

# Betrachtung der Nachhaltigkeit eines Prozesses zur biotechnologischen Herstellung von Spinnenseide

## ... und Vergleich zu einem chemisch-technischen Prozess auf Polymerbasis

6. Ökobilanz-Werkstatt, TU Darmstadt

Dipl.-Ing. A. Lauterbach, MBE

Universität Bayreuth, Fakultät für angewandte Naturwissenschaften

Lehrstuhl für Biomaterialien



UNIVERSITÄT  
BAYREUTH



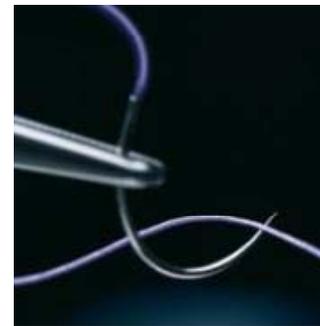
## Herausstellungsmerkmale der Spinnenseide

- hohe Reißfestigkeit, hohe Dehnbarkeit
- wiederverwertbar
- biologisch abbaubar, ruft keine Entzündungen und Allergien hervor



## Mögliche Anwendungsfelder

- Medizintechnik
  - Chirurgisches Nahtmaterial
  - Wundverbände
  - Beschichtung von Implantaten
- Sicherheitstechnik
  - Schutzkleidung
  - Airbags
  - Spezialseile
- uvm.



Safil®



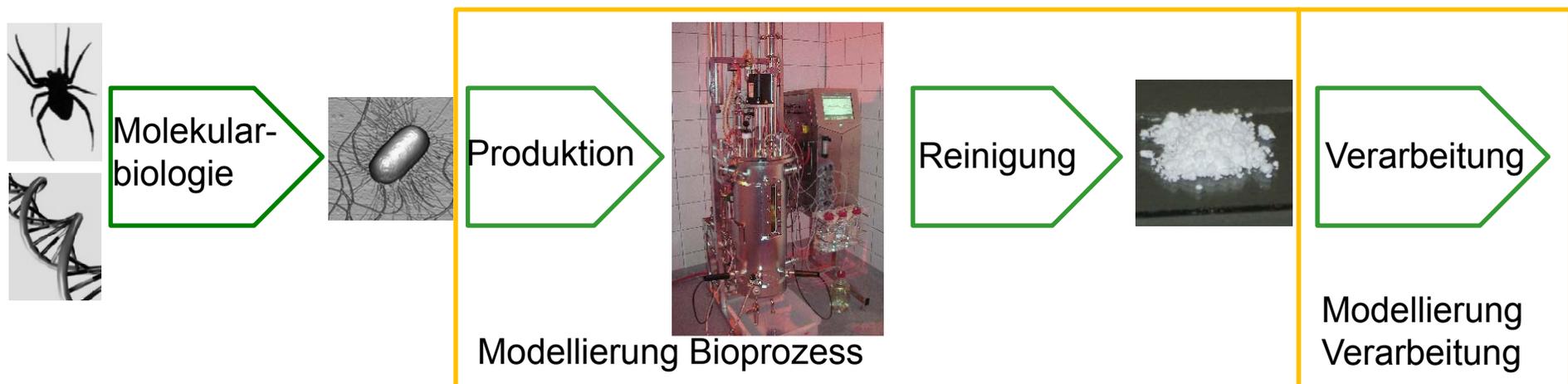
Mehler®

# Spinnenseide als Biomaterial der Zukunft



Spinnen kann man nicht in Farmen züchten!

→ biotechnologische Herstellung



# Warum eine Modellierung des Prozesses?



Wirtschaftlichkeit bei neuen Technologien wichtig

- Verbesserungen zu anderen Technologien muss konkurrenzfähig sein
- Rechnung der Kosten nicht aussagekräftig, bzw. angemessen
- Berücksichtigung der eingesetzten Rohstoffe, Prozesshilfsmittel und Abfallstoffe

