



Raymond Leopold Heydorn (Autor)  
**Produktion und Charakterisierung von Biopolymeren  
zur Anwendung in elektrochemischen  
Energiespeichern**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8820>

Copyright:  
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| Kurzzusammenfassung.....   | XIII      |
| Abstract.....  | XV        |
| Abkürzungsverzeichnis .....  | XVII      |
| Symbolverzeichnis.....   | XIX       |
| <b>1. Einleitung und Zielsetzung.....</b>                                      | <b>1</b>  |
| <b>2. Theorie.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2.1 Mikrobielle Biopolymere.....</b>  | <b>3</b>  |
| 2.1.1 <i>γ</i> -Polyglutaminsäure.....   | 3         |
| 2.1.1.1 Struktur & Funktion.....   | 3         |
| 2.1.1.2 Vorkommen & Biosynthese.....   | 4         |
| 2.1.1.3 Produktion & Aufarbeitung.....   | 5         |
| 2.1.1.4 Anwendungen.....   | 7         |
| 2.1.2 <i>Sphingan PS-EDIV</i> .....  | 8         |
| 2.1.2.1 Struktur & Funktion.....   | 8         |
| 2.1.2.2 Vorkommen & Biosynthese.....   | 9         |
| 2.1.2.3 Produktion & Aufarbeitung.....   | 9         |
| 2.1.2.4 Anwendung.....   | 11        |
| 2.1.3 <i>Bakterielle Cellulose</i> .....                                       | 11        |
| 2.1.3.1 Struktur & Funktion.....   | 11        |
| 2.1.3.2 Vorkommen & Biosynthese.....   | 12        |
| 2.1.3.3 Produktion & Aufarbeitung.....   | 13        |
| 2.1.3.4 Anwendungen.....   | 15        |
| <b>2.2 Anwendung von Biopolymeren in Li-Ionen- &amp; Ni-Zn-Batterien .....</b> | <b>16</b> |
| 2.2.1 <i>Li-Ionen-Batterien</i> .....  | 16        |
| 2.2.1.1 Aufbau & Funktionsprinzip.....   | 16        |
| 2.2.1.2 Binder .....   | 19        |
| 2.2.2 <i>Ni-Zn-Batterien</i> .....   | 22        |
| 2.2.2.1 Aufbau & Funktionsprinzip.....   | 22        |
| 2.2.2.2 Separator .....  | 25        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3. Material &amp; Methoden .....</b>                             | <b>28</b> |
| <b>3.1 Biopolymer-Produktion .....</b>                              | <b>28</b> |
| 3.1.1 <i>γ</i> -Polyglutaminsäure .....                             | 28        |
| 3.1.1.1 Stammhaltung .....  | 28        |
| 3.1.1.2 Bioreaktor-Kultivierung .....                               | 28        |
| 3.1.1.3 Analytik.....   | 29        |
| 3.1.1.4 Aufreinigung.....   | 32        |
| 3.1.2 <i>Sphingan PS-EDIV</i> .....                                 | 32        |
| 3.1.2.1 Stammhaltung.....   | 32        |
| 3.1.2.2 Bioreaktor-Kultivierung .....                               | 33        |
| 3.1.2.3 Analytik.....   | 34        |
| 3.1.2.4 Aufreinigung.....   | 35        |
| 3.1.3 <i>Bakterielle Cellulose</i> .....                            | 35        |
| 3.1.3.1 Stammhaltung.....   | 35        |
| 3.1.3.2 Medien.....   | 36        |
| 3.1.3.3 Kultivierungsbedingungen & Probenahme.....                  | 38        |
| 3.1.3.4 Analytik.....   | 38        |
| 3.1.3.5 Aufreinigung & BC-Quantifizierung .....                     | 39        |
| <b>3.2 Biopolymer-Charakterisierung .....</b>                       | <b>39</b> |
| 3.2.1 <i>Bestimmung des Molekulargewichtes</i> .....                | 39        |
| 3.2.1.1 <i>γ</i> -Polyglutaminsäure & <i>Sphingan PS-EDIV</i> ..... | 39        |
| 3.2.1.2 <i>Bakterielle Cellulose</i> .....                          | 41        |
| 3.2.2 <i>XRD-Analyse bakterieller Cellulose</i> .....               | 42        |
| <b>3.3 Anwendung in elektrochemischen Energiespeichern .....</b>    | <b>44</b> |
| 3.3.1 <i>Biopolymere als Binder in Li-Ionen-Batterien</i> .....     | 44        |
| 3.3.1.1 Oszillationsversuche mit Binder-Lösungen.....               | 44        |
| 3.3.1.2 Anoden-Herstellung.....                                     | 45        |
| 3.3.1.3 Haftfestigkeit.....   | 46        |
| 3.3.1.4 Spezifischer elektrischer Widerstand .....                  | 47        |
