Glukose-Brennstoffzellen als alternative Energiegewinnungsmethode für medizinische Implantate

Maxi Frei

Lehrstuhl für Anwendungsentwicklung, IMTEK – Institut für Mikrosystemtechnik, Universität Freiburg

Motivation

- 76000 Neuimplantationen von Herzschrittmachern in Deutschland pro Jahr [1]
- **Problem**: Durchschnittliche Lebensdauer der Batterie beträgt 8,8 Jahre → Implantat muss gewechselt werden [1]
- **Idee**: Umweltschonende, lebenslange Stromversorgung durch den Umsatz von chemischer Energie im menschlichen Körper zu elektrischer Energie
- **Innovation**: Theoretisch unbegrenzte Lebensdauer, da Glukose und O_2 kontinuierlich nachgeliefert werden

Glukose-Brennstoffzelle

- Glukose oxidiert an der Anode und Sauerstoff reduziert an der Kathode
- Aus dem Oxidationsprozess frei werdende Elektronen werden zum Betrieb des Implantats genutzt

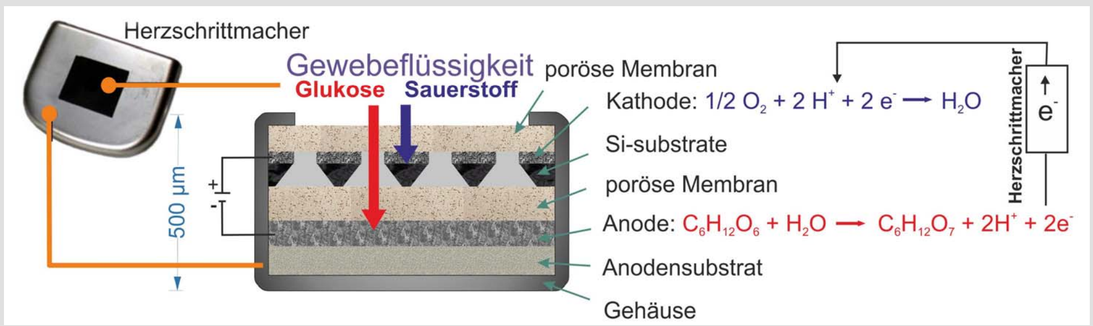

Abb. 1: Aufbau und Funktionsweise der Glukose-Brennstoffzelle

Problemstellung und Ziel der Arbeit

- Aminosäuren “vergiften” den Katalysator der Anode → die Zellspannung bricht ein (Abb.2)
- Vor allem positiv geladene Aminosäuren Arginin, Histidin und Lysin wirken vergiftend [3]
- **Ziel**: Langzeitstabilität der Anode durch die Reduktion der Vergiftung verbessern

