



Technische  
Universität  
Braunschweig



## Informationen zum Wahlpflichtmodul C **Bioprozesstechnik** für Biotechnologie Bachelor-Studierende im 4. und 5. Semester

*Prof. Dr. habil. Rainer Krull*

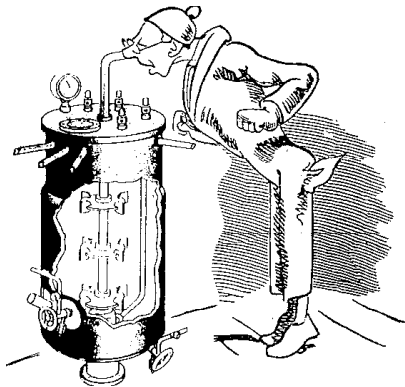


*Der Sängerkrieg der Biotechnologen, 13.03.2024*

# Bioprozesstechnik/Bioverfahrenstechnik



**Elmer L. Gaden Jr.**  
(1924 – 2012)



**Bioprozesstechnik**

- Wegbereiter der modernen *Bioprozesstechnik*
- PhD-thesis (1949): *Optimierung der Sauerstoffversorgung für die biotechnologische Penicillinproduktion*
- 1940er-Jahre: allgemeine Praxis “*bubbling air through vessels to grow microorganisms*” (trial and error)
- Entwicklung von Prinzipien zur Planung und Ausrüstung großtechnischer Kultivierungsanlagen, so dass Antibiotika effektiver hergestellt werden können
- **wichtige Prozessparameter:**  
volumenbezogene und spezifische Größen für Substrat, Biomasse und Produkt, Oxygen Transfer Rate (OTR), Oxygen Uptake Rate (OUR),  $k_L a$ , P/V, hydromechanischer Stress, etc.

**Stoffwandlungen durch biologische Prozesse,  
Charakterisierung der Prozesse,  
Kenntnisse der Prozessgestaltung und  
Aufbereitung von Ausgangsstoffen und  
Bioprodukten**



# Wahlpflichtmodul C *Bioprosesstechnik*

Modul-Nr.	Module und Lehrveranstaltungen	Modul	V	P	Ü
Bt-BB 01	<b>Biotechnologische Wertstoffproduktion</b> - Angewandte und Technische Biochemie für Fortgeschrittene ( <i>Ziehr</i> ) - Angewandte Mikrobiologie ( <i>Biedendieck</i> )	6	3		
Bt-BB 02	<b>Kultivierungs- und Aufarbeitungsprozesse</b> - Kultivierungs- und Aufarbeitungstechnik ( <i>Krull</i> ) - Bioverfahrenstechnik ( <i>Krull</i> ) - Aufarbeitung biotechnologischer Prozesse ( <i>Graßl</i> )	12	4	4	4
Bt-BB 03	<b>Anlagentechnik</b> - Anlagentechnik ( <i>Kwade</i> )	5	3		2



# Bt-BB 01 *Biotechnologische Wertstoffproduktion* **Angewandte und Technische Biochemie für Fortgeschrittene**

- Entwicklung biologischer Überproduzenten zur Herstellung hoch- und niedermolekularer Produkte
- Bioprozesse zur Produktion rekombinanter Enzyme und Biopharmazeutika
- Bioprozesse zur Herstellung nicht-proteinogener Biopolymeren (Polysaccharide, Bioplastik)
- Sekundärmetabolite: Biosynthese und Produktion (u.a.  $\beta$ -Lactam-Antibiotika, zyklische Peptide, Polyketide, marine Sekundärmetabolite)
- Sekundär-/Primärmetabolite: Biosynthese und Produktion (Biotenside, Aminosäuren)

# Bt-BB 01 *Biotechnologische Wertstoffproduktion*

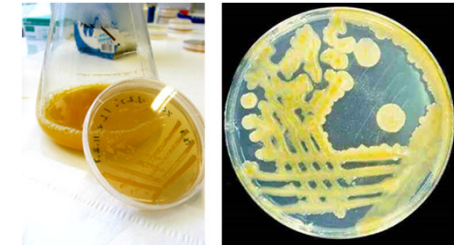
## **Angewandte Mikrobiologie**

- **Ziel:** allgemeine Übersicht der technischen Nutzung von Mikroorganismen

- **Anwendungsbereiche:** Lebensmittelindustrie, Landwirtschaft, Molekularbiologie, Medizin und Umweltschutz

