


Universität Stuttgart

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und
Plasmatechnologie



**Spezialisierungsfach
Biomedizinische
Material- und
Verfahrenstechnik**

Prof. Dr. Günter Tovar

201 Spezialisierungsfach: Biomedizinische Material- und Verfahrenstechnik

Zugeordnete Module:

2011 Kernfächer mit 6 LP

- 33240 Medizinische Verfahrenstechnik (I + II)
- 47150 Nanotechnologie (I + II)
- 47390 Grenzflächenverfahrenstechnik (I + II)

2012 Kern-/Ergänzungsfächer mit 6 LP

- 33240 Medizinische Verfahrenstechnik (I + II)
- 47150 Nanotechnologie (I + II)
- 47390 Grenzflächenverfahrenstechnik (I + II)
- 57920 Endoprothesen (I + II)

**PO 2011 / 2013:
2 Spezialisierungsfächer
a 18 LP**

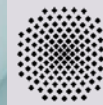
2013 Ergänzungsfächer mit 3 LP

- 25460 Nanotechnologie I –
Chemie und Physik der Nanomaterialien
- 33220 Biomaterialien für Implantate (Endoporth. I)
(entspricht teilw.Modul Biomaterialien im Bachelor)
- 33230 Implantate und Organersatz (Endoporth. II)
- 40470 Plasmaverfahren f.d. Dünnschicht-Technik
- 47180 Biomaterialien - Herstellung, Struktur und
Eigenschaften

2014 Praktische Übungen (Biomat., Grenzflächen, Plasmatech., Nanomat.)

DITF

DEUTSCHE INSTITUTE FÜR
TEXTIL+FASERFORSCHUNG



Universität Stuttgart

Institut für
Grenzflächenverfahrenstechnik
und Plasmatechnologie



Biomedizinische Verfahrenstechnik

Prof. Dr. Michael Doser (Prof. Dr. G. Gresser) (ITFT / DITF)

Prof. Dr. Günter Tovar (IGVP / IGB)

SS 2021

Themen Med. Verfahrenstechnik



Themen Teil 1 (Sommersemester):

- Grenzflächen in Organismus und Medizintechnik
- Additive Fertigungsverfahren Hydrogele
- Kommunikation im Organismus
- Biomaterialien / Biokompatibilität
- Plasmen in der Medizintechnik
- Partikelherstellung durch Sprühtrocknung
- Medizintextilien
- Wundverbandssysteme
- Smart Textiles

Themen Teil 2 (Wintersemester):

- Technologien der Regenerationsmedizin
- Künstliche Membranen, Dialyse
- Oxygenierung Lunge / Atmung
- Medizinprodukte – Zulassung
- Sterilisationsverfahren
- Antikörperherstellung
- Gerinnung und Rheologie des Blutes
- Künstliches Herz, Blutpumpen / Herzklappen
- Diagnostik
- Biomimetische funktionale Oberflächen
- Biobasierte funktionale Oberflächen

DITF

DEUTSCHE INSTITUTE FÜR
TEXTIL+FASERFORSCHUNG



Die Zukunft ist Textil

Textilien für die Medizin



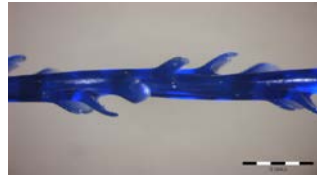
■ Schläuche

- Gefäßprothesen
- Trachea, Oesophagus



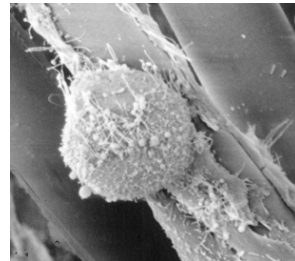
■ Wundheilung

- Verbandsmaterial
- Nahtmaterial



■ Trägermaterialien

- Tissue Engineering
- Drug Delivery



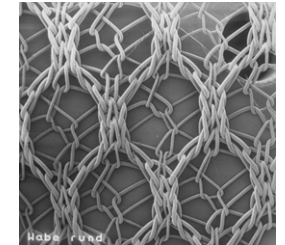
■ Separation

- Dura
- Patches
- Occluder



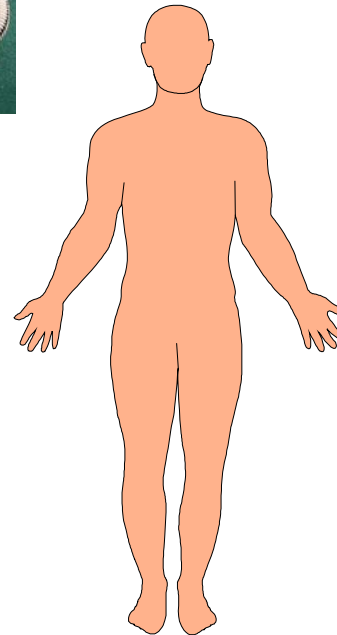
■ Verstärkung

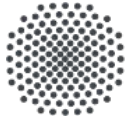
- Osteosynthese
- Sehnen
- Herniennetze



■ Diagnostische Systeme


- Smart Textiles





Universität Stuttgart

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und
Plasmatechnologie



**Angebot im SF
Biomedizinische
Material- und
Verfahrenstechnik
Prof. Dr. Günter Tovar**

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP

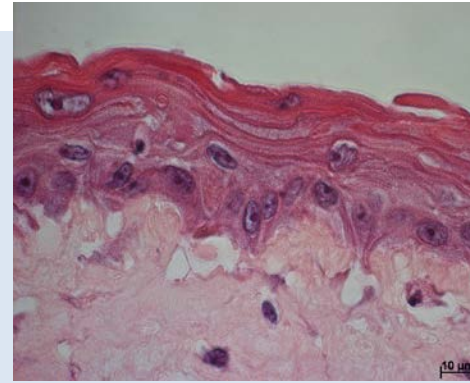
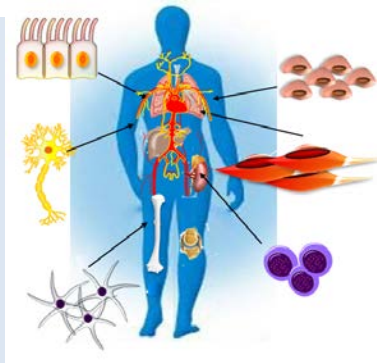
- 1994 gegründet
- 65 Mitarbeiter
- Jahresbudget ca. 2,5 Mio €
- 1456 m² Labore, Technika, Büroräume, Werkstätten
- Das IGVP arbeitet vernetzt an drei Standorten auf dem Campus Vaihingen:
Allmandring 5B, Nobelstraße 12 und Pfaffenwaldring 31



Fraunhofer IGB facts and figures

- Founded in 1953, since 1962 within the Fraunhofer-Gesellschaft
- Located in Stuttgart since 1969, 1976 called Fraunhofer IGB
- > 300 employees
- > € 20 million operational budget
- 9950 m² total area





Medizinische Verfahrenstechnik I und II

Prof. Dr. Günter Tovar / Prof. Dr. Michael Doser und weitere Dozenten des
IGVP und Fraunhofer IGB sowie ITV Denkendorf

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP
Universität Stuttgart

Tel. 0711/970-4109

guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de, www.uni-stuttgart.de/igvp



Universität Stuttgart

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie



Partikelherstellung durch Sprühtrocknung sowie deren Anwendung in Industrie und Forschung

Lena Marie Spindler M. Sc.

Prof. Dr. Günter Tovar

Medizinische Verfahrenstechnik I
SoSe 2020



Universität Stuttgart

Institut für
Grenzflächenverfahrenstechnik
und Plasmatechnologie

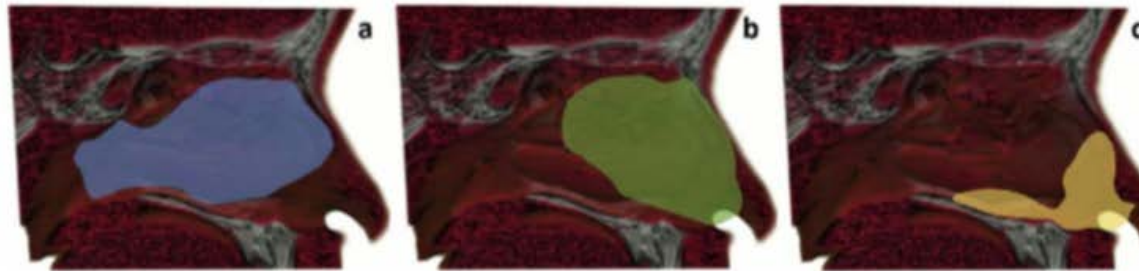


Fraunhofer

IGB

Aktuelle Forschung mit Mikropartikeln

Nose-to-Brain Transport



- Handelsübliche Applikationsformen

- a: Impel Neuropharma Precision Olfactory Delivery – elektrischer Pulverzerstäuber
- b: Optinose Bi-Directional Applikator – Pulverzerstäuber mit Rückstromprinzip
- c: Handelsübliches Nasenspray



