

MAKROMOLEKÜLE & KOMPLEXE SYSTEME

INSTITUT FÜR PHYSIK DER HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN



Physik von Makromolekülen

Prof. Jürgen P. Rabe

Statistische Physik und nichtlineare Dynamik

Prof. Igor Sokolov

Supramolekulare Systeme

Prof. Norbert Koch

Theorie komplexer Systeme und Neurophysik

Prof. Benjamin Lindner

Hybride Bauelemente

Prof. Emil List-Kratochvil



Nichtlineare Dynamik (Komplexe Netzwerke)

Prof. Jürgen Kurths (*PIK Potsdam*)

Physik der Biomaterialien

Prof. Peter Fratzl (*MPI Potsdam*)

Biologische Physik

Prof. Martin Falcke (*MDC Buch*)

Theorie der Bio-Systeme

Prof. Reinhard Lipowsky (*MPI KG Potsdam*)

<https://www.physik.hu-berlin.de/de/forschung>

MAKROMOLEKÜLE & KOMPLEXE SYSTEME

INSTITUT FÜR PHYSIK DER HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN



Physik von Makromolekülen

Prof. Jürgen P. Rabe

Statistische Physik und nichtlineare Dynamik

Prof. Igor Sokolov

Supramolekulare Systeme

Prof. Norbert Koch

Theorie komplexer Systeme und Neurophysik

Prof. Benjamin Lindner

Vielteilchen-Physik

in Experiment & Theorie

mit breiten Anwendungsfeldern

Nichtlineare Dynamik (Komplexe Netzwerke)

Prof. Jürgen Kurths (*PIK Potsdam*)

Hybride Bauelemente

Prof. Emil List-Kratochvil

Physik der Biomaterialien

Prof. Peter Fratzl (*MPI Potsdam*)

Biologische Physik

Prof. Martin Falcke (*MDC Buch*)

Theorie der Bio-Systeme

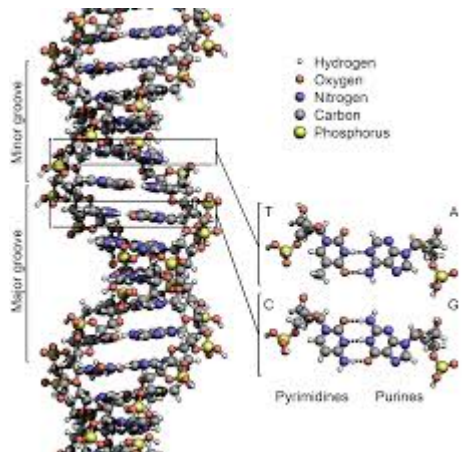
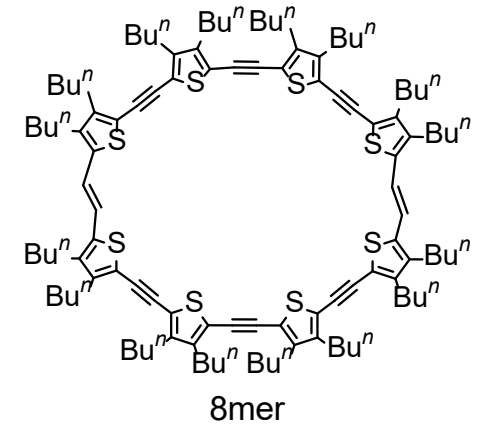
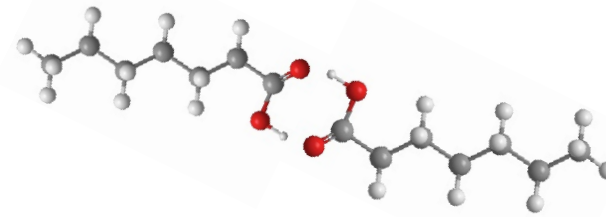
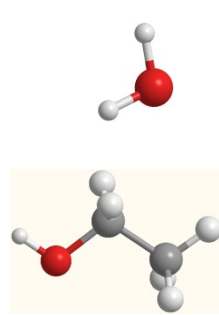
Prof. Reinhard Lipowsky (*MPI KG Potsdam*)

<https://www.physik.hu-berlin.de/de/forschung>

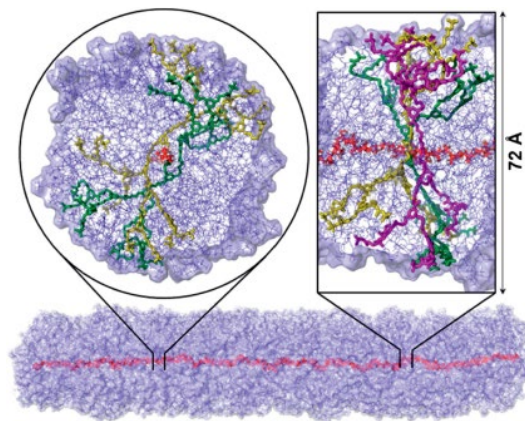
ATOME & MOLEKÜLE -> MAKROMOLEKÜLE & KOMPLEXE SYSTEME

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

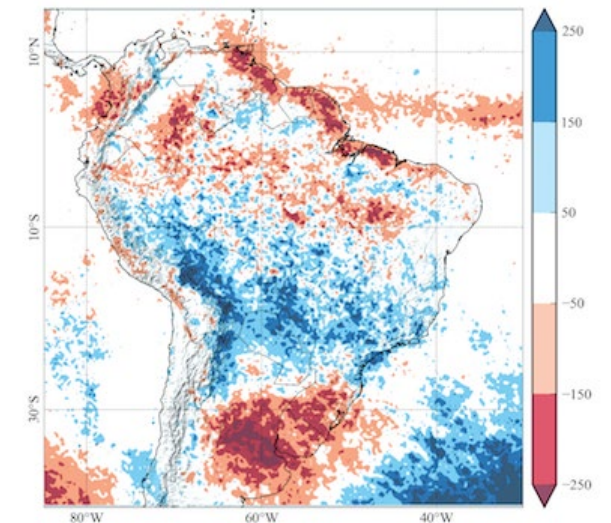
1																	2
H																	He
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				



ds-DNA



Dendronisierte Polymere



Komplexe Netzwerke

Collaborative Research Center 951



Hybrid Inorganic/Organic Systems for Opto-Electronics



inorganic semiconductors

- highest purity levels
- high excitation density
- high carrier mobility

conjugated organic materials

- tunable energy range
- strong light-matter coupling
- high frequency response

metal nanostructures

- confine
 - guide
 - emit
 - amplify
- } light at subwavelength dimensions

- combine & take advantage of individual material strengths
- compensate weaknesses
- new opto-electronic properties *via* hybridization