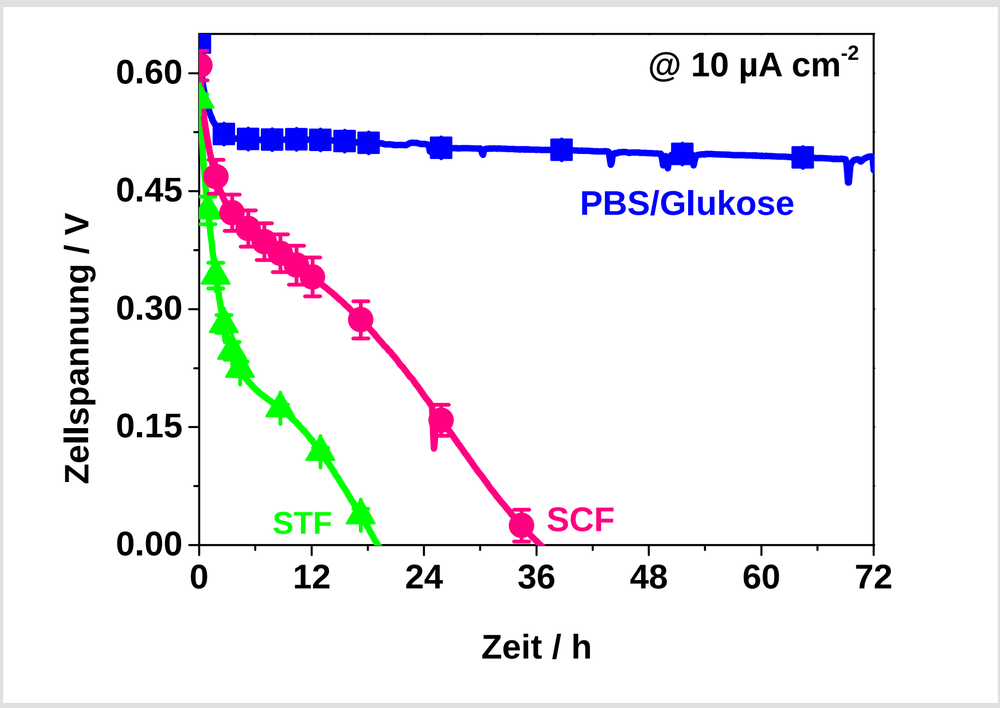

Abb. 2: Potentialabfall der Glukose-Brennstoffzelle in phosphatgepufferter Salzlösung (PBS), simulierter Gewebeflüssigkeit (STF) und simulierter Cerebrospinalflüssigkeit (SCF) [2]

Lösungsstrategien

1. **Poröse Elektrodensubstrate**
   - **Idee**: Vergrößerung der katalytischen Oberfläche durch hoch poröses Platin auf Kohlenstofffasern (Abb.5)
   - **Erfolge**: Erhöhung der spezifischen Oberfläche um das Dreifache, Stromdichte in PBS/Glukose nimmt proportional zur Oberfläche zu (Abb.4)

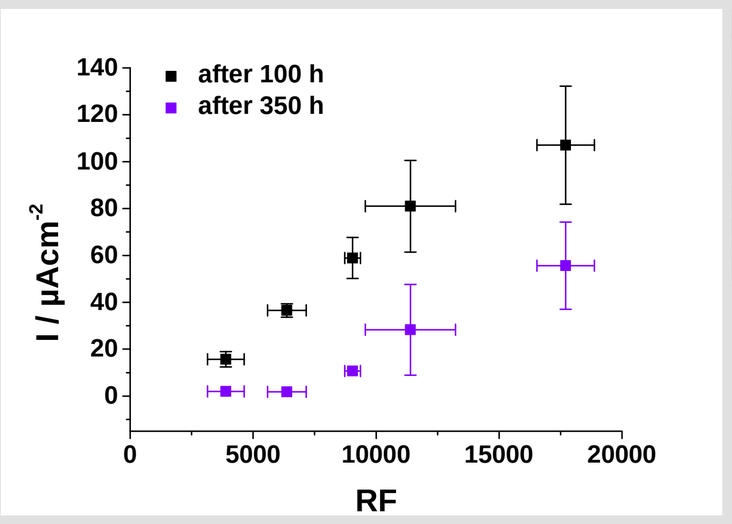

Abb. 4: Stromdichte in Abhängigkeit des Rauheitsfaktors (RF, Verhältnis aus spezifischer zu geometrischer Oberfläche)

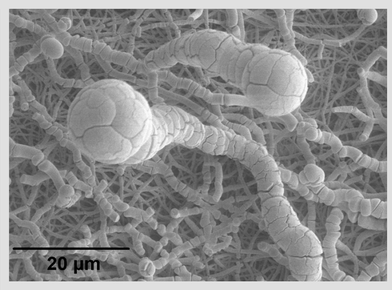

Abb. 5: Kohlenstofffasern ummantelt mit hochporösem Platin

2. **Schutzmembranen**
   - **Idee**: Positiv geladene Membran hält positiv geladene Aminosäuren zurück
   - **Ziel**: Blockierung der schädlichsten Aminosäuren
3. **Platinlegierungen als Katalysator**
   - **Idee**: Legierung ist weniger vergiftungsanfällig
   - **Erster Erfolg**: Nach 190 h liefern Platin-Gold-Elektroden das Dreifache der Stromdichte in PBS/Glukose, trotz 40% geringerer katalytischer Oberfläche
4. **Bio-inspirierter Katalysator**
   - **Idee**: In der Natur oxidieren Enzyme Glukose mithilfe molybdänhaltiger Phthalocyaninkomplexe
   - **Ziel**: Komplexanpassung an die Bedingungen der Glukose-Brennstoffzelle, in Kooperation mit Prof. Dr. Kurz

Ausblick

- **Nächster Schritt**: Untersuchung der vielversprechendsten Katalysator- und Elektrodenvarianten in Serum
- **Ziel**: Lebensdauer der Glukose-Brennstoffzelle überschreitet die Lebensdauer von Batterien

Literatur

[1] Markewitz, Jahresbericht des Deutschen Herzschrittmacher- und Defibrillatorregisters - Teil 1: Herzschrittmacher, 2012

[2] Köhler, ChemElectroChem, 1 (2014) 1895 – 1900

[3] Köhler, ChemElectroChem, doi:10.1002/celc.201500215

Graduiertenkolleg “Micro Energy Harvesting” (GRK 1322)