- **Vertiefungsbeispiele:**

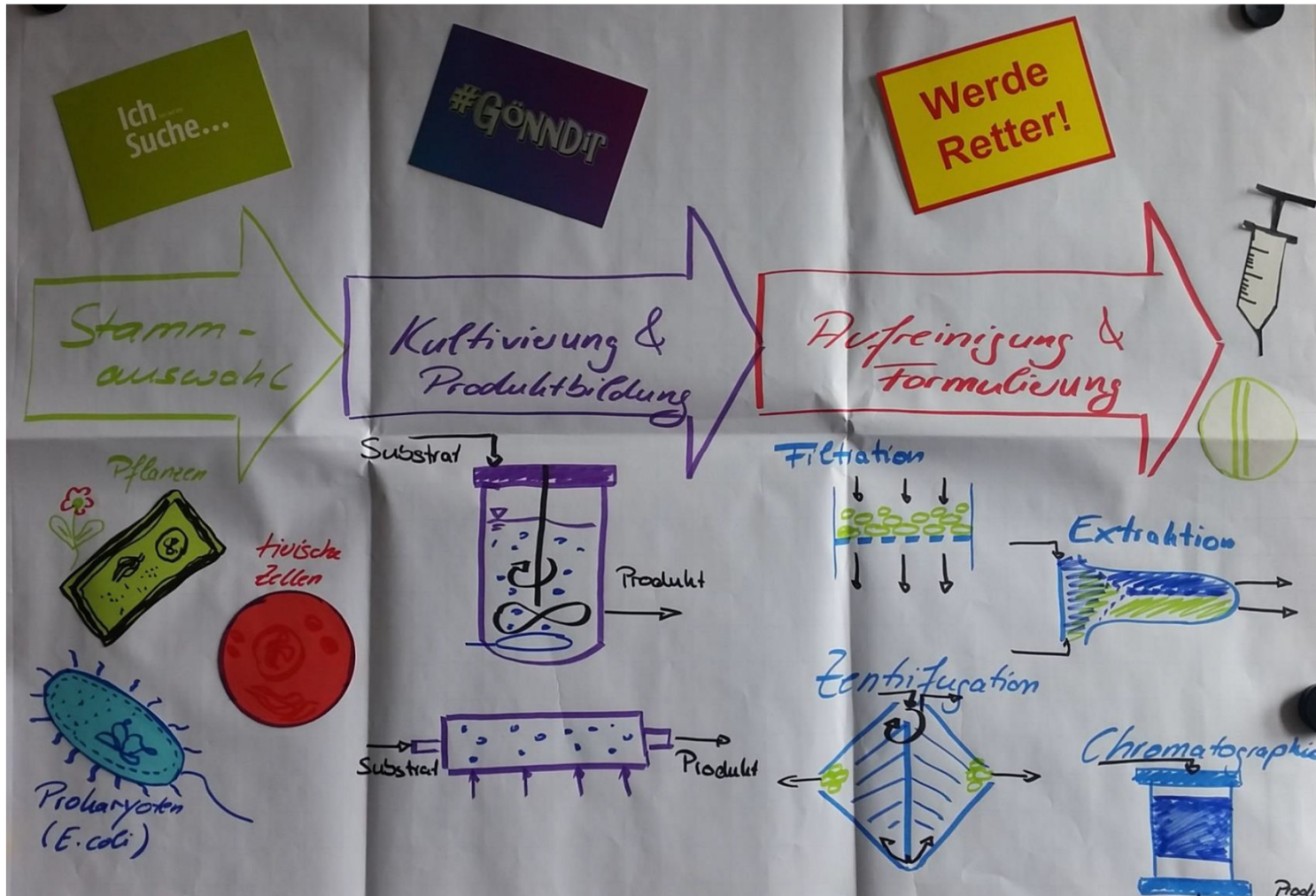
- ausgewählte Primärmetabolite  
(z. B. organische Säuren aus Pilzen, Vitamine aus Bakterien)
- weitere Bioprodukte (Enzyminhibitoren, Proteine mit Wirkstoffcharakter, Siderophore, biologische Biozide)
- Technische und medizinische Biofilme
- Biodegradationen  
(allgemeine Prinzipien, Abbau fremdstoffartiger Verbindungen)