Forschung @ HU in Verbundprojekten

- Sfb 951 **Hybrid Inorganic/Organic Systems for Opto Electronics (HIOS)**



- Exzellenzcluster **Matters of Activity: Image, Space, Materials (MoA)**



Matters of Activity.
Image Space Material

- Bernstein-Center for **Computational Neuroscience Berlin**



- **Dynamical Phenomena in Complex Networks: Fundamentals and Applications (IRTG 1740)**

- International Max Planck Research School on **Multiscale Bio-Systems (IMPRS)**



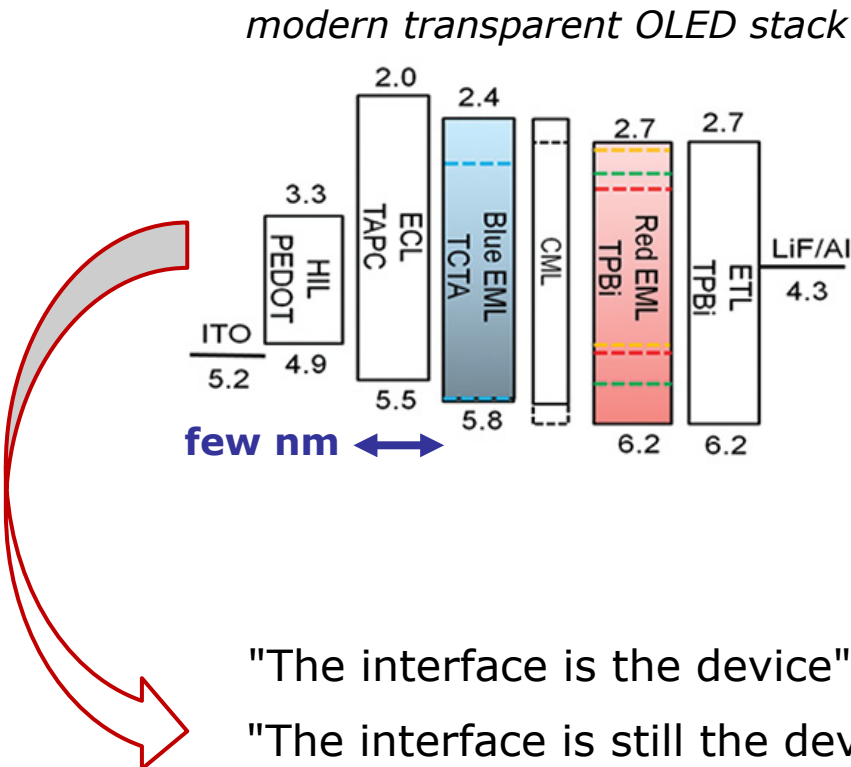
- **Integrative Research Institute for the Sciences (IRIS Adlershof)**



Enable energy efficient future electronics & optoelectronics

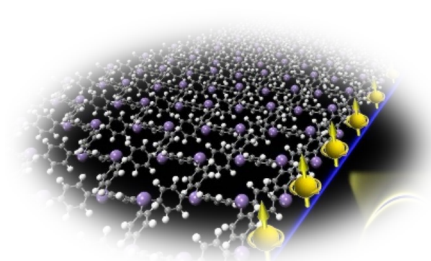
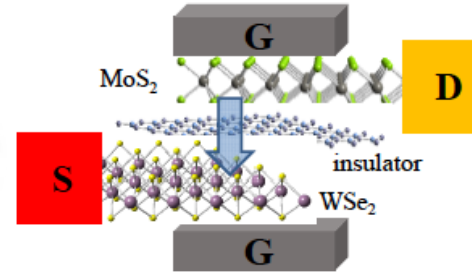
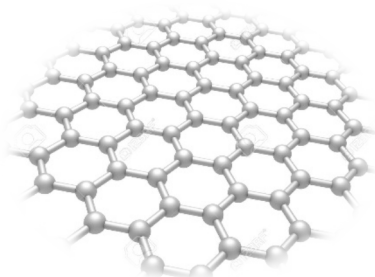
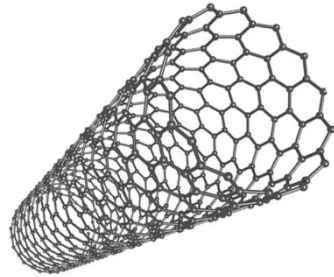
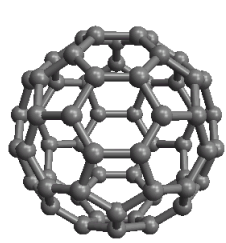
Supramolecular Systems (SMS) Group – N. Koch

Devices are multicomponent structures: **omnipresent interfaces**



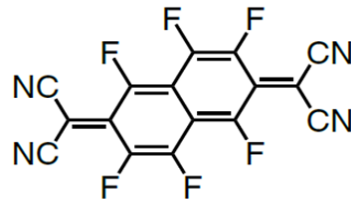
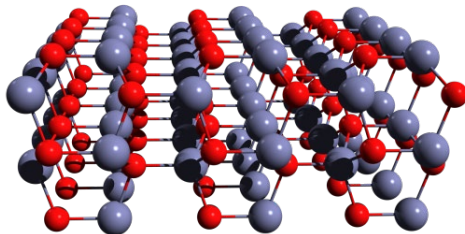
"The interface is the device", Herbert Kroemer, *Nobel Lecture* 2000
"The interface is still the device", Editorial, *Nature Materials* 2012
"interface optimization", *every pertinent major conference* 2019+

SMS Mission: Understand interface phenomena & develop methods for energy level management



for all relevant present, emerging, future
electronic materials & applications

inorganic & organic semiconductors, oxides,
carbon allotropes, 2D semiconductors,
perovskites, ...



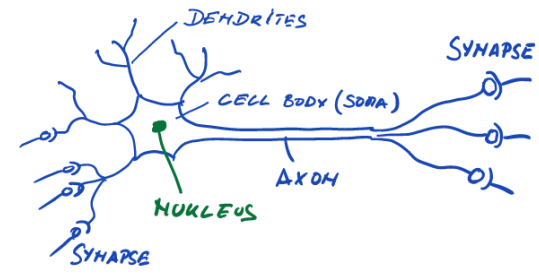
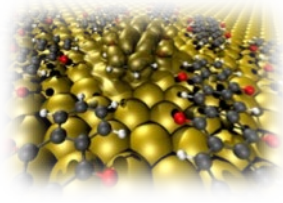
more info: kochlab.de



From Materials to Function

Hybrid Device Group at IRIS HU

(Prof. E. List-Kratochvil)