Bildquelle:
<https://impelnp.com/>
<https://www.optinose.com/>

Universität Stuttgart – Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP



University of Stuttgart
Germany

Additive Fertigungsverfahren für biofunktionale Hydrogele

Im Rahmen der Vorlesung
„Medizinische Verfahrenstechnik I“

Sommersemester 2020

Dr. Alexander Southan, 07.05.2020

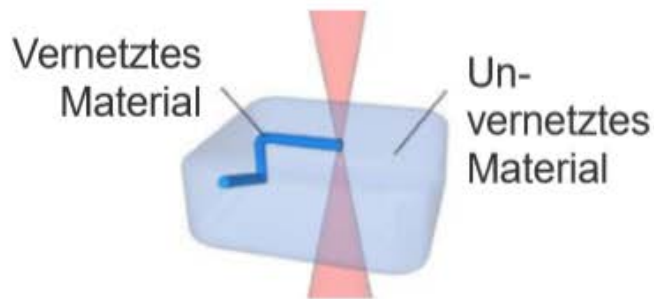
Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP

Dr. Alexander
Southan

3D-Drucktechniken für Hydrogele

Laser-basierte Techniken

- Stereolithographie
- Zwei-Photonen-Polymerisation



Auflösung

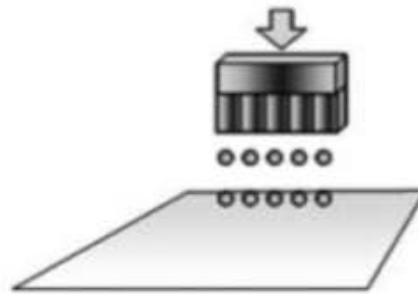
nm - 30 μ m

Objektgröße

μ m

Inkjet-Druck

- Thermischer *Inkjet*-Druck
- Piezoelektrischer *Inkjet*-Druck



20 μ m - 300 μ m

μ m bis cm

Extrusions-basierter 3D-Druck

- *Fused deposition modeling* (FDM)
- 3D-Dispensieren

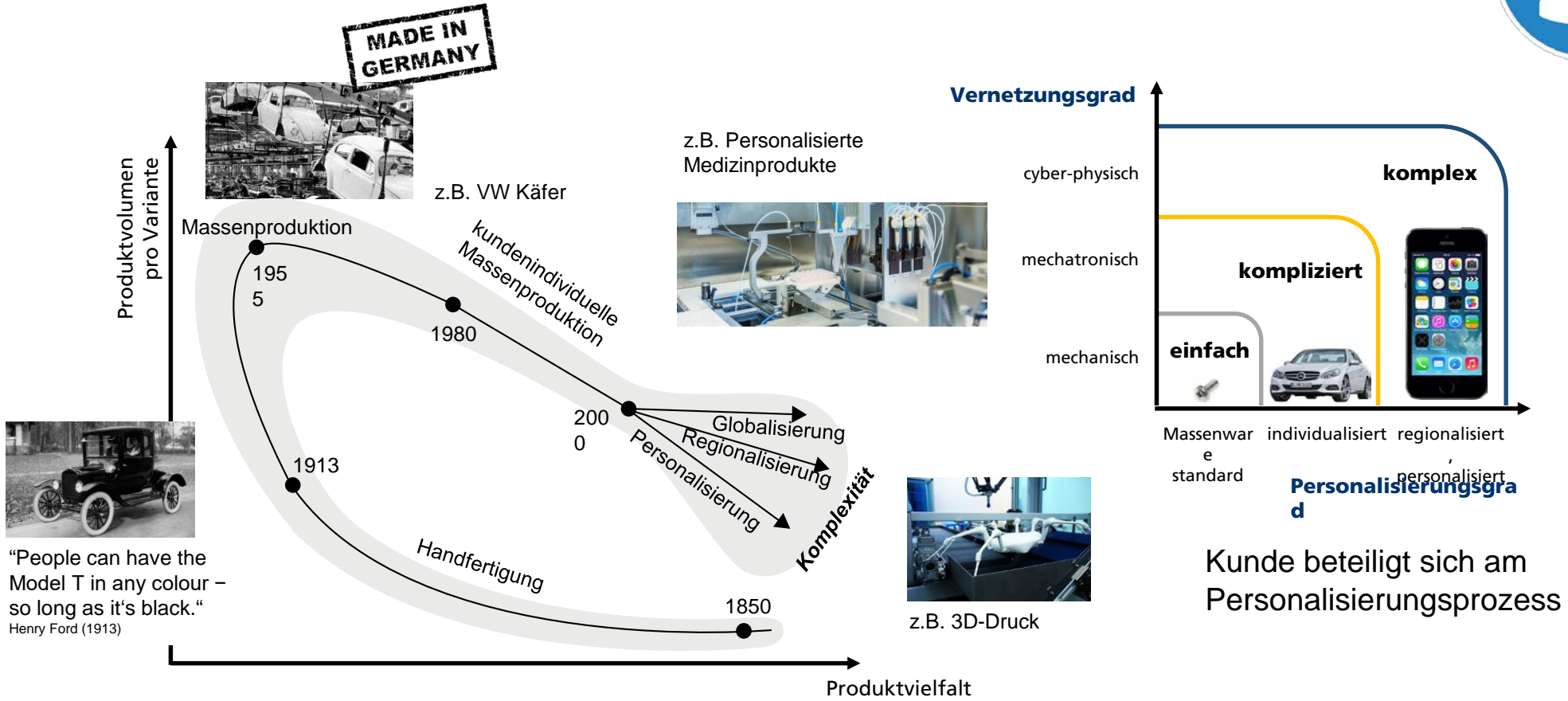


Mehrere 100 μ m

Mehrere cm

[Billiet *et al.*, *Biomaterials* 33(26):6020-6041 (2012) // Nakamura *et al.*, *J Imag Sci Technol* 52(6):60201-602016 (2008) // Chang *et al.*, *J Biomed Mater Res* 98B(1):160-170 (2011) // Wüst *et al.*, *J Funct Biomater* 2(3):119-154 (2011)]

Personalisierungstrend – befeuert durch neue technische Möglichkeiten



“People can have the Model T in any colour – so long as it’s black.”
Henry Ford (1913)

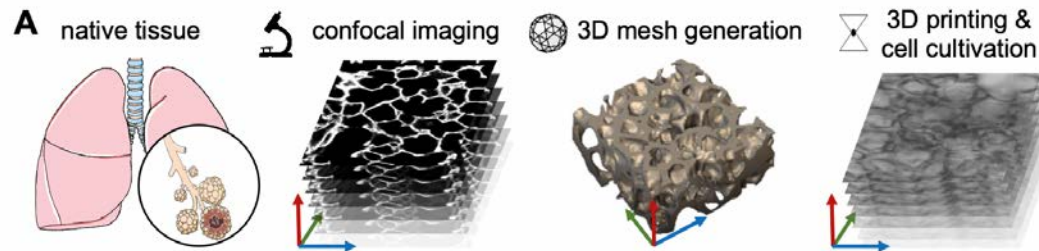
In Anlehnung an: The Global Manufacturing Revolution; Quellen: Ford, beetleworld.net, bmw.de, dw.de
Quellen: Wildemann, H.: Wachstumsorientiertes Kundenbeziehungsmanagement statt König-Kunde-Prinzip; Seemann, T.: Einfach produktiver werden – Komplexität im Unternehmen senken; Bildquellen: apple.de



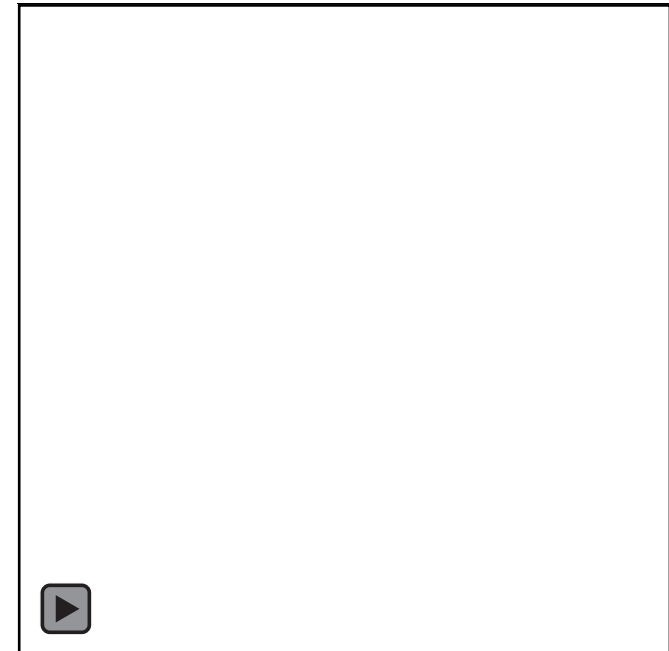
2-Photonenpolymerization biobasierter Polymere für personalisierte Medizinanwendungen

Wie kann biologisches Zellmatrixprotein für den Organersatz **µm-genau** mit **Fertigungsraten** von mehreren Litern pro Tag verarbeiten?