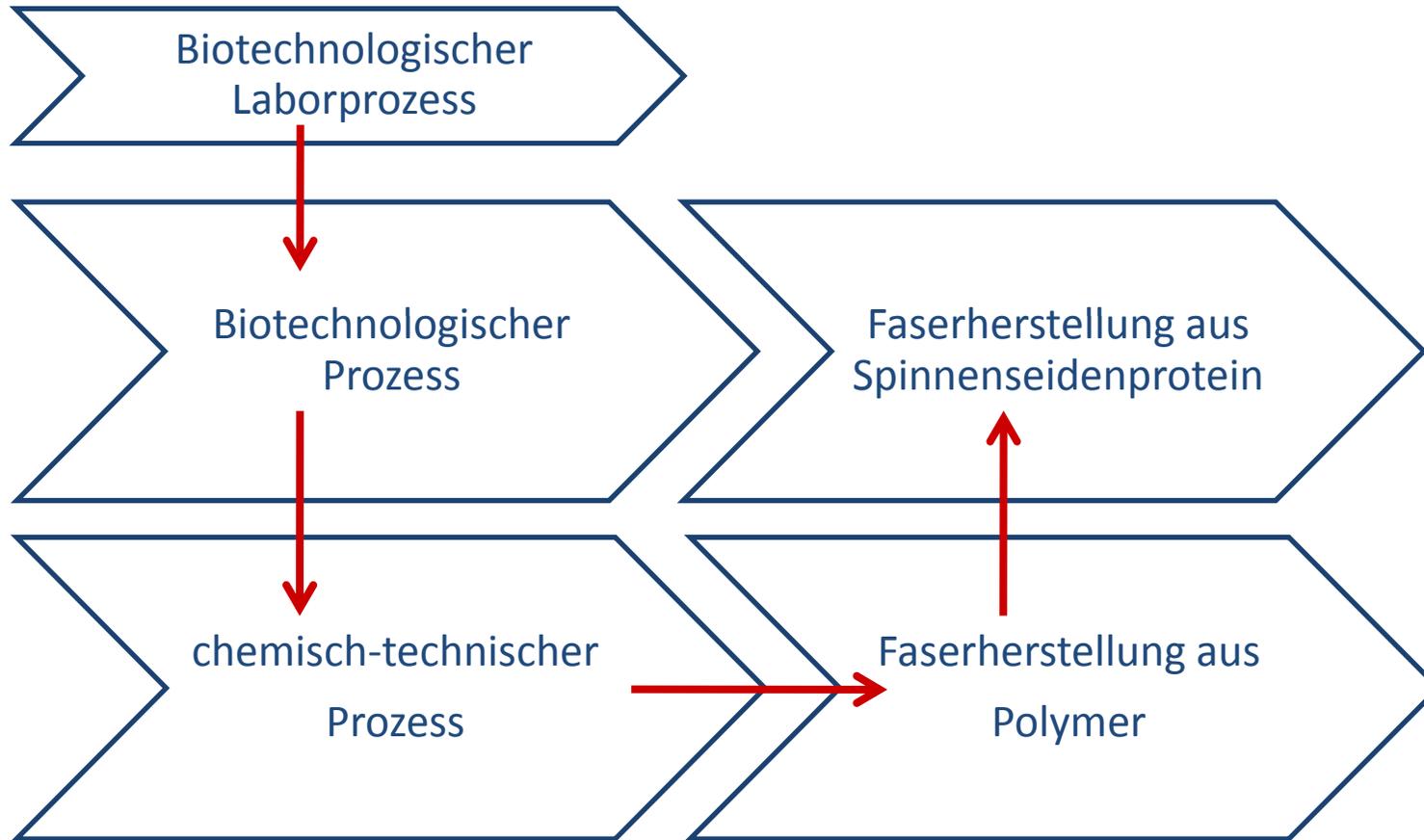
Vergleich von biotechnologischen zu chemisch-technischen Prozess

- Vorteile biotechnologische Prozesse
  - Niedrige Prozesstemperaturen und atmosphärischer Prozessdruck
  - Einsatz in wässrigen System, geringe Chemikalienkonzentrationen

→ Keine vergleichbare Modellierung vorhanden, generelle Aussage nicht möglich



# Laufplan der Modellierung



Modellierung mit Umberto





## Biotechnologischer Laborprozess

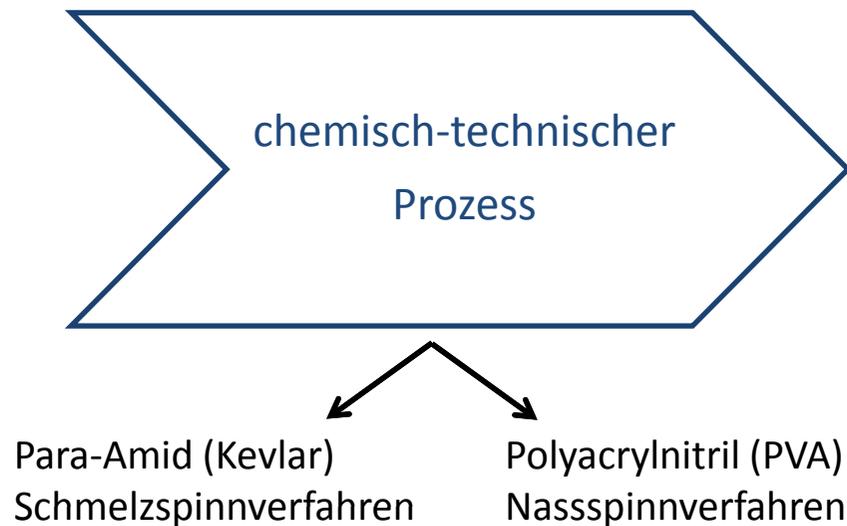
Zum „Üben“

- Abbilden der einzelnen Schritte
  - Prozessgrößen abbilden und Kostenstellen identifizieren
- Prozessgrößen identifizieren, die durch Messungen bestimmt werden müssen
  - Mengen der Rohstoffe (Feststoffe, Gase) und Stoffflüsse
  - Mengen der anfallenden Abfälle/Abwässer
  - Sonstige Daten, die für die Modellierung notwendig sind