- Synthesis
- Growth
- Characterisation
- Modelling

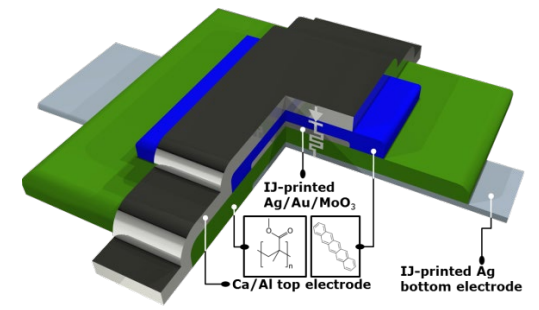
Hybrid Materials

- 2D/3D Printing
- Coating
- Growth
- Micro/nano

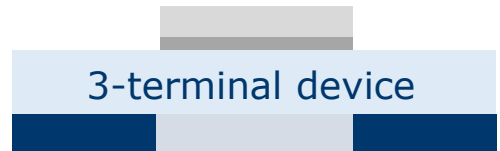
Processing

- Photonic
- Electronic
- Biosensor
- Optoelectronic

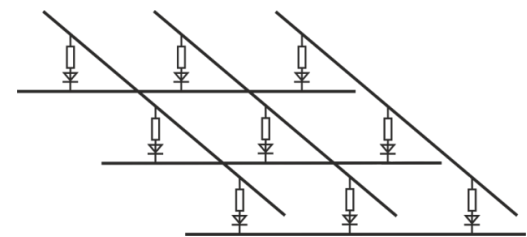
Function

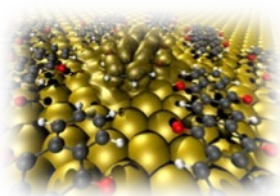


Passive: R, C, L
 Active: Diode, (O)LED, Sensors,
Solar Cells, Memristors,
Neuromorphic Devices



Active: OFET & EGOFET(Sensors)





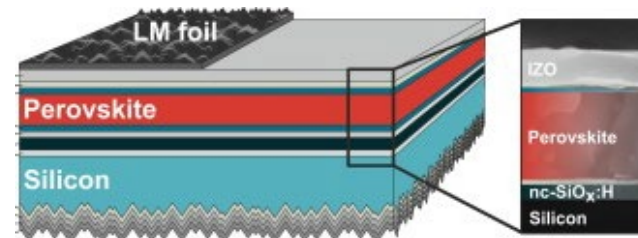
Hybrid Materials



Processing



Function



PCE: 25,5%: Jošt, Albrecht et al.
DOI: 10.1039/C8EE02469C



Technology Transfer: Printed Smart OLED Packaging



Marcin Ratajczak
CEO & FOUNDER

Product &
Business
Development

10 YEARS
EXPERIENCE AS
ENTREPRENEUR



inuru.com



Patrick Barkowski
CTO & FOUNDER

Light &
Technology

6 YEARS
EXPERIENCE IN
OLEDs



Inuru GmbH/Karl Knauer KG



WORLDSTAR
WINNER 2019



GERMAN
DESIGN
AWARD
WINNER
2018



2017

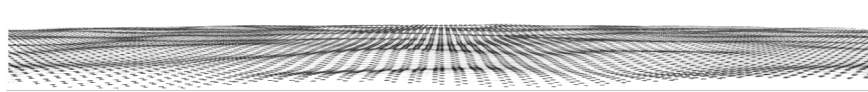


Hybrid Device Group (E. List-Kratochvil)

Molecules @ Complex Interfaces



2D material
Graphene, MoS₂



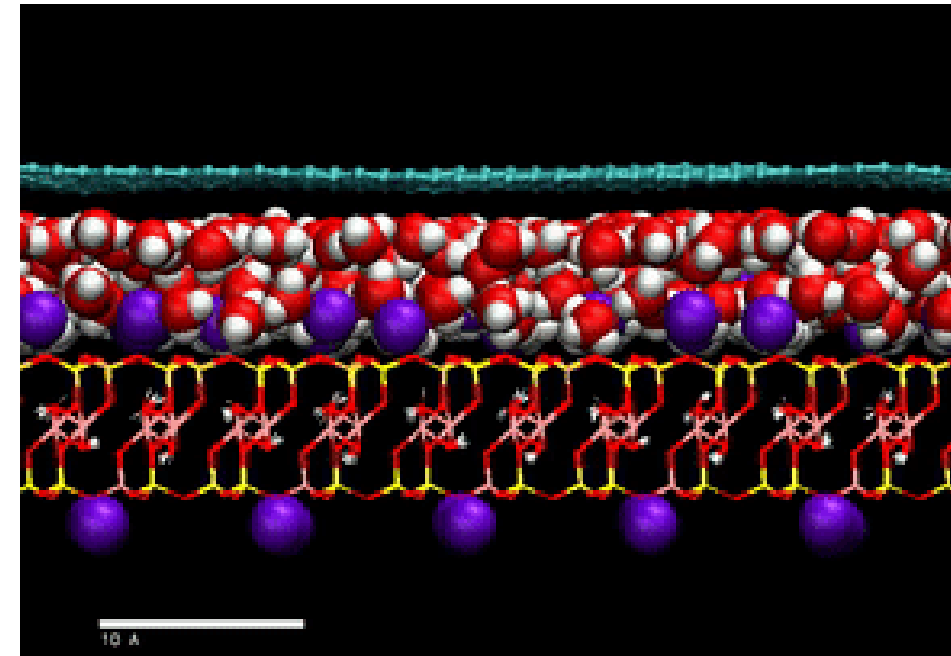
water, dyes, ds-DNA, polymers

atomically flat mica



- Atomically Precise Fabrication
- Atomic Resolution Microscopy (SPM)
- Raman & Fluorescence Spectroscopy
- Molecular Dynamics Simulations