- Experimentelle Untersuchung der **Strahlformung** und **Systemtechnologie** für **schnelle großflächige hochauflösende 2pp** (IFSW)
- Erforschung ECM-Protein basierter **Hochleistungs-Bio-Tinten** (IGVP)
- Gezielte Langzeitbesiedlung mit **Lungenzellen**, einschließlich der Nährstoffversorgung über **vaskularisierte fluidische Schnittstellen** (IBBS)



Grau: 3D Matrix
Rot: Humane Lungenfibroblasten



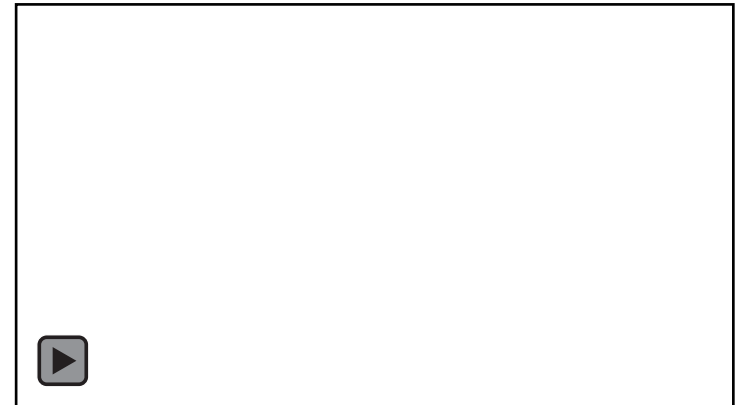
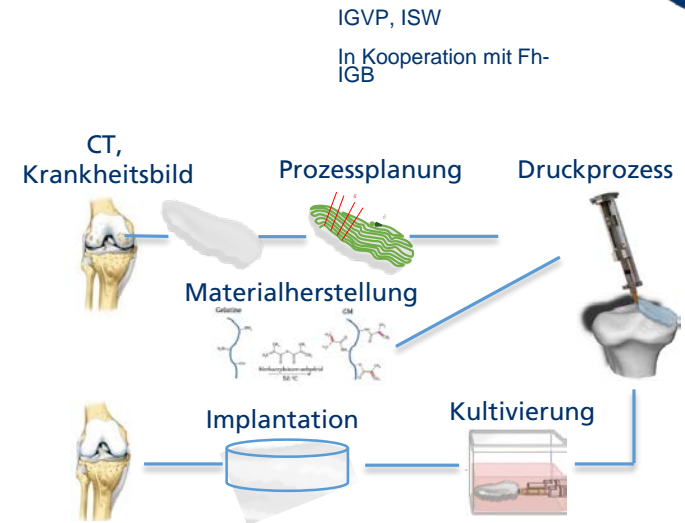
Validiertes **Technologiekonzept** eines 2-Photonen-Polymerisations (**2pp**)-Druckverfahrens, das in der Lage ist, biologische **Gewebeanaloga** für den Organersatz mit Mikron-Voxel-Auflösung und Herstellungsraten bis zu einer Größenordnung von Litern pro Tag herzustellen.



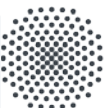


Wie können personalisierte künstliche **Knorpelgewebeäquivalente** auf Basis von **Hydrogelen** unter Verwendung des **mehrachsigigen 3D-Drucks** automatisiert hergestellt werden?

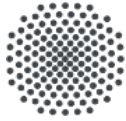
- **Biomimetische Materialien** auf Basis von methacrylierter Gelatine mit UV-Resistoren und Optimierung zur Prozessstabilität.
- Bahnplanungsalgorithmen für **komplexe Bauteilgeometrien**
- Erstellung eines **Fluidik- und Aushärtungsmodells** und dessen Integration in die Bahnplanung und **CNC-Steuerung** und Parameteridentifikation durch strukturierte Testläufe.
- **Prozesssteuerung und -regelung.**
- **Validierung** anhand ausgewählter Testobjekte (Geometrieerzeugung, Prozessplanung, Druck, Zugprüfung), Laboruntersuchungen des Prüfkörpers.



Demonstration eines optimierten Druckprozesses, Material- und Prozessplanung auf Basis einer modellbasierten Steuerung zur Gewährleistung einer robusten **Herstellung von Medizintechnikprodukten.**




**Biomaterialien –
Herstellung, Struktur
und Eigenschaften**
Advanced Biomaterials
Wintersemester



Universität Stuttgart

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und
Plasmatechnologie

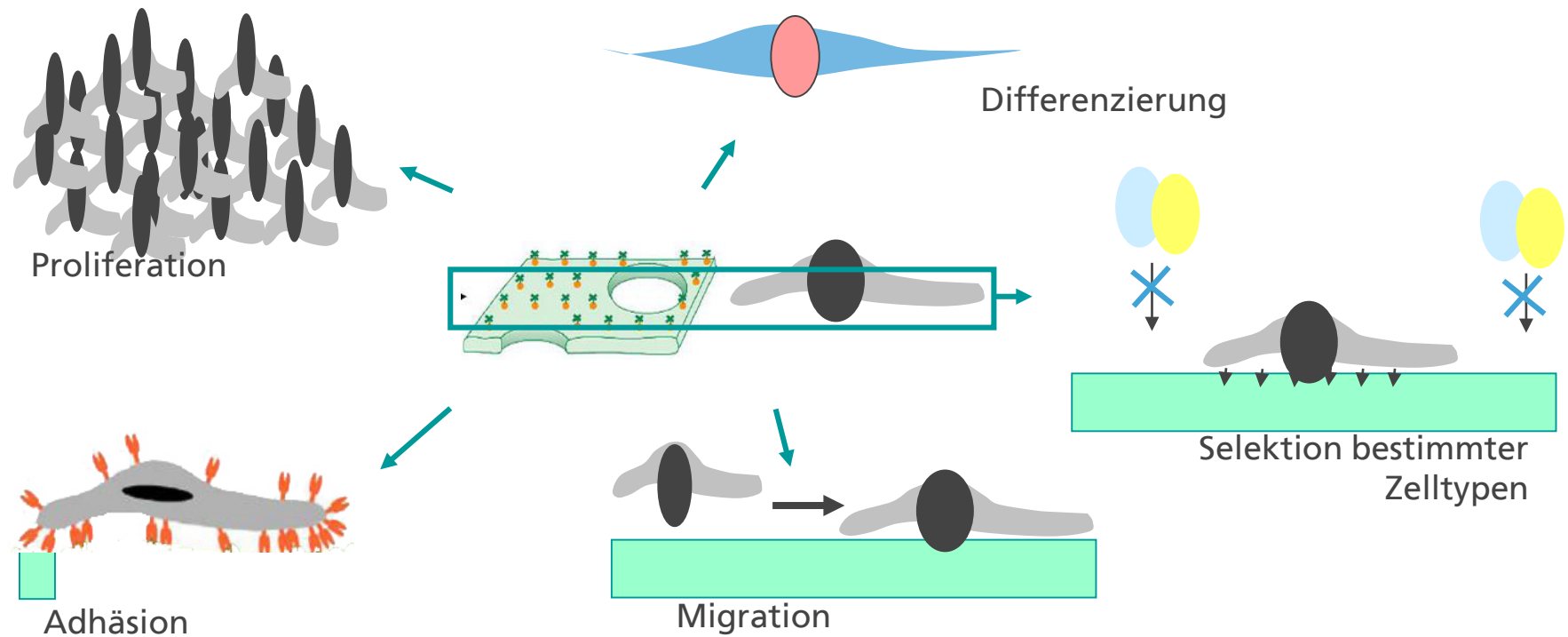


**Biomaterialien –
Herstellung, Struktur
und Eigenschaften**
Advanced Biomaterials

Prof. Dr. habil
Günter Tovar

Bioinspirierte Materialien

- Material soll gezielt zelluläre Antworten stimulieren
- Nachbildung der Reize und der Umgebung (ECM) *in vivo* → 3D



Biomminerale – Verbundwerkstoffe mit besonderen Eigenschaften

Kombination aus anorganischem und organischem Material:

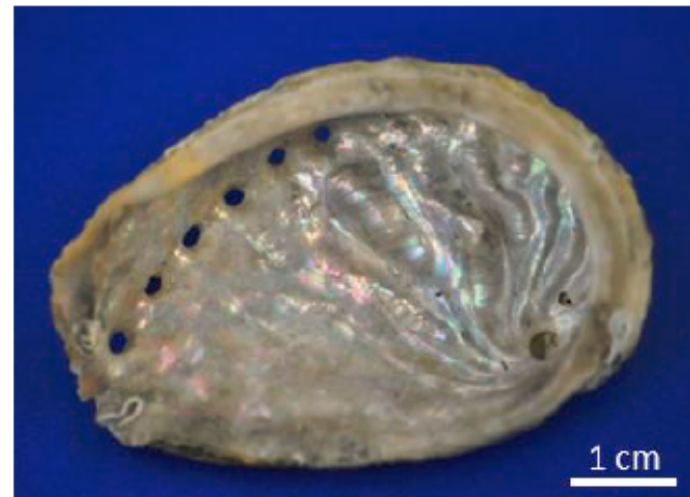
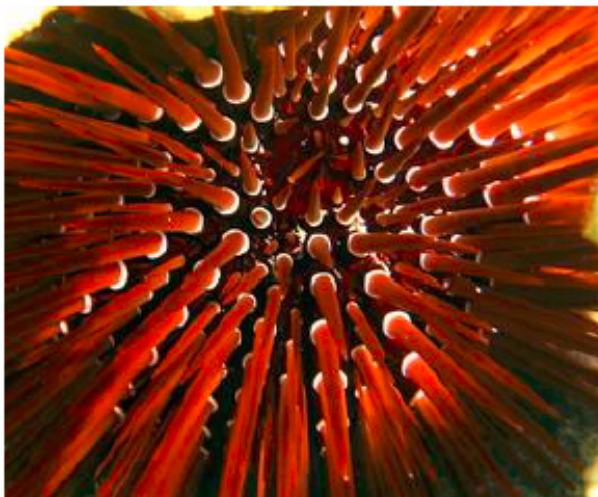
-> elastisches Material (Matrix – Proteine, Zucker, Lipide, Pigmente)

harter Füllstoff (Mineral)