# Bt-BB 02 Kultivierungs- und Aufarbeitungsprozesse

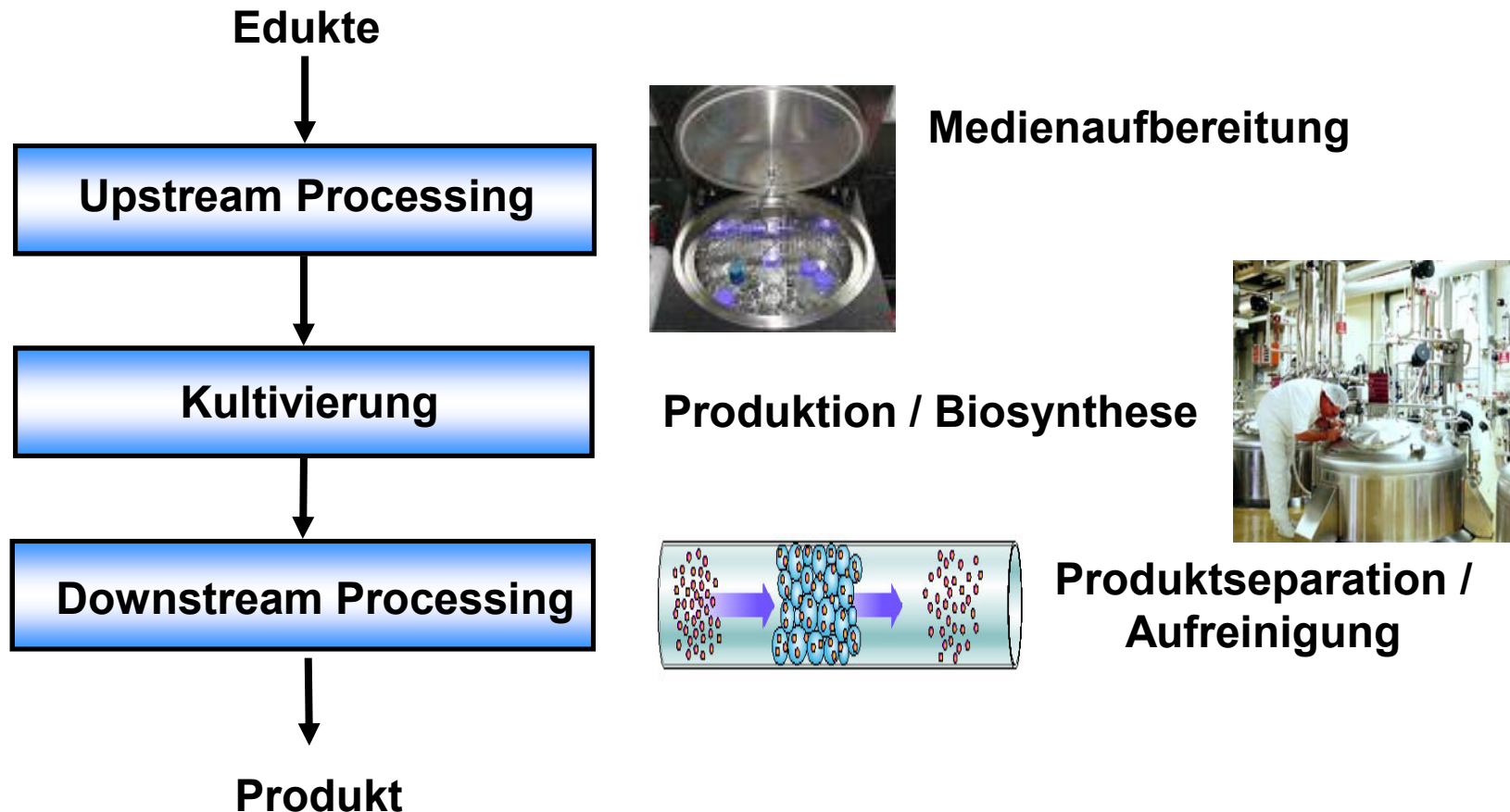
## Kultivierungs- und Aufarbeitungstechnik