-> **Control over molecules in nano slit pore**



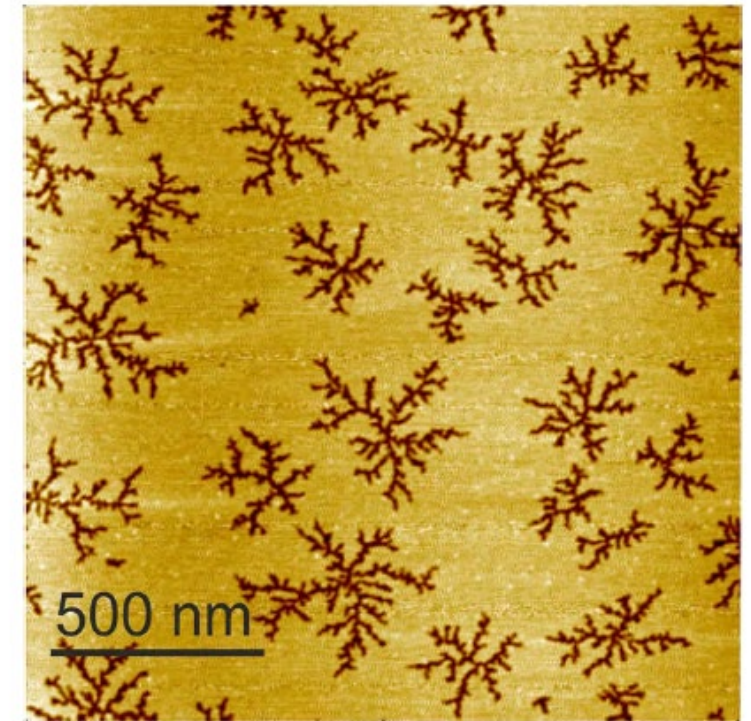
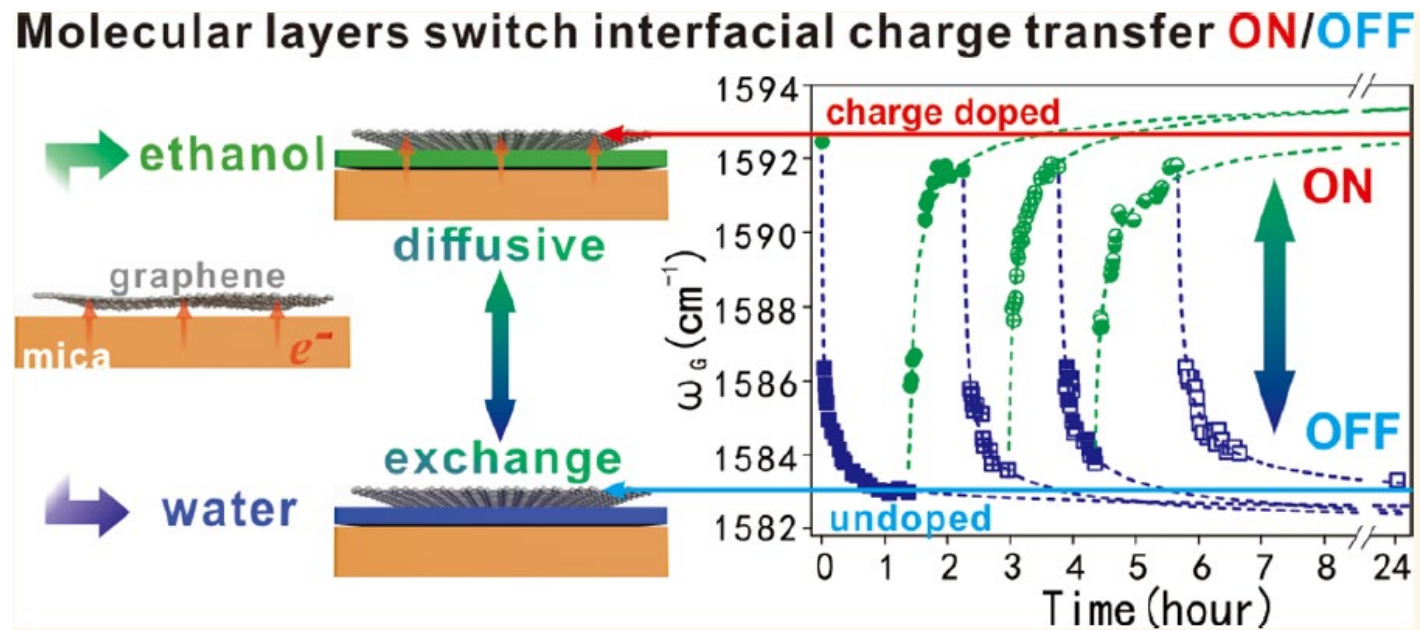
Water in slit pore (J.D. Cojal)



J.P. Rabe
Physics of Macromolecules
rabelab@hu-berlin.de



Wetting and Dewetting



Fractal Dewetting

-> Reversible control of electronic and mechanical properties of interfaces



**Max Planck Institute
of Colloids and Interfaces**

Department of Biomaterials (Peter Fratzl, Director)

<http://www.mpikg.mpg.de/bm>



Struktur und Funktion biologischer Materialien
(physikalische Multiskalen-Charakterisierung & Modellierung)



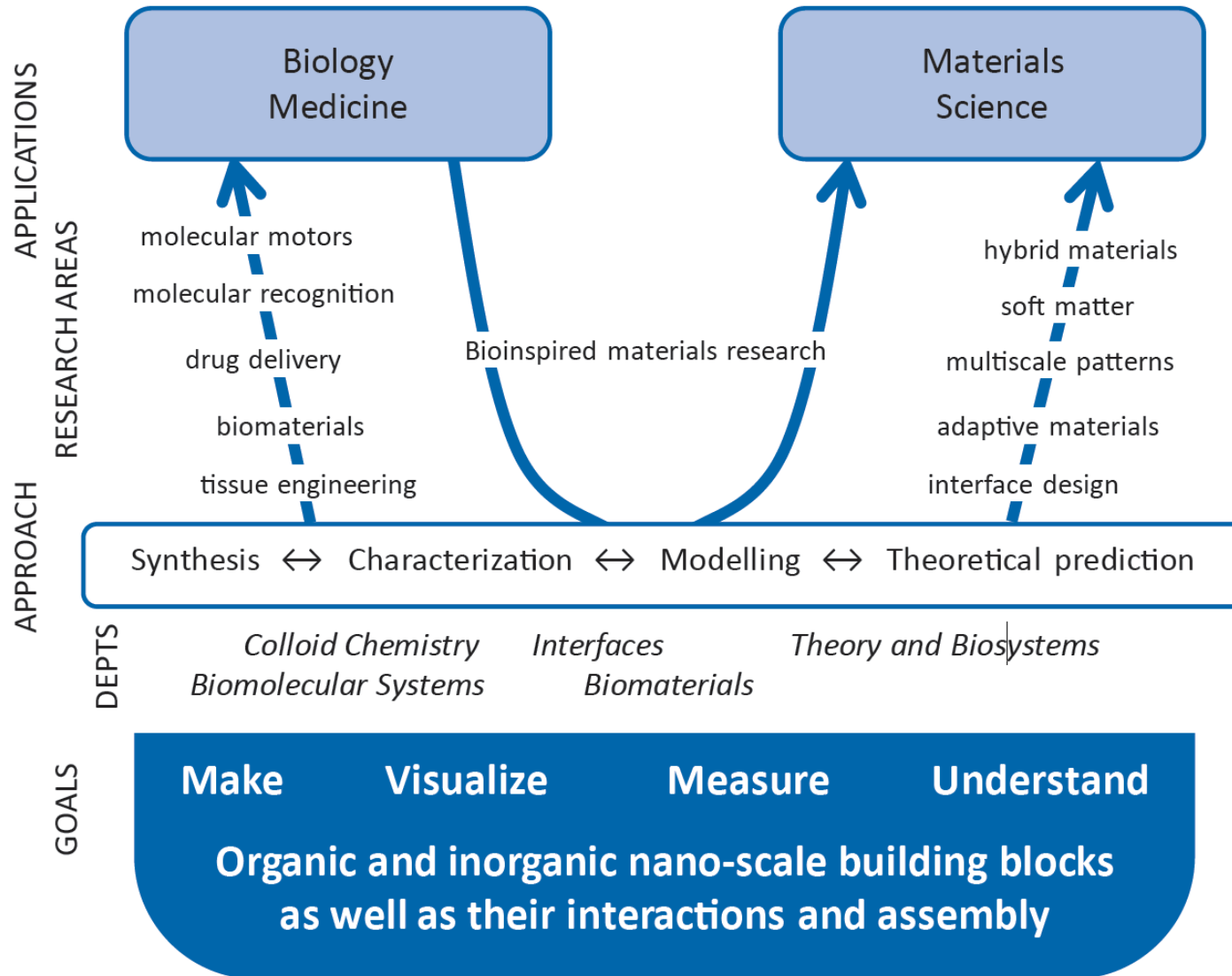
Aktive Materialien
Selbstheilende Materialien
Wasser-Molekül Interaktion
Biosensorik