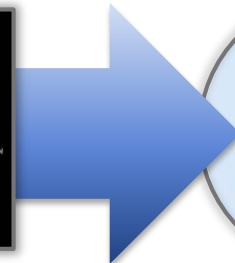
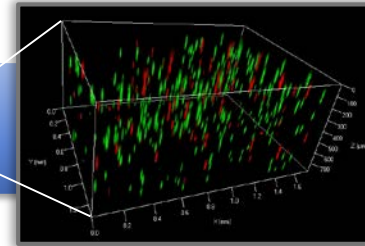
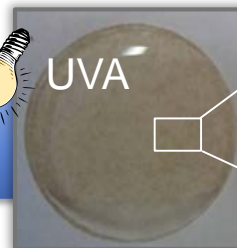
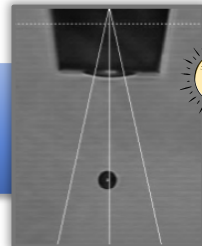
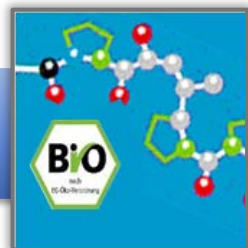
-> stark variierendes Mischungsverhältnisse:

Seeigel: < 1% organische Moleküle und > 99% Mineral

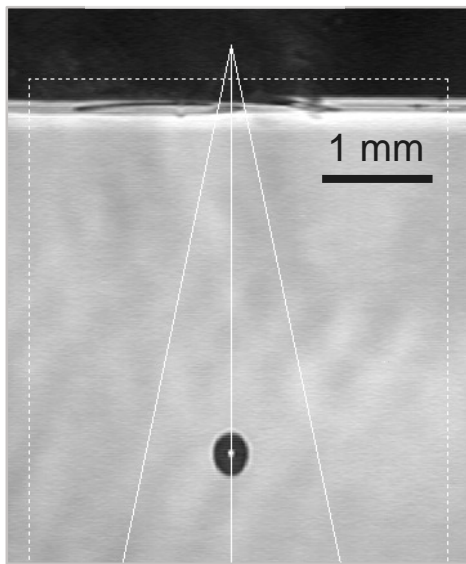
Knochen: 50 % organische Moleküle und 50 % Mineral



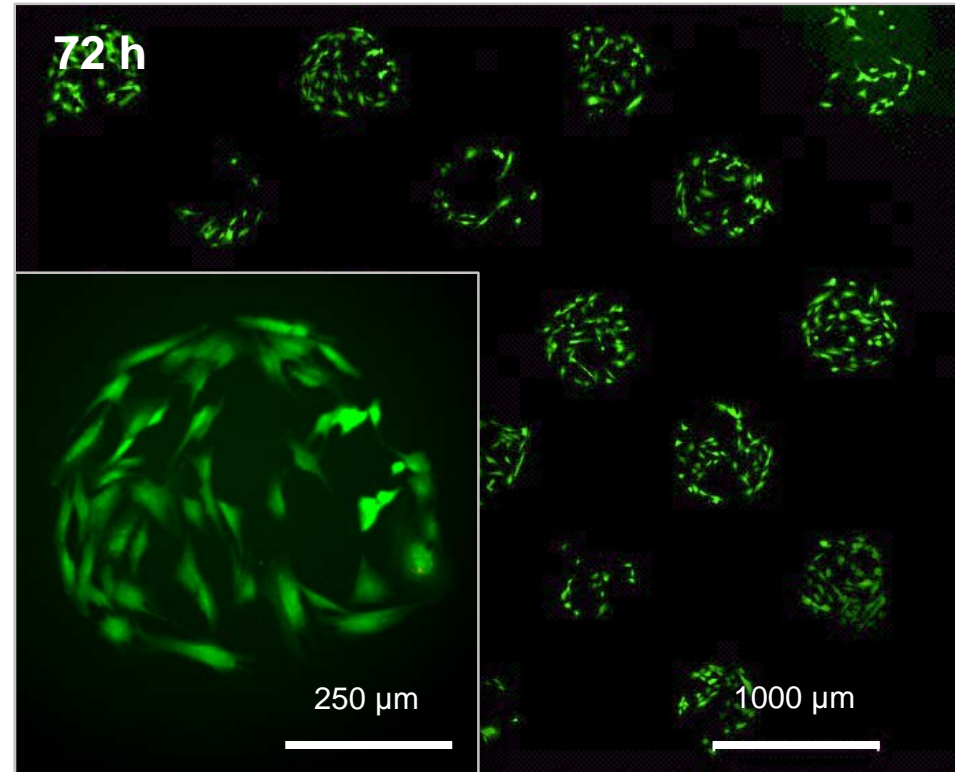
Biofabrikation mit Biopolymeren Hydrogele / Bioprinting



Inkjet Bioprinting von Zellen



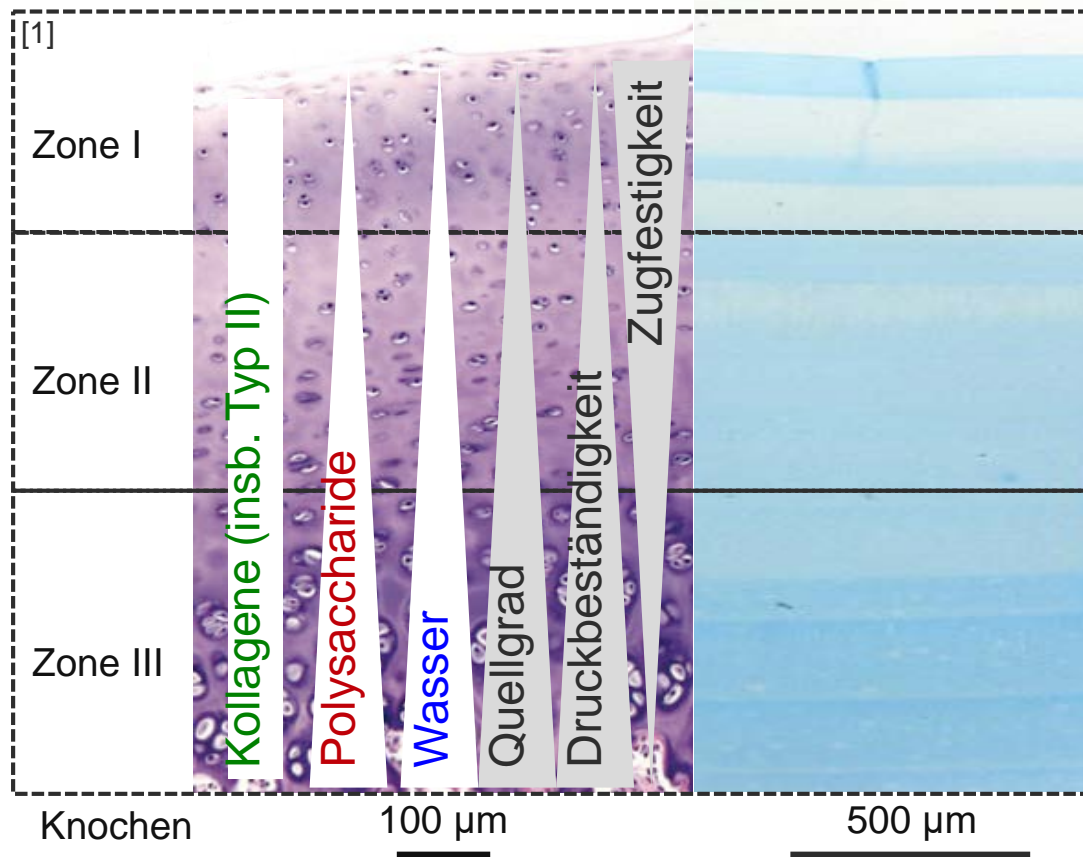
GM₁₀, 25 ° C, 10 wt-%



Porzine Chondrozyten in 10 wt-% GM₁₀

Hoch et al. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* **2012**, 23, 2607-2617.
Hoch et al. *J. Mater. Chem. B* **2013**, 1, 5675.