- Sinnvolle Prozessgröße identifizieren
- Sinnvolles Upscalen des Laborprozesses
  - Größeneffekt bei Kosten berücksichtigen
  - Handarbeit Laborprozess vs. Automatisierung großtechnischer Maßstab
  - Investitionskosten ermitteln
  - Biomasseverwertung als Nachkette integrieren
  - Analytik/Qualitätskontrolle berücksichtigen

- Geeignetes Fasermaterial auswählen und dessen Monomerherstellung abbilden
  - Sinnvolles Abgrenzen zu Nebenprozessen
  - Mengen der Rohstoffe (Feststoffe, Gase) und Stoffflüsse
  - Mengen der anfallenden Abfälle/Abwässer
  - Sonstige Daten, die für die Modellierung notwendig sind



- Faserherstellung abbilden
  - Mengen der Rohstoffe (Feststoffe, Gase) und Stoffflüsse
  - Mengen der anfallenden Abfälle/Abwässer
  - Sonstige Daten, die für die Modellierung notwendig sind

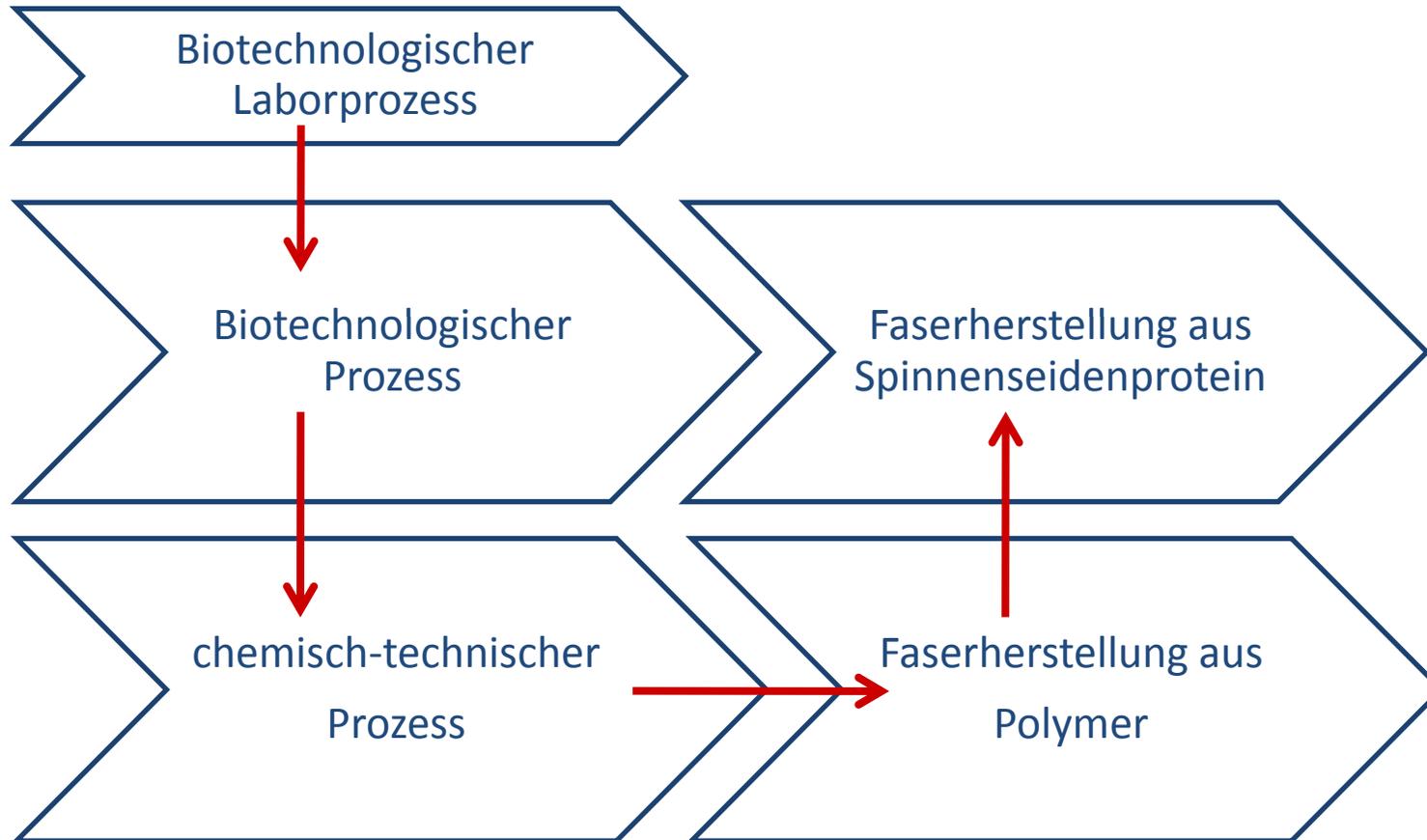




Faserherstellung aus  
Spinnenseidenprotein

- Geeignete Faserherstellung identifizieren und abbilden
  - Mengen der Rohstoffe (Feststoffe, Gase) und Stoffflüsse
  - Mengen der anfallenden Abfälle/Abwässer
  - Sonstige Daten, die für die Modellierung notwendig sind

# Laufplan der Modellierung



# Generelle Punkte



- Alle Module durchrechnen und Plausibilität überprüfen
- Flächenbedarf abschätzen → Investitionskosten schätzen über Baukostenindex
- Für Rohstoffe wenn möglich Vorketten verwenden
- Überall gleichen Energiemix ansetzen
- Transport von Rohstoffen außen vor lassen (vorerst)



- Belastbare Werte beschaffen
    - Stoffflüsse realistisch abschätzen
    - Investitionskosten, Kosten von Verbrauchsmaterialien
  - Chemisch-technische Prozesse entwickeln sich weiter
    - Prozesse auf Basis nachwachsender Rohstoffe sind in Entwicklung
    - Traditionelle Prozesse werden laufend verbessert

→ Welchen Stand für Betrachtung verwenden?
  - Spinnenseidenprozess wird noch optimiert
- Momentaufnahme und Berücksichtigung bei der Diskussion

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

---

**Noch Fragen?**



**UNIVERSITÄT  
BAYREUTH**



## Herausstellungsmerkmale der Spinnenseide

Material	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Zugfestigkeit $\sigma_{\max}$ (GPa)	Steifigkeit $E_{\text{init}}$ (GPa)	Dehnbarkeit $\epsilon_{\max}$ (%)	Zähigkeit (MJ/m <sup>3</sup> )
<i>Araneus diadematus</i> <sup>a)</sup> , Major Ampullate Seide	1,3	1,1	10	27	160
<i>Araneus diadematus</i> <sup>a)</sup> , Flagelliform Seide	1,3	0,5	0,003	270	150
<i>Caerostris darwini</i> <sup>b)</sup> , Major Ampullate Seide	ca. 1,3	1,652	0,52	52	354
<i>Bombyx mori</i> <sup>c)</sup> , Kokonseide	1,3	0,6	7	18	70
Wolle, 100% LF <sup>d)</sup>	1,3	0,2	0,5	50	60
Nylon	1,1	0,95	5	18	80
Kevlar 49	1,4	3,6	130	2,7	50
Kupfer (weich)	8,9	0,2	120	40	-
Carbonfaser	1,8	4	300	1,3	25
Hochzugfester Stahl	7,8	1,5	200	0,8	6

<sup>a)</sup> Gartenkreuzspinne    <sup>b)</sup> neu entdeckt    <sup>c)</sup> Seidenspinner    <sup>d)</sup> LF = Luftfeuchte  
Die angegebenen Daten sind Durchschnittswerte

# Basis für die Modellierung und das Vorgehen



Veröffentlichung	Titel
UBA-Text 16/01	Substitution chemisch-technischer Prozesse durch biotechnische Verfahren am Beispiel ausgewählter Grund- und Feinchemikalien
UBA-Text 64/2003	Biotechnologische Herstellung von Wertstoffen unter besonderer Berücksichtigung von Energieträgern und Polymeren aus Reststoffen - Untersuchung zur Anpassung von Ökobilanzen an spezifische Erfordernisse biotechnischer Prozesse und Produkte
UBA-Text 07/05	Entlastungseffekte für die Umwelt durch Substitution konventioneller chemischtechnischer Prozesse und Produkte durch biotechnische Verfahren
E. Heinzle et al., 2006	Bewertung biotechnologischer Prozesse in frühen Phasen der Entwicklung hinsichtlich Risiken bezüglich Ökologie, Sicherheit und Gesundheit
J. F. Jenck et al., 2004	Products and processes for a sustainable chemical industry: a review of achievements and prospects
J. Geibler, D. Hartmann, 2005	Soziale Bewertung der Nachhaltigkeit von biotechnologisch hergestellten Produkten
B. Beuzekom, A. Arundel, 2006, 2009	OECD Biotechnology Statistics 2006, 2009
G. Festel, 2009	Industry Structure and Business Models for Industrial Biotechnology

