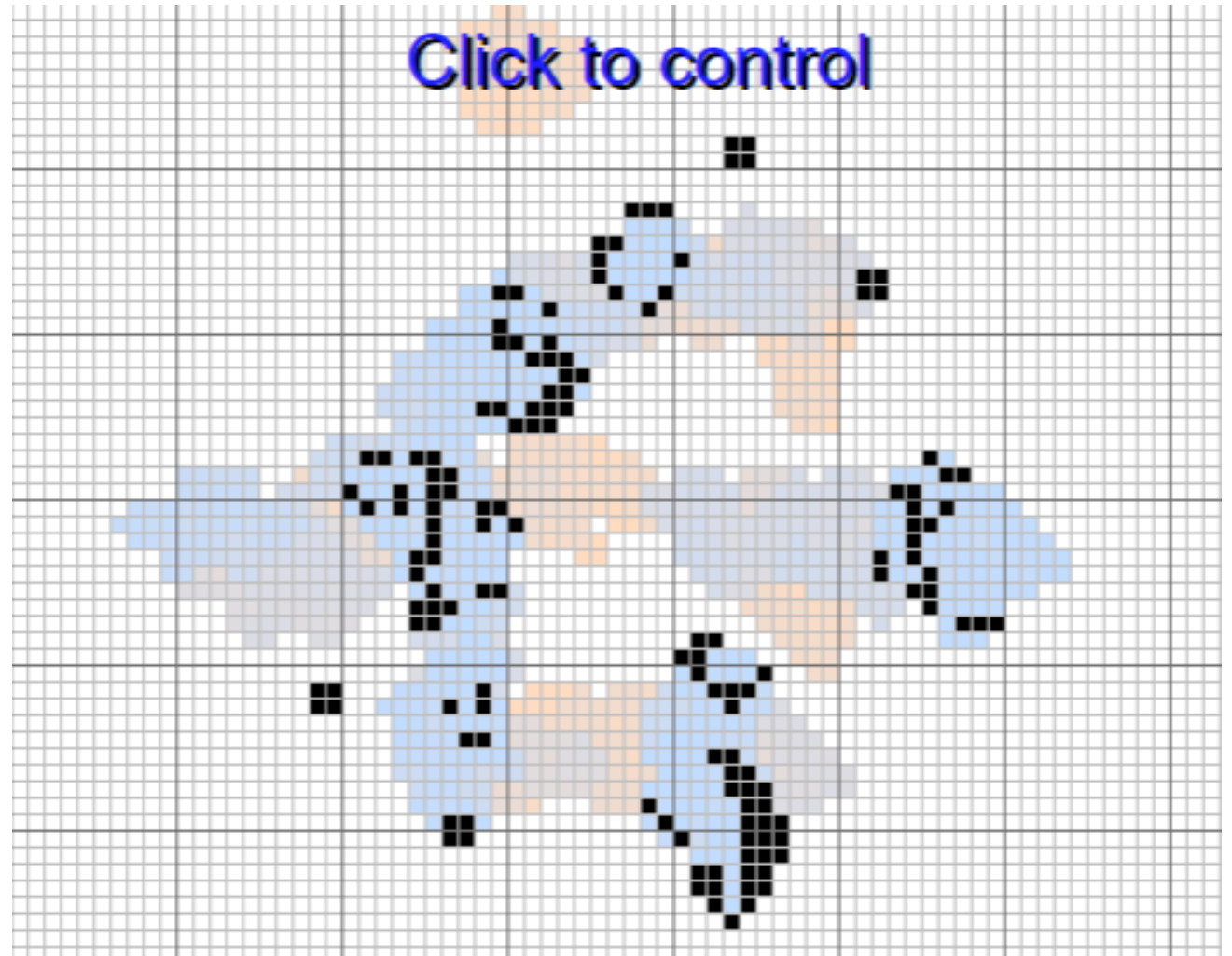
Forschung

- Elektrische Synchronisation von Neuronalen Netzwerken
- Bessere Synchronisation führt zu besserem Gedächtnis
- Ziel Krankheiten wie z.B. Alzheimer besser zu behandeln



Synchronisation im Chaos

- Aus einfachen deterministischen Regeln folgen sehr komplexe Systeme (Game of Life)
- Wissenschaft hat versucht komplexe Systeme in einzelne Teile zu zerlegen
- War sehr erfolgreich reicht aber nicht zur Beschreibung aller Phänomene
- Bewusstsein, Aktienmarkt, Immunsystem nicht mithilfe von Reduktionismus zu erklären
- Synchronisation in chaotischen Systemen wichtig zur Beschreibung



Zusammenfassung

- Synchronisation findet überall in der Physik statt
- Nicht sehr weit erforscht obwohl schon lange bekannt
- Verbindet unterschiedliche Wissenschaftliche Bereiche (Medizin, Physik, Architektur)
- Aus einem chaotischen System entsteht etwas Uniformes

Quellen

<http://www.scholarpedia.org/article/Synchronization>

https://www.physik.uni-bielefeld.de/~reimann/PROSEMINAR_SS23/stro2005.pdf

https://www.physik.uni-bielefeld.de/~reimann/PROSEMINAR_SS23/sync.pdf

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0370157308003384>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022519303003540>

<https://www.nature.com/articles/nrn2979>