Komplexe Struktur des nativen Gelenkknorpels

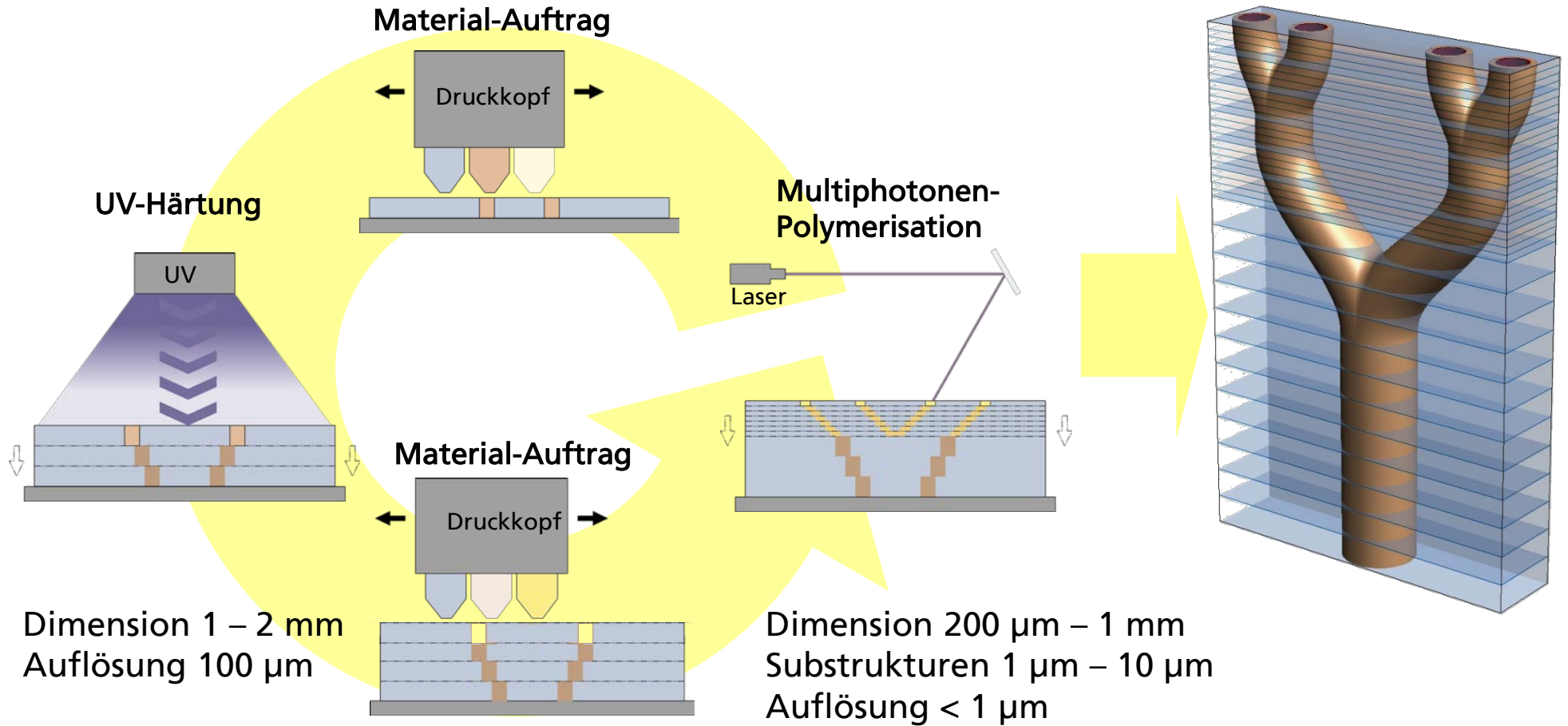


- Glycosaminoglykan- (GAG) Gradient
 - GM5A5 + GM2A8
 - Methacryl-modifizierte Hyaluronsäure HAM (1 %)
 - Methacryl-modifiziertes Chondroitinsulfat (1 %)
- Chondrozyten

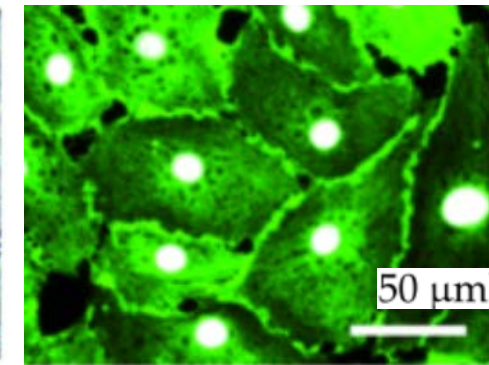
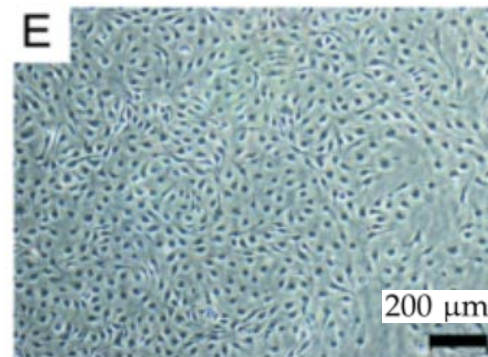
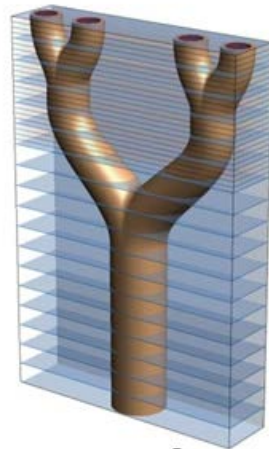
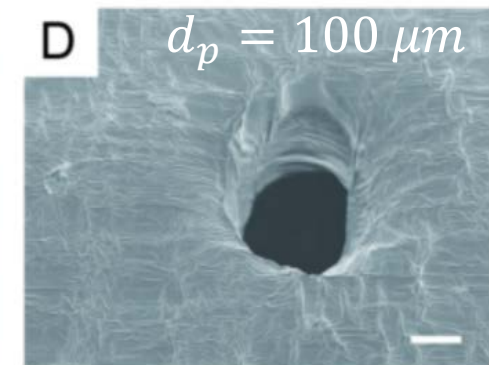
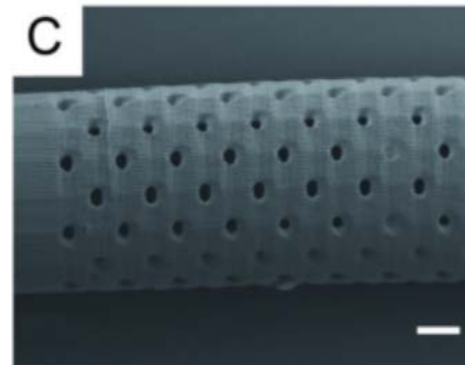
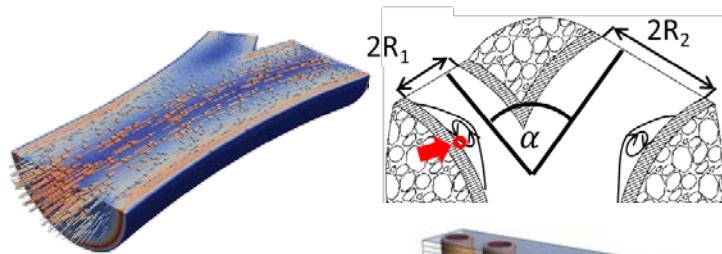
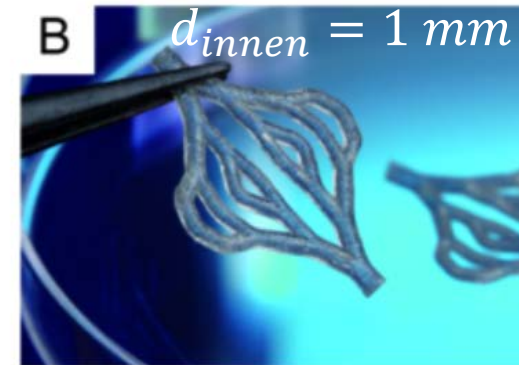
Zonaler Aufbau von Knorpeläquivalenten
Layer-by-layer-Druck resultiert in GAG-Gradient (Blaufärbung)

Stier et al. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* **2019**, 30, 35. Claaßen et al. *Macromol. Chem. Phys.* **2019**, doi: 10.1002/macp.201900097. Rebers et al. *Gels* **2019**, 5, 4. Sewald et al. *Macromol. Biosci.* **2018**, 18, 1800168; [6] Claaßen et al. *Gels* **2017**, 3, 35. Claaßen et al. *Biomacromolecules* **2018**, 19, 42-52. [1] adopted from Sunk et al., *Arthritis Res Ther* 8(4):R106, **2006**.

