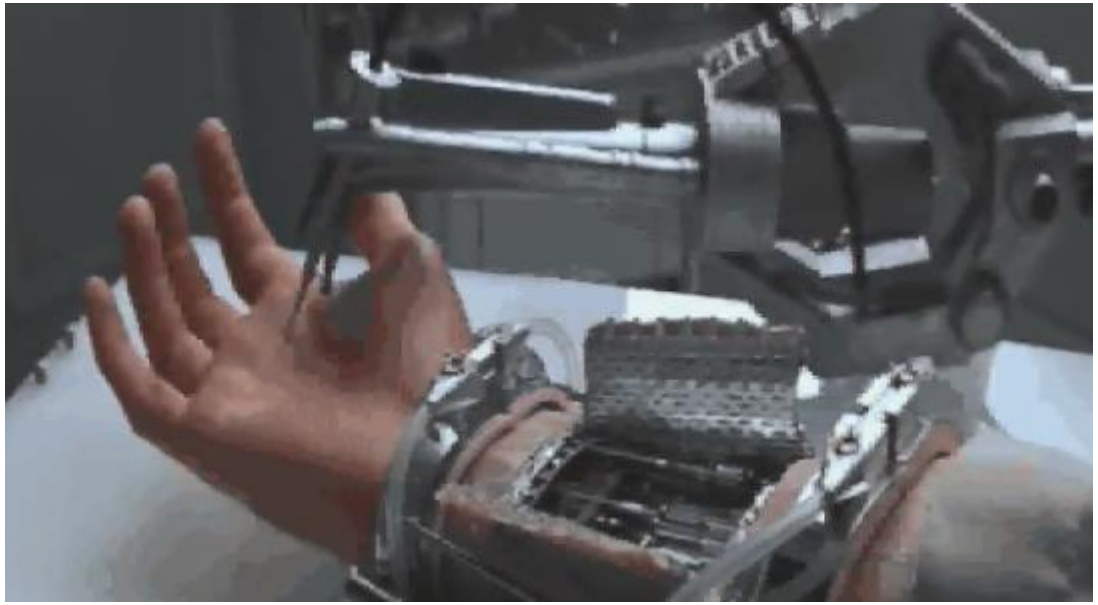
Mikrosysteme im Kontakt mit dem Nervensystem

Thomas Stieglitz, Matthias Mueller, Rickard Liljemalm, Johannes Erhardt, Christian Boehler, Jennifer Schulte, Eva Fiedler, Christina Hassler, Dennis T.T. Plachta, Danesh Ashouri Vajari, Maria Vomero, Ana Oliveira, Sharif Khan, Patrick Kiele, Michael Langenmair, Cristian Pasluosta, Linda Rudmann, Max Eickenscheidt, Maria Asplund, Juan S. Ordonez, und viele mehr…

Dr.-Ing. Paul Čvančara

Professur für Biomedizinische Mikrotechnik
Institut für Mikrosystemtechnik - IMTEK
IMBIT // NeuroProbes
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Deutschland

Es war einmal…



Quelle: *Star Wars – Das Imperium schlägt zurück*, 1980

Strom in Alltag: Nutzen und Gefahr

http://www.gadgetdesk.de/wp-content/uploads/2013/09/strom_o-798x350.jpg

http://www.podazaun.de/Resources/Files/inspiration/elektrozaune-fur-kuhe-rinder-und-mutterkuhe-04.jpg

http://www.fitundgesund.at/images/art/939/kind-steckdosenschutz.jpg

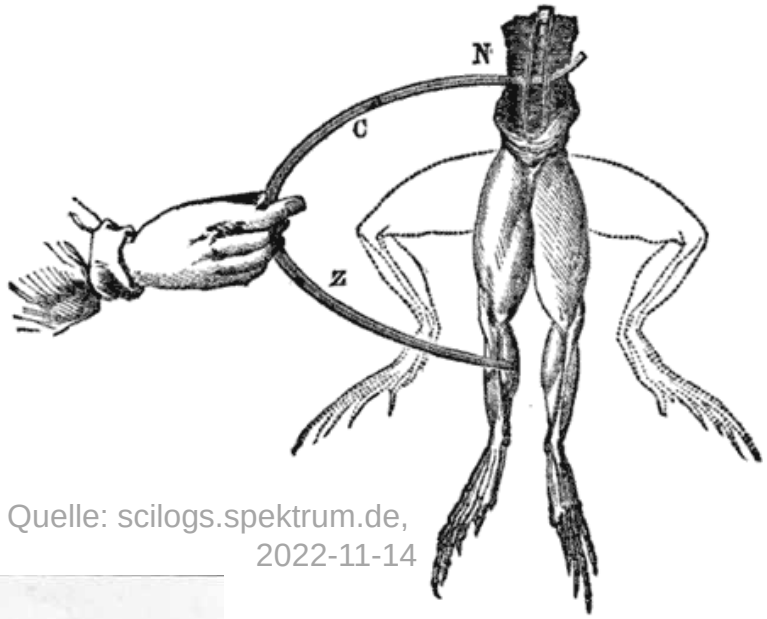
Bioelektronische Medizin: Wie geht das?

„Die tierische Elektrizität“

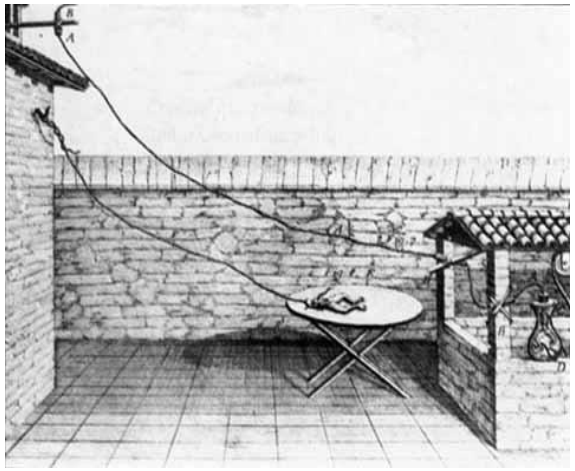
- Luigi Galvani
  (1737-1798)
  ital. Arzt und Naturforscher
  Quelle: nationalmaglab.org, 2022-11-14

- Alessandro Volta
  (1745-1827)
  ital. Physiker

- Elektrostimulation
  von Nerven (1791)

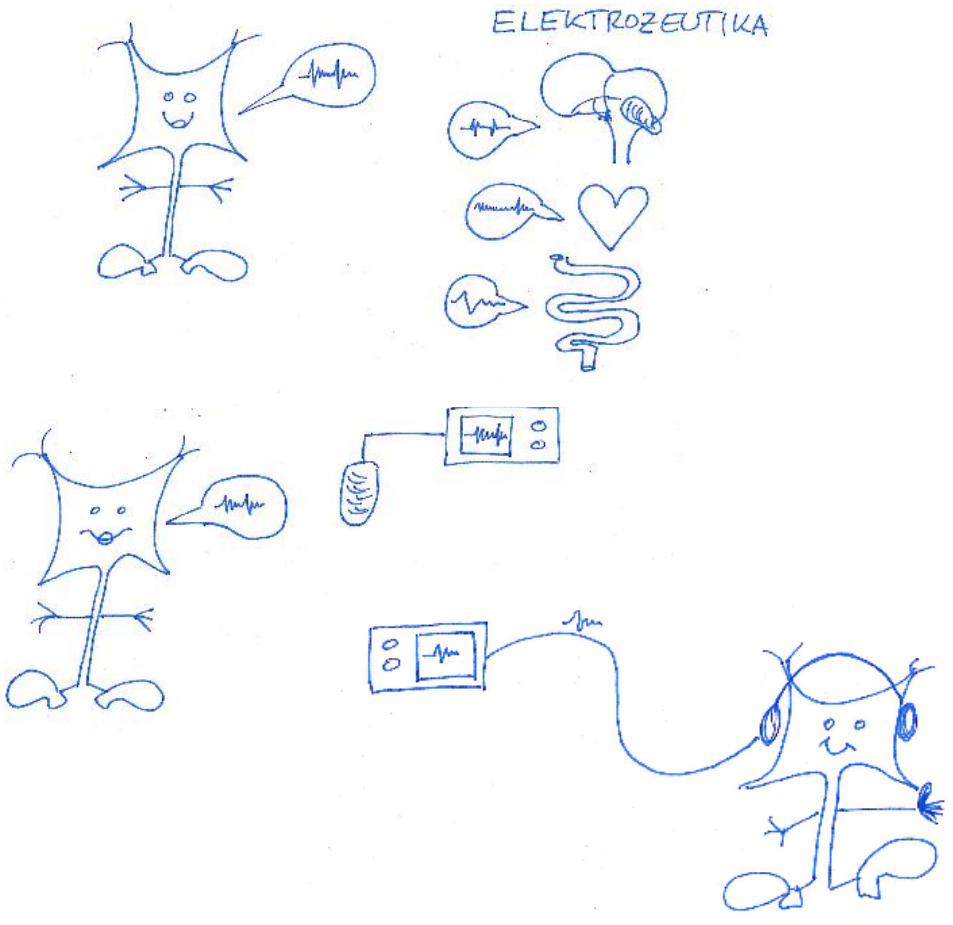


Quelle: scilogs.spektrum.de,
2022-11-14



Elektrische Interaktion im Körper

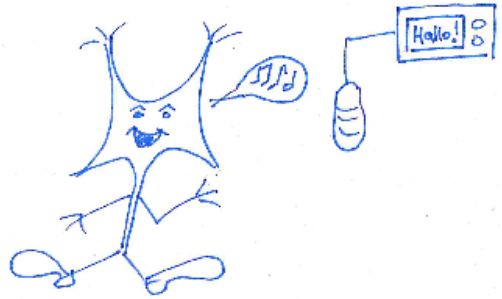
- (Autonomes) Nervensystem beeinflusst Organfunktionen elektrisch
- Lesen der Information vom Nerven
- Überschreiben im Krankheits-fall als Behandlung



Stieglitz T. (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-662-61570-6_8

Der neuronale Code

- Was ist die Information im Nervensignal?

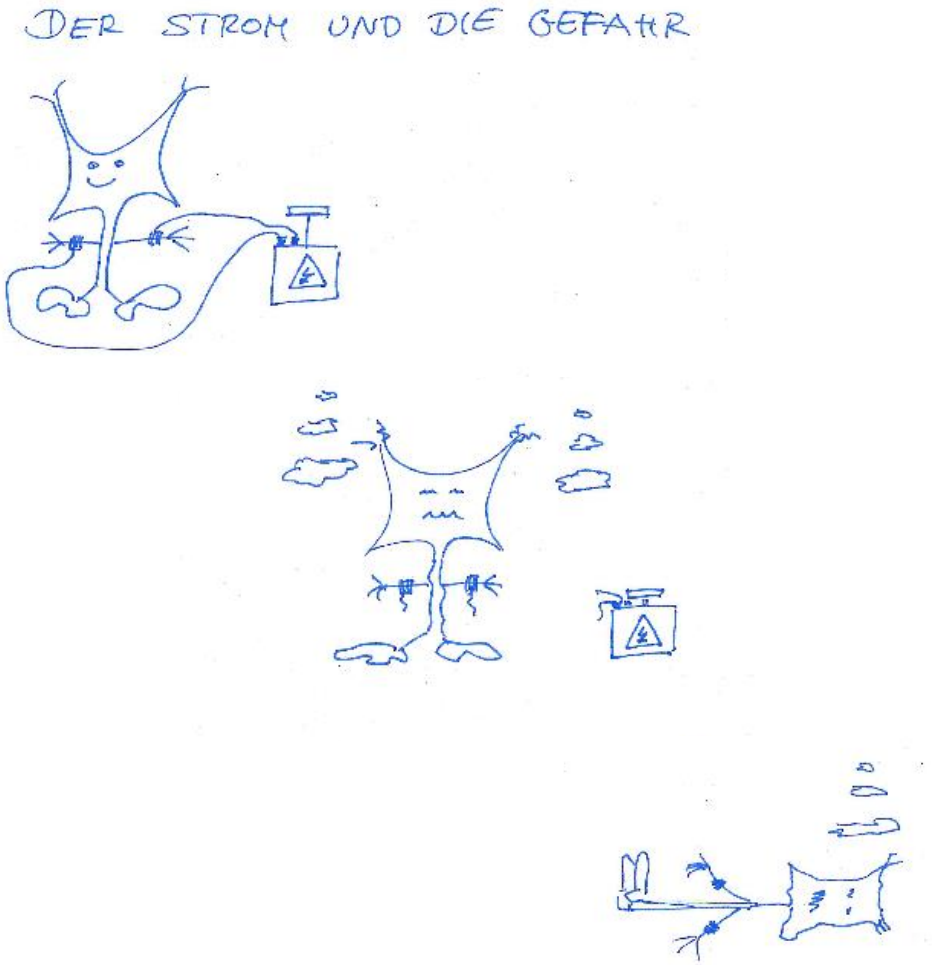


- Wie schreibe ich Information ein?

Stieglitz T. (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-662-61570-6_8

Wirkung und Nebenwirkung

- Strom erregt Nervenzellen
- Übermäßige Erregung schädigt Zellen
- Strom kann Zellen töten



Stieglitz T. (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-662-61570-6_8

Ort und Effizienz

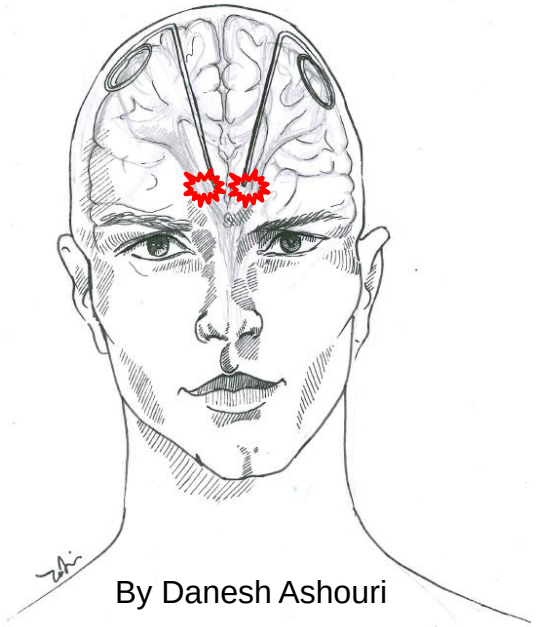
- Wo muss ich stimulieren?
- Wie muss ich stimulieren?
- Wie wirkt die Stimulation?

Stieglitz T. (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-662-61570-6_8

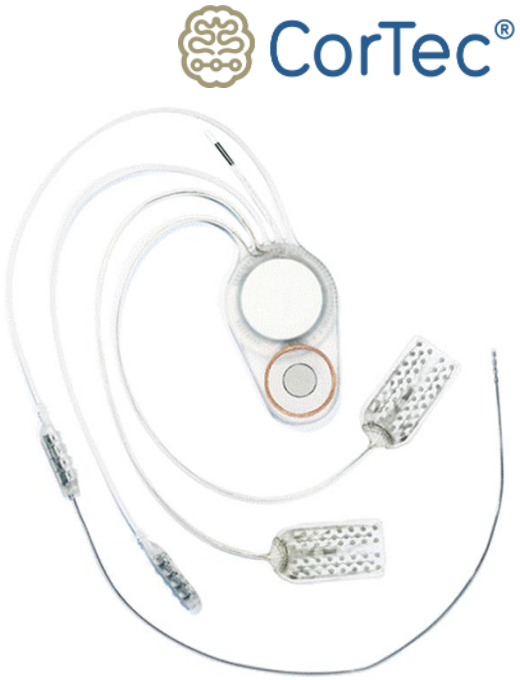
„Stimulationsimplantate“ im klinischen Einsatz

- Herzschrittmacher
  - neu: > 350.000 p.a.
- Cochlea Implantate
  - > 320.000 weltweit
- Rückenmarkstimulatoren
  - > 34.000 p.a.
- Tiefe Hirn Stimulatoren
  - > 100.000 weltweit
- Vagus Nerv Stimulatoren
  - > 100.000 weltweit

Stieglitz, T. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz, 2010

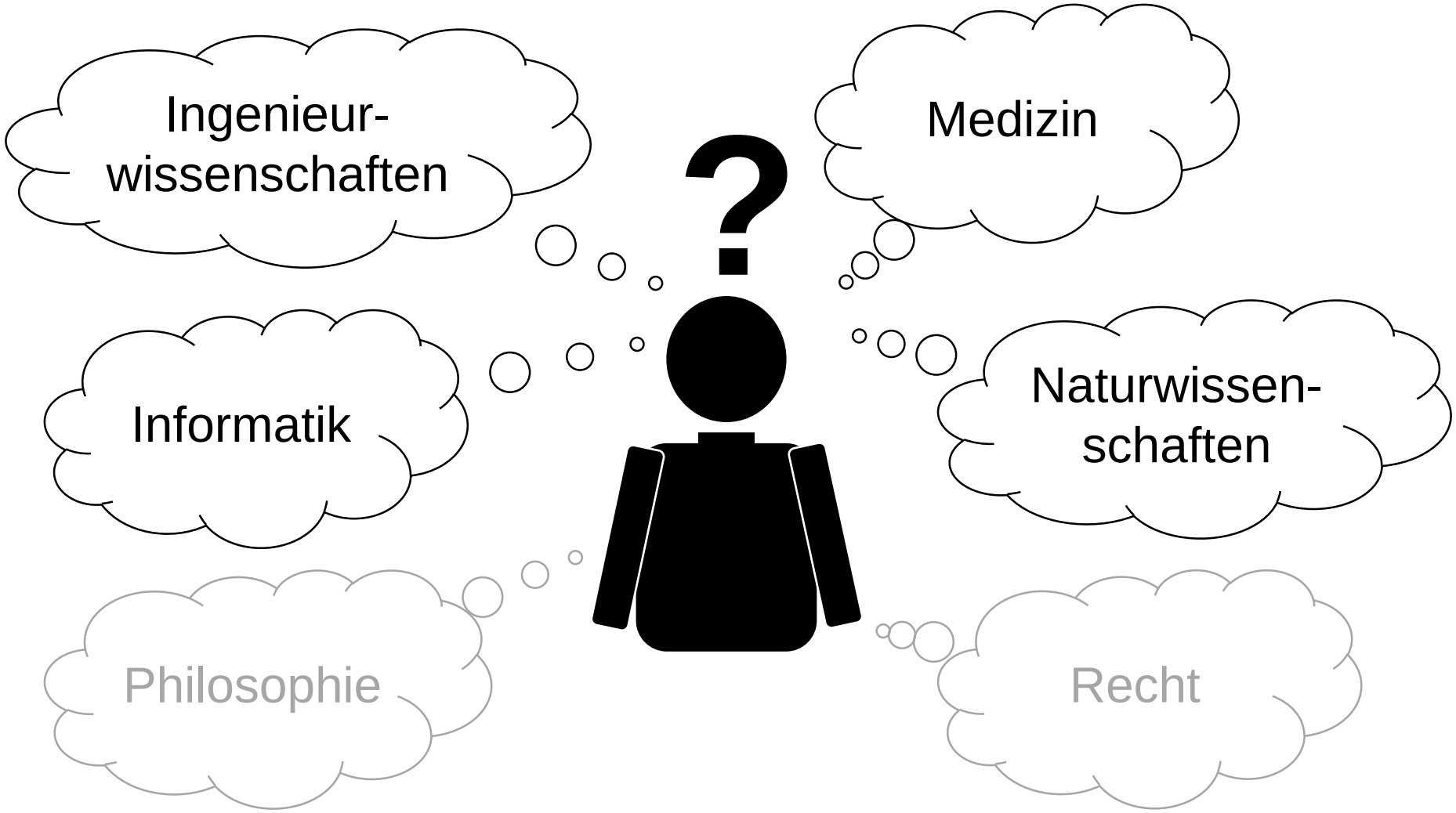


By Danesh Ashouri

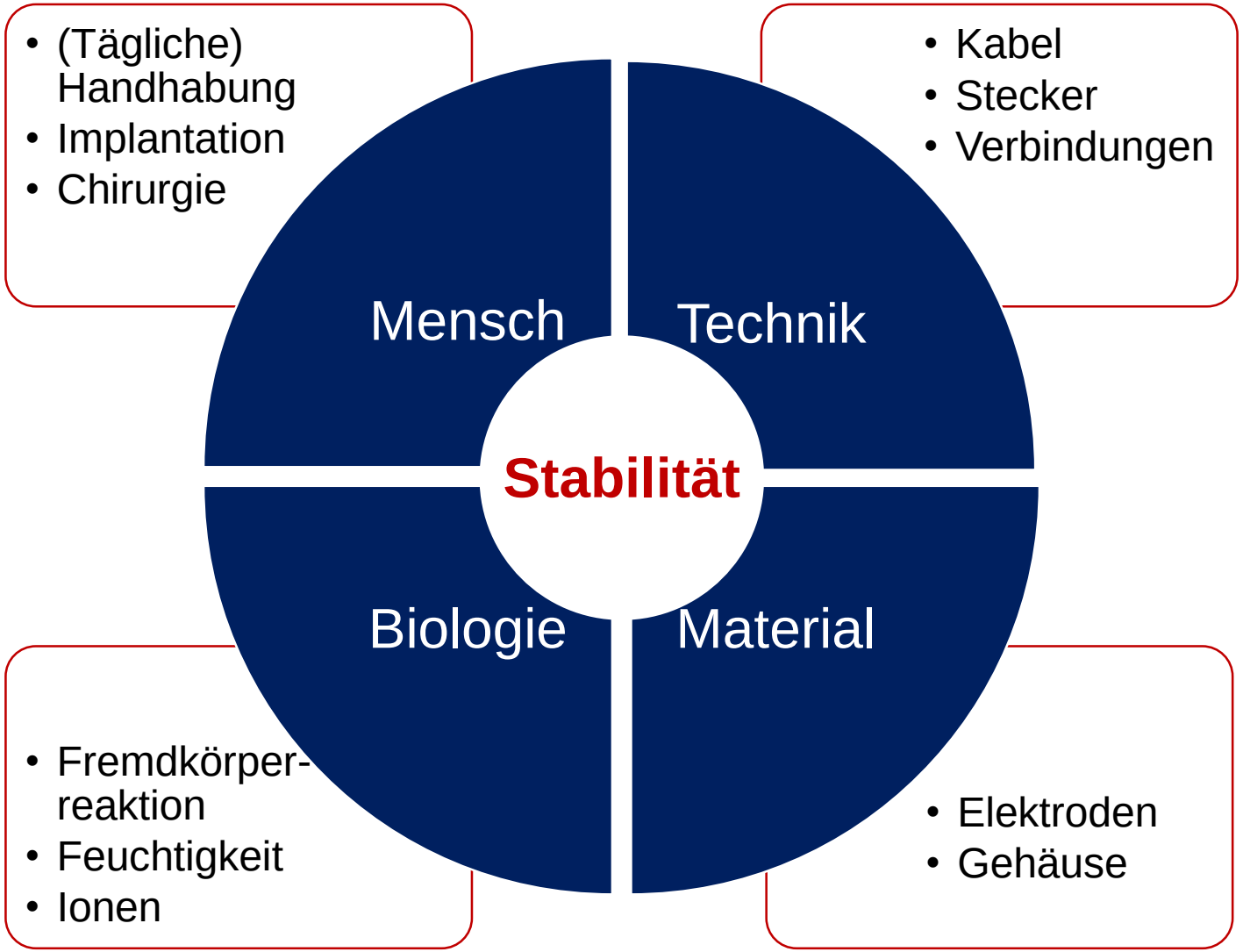


Brain Interchange mit zwei AirRay ECoG Elektroden und Möglichkeit zum Anschluss von zwei DBS Elektroden.

Welche Disziplinen tragen dazu bei?



Herausforderungen bei elektrischen Implantaten



Sensorisches Feedback nach Amputation

Fragen:

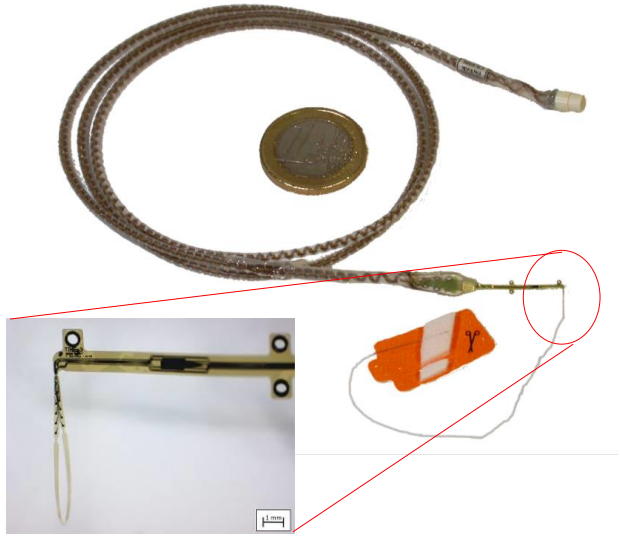
- Wie soll das gehen?
- Muskel oder Nerv?
- Was fühlt die Person?
- Geht das bei Arm und Bein?

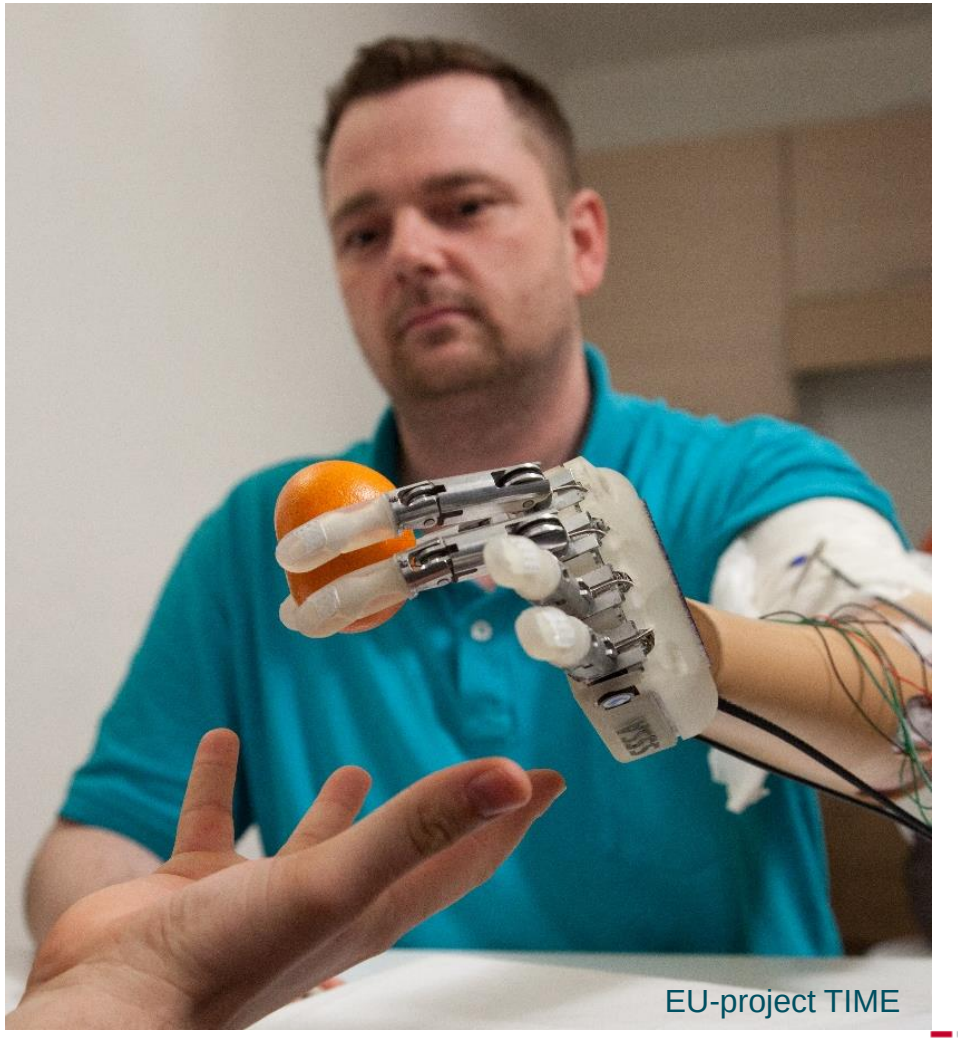
Quelle: https://spectrum.ieee.org/ 2022-11-15

Quelle: welt.de, 2022-11-15

Pilotstudie: Fühlen mit einer Handprothese

- männliche Person
- 36 Jahre alt
- Amputation 9 Jahre vor Implantation
- 4 TIME-Implantate*
- 56 Elektroden (-Kontakte)
- Implantationsdauer: 30 Tage

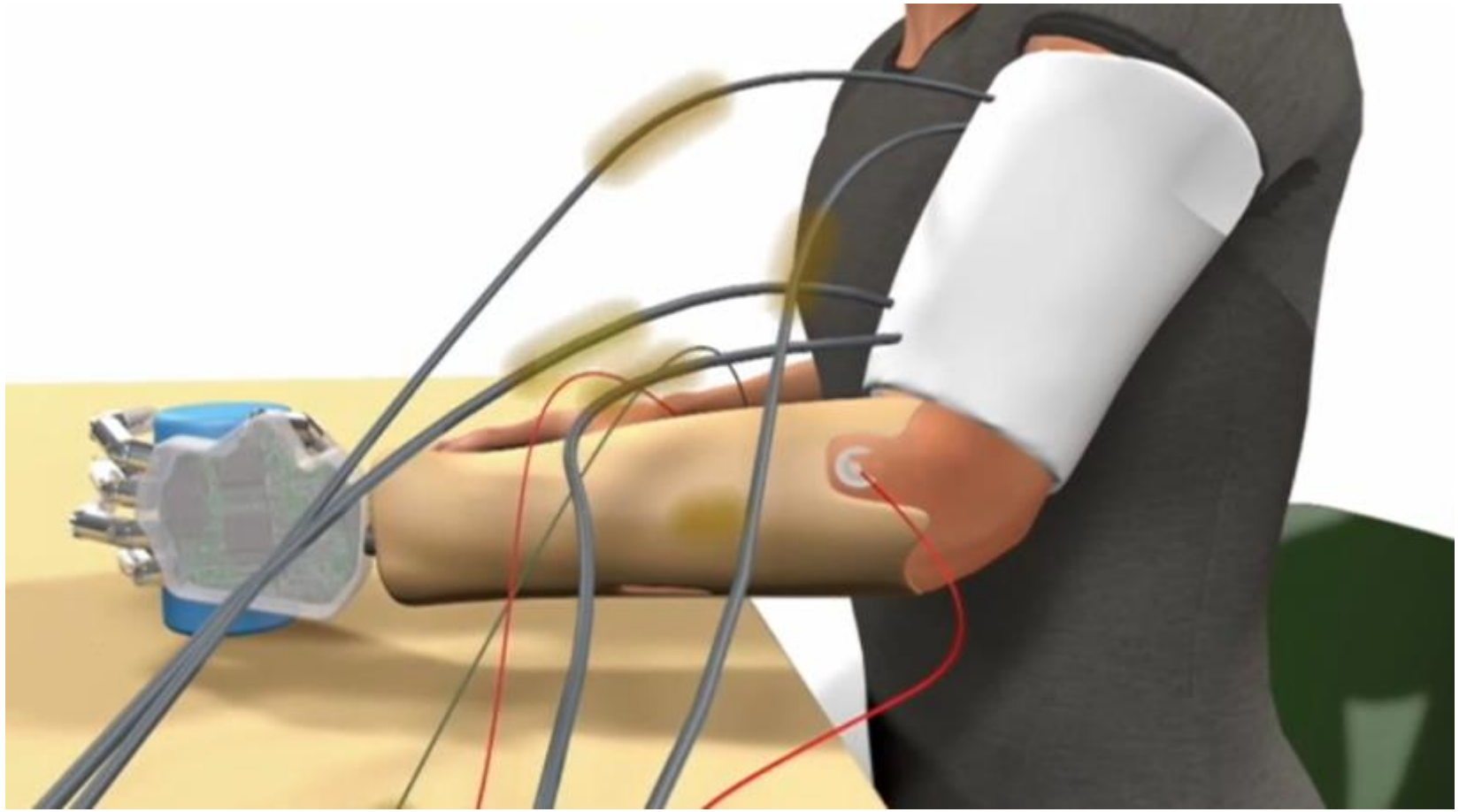




EU-project TIME

*Transverse intrafascicular multichannel electrode

Fühlen mit einer Handprothese: Wie geht das?

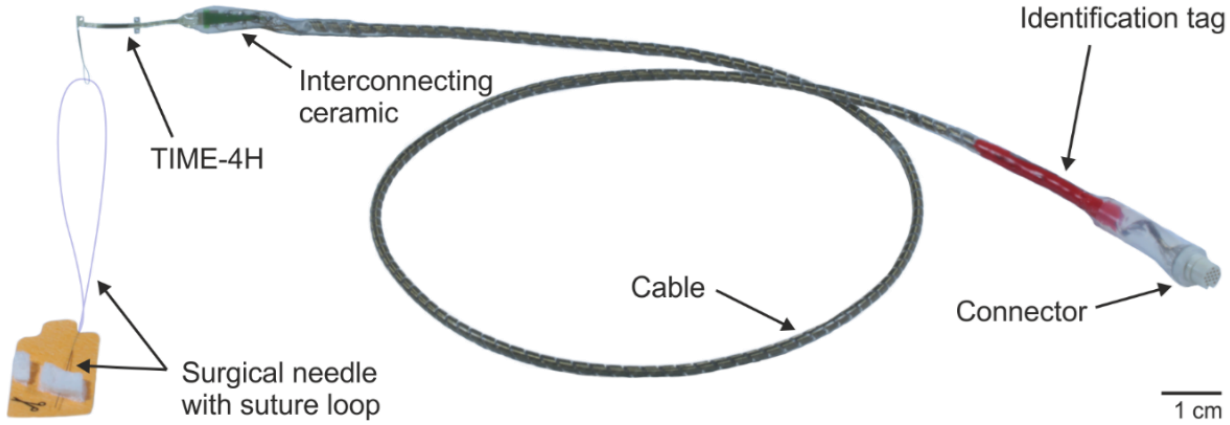


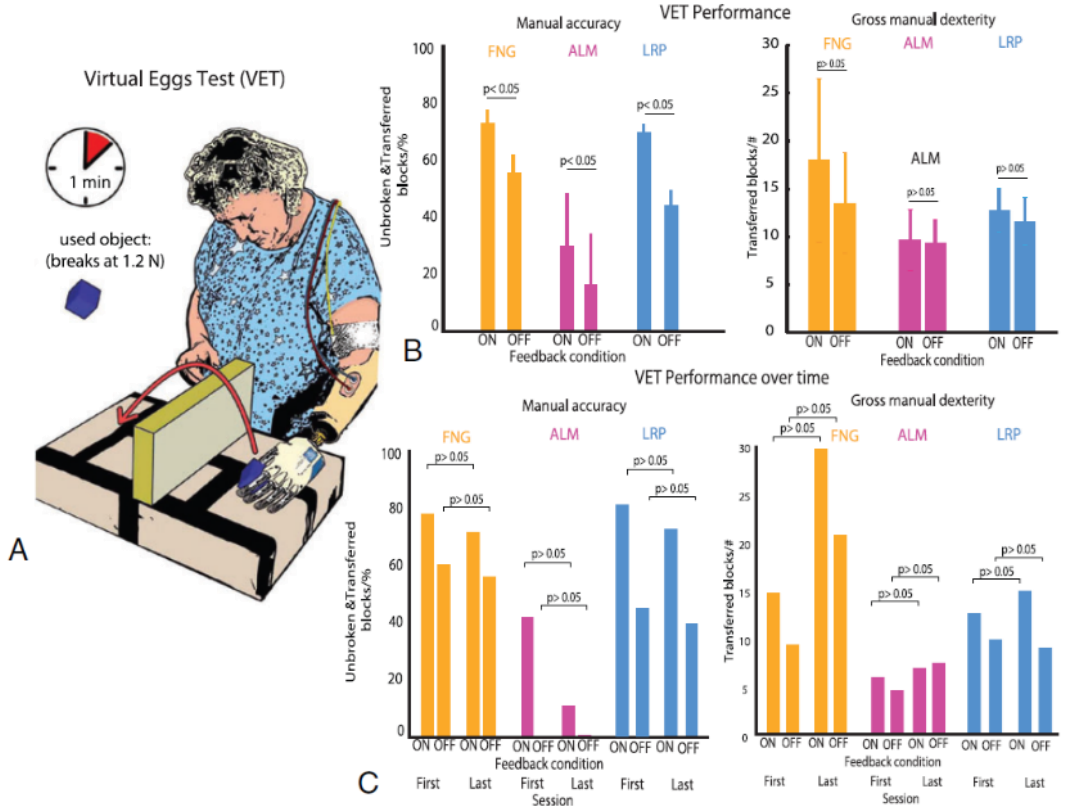
Raspopovic et al., Sci Tansl Med 6 (22), 222ra19 (2014)

Sensorische Rückkopplung ist vielfältig

Weitere Studie:

- 3 PatientInnen bis zu 6 Monaten
- Wahrnehmung hängt von der Kodierung ab
- Unterschiedliche Effekte
  - Kraft
  - Geschicklichkeit
  - Phantomschmerz





Valle G. et al., Neuron (2018)
Petrini, F.M. et al., Ann Neurol 85 (1), 137-154 (2019)

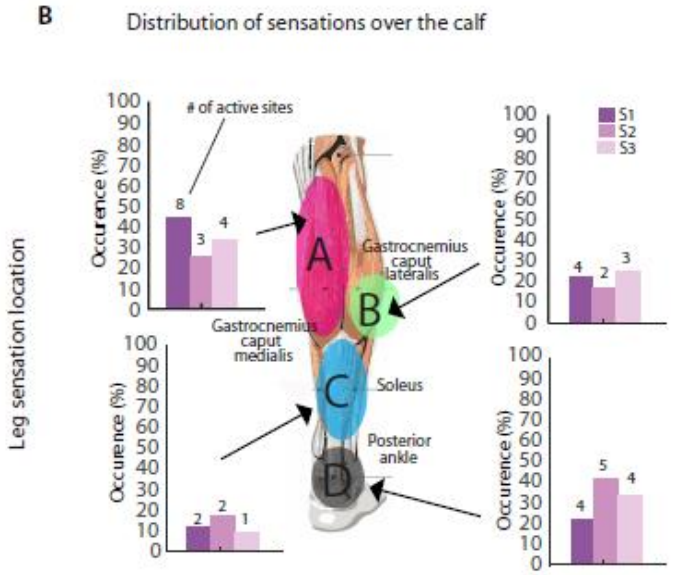
Beinprothese mit Gefühl

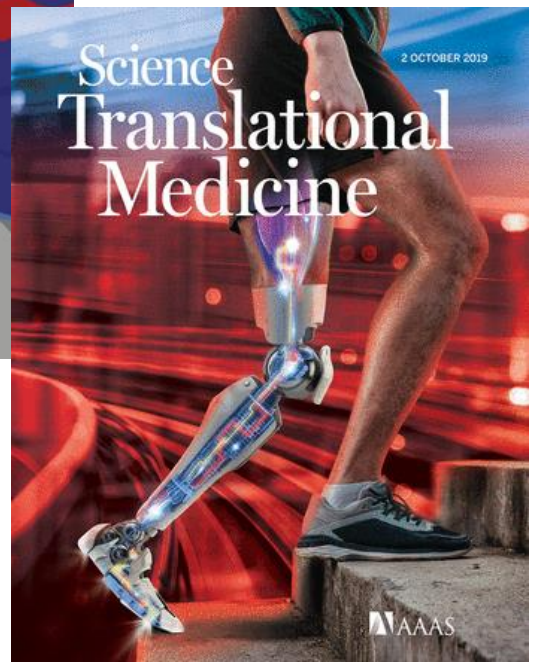
Klinische Studie

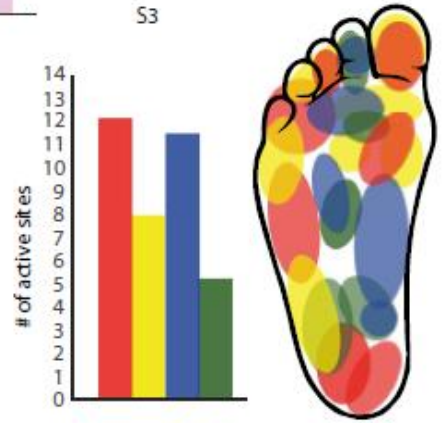
- Identische Implantate
- 3 Patienten bis 3 Monate

Ergebnisse

- Sicherer Gang
- Geringere kognitive Last
- Geringerer Energieverbrauch







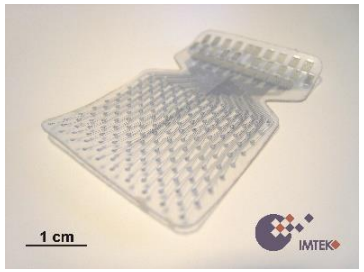
Petrini F.M. et al., Nature Medicine, 25,1356-1363 (2019)

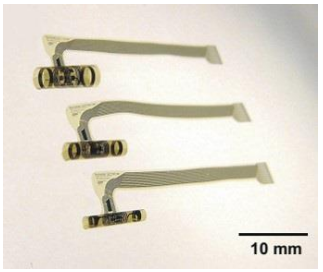
Petrini F.M. et al., Sci Translat Med. 11(512), eaav8939 (2019)

Sonstige Forschung am BMT

Entwicklung neuronaler Schnittstellen

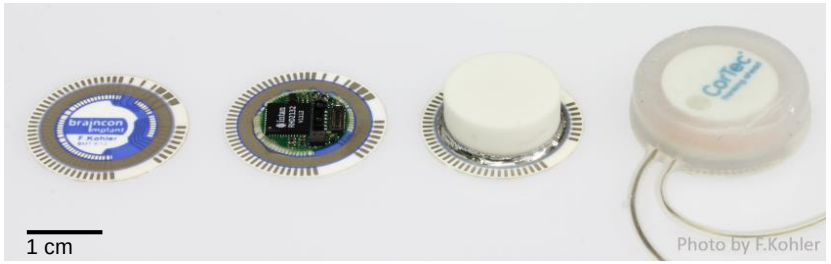
- Peripheres Nervensystem
- Zentrales Nervensystem
- Basierend auf unterschiedl. Materialien: Polyimid, PDMS*, Parylene-C





Aufbau- und Verbindungstechnik

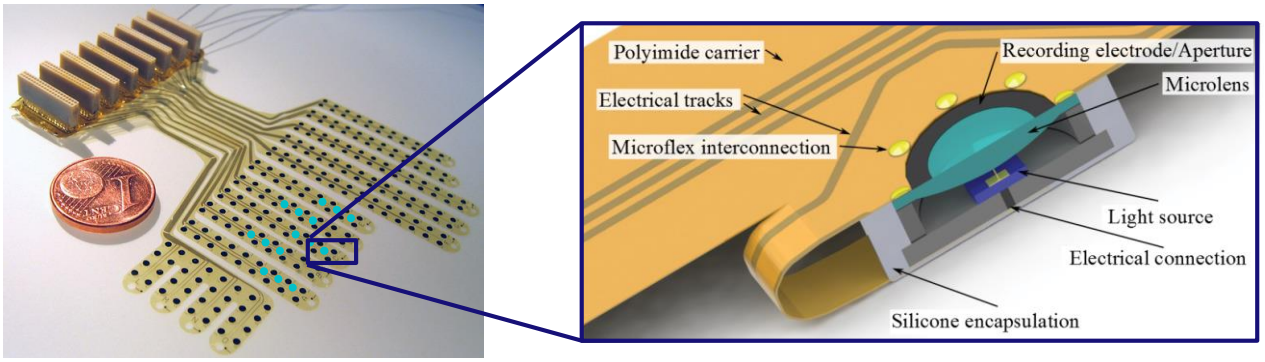
- PCBs* auf keramischer Basis
- Dickschicht- und Dünnfilm-Technik



Source: CorTec GmbH (spin-off company)

Konzepte für Optogenetik

- Miniaturisierung



* Polydimethylsiloxane
Printed Circuit Boards

Zusammenfassung

Die Verbreitung von „Strom am Nerven“ hängt ab

- von der Leistungsfähigkeit der Ansätze und Produkte
- von der Akzeptanz bei den Patienten
- von der Abrechenbarkeit bei den Kassen

Technik und Medizin müssen Hand in Hand arbeiten!

Die Entwicklungen sollen und werden durch gesellschaftlichen Diskurs begleitet.

Was bietet Freiburg hierzu an?

Ausbildung = Studiengänge

- Bachelor Studiengänge
  - Mikrosystemtechnik
  - Eingebettete Systeme
  - Informatik
  - Biologie
- Master Studiengänge
  - Mikrosystemtechnik
  - Eingebettete Systeme
  - Informatik
  - Biologie
  - Neurosciences
- Medizin

- Forschung
  - Mitarbeit als studentische Hilfskraft
  - Abschlussarbeiten
  - Promotionen

Seit Frühjahr 2022!

Danksagung

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

- "Exist Go Bio" project, grant 01GQ0420
- “Bernstein Focus Neurotechnology-The hybrid brain”, grant 01GQ0830
- “FutureRet”, grant 16SV3792
- “BrainCon”, grant 0316064C
- “ NASS“, grant 16SV5834
- „Motor-BIC“, grant 13GW0053E
- „Baroloop“, grant 13GW0120C
- „INOPRO“, FKZ 16SV7656

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

- „ZIM-FINAMI“, grant KF2162036AK4

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

- ImChip/NeuroBus
- Neurovibes
- Cluster of Excellence BrainLinks-BrianTools (ExC 1086, Deutsche Forschungsgemeinschaft - DFG), Federal Ministry of Economics, Science and Arts of Baden-Württemberg within the sustainability program for projects of the excellence initiative II.

Europäische Union

- „Neuroprobes", FP 6, IST-027017
- „TIME", FP 7, CP-FP-INFSO 224012
- „EPIONE”, FP7, FP7-HEALTH-2013-INNOVATIO-1602547
- „NEBIAS“, FP7, CP-FP-INFSO 318478
- „Moore4Medical”, H2020 ECSEL 2019-IA-876190
- www.moore4medical.eu

BMT 2015 mit CorTec & neuroloop

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Campus der Technischen Fakultät

E-Mail: paul.cvancara@imtek.uni-freiburg.de
stieglitz@imtek.uni-freiburg.de