Osteoporose,
Geweberegeneration,
Genetische Erkrankungen,
Knochenmetastasierung



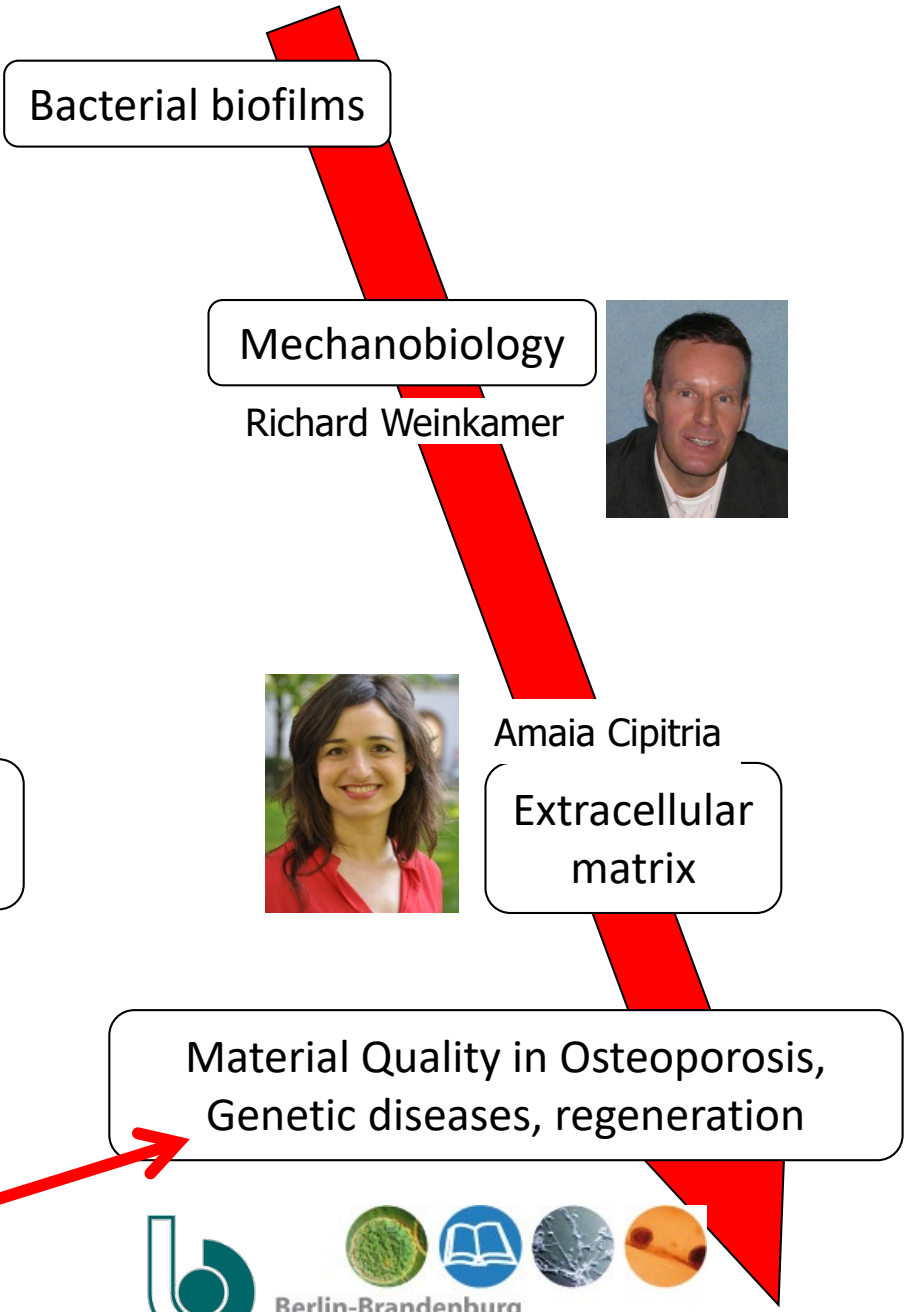
Max Planck Institute of Colloids and Interfaces



Biological materials



medical application



Bacterial biofilms

Cécile Bidan



Mechanobiology

Richard Weinkamer



Amaia Cipitria

Extracellular matrix

Material Quality in Osteoporosis, Genetic diseases, regeneration

Plant Material Adaptation



Michaela Eder

Micromechanics of Biological and Hybrid Materials



Shahrouz Amini

Hierarchical materials



Wolfgang Wagermaier



Biological materials



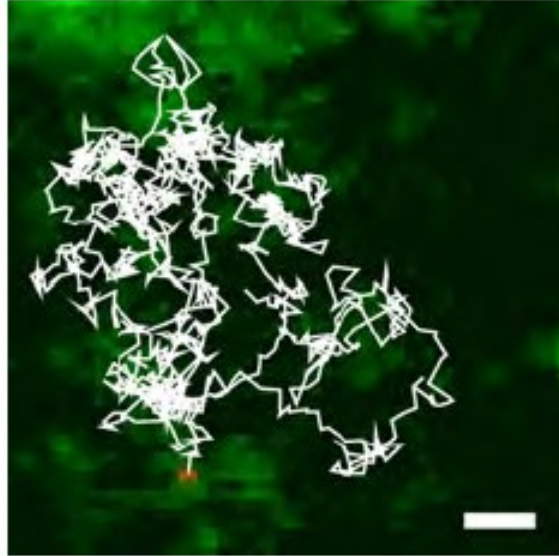
materials sciences

AG Sokolov: Statistische Physik und nichtlineare Dynamik



- Diffusion und anomale Diffusion in komplexen Medien: Potentiallandschaften, Landschaften der Diffusionskoeffizienten, komplexe laminare und turbulente Strömungen
- Systeme mit Gedächtnis: Mathematische Beschreibung
- Komplexe Netzwerke: Struktur und Ausbreitungserscheinungen, vor allem Infektionsausbreitung

Diffusion in komplexen Landschaften



Trajektorie eines einzelnen Ionenkanals auf der Membran einer lebenden Zelle (AG Diego Krapf, Colorado State)

Direkte Probleme

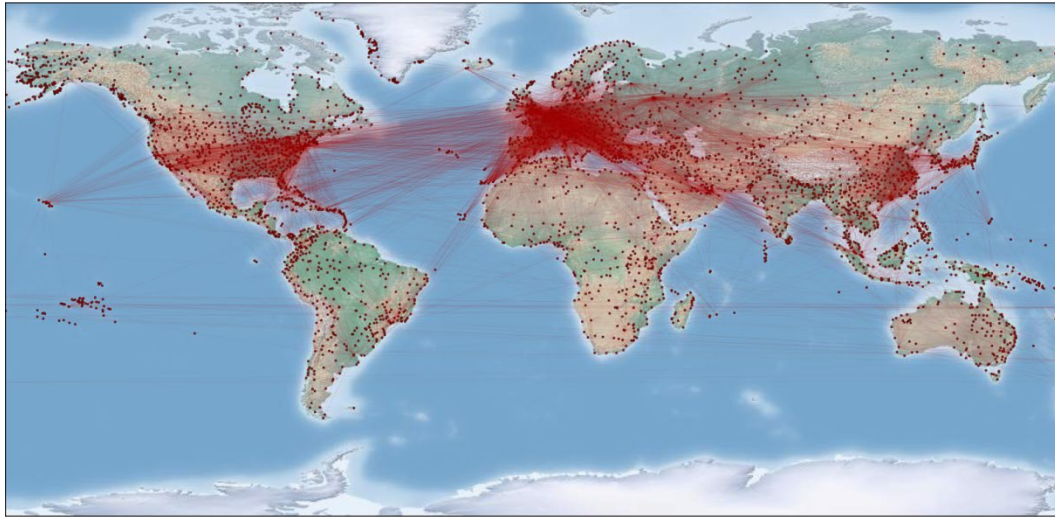
Wie sehen die **Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Teilchenverschiebungen** und der entsprechenden **Trajektorien** aus für die Bewegung in

- Zufallspotentialen oder in Anwesenheit von Bindungszentren,
- in Anwesenheit zufällig verteilter Hindernisse,
- in Landschaften der sich zufällig ändernden Diffusionskoeffizienten,
- in **Systemen mit explizitem Gedächtnis** (z.B. in viskoelastischen Medien)?

Inverse Probleme

- Wie kann man **anhand von Einzeltrajektorien zwischen den Modellen unterscheiden**?
- Welche **Informationen über die Parameter des Modells** sind in den einzelnen Trajektorien enthalten? Wie können diese Informationen extrahiert werden?
- Welche **alternativen Informationen können z.B. durch die Messungen mit FCS** (Fluctuations correlation spectroscopy) oder durch andere Methoden hinzukommen?

Ausbreitung in komplexen Netzwerken

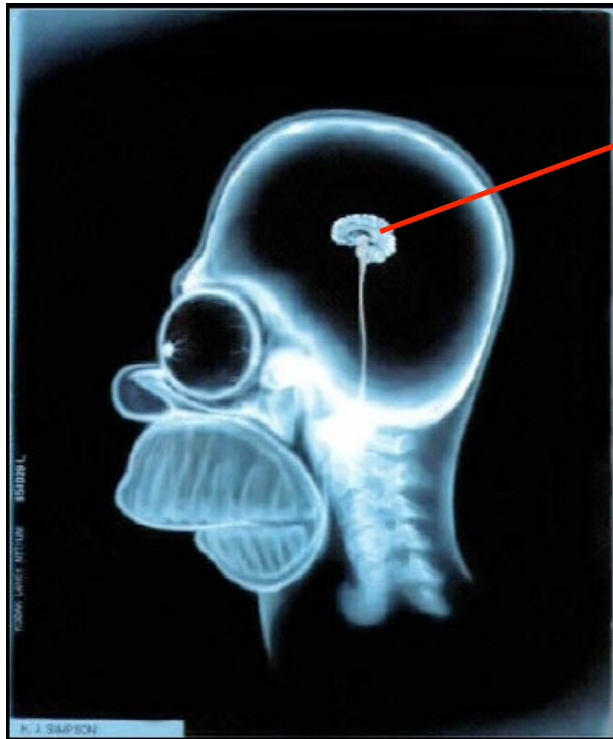


Globales Mobilitätsnetzwerk (Flugverbindungen) und seine Kantenstruktur

Infektion (einfache autokatalytische Reaktion $A + B \rightarrow 2A$) breitet sich nicht homogen in der Population aus
=> folgt den Bindungen des Netzwerks

- Wie definiert man die **effektiven Abstände** zwischen zwei Knoten?
- Wie formuliert man die **effektiven Diffusionsgleichungen** und die **kinetische Gleichungen** für die Reaktionen?
- Wie identifiziert man die **kritischen Knoten** und die **kritischen Verbindungen** (z.B. zwecks Quarantäne oder Immunisierung)?

Projekttitle „**Algebra of Infections**“



~80 Milliarden Nervenzellen
bilden ein stark
strukturiertes Netzwerk

- Feuermuster von Nervenzellen
- Netzwerk-generierte spontane Aktivität
- Übertragung und Verarbeitung zeitabhängiger Signale
- Optimierungsprinzipien für die Signaldetektion in neuronalen Systemen
- Vergleich stochastischer Modelle mit experimentellen Daten

Relevante Vorlesungen:

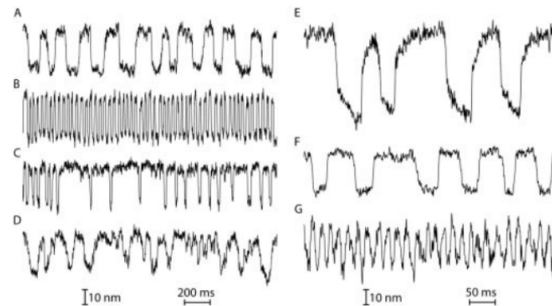
- Modelle neuronaler Systeme (Wintersemester)
- Neural Noise and Neural Signals (Sommersemester)



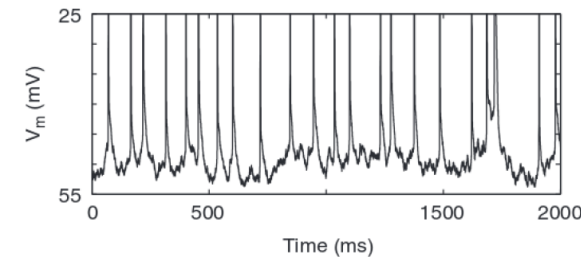
Forschungsschwerpunkt Stochastische Oszillationen

AG Theorie Komplexer Systeme
und Neurophysik

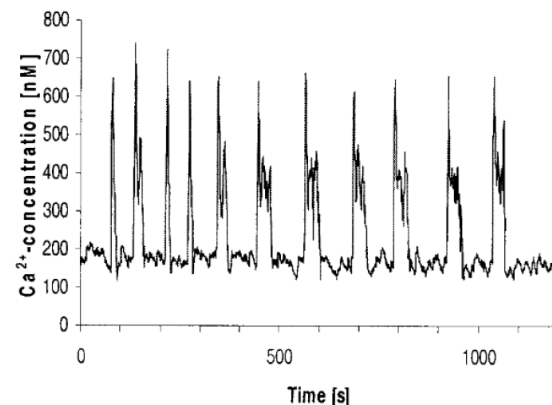
Viele biologische Systeme zeigen verrauschte Oszillationen!



(a) Mechano-sensory hair cells



(b) Single neuron's regular firing activity



(c) Intracellular calcium oscillations

Relevante Vorlesungen:

- Stochastische Prozesse (Wintersemester)
- Physikalische Kinetik (Sommersemester)

- Modelle stochastischer Oszillationen
- Phasendefinition und Phasenreduktion
- Fluktuations-Dissipations-Relationen
- Beschreibung gekoppelter Systeme

Weitere Informationen:

<http://people.physik.hu-berlin.de/~lindner/>

<http://people.physik.hu-berlin.de/~neurophys/>

benjamin.lindner@physik.hu-berlin.de

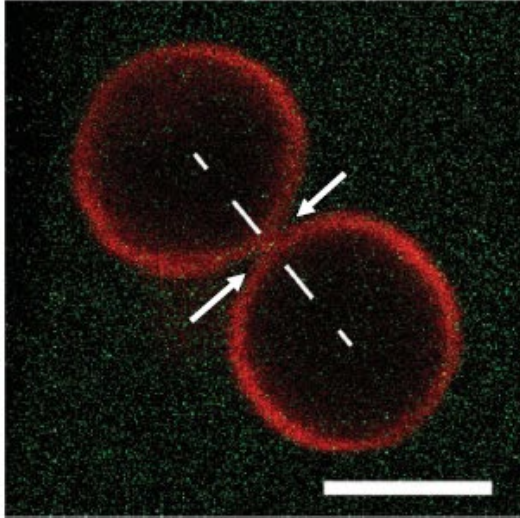
Polymorphism of Biomembranes

- Giant Unilamellar Vesicles (GUVs), size of 5 – 50 μm
- Lipid bilayers, thickness of 4 -5 nm
- Many different shapes and morphologies of GUVs:



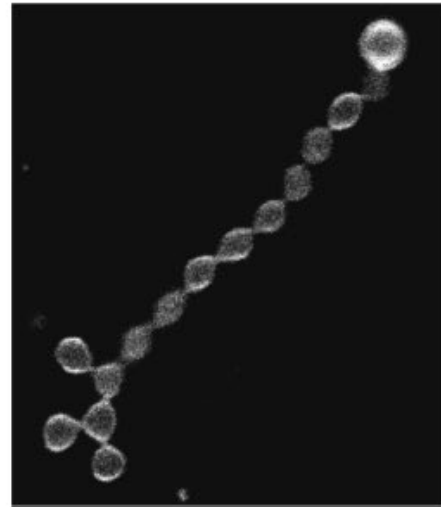
Max Planck Institute
of Colloids and Interfaces

Theorie der Biosysteme (R. Lipowsky)



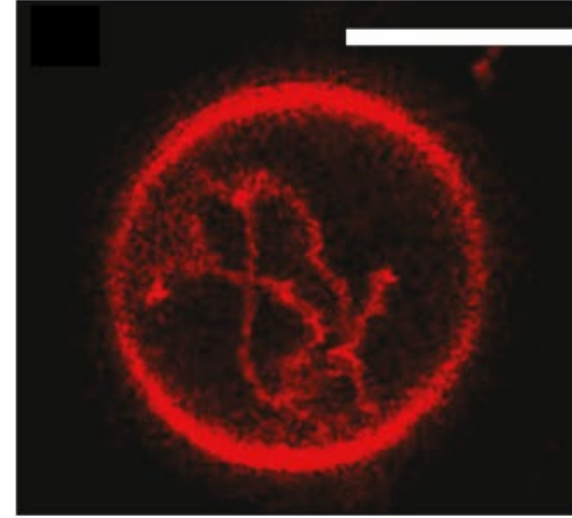
Dumbbell, (1+1)-sphere,
one membrane neck

Steinkühler ... Lipowsky
Nature Comm (2020)



(1+14)-sphere,
14 necks

Bhatia ... Lipowsky
Soft Matter (2020)

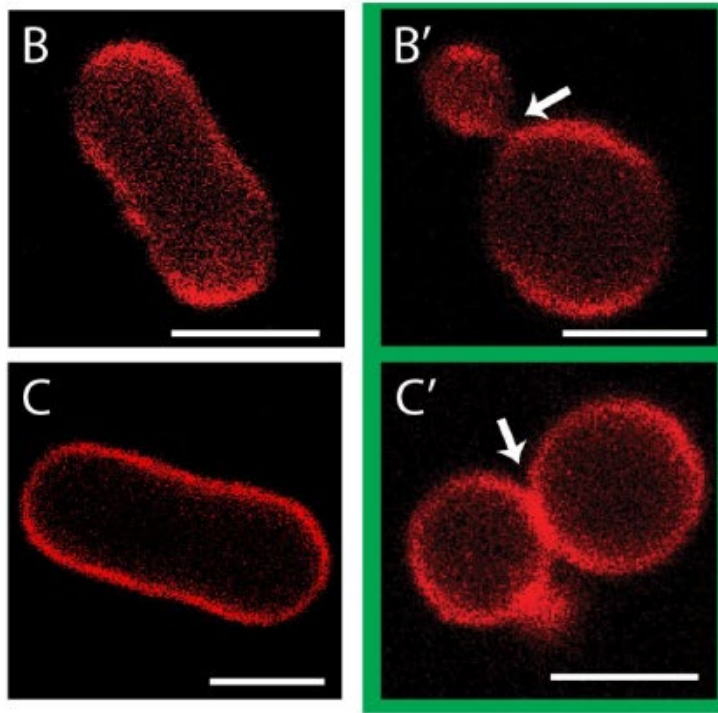


Long nanotubes,
width of 100 nm

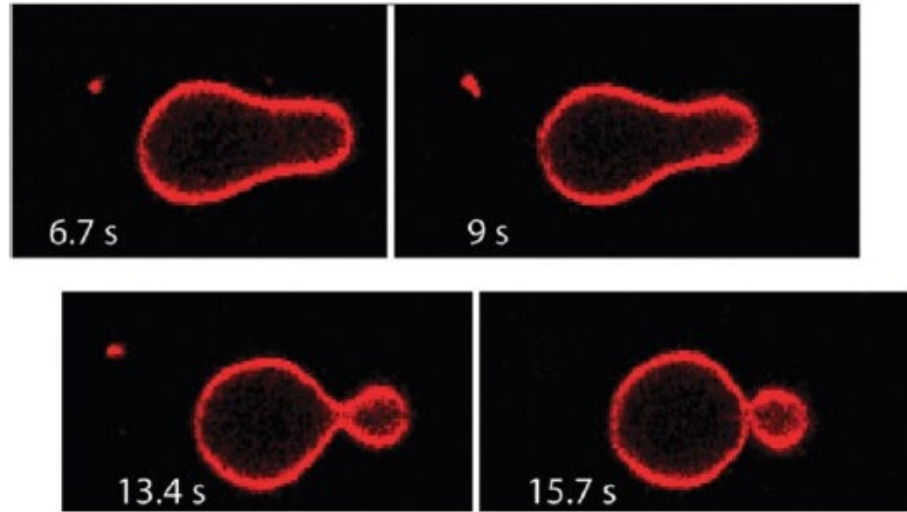
Bhatia ... Lipowsky
ACS Nano (2018)

Budding and Membrane Necks

Neck formation by
increase of [GFP]



Neck formation by
osmotic deflation:



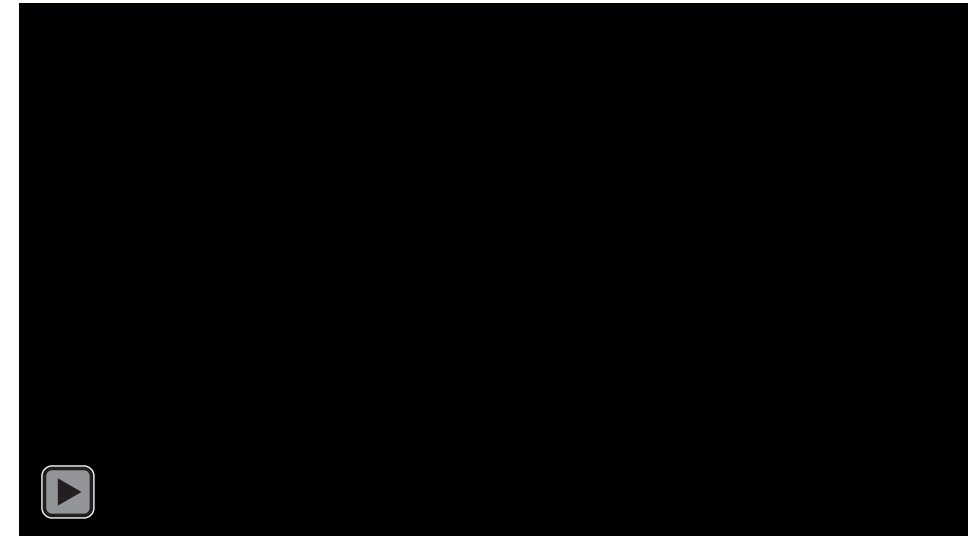
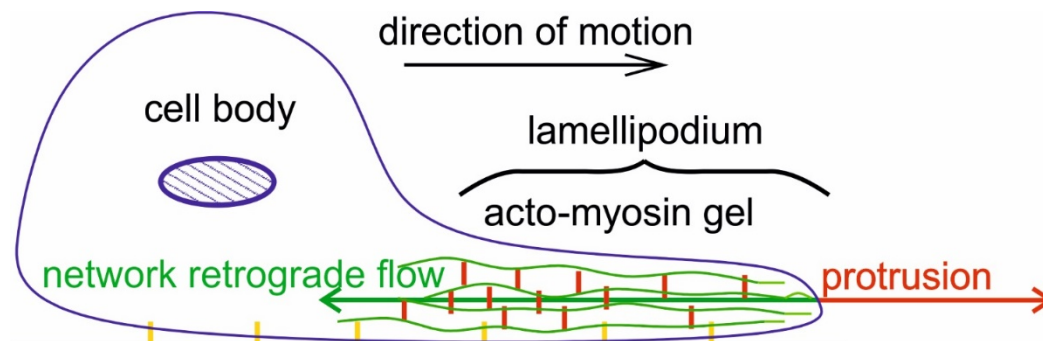
Membrane neck provides
'wormhole in 3-dim space'

- Theory of membrane elasticity:
Budding and neck formation \Leftrightarrow spontaneous curvature



**Max Planck Institute
of Colloids and Interfaces**

- Herzmuskel-Kontraktion
- Genexpressions-Dynamik
- Cell signalling
- Theorie stochastischer Prozesse
- Zellbewegung und -mechanik

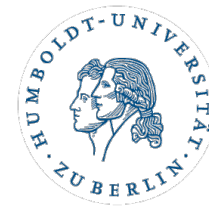


Experiments:
Rottner lab HZI Braunschweig

- Mit komplexen Netzwerken können Zusammenhänge in großen dynamischen Systemen verstanden werden:
 - Klima und Wettersysteme
 - Soziale Netzwerke
 - Epidemien
 - Stromnetze
 - Wie hängen Dynamik und Netzwerkstruktur miteinander zusammen?
 - Wie können wir (zum Beispiel) die Energiewende beschleunigen indem wir Stromnetze für Erneuerbare fit machen?
- Datenanalyse, Modellierung, statistische/probabilistische Methoden



Masterstudiengang Physik



P23 Schwerpunktwahlmodule

P23.3 Physik von Makromolekülen und molekularen Systemen (im WS)

P23.4 Physikalische Kinetik (im SS)

P24 Vertiefungsmodule

Schwerpunktthemen der beteiligten Arbeitsgruppen



Schwerpunktwahlmodul im WS:

Physik von Makromolekülen und molekularen Systemen (J.P. Rabe)

1. Physik großer Moleküle

- Chemische Bindungen, van der Waals Wechselwirkung
- Schwingungen, elektronische Zustände und Übergänge

2. Physik von Makromolekülen

- Konformationen und Statistik von Kettenmolekülen
- Ausgeschlossenes Volumen, Kautschukelastizität, Dynamik
- Kristalle, Gläser, Polyelektrolyte

3. Kolloidphysik

- Oberflächen und Mizellen
- Partikel und Kolloiddynamik

VL Mo 11-13

Mi 13-15

4. Molekulare Systeme

- Schichtsysteme
- Molekulare Maschinen

UE Mi 15-17

Beginn: Mittwoch, 4.11.2020