Kombination von Verfahren für Generative Fertigung



BioRAP-Plattform Fraunhofer

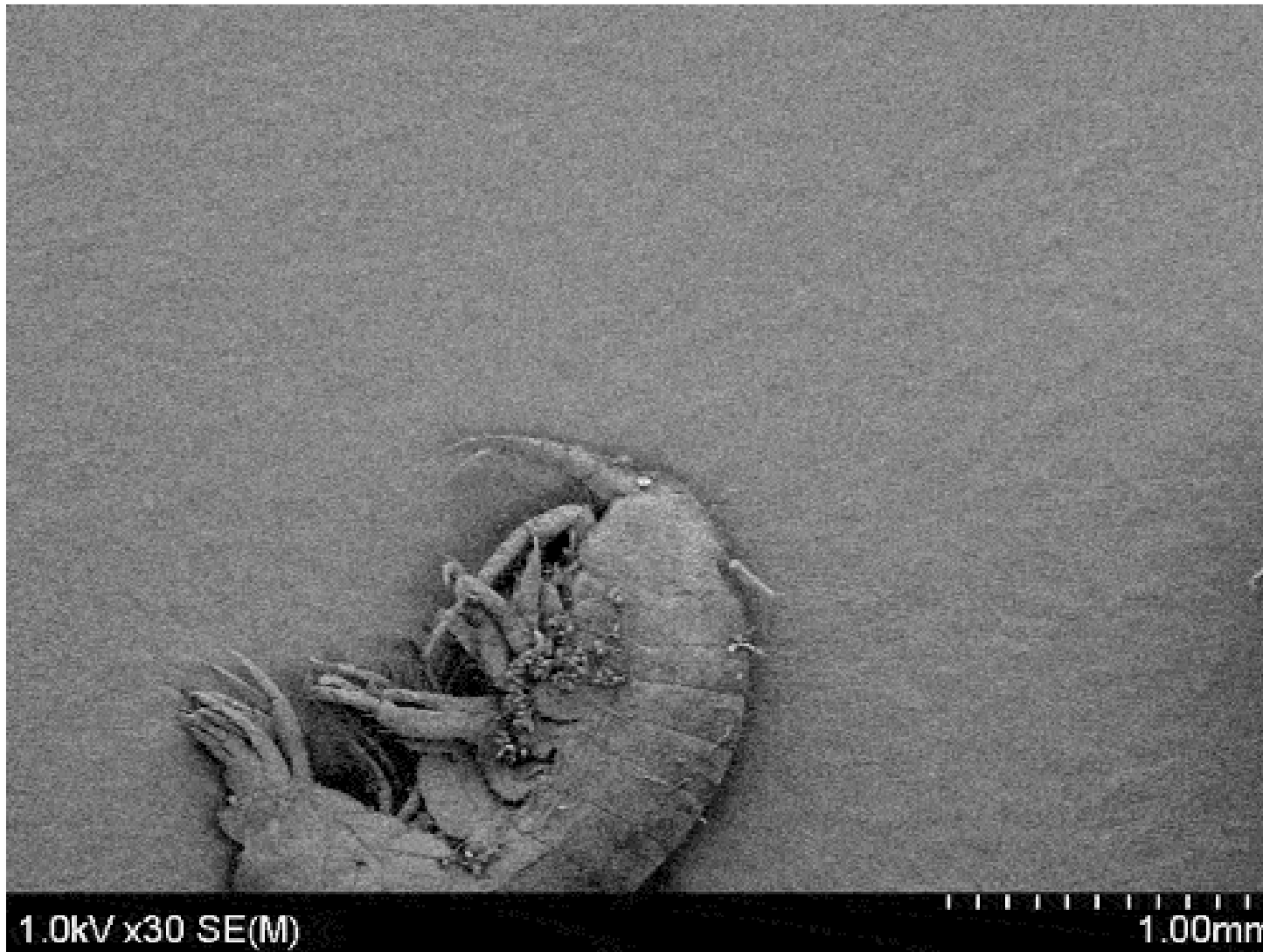


Engelhardt et al. *Biofabrication* **2011**, 3, 9.

Huber et al. *Journal of Functional Biomaterials* **2016**, 7, 18.

**Nanotechnologie I
Chemie, Physik und
Biologie von
Nanomaterialien
Sommersemester**

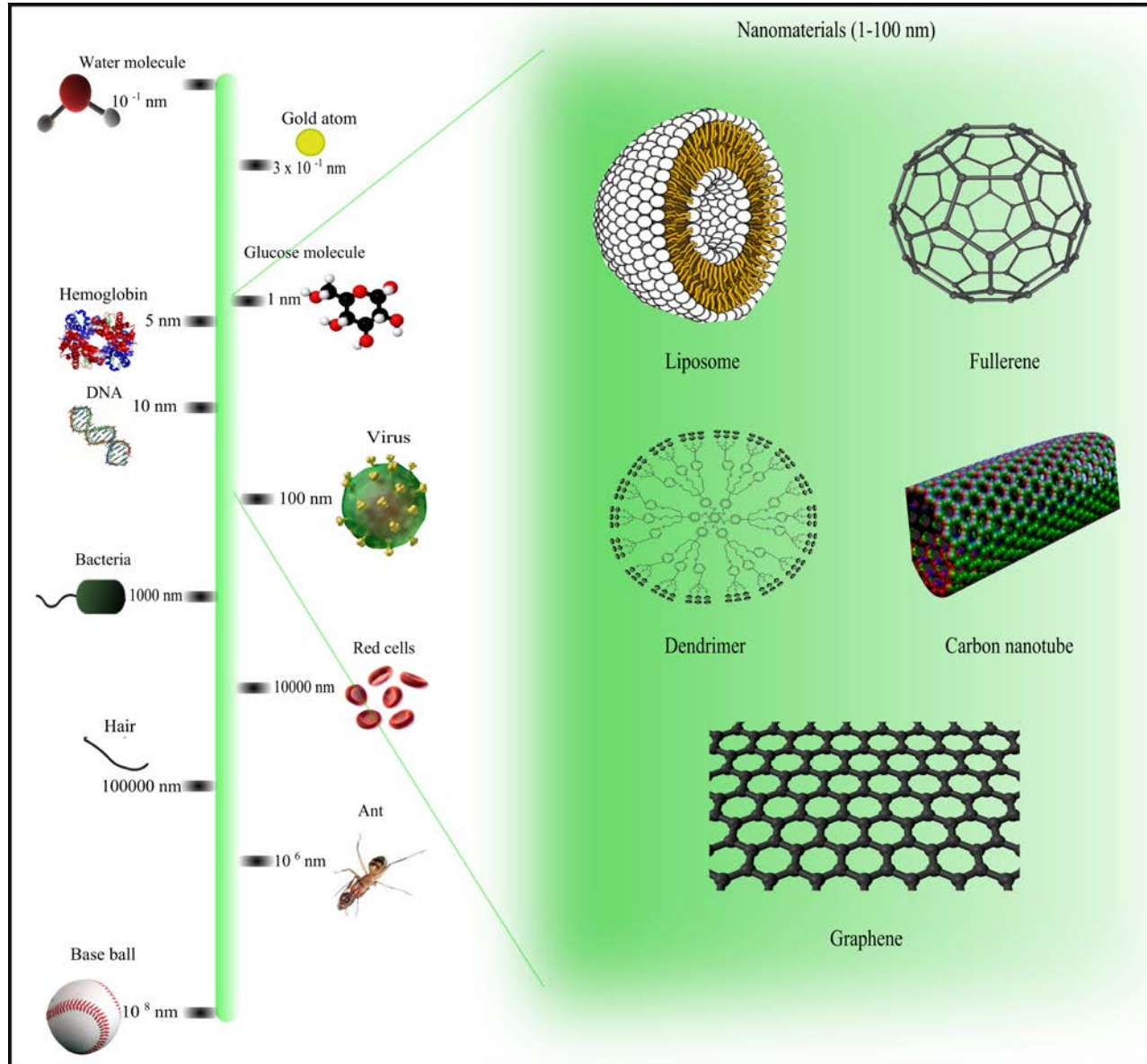
Größenordnungen der Nanotechnologie



Quelle: University of
Victoria (Victoria,
British Columbia,
Canada) Advanced
Microscopy Facility,
<https://www.smithsonianmag.com/smart-news/electron-microscope-zooms-in-finds-life-on-life-on-life-30070438/>

*“That **bacterium** is resting on a **diatom**, a class of algae that are known for their silica shells. The diatom is, in turn, sitting on an **amphipod**, a type of shell-less crustacean.”*

Größenordnungen der Nanotechnologie



Quelle: Angewandte Nanotechnologie, Beispiele aus der Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

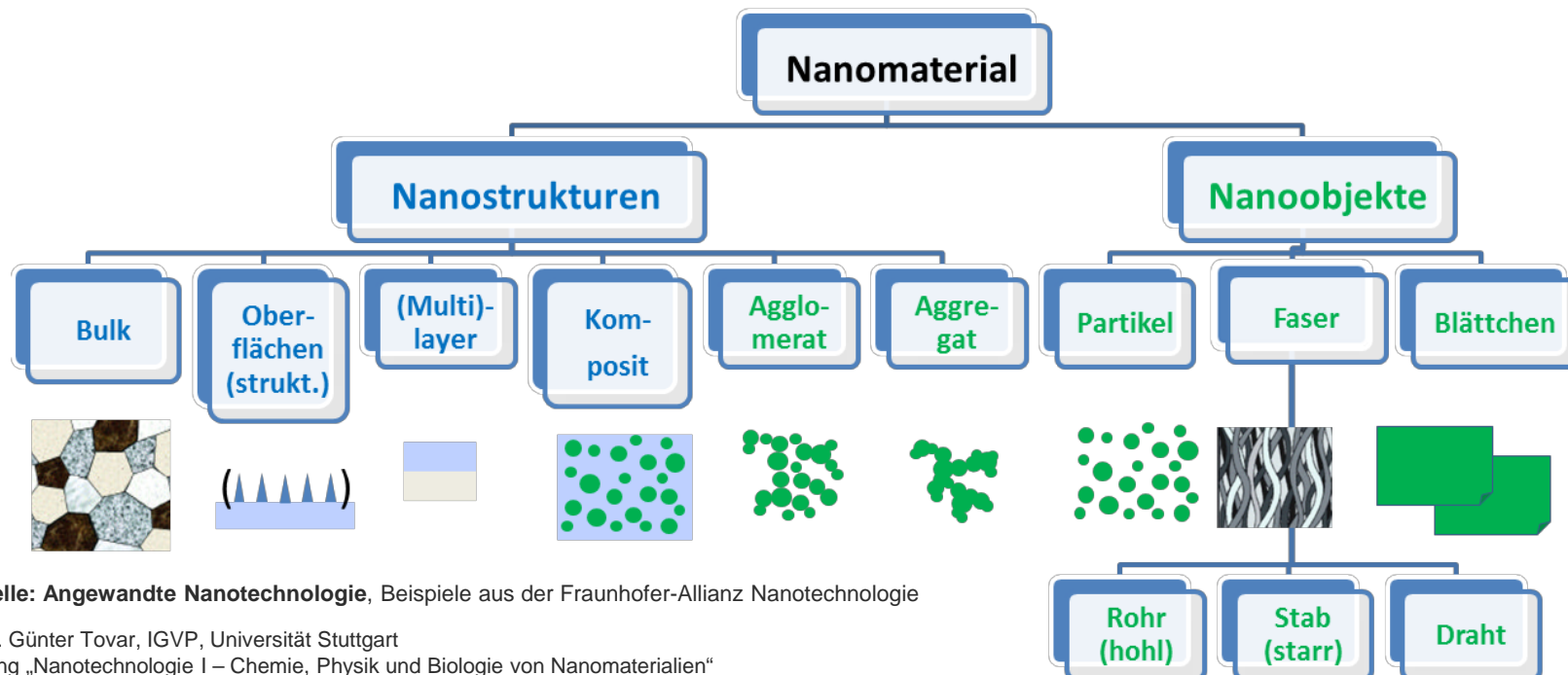
Größenordnungen der Nanotechnologie

Definition – ein schwieriges Thema

- **Es gibt eine Vielzahl an Definitionen:** *EU Novel food Regulation, The (US-)National Nanotechnology Initiative, EC Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), European Medicines Agency (EMA), European Food Safety Authority (EFSA), UK Royal Society & Royal Academy of Engineering,*