| 3.3.1.5 Elektrochemische Charakterisierung & C-Raten-Test.....      | 47        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 3.3.2      | <i>Bakterielle Cellulose als Separator in Ni-Zn-Batterien</i> .....             | 48        |
| 3.3.2.1    | Kathoden-Fertigung .....  | 48        |
| 3.3.2.2    | Nachweis kathodischer Funktionalität .....                                      | 50        |
| 3.3.2.3    | Separator-Herstellung .....   | 50        |
| 3.3.2.4    | Größen-Bestimmung & Elektrolyt-Aufnahme der Separatoren .....                   | 51        |
| 3.3.2.5    | Hydroxid- und Zinkat-Diffusion .....  | 52        |
| 3.3.2.6    | Elektrochemische Charakterisierung & C-Raten-Test .....                         | 53        |
| 3.3.2.7    | XRD-Analyse der Separatoren .....   | 53        |
| <b>4.</b>  | <b>Ergebnisse &amp; Diskussion</b> .....  | <b>55</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Biopolymere als Binder in Li-Ionen-Batterien</b> .....                       | <b>55</b> |
| 4.1.1      | <i>Biopolymer-Produktion &amp; Charakterisierung</i> .....                      | 55        |
| 4.1.1.1    | $\gamma$ -Polyglutaminsäure .....   | 55        |
| 4.1.1.2    | Sphingan PS-EDIV .....  | 58        |
| 4.1.2      | <i>Amplitudentests der Binder-Lösung &amp; Anoden-Herstellung</i> .....         | 61        |
| 4.1.3      | <i>Haftfestigkeit der Anoden</i> .....  | 64        |
| 4.1.4      | <i>Spezifischer elektrischer Widerstand der Anoden</i> .....                    | 68        |
| 4.1.5      | <i>Elektrochemische Charakterisierung</i> .....                                 | 71        |
| 4.1.5.1    | Zyklisierung .....  | 71        |
| 4.1.5.2    | C-Raten-Test .....  | 74        |
| <b>4.2</b> | <b>Produktion bakterieller Cellulose auf Basis von Sekundärrohstoffen</b> ..... | <b>76</b> |
| 4.2.1      | <i>BC-Produktion in HS-Medien</i> .....   | 77        |
| 4.2.2      | <i>Charakterisierung von Melasse, Vinasse &amp; WFB</i> .....                   | 80        |
| 4.2.3      | <i>BC-Produktion mit einzelnen komplexen Sekundärrohstoffen (SCC)</i> .....     | 82        |
| 4.2.4      | <i>BC-Produktion mit kombinierten komplexen Sekundärrohstoffen (CCC)</i> .....  | 85        |
| 4.2.5      | <i>Auswirkungen auf das Molekulargewicht von BC</i> .....                       | 89        |
| 4.2.5.1    | Generelle Aspekte .....   | 89        |
| 4.2.5.2    | Einfluss des Kultivierungsmediums .....   | 90        |
| 4.2.6      | <i>Auswirkungen auf die Kristall-Phasen &amp; die BC-Kristallinität</i> .....   | 94        |
| 4.2.6.1    | Generelle Aspekte .....   | 94        |
| 4.2.6.2    | Einfluss des Kultivierungsmediums .....   | 95        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>4.3</b> | <b>Bakterielle Cellulose als Separator in Ni-Zn-Batterien .....</b>            | <b>100</b> |
| 4.3.1      | <i>Verifizierung der Ni(OH)<sub>2</sub>-Kathode .....</i>                      | 100        |
| 4.3.2      | <i>BC-Zerkleinerung &amp; Auswirkung auf die Kristallinität.....</i>           | 104        |
| 4.3.3      | <i>Separator-Abmessungen &amp; Wechselwirkungen mit dem Elektrolyten .....</i> | 106        |
| 4.3.4      | <i>Separator-Permeabilität für Hydroxid- &amp; Zinkat-Ionen.....</i>           | 110        |
| 4.3.5      | <i>Zyklisierung von Ni-Zn-Batterien mit BC-Separatoren.....</i>                | 112        |
| 4.3.6      | <i>C-Raten-Test.....</i>   | 117        |
| 4.3.7      | <i>XRD-Analyse BC-basierter Separatoren.....</i>                               | 118        |
| <b>5.</b>  | <b>Zusammenfassung &amp; Ausblick .....</b>                                    | <b>121</b> |
| <b>6.</b>  | <b>Literaturverzeichnis .....</b>  | <b>126</b> |
| <b>7.</b>  | <b>Anhang .....</b>  | <b>160</b> |
| 7.1        | <b>Abbildungen.....</b>  | <b>160</b> |
| 7.2        | <b>Tabellen.....</b>   | <b>162</b> |