# Bt-BB 02 Kultivierungs- und Aufarbeitungsprozesse

## Kultivierungs- und Aufarbeitungstechnik

- Entwicklung biotechnologischer Prozesse



# Bt-BB 02 Kultivierungs- und Aufarbeitungsprozesse

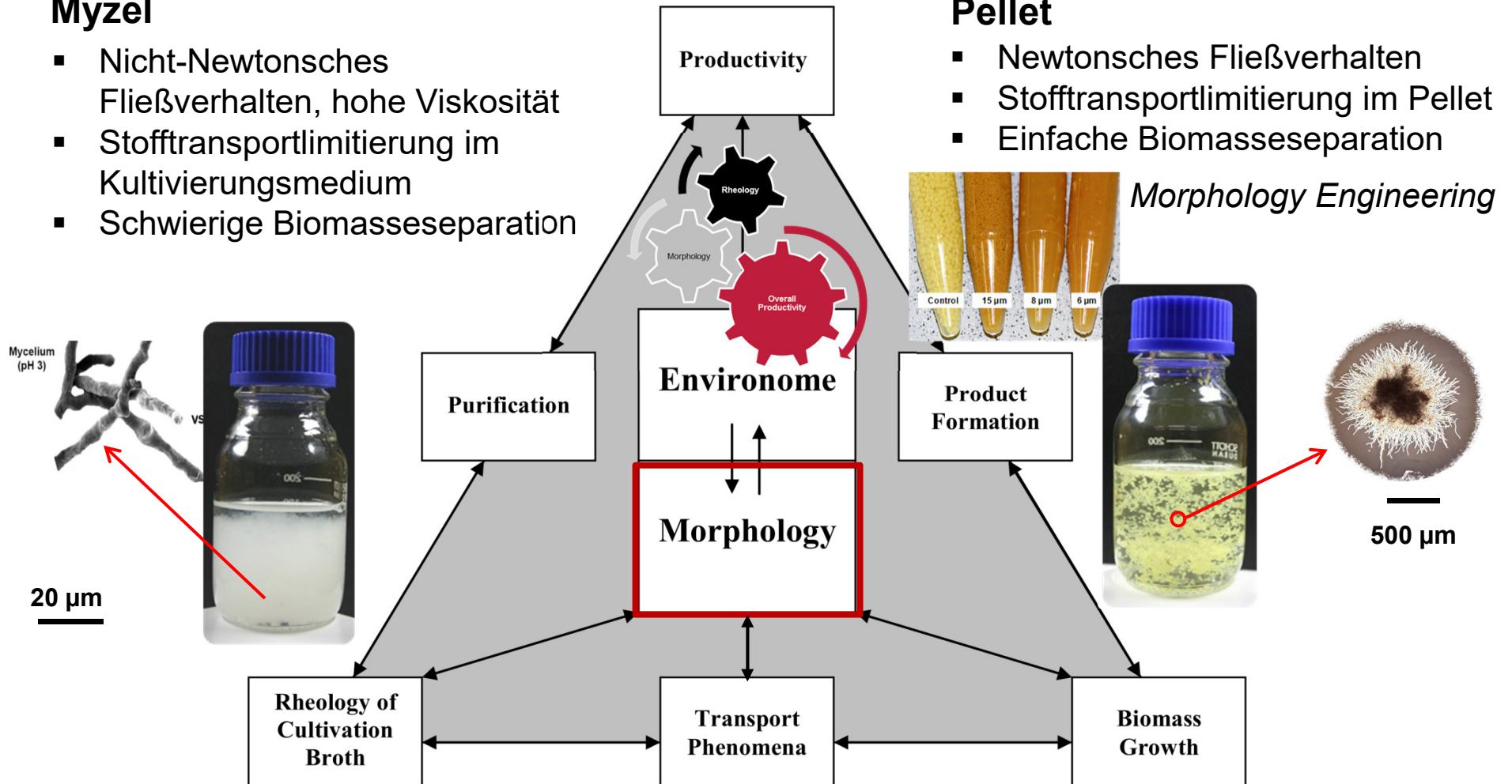
## Kultivierungs- und Aufarbeitungstechnik

### Myzel

- Nicht-Newtonsches Fließverhalten, hohe Viskosität
- Stofftransportlimitierung im Kultivierungsmedium
- Schwierige Biomasse-separation

### Pellet

- Newtonsches Fließverhalten
- Stofftransportlimitierung im Pellet
- Einfache Biomasse-separation



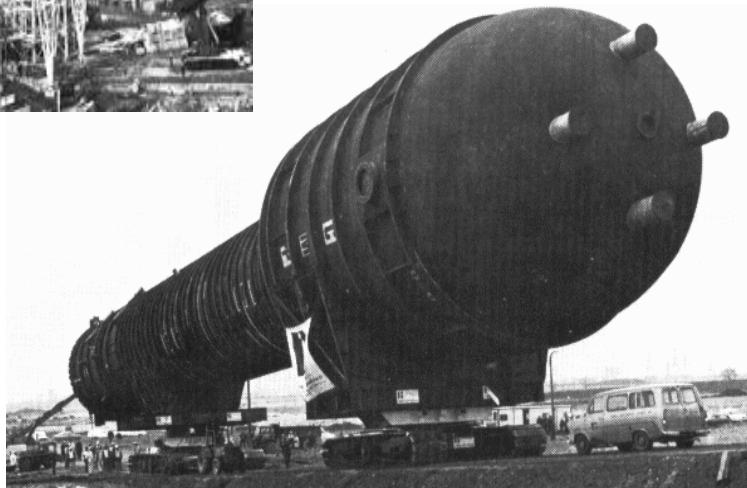


# 100 L-Bioreaktor

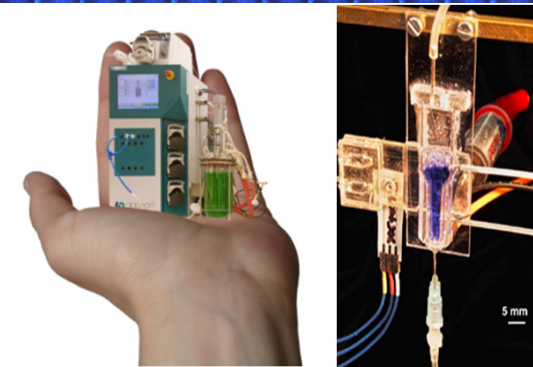
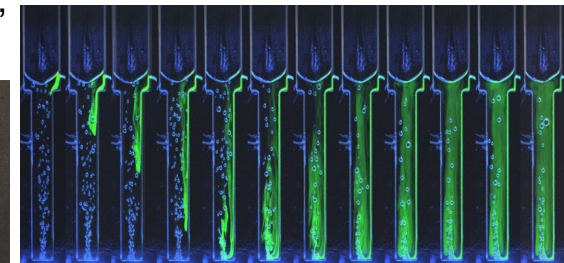
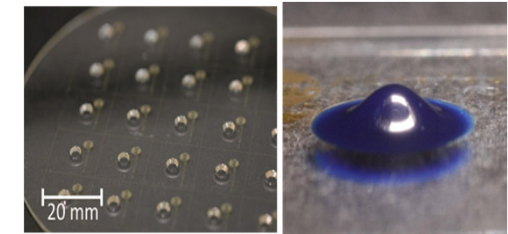
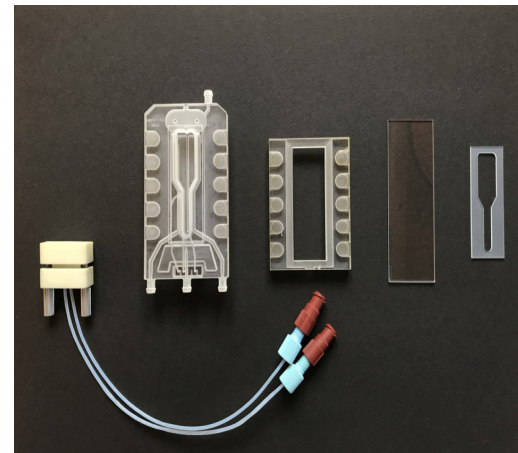


# Bioreaktorsysteme

**Der größte Bioreaktor der Welt:**  
Airlift-Schlaufenreaktor mit einer Höhe von 60 m und einem Durchmesser von 7 bis 11m mit einem Reaktorvolumen von **2300 m<sup>3</sup>** (ICI Ltd., Billingham, UK, 18.9.1978)



**Einer der kleinsten Bioreaktoren der Welt:**  
Blasensäulenreaktor mit einer Höhe/Breite/Tiefe von 22/8/0,05 mm mit einem Reaktorvolumen von **50 bzw. 7 µL** (ibvt/IMT), 2019)



*Bioreaktoren für die Produktion von Einzeller-Proteinen*



Technische  
Universität  
Braunschweig

V, WS 2024/25 (R. Krull)



# Mikrobioreaktoren: Welcome to the European Micro Cup - the scientific game of microfluidics!



<https://www.youtube.com/watch?v=zl0ZjKdZle4>



*1<sup>st</sup> International EUROMBR Training Course, PVZ Braunschweig, 09/2018*

*2<sup>nd</sup> International EUROMBR Training Course, PVZ Braunschweig, 09/2019*

*3<sup>rd</sup> International EUROMBR Training Course, Uni Ljubljana, 09/2022*

*4<sup>th</sup> International EUROMBR Training Course, Uni Granada, 09/2023*

*5<sup>th</sup> International EUROMBR Training Course, Uni Cantazaro, 09/2024*



Technische  
Universität  
Braunschweig

V, WS 2024/25 (R. Krull)

Remember who we are?  
**EUROMBR!!!!**



**ibvt**  
Institut für Bioverfahrenstechnik

# Bt-BB 02 Kultivierungs- und Aufarbeitungsprozesse

## Kultivierungs- und Aufarbeitungstechnik

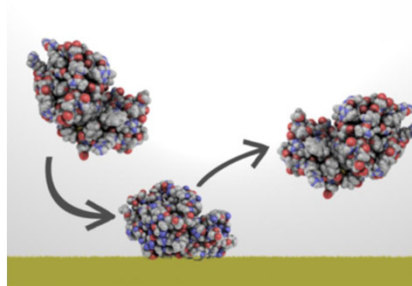
- Zellaufschluss



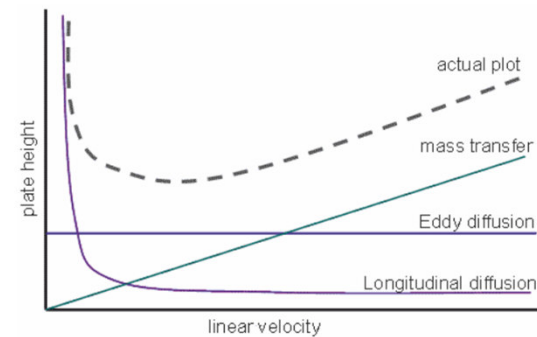
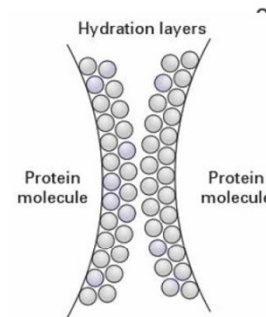
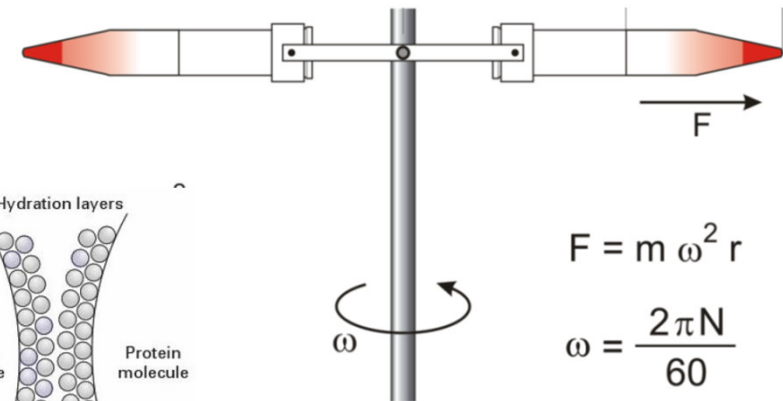
- Fest-Flüssig-Trennung

- Fällung und Extraktion

- Adsorption



- Chromatographie





# Bt-BB 02 Kultivierungs- und Aufarbeitungsprozesse

## Aufarbeitung biotechnologischer Prozesse

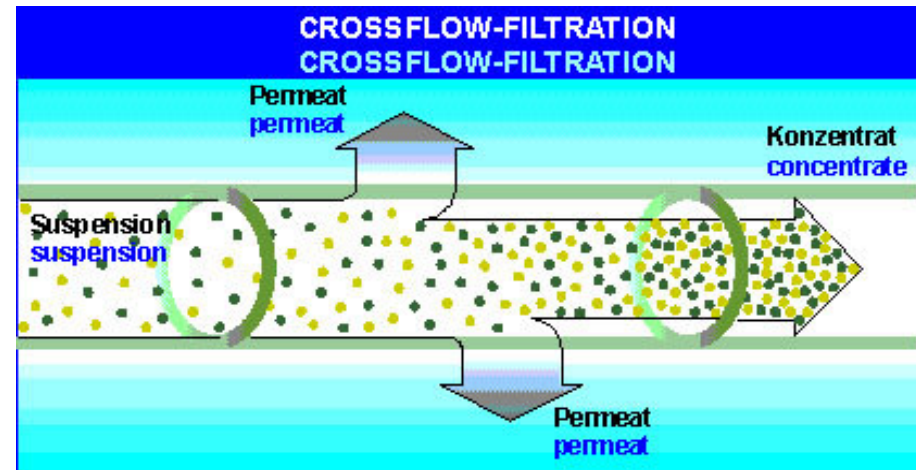
### ■ Kontinuierliche Zentrifugation

Einfluss von Durchfluss und Zellkonzentration auf den Klärgrad



### ■ Querstromfiltration von Biopolymeren

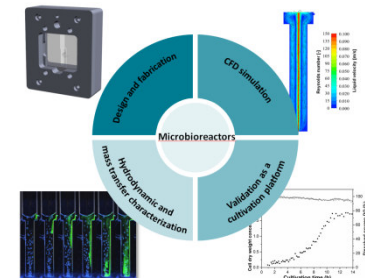
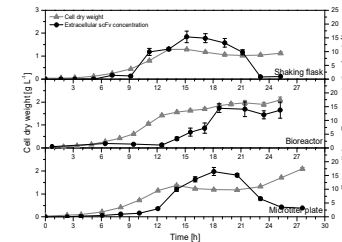
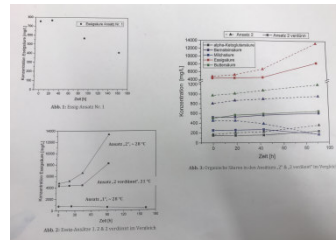
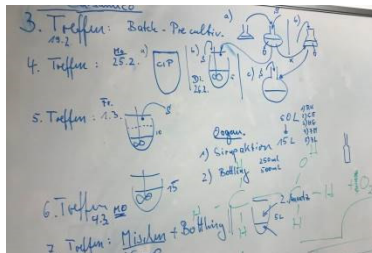
Deckschichtbildung  
Gelpolarisationsmodell  
Verlust durch Adsorption



### ■ Chromatographische Reinigung und Charakterisierung von Biopolymeren

# Bt-BB 03 „Angewandte Bioprozesstechnik“ Labor Bioverfahrenstechnik

- **Vertiefendes Praktikum zum Pflichtmodul**  
„Bioreaktoren und Bioprozesse“ (Bt-BP 07)  
(Verweilzeit, Mischzeit, Stoffübergangscharakteristik, Rühren newtonscher Fluide, Kultivierung und Produktbildung mit *Corynebacterium glutamicum*)
- **Selbstständige Versuchsplanentwicklung und -durchführung einer *E. coli*-Kultivierung (2 L-Maßstab, Rührkessel, Zielenzym: Alkoholdehydrogenase, Abschluss: Präsentation)**



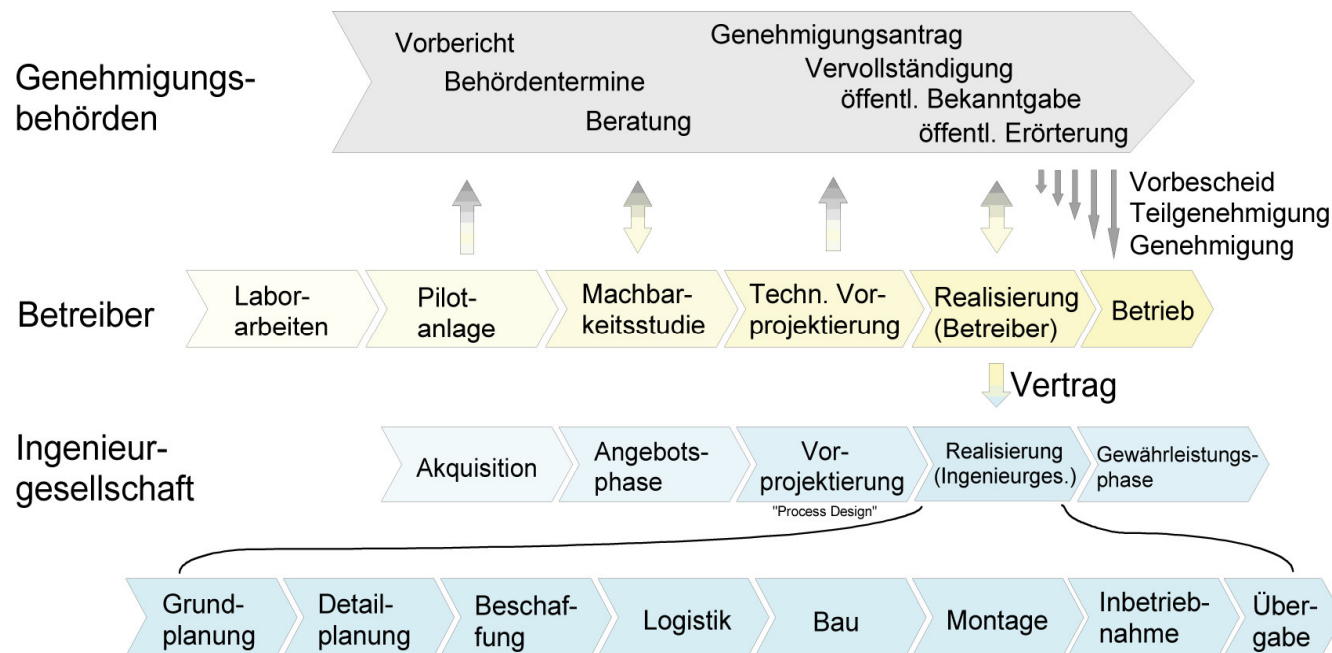
# Bt-BB 03 Anlagentechnik

## Anlagentechnik

Welche Aspekte muss man bei der Gestaltung biotechnologischer Anlagen berücksichtigen?

### ■ Planerischer Teil

- Projektphasen von der Planung bis zum Bau einer Anlage
- Welche Aspekte müssen von Auftragstellern/Auftragnehmern beachtet bzw. bearbeitet werden?

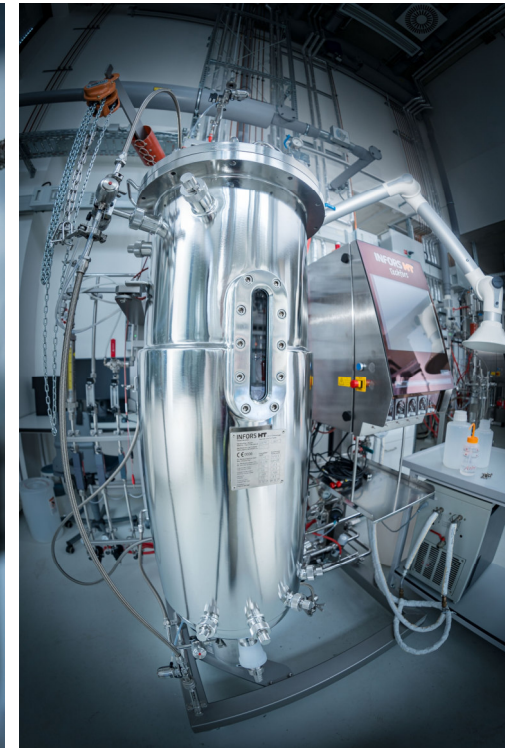


# Bt-BB 03 *Anlagentechnik*

## **Anlagentechnik**

### ■ **Konstruktiver Teil**

- Elemente einer Anlage
- Auslegung und Auswahl (u. a. Apparate, Maschinen, Rohrleitungen sowie CIP/SIP-Reinigungstechniken für Anlagen)





# DAAD-gefördertes *Austauschprogramm* mit der University of Waterloo, Ontario, Kanada



- Studierendenaustausch seit 1979/80
- DAAD-Stipendien im Rahmen der Internationalen Studien- und AusbildungsPartnerschaft (ISAP)
- Ein-Trimester-Stipendium (September – Dezember) für Studierende aus
  - Maschinenbau (seit 1979),
  - Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau (seit 1995),
  - **Biotechnologie (1./3. Mastersemester, Studienrichtung Bioprozesstechnik (seit 1999)),**
  - Bio- und Chemieingenieurwesen (seit 2003).
- Studium ohne Studienzeiterverlängerung
- 310 TU BS-Studierende in 44 Gruppen an UW
- 110 UW-Studierende in 36 Gruppen an der TU BS
- **Bewerbung für 09-12/2025 bis 15.11.2024**  
Informationen Prof. Rainer Krull ([r.krull@tu-braunschweig.de](mailto:r.krull@tu-braunschweig.de))



# Akademische Kooperationspartner

**Dr. Sesay**  
Wyss Institute  
Harvard University  
Boston, USA

**Prof. Bolivar**  
Chemical Engineering  
Complutense University  
Madrid, Spain

**Profs. Szita/Baganz/Marques**  
Biochemical Engineering  
University College London  
United Kingdom

**Profs. Gernaey/Krühne**  
Chemical and Biochemical Engineering  
DTU, Lyngby, Denmark

**University of Waterloo**  
Ontario, Canada

**Prof. Terasaka,**  
Applied Chemistry,  
Keio University, Tokyo,  
Japan

**Profs. Galindo/Peña/Corkidi**  
Institute of Biotechnology  
UNAM  
Cuernavaca, Mexico

**Dr. Fillaudeau**  
Biotechnology Institute,  
University Paul Sabatier,  
Toulouse, France

**Prof. Mayr**  
Analytical Chemistry/Food Chemistry  
Graz University of Technology  
Graz, Austria





# Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit