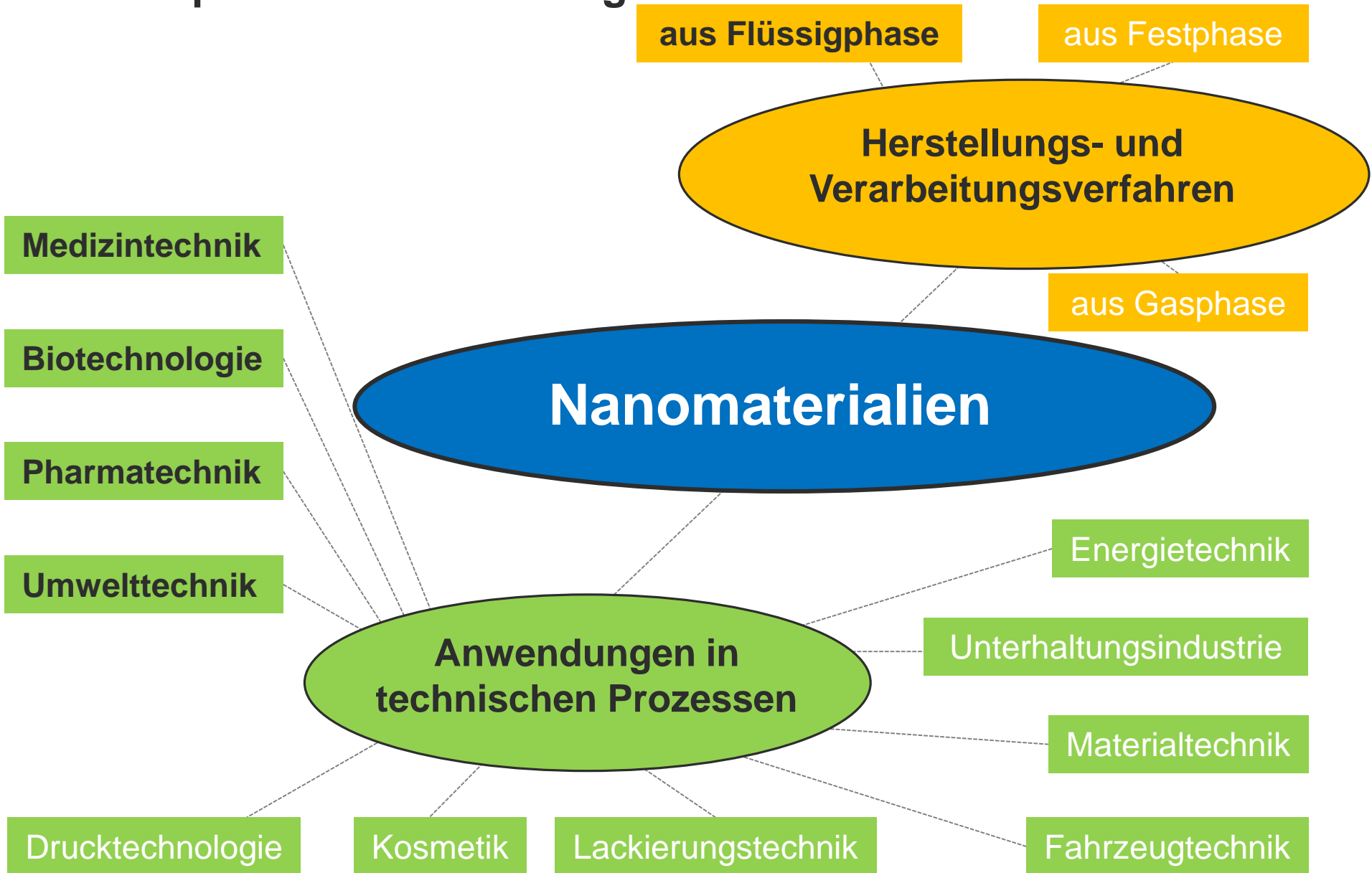
Kreyling, W. G., Semmler-Behnke, M., & Chaudhry, Q. (2010). A complementary definition of nanomaterial. Nano Today, 5(3), 165–168. <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2010.03.004>

→ Die meisten Definitionen setzen „**mindestens eine Dimension im Bereich von 1 nm – 100 nm**“ als Voraussetzung für ein Nanomaterial.



Nanotechnologie II
Technische Prozesse
und Anwendungen
von Nanomaterialien
Wintersemester

Schwerpunkte der Vorlesung

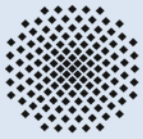


Praktische Übungen Nanomaterialien

oder wahlweise auch

Biomaterialien

Sommersemester



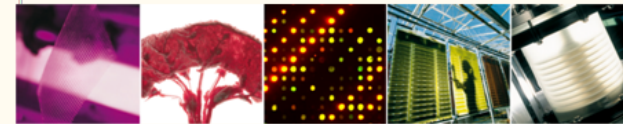
PÜ Nanotechnologie

20.9	9:00-9:15	Einführung in den Ablauf
20.9	9:15-9:45	Laboreinweisung, alle Labore
20.- 21.9	9:45-17:00	Versuch NANO-A
22.- 23.9	9:00-17:00	Versuch NANO-B
30.9	8:30-13:00	Vorbereitung Präsentation
30.9	14:00-15:30	Präsentation und Diskussion

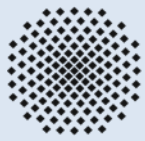
Praktikum¶

¶ Nanotechnologie¶

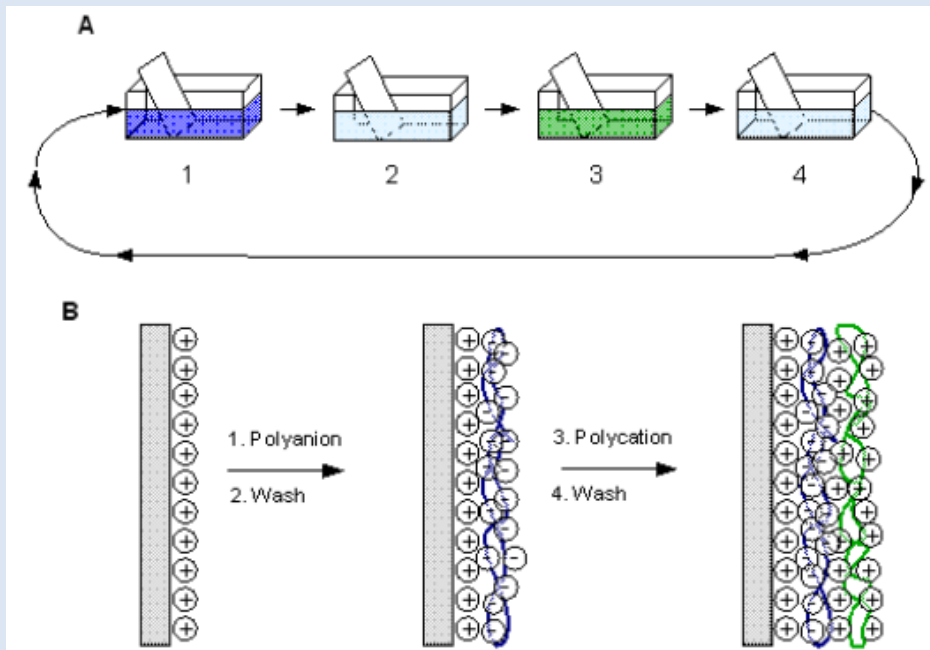
¶ 20.9.2011--23.9.2011-und-30.9.2011¶



	Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik-IGVT¶ Universität Stuttgart¶ c/o Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik-IGB¶	
	Prof.-Dr.-Thomas Hirth¶ Priv.-Doz.-Dr.-Günter Tovar¶	
Versuchsbetreuung¶	Dr.-Monika-Sieger¶ Annelie-Hauser¶ Klaus-Niedergall¶ Veronika-Schönhaar¶ Christian-Speyerer¶	
	Tel.: 0711/970-4109 (Tovar)¶ 0711/970-4400 (Hirth)¶	
	E-Mail: Guentertovar@igvt.uni-stuttgart.de ¶ Thomas.hirth@igvt.uni-stuttgart.de ¶	



Versuch Herstellung und Anwendung eines Nanobiochips



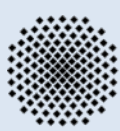
Kernveranstaltung beim Schwerpunkt

Grenzflächenverfahrenstechnik:

Praktische Übungen

Grenzflächen

Sommersemester



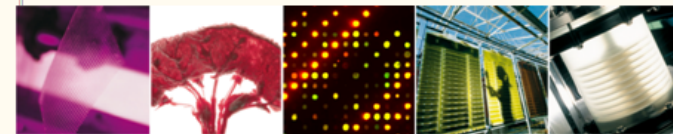
PÜ Grenzflächen- verfahrenstechnik

26.- 27.9.	9:00- 17:00	Versuch GVT-A
28.- 29.9.	9:00- 17:00	Versuch GVT-B
30.9.	8:30- 13:00	Vorbereitung Präsentation
30.9.	14:00- 15:30	Präsentation und Diskussion

Praktikum¶

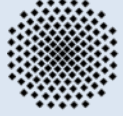
¶ Grenzflächenverfahrenstechnik¶

¶ 26.–30.9.2011¶

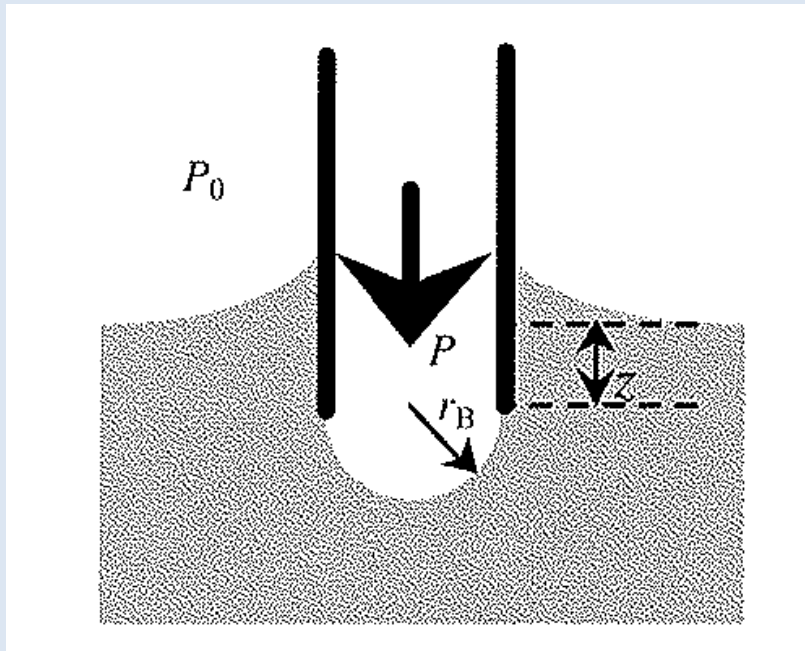


	Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik-IGVT¶ Universität Stuttgart¶ c/o Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik-IGB¶	¶
	Prof. Dr. Thomas Hirth¶ Priv.-Doz. Dr. Günter Tovar¶	¶
Versuchsbetreuung¶	Dr. Jakob Barz¶ Christina Weber¶	¶
	Tel.¶ 0711-/970--4109-(Tovar)¶ 0711-/970--4400-(Hirth)¶	¶
	E-Mail:¶ Guenter.tovar@igvt.uni-stuttgart.de ¶ Thomas.hirth@igvt.uni-stuttgart.de ¶	¶

•Seitenumbruch.....



Versuch Blasendruckmethode zur Messung der Grenzflächenspannung



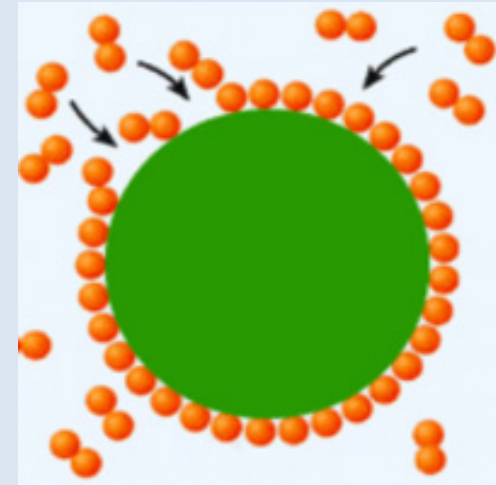
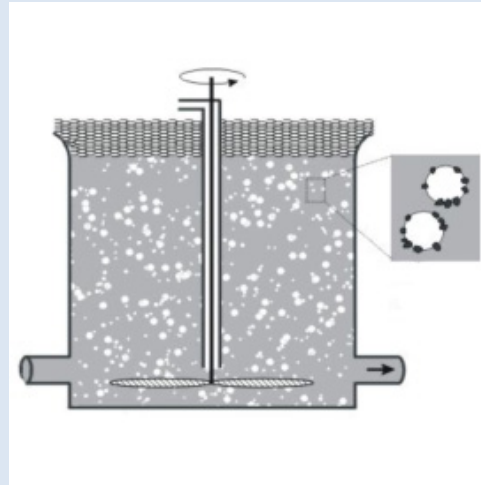
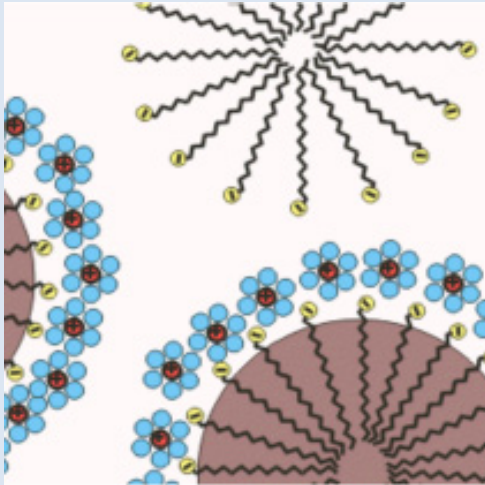
$$\gamma = \frac{r_b}{2} \cdot (P_{\max} - P_0 - z \cdot \rho \cdot g)$$



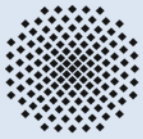


Grenzflächenverfahrenstechnik I

Chemie und Physik der Grenzflächen

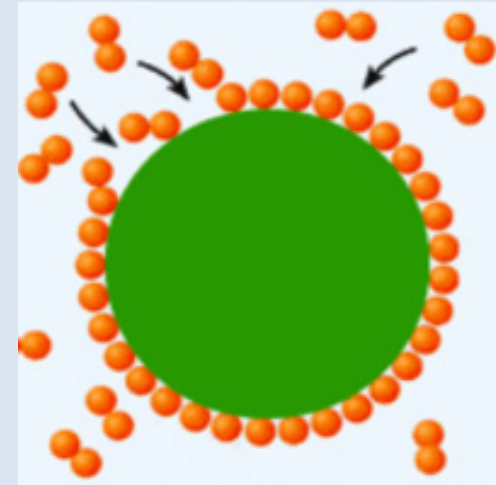
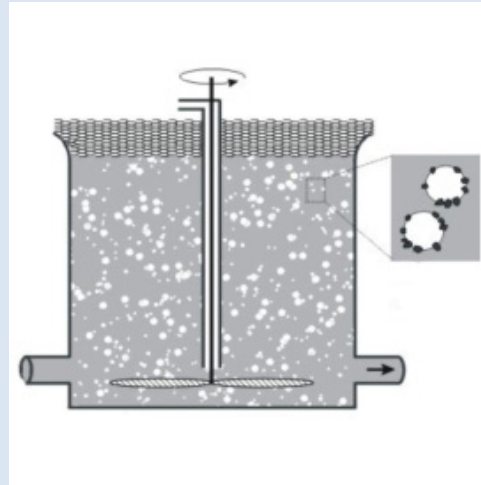
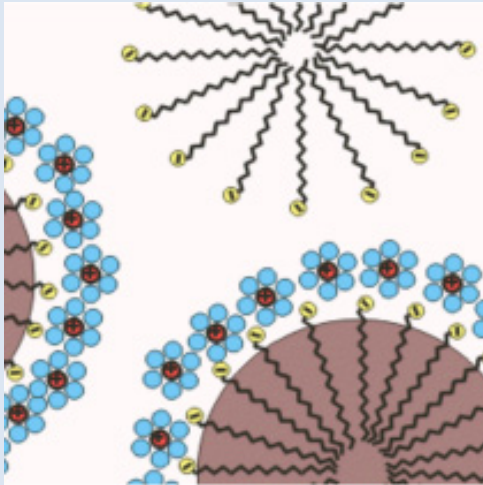


Christian Oehr, Günter Tovar
Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik, Universität Stuttgart



Grenzflächenverfahrenstechnik II

Technische Prozesse



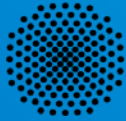
Thomas Hirth, Günter Tovar
Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik, Universität Stuttgart

Kernveranstaltung beim Schwerpunkt
Grenzflächenverfahrenstechnik:

GVT II

**= Plasmaverfahren
für die Dünnschicht-
technologie**

Wintersemester



Universität Stuttgart

Nehmen Sie gerne bei Fragen Kontakt mit mir auf



Prof. Dr. habil. Dipl.-Ing. Günter Tovar

E-Mail guentertovar@igvp.uni-stuttgart.de / guenter.tovar@igb.fraunhofer.de

Telefon +49-711-970-4109

Fax +49-711-970-4200

Universität Stuttgart

Kommissarischer Leiter des Institutes für Grenzflächenverfahrenstechnik und
Plasmatechnologie IGVP

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart