



University of Stuttgart
Germany



UNIVERSITY OF
HOHENHEIM



Fraunhofer

NMI
schafft Ergebnisse



Conference Proceedings

Competence Center for Biointelligence



Stuttgart, May 15, 2019

Plenum



UNIVERSITY OF
HOHENHEIM



University of Stuttgart
Germany



Fraunhofer

NMI
schafft Ergebnisse



Folie 1

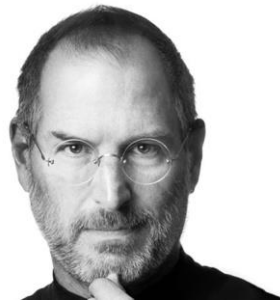


PRODUCING SUSTAINABLY WITH BIOINTELLIGENT SYSTEMS – THE BIOLOGICAL TRANSFORMATION OF VALUE ADDING IN THE CONTEXT OF THE BIOECONOMY

Competence Center for Biointelligence



“I think the biggest innovations of the twenty-first century will be the intersection of biology and technology. A new era is beginning, just like the digital one [...]”



(Steve Jobs, 2009)

Baseline

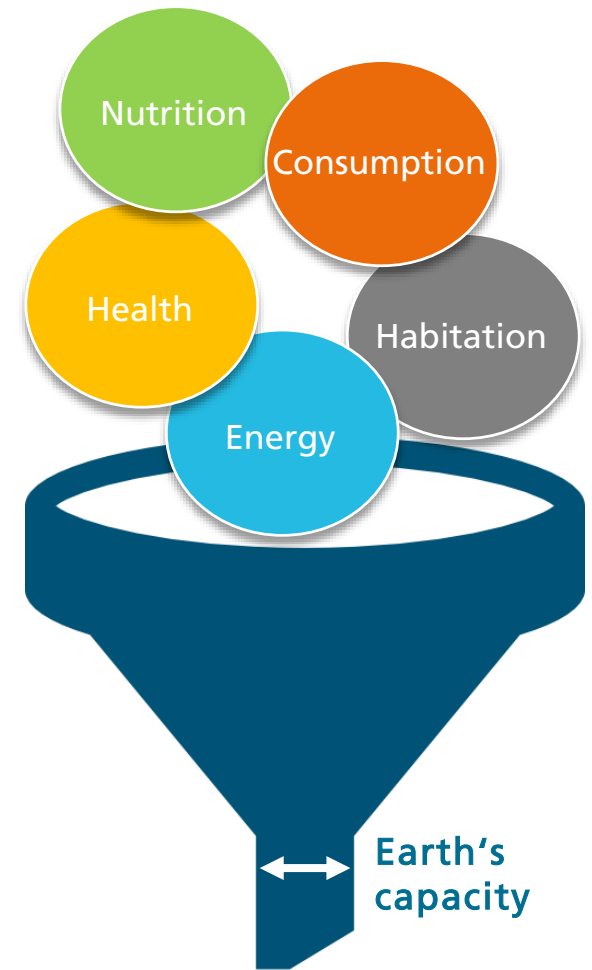
Novel production techniques and systems required

- Population growth of up to 10.8 billion people in 2050 and 16.6 billion in 2100
- Global consumption rate increases from 36% of the world population (2010) to 53% by 2025

→ *Satisfaction of (material) needs of future generations is not possible with today's modes of production*

- Increasing competition in emerging and developing countries as well as USA, especially in the context of advanced manufacturing (Industry4.0)

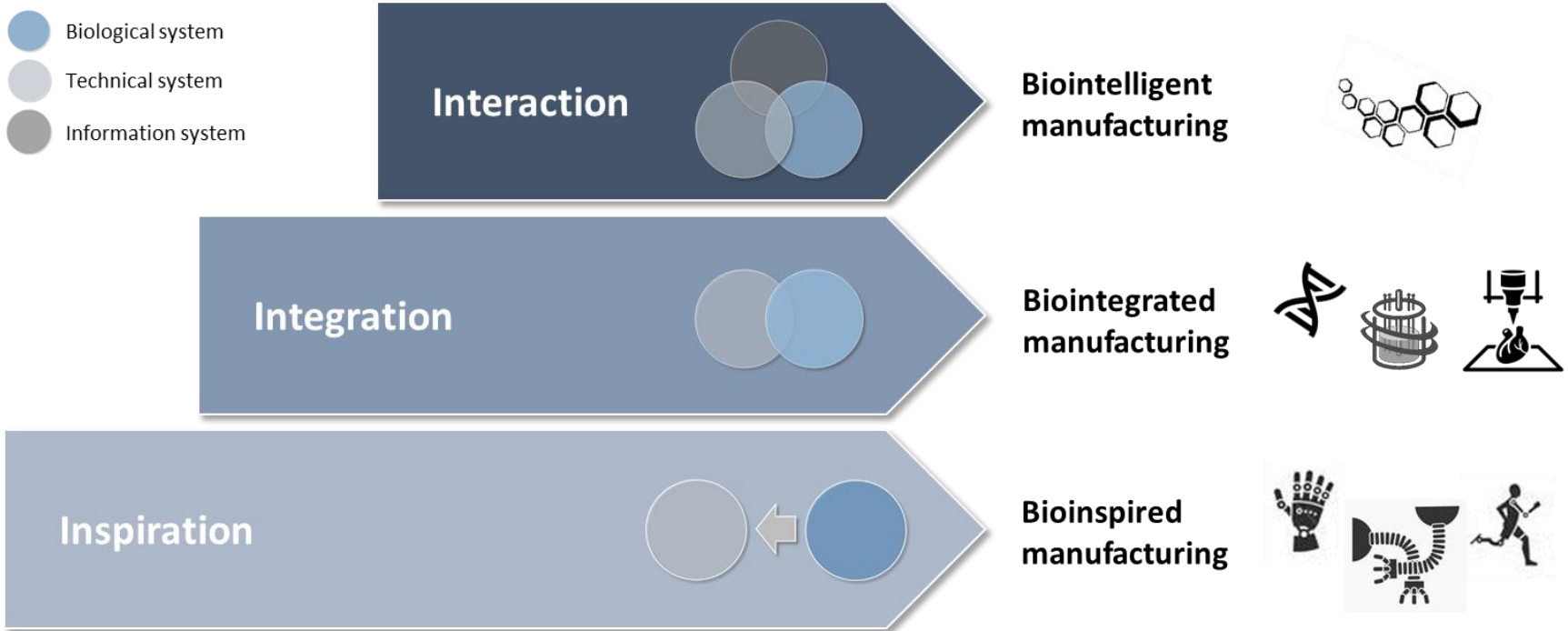
→ *Competitiveness and innovative strength of German economy at stake*



[McKinsey Global Institute. 2012. Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation. San Francisco]

The Biological Transformation

The increasing utilization of materials, structures and processes of living nature in technologies with the goal of sustainable added value.



Enabler: Digitalization, scientific progress in life sciences & interdisciplinary cooperation

Dramatically changing value chains

Example: Plant-based meat enables just-in-time production

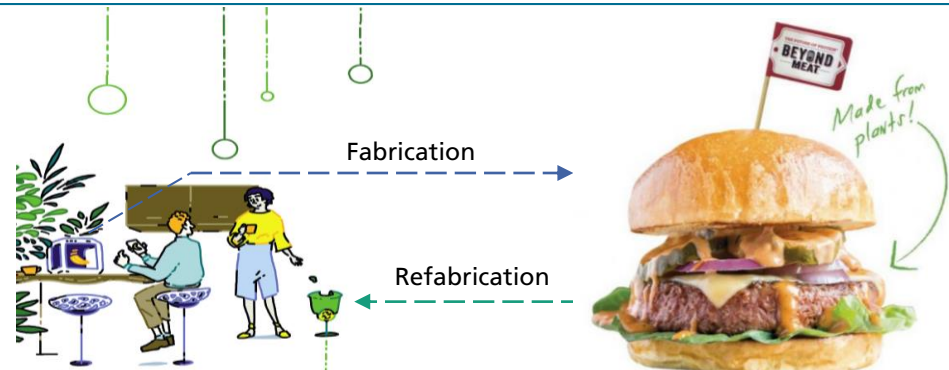
Traditional meat production



- 18 – 50 % of greenhouse gas emissions from meat production and consumption.
- Humans (30%) and domesticated animals (67%) account for 97% of the biomass of all mammals worldwide, all wild animals account for 3%.
- Almost 30% of food is wasted in Germany.
- Massive energy needs for transportation and cooling
- Monocultures and increasing nitrate load in feed production lead to infertility of whole tracts of land
- Use of antibiotics in factory farming leads to resistant germs

Sustainable meat production

- Demand oriented, local, just in time production
- Massive reduction of energy needs and greenhouse gas emissions due to loss of entire upstream value chain (raising, slaughtering, storage and transport) of animals
- Protection of feedstocks and cultivated land
- No animal cruelty
- ...



Smart Biomanufacturing Devices (SBD) enable local just in time production

[u.a. von Weizsäcker et al. 2017; WWF 2019]

Dramatically changing value chains

Example: New treatment approaches revolutionize medical care

Traditional medicine production



- Search for new drugs based on previous findings of basic research
- Effectiveness of active ingredient varies between patients
- Process of development, testing and approval takes several years, although over 80% of drugs fail to receive market approval
- Massive production of waste

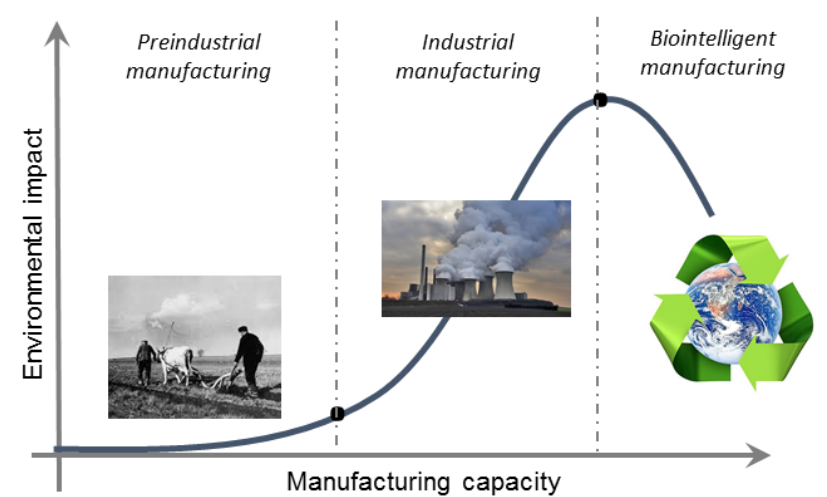
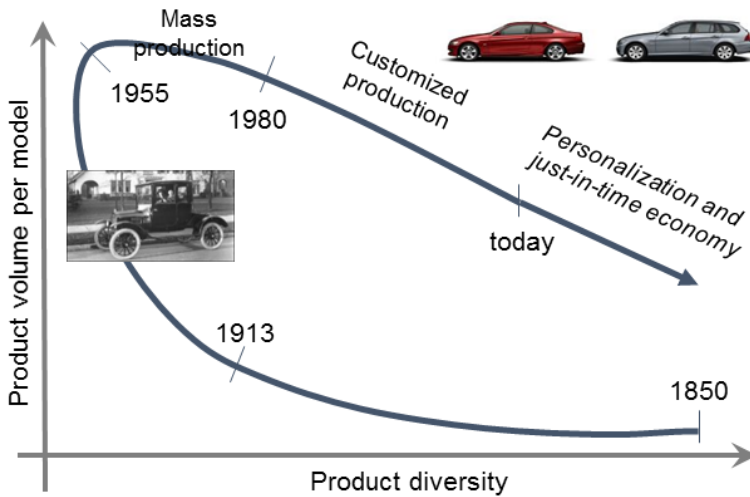
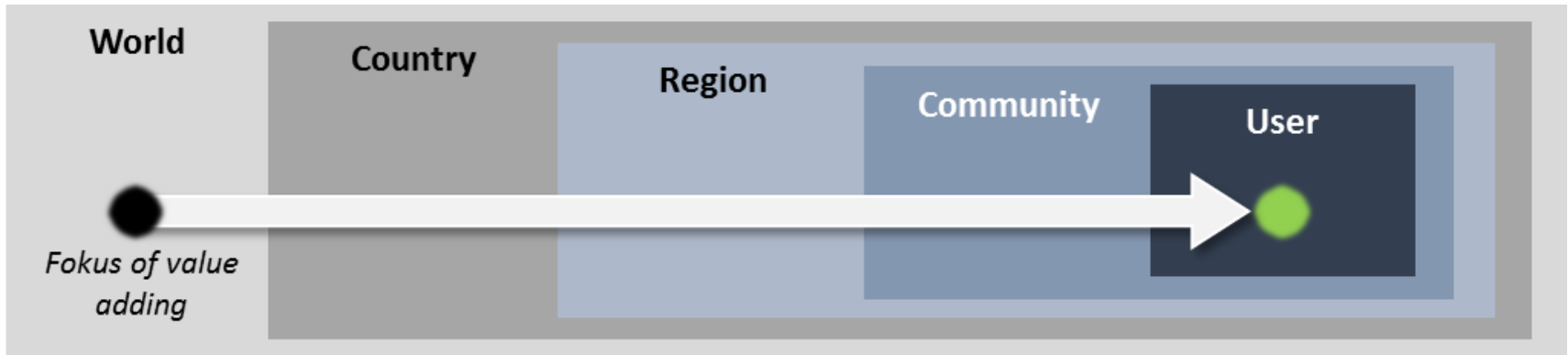
Sustainable medicine production

- Local (at hospital), personalized and bio-based production of medicine
 - Share of biopharmaceuticals increased between 2011 and 2017 from 12 to 51% of total new registrations of drugs in Europe
 - Customized administration (online measurements and adaptive dosing adjustment)
 - Flexibility and variety of drugs through more favorable development (genome editing)
- Intelligent diagnostics using learning algorithms and big data technologies (data collection and processing of the collected experience)
- Example: CAR-T-cell therapy (currently developed at Fraunhofer IZI) offers almost 100% healing probability for certain types of lymphoma

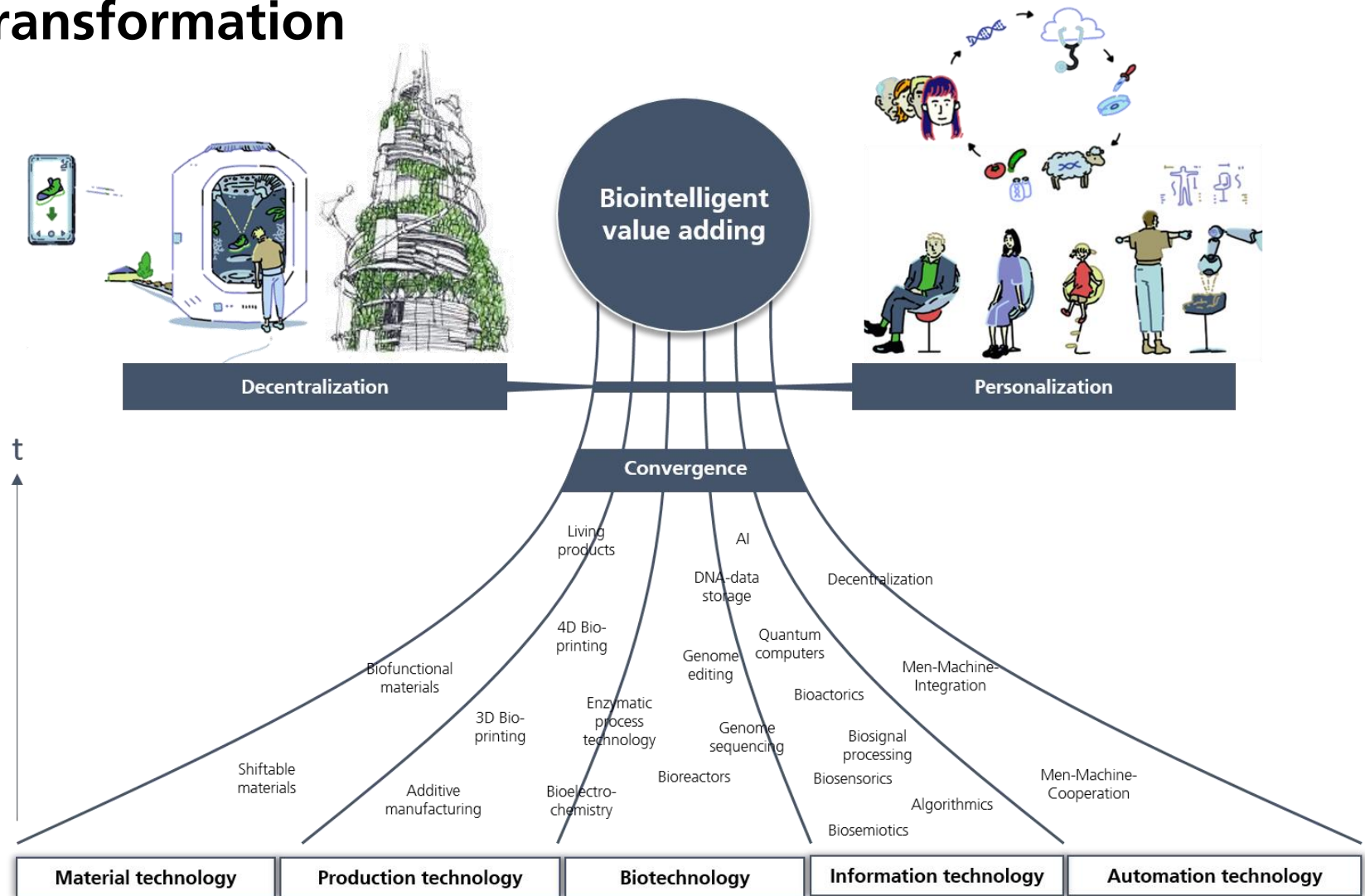


[u.a. European Commission 2018]

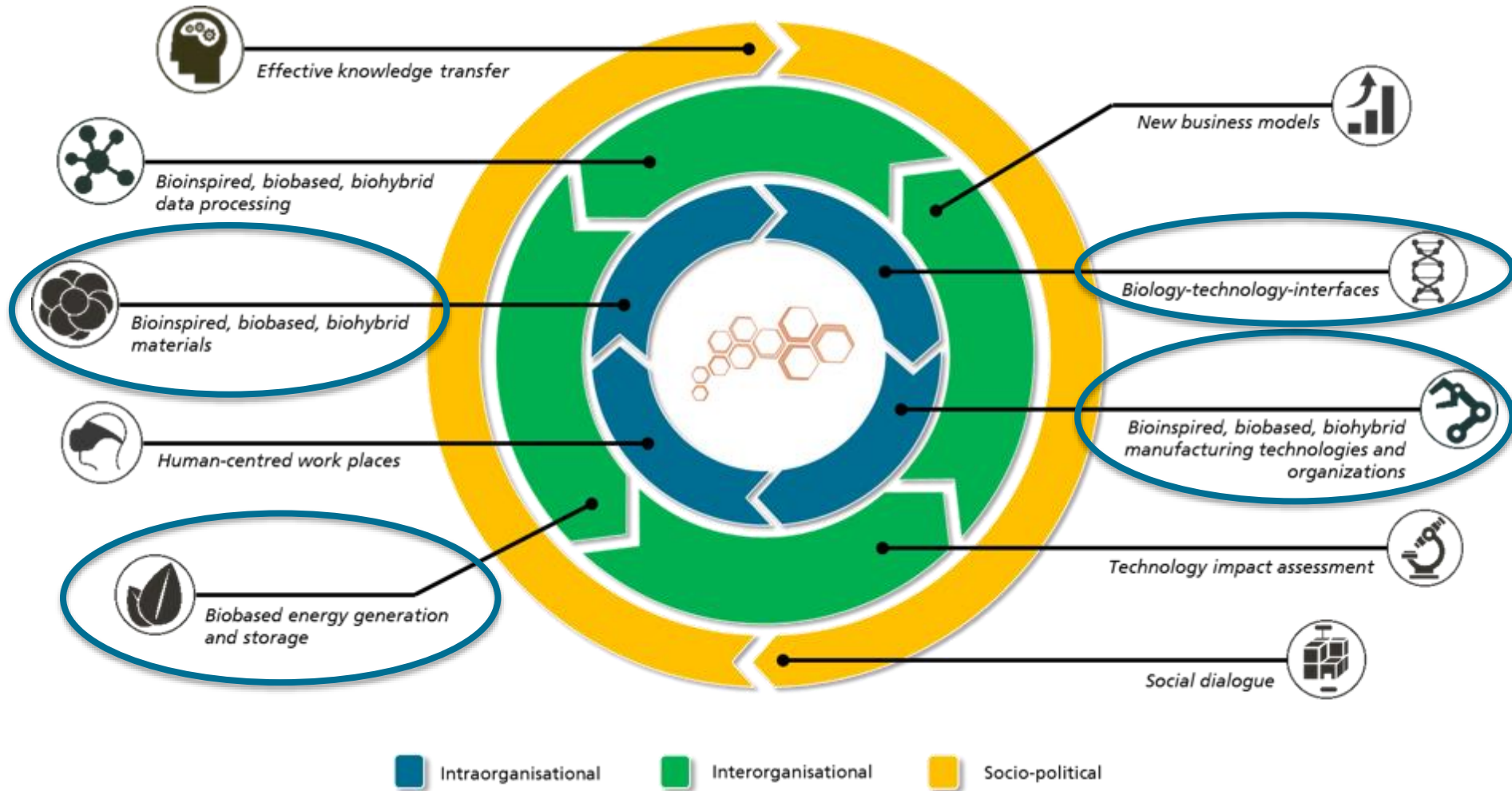
From a globally distributed supply economy towards a technology based just in time economy



Technology convergence in the context of a biological transformation



BIOTRAIN survey reveals vast variety of research and design fields / topics



BIOTRAIN research fields are closely related to SDGs



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Source: www.wikipedia.de

Bioeconomy – an important aspect of Biointelligence

... knowledge-based production and utilization of biological resources, biological processes and principles to sustainably provide goods and services across all economic sectors.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO

... encompasses the production of renewable biological resources and the conversion of these resources and waste streams into value-added products, such as food, feed, bio-based products as well as bio-energy.

NATIONAL BIOECONOMY BLUEPRINT US

... is based on the use of research and innovation in the biological sciences to create economic activity and public benefit.

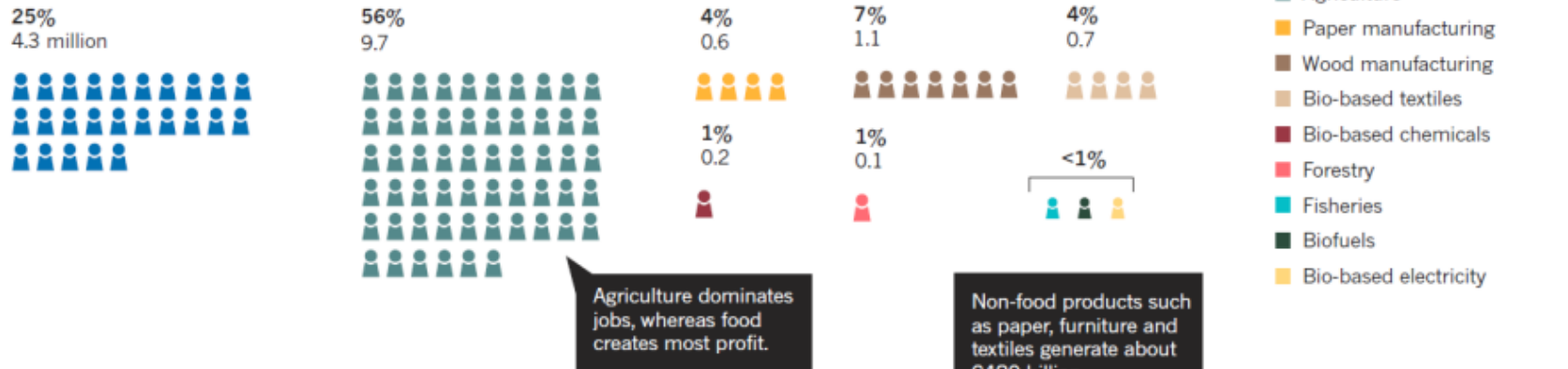
EUROPEAN BIOECONOMY STRATEGY



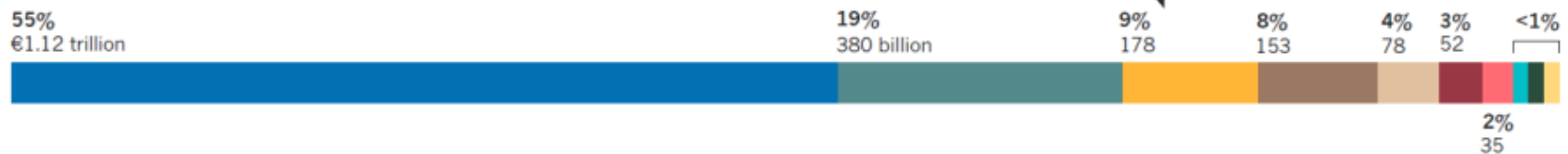
Source: www.wikipedia.de

Economic relevance of Bioeconomy

A EU's bioeconomy employment: 17 million jobs



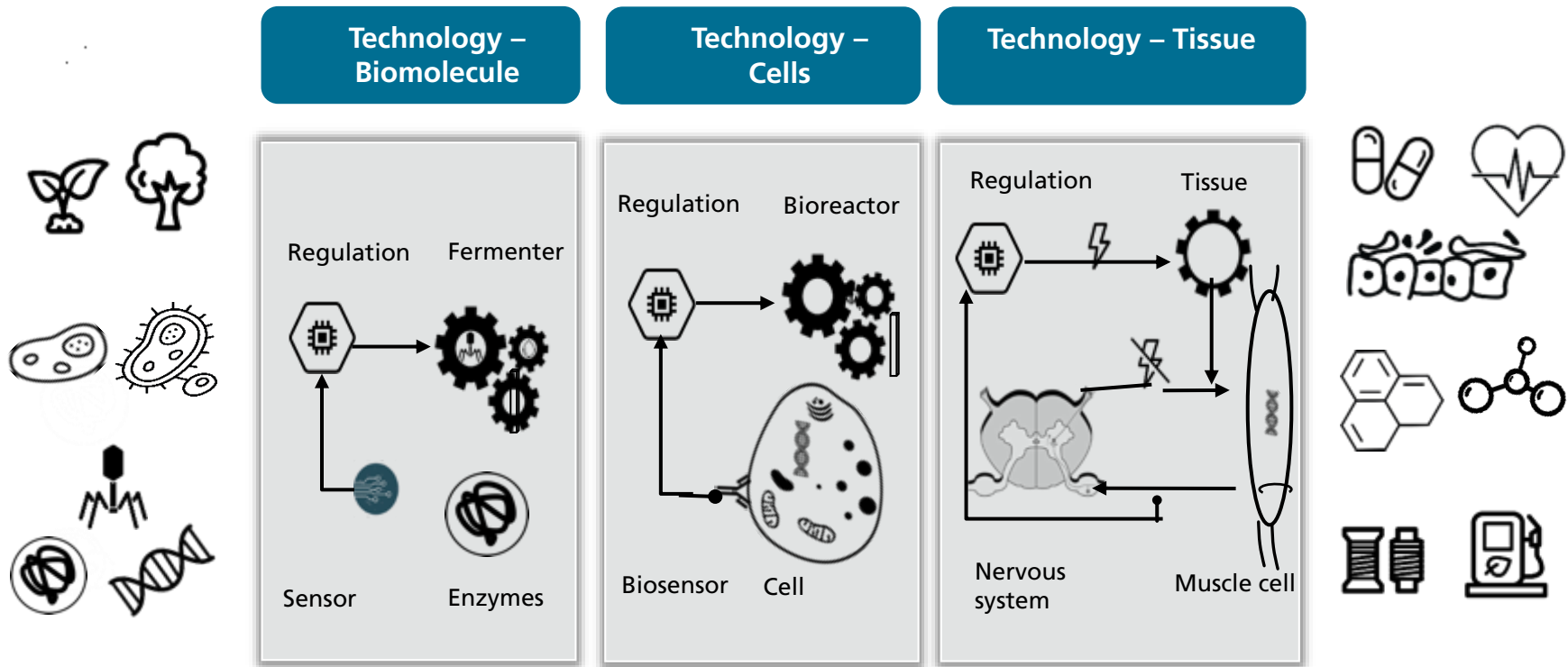
B EU's bioeconomy turnover: €2 trillion



“The European Union’s biology-based industries account for 17 million jobs, or 8.5% of the region’s workforce (A) and generate more than €2 trillion (US\$2.2 trillion) annually (B).”

Source: Beate El-Chichakli et. al., NATURE, Vol. 535, 2016, pages 221-223

Biointelligent processes – Bioeconomy-derived toolbox



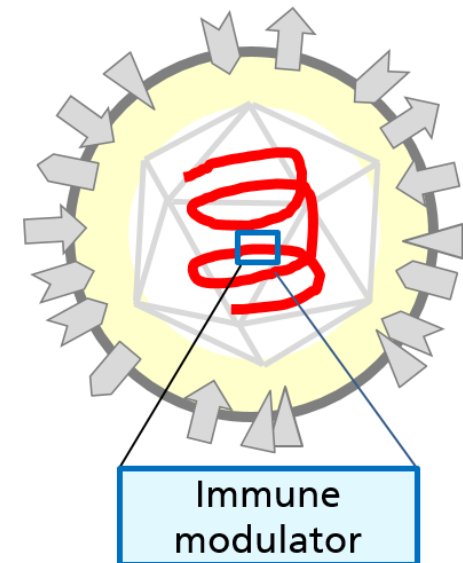
Source: Fraunhofer IPA/IGB

Example 1: Viral agents for a personalized tumor therapy

Application field: Health

- Innovative tumor therapy: potent, long-lasting, low in side-effects, cost-intelligent.
- Novel functions for virus modification.
- Design & engineering & reprogramming of virus for therapy depending on tumor / immune system.
- Automation of engineering and production.
- Companion diagnostics for a personalized virotherapy.

Herpes Simplex Virus 1
programmed for a
combined virus-immune
therapy



Biointelligence check

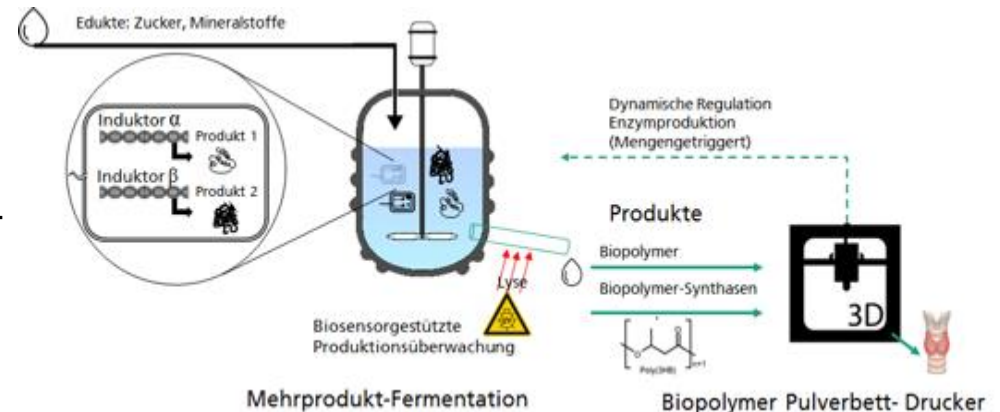
- | | |
|--|-----|
| ➤ Interaction biology and information technology | yes |
| ➤ Interaction biology and technology | yes |
| ➤ Digital image | yes |
| ➤ Regulation (control technique) | yes |

Source: Fraunhofer IGB

Example 2: Enzyme-assisted in-situ synthesis of biobased products in a 3D printer

Application field: Consumption

- Biointelligent added-value in fermentation process.
- Coupled with utilization of products as feedstock for enzyme-based 3D printing process.
- Production of individualized implants or products.



Biointelligence check

- | | |
|--|-----|
| ➤ Interaction between biology and information technology | yes |
| ➤ Interaction between biology and technology | yes |
| ➤ Bidirectional communication | yes |
| ➤ Digital image | yes |
| ➤ Regulation (control technique) | yes |
| ➤ Biological principle technically transferred | yes |

Source: Fraunhofer IGB

Example 3: Algae ingredients for health prevention

Application field: Food

- Personalized nutrition for preventive healthcare via tailor-made production of algae ingredients with high antioxidant potential.
- Optimization of production through predictive models and machine learning.
- Automation of production by integration of predictive models into control system.
- Adaptation of processing to the required composition of extracted ingredients (= personalized nutrition).



Source: Fraunhofer IGB

Biointelligence check

- | | |
|--|-----|
| ➤ Interaction biology and information technology | yes |
| ➤ Interaction between biology and technology | yes |
| ➤ Digital image | yes |
| ➤ Regulation (control technique) | yes |

Example 4: Production of biogas in a WWTP

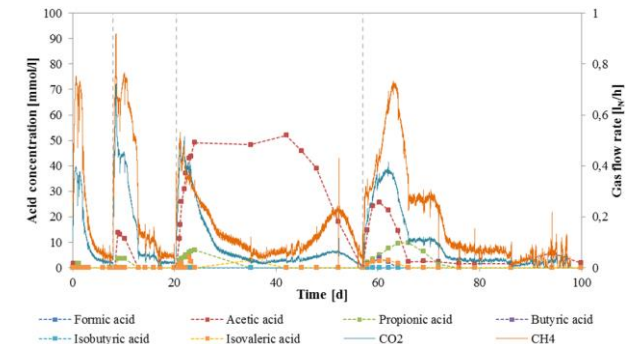
Application field: Energy (bioenergy)

- Biogas production from sludge from a wastewater treatment plant.
- Optimization of fermentation and of gas production yield.
- Model-based process control: piloting + measurement technology + modeling.
- Simulation of a toxicity event during the anaerobic decomposition of the organic matter.



Biointelligence check

- | | |
|--|------------------|
| ➤ Interaction biology and information technology | yes |
| ➤ Interaction biology and technology | yes |
| ➤ Bidirectional communication | potential |
| ➤ Digital image | yes |
| ➤ Regulation (control technique) | potential |
| ➤ Biological principle technically transferred | potential |



Source: Fraunhofer IGB

White Paper

Five hypotheses for a successful implementation in Germany

1. Promotion of interdisciplinary research projects through an open culture of innovation and communication in science, companies, society and politics
2. Questioning of framework conditions required as Germany is currently not pioneer in crucial areas of biointelligence (e.g. AI, biotechnology)
3. Further develop political agenda, implement interdisciplinary flagship projects and ensure industrial participation
4. Ensure acceptance of population by citizen dialogues and information campaigns
5. Encourage young people by effectively using and further developing existing excellent education structures in science, technology and computer science



Summary

- Industry is heart of Baden-Wuerttemberg's economy
- Biological transformation will provide significant upsides towards as sustainable economic development
- Societal and political momentum is important driving force towards Biointelligence
- **Competence Center Biointelligence** as potential landmark for Baden-Wuerttemberg
 - Interdisciplinary research
 - Structural innovations
 - Transfer to industry





University of Stuttgart
Germany



UNIVERSITY OF
HOHENHEIM



Fraunhofer

NMI
schafft Ergebnisse



Thank you for your attention.



Thomas Bauernhansl & Markus Wolperdinger

Stuttgart, May 15, 2019



Engineering Our Way to a Sustainable Bioeconomy

Rob Carlson, PhD

May, 2019

(1) Managing Director, Bioeconomy Capital
(2) Affiliate Faculty, Paul Allen School of Computer Science and Engineering,
University of Washington

 bioeconomy.capital
@BioeconomyCap

Consider: An Exercise In Reverse Engineering



Say it is 1892, and you are presented with a 777...

Automobile Printer



Source: Tesla

Biology is THE Science of the 21st Century



Athabasca Oil Sands (Source: NASA)

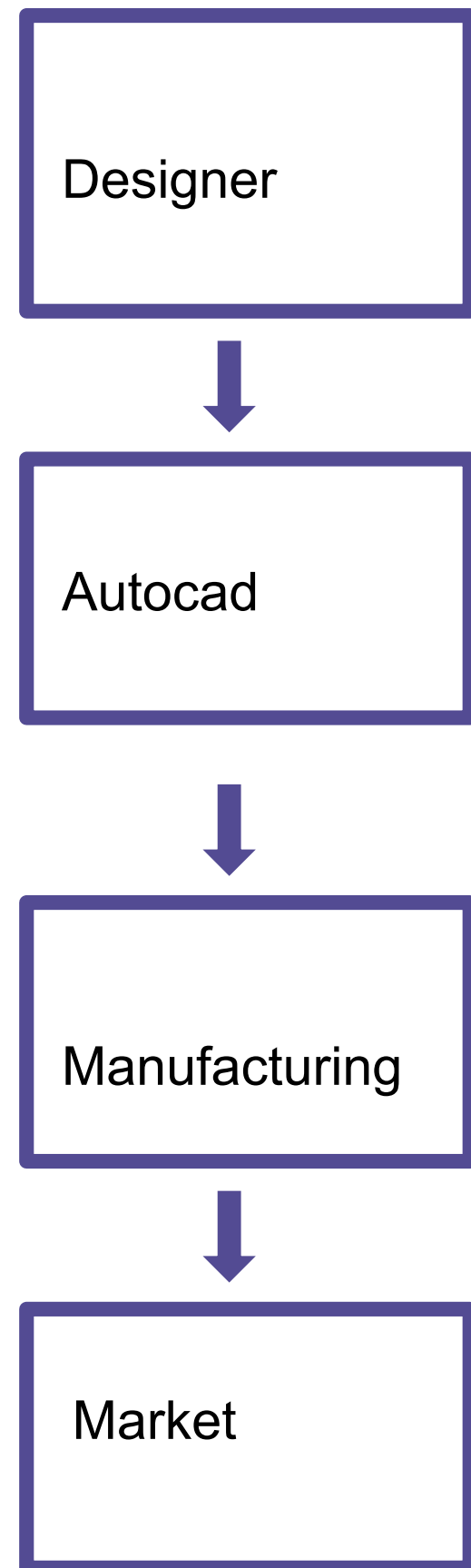
NEW

- The future of the economy is efficient, flexible, low carbon, distributed biological manufacturing.
- Chemical, drug, and material production will look like beer brewing rather than fire and mining.
- My job (Bioeconomy Capital) is to invest in advanced biotechnologies to accelerate this revolution.

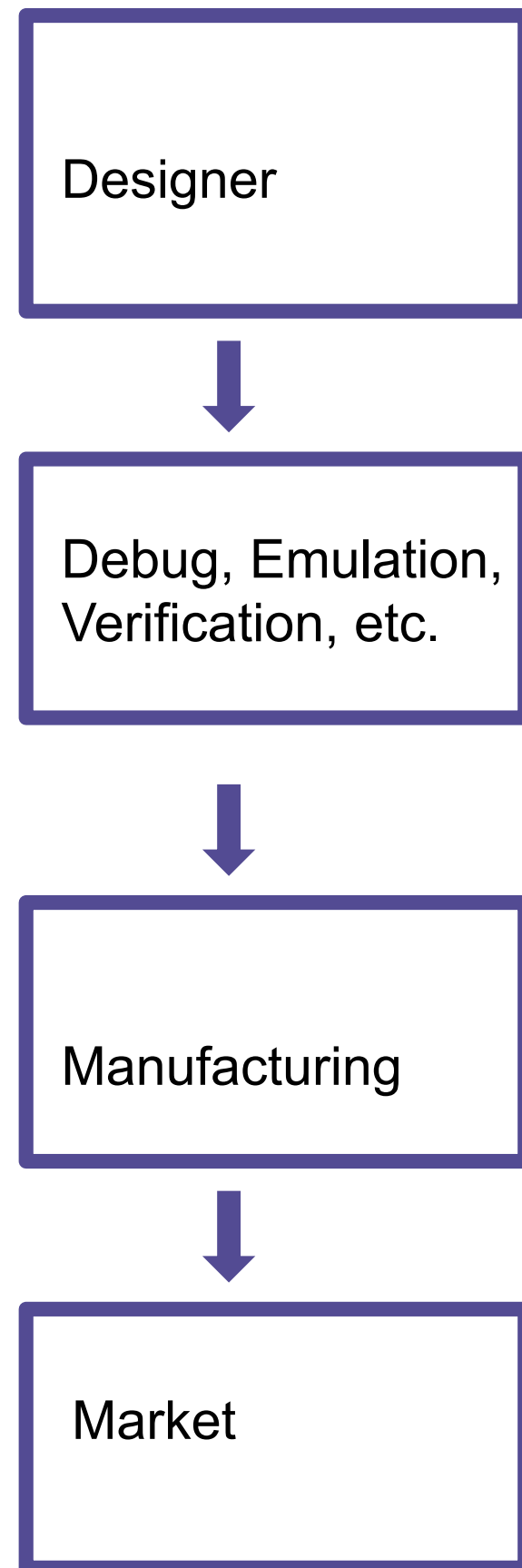
“Biotechnology [and software are] changing the world more than anything else.” – Bill Gates

Bioeconomy Capital Portfolio: Picks and Shovels, Infrastructure

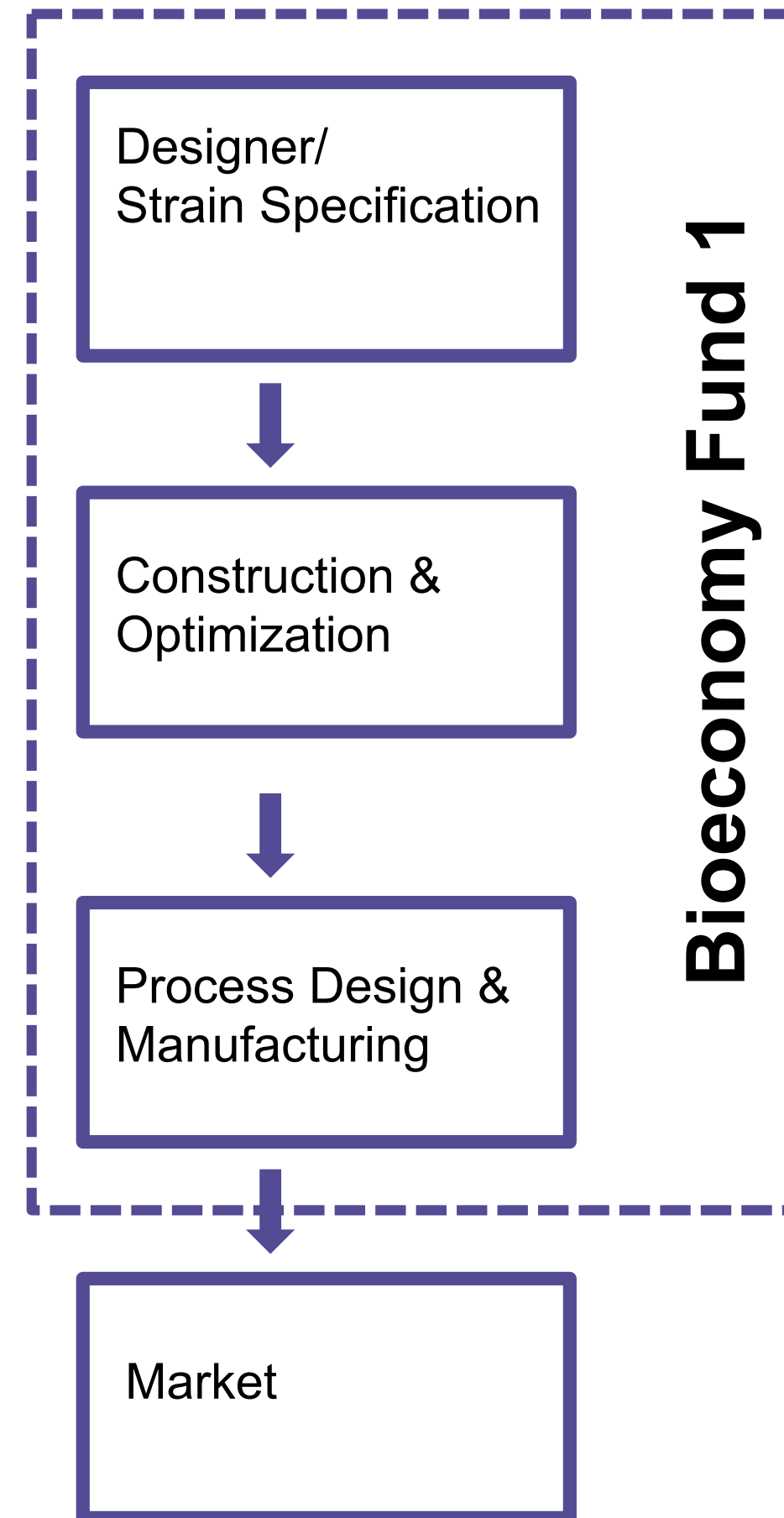
Mechanical Autocad, Solidworks



Chips Synopsys, Cadence



Biology

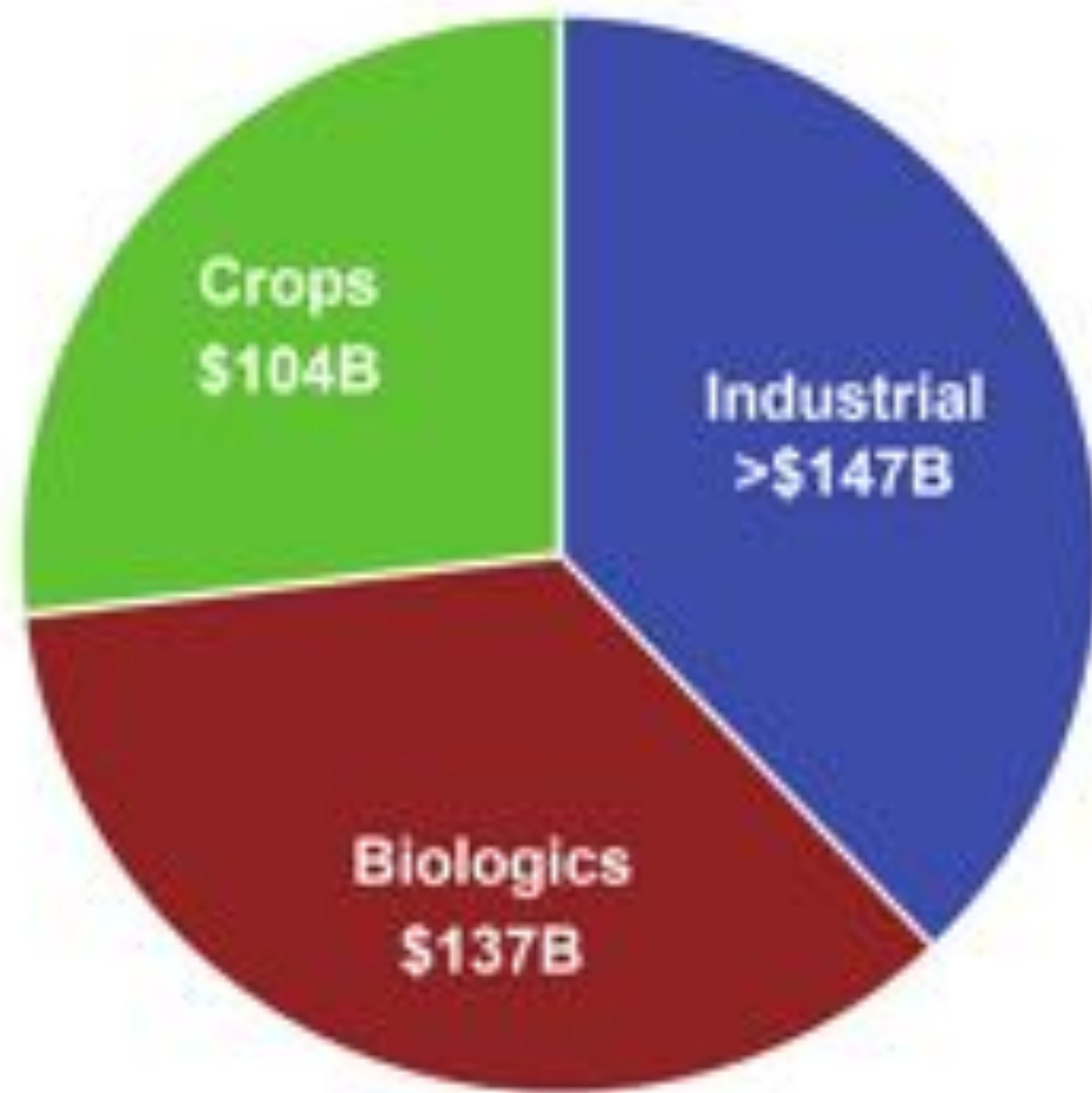


“Biointelligence”

“A system that has at least one biological component in the product or production process, enables a real-time bi-directional exchange of information between biological and technical components and is capable of learning in the form of an AI algorithm for online process control. Biointelligence results from a comprehensive interaction of technical, informational and biological systems.”

How Big is the Bioeconomy? (Very Narrow Definition)

(see Bioeconomy Dashboard: <http://bioeconomy.capital/bioeconomy-dashboard/>)



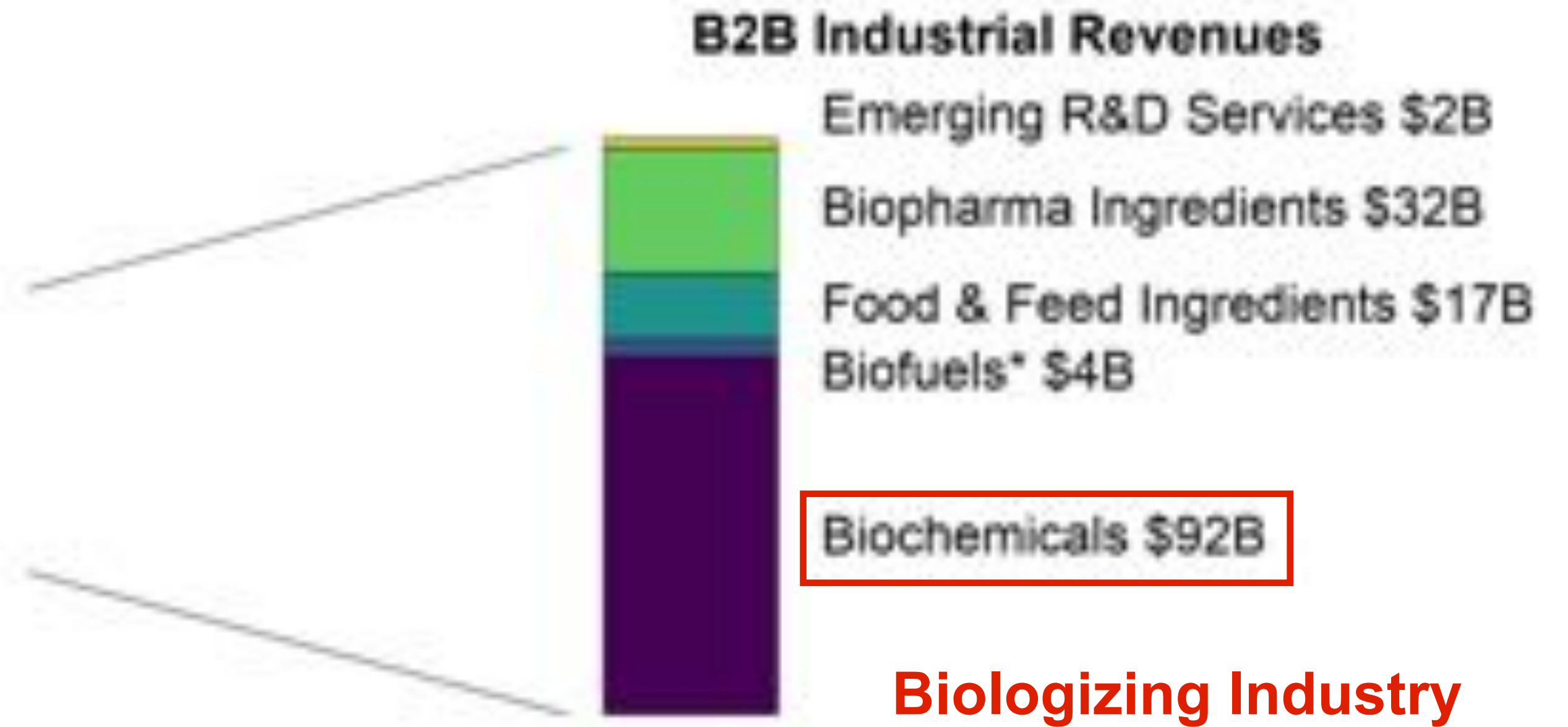
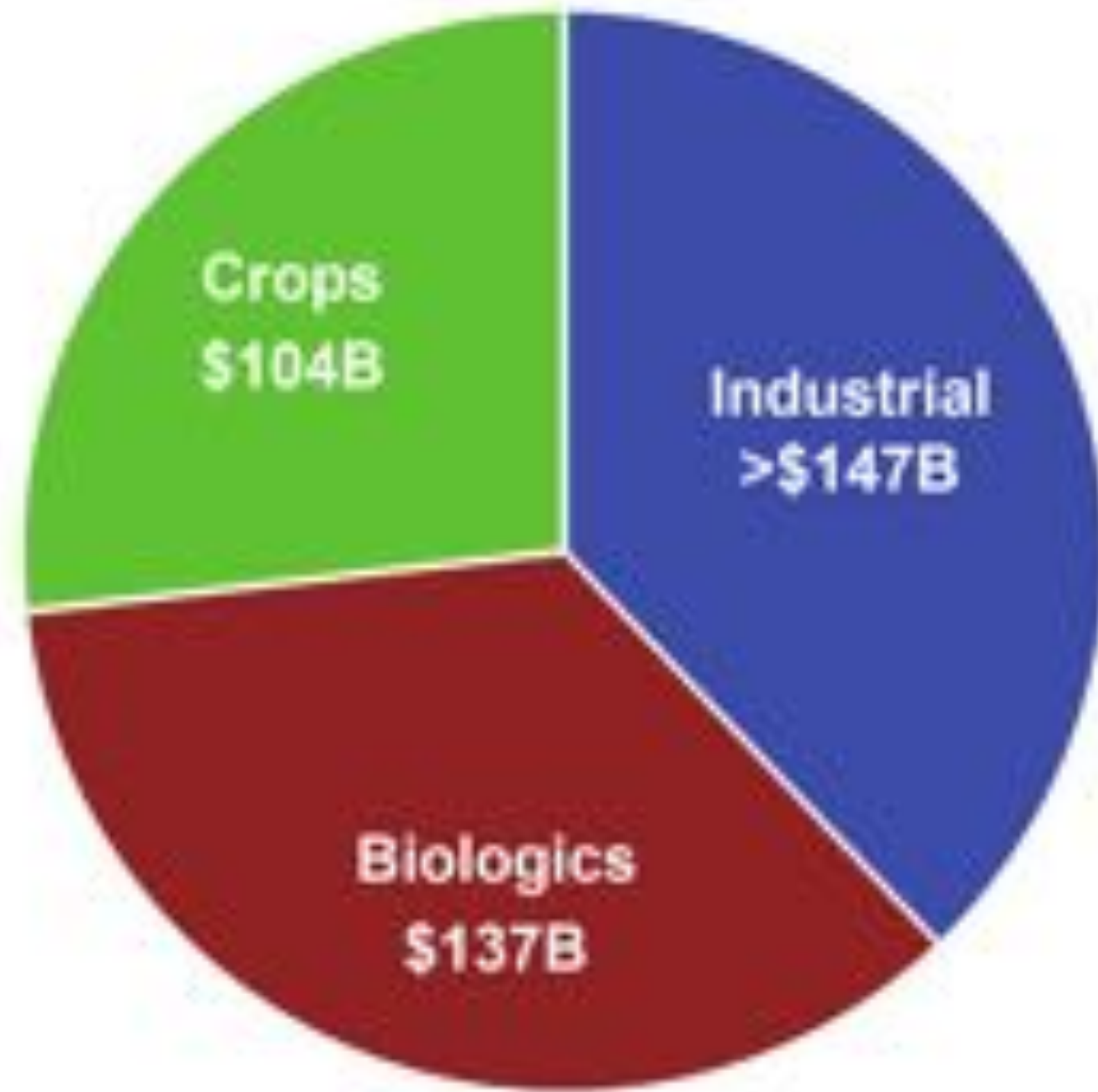
Biologics are drugs composed of proteins, nucleic acids, and lipids.

Crop revenues include the sale of GM plants (such as corn, soy, cotton) and their seeds.

Industrial biotech manufactures chemicals, as well as ingredients for food, drug, and agricultural markets. The largest component in 2017 was biochemicals, at \$92B, which far exceeded biofuels at \$4.3B.

For comparison, 2017 worldwide semiconductor revenues were ~\$400B. U.S. revenues were ~\$100B. (semi.org)

2017 US Biotechnology Revenues: >\$388B, or 2% of GDP

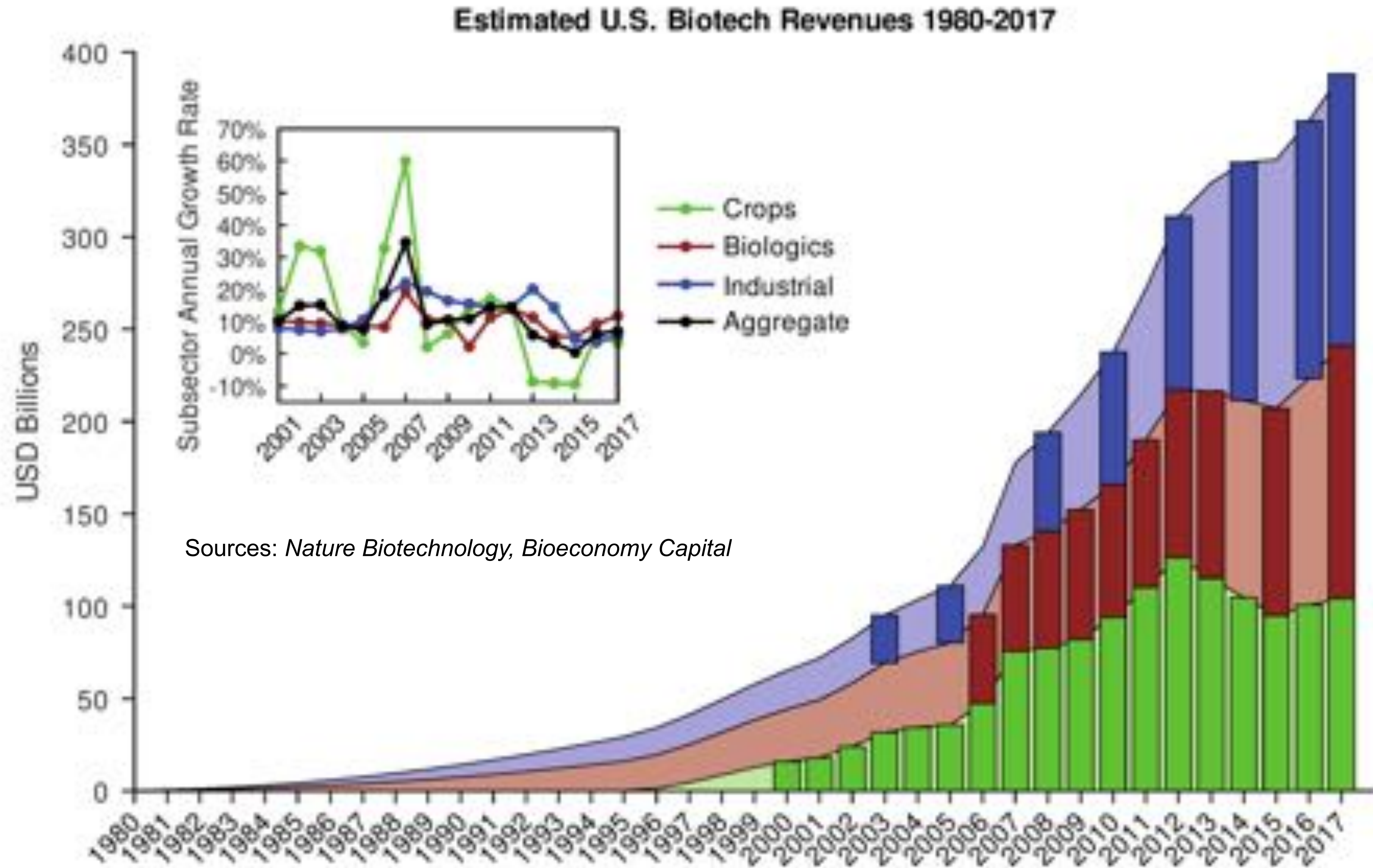


Sources: Nature Biotechnology, Bioeconomy Capital

Biochemicals revenues were ~.5% of GDP, compared to 2-3% for petrochemicals. I.e. 2017 biochemicals were at least 17% of U.S. “chemicals” revenues.

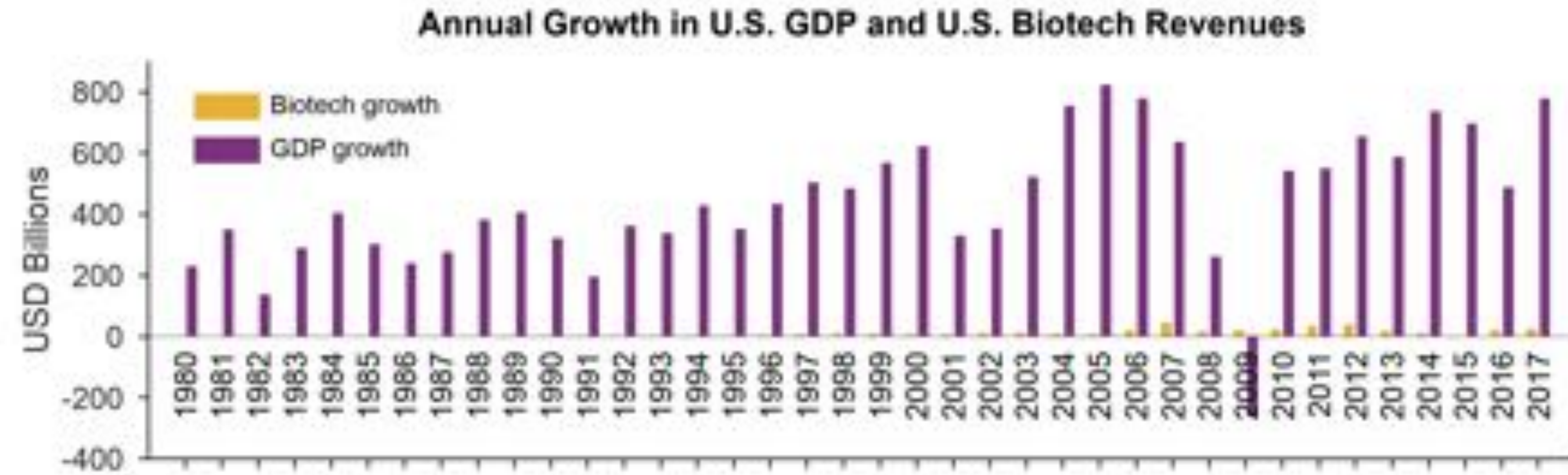
Consistent Growth in U.S. Biotech Revenues (1980 to 2017)

(see Bioeconomy Dashboard: <http://bioeconomy.capital/bioeconomy-dashboard/>)



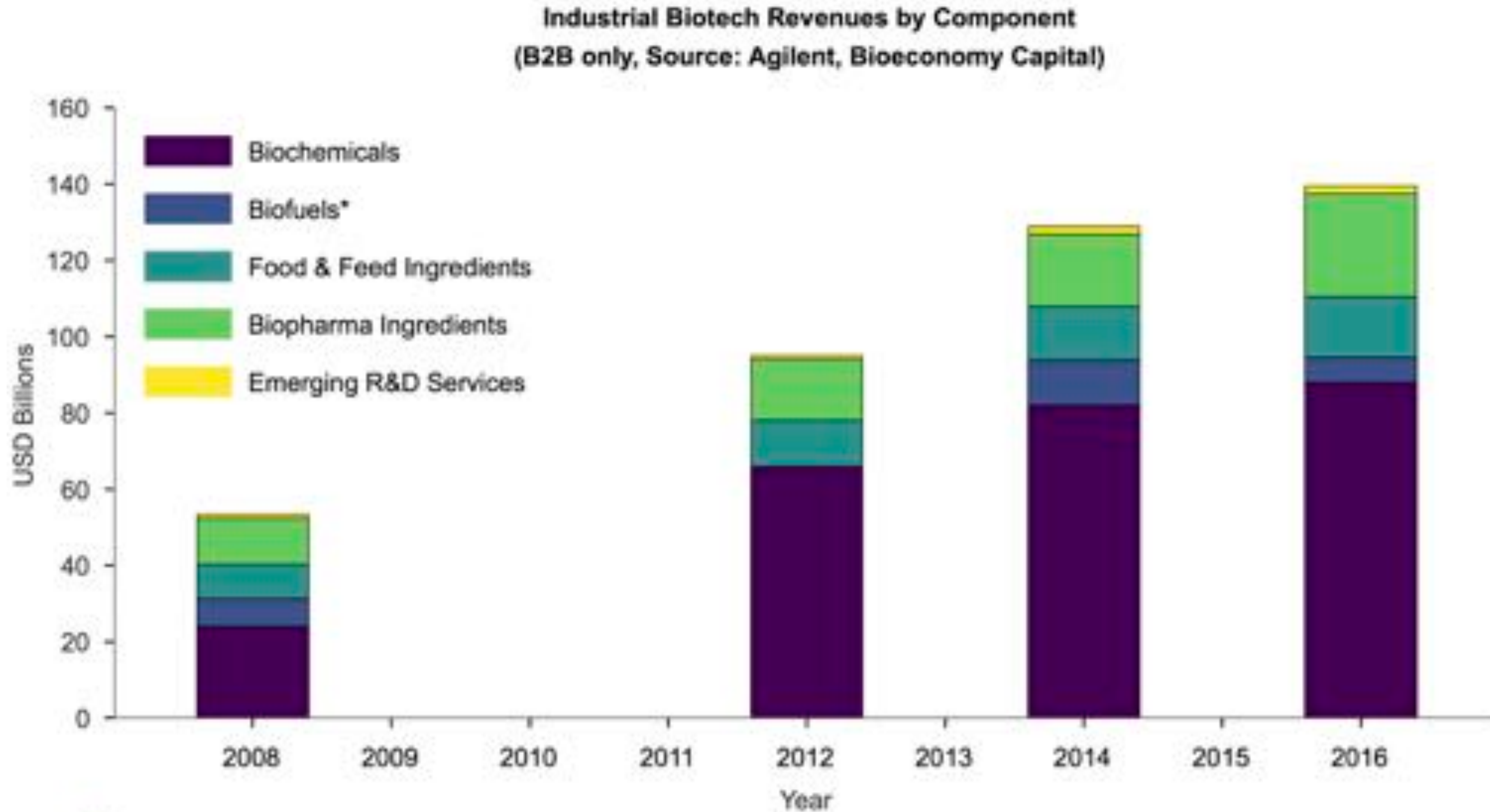
Biotech Share of US GDP and GDP Growth, 1980-2017

(see Bioeconomy Dashboard: <http://bioeconomy.capital/bioeconomy-dashboard/>)



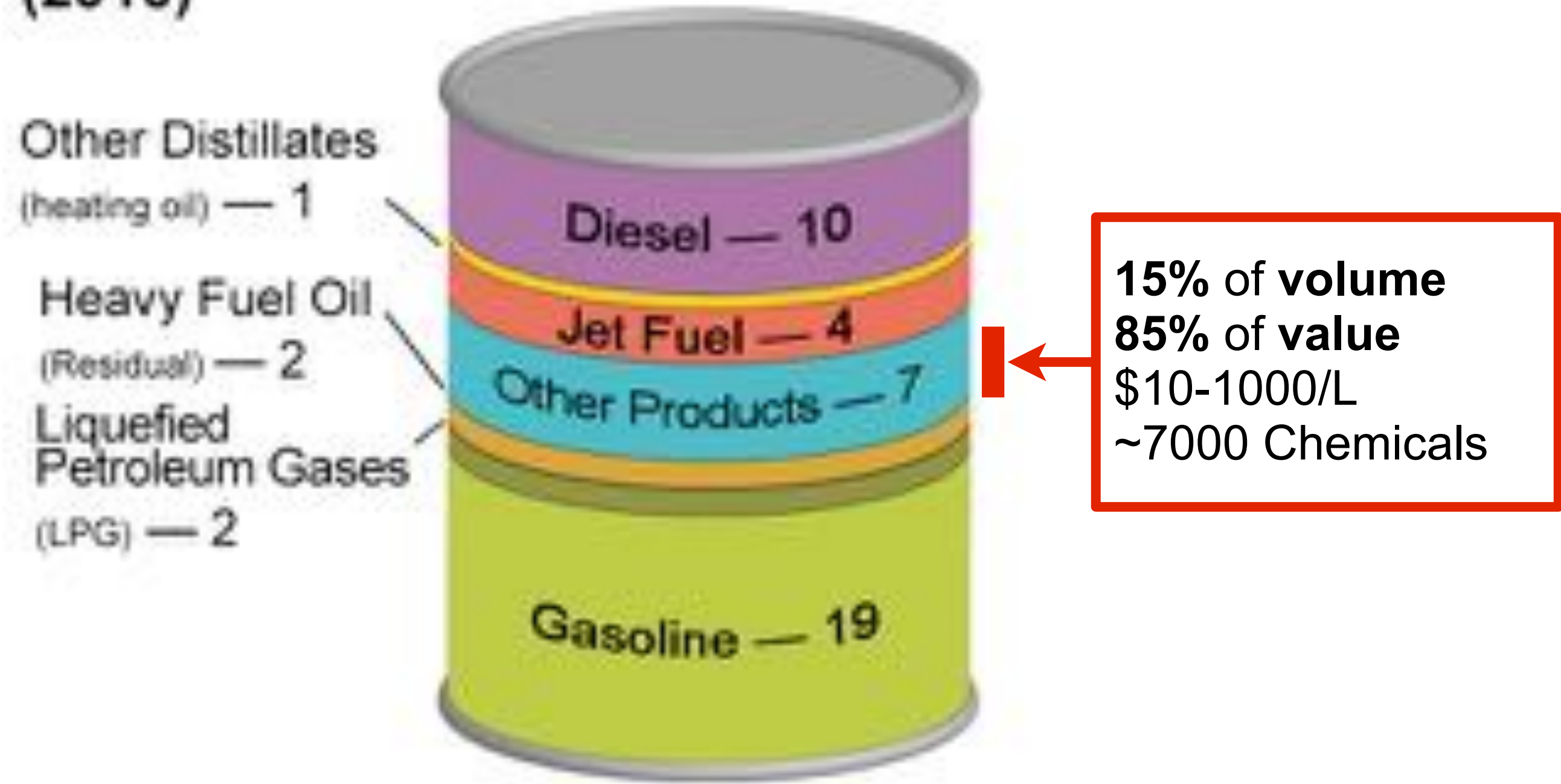
U.S. B2B Industrial Biotech Revenues

(see Bioeconomy Dashboard: <http://bioeconomy.capital/bioeconomy-dashboard/>)



Biological Production Is Already Displacing Petroleum Products From Market: >\$100B in U.S. in 2017, or ~1/6 of Petrochemicals.

Products Made from a Barrel of Crude Oil (Gallons) (2010)



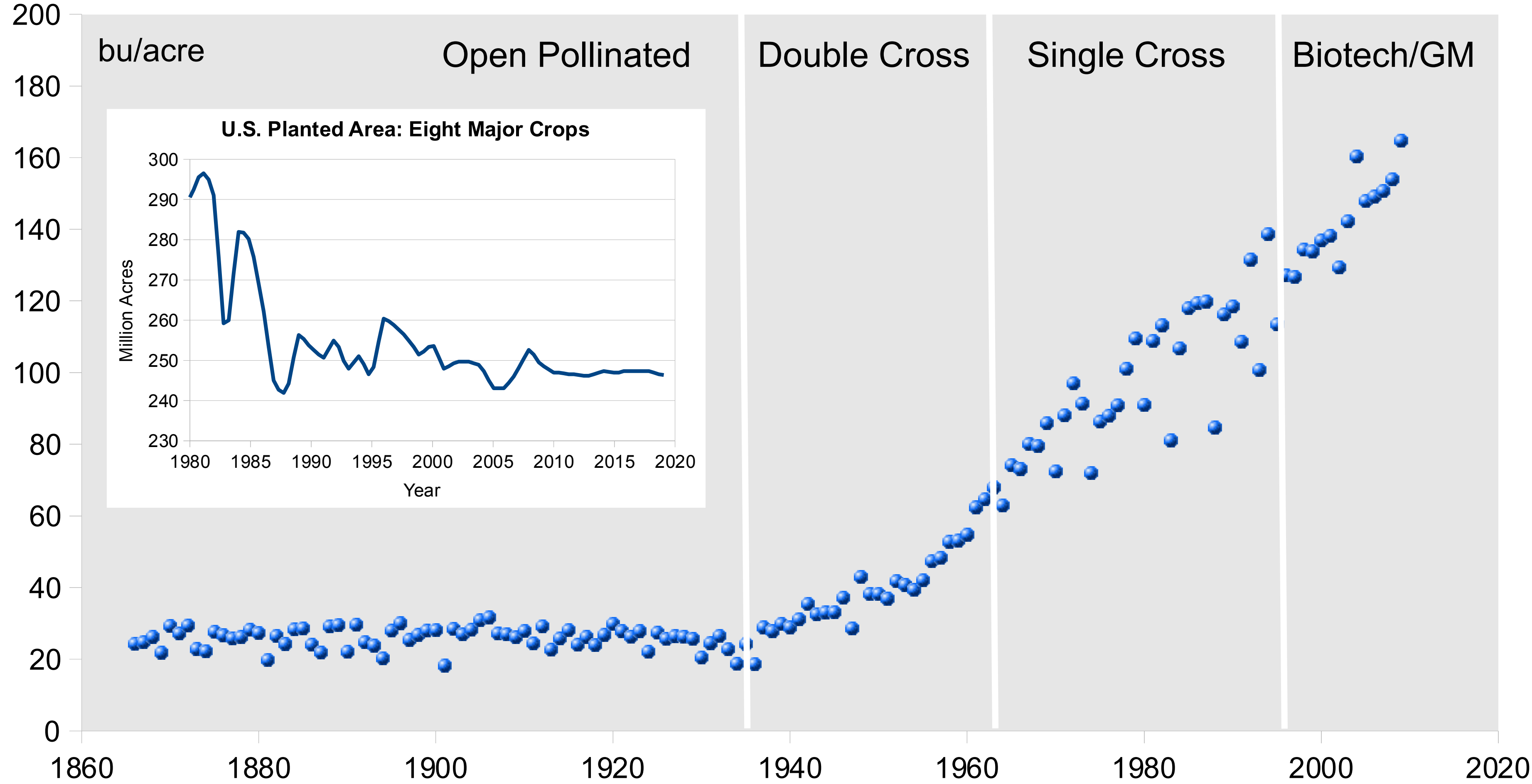
Biology is already being used commercially to produce petrochemical replacements via fermentation.

Fermentation works commercially at all volume scales.
(see success of microbrewing)

Biological manufacturing is highly adaptable to both production volume and market size.

Average US Corn Yields: No End in Sight?

Average US Corn Yield, 1866-2009



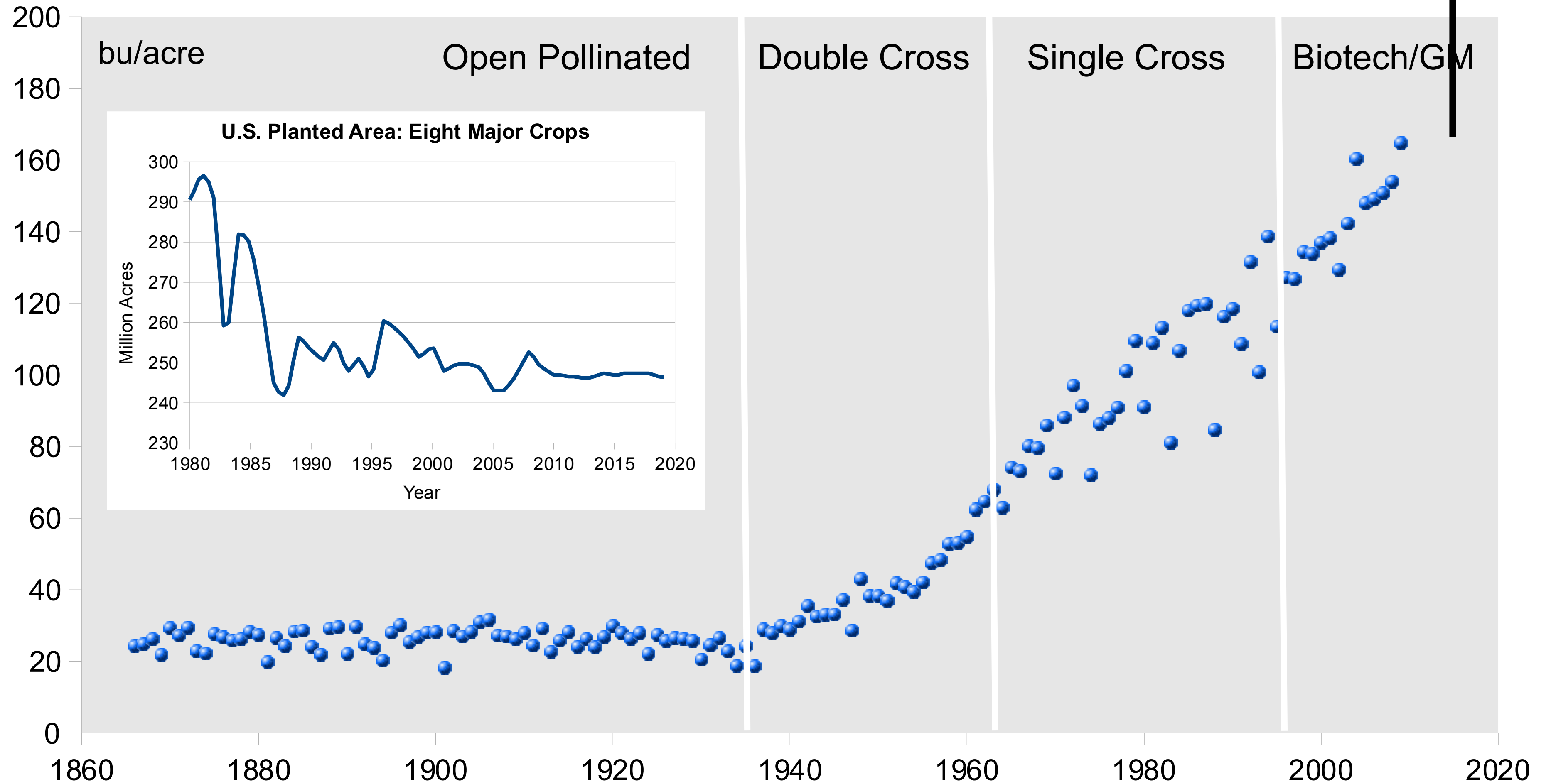
Sources: USDA-NASS; Troyer, *Crop Science* 46.2 (2006): 528; Pioneer (Rupert and Butzen, *Crop Sci*, 19(2))

Average US Corn Yields: No End in Sight?



Average US Corn Yield, 1866-2009

**Current Test Yield:
>600 bu/acre**



Sources: USDA-NASS; Troyer, *Crop Science* 46.2 (2006): 528; Pioneer (Rupert and Butzen, *Crop Sci*, 19(2))

GM Crops: Economics is Driving Adoption from Top to Bottom

Home » State » Idaho

GM sugar beets save Idaho, Oregon growers millions



Sean Ellis
Capital Press

Published:
January 20, 2015 4:37PM

Genetically modified sugar beets have resulted in a positive impact of about \$22 million to Idaho growers since they began planting them in 2008, according to Snake River Sugar Co.

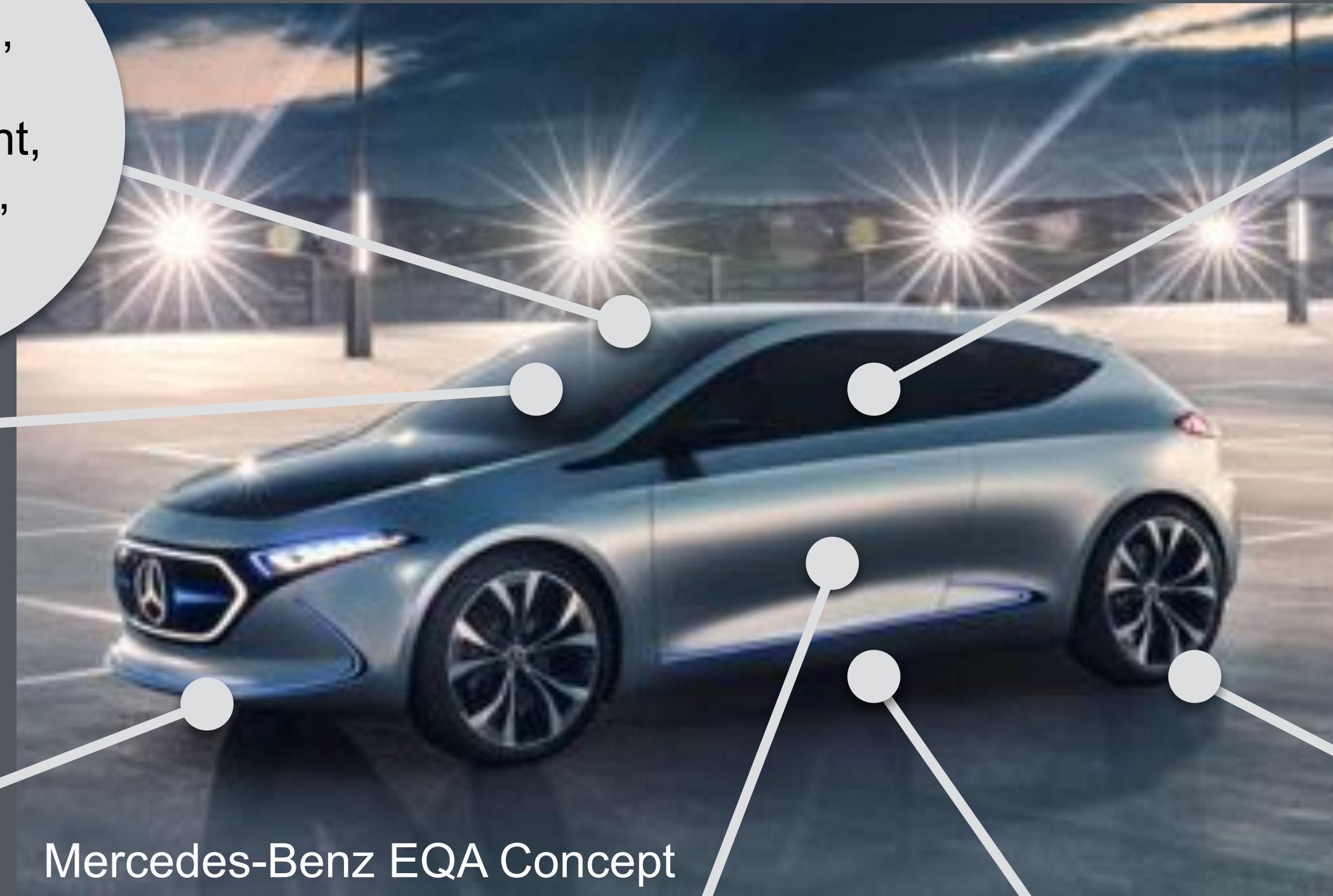
BOISE — The adoption of Roundup Ready sugar beets is saving Idaho and Eastern Oregon growers an estimated \$22 million a year.

"That's the reason, folks, that we have all adopted this technology. It's a powerful tool," Snake River Sugar Co. Chairman Duane Grant told members Jan. 15 during the group's annual meeting.

SRSC is a cooperative of farmers that supplies sugar beets to Amalgamated Sugar Co.

- cost for herbicides to control weeds has dropped from \$66 per acre to \$11 per acre
- herbicide application costs have dropped from \$42 to \$21 per acre
- cost of hand labor has fallen from \$60 per acre to \$0
- no longer "working all night long, spraying ineffective herbicides and then ultimately getting to harvest with a field full of weeds"
- **Bt Cotton: incidence of pesticide-associated diseases in India, China, SE Asia is falling dramatically**

Growing The Car Of Tomorrow



Mercedes-Benz EQA Concept

Zymergen:
Dielectrics,
thermal
management,
adhesives,
structural
polymers.

Arzeda:
Improved PMMA
for clear, hard
metal coatings,
windcreens.

Sugar Fuel Cell:
Synthetic
enzymatic
pathways that
convert sugar to
H₂ or e⁻.

Body Panels:
Durable
polymers &
pigments for
exterior
structures.

Battery:
Viral-templates
for self-
assembled, high
surface area
electrodes.

**Modern
Meadow:**
Cultured, animal-
free leather for
interior surfaces.

Amyris:
Sidewall stiffener
reduces energy
consumption by
~10%.

How Big is the Bioeconomy? (Expansive Definition)

“Nature constitutes critical infrastructure in the form of ecosystems that keep us alive. That infrastructure has quantifiable economic value. Consequently, nature, and the change we induce in it, is clearly interwoven with our economy. That is, the security and health of human societies depends explicitly upon the security and health of natural systems. Therefore, as economic security is now officially considered as part and parcel of national security strategy, it is time to expand our understanding of national security to include natural security.”

Biotech + Rest of Ag + Fisheries + Forestry
+ Ecosystem services
+ Biodiversity (and invasive species)
= 15-25% of GDP?

See:

Carlson, R., “Estimating the biotech sector's contribution to the US economy, *Nature Biotechnology*, March 2016.

Carlson, R., “From National Security to Natural Security”, *Bulletin of the Atomic Scientists*, December 2013.

As Defined By Global Bioeconomy Summit (Berlin, 2018)

(<https://gbs2018.com/resources/gbs2018-documentation/>)

- 70 countries represented by 800 people.
- Multiple Ministers of the new German government were in attendance and spoke, as did ministers from across Europe, Africa, Asia, and South America.

“Bioeconomy Policy (Part III): Update Report of National Strategies around the World”, German Bioeconomy Council

“Global Bioeconomy Summit Communiqué”

“In view of the noted diversity of bioeconomy in countries around the world, we may define bioeconomy from a global perspective in rather general terms. The definition is partly vision and partly reality, by saying ‘bioeconomy is the production, utilization and conservation of biological resources, including related knowledge, science, technology, and innovation, to provide information, products, processes and services across all economic sectors aiming toward a sustainable economy’. Bioeconomy is a dynamic and complex societal transformation process, which demands a long-term policy perspective; countries are welcome to define their bioeconomies, as any definition also has programmatic elements.”

In Berlin, Yin Li, Deputy Director-General of Bureau of International Cooperation, CAS, reported that:

- The bioeconomy in China is growing at 15% annually, with the goals of “better health, better food, better sustainability”,
- In 2015 the bioeconomy was \$700B, or ~4% of Chinese GDP, and that the government has a target of more than doubling this to \$1.6T, and ~5% of GDP by 2020.

This is roughly in line with the numbers from my 2012 Biodefense Net Assessment, though there is always the confounding issue of which definition of “bioeconomy” one is using.

Carlson, “Causes and Consequences of Bioeconomic Proliferation: Implications for U.S. Physical and Economic Security”, Biodefense Net Assessment, Homeland Security Studies And Analysis Institute, 2012.

At Least 32 Countries With Explicit Strategies or Clear National & Institutional Interest (OECD, c 2015)

Africa (1)

South Africa

Americas (5)

Brazil

Canada

Chile

Mexico

United States

Asia (8 plus Hong Kong)

Australia

China

Hong Kong

India

Japan

Korea

Malaysia

New Zealand

Singapore

Mideast (2)

Israel

Turkey

Europe – EU has its own SB strategy/agenda – (21 + 1)

Austria

Belgium

Czech Republic

Denmark

Finland

France

Germany

Greece

Hungary

Ireland

Italy

Latvia

Netherlands

Norway

Poland

Portugal

Russian Federation

Slovenia

Sweden

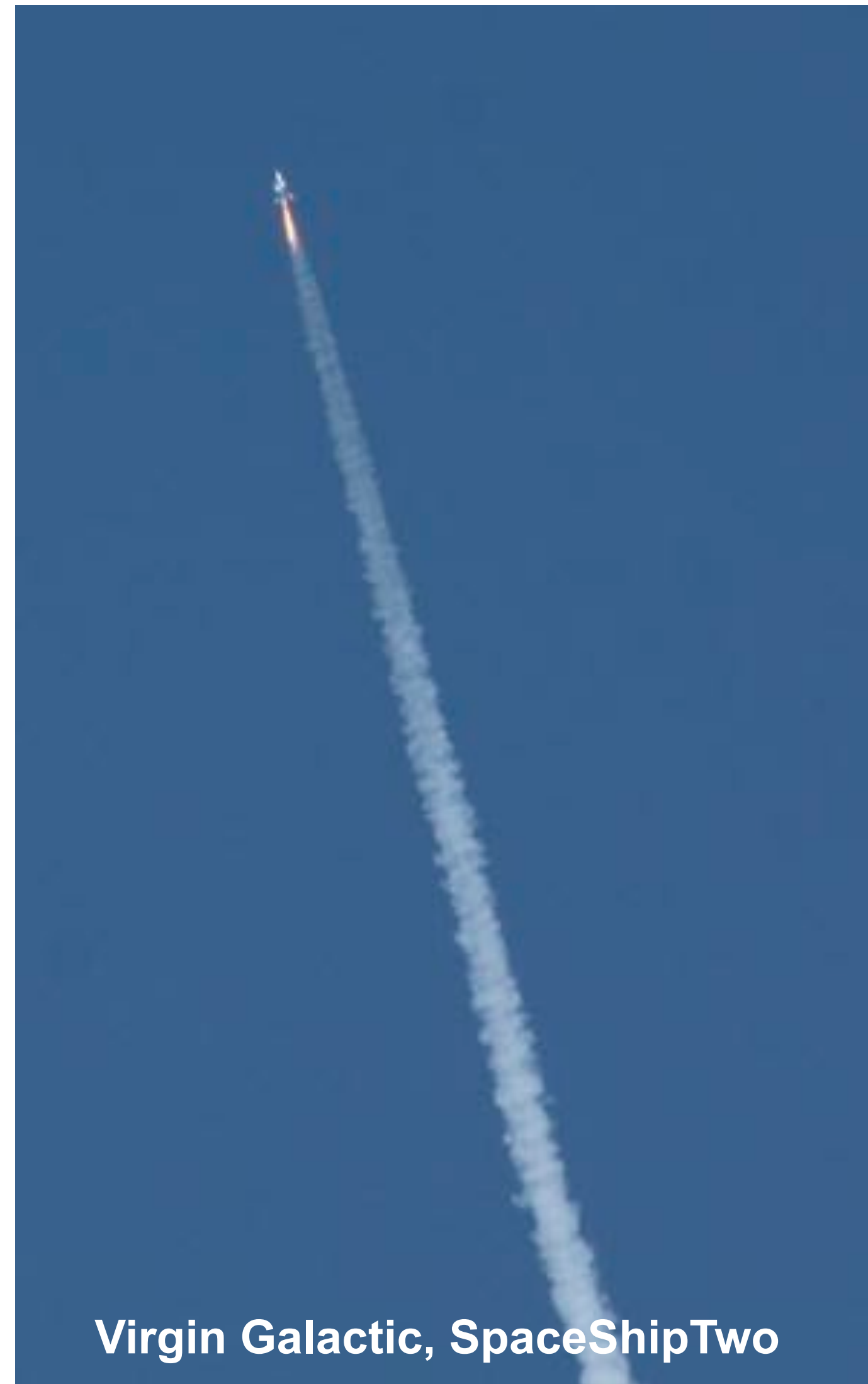
Switzerland

UK

Biology is becoming a strategic technology.

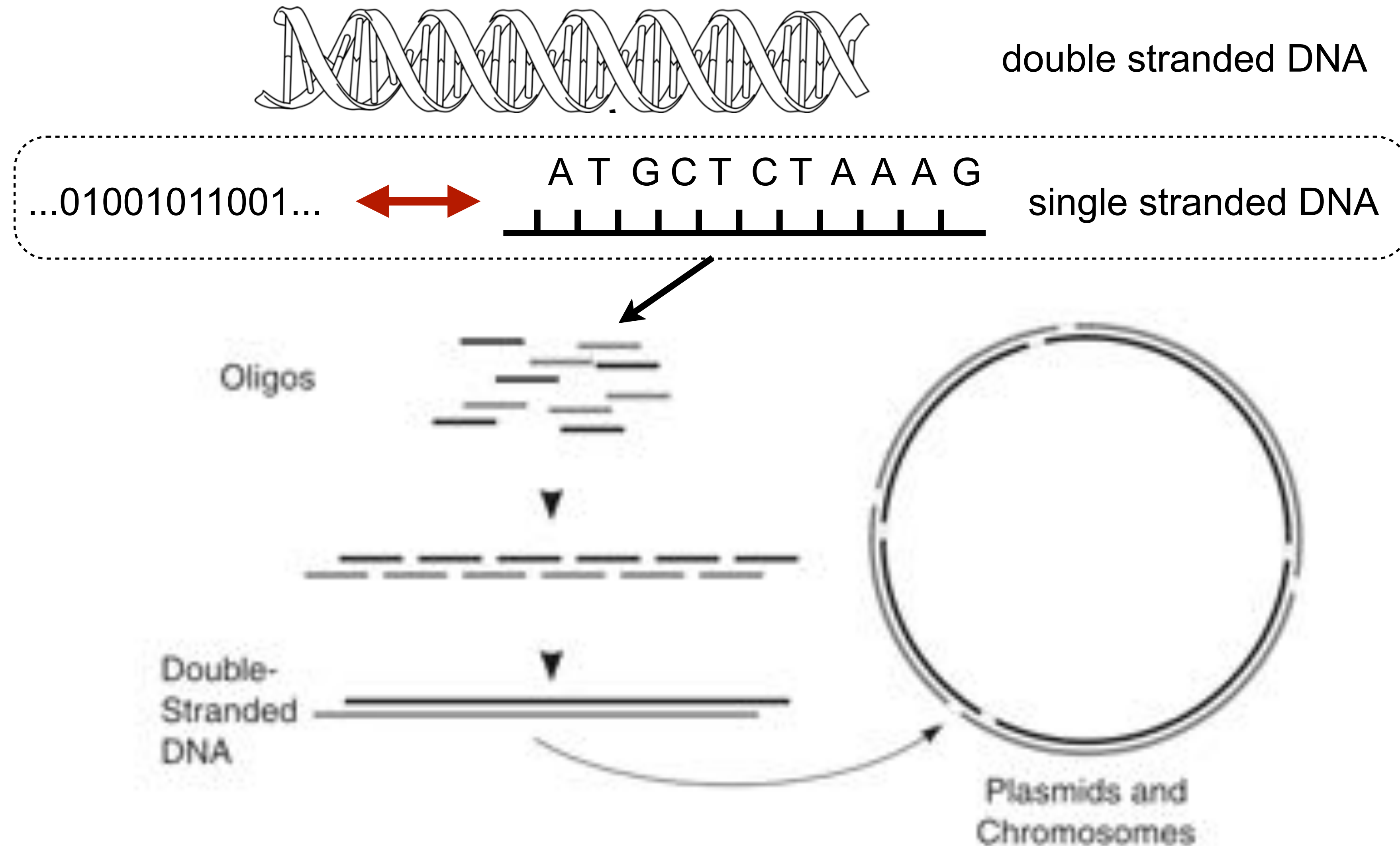
How Fast Is The Technology Changing?

How Fast Is The Technology Changing?

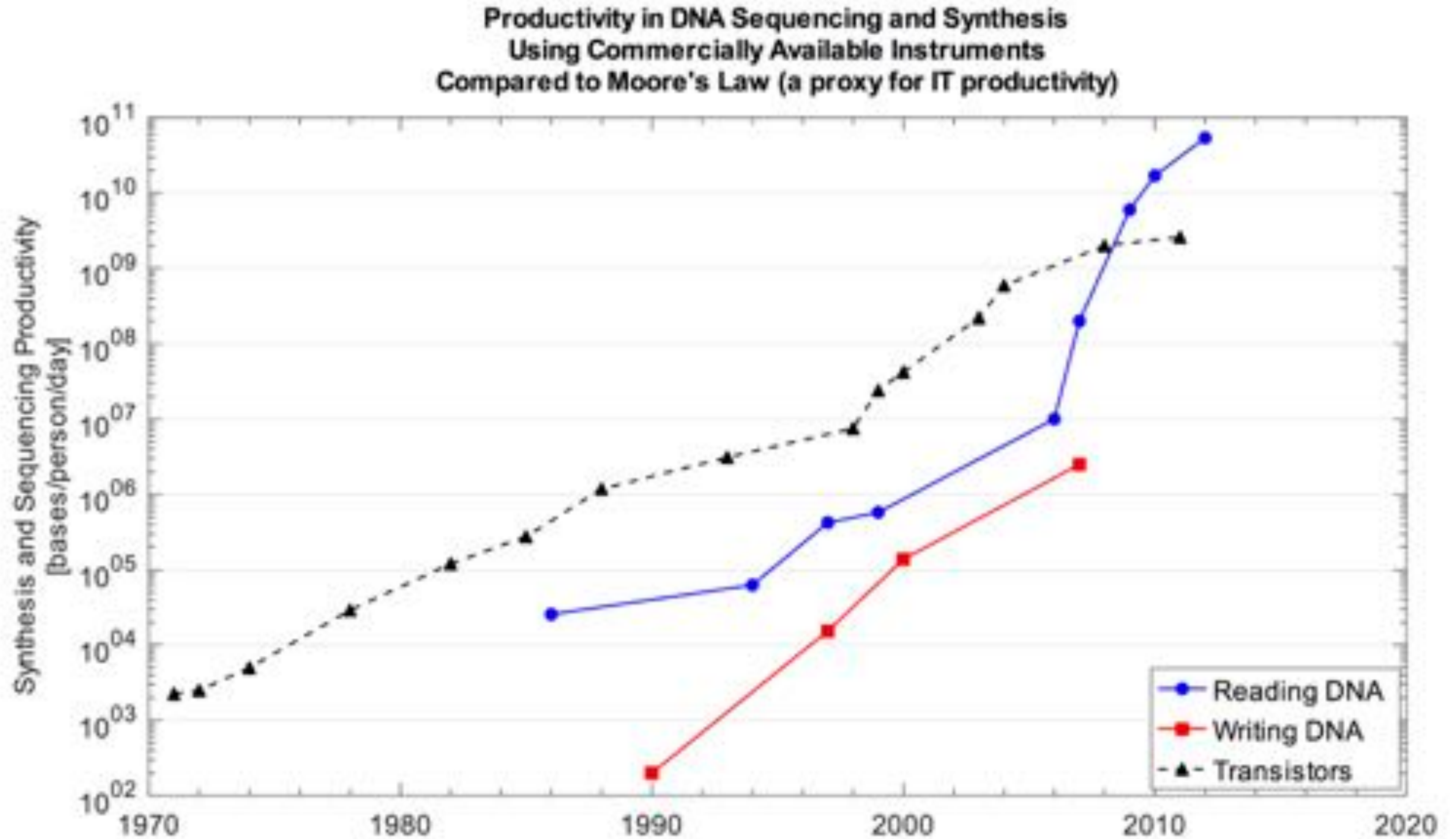


Virgin Galactic, SpaceShipTwo

Oligo Synthesis and Gene Assembly

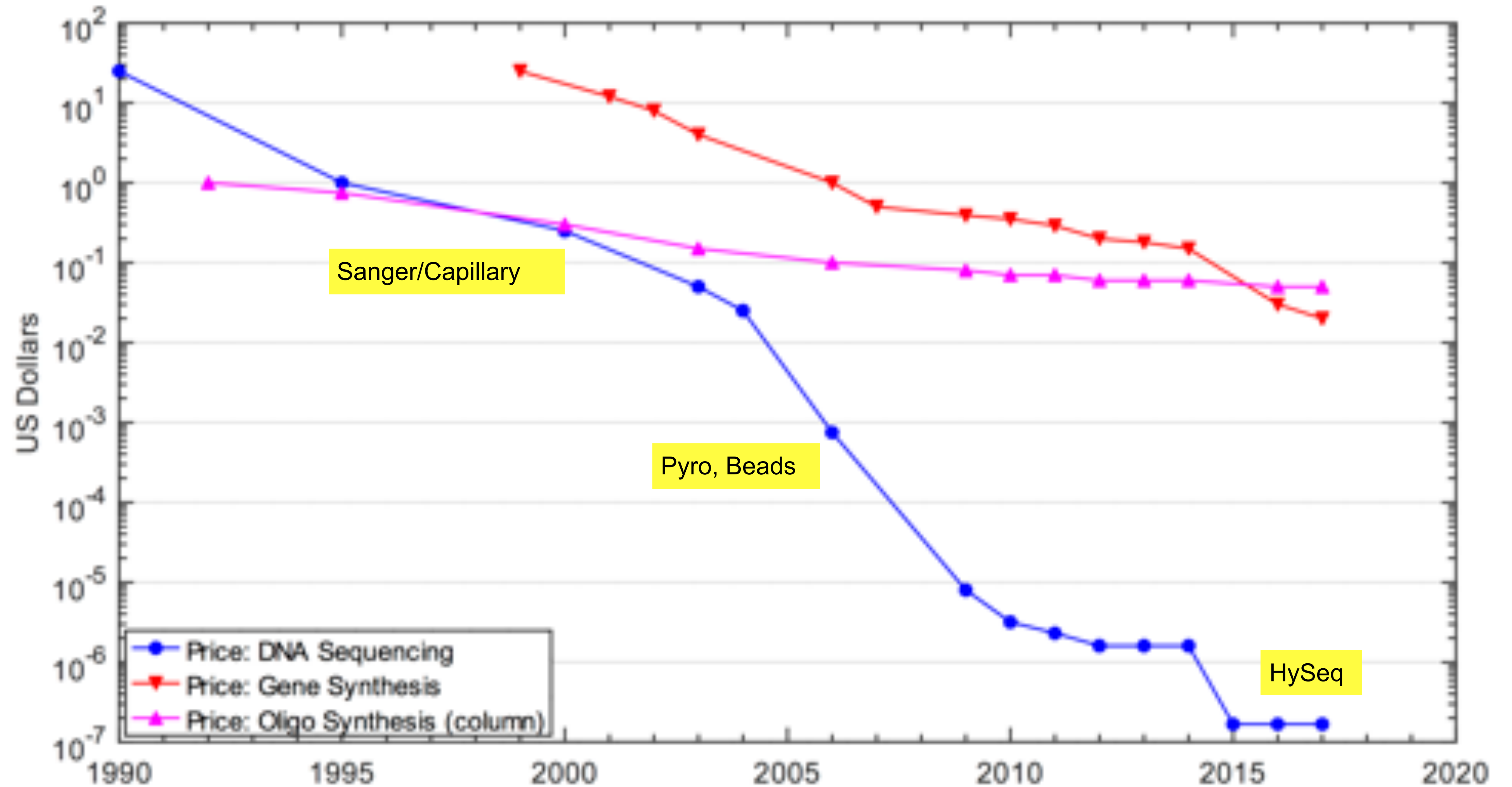


Enabling Technologies Are Improving Rapidly



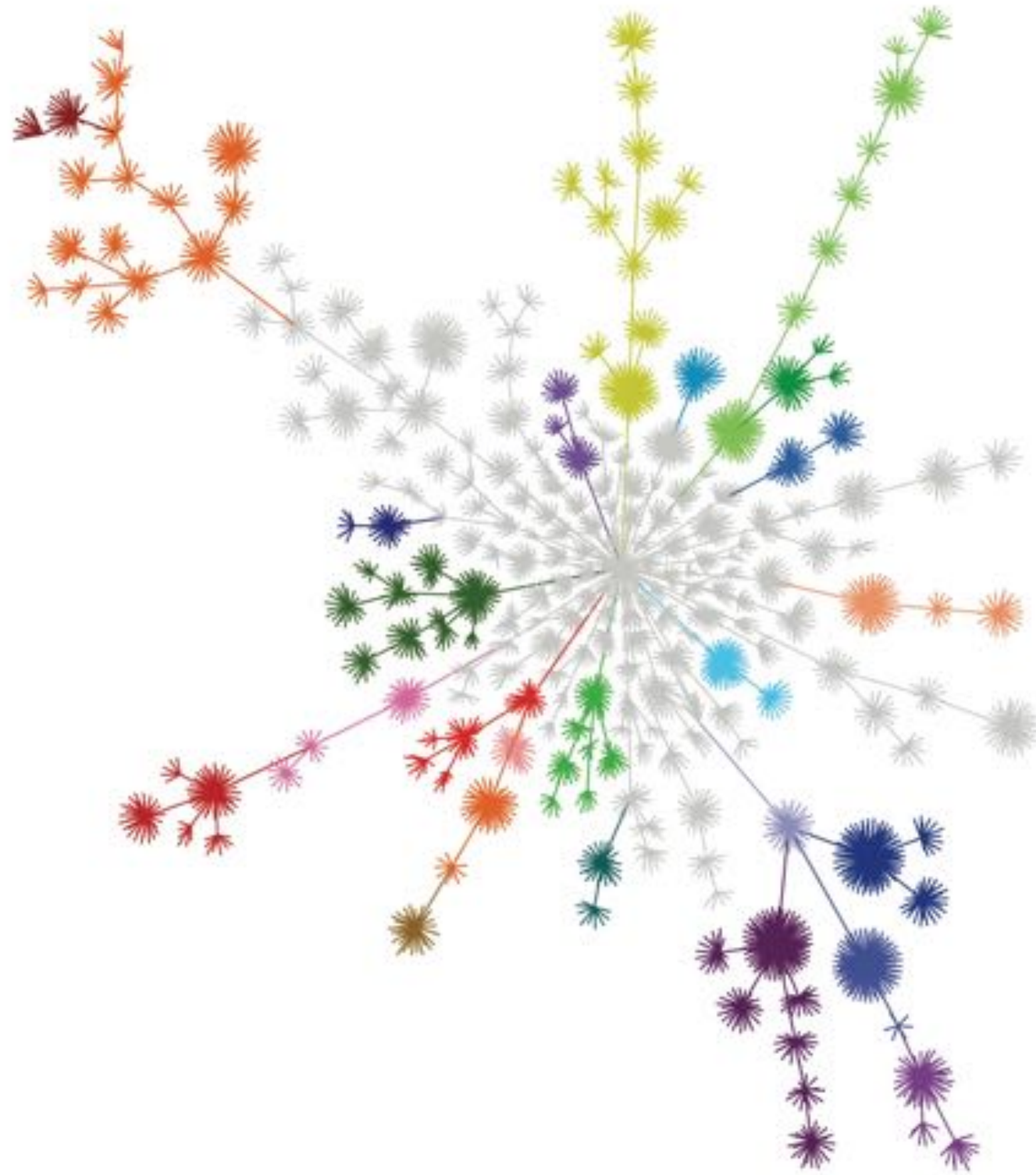
Price

Price Per Base of DNA Sequencing and Synthesis (circa 2017)

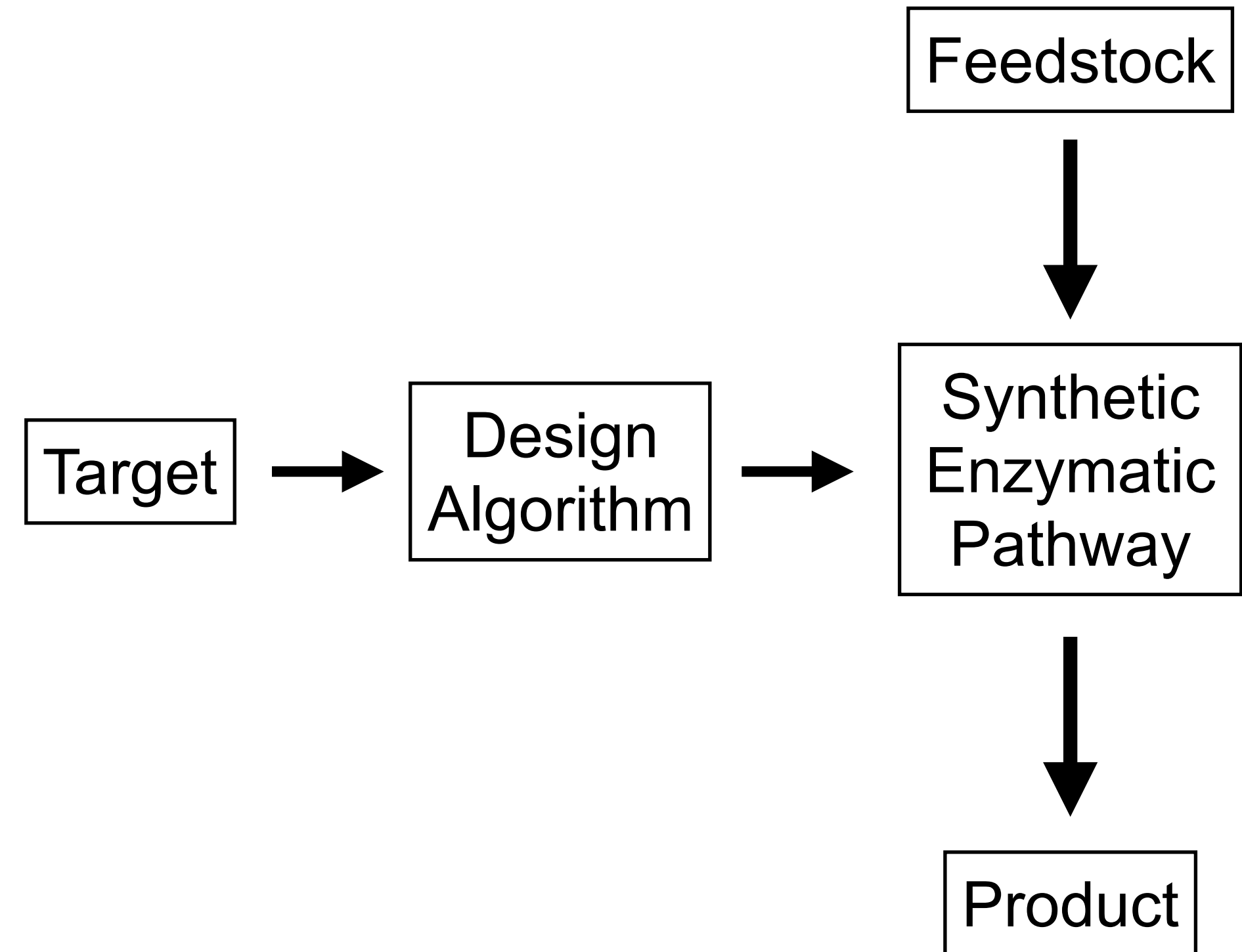


Biology Can Make Just About Anything: Enzymes Enable Arbitrary Synthesis (Biointelligence 1)

Meta network of natural enzymes



Enzymes are unit chemical operators, some of which are already described; most are not yet.



Novel, engineered enzymes enable novel unit chemical operations.

Biology Is The Future of Materials

Arzeda: Tulipalin A

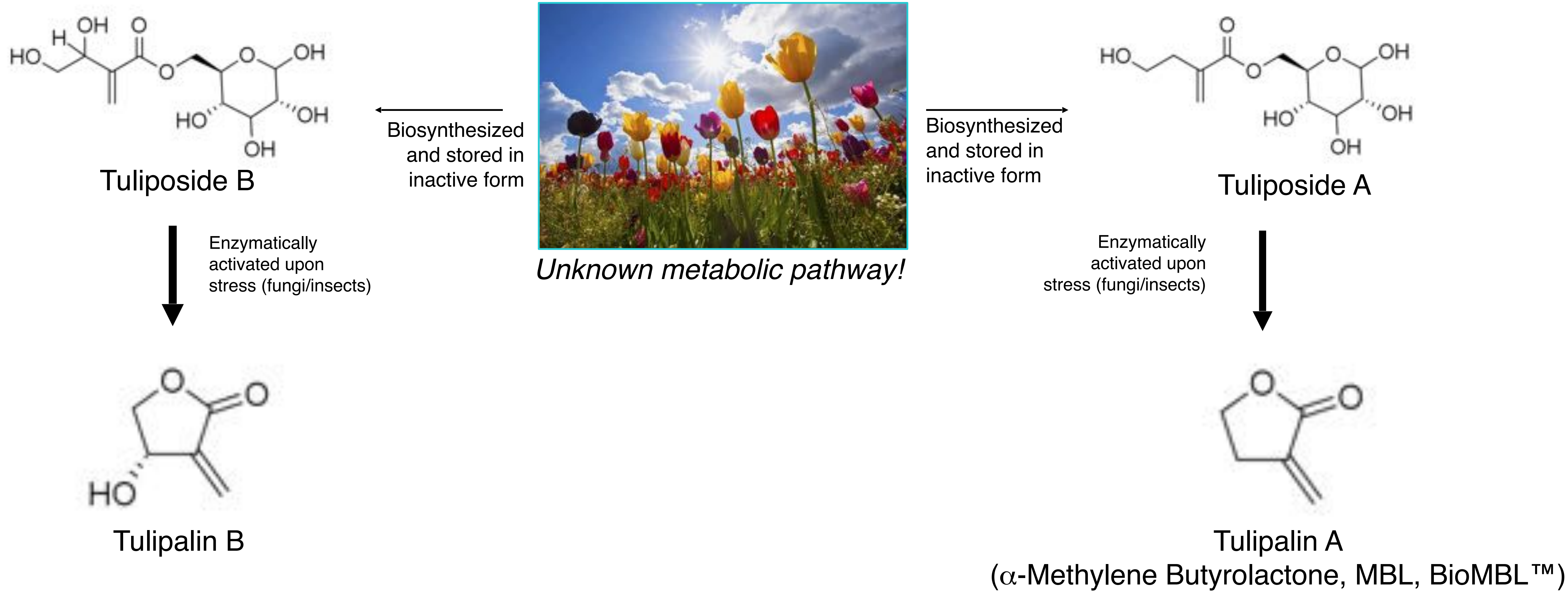
Zymergen: Flexible thin films w/ Sumitomo



Apr 6th 2019

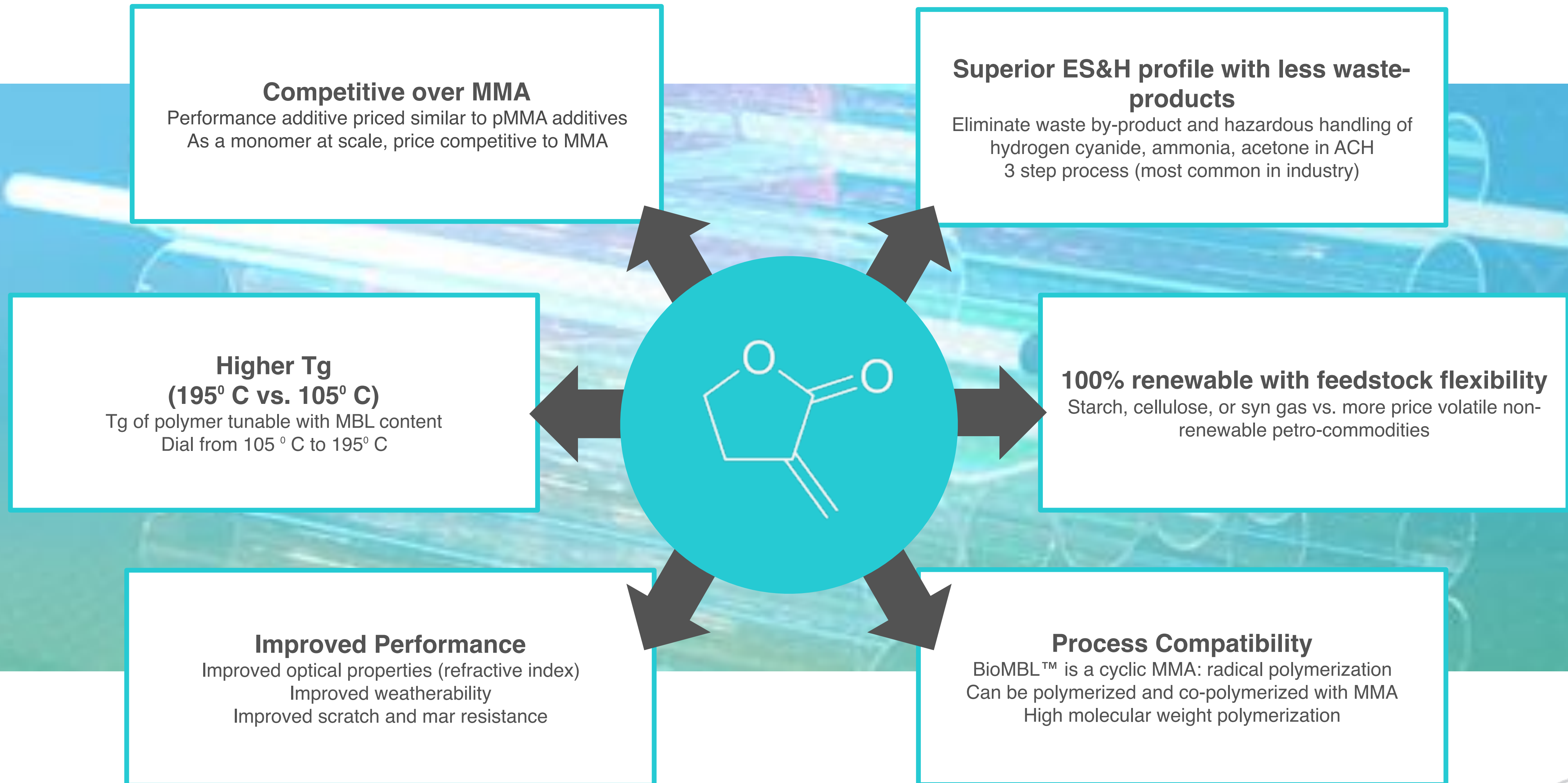
BIOMBL™ (TULIPALIN A) OPPORTUNITY

A Plant-Based Sustainable Acrylate



BIOMBL™ AS A PERFORMANCE IMPROVING ACRYLATE

Value Proposition as A Monomer/Additive for MMA/PMMA



Company X: Biological Synthesis of Fluoropolymers

- Totally novel fluorinating enzyme (orthogonal to existing biochemistry).
- ~10 enzyme pathway.
- CAPEX is 60% lower than existing industrial chemistry process.
- OPEX is at least 60% lower.

- Because (*and more importantly*):
 - Bio pathway skips steps with intermediates stabilized in storage and transport by phosgene.
 - Will result in massive increases in safety and security, lower capital and compliance costs.

- ➔ Enzyme and pathway design will enable distributed biological manufacturing of even complex chemicals.

Biomanufacturing Methods For Therapeutic Proteins



- **CHO batch fed manufacturing**
 - 11-18 day culture duration
 - 1-8 g/L titer
 - .1-.4 g/L/day volumetric productivity (“per liter of installed bioreactor capacity”)



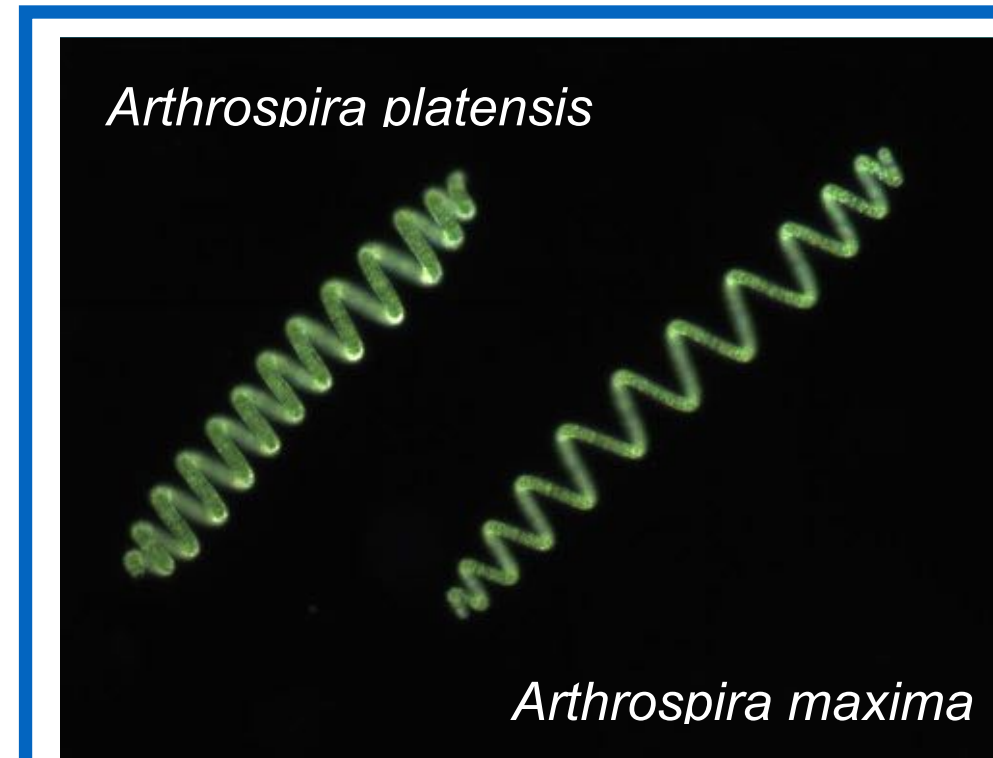
- **State of the art continuous manufacturing**
 - 1-2 g/L/day (“per liter of installed bioreactor capacity”)
 - “1-2 WD” [working day]



- **Dairy cow mammary gland**
 - avg of 29 L/day over 10 months
 - ~30 g/L (total) protein in milk
 - 17 g/L/day volumetric productivity (“per L of installed udder capacity”)



- **Cell Free**
 - up to 2 g/L/?
 - instant on
 - portable
 - expensive?



- ***A. platensis* (Lumen Indoor Projections)**
 - ~.1 g/L/day
 - **~1/1000th cost of CHO**
 - >1MM doses/day from 100 bioreactors

Existing Spirulina Outdoor Cultivation Basics

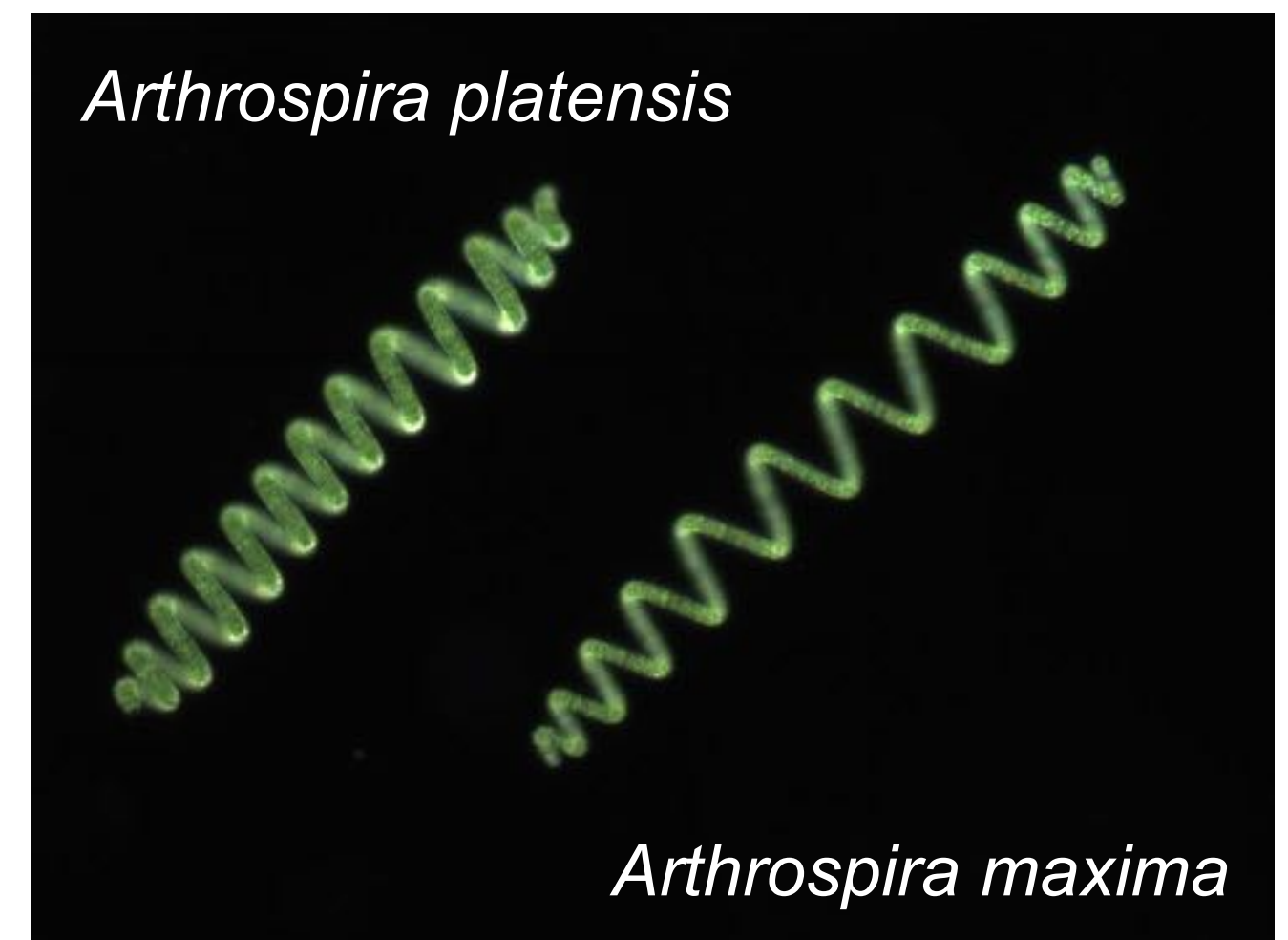


Grows in salt and fresh water, pH up to 11.
Food source for at least several millennia.

High protein and lipid content.
Outdoor production in 1000's of acres globally.
~1000 dry tons/yr of biomass; ~250 t/yr "extract".
Now GRAS certified in US.

Open ponds subject to contamination
Huge water demands
Significant purification required
Previously no stable engineering demonstrated

photosynthetic
cyanobacteria
autotrophic
filamentous
ploidy?



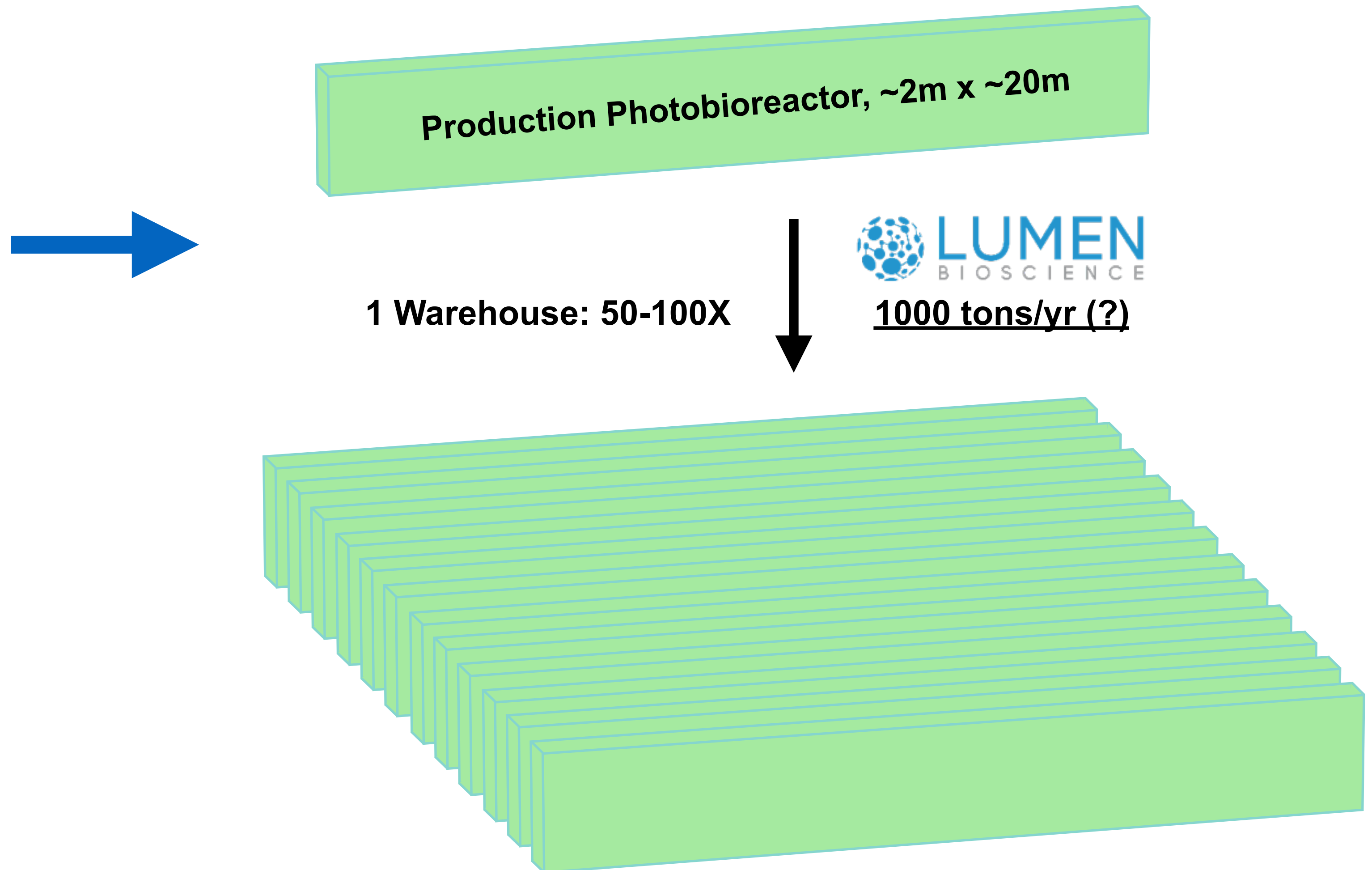
Lumen Has Developed Proprietary Indoor Photobioreactors

96 fully instrumented, 2L test photobioreactors for process optimization



Machine Learning and Design of Experiments for Manufacturing Optimization (w/ Google, funded by Gates Foundation)

Enclosed, aseptic production. Minimal purification required.

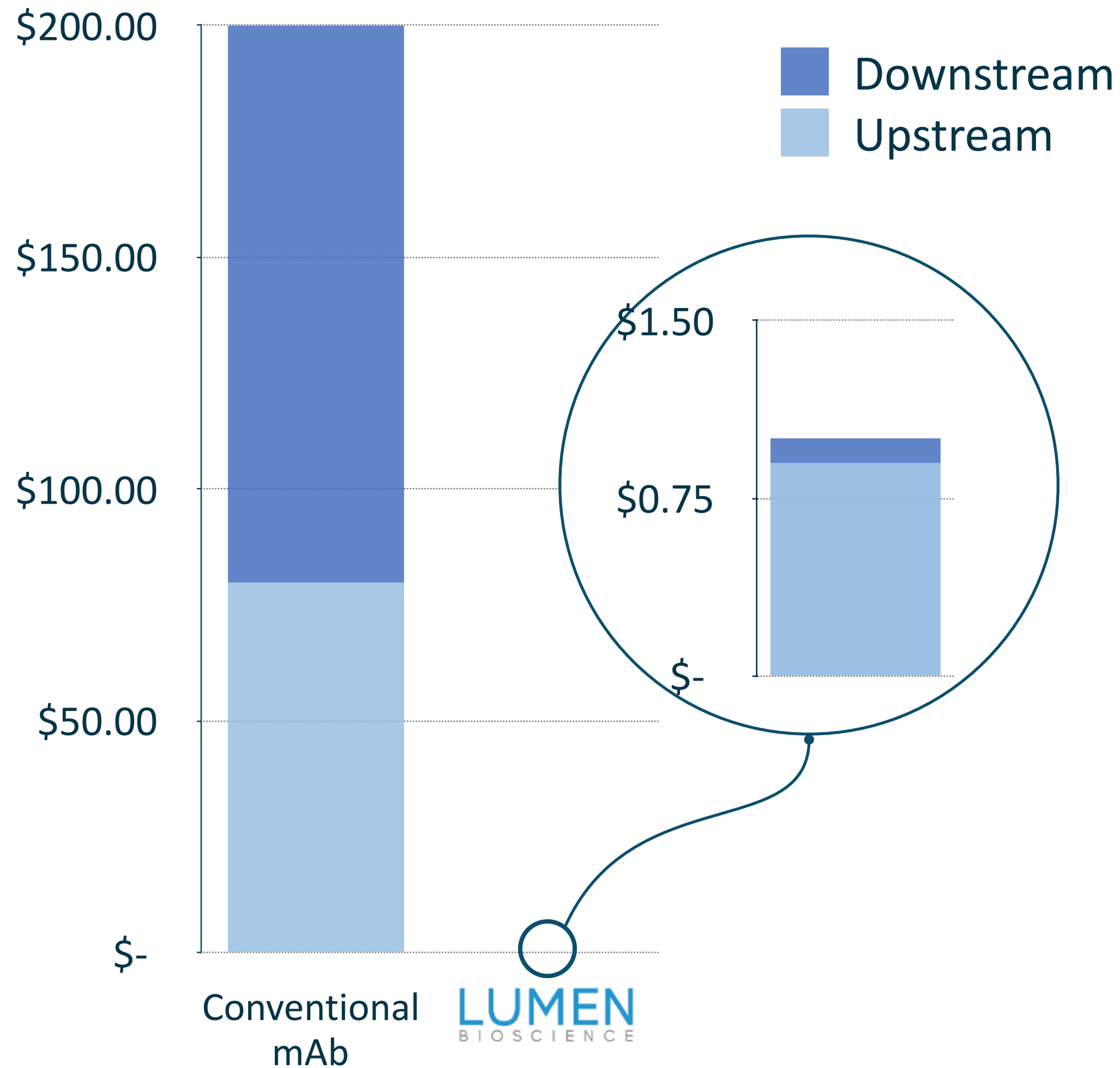


Indoor Production Of Engineered Strains Brings Significant Opportunities for Further Cost Reductions (Biointelligence 2)

- Fast: Spirulina strain development and qualification now ~52 weeks; can reduce to ~4 (?) weeks. (CHO cell line requires 1-2 years and \$5-20M.)
- Simple: Lumen already at only 22 SKUs for cGMP production; about to ditch 5 of these. (Mammalian cell culture requires ~100's of SKUs.)
- ☑ Reduced lines in the SOP, reduced pages in compliance docs.
- High yield and ~zero contamination enables novel concentration and purification (if needed) methods that cannot be used with biomass grown outdoors. Current testing a new process that looks like it will reduce downstream processing cost and complexity by another ~80%.

Game-changing costs create entirely new treatment modalities

Projected cost per gram of orally-delivered biologics



Radically higher productivity, and lower COGS, in Spirulina allows mAbs to be used in applications where manufacturing logistics previously made them impossible or cost prohibitive

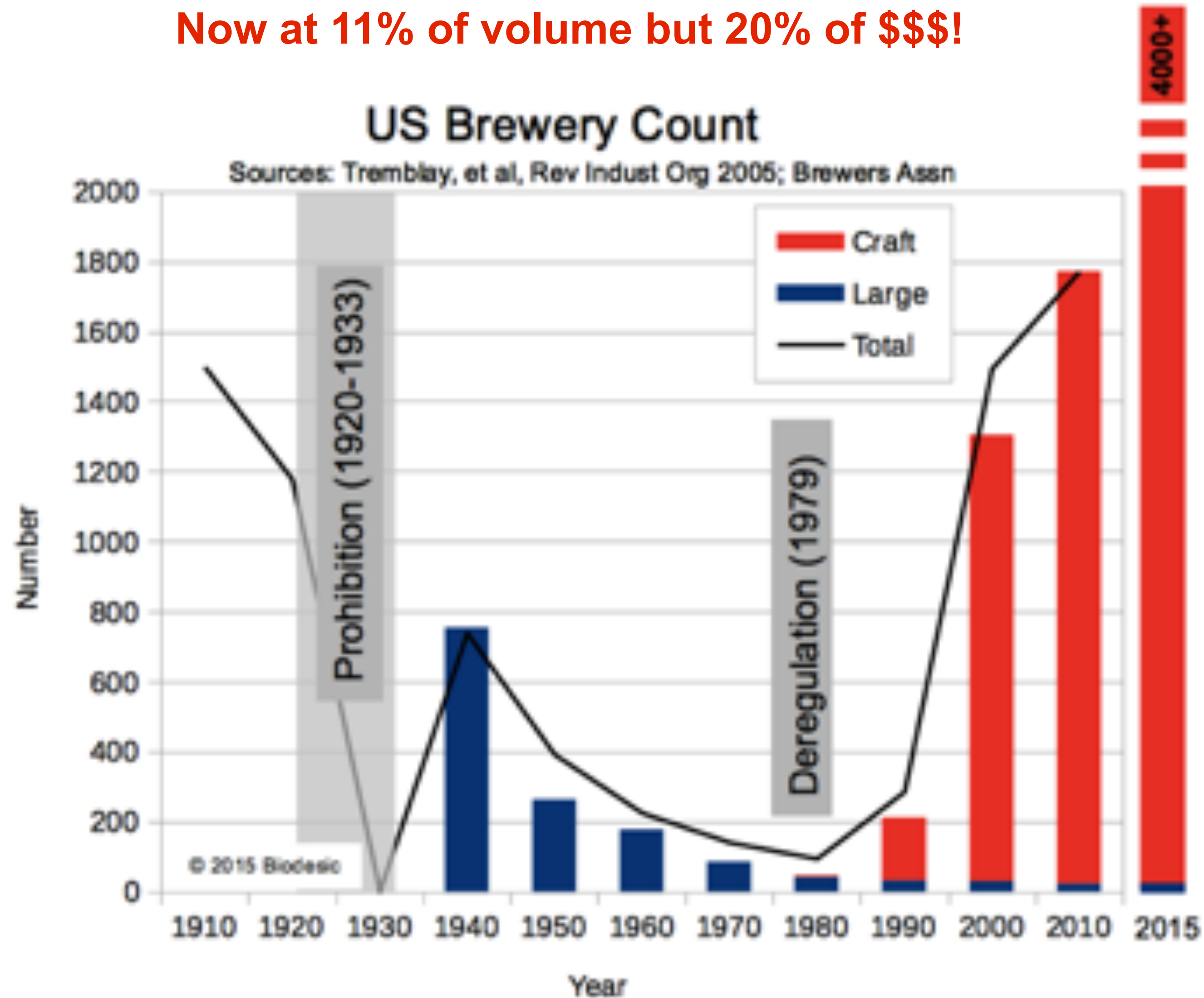
What Does The Future Bioeconomy Look Like?



Micro-Brewing the Bioeconomy

(Existence Proof for Distributed Biological Manufacturing)

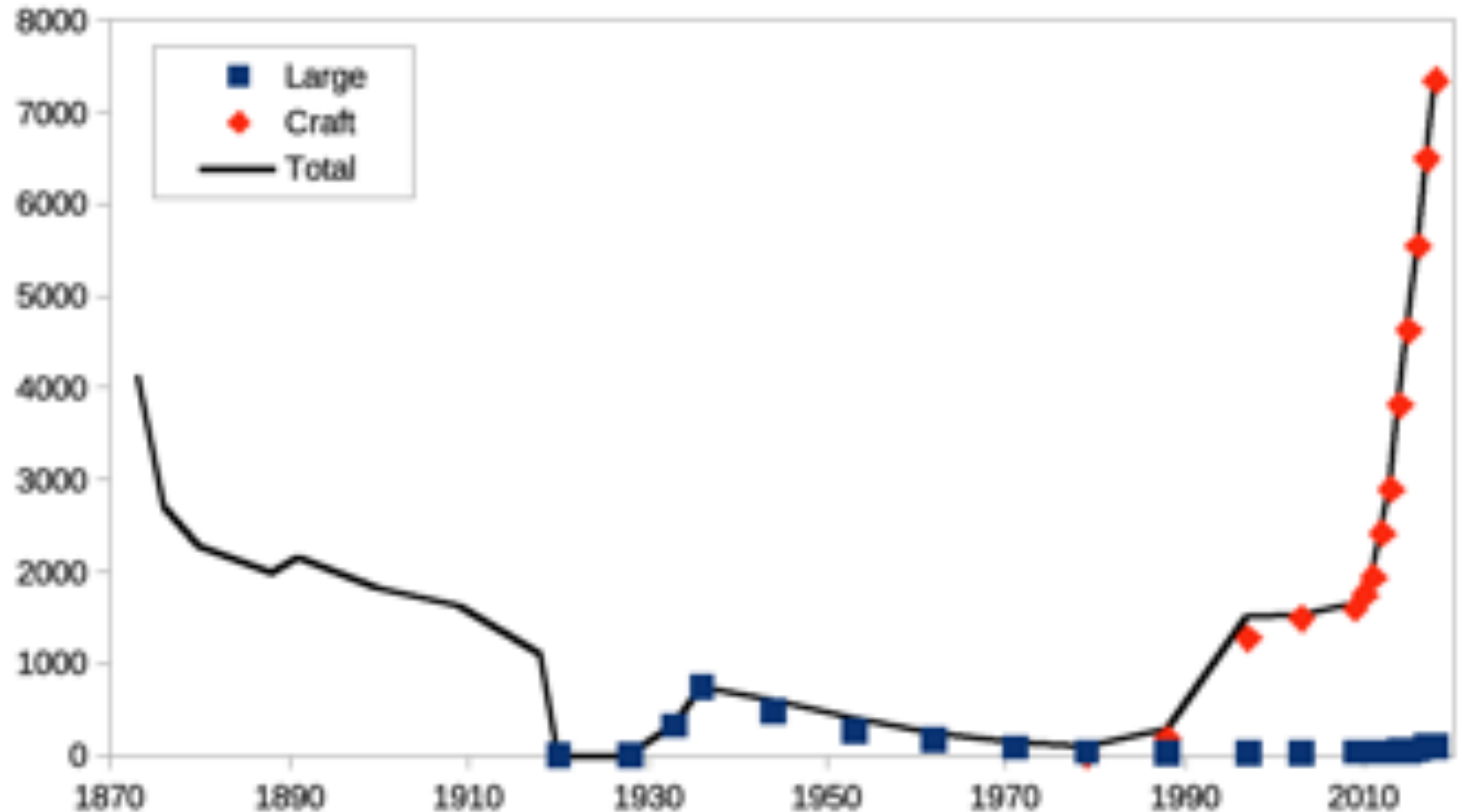
Now at 11% of volume but 20% of \$\$\$!



Micro-Brewing the Bioeconomy

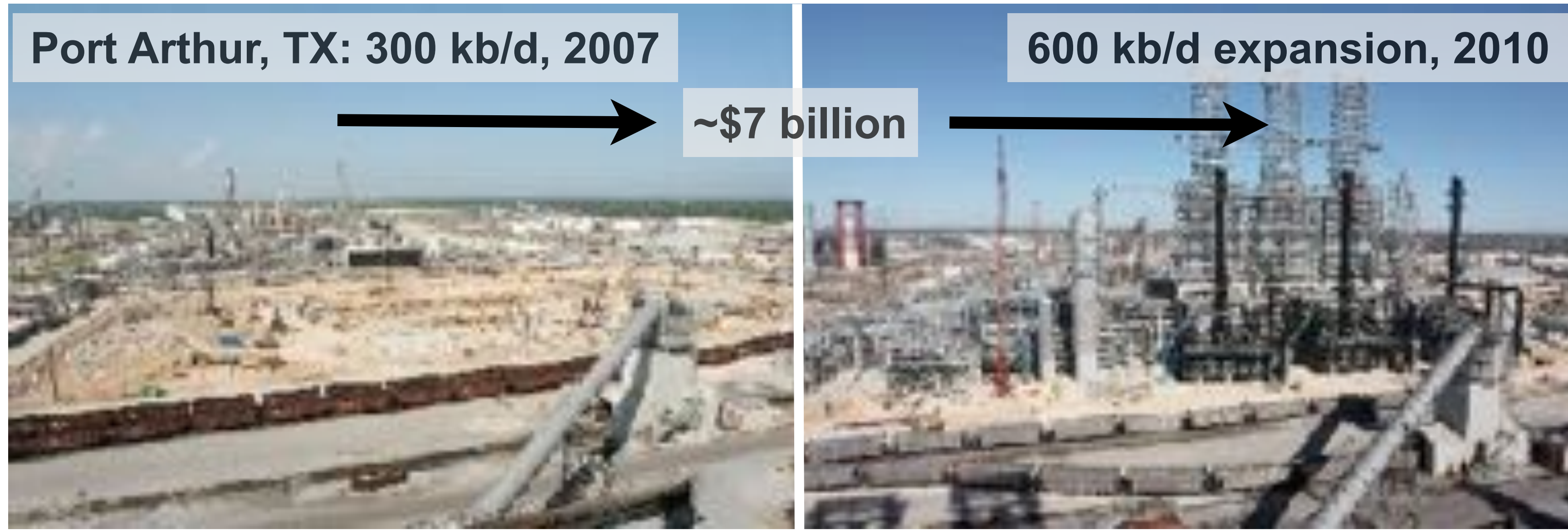
(Existence Proof for Distributed Biological Manufacturing)

Sources:
Tremblay (2005),
Brewers Assn



Costs of Scaling Up

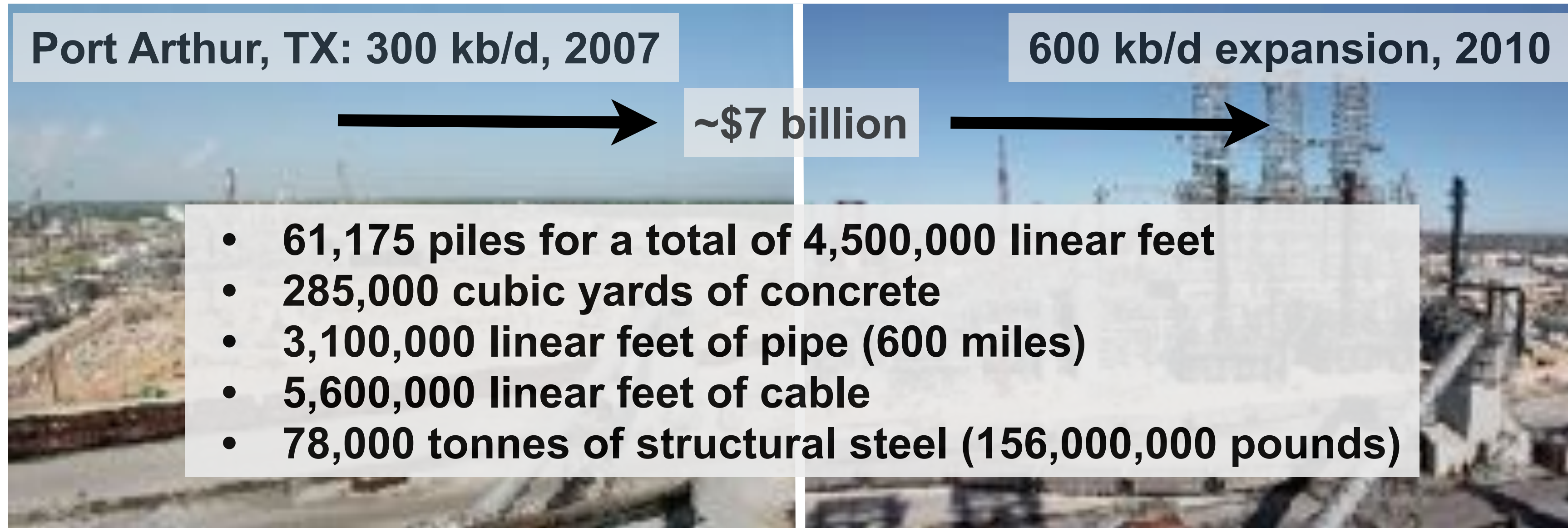
Industrial Chemistry



Shell

Costs of Scaling Up

Industrial Chemistry



Shell

Costs of Scaling Up

Industrial Chemistry

Port Arthur, TX: 300 kb/d, 2007

600 kb/d expansion, 2010

~\$7 billion

- 61,175 piles for a total of 4,500,000 linear feet
- 285,000 cubic yards of concrete
- 3,100,000 linear feet of pipe (600 miles)
- 5,600,000 linear feet of cable
- 78,000 tonnes of structural steel (156,000,000 pounds)

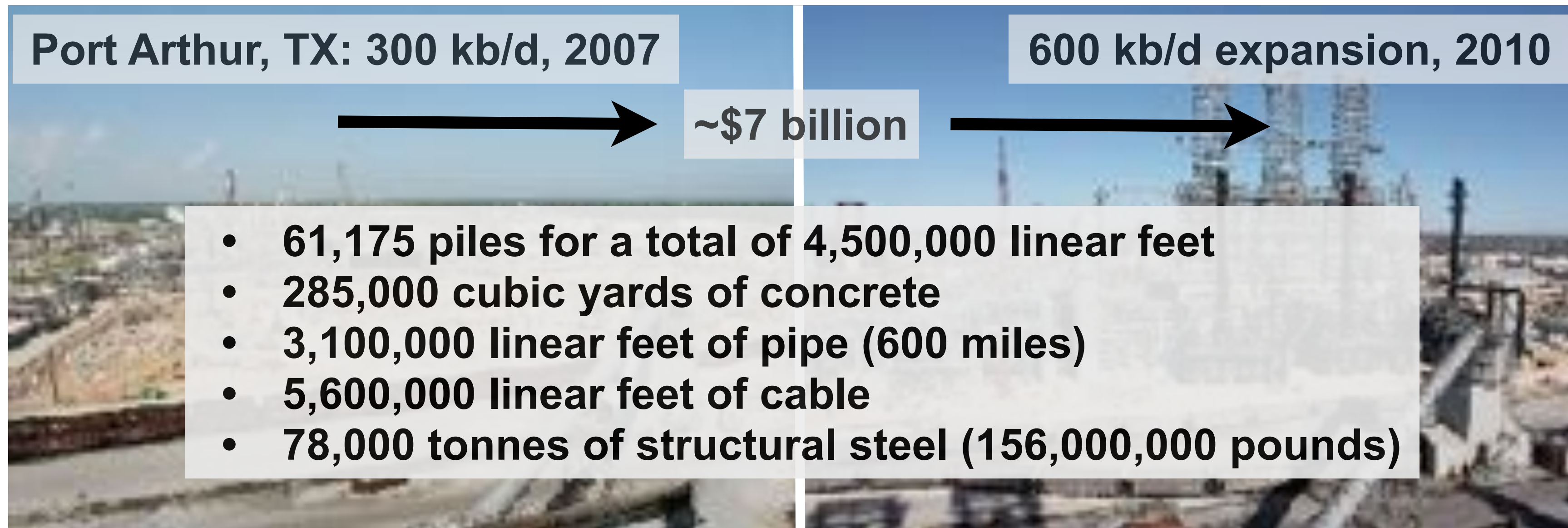
Shell

Biology



Costs of Scaling Up

Industrial Chemistry



Shell



Distributed Biological Manufacturing vs. 'Oil'



Distributed Biological Manufacturing vs. 'Oil'

Advanced Cellulosic Biofuels Industry Requirements:

| | |
|--|---------------------------|
| Production Units Required by 2022: | 527 |
| Capital Cost of a Production Unit (100 mg/y): | \$320 million |
| Replacement Cost of Productive Capacity: | \$168 billion |
| Volume of Annual Productive Capacity: | 22 billion gallons |
| Annual Retail Value of Fuel (at today's prices): | ~\$66 billion |



US Dairy Industry Snapshot:

| | |
|--------------------------------------|---|
| Production Units: | about 9.25M animals in 2012 |
| Average cost of a production unit: | between \$1,500 - \$3,000 |
| Total replacement value of the herd: | under \$28 billion |
| Total volume of milk produced: | about 23 billion gallons in 2012 |
| Annual retail value of the milk: | around \$100 billion |

Mobile Biofactories: How Far Can This Go?

Cowborgs? (Biointelligence 3)



Chomp! chomp! Fueling a New Agribusiness
Newcomb, Carlson, Aldrich
CLSA Blue Book, 2007



Big Dog, Boston Dynamics



Satellite-guided Ag (“Precision Ag”)
Standard Equipment:
DVD/TV to entertain *backup* Human
Guidance System

Bringing Cows To Robots (Biointelligence 4)

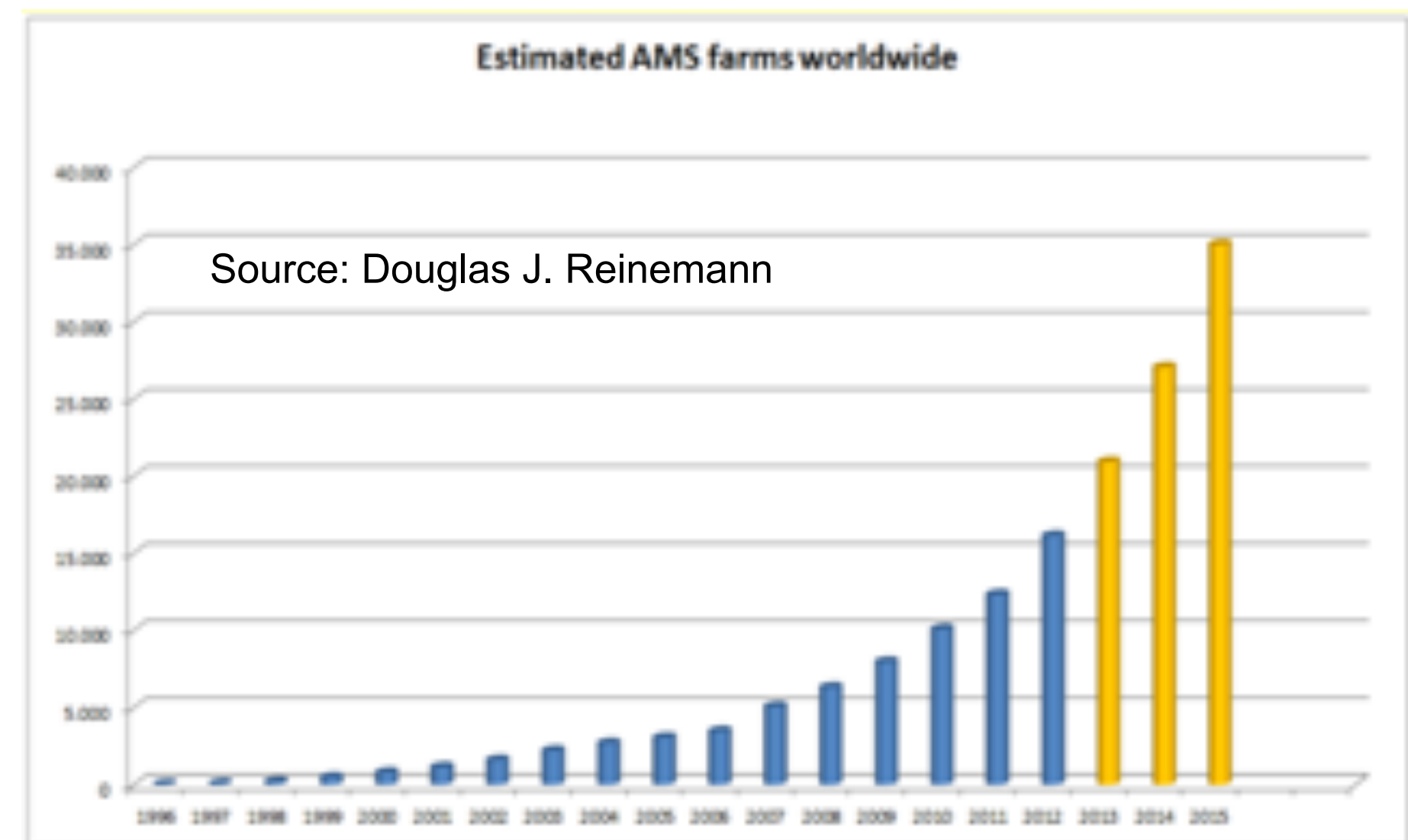


Lely Astronaut – “From grass to glass”

- ~2X labor productivity
- Farmers freed from milking schedule
- “Healthier, happier cows”; reduced vet bills
- Automated feeding & weight data (i.e. “Internet of Cows”)
- More milk per cow

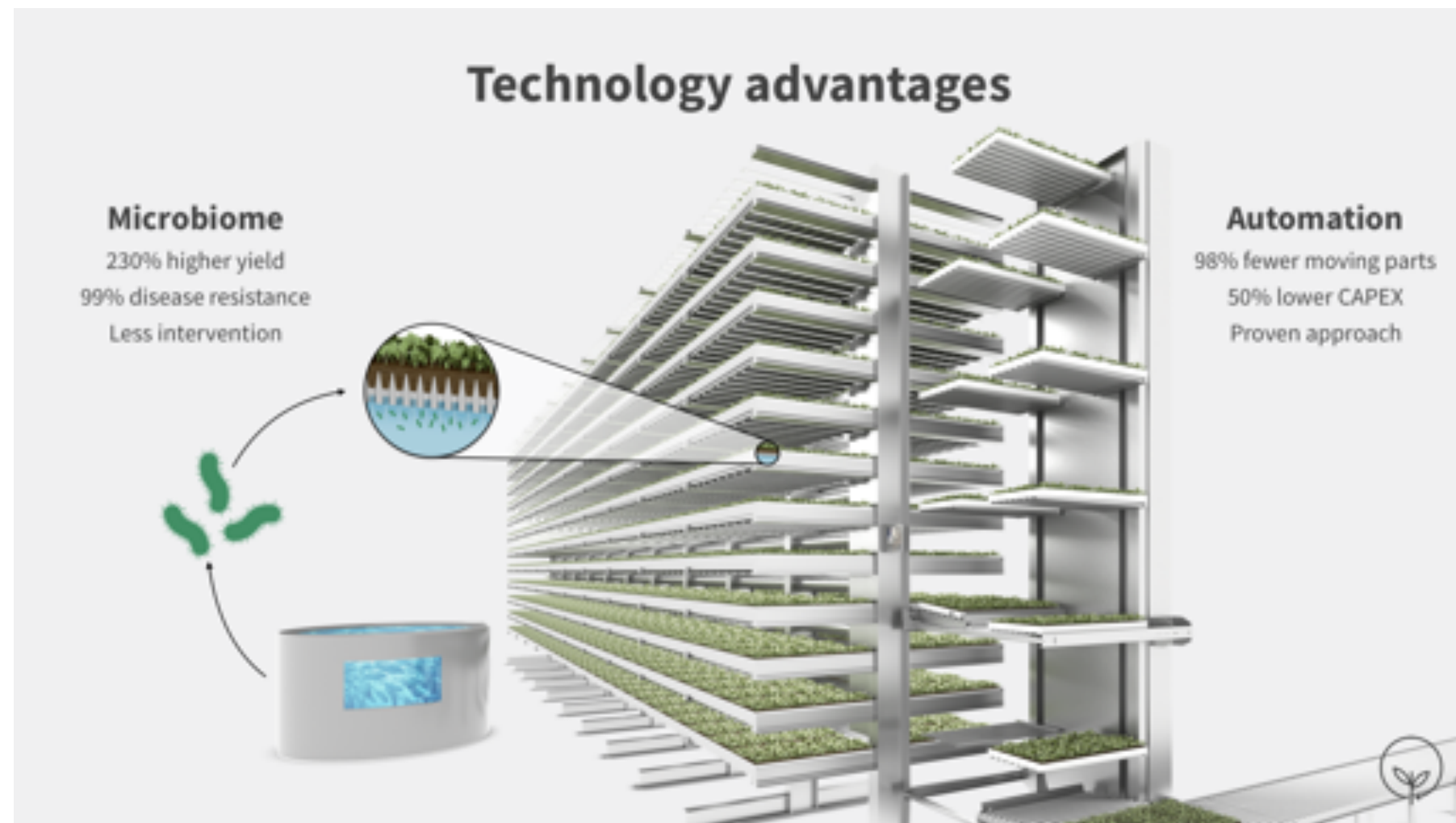


DeLaval Automatic Milking Rotary
Dornauf farm, Quamby Brook, Tasmania, Australia

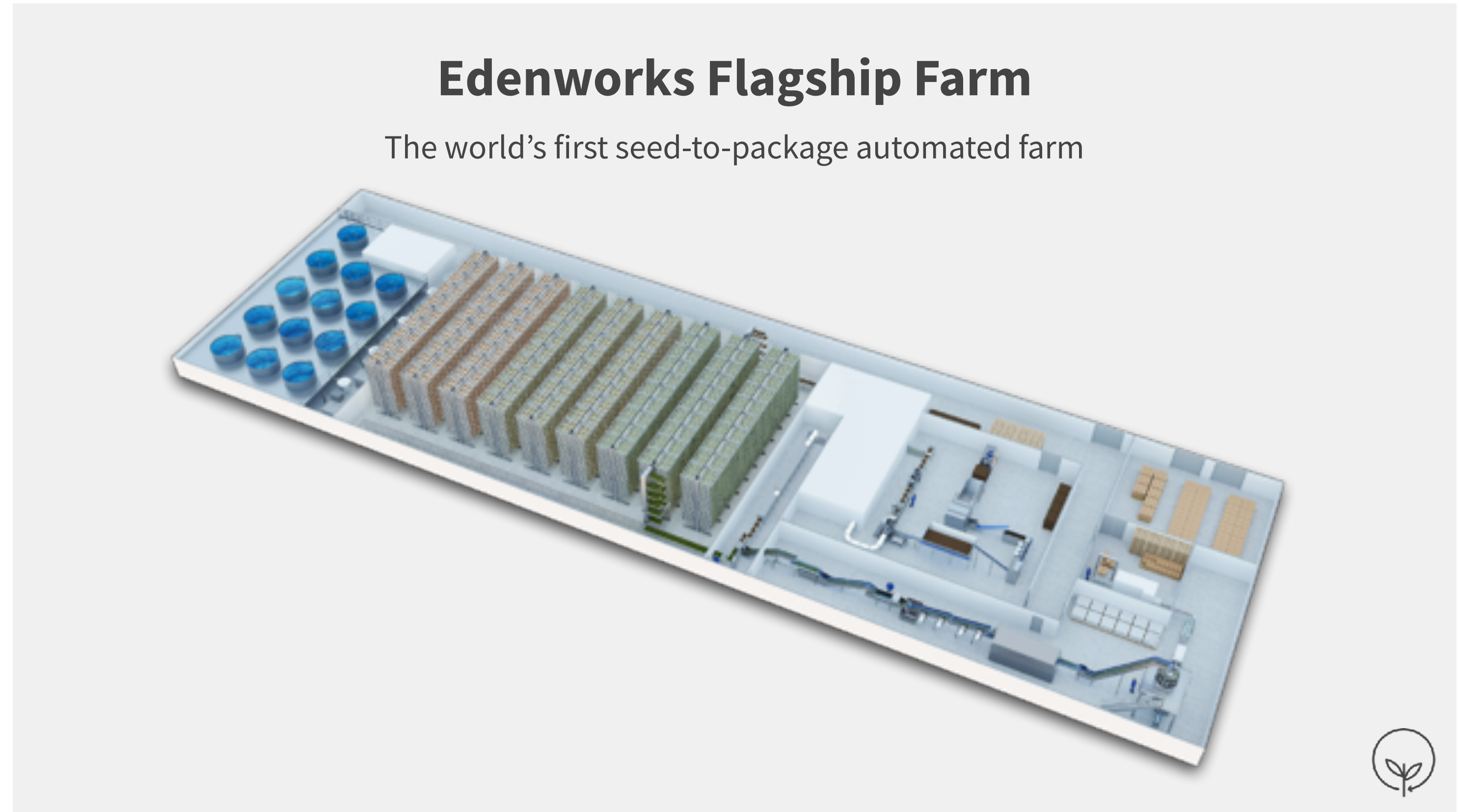


Machine Learning and Automation in Indoor Agriculture aka “Integrated Biomanufacturing” (Biointelligence 5)

Integrated Aquaculture (Edenworks)



- Monitoring: T, pH, dissolved O₂, etc., multiple plant and animal physiological params, microbiome.
- Feed into ML or stat package to optimize across multiple yield parameters.
- Ecosystem engineering.



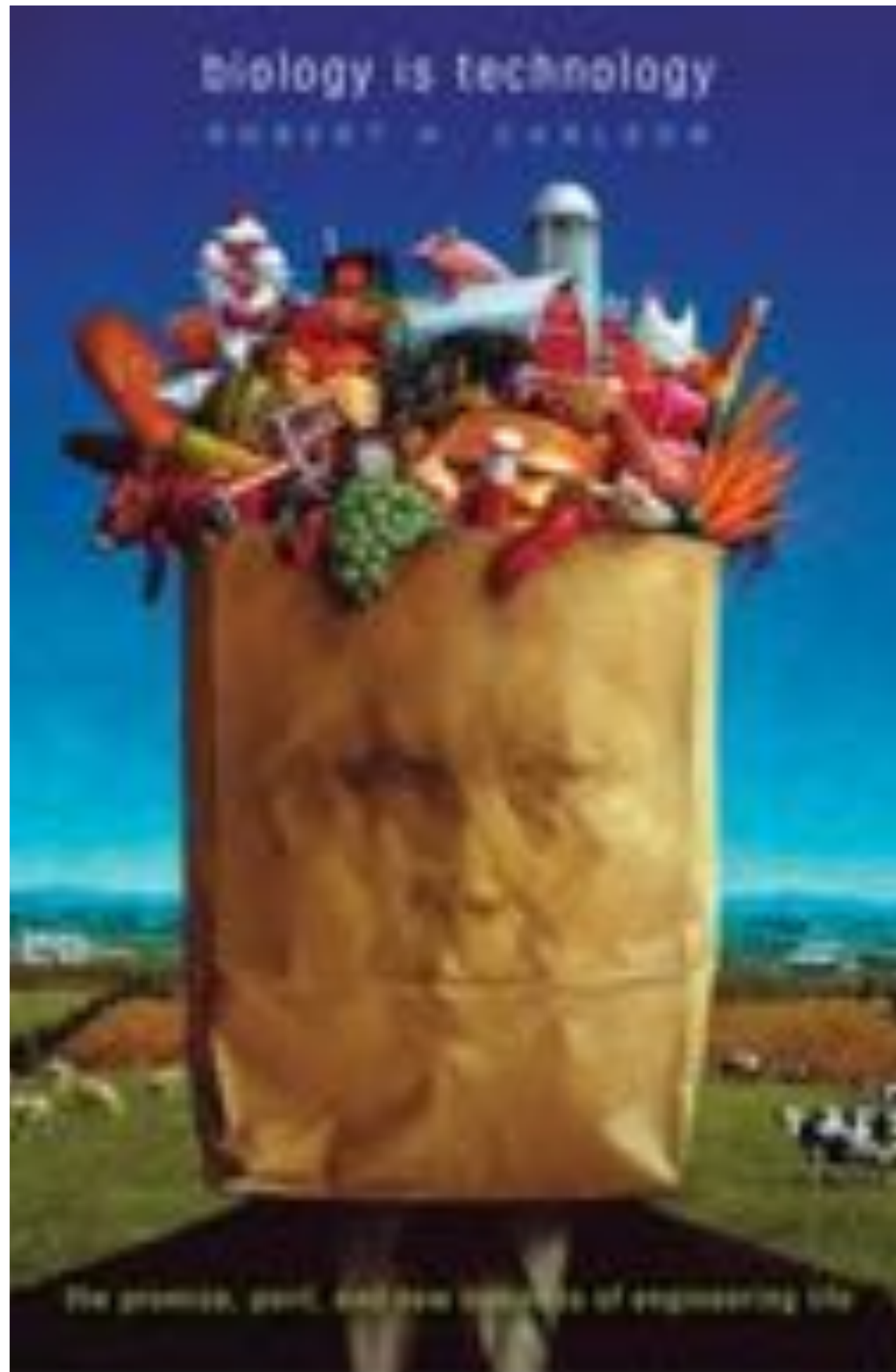
Consider: An Excercise in Forward Engineering (... the Ultimate Biointelligence)

The Tree of Knowledge...
& Industry



Paul Barnett and his apple tree, with 250 grafted varieties.
dailymail.co.uk

Book



Biology is Technology:

The Promise, Peril, and New Business of Engineering Life

Robert Carlson

Harvard University Press, 2010.

PROSE Award for Best Science and Technology Book of 2010

Best Books of 2010, *The Economist*

Best Books of 2010, ForeignPolicy.com

—
THE FUTURE IS →

U N K **N O W** N
U N K **N O W** N



A woman with long, wavy hair, eyes closed, smelling something. The background is a soft, out-of-focus brown color.

HUMANS CAN DISCRIMINATE 1 TRILLION ODORS*, IT'S THE MOST VISCERAL OF OUR SENSES, WHY HAVEN'T WE DIGITIZED IT?

...capture smell, make it visible, replay smell like video?

...crucially, how much will it change our lives?

...and the market consequences of doing so? ...

*Sound: Ten Thousand, Colors: 7.5 Million, Odor: 1Trillion -- Science 21 Mar 2014 DOI: 10.1126/science.1249168



WE CREATED A >\$2 TRILLION INDUSTRY FROM VISION & SOUND

SOUND

Digitization: 1938, Alec Harley Reeves

Digitization: 1938, Alec Harley Reeves

CD Players & Walkman: 1979, Philips & Sony

MP3: 1994, Fraunhofer IIS

iPod: 2001, Apple

VISION

Picture & Film: 1816, N. Niépce & 1888, L. Prince

TV & Transmission: 1928, John Logie Baird & BBC

Film Industry: 1923, Disney Brothers Cartoon Studio

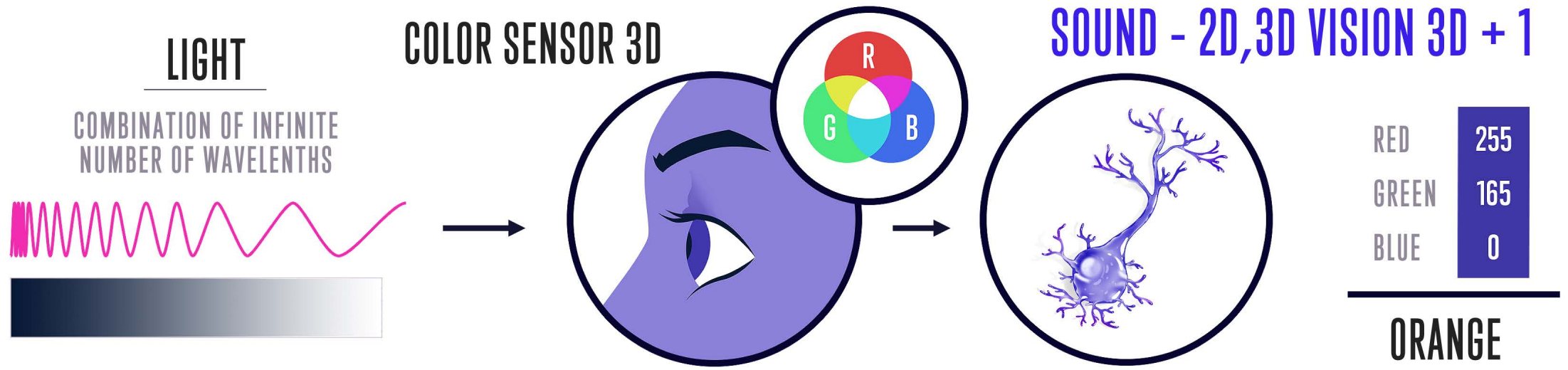
Standardizations & NTSC: 1953, FCC

Streaming Services: 1997, Netflix

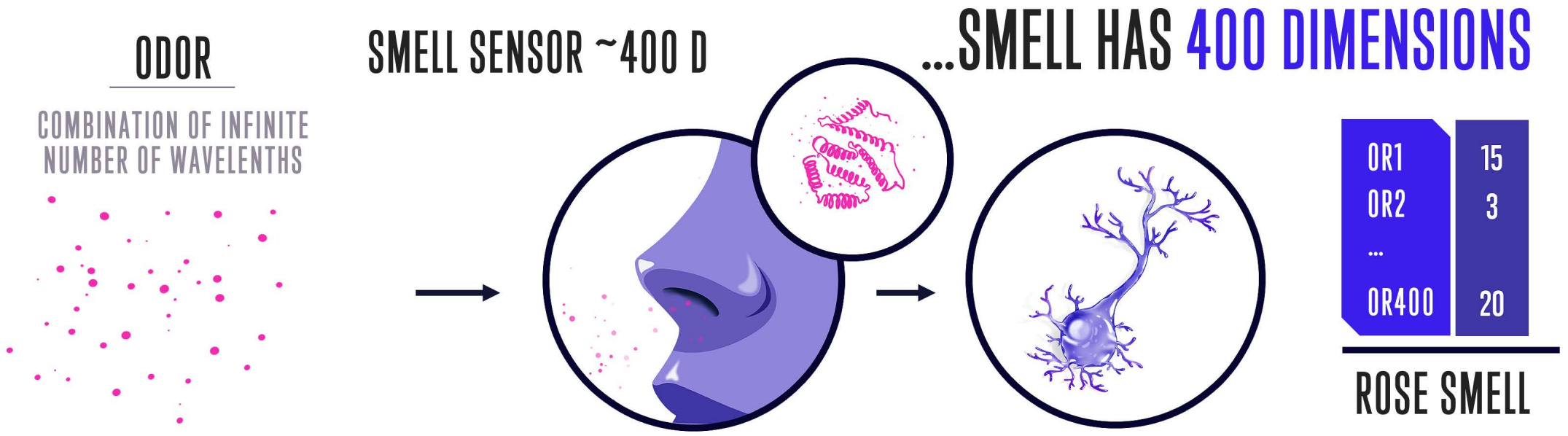
A photograph of three women in a laboratory or office setting. They are gathered around a table, looking at a small device or sample. The woman on the left is wearing a teal top, the woman in the middle is wearing a red top, and the woman on the right is wearing a patterned top. They appear to be engaged in a collaborative activity. The background shows shelves with various items, possibly lab equipment or supplies.

WHY HAVE WE FAILED AT SMELL?

*Probably more than >\$500M R&D dollars have gone into developing e-noses, DARPA, NSF, academia, and many others...



Color sensing is based on 3 protein types, therefore has only 3 dimensions, number of perceptible colors 1 – 100 Million



Smell sensing or olfaction has 400 protein types, therefore has 400 dimensions, more than 1 trillion smells are possible

... HOW DID THE DOG SOLVE THE PROBLEM ?

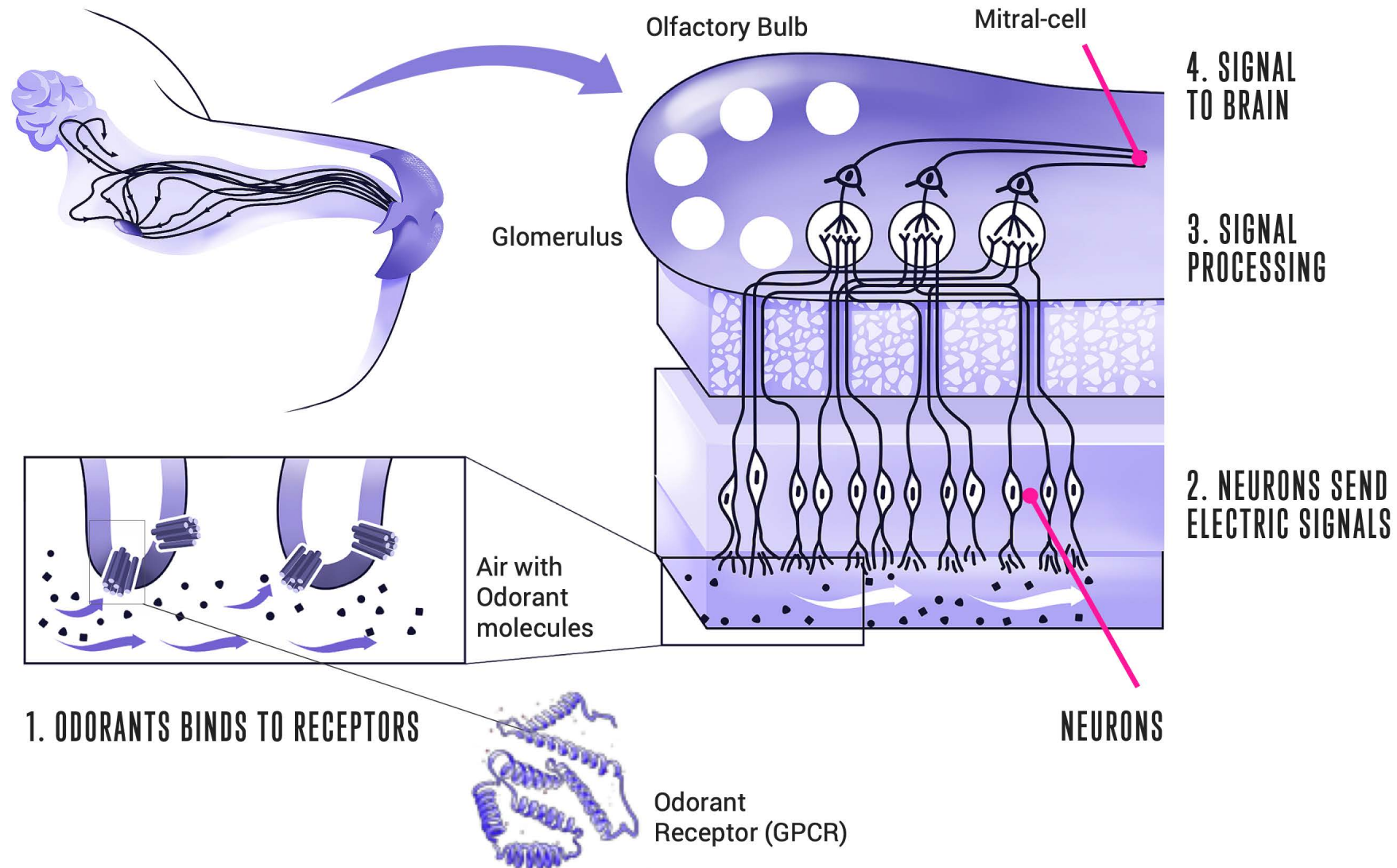
A dog's nose serves two purposes:

1. Breathing
2. Sample Collection

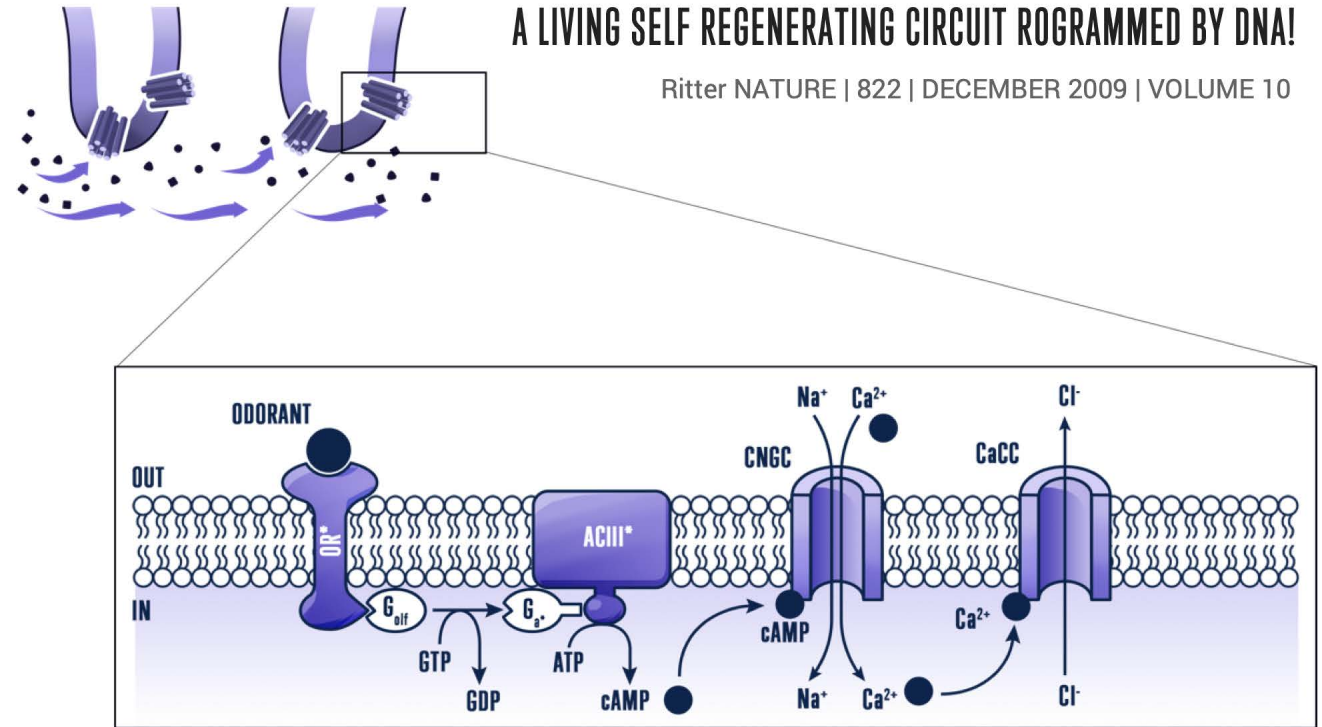
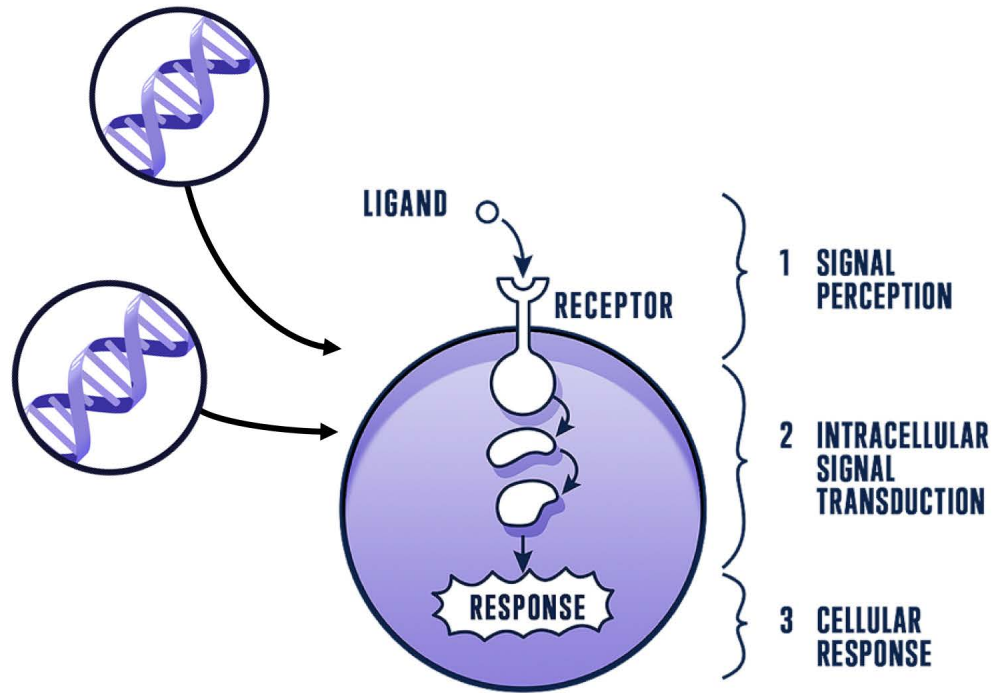
How A Dog's Smell Works...

Particles of explosives or volatile organic compounds or VOC's bind to the dogs nose neurons (olfactory sensory neurons) which fire electrical signals. The dog perceives the electrical signal and tells its handlers.

...BECAUSE SMELL IS HARD



AN INSTRUCTABLE MACHINE



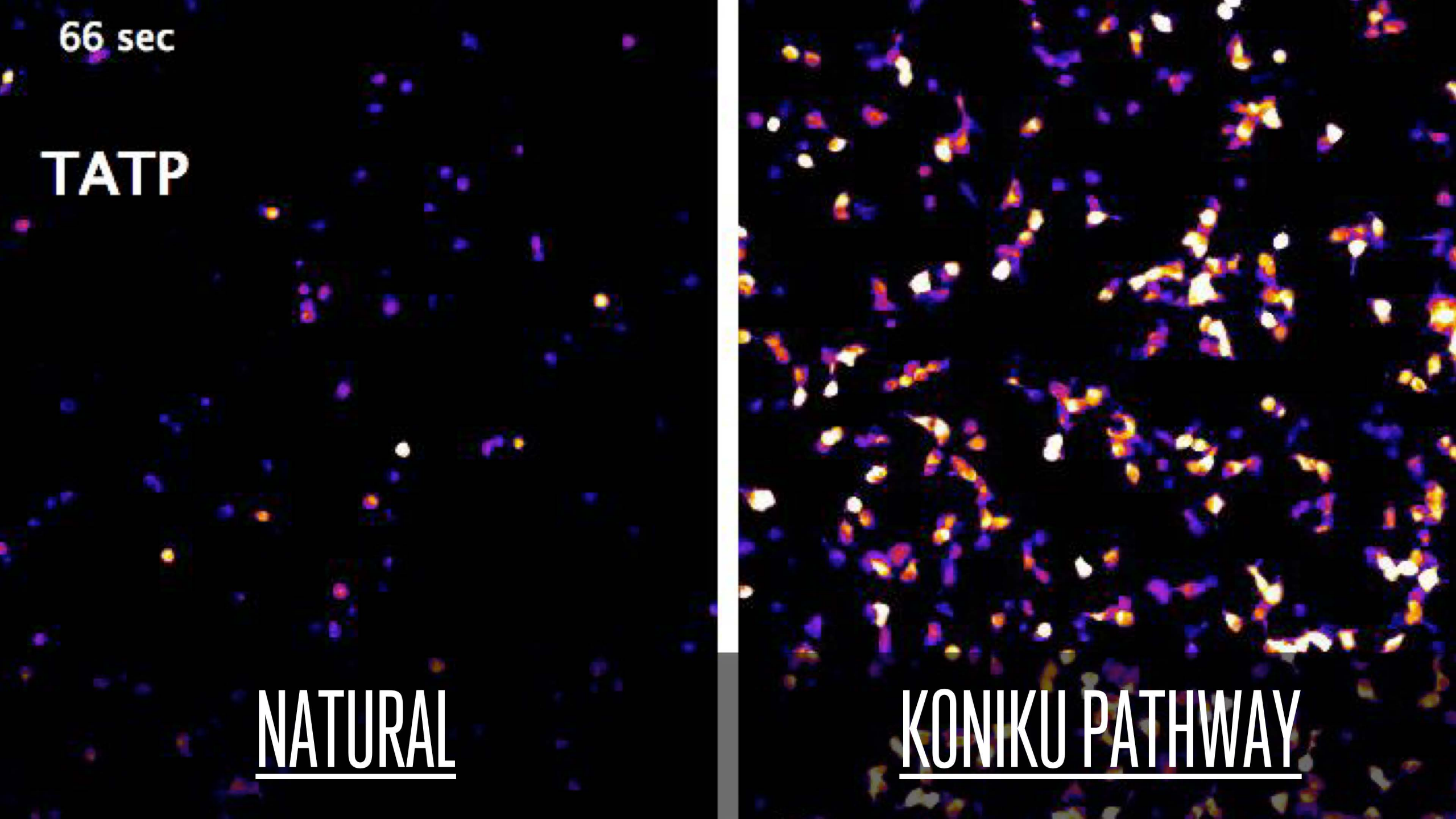
We program living cells using the exact technology a dog uses to smell. Living brain cells are genetically modified & put on a chip to make living machines. The Konikore™ has a microfluidics system, breathable membranes that sample air, & cells which respond as designed. The electronic half of the chip sends the detection signals to any station or device via Wi-Fi. A technology nature has designed for over 600M years. We optimize the base technology with software, experiment design & merge it with silicon. This is the Koniku way!

66 sec

TATP

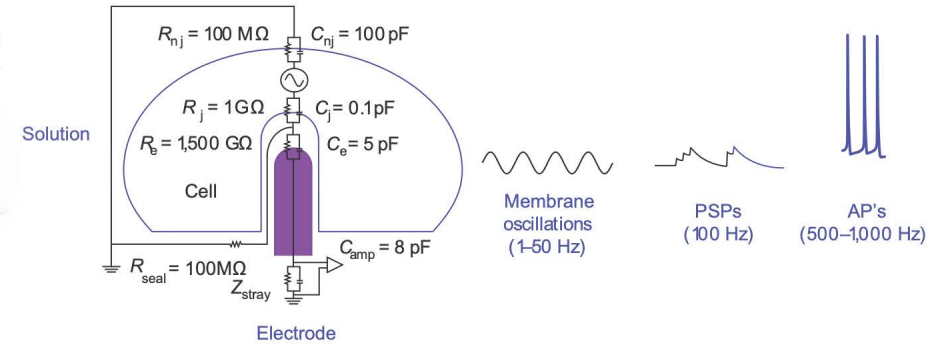
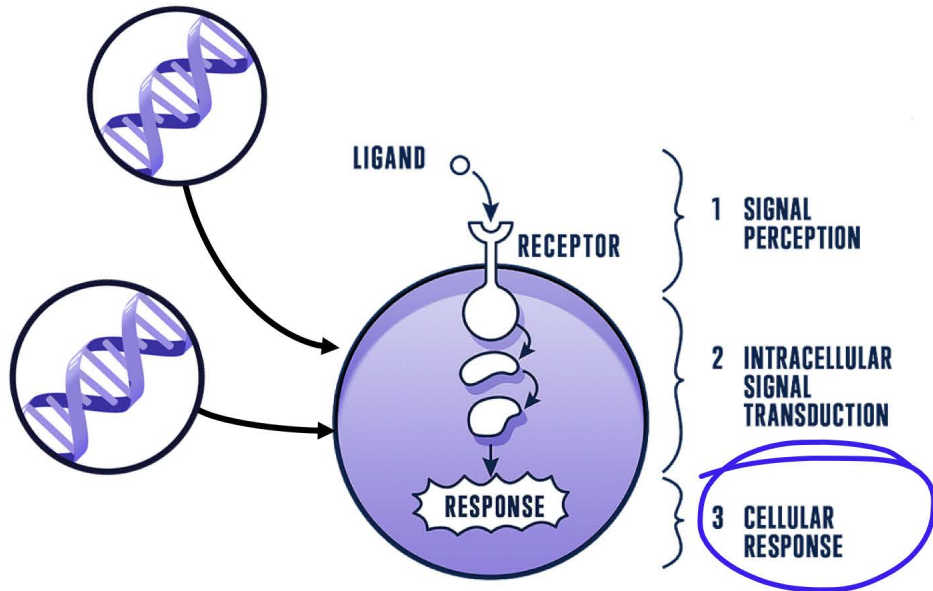
NATURAL

KONIKU PATHWAY

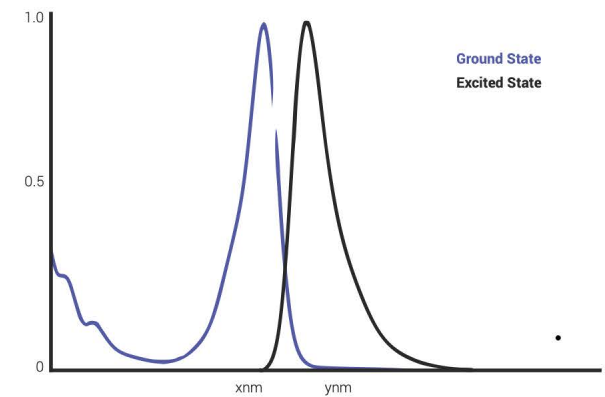
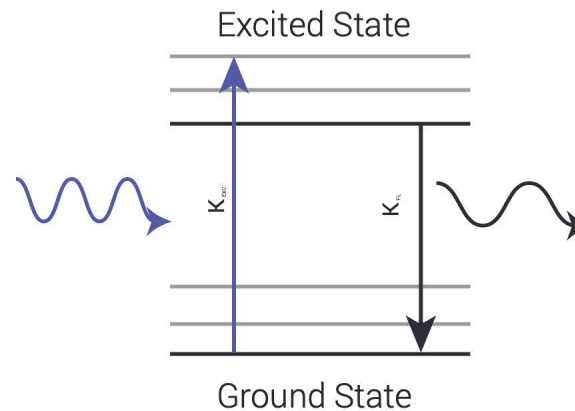


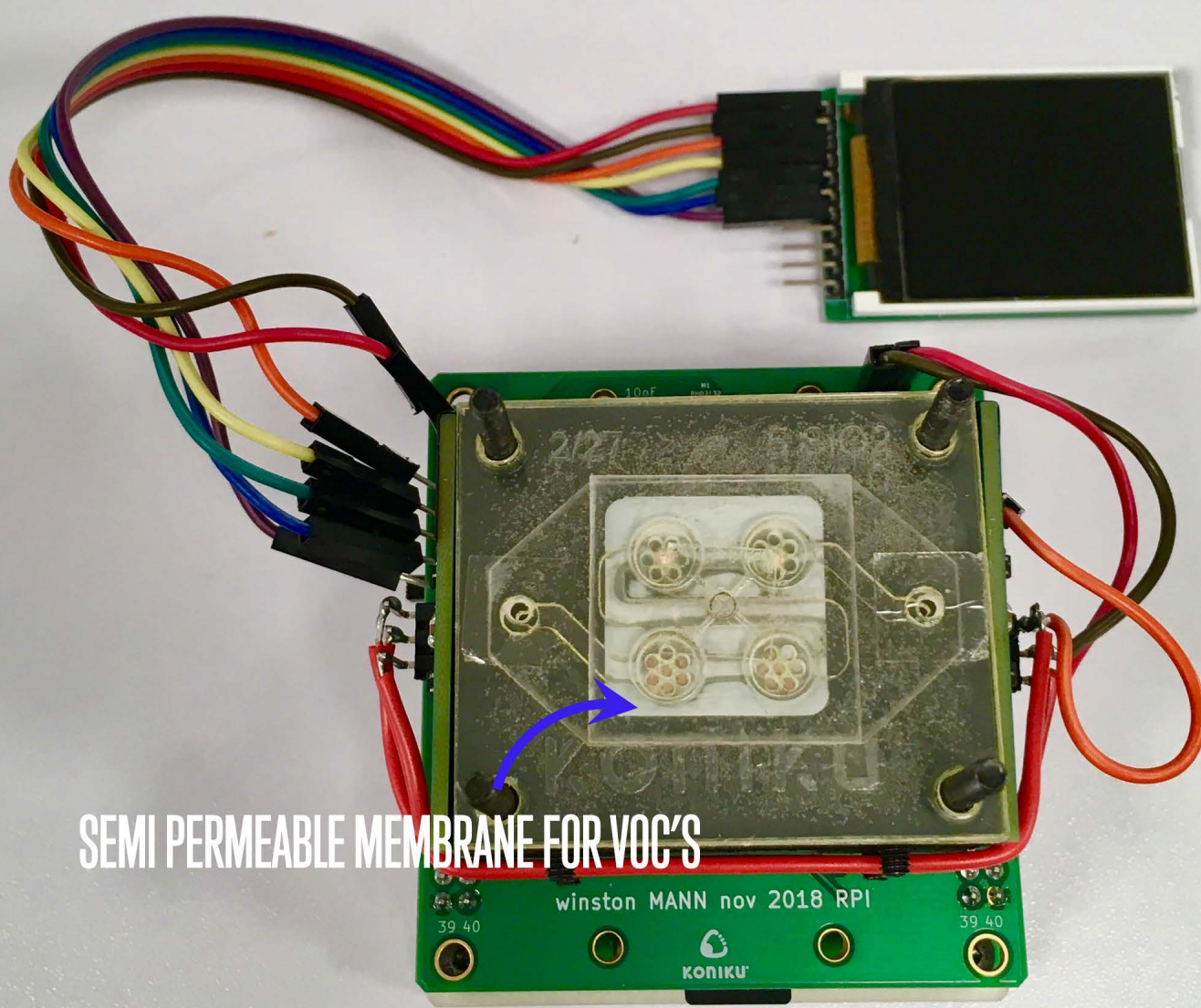
NEURO-ELECTRONIC & PHOTONIC INTERFACING

ELECTRICAL READOUT



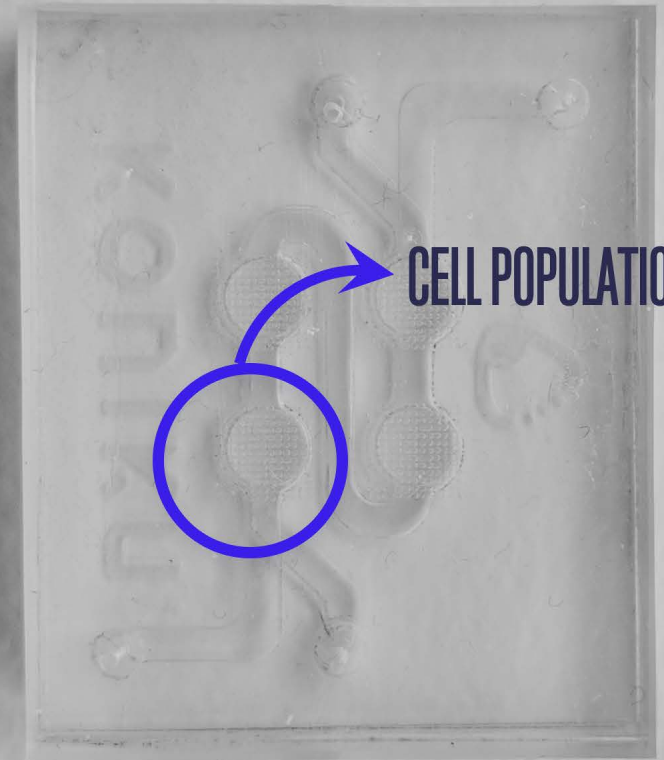
OPTICAL READOUT





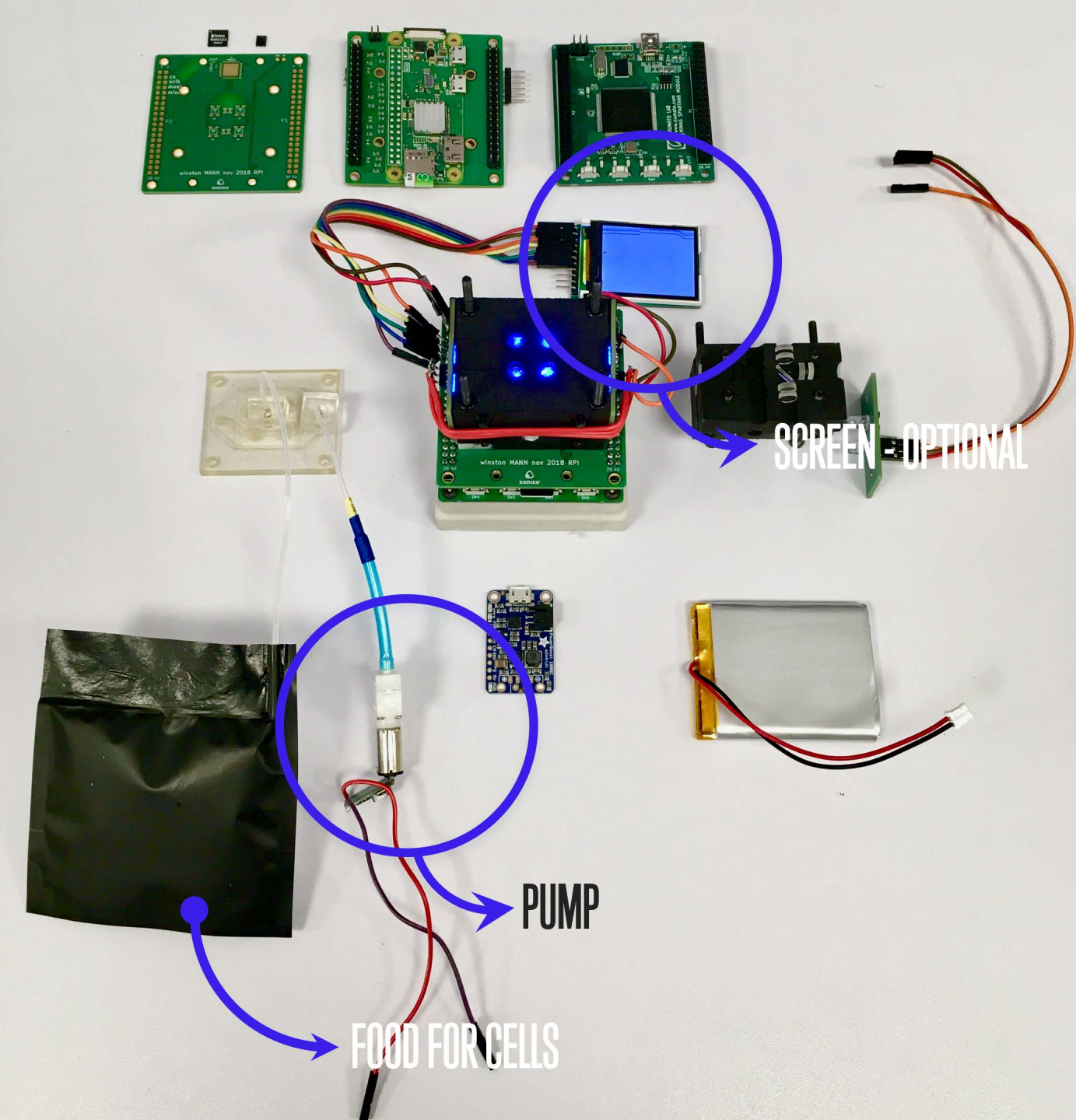
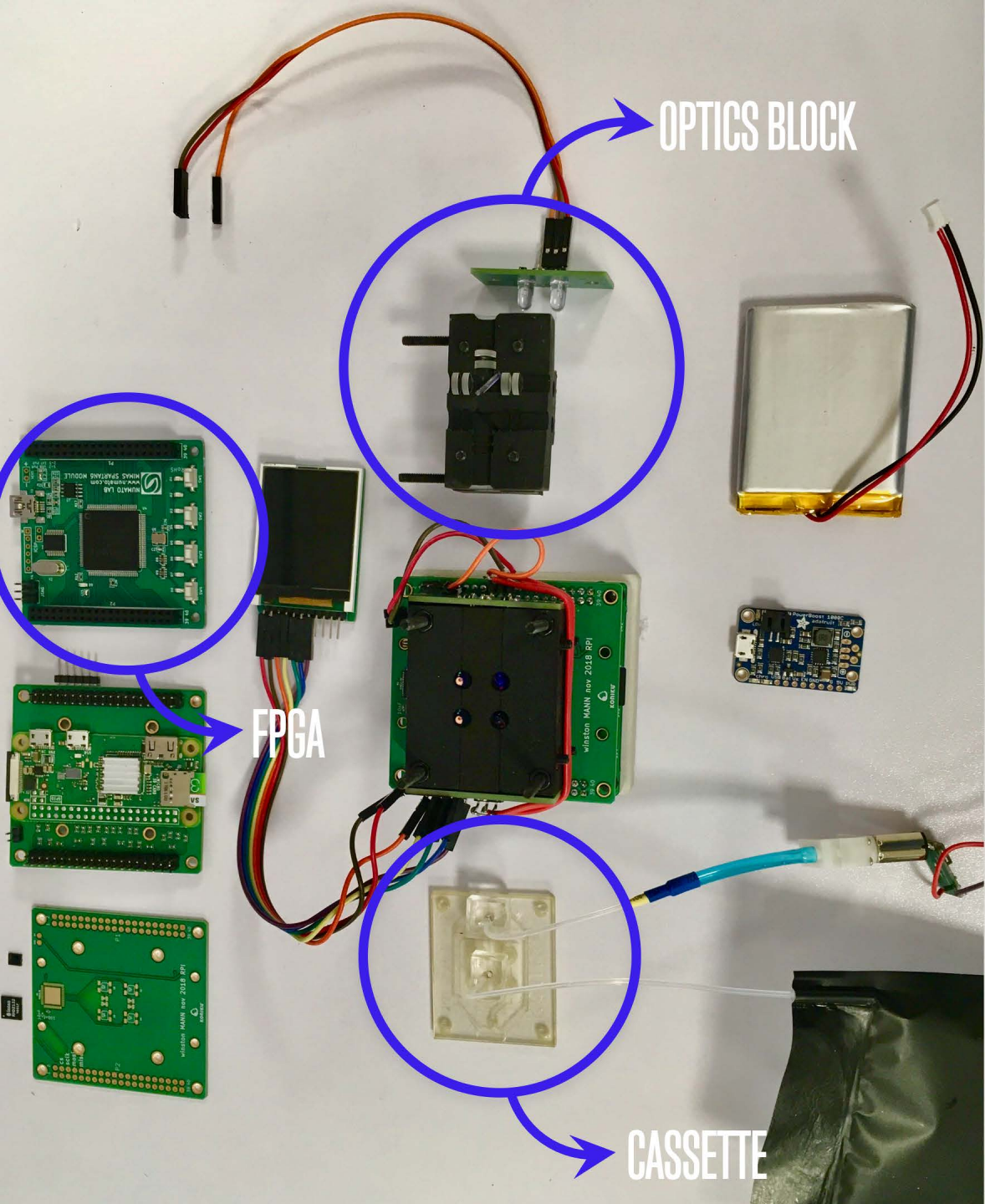
SEMI PERMEABLE MEMBRANE FOR VOC'S

FPGA PROCESSOR, XILINX SPARTAN 6, MICROFLUIDICS, TFT, DUAL USE PROCESSOR BOARDS



CELL POPULATION

3 LAYERED MICROFLUIDIC DEVICE - CASSETTE





KONIKU HAS SOLVED SMELL PROBLEM

BIOINSPIRED
IRIDESCENCE

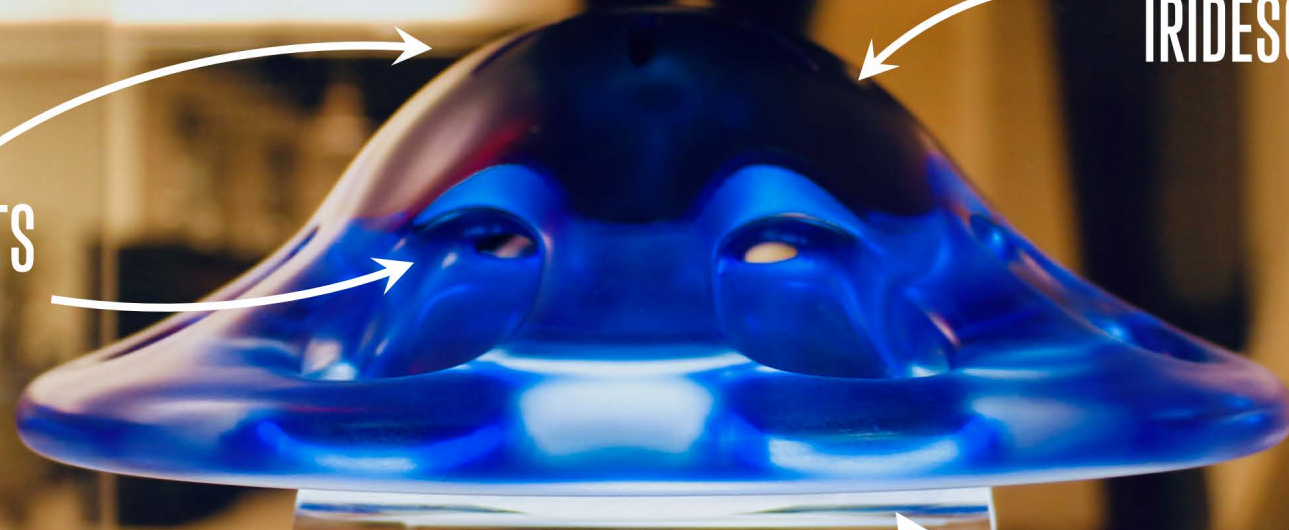
KONIKORE™

BREATHING PORTS

BIOINSPIRED
JELLYFISH SHAPE

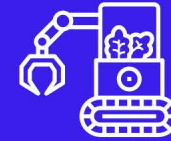


see video: <https://vimeo.com/311979090/36f1efdc65>





SCREEN & DIAGNOSE



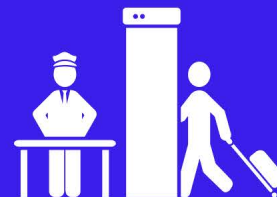
AGRIBOTS



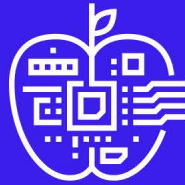
EXPLORATION



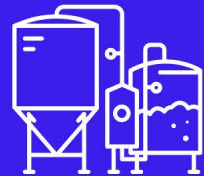
MONITORING



DEFENCE & SECURITY



SMART TASTE



FOOD & CHEM QC



ANIMAL HEALTH

VOC

AGRICULTURE



AGRICULTURE USE CASE: CONTRACT VALIDATION



We create chemistry





SECURITY & DEFENCE



MAKE THE INVISIBLE, VISIBLE

VOC's surrounding a person contains important data. Data which is crucial for security. What are they carrying on their person – is this an enemy or a friend? Just as a dog would do or decipher.



...ULTRA SECURITY WITHOUT QUEUES



EXPLOSIVES



CONTRABANDS



WMD's

Airport & public spaces security should exclude weapons, explosives, drugs, weapons of mass destruction e.g. chemical & biological weapons. VOC's which a dog can detect tie all of these substances together. What if you could miniaturize an actual dog to the size of a smartphone? The strategy or paradigm surrounding security would shift.

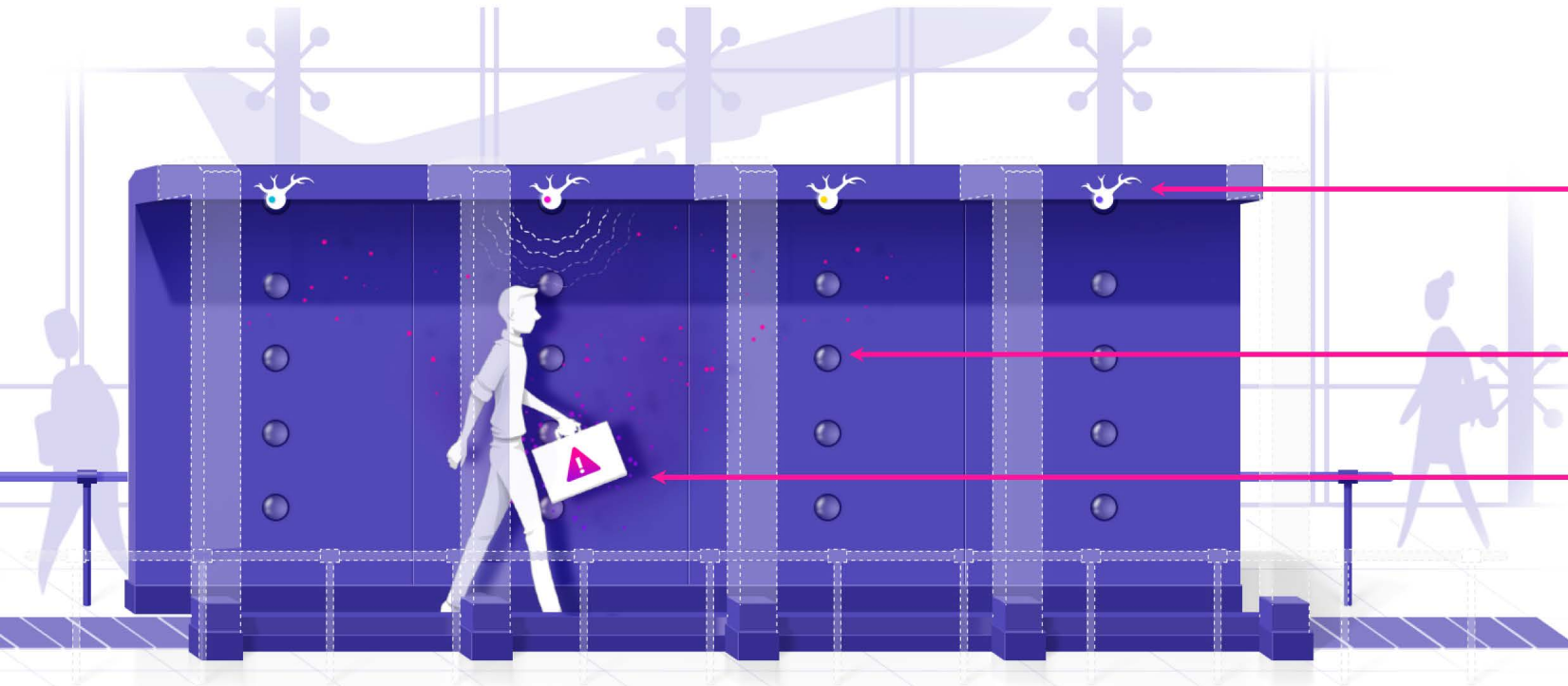
We now have an open but ultra secure space. The security system can choose when, where and whom to scan with minimal or close to zero interruption or interaction. An adversary is mostly blind to defense vulnerabilities.

AIRPORT USE CASE: CONTRACT VALIDATION WITH FIRST CUSTOMERS



Within 5 years, passengers in some airports can travel from curbside to aircraft without divesting their belongings. This technology will be powered by the Konikore brought to you by our partners who currently have more than 40% market share in this vertical. Explosive trace detection using our platform, we can currently detect TATP in <math><200\text{ppb}</math> in less than 8 seconds at a distance of 20cm.*

CLASSIFIED CUSTOMER



- The **Koniku Kore** is embedded in a walkway, transparent tunnel or strategically distributed in a space, in this case an Airport.
- **Different Kores** Detect different issues, explosives, narcotics, chemical weapons, contrabands and more...
- **Controlled Airflow** Within a walkway or strategically placed Konikores in a hall, the airflow is minimally controlled. The kores will "vote" and send a consensus signal to a security and operations center.

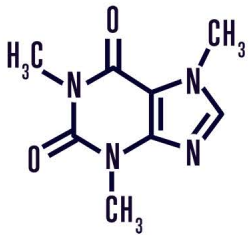
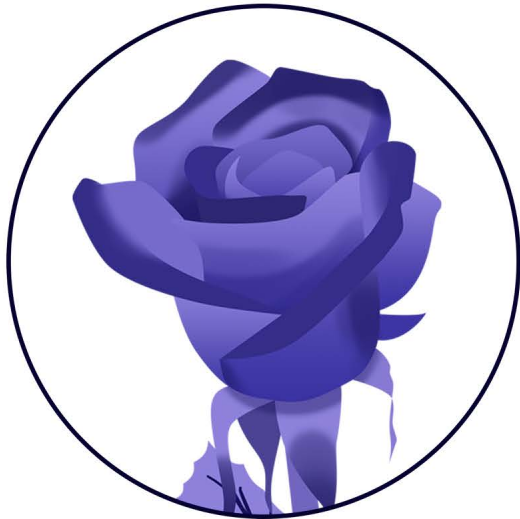
see video: <https://vimeo.com/311979090/36f1efdc65>

CPG & FOOD



MODELLING HUMAN TASTE AND SMELL*

CHEMISTRY



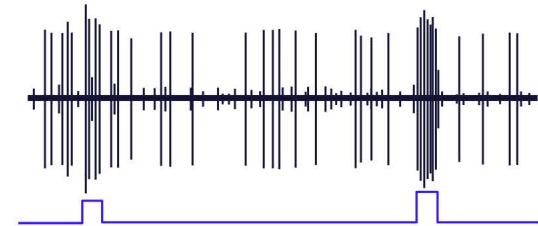
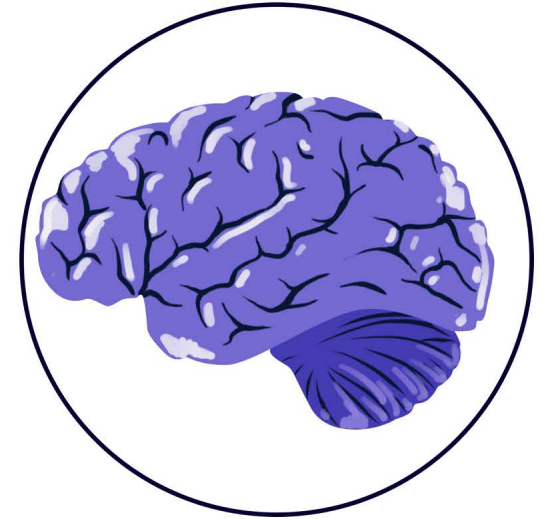
CONVERSION TOOL



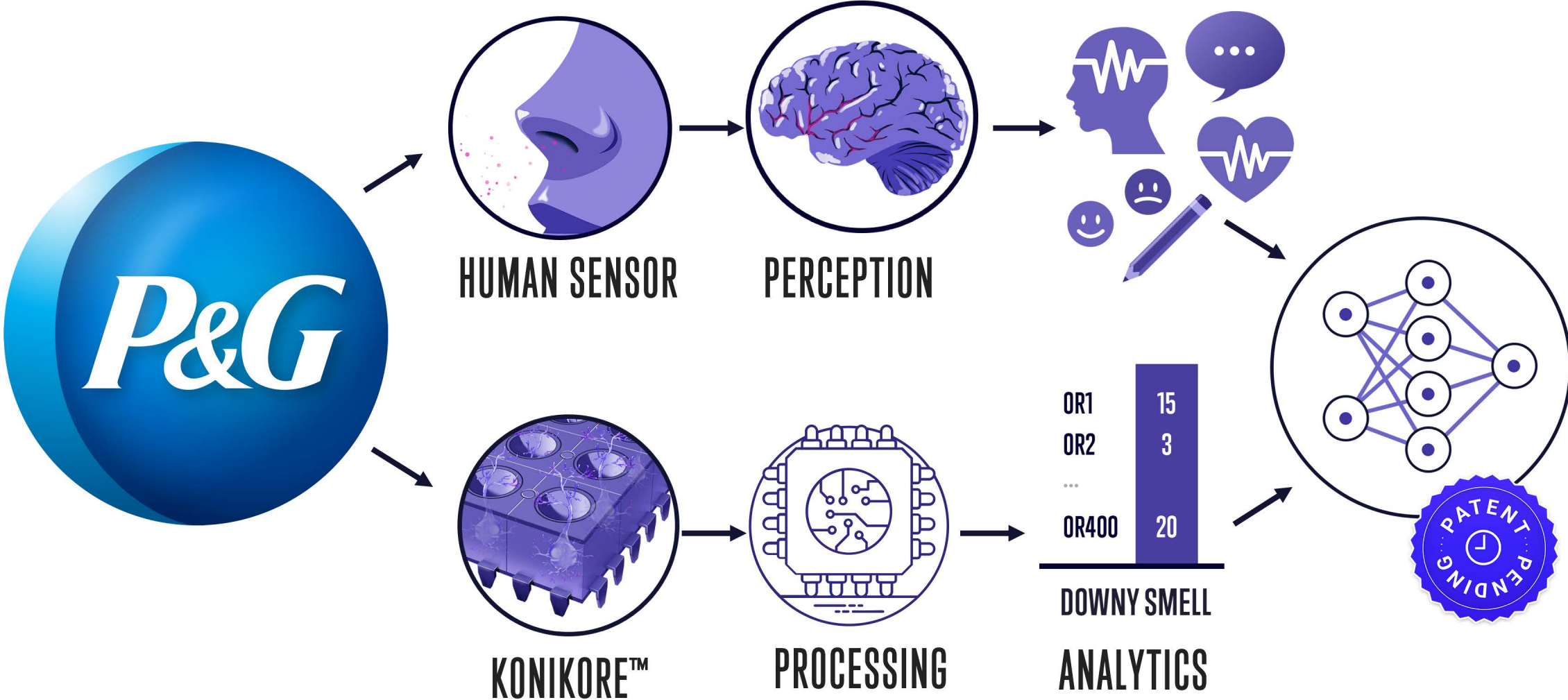
400 HUMAN RECEPTORS

*TASTE IS 80% SMELL

PERCEPTION



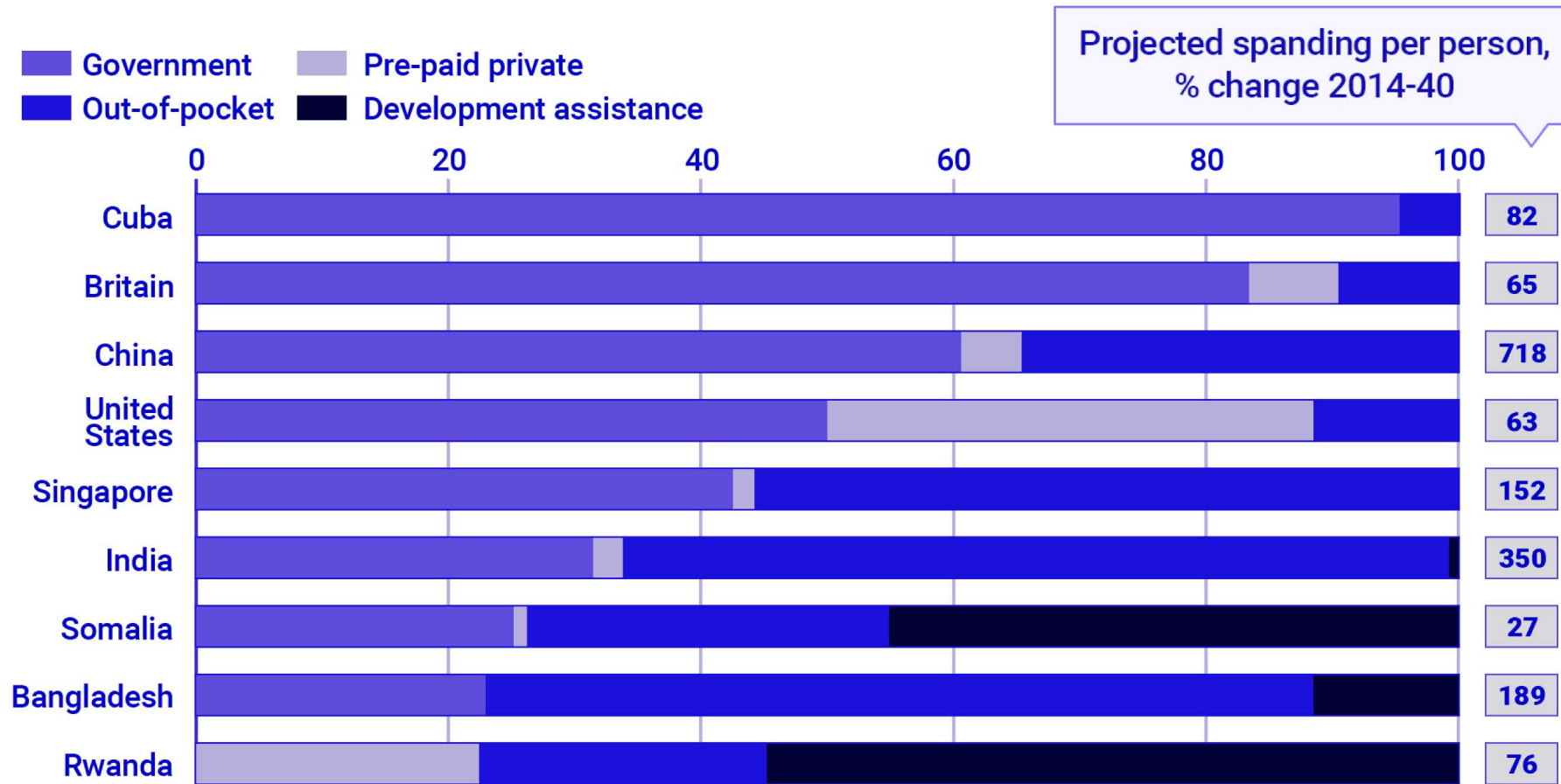
PERCEPTOME™ : CONTRACT VALIDATION



HEALTHCARE



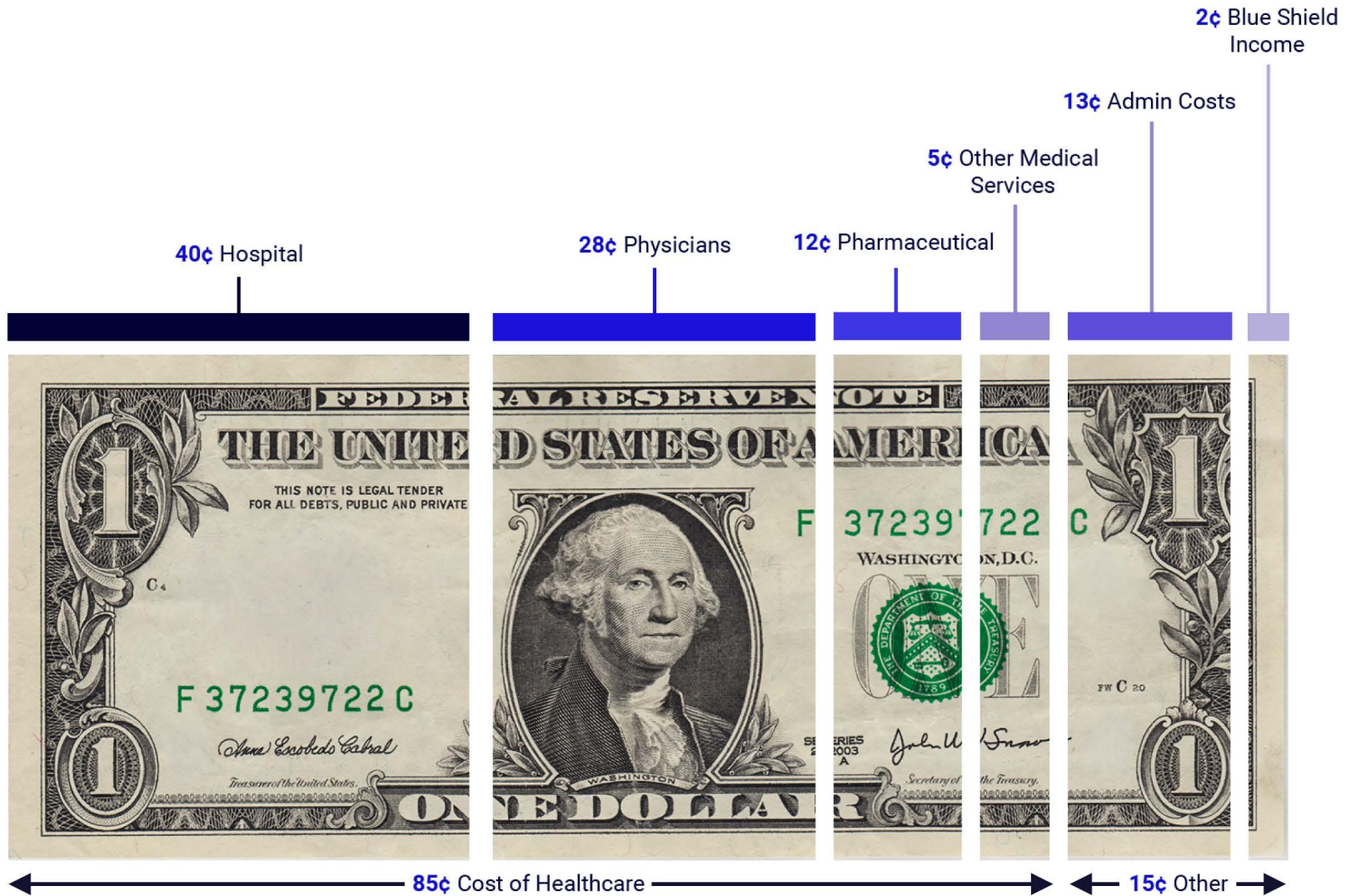
HEALTH-CARE SPENDING % OF TOTAL 2014



Source: Joseph Dieleman, "Future and potential spending on health 2015-40", the Lancet

It's common knowledge that the United States spends more money than any OECD country on health care with a less ROI. Curiously, China improvement in healthcare access has been impressive but that growth will be stunted by many factors including doctors, or qualified medical personnel access. We believe this pain point can only be helped by scaling a technology which allows intervention even before physical medical access is required. The cost growth for China alone is estimated at 700%.

WHERE DOES THE MONEY GO?



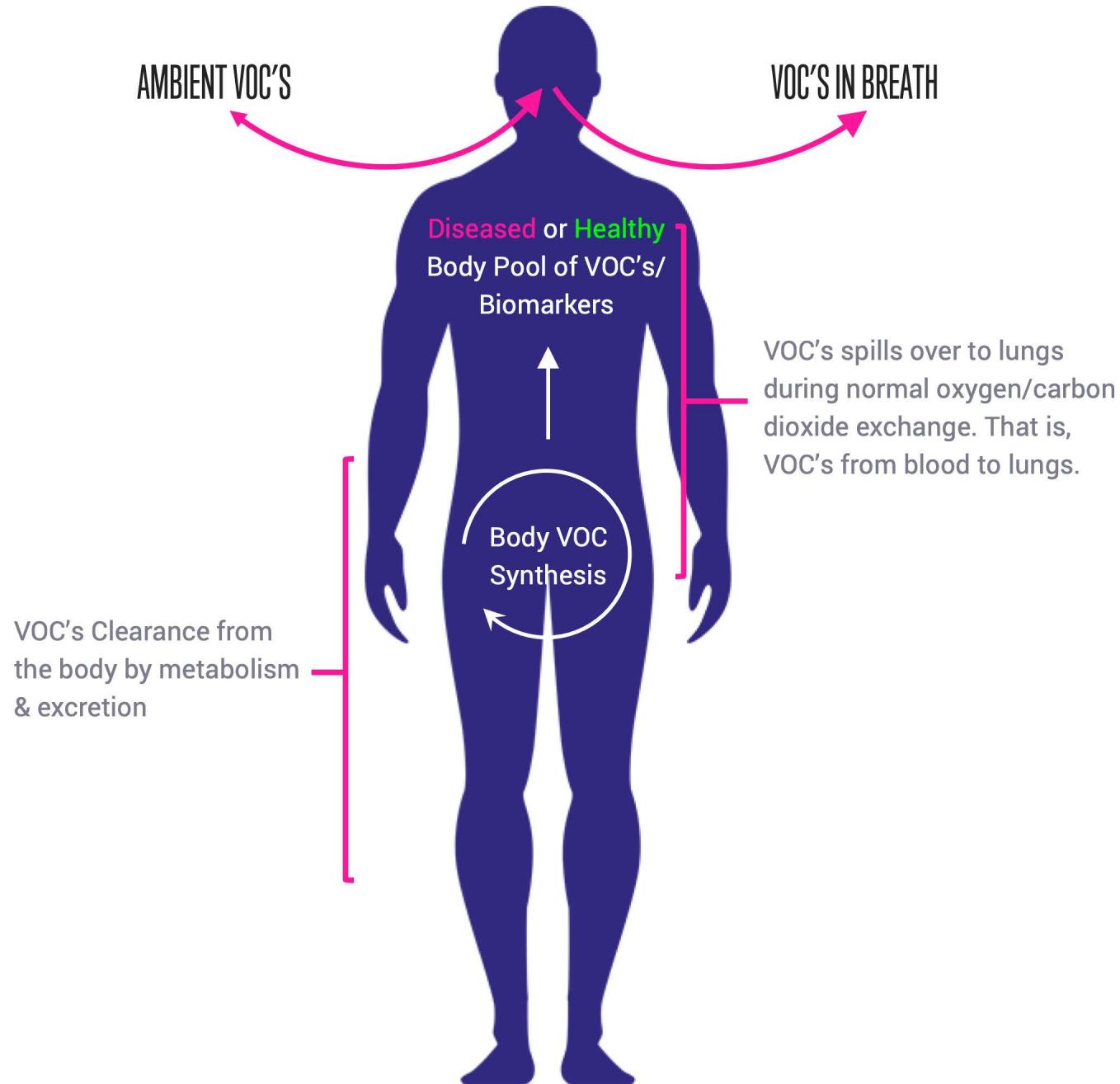


HEALTH BY BREATH™

Volatile organic compounds or VOC's emanate from your lungs. They are ultimately produced by cells everywhere in your body. The VOC's produced by a cell, tissue or organ must change depending on the health/state of an individual cell. We can detect these VOC's.

However, key technical challenges remain. For example,

1. Breath VOC's as biomarkers are notoriously noisy.
2. Current technologies for detection are lousy - they are all based on some form of spectroscopy.



LIVER CIRRHOSIS

11 VOC'S

SCIENTIFIC REPORTS 2015

PNEUMONIA

12 VOC'S

SCIENTIFIC REPORTS 2015

6 BACTERIA

4 VOC'S

PLOS PATHOGENS 2013

REVIEW

31 STUDIES

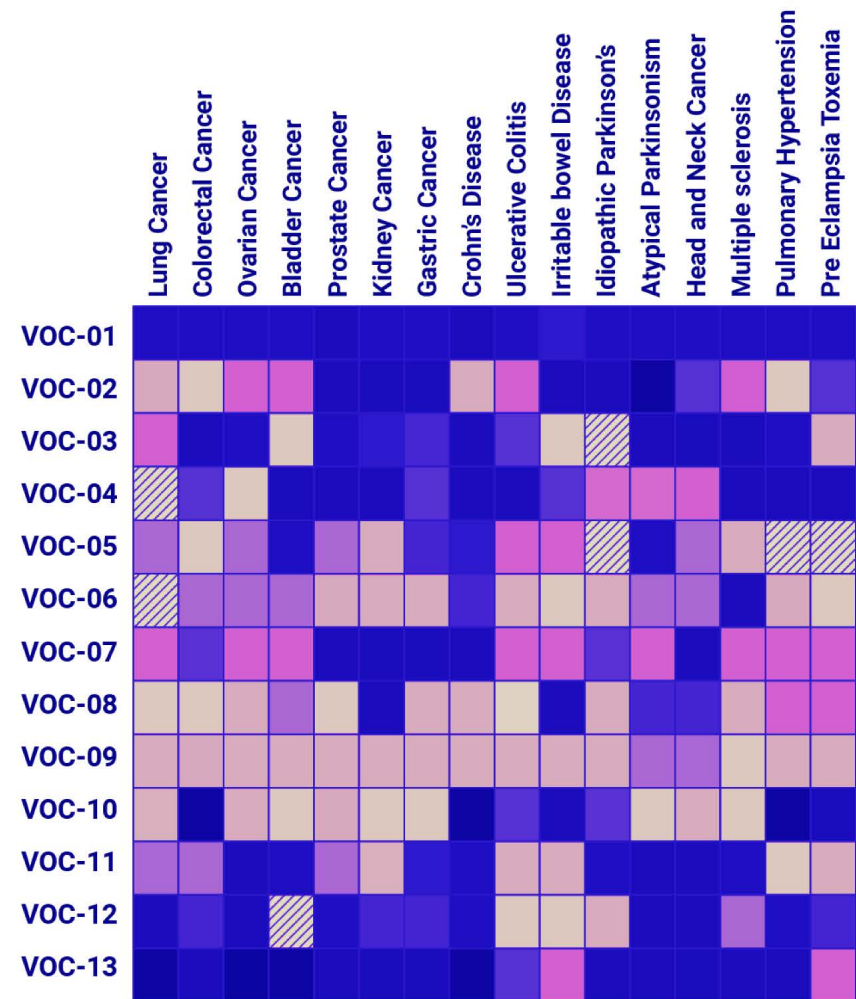
PLOS PATHOGENS 2013

SCREENING/SCREENING

WE AIM TO DETECT MUCH SIMPLER AILMENTS LIKE HALITOSIS OR LIFESTYLE ISSUES FIRST...



2028/2029, walk into your bathroom and breathe on a device. The Konikore™ maps all the VOC in your breath. Detects the earliest onset of disease. Order's medicines for you, keeps your body & mind in top form. Our current verticals will lead us there.



Heat map of the GC-MS analysis of patients' breath samples, at the individual VOC level, it nearly impossible to diseases in (rows). At the overall VOC composition (columns), the signature is clear.

DOI: 10.1021/acsnano.6b04930 ACS Nano 2017, 11, 112-125

SCIENTIFIC REPORTS | 4 : 3576 | DOI: 10.1038/srep03576,

HEALTHCARE IS PROBABLY A DATA QUALITY PROBLEM



A SOLUTION WHICH ALLOWS DOCTORS TO PULL VAST AMOUNTS OF ORGAN, TISSUE, OR EVEN CELLULAR RESOLUTION, NON-INVASIVE HEALTH DATA FROM PATIENTS. A CONTINUOUS, RELIABLE, SCALABLE, POPULATION LEVEL DATA WHICH COULD YIELD TRENDS, PREDICTIVE AND ACTIONABLE INFORMATION FOR THE INDIVIDUAL AND COMMUNITY. THIS IS WHY KONIKU INC. EXISTS.

THE PLATFORM TECHNOLOGY:

1 TECHNOLOGY,
1 KORE...MANY
VERTICALS

SECURITY*

\$2.6B

5% CAGR

'DIGITAL FOOD'†

\$800B

3% CAGR

DIAGNOSTICS

\$390B

5% CAGR

INDUSTRIAL

\$3.3B

6% CAGR

TAM - KONIKU

>\$250B

2020

CPG

\$349B

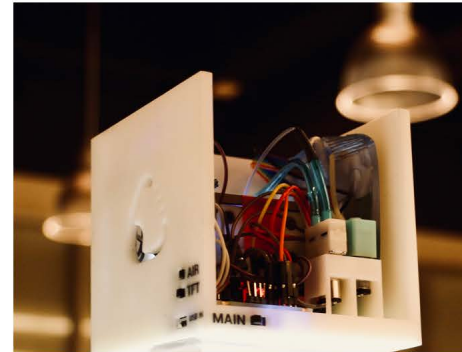
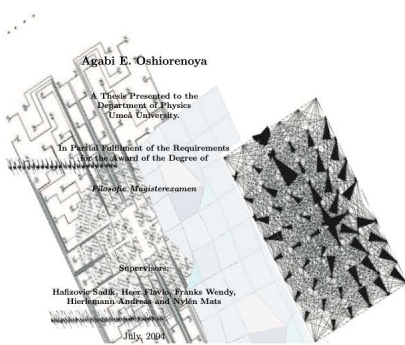
3% CAGR

* Explosive Trace Detection Market Size – Detailed Data Available on request

† Designing food taste, this vertical is estimated to reach nearly 1.5 Trillion USD, we focus on 'digital food' for now.

DEVELOPMENT, MANUFACTURING, & HIRING FOR SCALE - CURRENT STATUS

On Neuronal Ensemble Computations



2004 - 2015 Grad. School R&D

A computational substrate combining (Osh. Agabi - PhD Studies) biology & silicon was funded by the EU, Swiss & UK Govt. within various R&D projects in Academia.

2016 Product Design

Koniku Inc. was formally founded in the US in 2015. Did a seed round of \$1.4M, device the size of small microwave oven. Closed major contracts.

Q3 2018/Q1 2019 75 Devices/Month

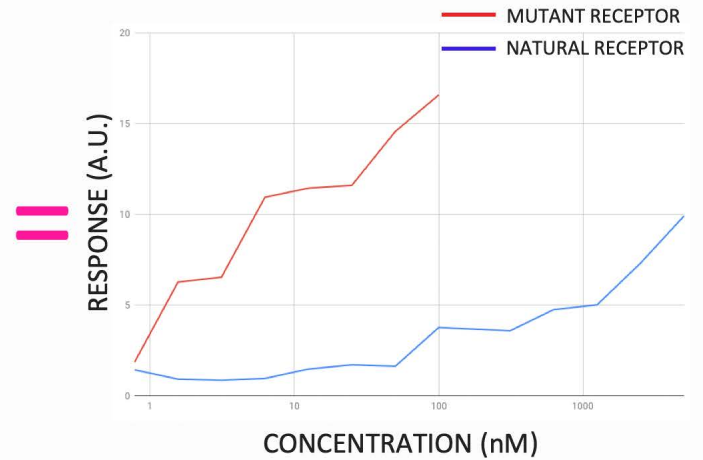
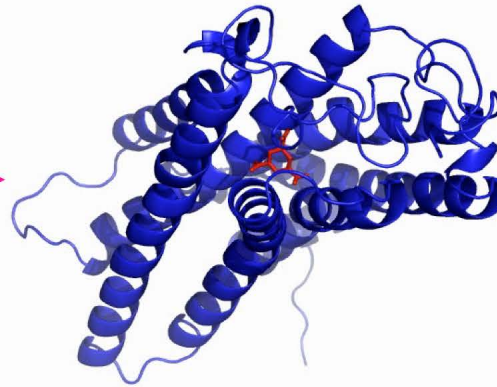
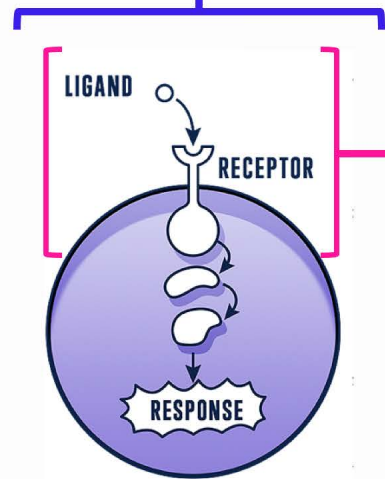
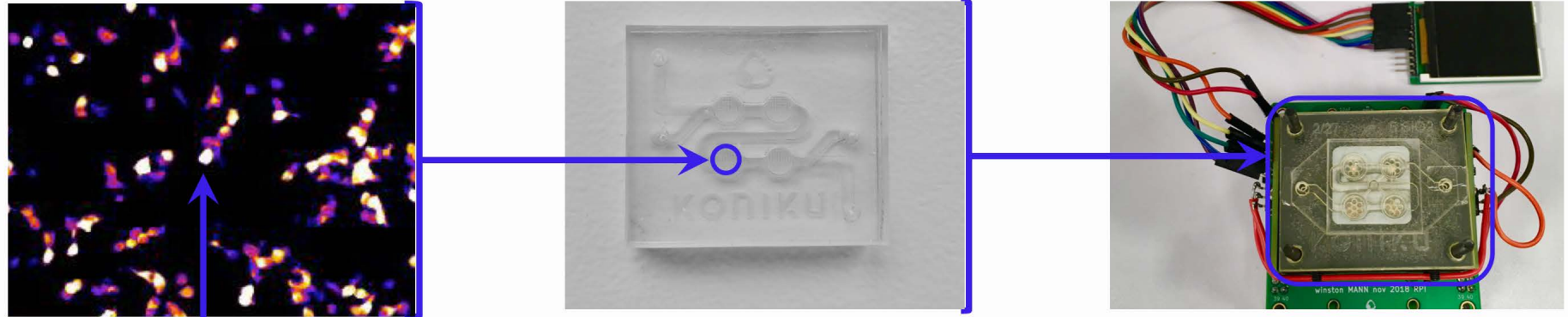
Achieved a milestone of the capacity to produce 40 fully functional devices per month. Cost of device under \$1200. Can detect explosives in 200ppb in non contact mode

Q4 2020 / Q2 2021 10,000 Devices/Month

Aiming to produce 100 fully tested functional devices @Q4 2019. Production & QC should be automated. Q2 2021 producing 10K Devices/Month.

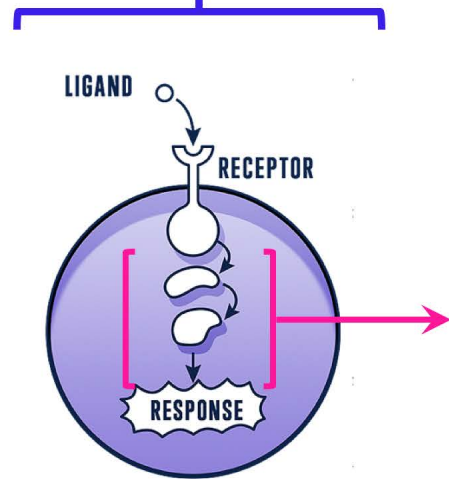
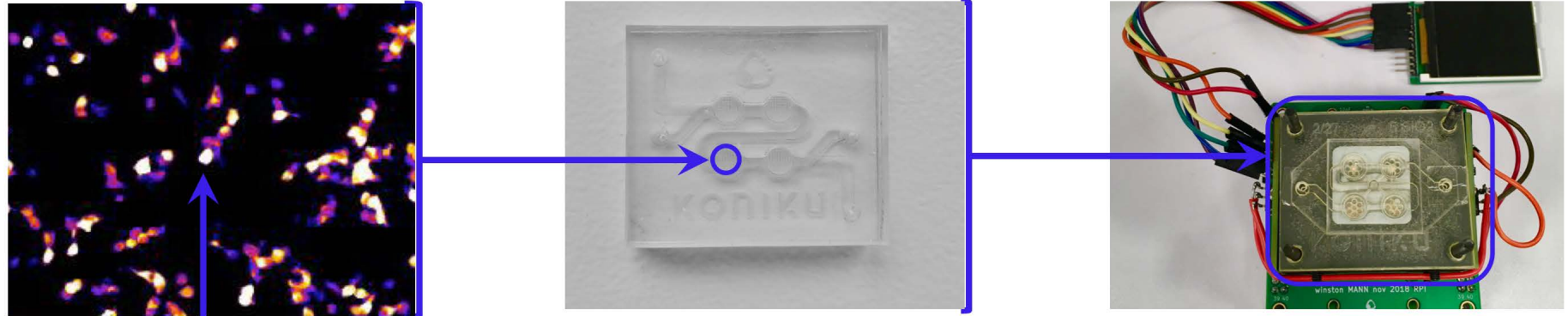
THE PLATFORM TECHNOLOGY:

1 TECHNOLOGY,
1 KORE...MANY
VERTICALS

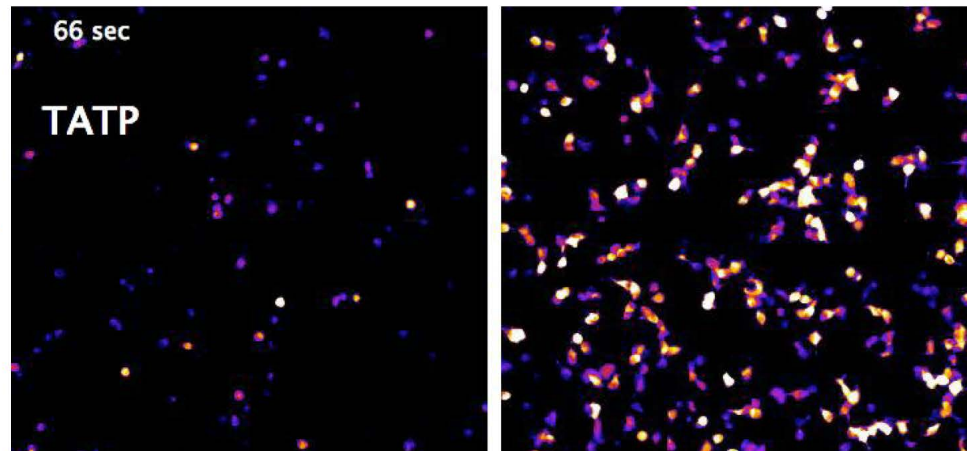


THE PLATFORM TECHNOLOGY:

1 TECHNOLOGY,
1 KORE...MANY
VERTICALS



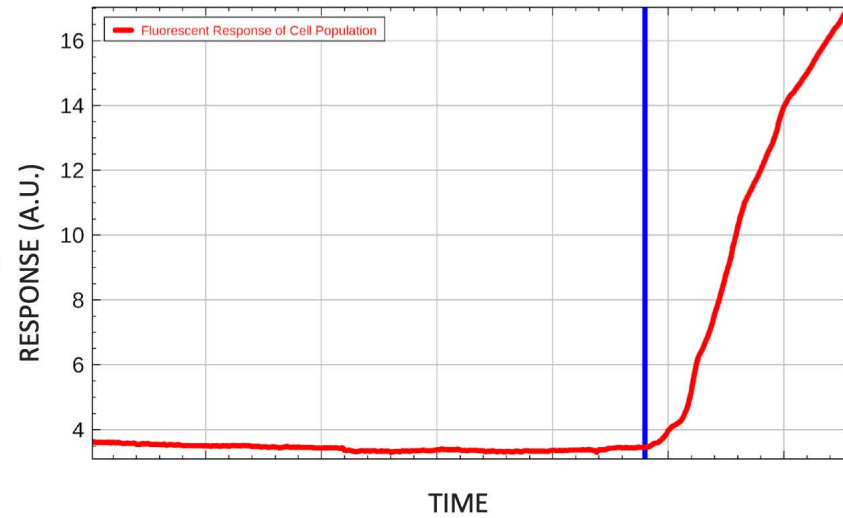
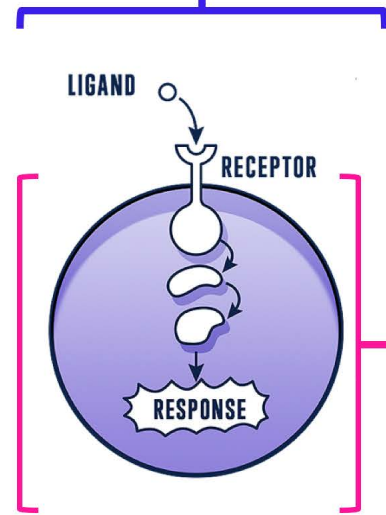
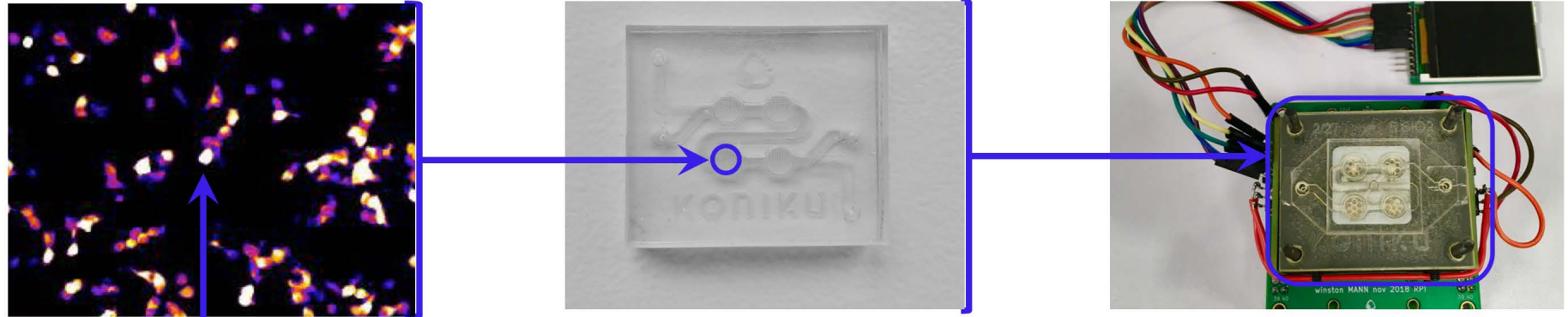
NATURAL PATHWAY RESPONSE TIME = 20 – 40 SECONDS



KONIKU PATHWAY RESPONSE TIME = 3 – 8 SECONDS

THE PLATFORM TECHNOLOGY:

1 TECHNOLOGY,
1 KORE...MANY
VERTICALS



MANUAL CULTURES TO MACHINE PRECISION



Preparation or culturing of cells has remained largely unchanged in the last decades. Automation technologies are rampant in many industries in Biotech its limited to a few spectacular labs or for a specified function. Full-on automation of cell culturing is not yet the norm.

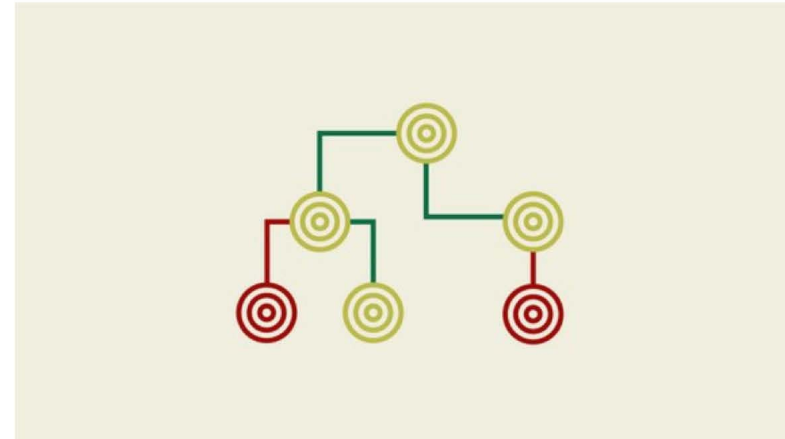
It's crucial to Koniku's business model that this problem is solved. Two companies have made significant inroads in this direction Transcriptic Labs and Emerald Therapeutics have demonstrated the feasibility of this on a large scale.

SHARE



ADAM ROGERS SCIENCE 02.15.19 07:00 AM

DARPA WANTS TO SOLVE SCIENCE'S REPRODUCIBILITY CRISIS WITH AI



🔊 NATURE CAREERS PODCAST • 25 APRIL 2019

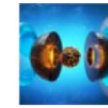
Working scientist podcast: How technology can help solve science's reproducibility crisis

Machine learning and data management skills can raise your scientific profile and open up career opportunities, Julie Gould discovers.



Subscribe

MOST POPULAR



SCIENCE
A Bizarre Form of Water May Exist All Over the Universe
JOSHUA SOKOL



SCIENCE
The Chernobyl Disaster Might Have Also Built a Paradise
ADAM ROGERS



BACKCHANNEL
Inside China's Surveillance Crackdown on Uyghurs
ISOBEL COCKERELL

→ MORE STORIES

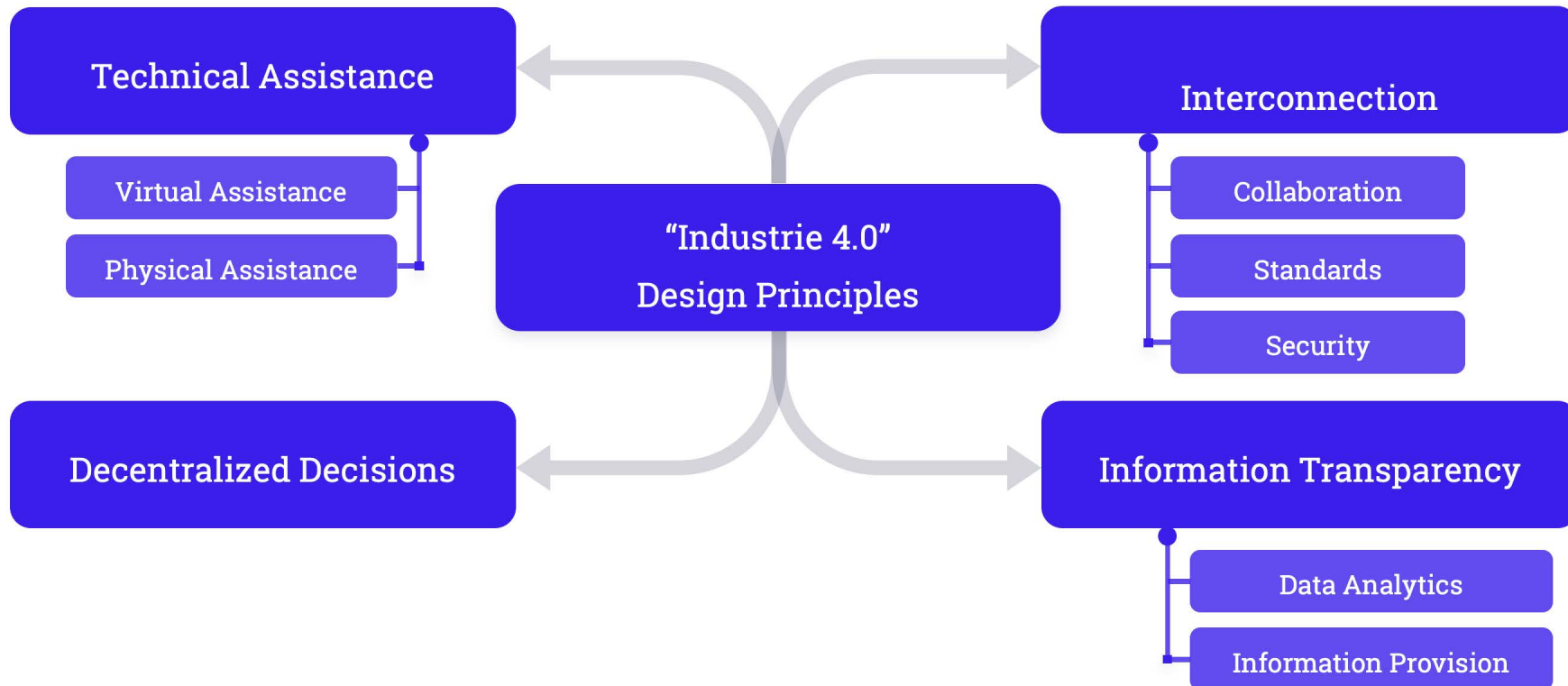
RELATED ARTICLES

Scientists lift the lid on reproducibility



A good dataset is a great citation and a great way to build your profile as a researcher,

INDUSTRIE 4.0 + SYNTHETIC BIOLOGY

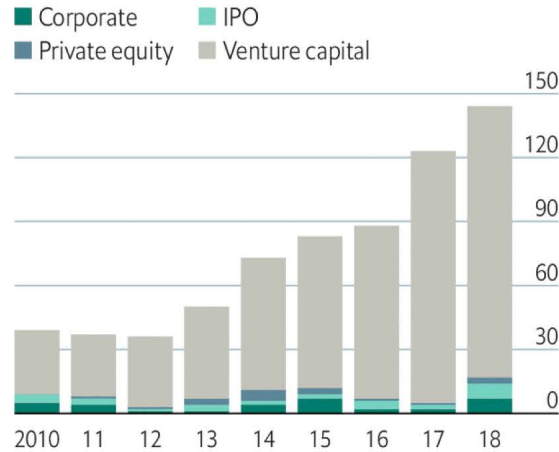


STAKING OUT A POSITION: WHAT IS YOUR SYN BIO STRATEGY?



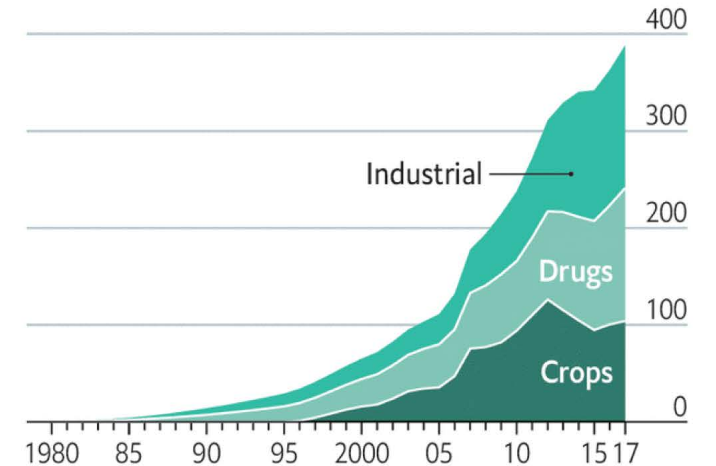
Ratcheting up

Number of investment deals in synthetic biology
By type, United States



Growth industry

United States, estimated biotechnology revenues, \$bn



VC FUNDING 2018

\$3.8B

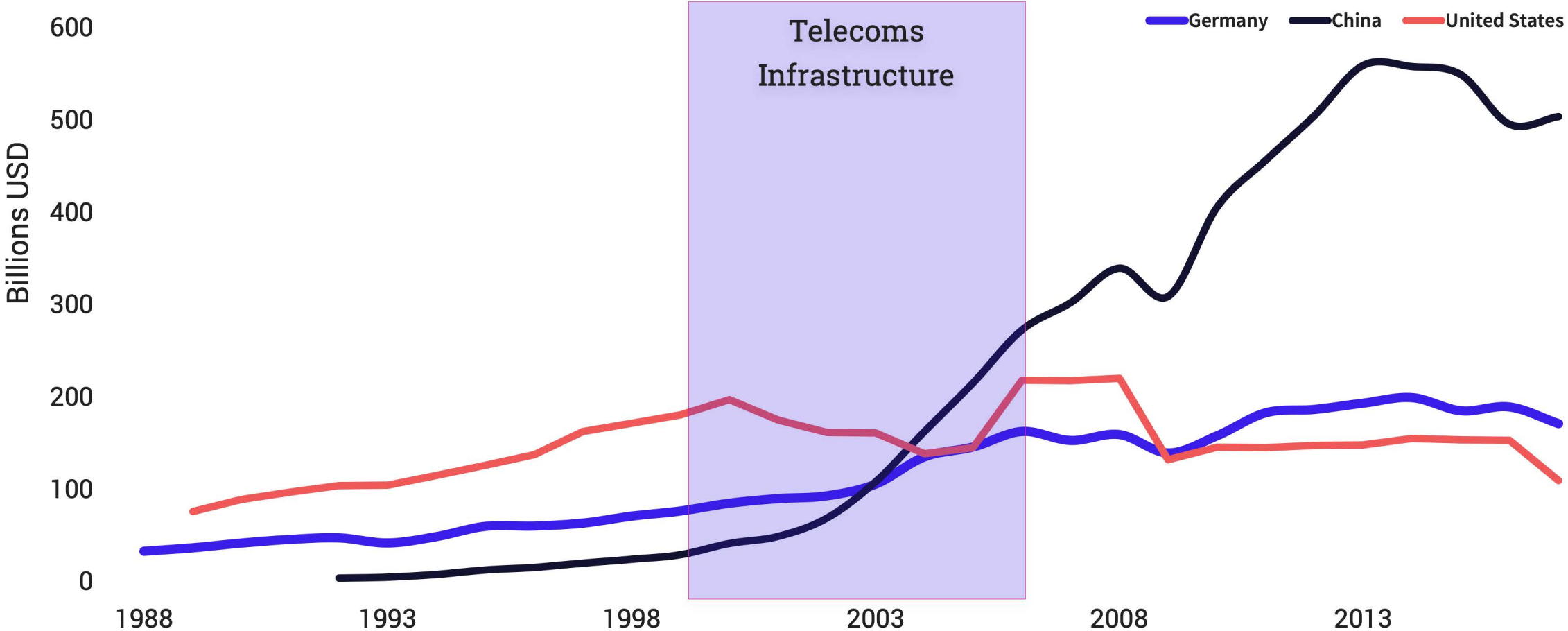
NEW CO.'S/ YEAR

>90

IPO'S IN 2018

>5

HIGH TECHNOLOGY EXPORTS - THE SCORE CARD

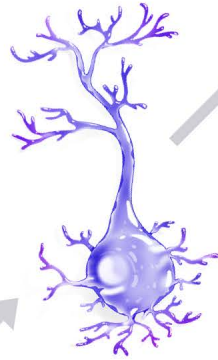


United Nations, Comtrade Database Through the WITS Platform.

NEXT STOP: A MANUFACTURING & SUPPLY FRAMEWORK

CELLS PRODUCTION

This is a proven technology brick. See for example: Daniel Paull et. al. Nature Methods: doi:10.1038/nmeth.3507



TEST AND STORAGE

This is a proven technology brick. See for example: Daniel Paull et. al. Nature Methods: doi:10.1038/nmeth.3507



PACKAGING & ASSEMBLY

Following in the lead of the Silicon Industry we have identified microfluidics alignment, cell micro population array as key issues to be solved.

We employ existing industrial frameworks for quality control challenges.

DATA & PHYSICAL LOGISTICS

Handling data in storage mode coupled with the attendant physical logistics of a perishable technology present its own challenges with industrial precedents. Example, the transportation of live cells in the biotech sector falls within a regulatory category with clear guidelines.

```
61  CCAGAGCACCAGCAGCTGTCTAAGCCCTGTCTCTGATGATACCTCACCAGTGTCTA 120
61  CCAGAGCACCAGCAGCTGTCTAAGCCCTGTCTCTGATGATACCTCACCAGTGTCTA 120
121  GGGAACTGATCATCATCTCCTCATTCTACTGGATTCCCACTCCACACCAGCATGTAC 180
121  GGGAACTGATCATCATCTCCTCATTCTACTGGATTCCCACTCCACACCAGCATGTAC 180
181  TTGTTCTCAGGACTGTCTCTCTGAGCCCTGCTTTCTCTGTATTAGATGCCAAG 181
181  TTGTTCTCAGGACTGTCTCTCTGAGCCCTGCTTTCTCTGTATTAGATGCCAAG 181
```

#KONIKORE
#VOC'S
#SYNTHCOG

**VISIT US, SEE THE BEGINING
OF THE NEW AGE OF
LIVING MACHINES...IT GOES BEYOND VOC'S & SMELL**



BIO IS TECH™

740 HEINZ AVENUE, BERKELEY CA, 94710



Session Gesundheit (engl. Health)



UNIVERSITY OF
HOHENHEIM



University of Stuttgart
Germany



Fraunhofer

NMI
schafft Ergebnisse

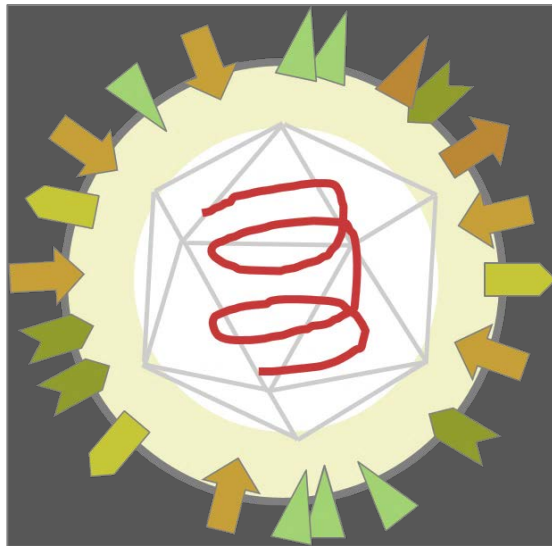


Folie 1



BIOINTELLIGENT STRATEGIES AND PROCEDURES FOR HEALTH RESEARCH

Competence Center for Biointelligence



Prof. Dr. Susanne Bailer, Fraunhofer IGB

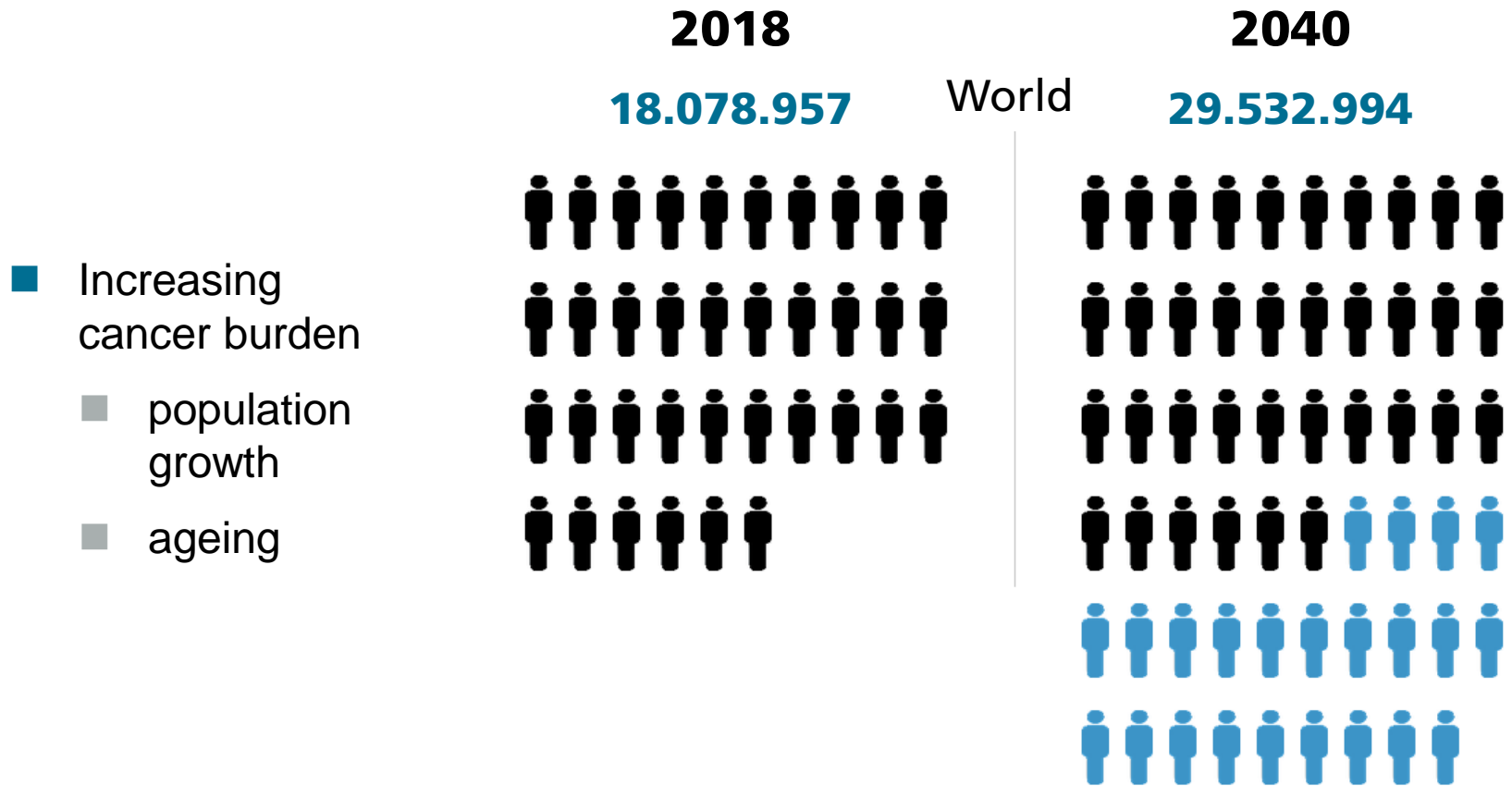
Stuttgart, May 15, 2019



Motivation for Biointelligence in Healthcare

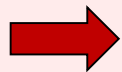
- Available therapies often aim at treating a broad range of patients; many drugs have severe side-effects (eg. cancer therapies).
- For many diseases, effective and sustainable therapies are lacking altogether (eg. Alzheimer). Highly potent drugs can no longer be widely applied (eg. antibiotics).
- Drug development is extremely expensive and inefficient.
- Current diagnostics are often insufficient to make an accurate diagnosis.

Cancer – Today and Tomorrow



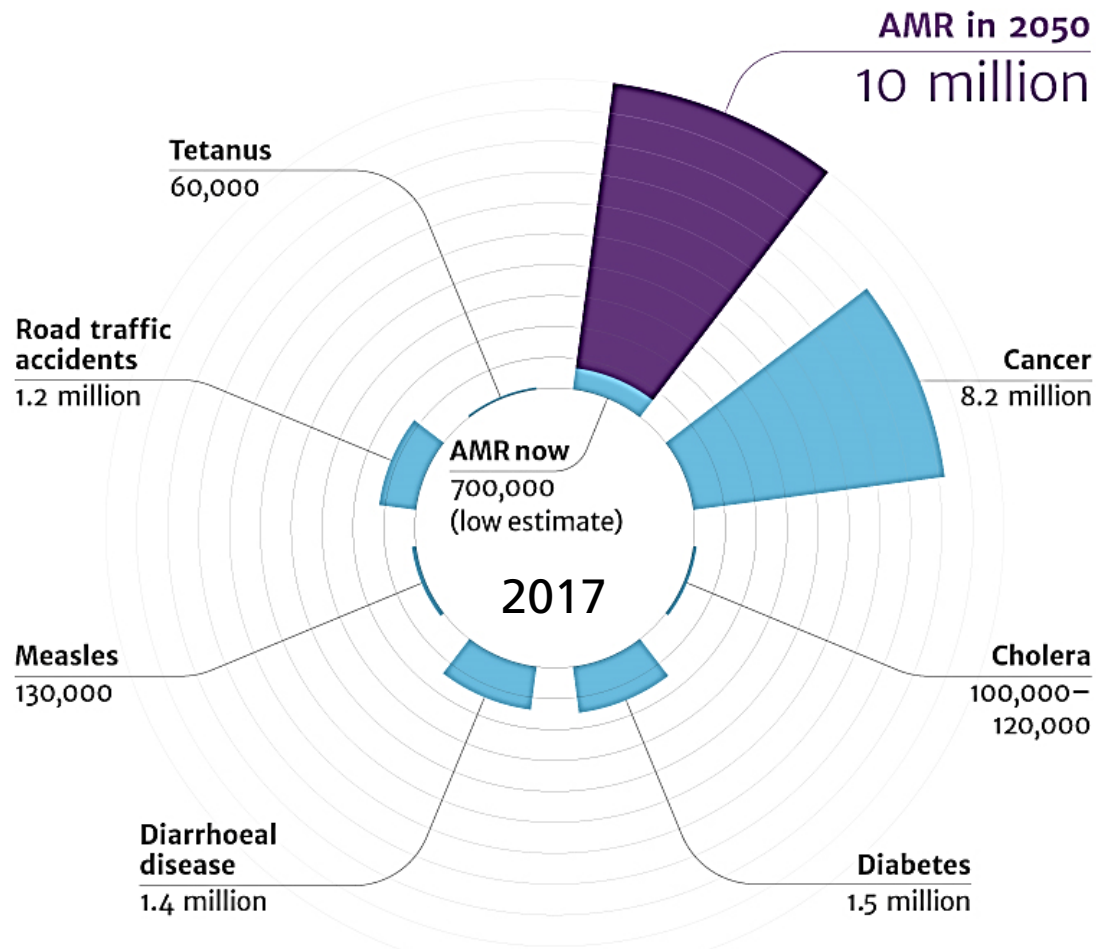
Data source: GLOBOCAN 2018
Graph production: Global Cancer Observatory (<http://gco.iarc.fr/>)
© International Agency for Research on Cancer 2018

International Agency for Research on Cancer
World Health Organization



Urgent need for innovative cancer therapies.

Antibiotic Resistance



A failure to address the problem of antibiotic resistance could result in 10 Mio deaths and costs of 100 Trillion US\$.

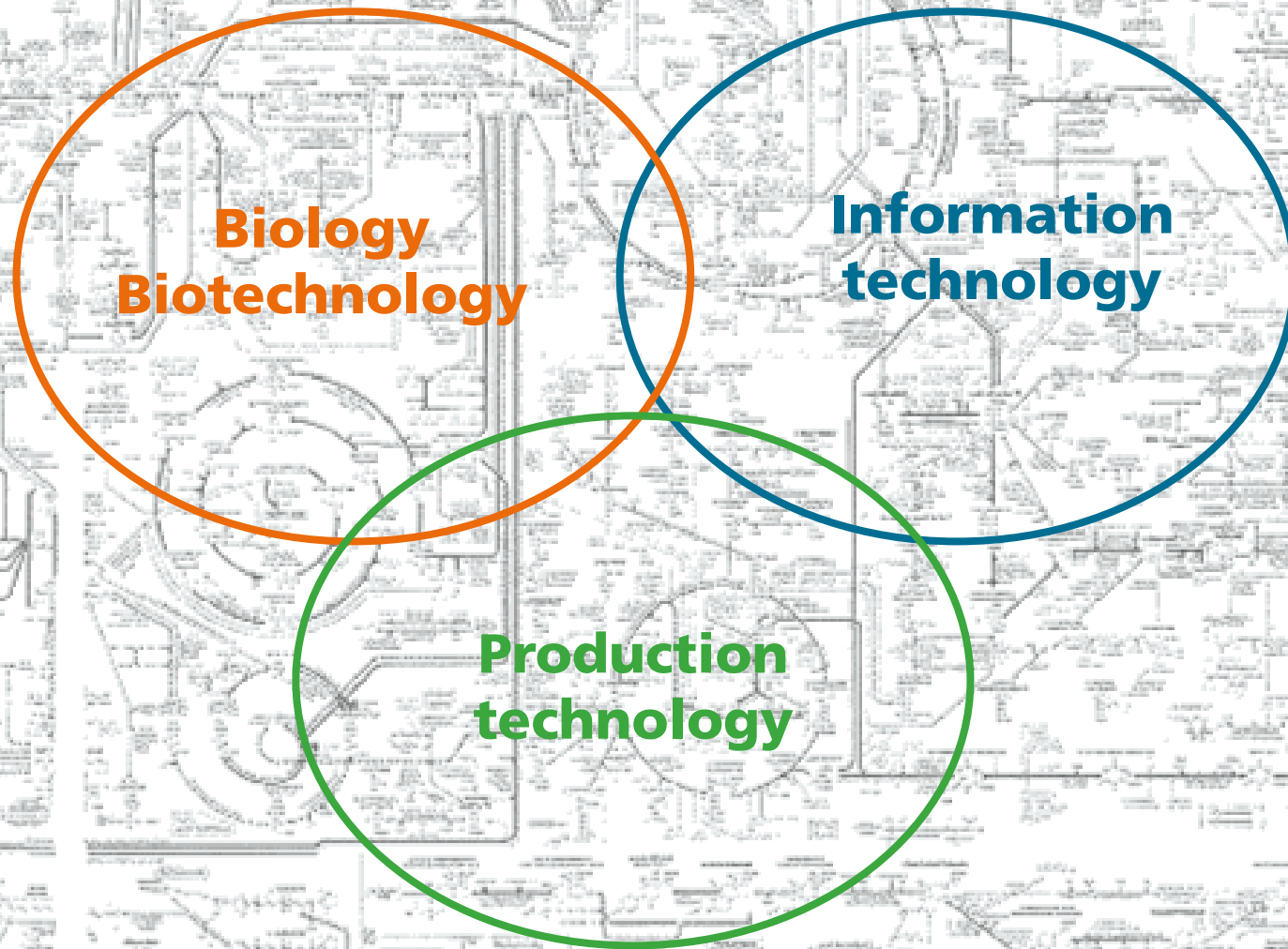
Competence Center of Biointelligence - HealthCare

Vision

For a long and healthy life

Develop innovative **drugs, diagnostics** and **production processes** to facilitate translation of drugs from the laboratory to the patient, and to provide effective, affordable healthcare for all.

Convergence of Technologies



Light House Projects

For a long and healthy life

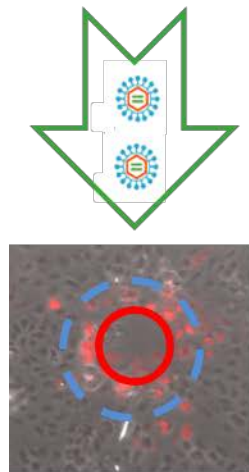
Bio-based and
tailor-made
precision
therapeutics

Precision
diagnostics
based on
biointelligent
principles

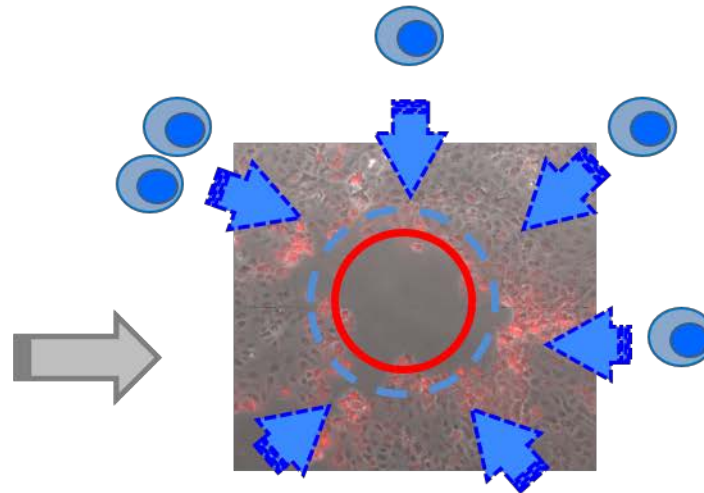
Biosignal
controlled
implants and
exoskeletons

Light House Projects – Precision Therapies

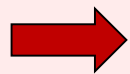
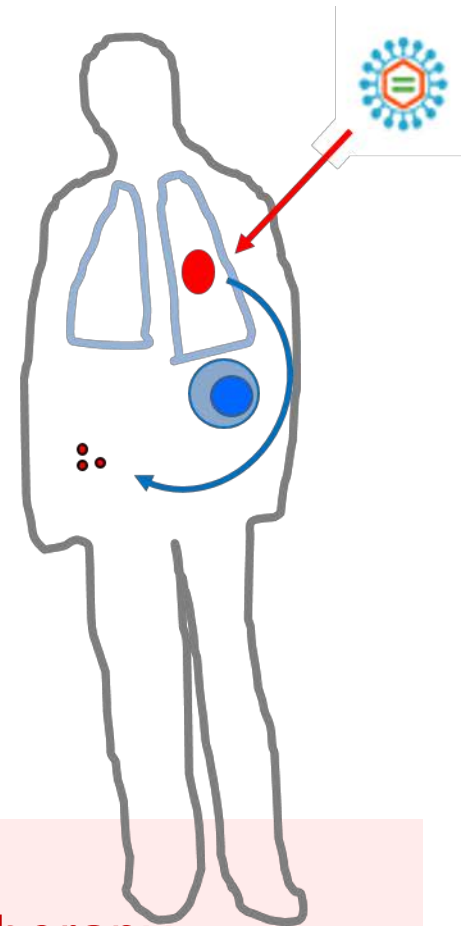
Virotherapy



Virus

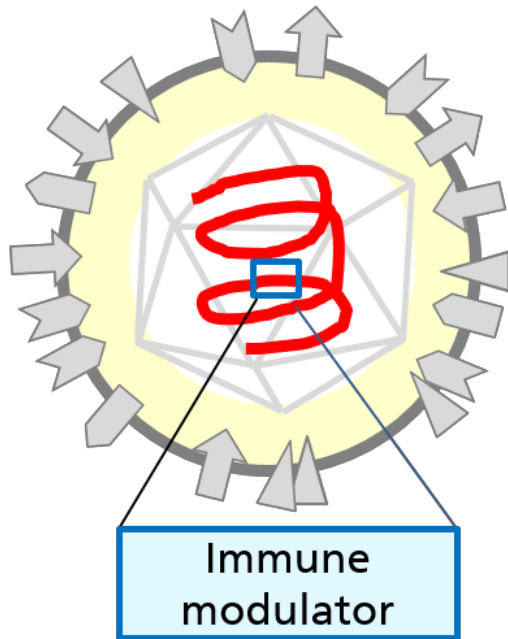


Immune cells



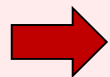
Viruses have the potential to provide a precise, long-lasting tumor therapy with few side-effects.

Light House Projects – Precision Therapies



Virotherapy

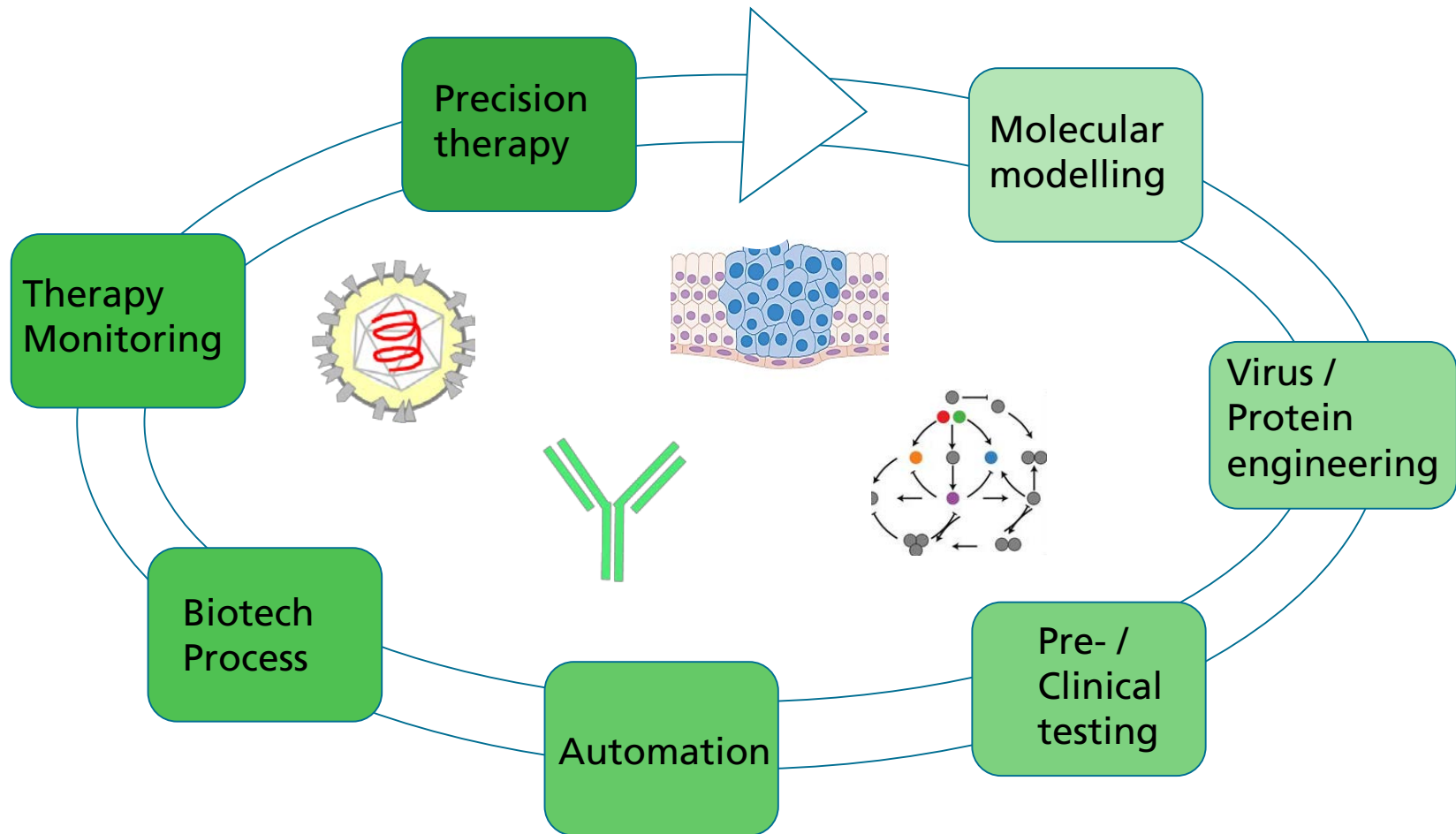
- Varying efficacy depending on the patient
 - Tumor
 - Immune system
- Viruses are programmed to specifically target tumor cells to transport drugs to tumor sites to stimulate the immune system



Platform technology for modular programming of viruses for a precise virus-immunotherapy.

Light House Projects – Precision Therapies

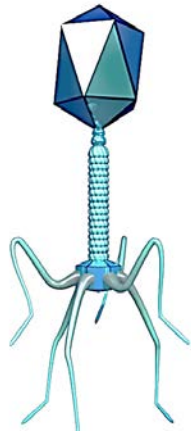
Virotherapy – Potential collaborations



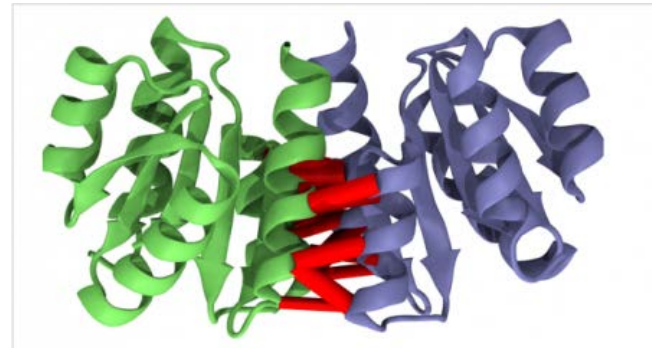
Light House Projects – Precision Therapies

Alternative to Antibiotics

Bacteriophage therapy

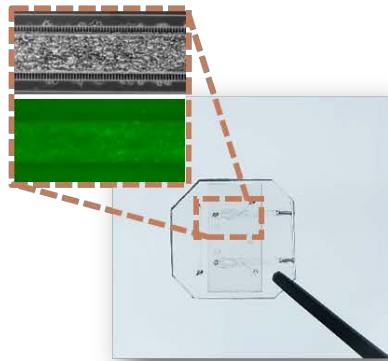


Novel biobased compounds Novel targets



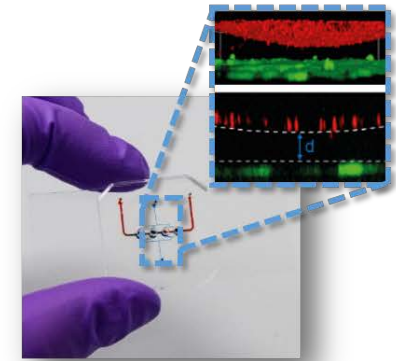
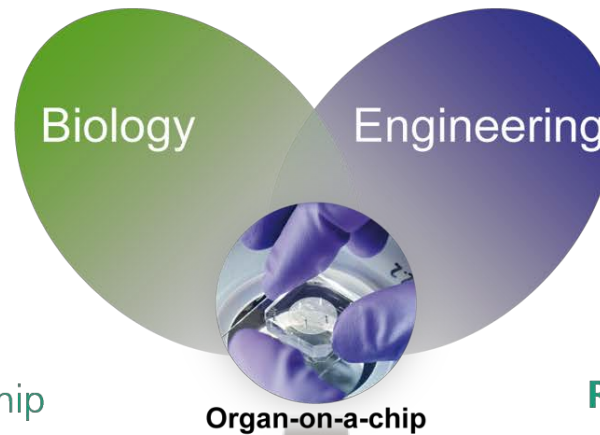
Light House Projects – Precision Therapies

Microphysiological Organ on a Chip Test systems



A. Mathur et al. *Sci Rep* (2015)
 N. Huebsch et al. *Sci Rep* (2016)
 O. Schneider et al. *Tissue Eng* (2019)

Heart-on-a-chip

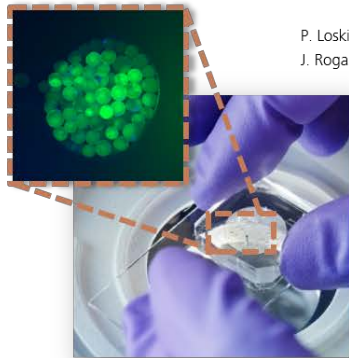


K. Achberger et al. *under review*
 J. Haderspeck et al. *Expert Opin Drug Discov* (2019)

Retina-on-a-chip

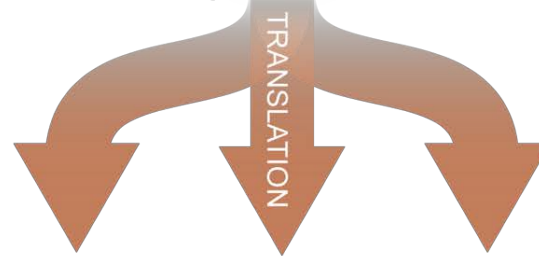
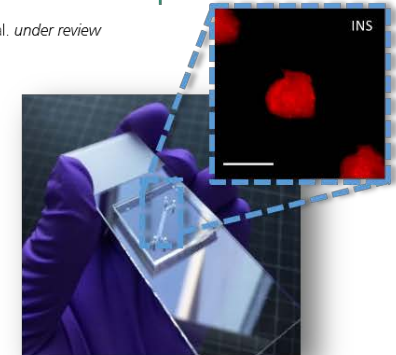
WAT-on-a-chip

P. Loskill et al. *Lab Chip* (2017)
 J. Rogal et al. *under review*



Pancreas-on-a-chip

A. Zbinden et al. *under review*



Pharmacology & toxicology

Clinical research

Mechanistic biomedical studies

Light House Projects – Precision Therapies

Efficient, flexible and tailor-made production

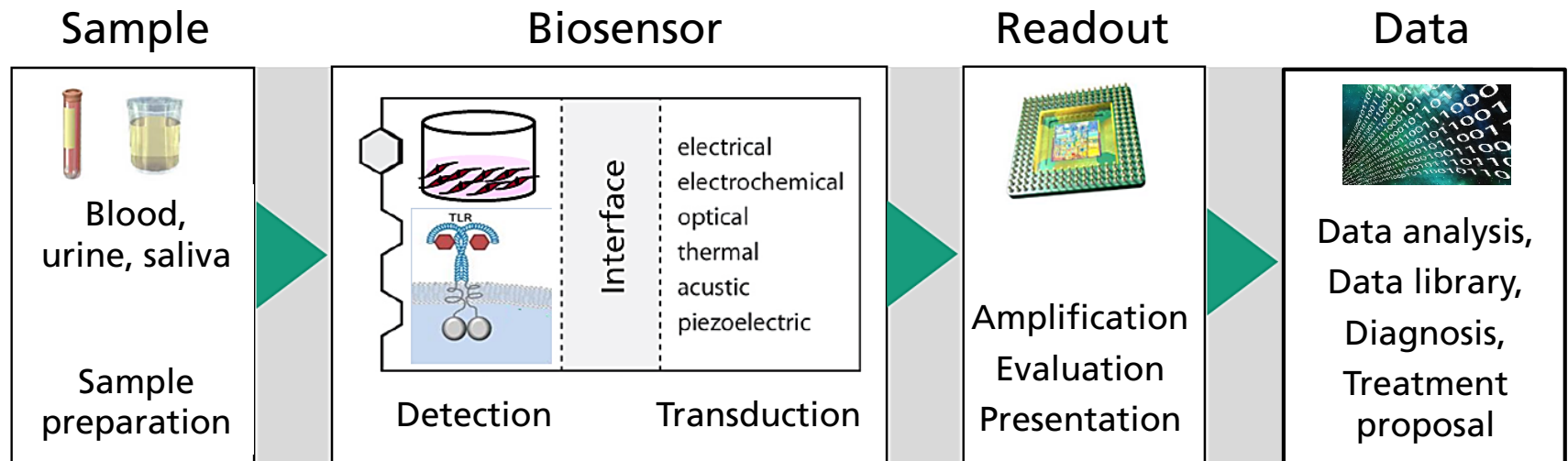
- Modeling and simulation of production process
- Target-compound directed evolution of designer organisms
- Metabolic network analysis for a quantitative understanding of intracellular processes
- Comprehensive in-line and in-time analysis
 - with biocomponents as specific sensors and actors
 - that enables data acquisition and processing resulting in flexible feedback regulation



Light House Projects – Precision Diagnostics

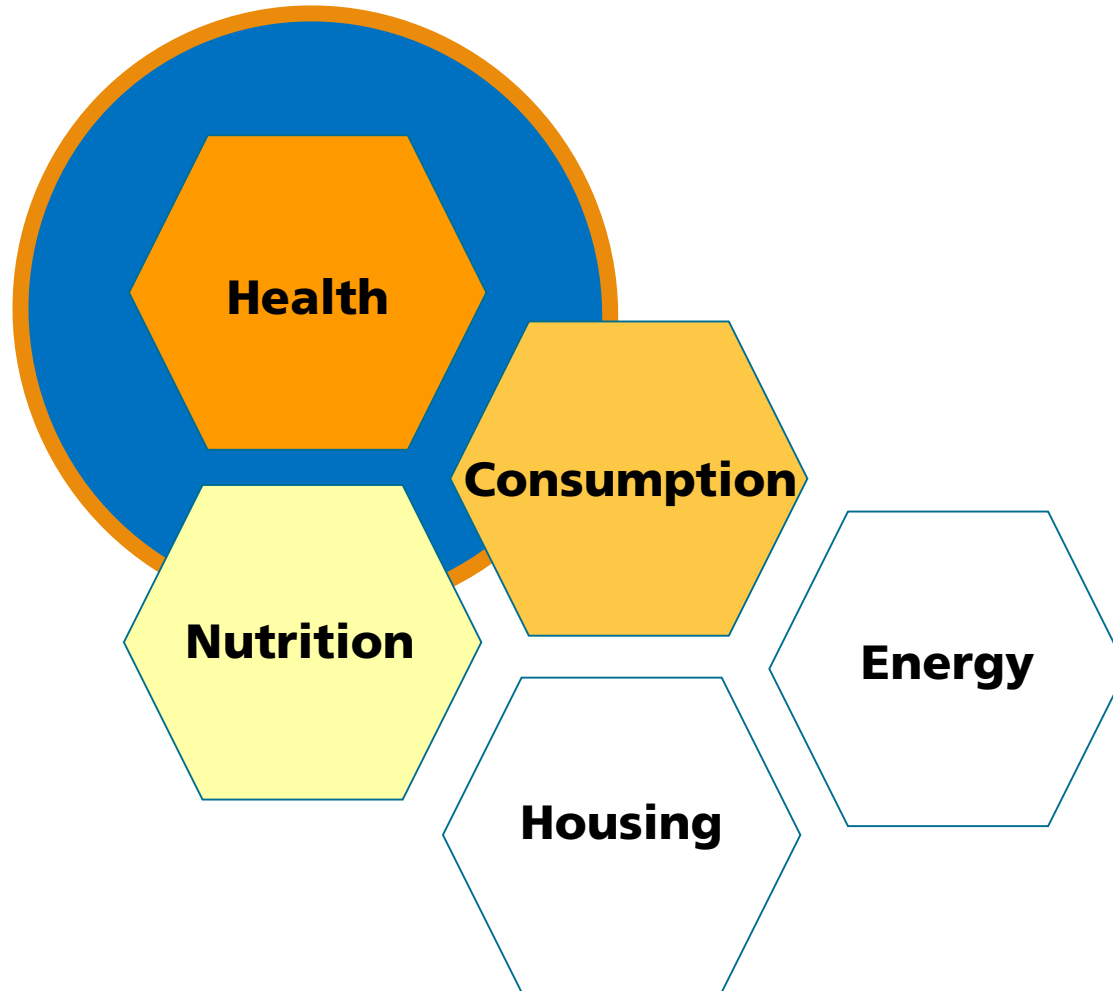
Biosensor

- Biological principles of recognition (eg. DNA, antibodies, immune receptors, cells) combined with technical and information technology
- Application
 - Medicine (dignostics of immune-mediated and infectious diseases/sepsis, cancer)
 - Nutrition (water, food, biotechnological processes)
- Point-of Care Systems



Essential Fields of Human Need

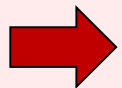
Overlapping interests



Facts and Figures

- Baden-Württemberg is the number one pharmaceutical and medical technology and the number two biotechnology sector in Germany.
- Biotechnology, pharmaceutical and medical technology industry are extremely important, both economically, and in terms of employment.
- More than 1,080 companies in research, development and/or production, 90% are SME. Also home to global corporations such as Roche, Pfizer, Aesculap, and Boehringer Ingelheim.
- The gross value of the Baden-Württemberg healthcare sector in 2016 amounted to 51.3 billion euros.

"Healthcare Industry 2018: Facts and Figures for Baden-Württemberg"



Competence Center for Biointelligence for a sustainable and innovative healthcare industry in Baden-Württemberg.

Thank you for your attention!

Prof. Dr. Susanne M. Bailer

Fraunhofer IGB

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Germany

Phone +49 711 970-4180

Susanne.Bailer@igb.fraunhofer.de

www.igb.fraunhofer.de

Biointelligente Implantate und Exoskelette

Dr. Oliver Schwarz

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)

THEMENPORTFOLIO DER ABT. BIOMECHATRONISCHE SYSTEME DES FRAUNHOFER IPA IN STUTTGART

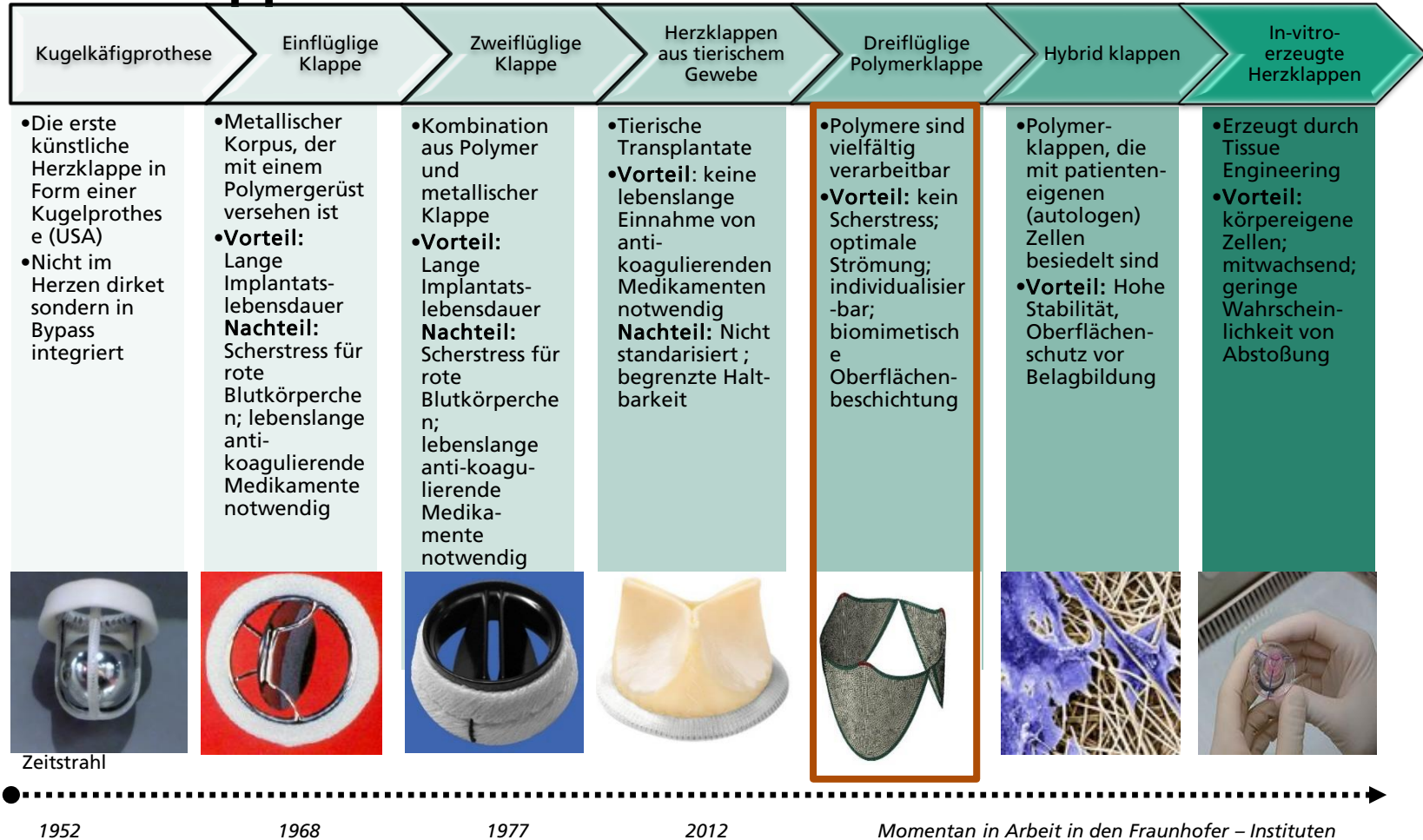


*DIN EN ISO 10328 certified foot

Agenda

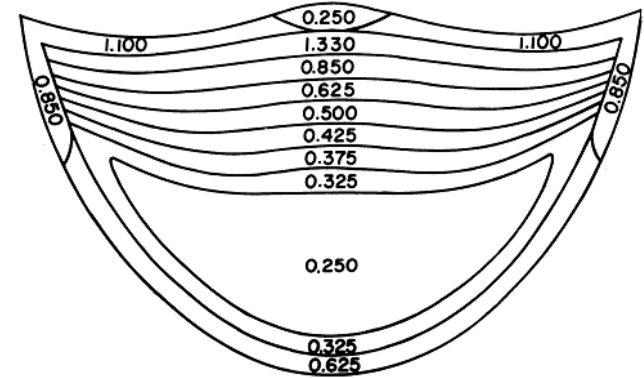
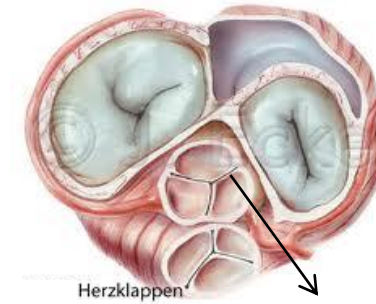
1. Implantate
2. Prothesen
3. Exoskelette

Biologisierung in der Medizintechnik am Beispiel Herzklappe



Imitierung biologischer Struktur

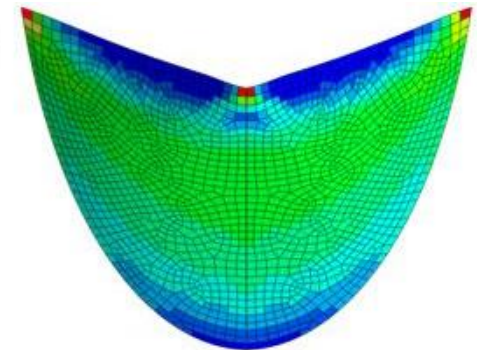
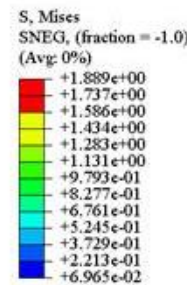
- Fluiddynamische Optimierung durch Generierung von Dicken- und Elastizitätsgradienten



Dickenverteilung der Aorten Herzklappe [μm]



Venenklappe geöffnet: 3 mmHg; Klappen geschlossen 150 mmHg



Umsetzung unter Imitierung von Naturprinzipien

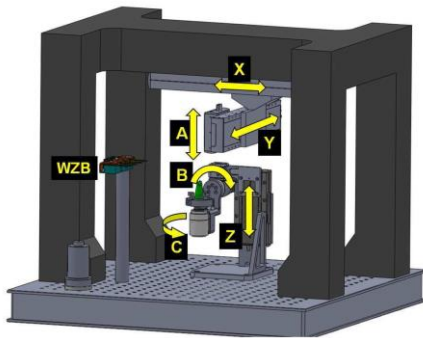
(Ergebnisse Innonet-Projekt 6526)



Produktionstechnik für Mikrograduierung

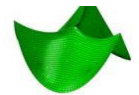
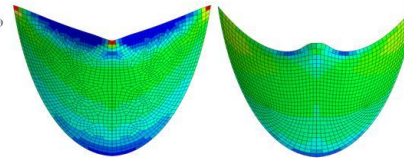
Naturimitierendes Klappen-Design

Antithrombogenität mit Glycocalix Mimikry

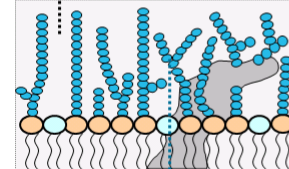


5, Miss
SNEC (fraction = 1.0)
(Avg. 0%)

| |
|------------|
| 1.859e+00 |
| +1.727e+00 |
| +1.586e+00 |
| +1.454e+00 |
| +1.322e+00 |
| +1.191e+00 |
| +9.791e-01 |
| +8.277e-01 |
| +6.761e-01 |
| +5.246e-01 |
| +3.729e-01 |
| +2.213e-01 |
| +6.962e-02 |

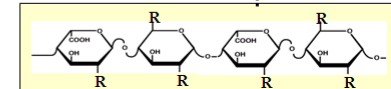
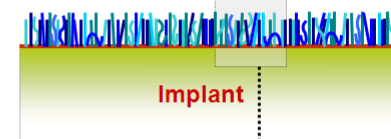


Native glycocalix



Glycocalix molecules

Synthetic glycocalix



© AME – Institute of Applied Medical Engineering

© Hemoteq

Biologisierung in der Medizintechnik am Beispiel Herzklappe



- Die erste künstliche Herzklappe in Form einer Kugelprothese (USA)



- Metallischer Korpus, der mit einem Polymergerüst versehen ist
- Vorteil:** Lange Implantatslebensdauer
- Nachteil:** Scherstress für rote Blutkörperchen; lebenslange anti-koagulierende Medikamente notwendig



- Kombination aus Polymer und metallischer Klappe
- Vorteil:** Lange Implantatslebensdauer
- Nachteil:** Scherstress für rote Blutkörperchen; lebenslange anti-koagulierend



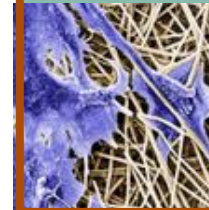
- Tierische Transplantate
- Vorteil:** keine lebenslange Einnahme von anti-koagulierenden Medikamenten notwendig
- Nachteil:** Nicht standardisiert; begrenzte Haltbarkeit



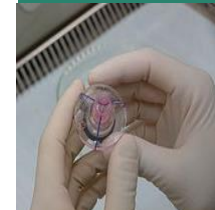
- Polymere sind vielfältig verarbeitbar
- Vorteil:** kein Scherstress; optimale Strömung; individualisierbar; biomimetische Oberflächenbeschichtung



- Polymerklappen, die mit patienteneigenen (autologen) Zellen besiedelt sind
- Vorteil:** Hohe Stabilität, Oberflächenschutz vor Belagbildung



- Erzeugt durch Tissue Engineering
- Vorteil:** körpereigene Zellen; mitwachsend; geringe Wahrscheinlichkeit von Abstoßung



Zeitstrahl



1952

1968

1977

2012

Momentan in Arbeit in den Fraunhofer – Instituten

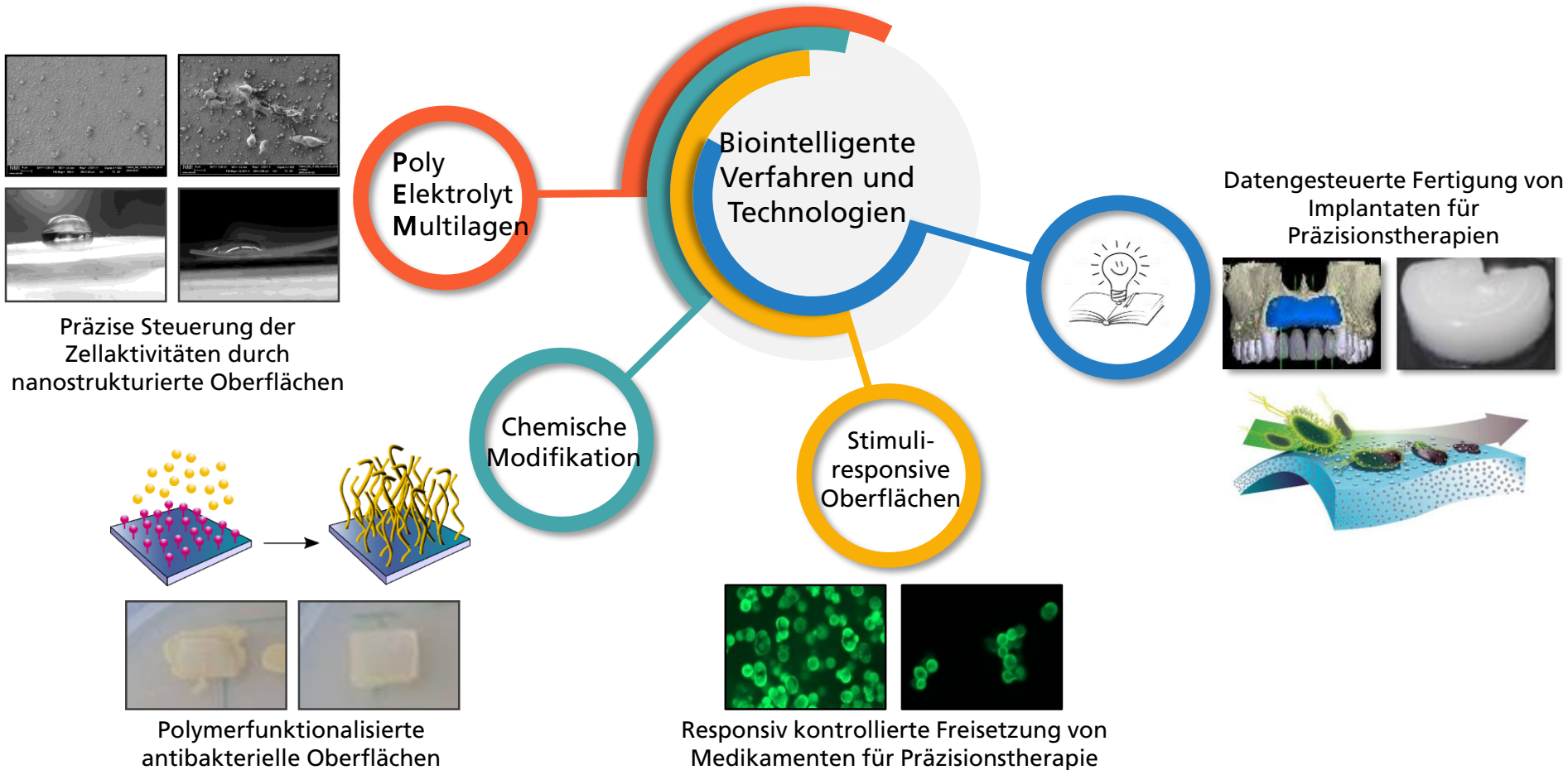
Worin liegt Biointelligenz von Implantaten?

In der Imitation des Zielorgans

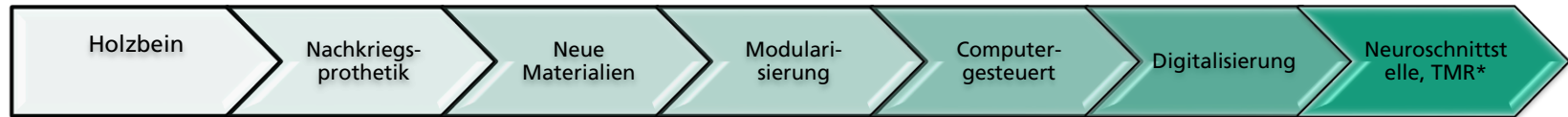
- der Bauprinzipien, Materialeigenschaften und Biomechanik des Zielorgans
- sowie dessen Integration in den Zellverbund des Körpers und dessen Regelung (Biokybernetik)
- unter Berücksichtigung kurz- und langfristiger körpereigener metabolischer, immunologischer Prozesse und der Patientenspezifität
- durch Verständnis der physikalischen, chemischen, biologischen und materialwissenschaftlichen Gegebenheiten, der Komplexität
- und Zuhilfenahme von Simulationsmodellen sowie von in-vivo und in-vitro Untersuchungs- und Testmethoden

mittels technischer oder biotechnologisch hergestellter Materialien, um langfristig und ohne schädigende Nebenwirkungen die Funktion sicher zu stellen.

Oberflächenfunktionalisierungsplattform



Biologische Transformation am Beispiel Beinprothesen



*Targeted Muscle Reinnervation

- Mechanische Mensch-Prothese Interaktion
- Holz + Leder
- Keine Gelenke



- Abwinkelbares arretierbares Kniegelenk mit starrem Fußkosmetik
- Holz-Leder – Metall
- Holzbein



- Kunst- und Schaumstoffe ersetzt Holz und Leder
- Individualisierbare Fußkosmetik
- Vakuumschaft zur Verbesserung der Prothese

- Modularbein-prothetik
- Bestehend aus Pyramiden-adapter, der Prothesenfuß, Kniegelenk und Schaft verbindet,
- „Humanisierung der Prothetik“



Bildquelle: Otto Bock

- Erstes Computer gesteuertes Kniegelenk C-Leg,
- Erkennung der Gangphasen über Prothesen integrierte Sensoren und Mikroprozessoren
- Carbon



Otto Bock

- 3D Druck
- Individualisierung
- Digitalisierung ermöglicht Konfigurierung über App.
- Rückwärtsgehen möglich
- Unterwasser-tauglich
- Transdermale Signalübertragung



Otto Bock

- 3D Druck
- Neuroschnittstellen + KI
- inkorporierte Sensorik für bidirektionale Steuerung
- Biosignal-geregelte 3D-Bewegungs-ansteuerung
- intuitiv gesteuerte Assistenzsysteme



> 2016

Zeitstrahl

< 15. Jht.

1512

1953

1969

1997

2007

Zukünftige Mechatronische Mensch-Prothese Interaktion

Das Prinzip der intuitiven Steuerung wird durch neue Operationstechniken ermöglicht:

- a) transdermale Signalabnahme oder
- b) Neuronale Verbindung von Mensch und Maschine in-vivo, z.B. durch die komplexe TMR-Versorgung*.
 - Zukünftig sollen dann die Nerven die entscheidenden Impulse liefern, um Biosignal-geregelt die 3D-Bewegungsansteuerung einer Prothese zu ermöglichen
 - subjektiven Bewegungsempfindung der amputierten Gliedmaße („Phantomfuß“)

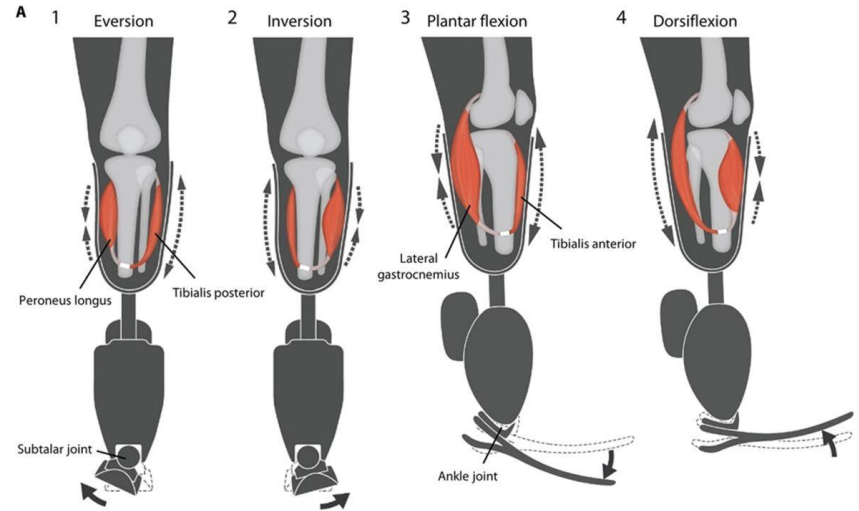
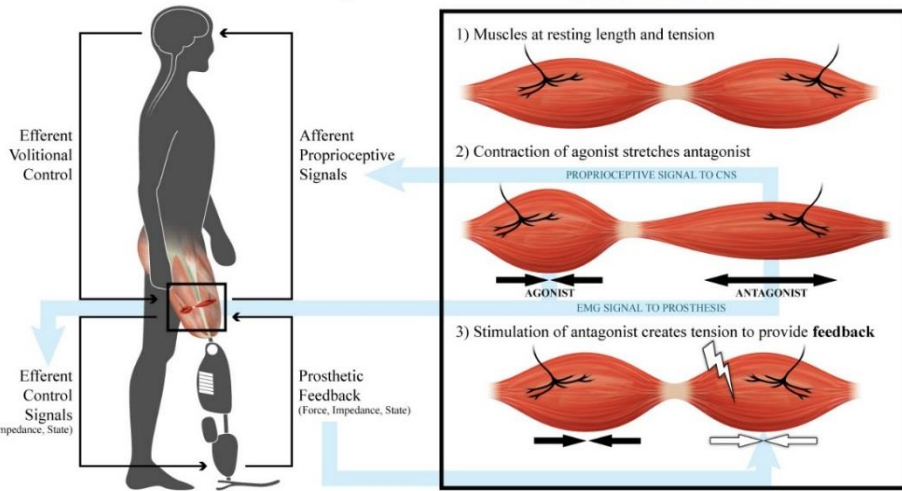


FhG IPA, Abteilung
Biomechanische Systeme

**Targeted Muscle Reinnervation*

Zukünftige Mechatronische Mensch-Prothese Interaktion (Fortsetzung)

Bidirectional Control Paradigm



Agonist-Antagonist-Myoneural Interface, Hugh Herr 2016

Worin liegt Biointelligenz von Prothesen?

In der Imitation des Zielorgans

- Insbesondere in der Biomechanik des Zielorgans
- In Bereitstellung der Vielfalt der Funktionalität und Variabilität des Mobilitätsverhaltens
- Der Ermöglichung einer intuitiven unbewußten Alltagsintegration
- Der Befriedigung der ästhetischen Bedürfnisse des Trägers (phänotypische exakte Nachbildung versus künstlerisch–technischen Verfremdung
- durch Berücksichtigung der Patientenspezifität
- und unter Zuhilfenahme von Simulationsmodellen basierend auf patientenspezifischen biomechanischen Analysedaten sowie auf KI

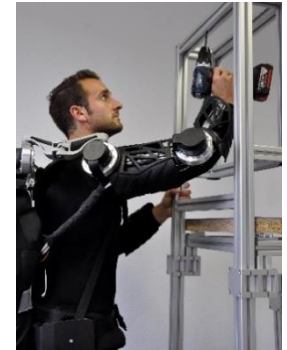
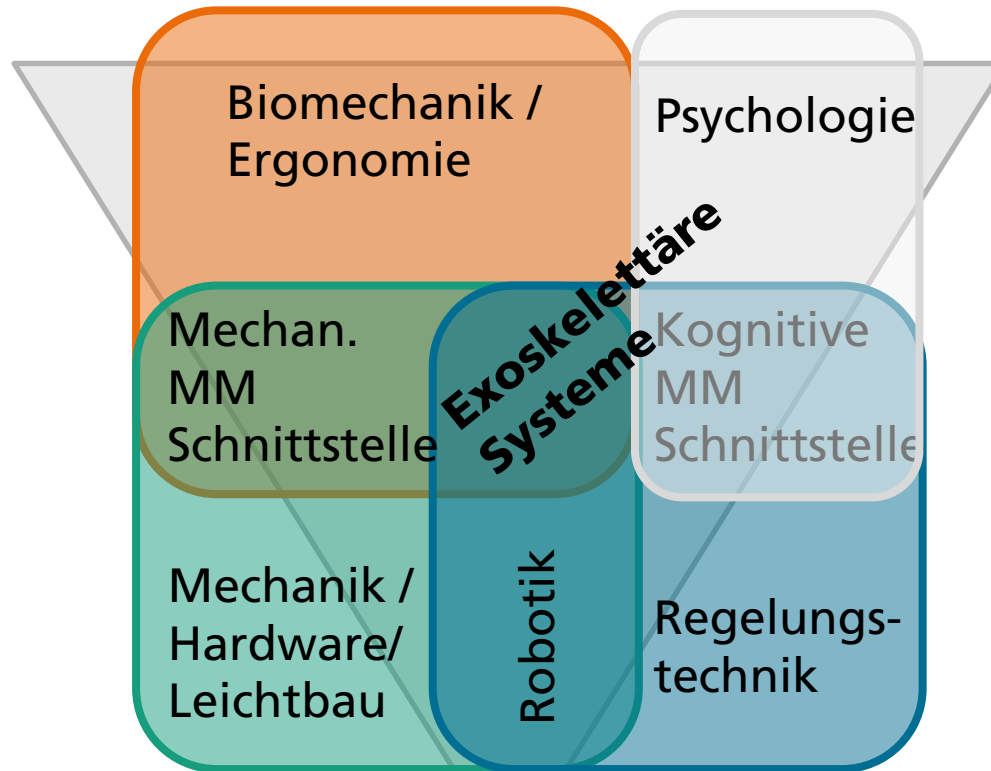
mittels technischer Leichtbaumaterialien und Biosignal gesteuert, um langfristig und ohne schädigende Nebenwirkungen eine autonome Funktion sicher zu stellen.

Exoskelette



Quelle: Rewalk

Rehabilitation,
Ermöglichung von
Mobilität,
Aktives Exo



Stuttgart Exo-Jacket,
Fraunhofer IPA

Prävention,
Assistenz,
Industrielle
Verwendung,
Aktives Exo



Prävention,
Industrielle
Verwendung,
Passives Exo

Exoskelett Paexo
Quelle: Otto Bock

Neuroschnittstellen für intuitiv gesteuerte Assistenzsysteme (z.B. Exoskelette)

flexible implantierbare Nervenschnittstellen können zur Ableitung neuronaler Signale eingesetzt werden, die als Steuerung für Prothesen und Exoskelette eingesetzt werden können

Es ist bekannt, dass die Signalqualität durch fibrotische Einkapselung und Zellveränderungen abnimmt

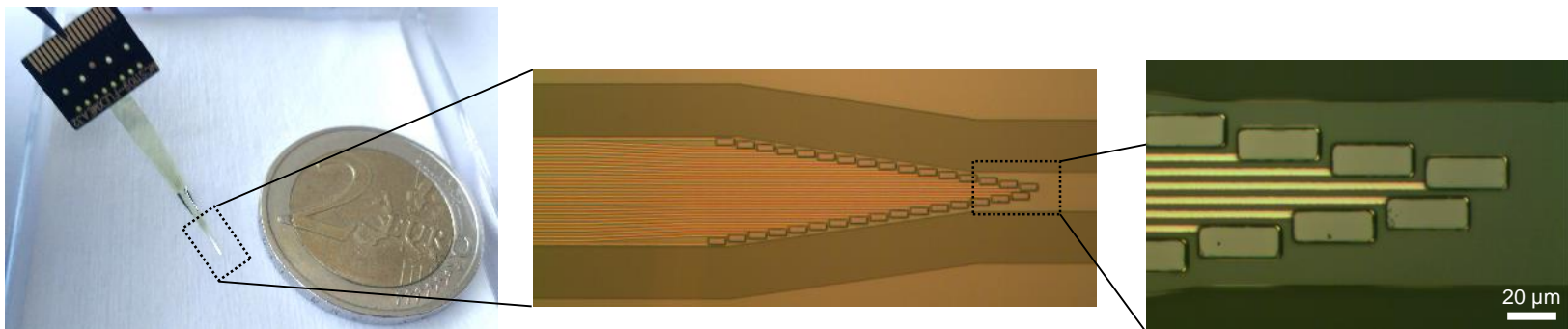
- Ziel: immunresponsive Oberflächen, interdisziplinärer Forschungsansatz

Interpretation der neuronalen Daten für Steuerung komplexer Bewegungen ist noch nicht möglich

- Ziel: Einsatz von KI

Extrem hohe Datendichte macht integrierte Elektronik in möglichst autarken Systemen notwendig

- Herausforderung Biostabilität: neue Materialien, polymerbasierte Elektronik
- Energieversorgung: Mikro-Brennstoffzellen



Herausforderungen biointelligenter Exoskelette

- Bewegungserkennung durch a) im Hilfsmittel integrierte Sensoren (Beschleunigung , Kraft, ...) oder b) neuronale Kopplung,
- Adaptive Kraftunterstützung für menschliche Gelenke,
- Interaktion mit dem neuromuskulären System,
- Hirnsignaldetektion für Exoskelett- und Stimulationsregler,
- Künstlicher Reflexbogen (KI basiert),
- Biomechanisch individuell anpassbar,
- ...

Entschuldigen Sie die Zeitüberschreitung!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. rer. nat. MBA Oliver Schwarz
Gruppenleiter Bionik und Medizintechnik
Abt. Biomechatronische Systeme
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-3754 <mailto:Oliver.Schwarz@ipa.fraunhofer.de>

Translation in European Healthcare

Helping European innovators to achieve successful commercialization

Eckhard Schwenner

Board Member HealthTech Translation Advisory Board

»BIOINTELLIGENTE PRODUKTE UND PRODUKTION – DIE NACHHALTIGE REVOLUTION DER INDUSTRIE«

Fraunhofer IZS, Stuttgart, Nobelstr. 12, 15.5.2018

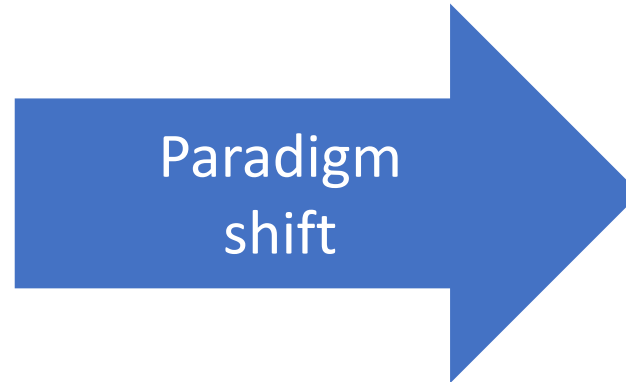


Trends in the global healthcare market

Growing healthcare challenges

Chronic diseases

Aging society



Personalised medicine

Predictive medicine

Trends in Emerging Technologies

Personalised medicine
Predictive medicine



Exploit emerging technologies
(Key Enabling Technologies - KETs)

- Biotechnologies
- Liquid biopsy
- Next Genome sequencing
- Big data
- Artificial Intelligence
- Nanomedicine
- Photonics
-

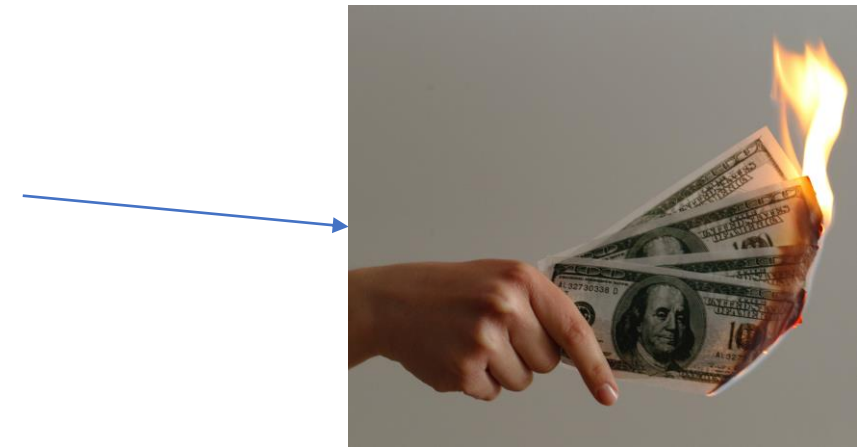


Cross KET
development

Cutting Edge Technology → Academia

- Research focused
- Incomplete set of skills
- Misaligned with industry-driven innovation
- Highly regulated market
- Lack of resources – money and industry expertise

- Sub-optimal investment
- Unrealistic goals and products
- Low success rate (<5%)



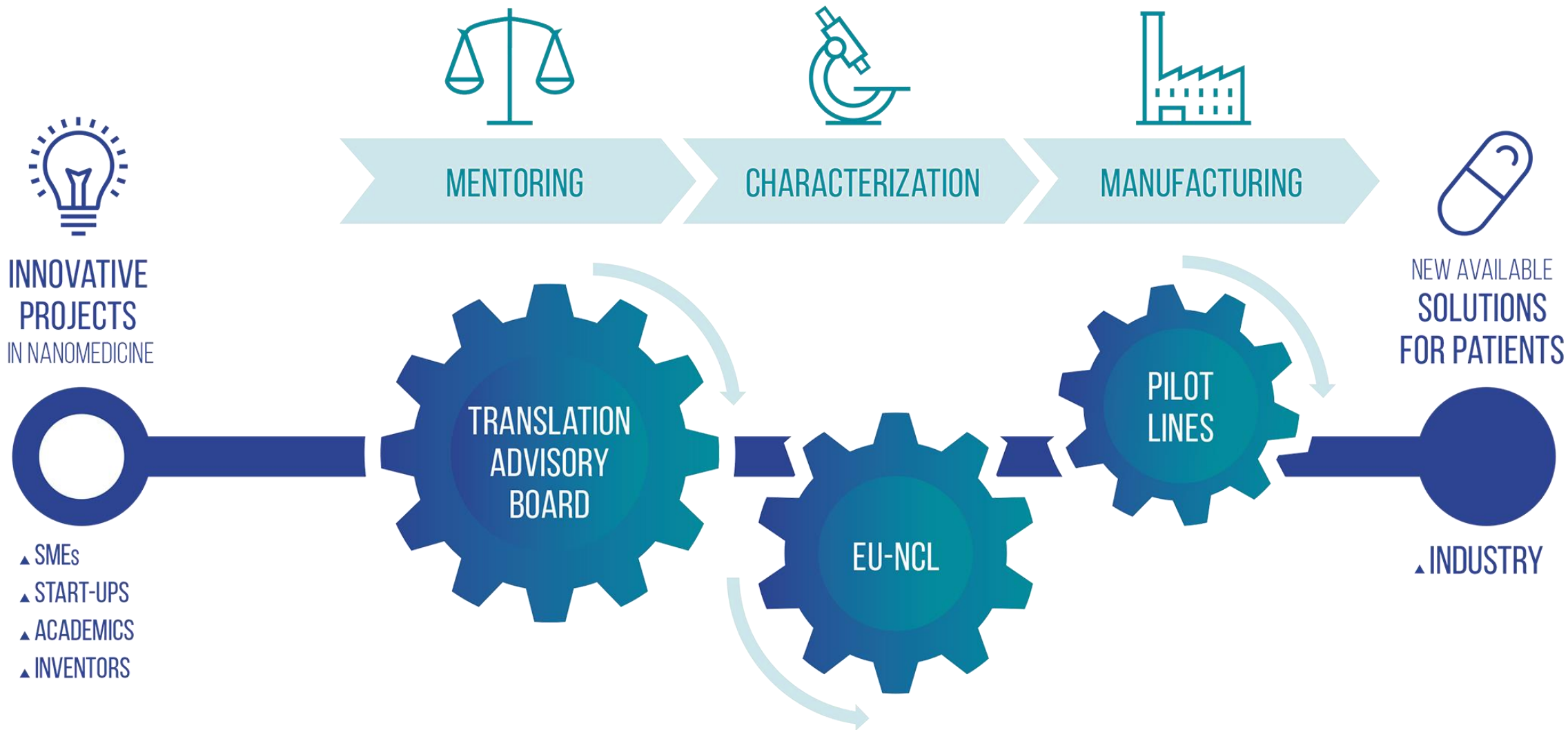


HOW DO I INCREASE MY CHANCES OF SUCCESS?





Nanomedicine Translation Hub





INNOVATIVE
PROJECTS
IN NANOMEDICINE



- ▲ SMEs
- ▲ START-UPS
- ▲ ACADEMICS
- ▲ INVENTORS



MENTORING



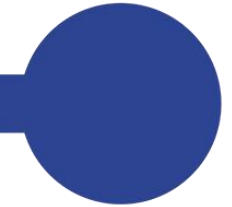
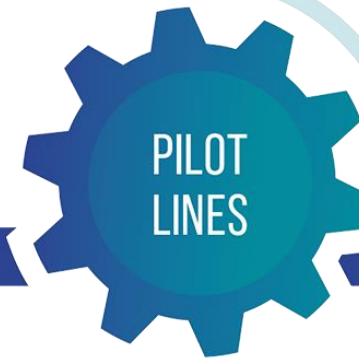
CHARACTERIZATION



MANUFACTURING



NEW AVAILABLE
SOLUTIONS
FOR PATIENTS



▲ INDUSTRY

HealthtechTAB

Healthtech Translation Advisory Board



First **European Translation Advisory Board**

providing researchers and entrepreneurs with:



Access to industry experts



Different perspectives



Industry-driven step-by-step guidance



Chances to accelerate



Completely free of charge



Open to all: entrepreneurs, SMEs, industry,
academia



Tailored **Milestone-Driven** Support



Technical **guidance**



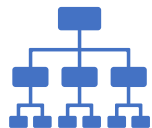
Assessment



Scale-up



Regulatory



Establishing **networks**



Business development



Intellectual property



Fund raising

MEET THE EXPERTS



Cecile Real
Endodiag



David Bott
British Petroleum
Courtaulds, ICI



Eckhard Schwenner
Bayer
Siemens, Philips



Eric Mayes
Endomag



Euvian Tan
IPSEN



Felicity Sartain
Profiscio



Florian Kemmerich
B. Braun Medical
Olympus Biotech, Stryker



Laurent Levy
Nanobiotix



Mike Eaton
UCB Pharma



Pauline Iden
nanidscientific



Stephan Lensky
Boehringer Ingelheim
Bayer, EpimAB



Ted Parton
UCB Pharma



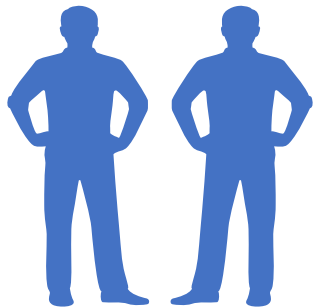
HOW DO I ACCESS THE TAB?

1ST STEP WITH THE TAB



Applications permanently open

- www.healthtechtab.eu/apply
- info@healthtechtab.eu



“Greet & Meet” events

- to pitch projects
- to receive **1st round of support**



Selected projects **go to Step 2**

2ND STEP

- ▶ Live sessions
- ▶ Parallel to major HealthTech events in EU
- ▶ Up to 2-hour F2F meetings
- ▶ Feedback and recommendations
- ▶ Regular (Remote) follow-up

BIO-EUROPE
SPRING®

 **MedFIT**
Fostering Innovation in medTech

BIO-EUROPE®

 **Biofit** FOSTERING
INNOVATION
& TRANSFER



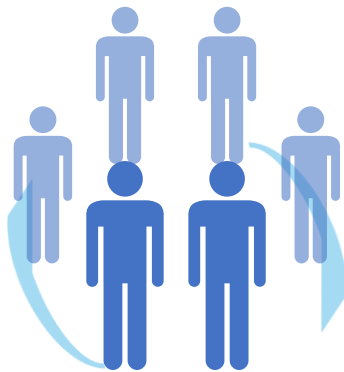
HOW DOES THE TAB COMPARE WITH OTHER
INNOVATION ACCELERATORS?



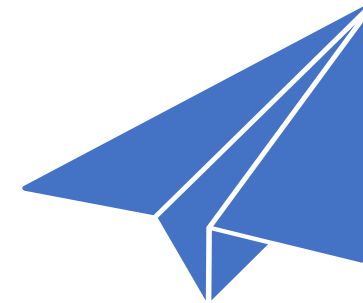
CONTINUOUS SUPPORT



REMOTE SUPPORT



**HOLISTIC VIEW
COMPLEMENTARY EXPERTISE**



**GRANTED FEEDBACK
REGARDLESS OF SELECTION**



RESULTS



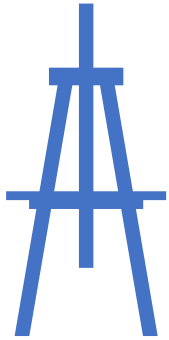
+100 PROJECTS



20 COUNTRIES



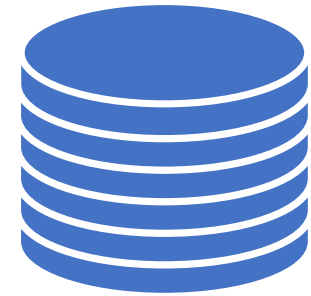
+2.000 HOURS



5 RESHAPES



4 NEW STARTUPS



+15M EUROS



WE ARE HERE FOR YOU

- **Rui Sousa**
- rsousa@tecminho.uminho.pt

Read on

Eaton MAW, et al, Delivering nanomedicines to patients: A practical guide. Nanomedicine: NBM 2015;11:983-992

M.A.W. Eaton, How do we develop nanopharmaceuticals under open innovation? Nanomedicine: NBM 2011;7:371-375

Michael A. W. Eaton, Improving the translation in Europe of nanomedicines (a.k.a. drug delivery) from academia to industry: Journal of Controlled Release, 164 (2012), pp. 370-371

ETPN White Paper, Contributions of Nanomedicine to Horizon 2020. available at: <http://www.etp-nanomedicine.eu/public/press-documents/publications/etpnpublishations/etpn-white-paper-H20202013>

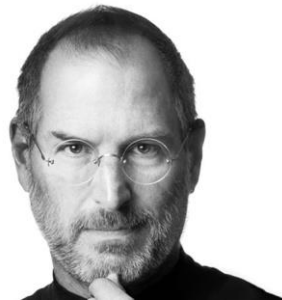




Biointelligente Systeme mittels funktionaler Materialien

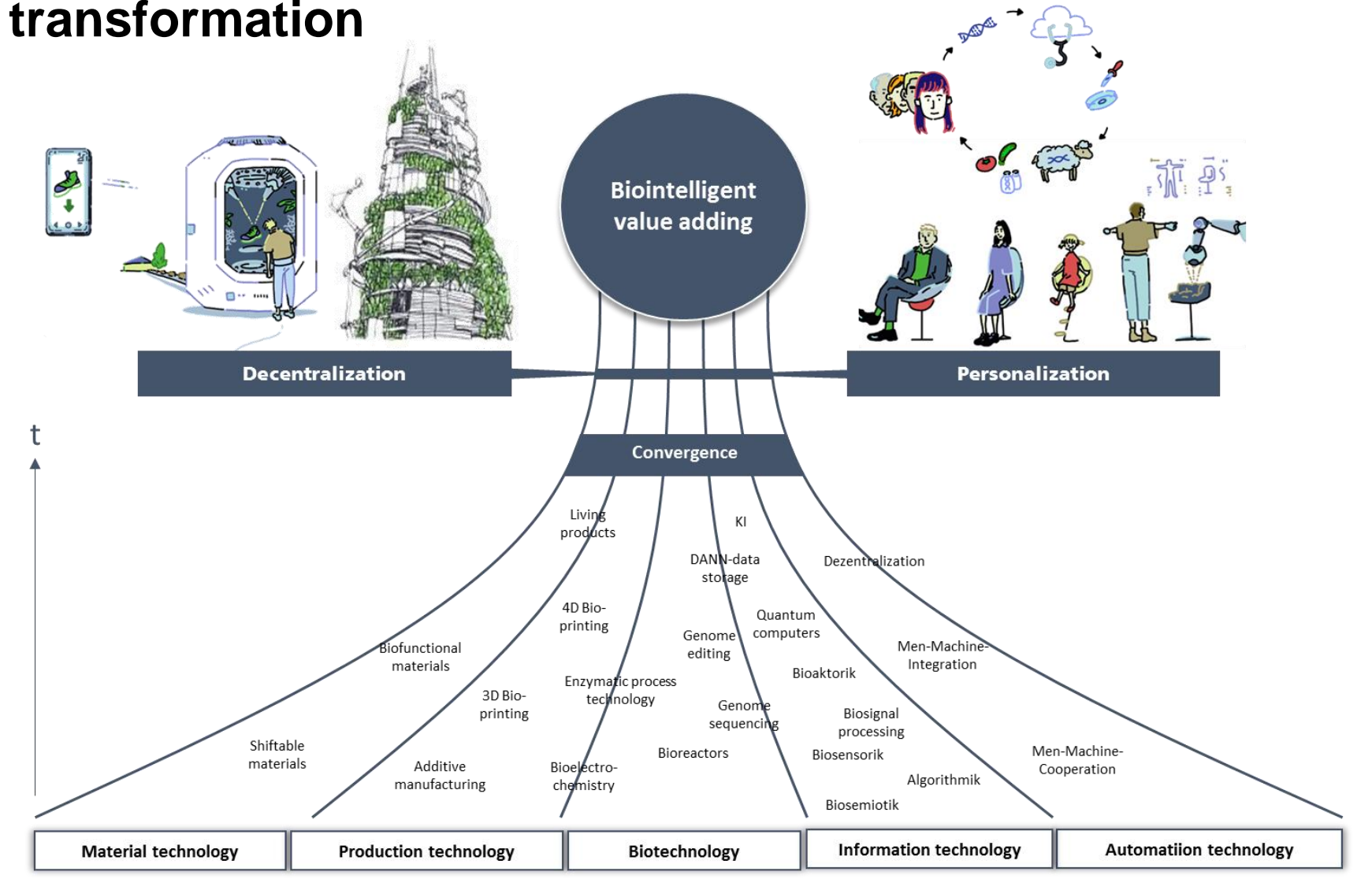


»I think the biggest innovations of the twenty-first century will be the intersection of biology and technology. A new era is beginning, just like the digital one [...]«

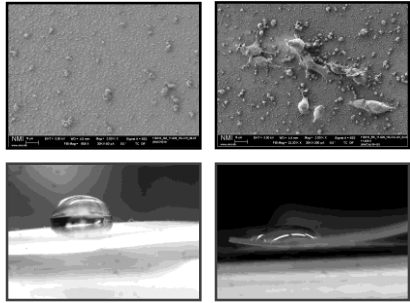
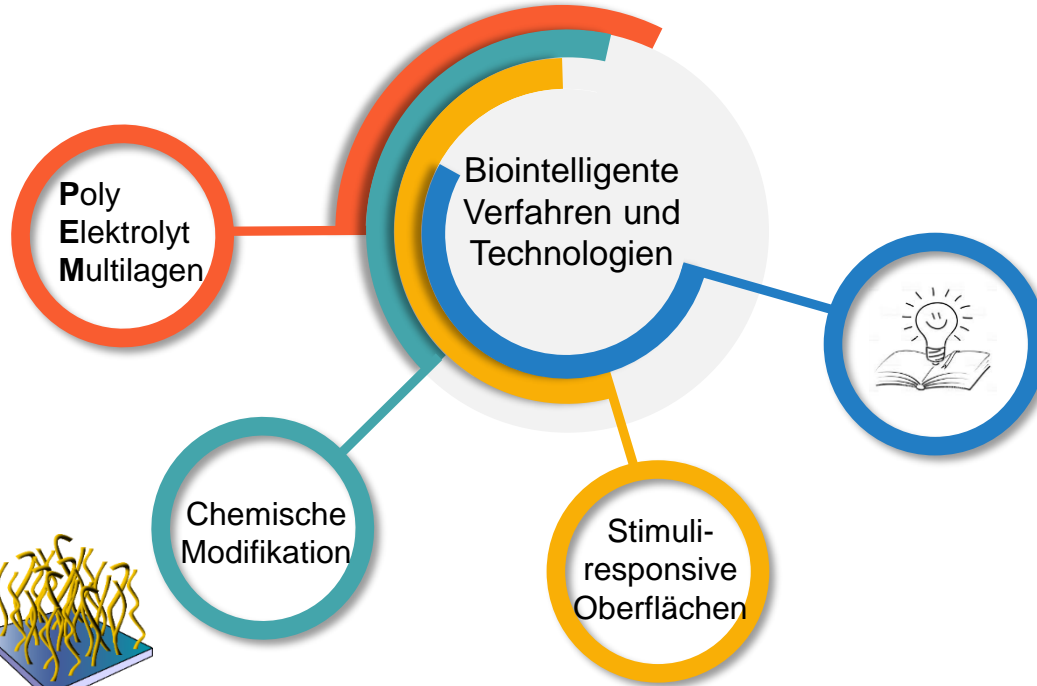


(Steve Jobs, 2009)

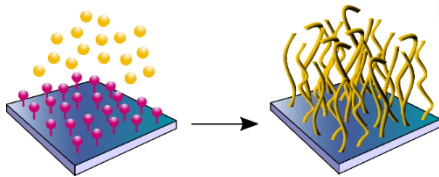
Technology convergence in the context of a biological transformation



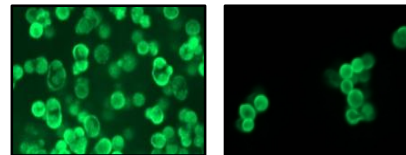
Oberflächenfunktionalisierungsplattform



Präzise Steuerung der Zellaktivitäten durch nanostrukturierte Oberflächen

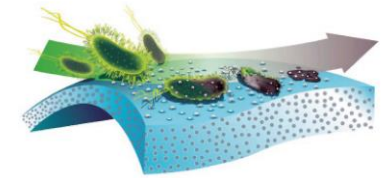
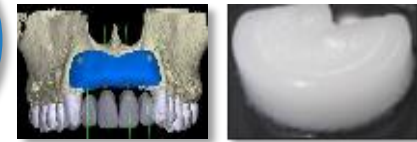


Polymerfunktionalisierte antibakterielle Oberflächen



Responsiv kontrollierte Freisetzung von Medikamenten für Präzisionstherapie

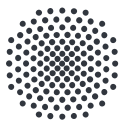
Datengesteuerte Fertigung von Implantaten für Präzisionstherapien



TOPICS

- Grenzfläche „Bio“ zur realen Welt: Material
- Innovations-Scenario I: SFB
- Innovations-Scenario II: Projekthaus NanoBioMater
- Innovations-Scenario III: Leistungszentrum Mass Personalization
- Lessons learned

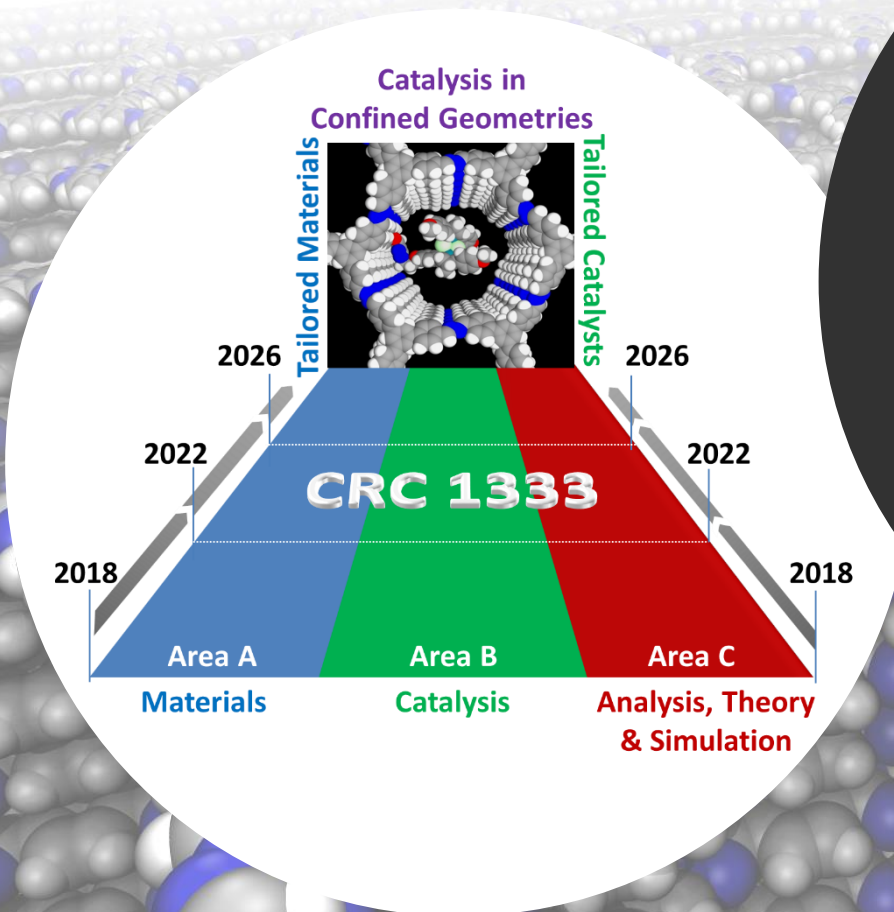
Innovations- Scenario I: SFB



University of Stuttgart
Germany



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT



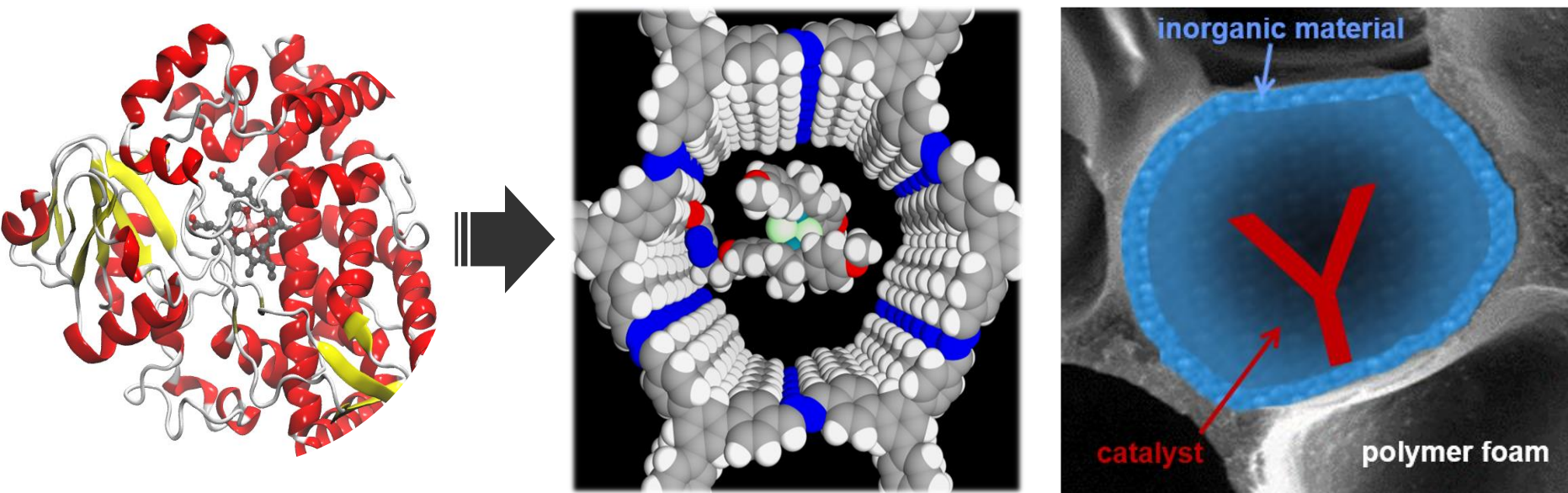
CRC 1333

**Research
Concept**

Prof. Dr.
Michael R.
Buchmeiser

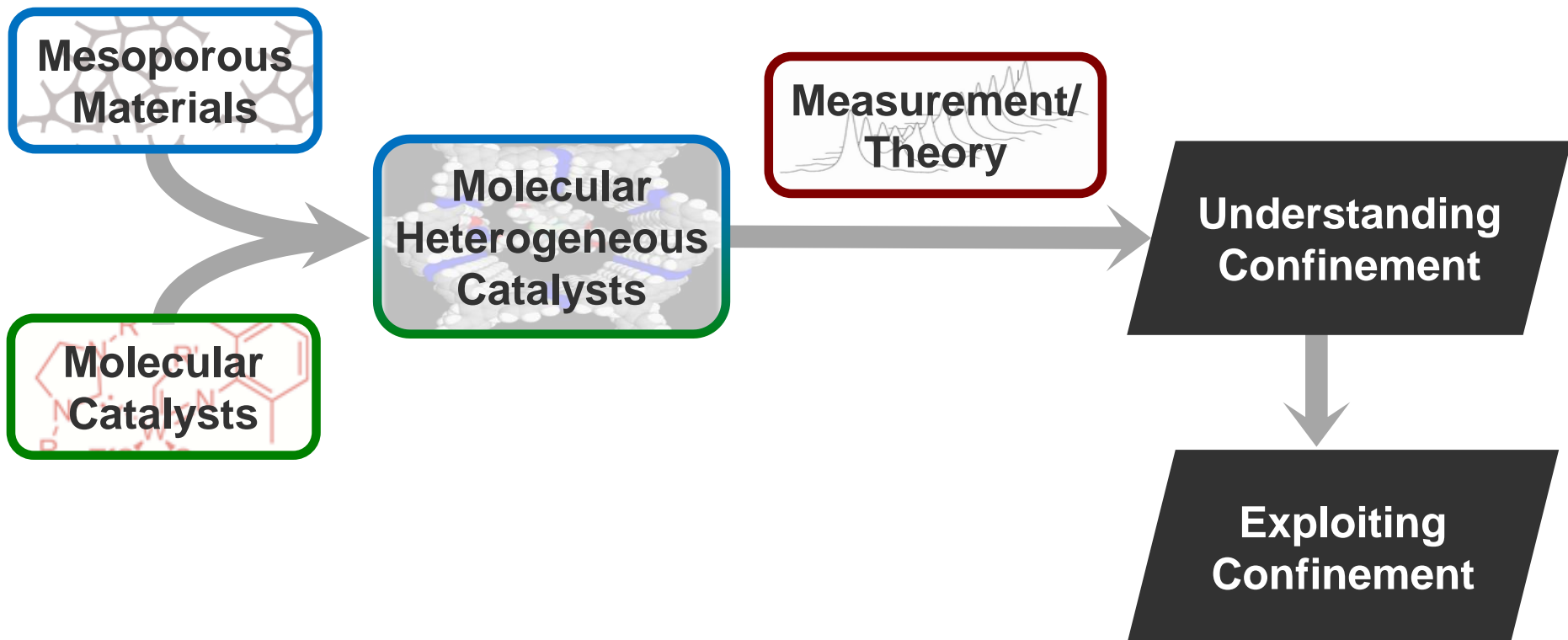
Central Scientific Question

Can we adopt **confinement principles** of biocatalysts to rationally develop **hybrid molecular, heterogeneous organometallic catalysts** in **mesoporous materials**, which **mimic or exceed** their **reactivity/selectivity**?

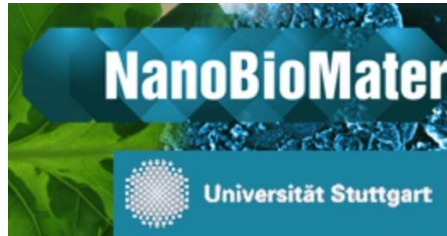


Research Concept

- Combination of **tailored mesoporous materials** ($2 \leq d_{pore} \leq 50$ nm) with carefully **selected catalysts**.
- Vision: **understand** and **exploit** confinement effects for improved catalytic selectivity and reactivity.



Why Stuttgart?

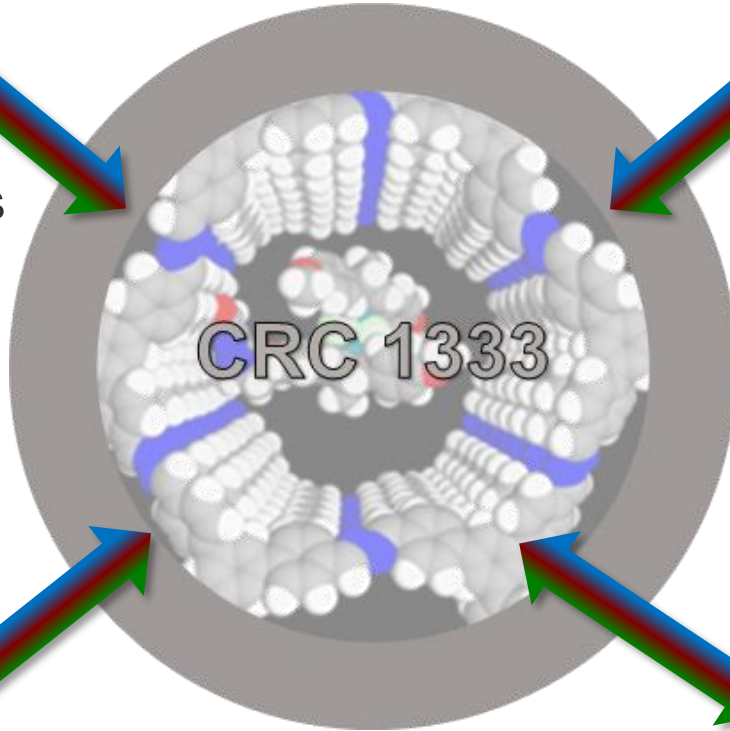


Synergies with existing initiatives



CRC 1313

- Interface-Driven Multi-Field Processes in *Porous Media*



CRC 1333



Hochschule für Technik Stuttgart

Windy Cities

- Porous materials for catalytic energy conversion



- Materials simulations at all relevant scales

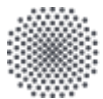
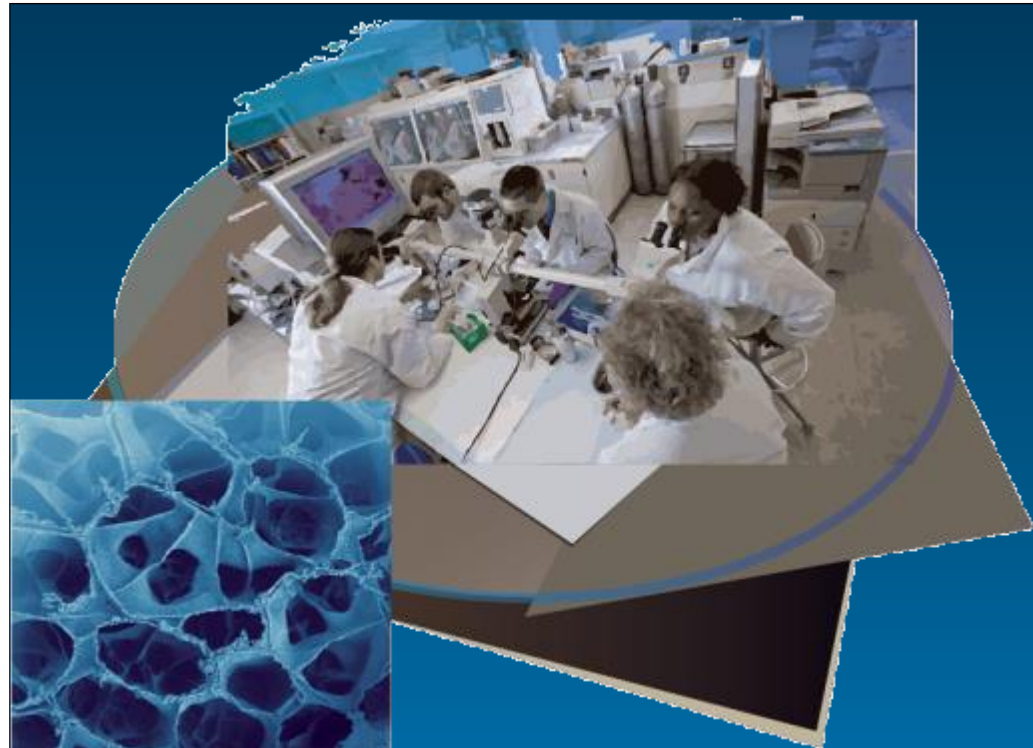
**Innovations-
Scenario II:
Projekthaus
NanoBioMater**

The 'Projekthaus NanoBioMater'



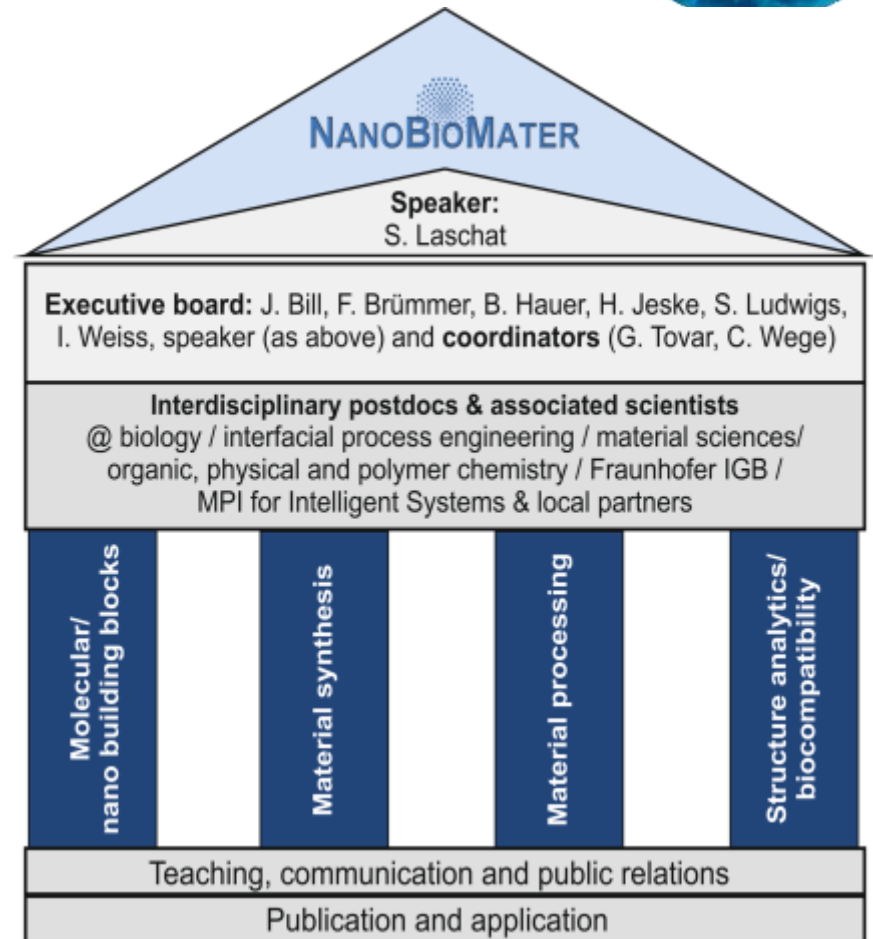
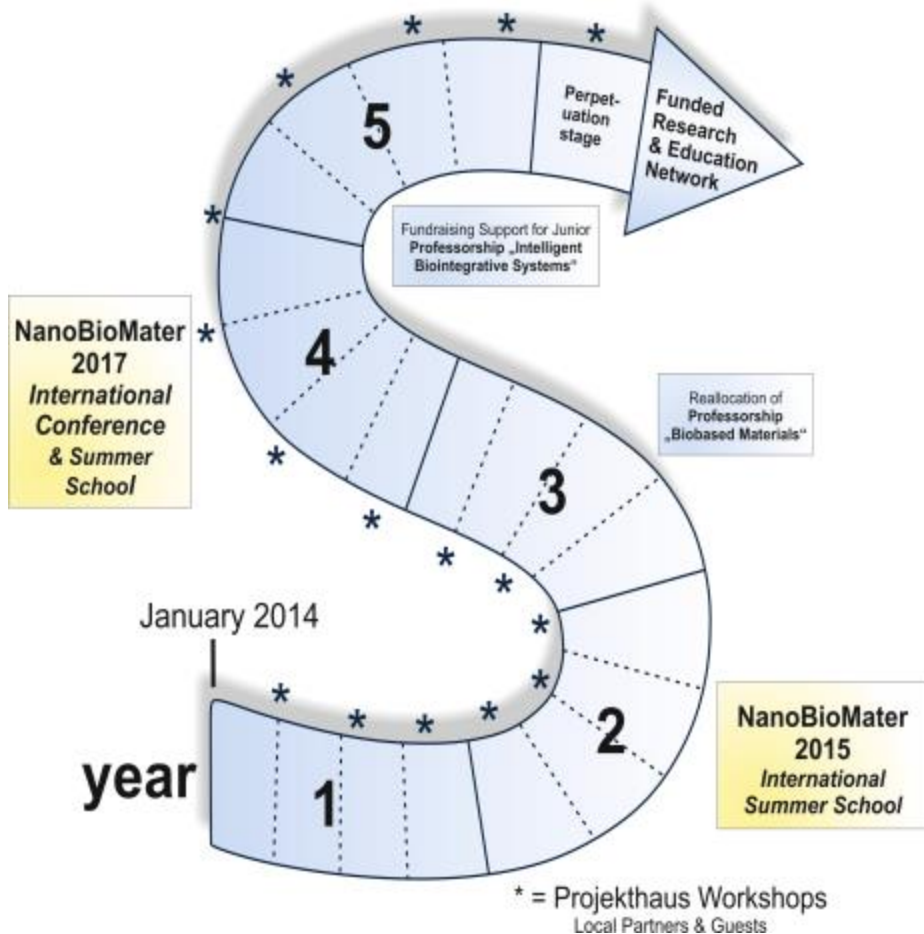
a novel research concept to develop novel materials

Sabine Laschat, Christina Wege, Günter Tovar



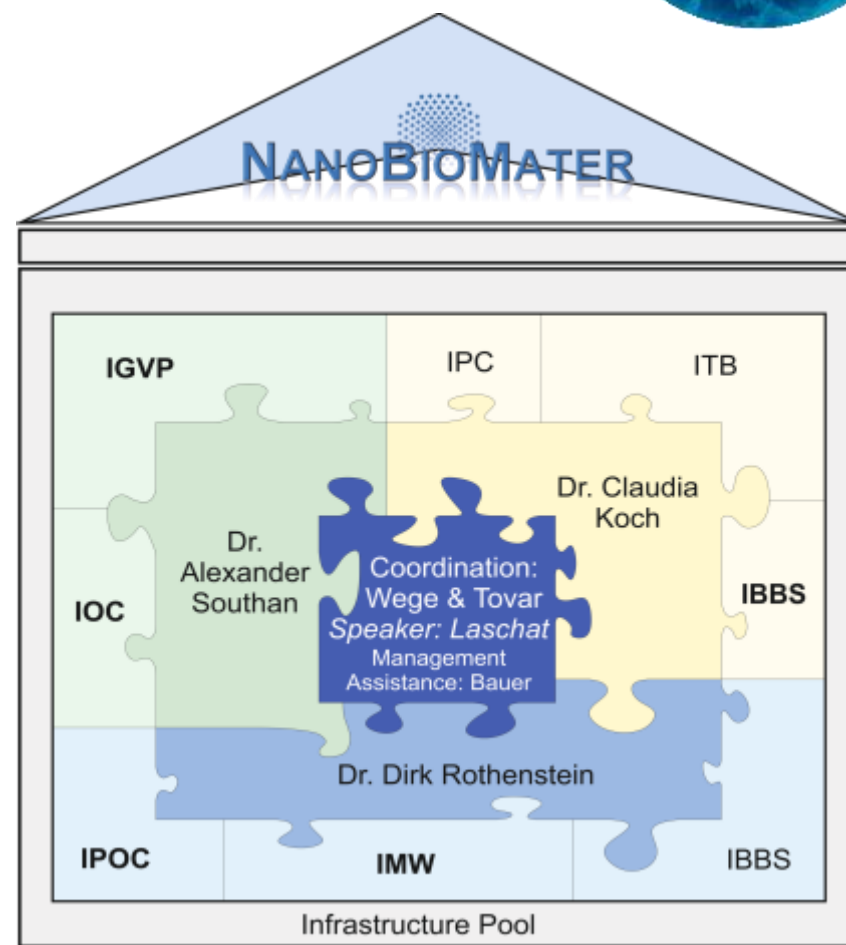
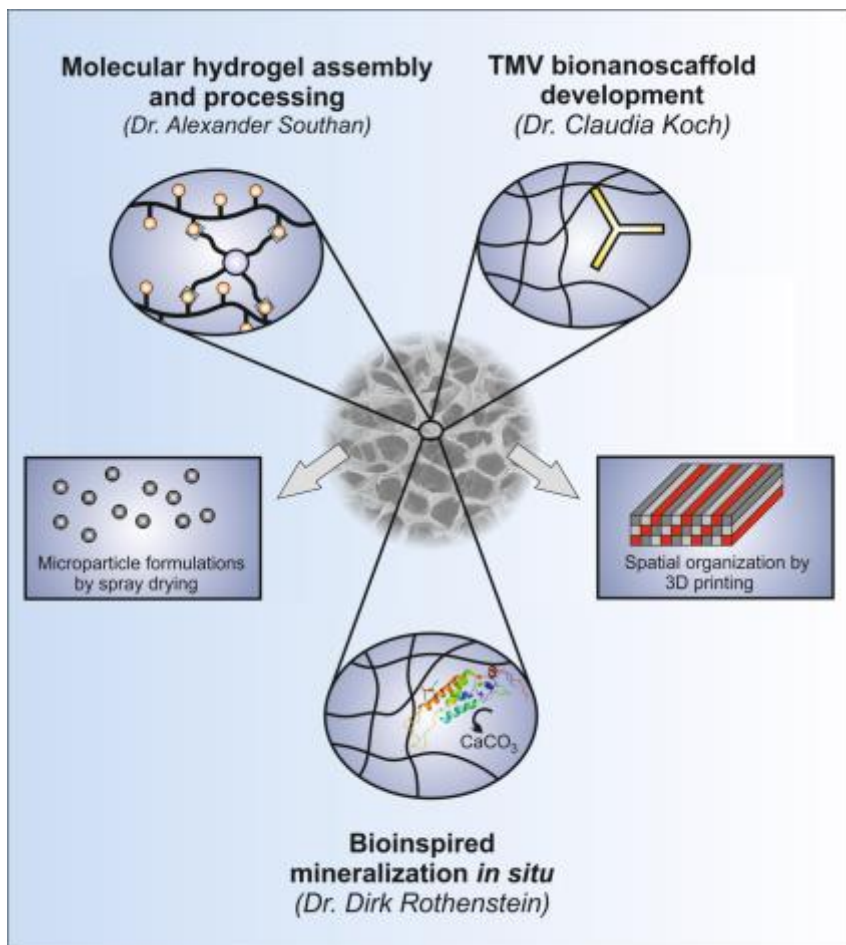
Perpetuation - Stuttgart Research Initiative

Architecture of the Projekthaus



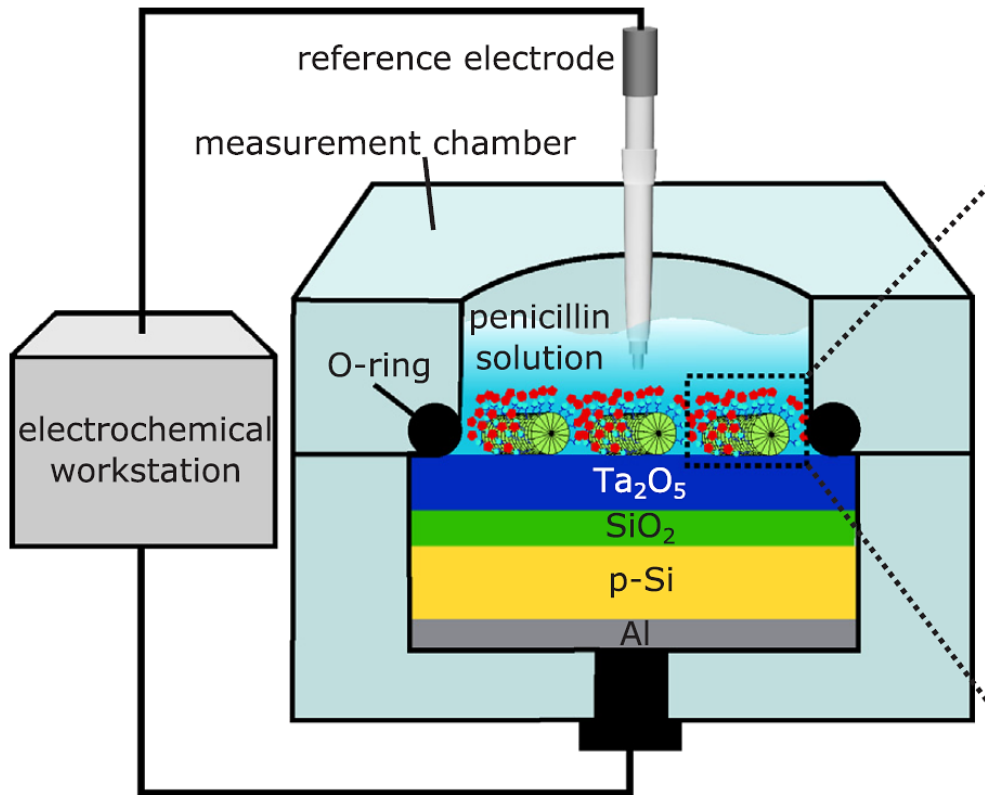
Major Research Topic: Smart Hybrid Hydrogels

Collaboration Platform for Joint Labwork, Theses, Proposals



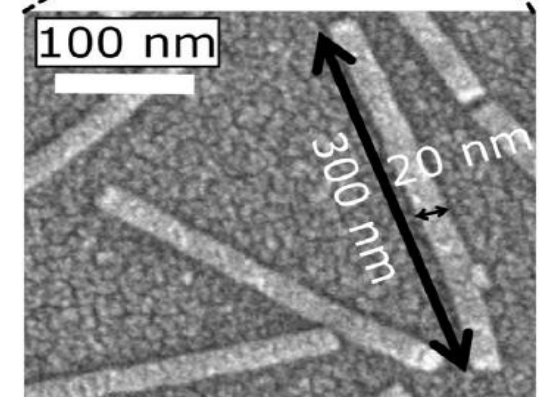
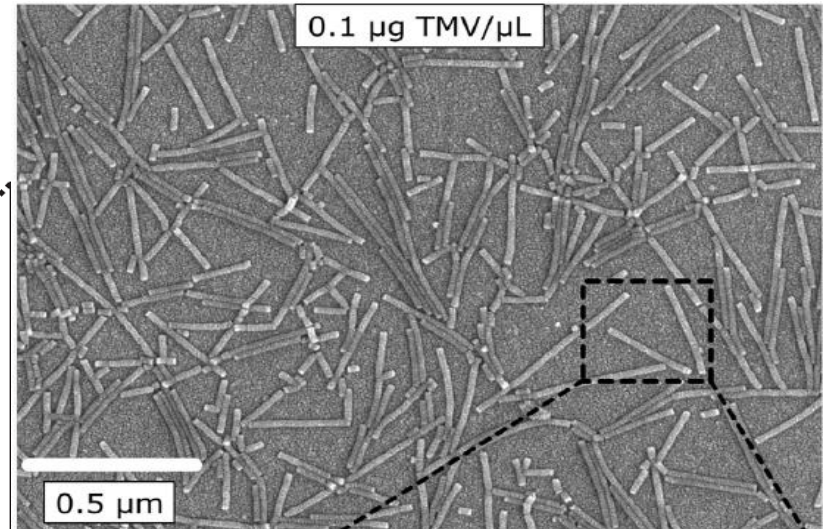
TMV-assisted label-free penicillin detection: setup

Measurement setup:

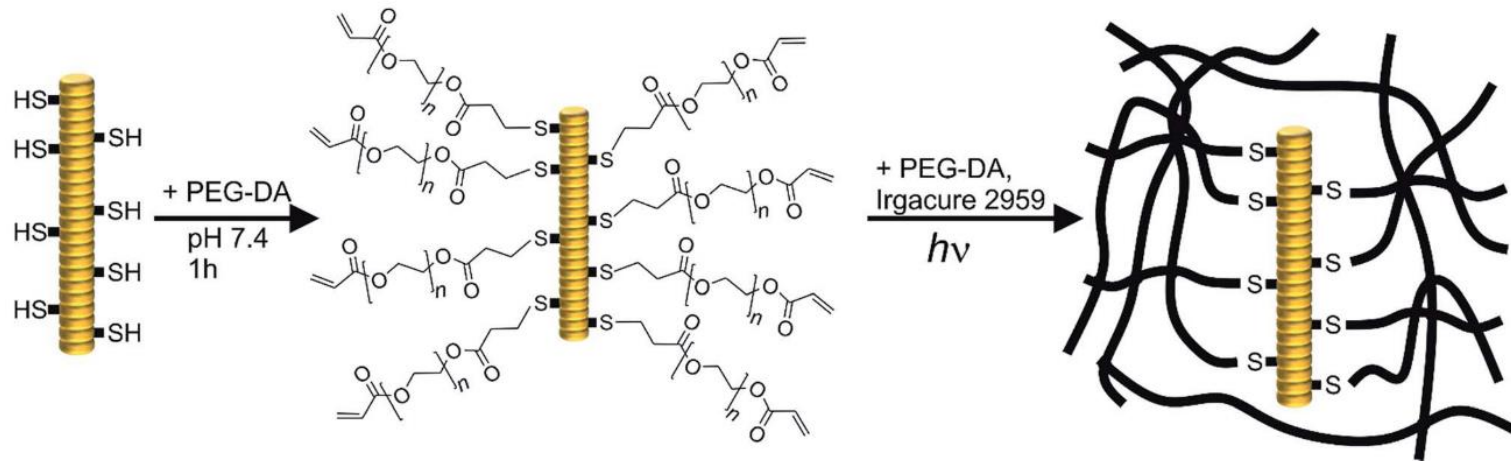


EIS sensor surface modified with TMV nanotubes

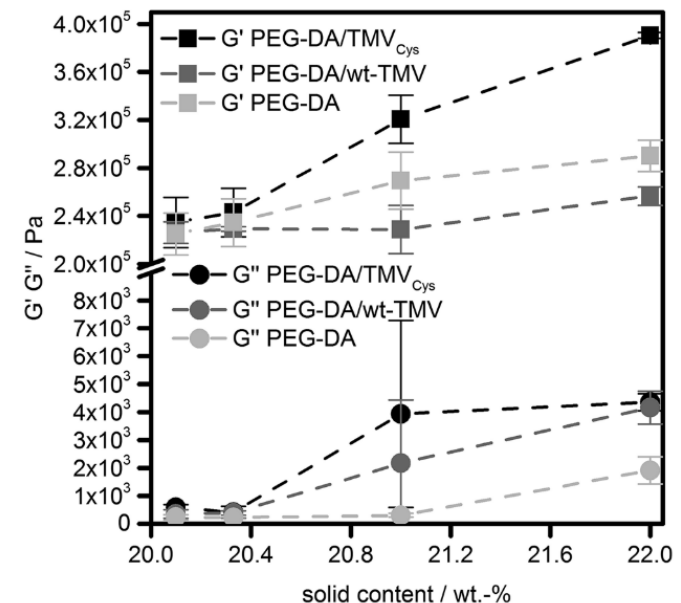
Scanned area: 2×2 μm²



Covalent incorporation of tobacco mosaic virus in PEG-DA hydrogels



- Coupling of PEG-DA to TMV-Cys by thiol-Michael reaction resulting in double bond functionalised TMV particles (TMV-PEG-A, left) and subsequent photopolymerisation of the attached acrylate functionalities with more PEG-DA to hydrogels (right)
- For all samples, G' was two to three orders of magnitude larger than G'' , revealing the mainly elastic behavior and the increased stiffness of the hydrogels.



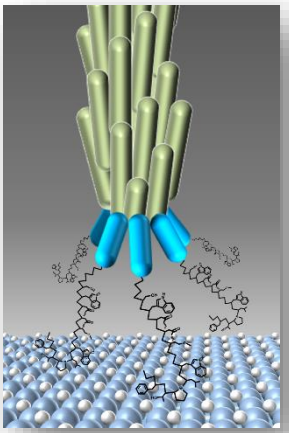
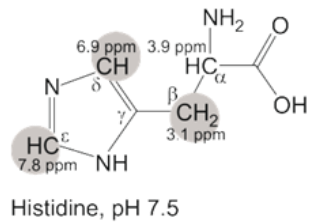
A. Southan, T. Lang, M. Schweikert, G. E. M. Tovar, C. Wege, S. Eiben, **RSC Adv.** 2018, 8, 4686–4694.

Biointelligence – Materials Synthesis

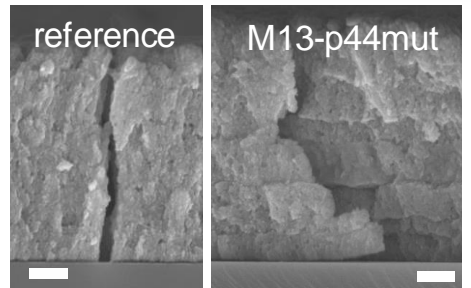
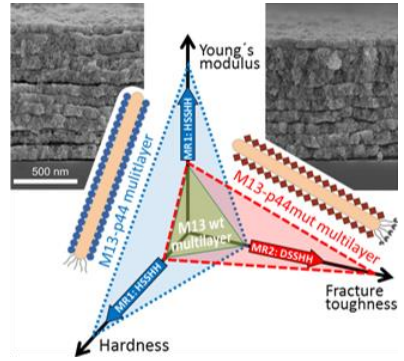
Transferring Synthesis Strategies to Multifunctional Materials

- Identification of organic-inorganic interactions: Control of material properties and morphologies by the specific interaction of **bioorganic molecules** (peptides, phages...) and the an inorganic phase.

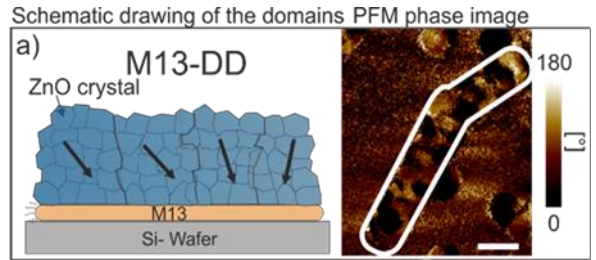
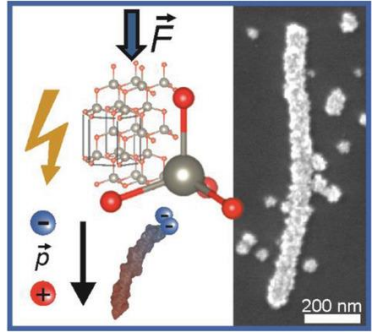
Peptide 44
HSSHHQPKGTNP
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
 Position number



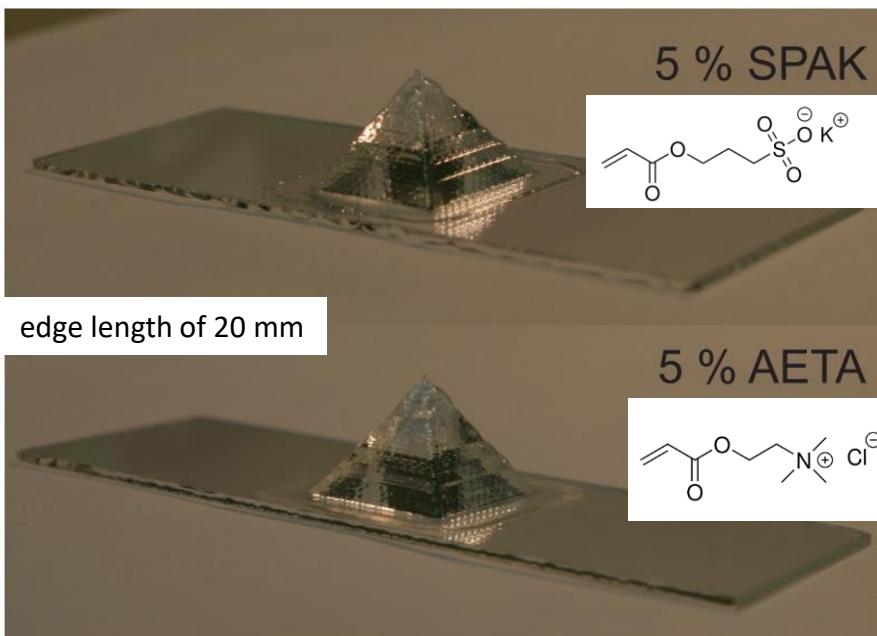
- Material Synthesis & Mechanical Resistivity:** Hybrid thin film materials with adjustable mechanical stability, e.g. fracture toughness.



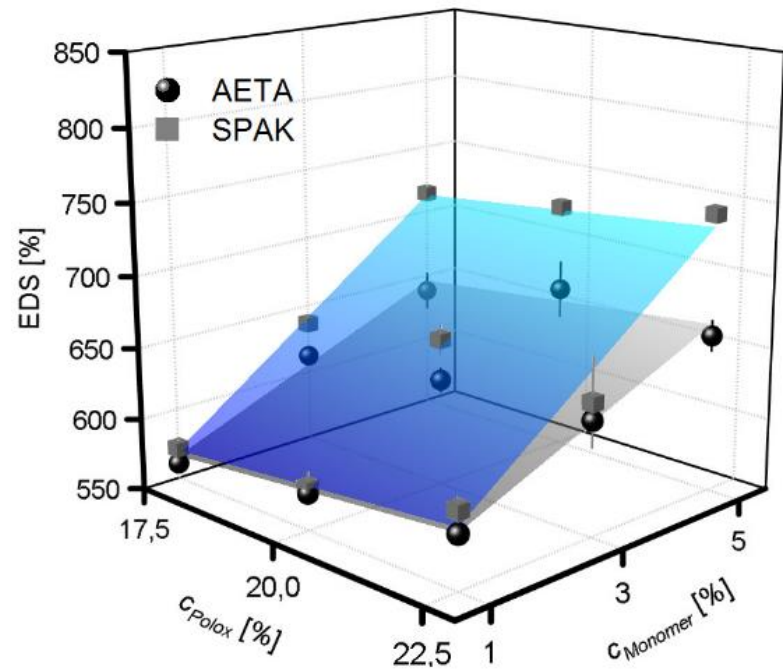
- Piezoelectric devices:** *in situ* poling of ZnO nanocrystals on genetically engineered phage templates for piezoelectric nanowires



3D printed hydrogels with formulations containing positively and negatively charged groups

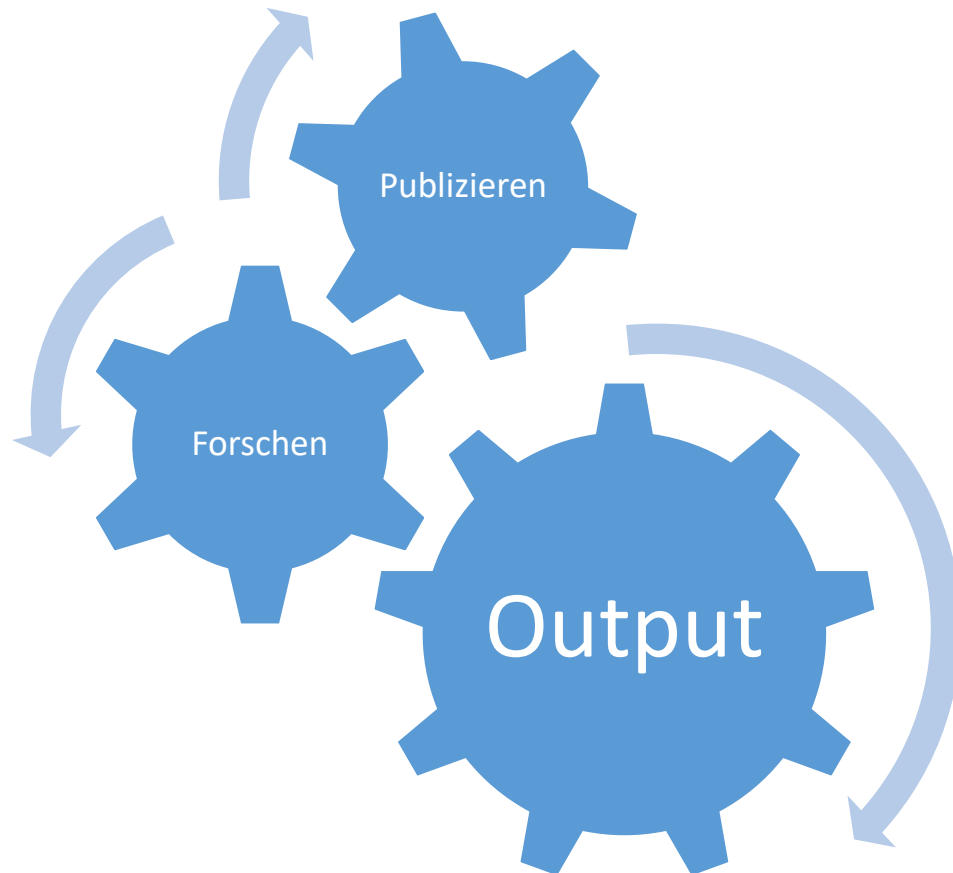


- Hydrogels based on PEG-DA and the charged monomers (SPAK and AETA) for 3D printing, together with Poloxamer 407.
- Using up to 5% (w/w) of the charged monomers was possible without difficulty



- **Equilibrium degree of swelling (EDS)** of cross-linked hydrogels with varying concentrations ($C_{Monomer}$) of positively and negatively charged monomers.

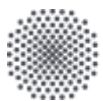
Projekte im Projekthaus NanoBioMater



Zahlen und Fakten zum Projekthaus NanoBioMater



| Ausgewählte BEITRÄGE IM THEMENFELD "NanoBioMater" | Anzahl |
|--|-----------|
| Eingeladene Vorträge (Invited talks/Keynote lectures etc.) | 55 |
| Vorträge auf Tagungen | 48 |
| Poster | 62 |
| Weitere öffentliche und eingeladene Beiträge aus dem Projekthaus | 25 |
| Medienbeiträge über das Projekthaus | 14 |
| Postdoktoranden-Förderung | 8 |
| Promotionen (inkl. laufender Arbeiten) | 25 |
| Studienabschlussarbeiten (B.Sc., M.Sc., Studien- und Diplomarbeiten) | 129 |
| Drittmittelprojekte | 20 |
| Kooperative Forschungsaufenthalte | 4 |
| Stipendien / Preise/ Auszeichnungen / sonstige Errungenschaften | 17 |
| Publikationen im Themenfeld (peer-reviewed Fachartikel und Buchkapitel) | 86 |



**Innovations-
Scenario III:
Leistungszentrum
Mass Personalization**

LEISTUNGSZENTRUM „MASS PERSONALIZATION“

MOBILITY



HEALTH

LIVING



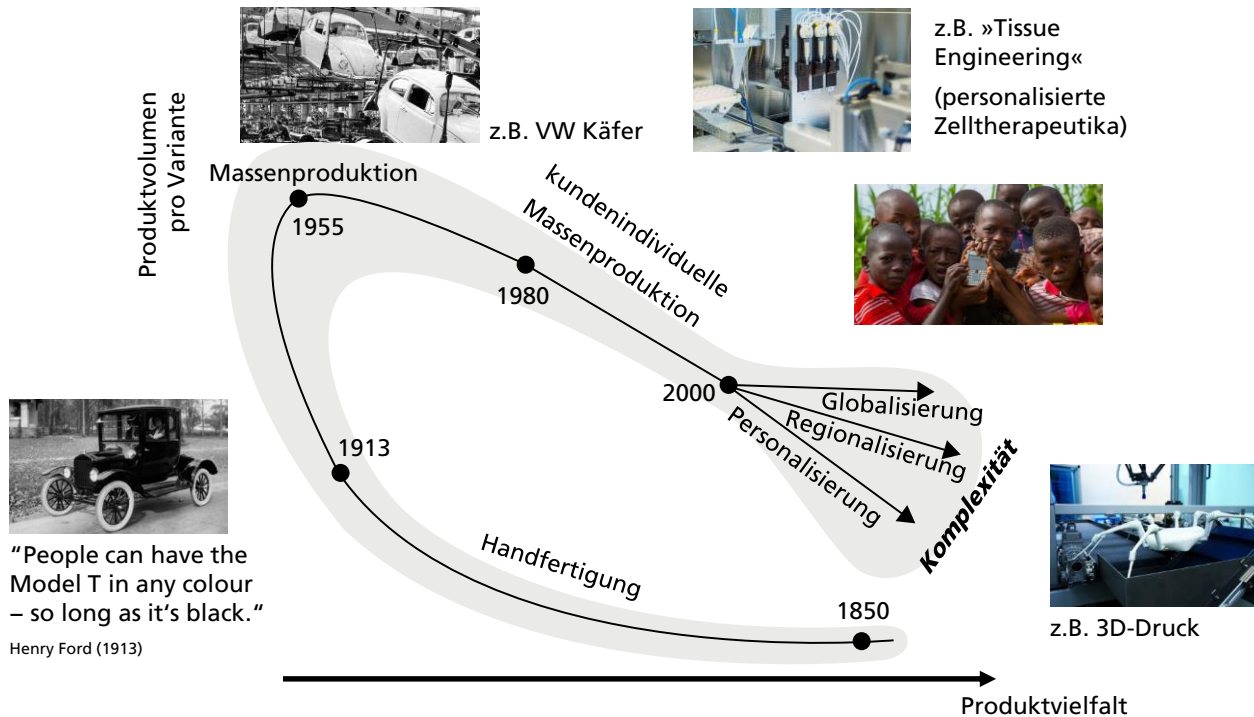
Universität Stuttgart



Fraunhofer

MASS PERSONALIZATION

PERSONALISIERUNGSTREND WIRD BEFEUERT DURCH NEUE TECHNISCHE MÖGLICHKEITEN



MASS PERSONALIZATION - ANWENDUNGSSZENARIEN

Pilot 1

»Personalisierte biomechatronische Assistenzsysteme«



- Exoskeletale Systeme für Assistenz in Automobilbau und Bauwesen
- Personalisierung in Medizintechnik und Sport

Pilot 2

»Personalisierbare Lebensräume«



- Modulares personalisiertes Bauen
- Virtueller Auto-Konfigurator
- Personalisierte Consumer Products
- Personalisierbare adaptive Lebenswelten (Wohnen/Mobilität)

Pilot 3

»Personalisierte therapeutische Produkte«

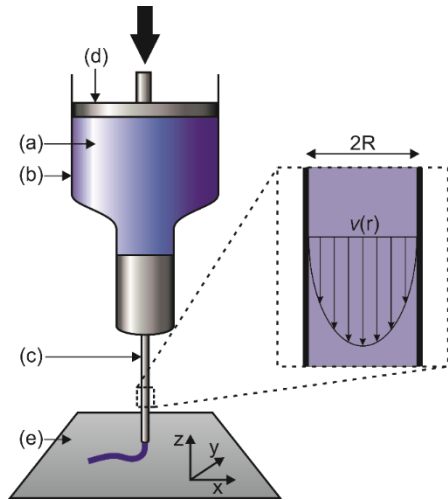
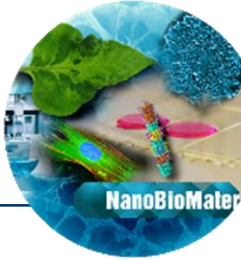


- Qualitätssicherung personalisierter Therapeutika
- Neue Produktionsszenarien für individuelle Therapeutika – Losgröße 1



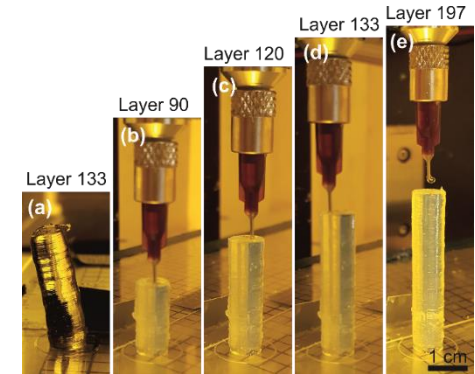
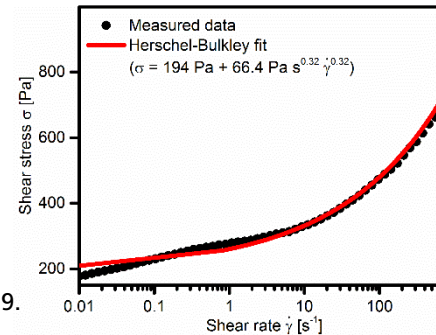
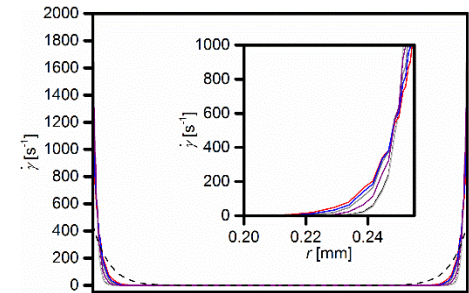
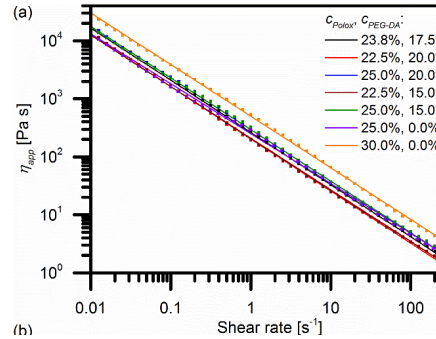
MASS PERSONALIZATION – PILOT 1

MATERIALKONFIGURATOR: INTELLIGENTE HYDROGELE FÜR ADDITIVE FERTIGUNG



■ Strukturviskosität bedingt Druckbarkeit

■ Fließgrenze bedingt erreichbare Objekthöhe

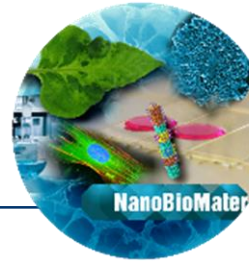


- [1] S. Joas, G.E.M. Tovar, O. Celik, C. Bonten, A. Southan, *Gels* **2018**, *4*, 69.
- [2] G. Kraut, L. Yenchesky, F. Prieto, G.E.M. Tovar, A. Southan, *J. Appl. Polym. Sci.* **2017**, DOI: 10.1002/APP.45083.
- [3] A. Hiller, K. Borchers, G.E.M. Tovar, A. Southan, *Addit. Manuf.* **2017**, *18*, 136-144.

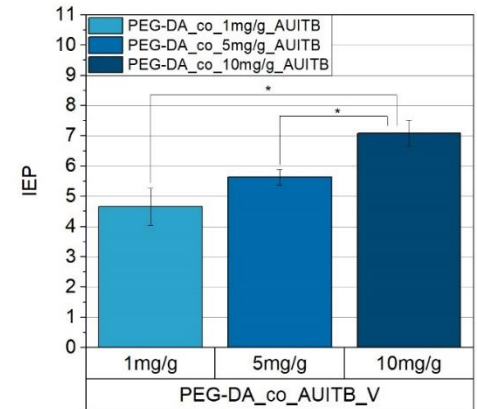
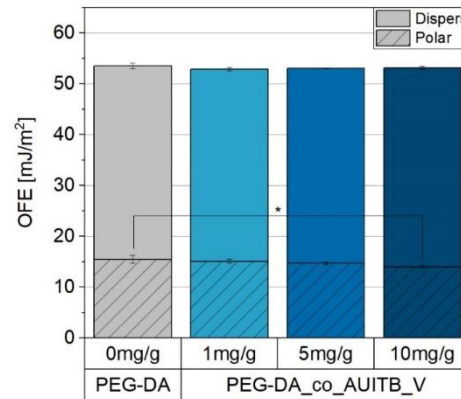


MASS PERSONALIZATION – PILOT 1

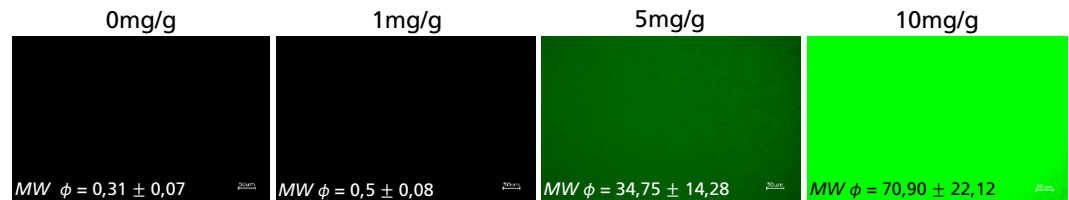
MATERIALKONFIGURATOR: INTELLIGENTE HYDROGELE FÜR ADDITIVE FERTIGUNG



- Funktionelle Gruppen bestimmen Wechselwirkung mit Umgebung und sind entscheidend für den Einsatz in biomedizinischem Umfeld.
- Beispiel: Polyethylenglykol-basierte Hydrogele mit Thiolgruppen funktionalisiert (Fluoreszenzfärbung).

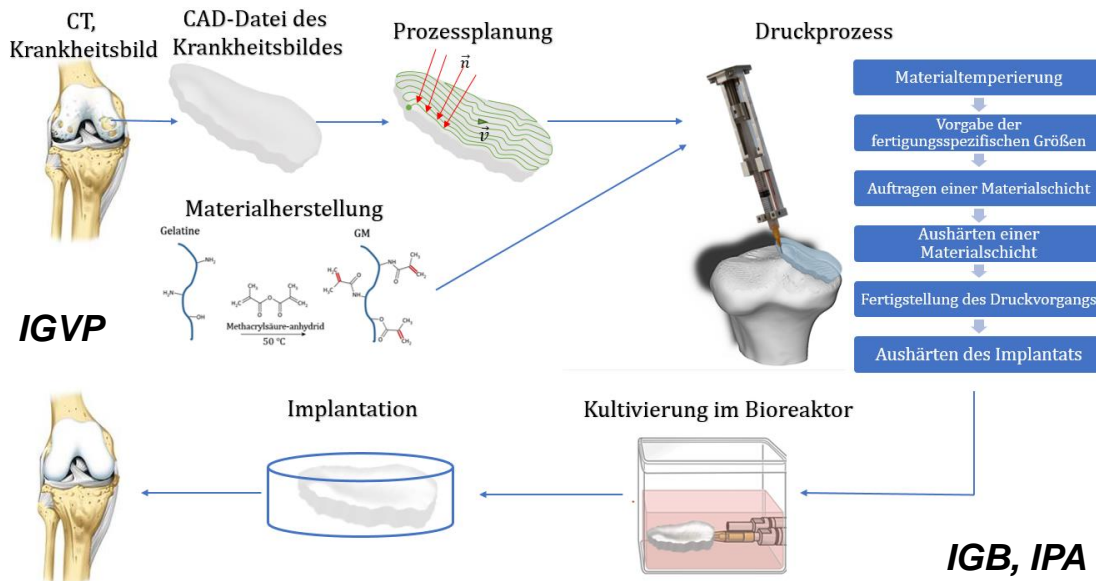
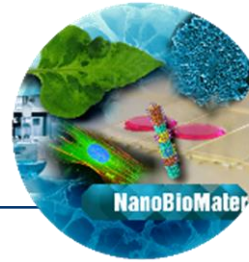


- [4] Albernaz, V., Bach, M., Weber, A., Southan, A., Tovar, G.E.M. *Polym.* **2018**, *10*, 408.
- [5] Claaßen, C., Southan, A., Grübel, J., Tovar, G. E. M., Borchers, K. *Biomed. Mater.* **2018**, *13*, 055008.
- [6] Tovar, G. E. M., Claaßen, C., Sewald, L., Weber, A., Southan, A., & Borchers, K. *Chem. Ing. Techn.* **2018**, *90*, 1195.
- [7] Sewald, L., Claaßen, C., Götz, T., Claaßen, M. H., Truffault, V., Tovar, G. E. M., Southan, A., & Borchers, K. *Macromol. Biosci.* **2018**, *18*, 1800168.
- [8] Rebers, L., Granse, T., Tovar, G.E.M., Southan, A., & Borchers, K. *Gels* **2019**, *5*, 4.

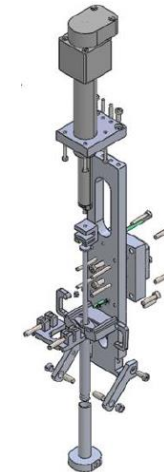


MASS PERSONALIZATION – PILOT 1

MATERIALKONFIGURATOR: PERSONALISIERTE GELENKKNORPEL



Druckkopfsystem für mehrschichtiges Drucken

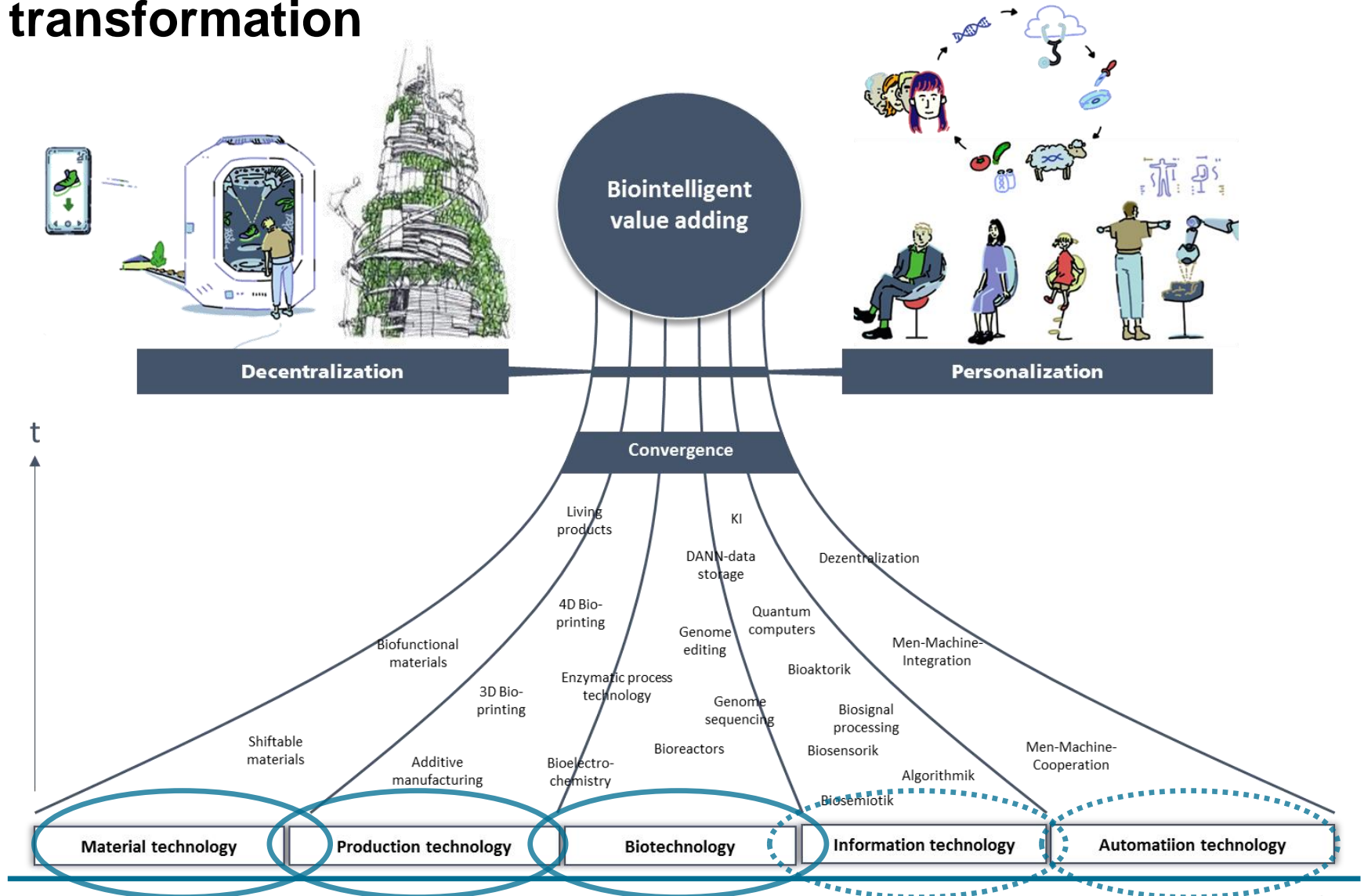


ISW



Lessons learned

Technology convergence in the context of a biological transformation



Summary and outlook

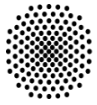
Functional Materials

- Real world needs real materials
- Networking needed
- Structure matters

- **Competence Center Biointelligence** as potential landmark for Baden-Wuerttemberg
 - Interdisciplinary research
 - Structural innovations



Session Energie (engl. Energy)



Universität Stuttgart



Fraunhofer

UNIVERSITÄT HOHENHEIM



NMI
schafft Ergebnisse



Bedürfnisfeld Energie

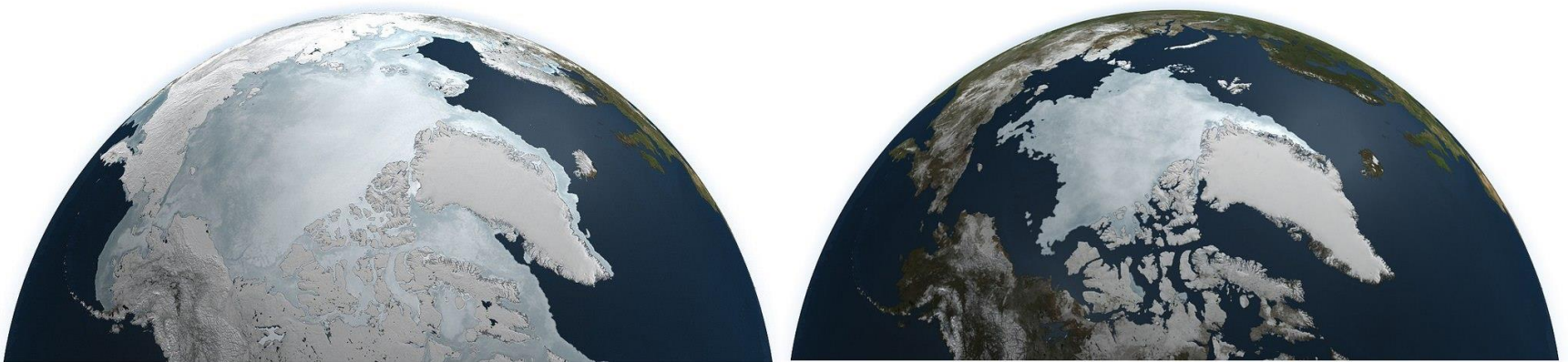
Beitrag der Biologischen Transformation
zur Energiewende

Prof. Dr.-Ing.
Alexander Sauer

Unser Klimaproblem ist ein Energieproblem

Wo stehen wir heute?

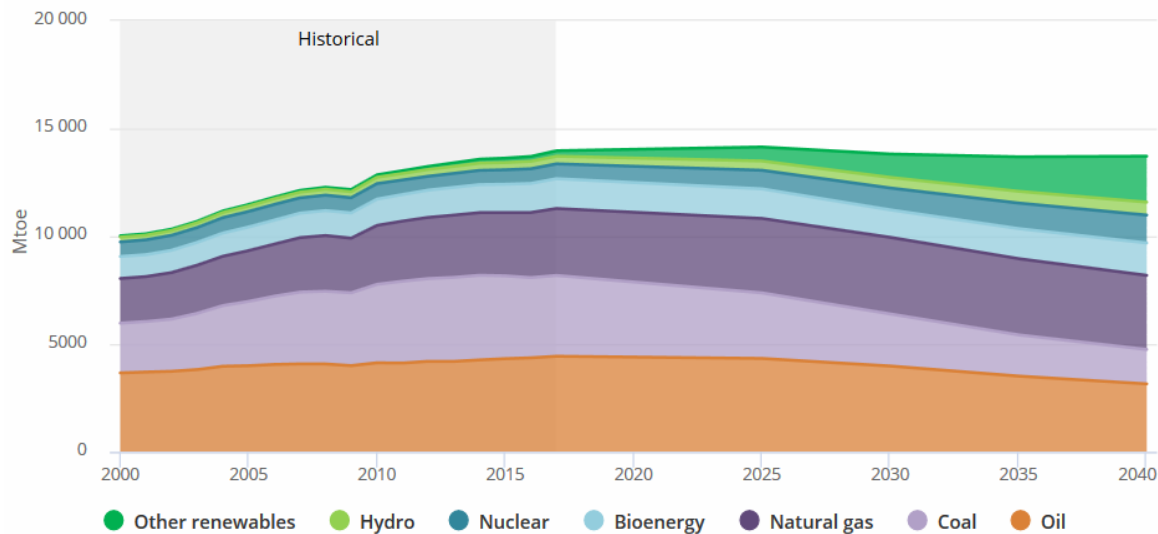
- Menschliche Aktivitäten haben **bereits etwa 1°C** globale Erwärmung gegenüber vorindustriellem Niveau verursacht, mit einer wahrscheinlichen Bandbreite von 0,8 °C bis 1,2 °C. [1]
- Die Erwärmung erreicht **1,5 °C zwischen 2030 und 2052**, wenn sie mit der aktuellen Geschwindigkeit weiter zunimmt. [1]
- Rund **66% der weltweiten Treibhausgasemissionen** entstehen im Zusammenhang mit **Energiegewinnung** [2]



Weltweit steigender Energiebedarf

Wie geht es weiter?

- Der Primärenergieverbrauch steigt seit 60 Jahren kontinuierlich an, auch nach dem Kyoto-Protokoll von 1997 wurde keine Reduktion des Energieverbrauchs erreicht. [3]



- **New Policy Scenario:** Umfasst bestehende Energiepolitische Richtlinien sowie eine Bewertung der Ergebnisse, die wahrscheinlich aus der Umsetzung der angekündigten politischen Absichten stammen. [3]
- **Sustainable Development Scenario:** Beschreibt einen integrierten Ansatz zur Erreichung international vereinbarter Ziele in Bezug auf Klimawandel, Luftqualität und universellen Zugang zu moderner Energie. [3]

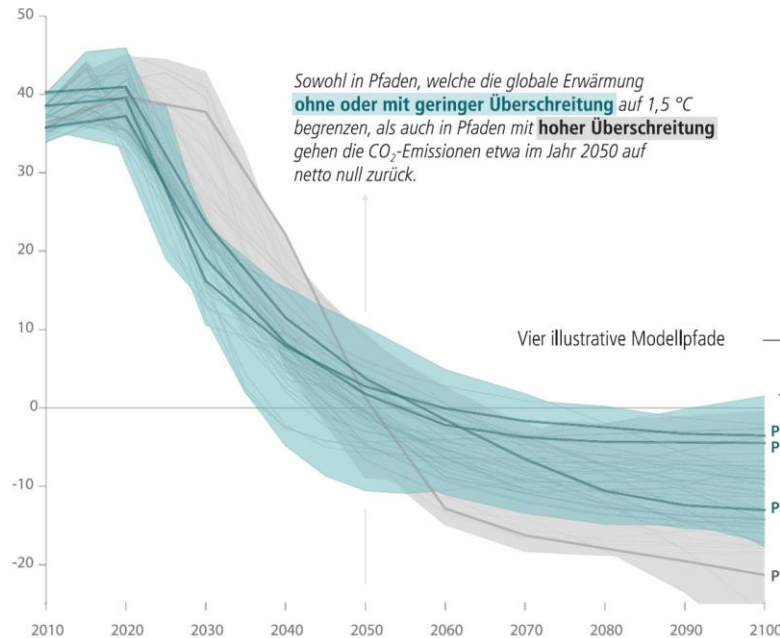
Negative Emissionen

Es reicht nicht aus, die Emissionen zu begrenzen

- Um das 1,5°C - Ziel zu erreichen, reicht es nicht aus, die Emissionen zurückzufahren sondern es müssten im 21. Jahrhundert zwischen 100 und 1000 Gigatonnen CO₂ aus der Atmosphäre gebunden werden. [1]

Gesamte globale Netto-CO₂-Emissionen

Milliarden Tonnen CO₂/Jahr



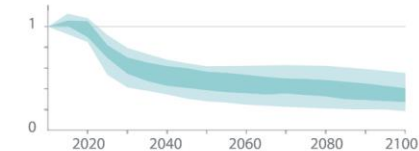
Zeitpunkt von netto null CO₂
Die Linienbreiten bilden das 5.-95. Perzentil und das 25.-75. Perzentil der Szenarien ab



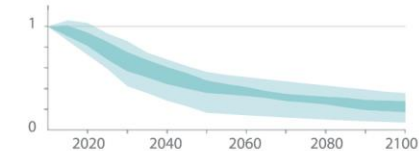
Nicht-CO₂-Emissionen gegenüber 2010

Emissionen von Nicht-CO₂-Treibern werden in Pfaden, welche die globale Erwärmung **ohne oder mit geringer Überschreitung** auf 1,5 °C begrenzen, ebenfalls reduziert oder begrenzt, erreichen den Nullwert aber nicht global.

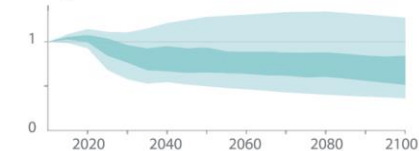
Methanemissionen



Rußemissionen



Lachgasemissionen

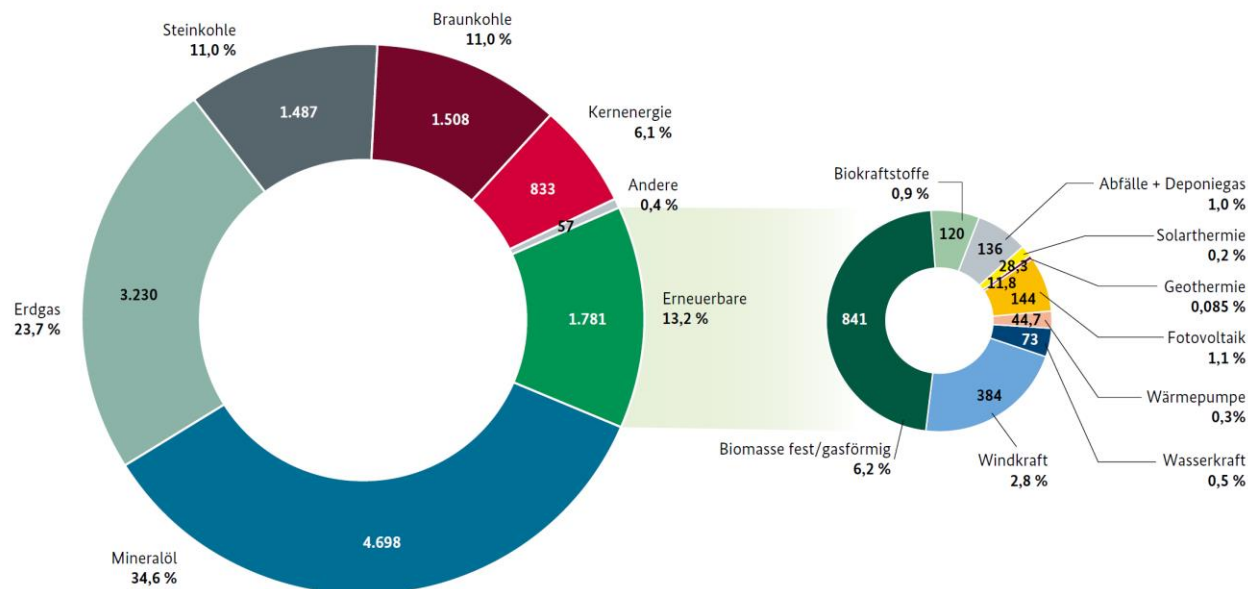


Die Rolle Deutschlands

Wo stehen wir heute?

- In **Deutschland** machen energiebedingte Emissionen etwa **85 %** der Treibhausgasemissionen aus, (vgl. weltweit ca. 81 Prozent) [4, 5]
- Bioenergie hat in Deutschland unter den Erneuerbaren bereits einen **größeren Anteil als Wind-, Wasserkraft und Solarenergie** zusammen:

Primärenergieverbrauch in Deutschland 2017 (13.594 PJ*)



- Rest- und Abfallstoffe können (energetisch aufbereitet) zukünftig bis zu **17%** des Primärenergiebedarfs decken [6]
- Außerdem können mittels Biomasseaufbau „**negative Emissionen**“ erzeugt werden, beispielsweise durch Aufforstung [6]

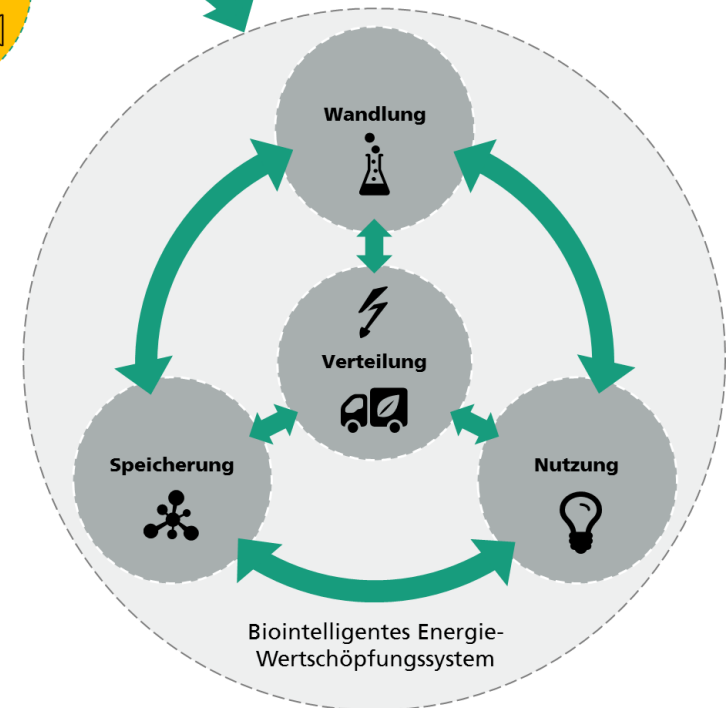
Die Biologische Transformation der Energieversorgung

Was ist der Zielzustand?



Lineare Energiewertschöpfungskette
(Status Quo)

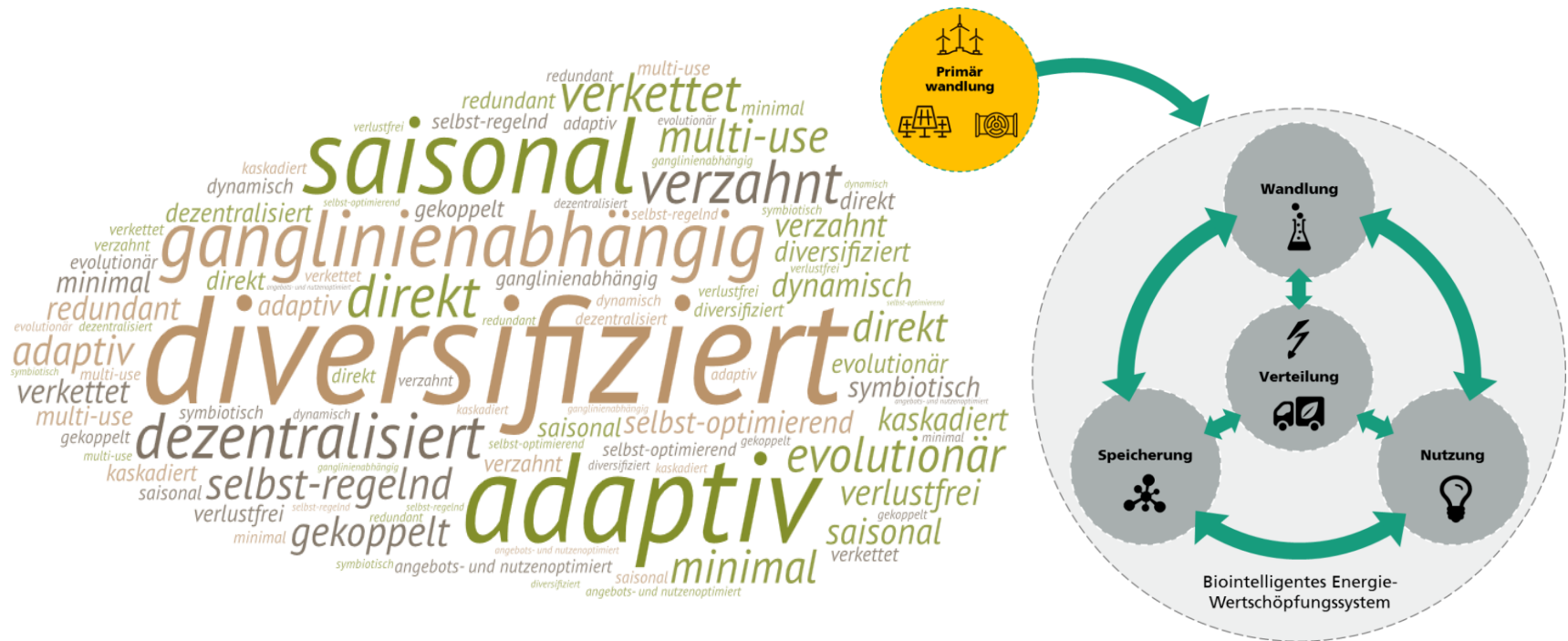
Grundsätzlich kann eine nachhaltige Energieversorgung nur realisiert werden, wenn die Menge an Energie, die von der Sonne zur Verfügung gestellt wird, über die Erzeugung bzw. Konvertierung, Verteilung, Speicherung und Nutzung, mit möglichst geringem Exergieverlust, robust und wirtschaftlich optimal genutzt wird.



Die Biologische Transformation der Energieversorgung

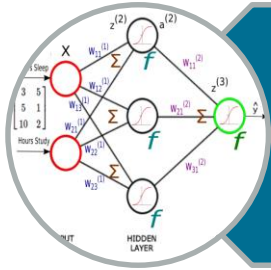
Welche Merkmale zeichnen sie aus?

- Ein biointelligentes Energiewertschöpfungssystem besitzt folgende Eigenschaften:



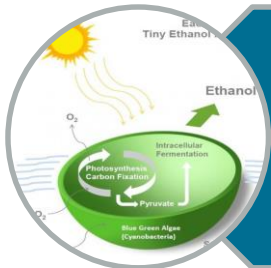
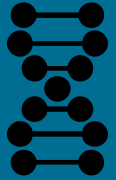
Die Biologische Transformation der Energieversorgung

Welche Technologien erscheinen relevant?



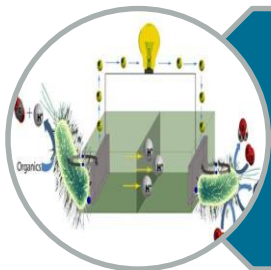
Bioinspirierte Informationstechnik

- Algorithmen zur effizienten Verteilung/ Speicherung (→ biointelligente Smart-Grids)
- Algorithmen zur Strukturoptimierung (z.B. von Energiewandlungssystemen)
- Lernende Algorithmen zur Verbesserung von z.B. Last- oder Bedarfsprognosen



Synthetische Biologie und Biotechnologie

- Energieträgerproduktion (mit Bakterien oder Algen)
- Künstliche Photosynthese oder Teilschritte / Hybridsysteme / Zwischentechnologien
- Synthetische Fermentationsprozesse oder Teilprozesse (z. Bsp. zur Produktion von ölasierten Biofuels)



Biokatalyse, -analytik und -elektrochemie

- Mikrobielle Brennstoff- und Elektrolysezellen zur energetischen Nutzung von organischen Abfällen und Reststoffen
- Nutzung von Organismen für Sensorik/Aktorik (Biosensoren, Phagen etc.)
- Enzymatische Prozesstechnik, z. Bsp. zur ATP-Produktion



Die Biologische Transformation der Energieversorgung

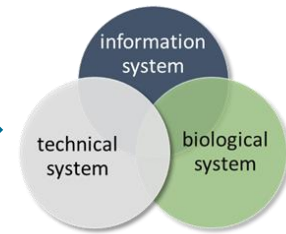
Entwicklungsmodi und Beispiele

Interaktion:

- Kombination aus synthetischer Biologie und lernenden Algorithmen
- Biosensorik und -aktorik in Energiesystemen (Informationsaustausch zwischen Biologie und Technik)

Interaktion

biointelligente Wertschöpfung

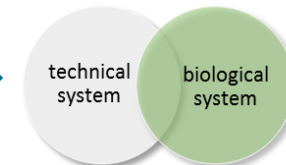


Integration:

- Biotechnologische Produktion chemischer Energieträger (z. B. durch Bakterien, Algen)
- Künstliche Photosynthese (z.B. mit Enzymen)

Integration

bio-integrierte Wertschöpfung



Inspiration:

- Intelligente Verknüpfung von Material- und Energieflüssen
- Bioinspirierte Strukturen und Oberflächen für energie-technische Anwendungen

Inspiration

bio-inspirierte Wertschöpfung



Quellenverzeichnis

Verwendete Literatur

- Fischer-Kowalski M, von Weizsäcker E, Ren Y, Moriguchi Y, Crane W, Krausmann F, et al. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth: Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Paris; 2011. ISBN: 978-92-807-3167-5
- Sustainable Europe Research Institute (SERI) / Vienna University of Economics and Business (WU Vienna). Global resource extraction by material category; 1980-2011. Verfügbar: <http://www.materialflows.net/trends/analyses-1980-2011/global-resource-extraction-by-material-category-1980-2011/>
- Weizsäcker et al.: Wir sind dran – Was wir ändern müssen, wenn wir bleiben wollen – Eine neue Aufklärung für eine volle Welt. Gütersloher Verlagshaus, Gütersloh, 2017. ISBN 978 3 579 08693
- McGlade, Christophe, and Paul Ekins. "The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 C." Nature 517.7533 (2015): 187.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Innovationen für die Energiewende - 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, Berlin, Sept 2018
- Bauernhansl et al., 2018. Voruntersuchung zur Biologischen Transformation der industriellen Wertschöpfung BIOTRAIN
- <https://www.eea.europa.eu/de/signale/die-zukunft-der-energie-in-1/artikel/energie-und-klimawandel>
(<https://www.iea.org/publications/freepublications/>)
- <https://www.eea.europa.eu/de/signale/die-zukunft-der-energie-in-1/artikel/energie-und-klimawandel> (European Environment Agency)
- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen>
- Acatech / Leopoldina / Akademienunion 02/2019: Stellungnahme des Akademienprojekts Energiesysteme der Zukunft: „Biomasse im Spannungsfeld zwischen Energie- und Klimapolitik“ (ESYS)



University of Stuttgart
Germany



UNIVERSITY OF
HOHENHEIM



Fraunhofer

NMI
schafft Ergebnisse



BIOINTELLIGENTE PRODUKTE UND PRODUKTION – DIE NACHHALTIGE REVOLUTION DER INDUSTRIE

Session Energie



Stuttgart, May 15, 2019

Agenda

Session Energie

- 13:30 – 13:35 Uhr **Begrüßung und Moderation**
Andreas Kleinschmidt
- 13:35 – 13:50 Uhr **Beitrag der Biologischen Transformation zur Energiewende**
Prof. Alexander Sauer
Leiter des Instituts für Energieeffizienz in der Produktion (EEP), Universität Stuttgart
Leiter des Bereichs Ressourceneffiziente Produktion, Fraunhofer IPA
- 13:50 – 14:10 Uhr **Wasserstoffproduktion aus biologischen Quellen: Historische Perspektive, Bewertung des gegenwärtigen Zustands und Vision für zukünftige Perspektiven mit Purpurbakterien**
Prof. Robin Ghosh
Leiter der Abteilung Bioenergetik am Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme (IBBS), Universität Stuttgart
- 14:10 – 14:30 Uhr **Technische Ansätze für die Biologische Transformation der Energieversorgung und deren Implementierung**
Dr.-Ing. Ursula Schließmann
Abteilungsleiterin Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
- 14:30 – 14:50 Uhr **Biomasse für Energie und Rohstoffe – Wohin geht die Reise?**
Dr. Ludger Eltrop
Abteilungsleiter Systemanalyse und erneuerbare Energien (SEE) am Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart
- 14:50 – 15:30 Uhr **Diskussion**

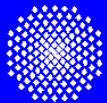
H₂ Production from Biological Sources, Historical Perspective, Evaluation of the Present Status, and the Vision for Future Perspectives with Purple Bacteria

Prof. Dr. Robin Ghosh

Department of Bioenergetics

Institute for Biomaterials and Biomolecular Systems (IBBS)

University of Stuttgart



H₂ as an energy source will rescue our planet

Energy sources

Fossil fuels

- Natural gas (methane)
- Oil

**Still in large supply, but
are destroying the planet**

Renewable energy

- Wood (lignocellulose)
- Ethanol
- Butanol

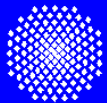
**More or less maintain the
CO₂ status quo**

Nuclear fuels

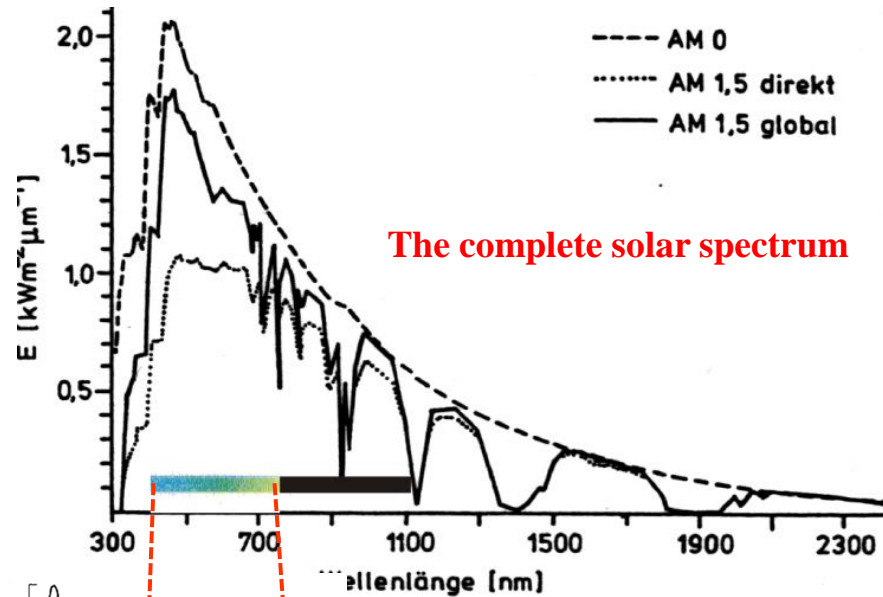
**clean energy, but problems with
waste disposal**

- **Hydrogen**

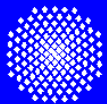
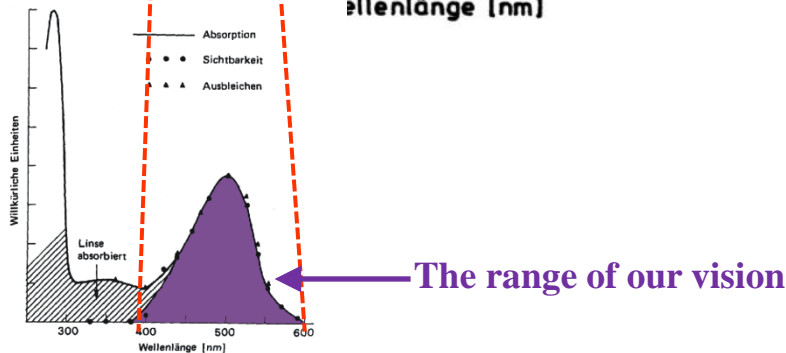
H₂O is the only combustion product



The use of natural sunlight as an energy source is very attractive!

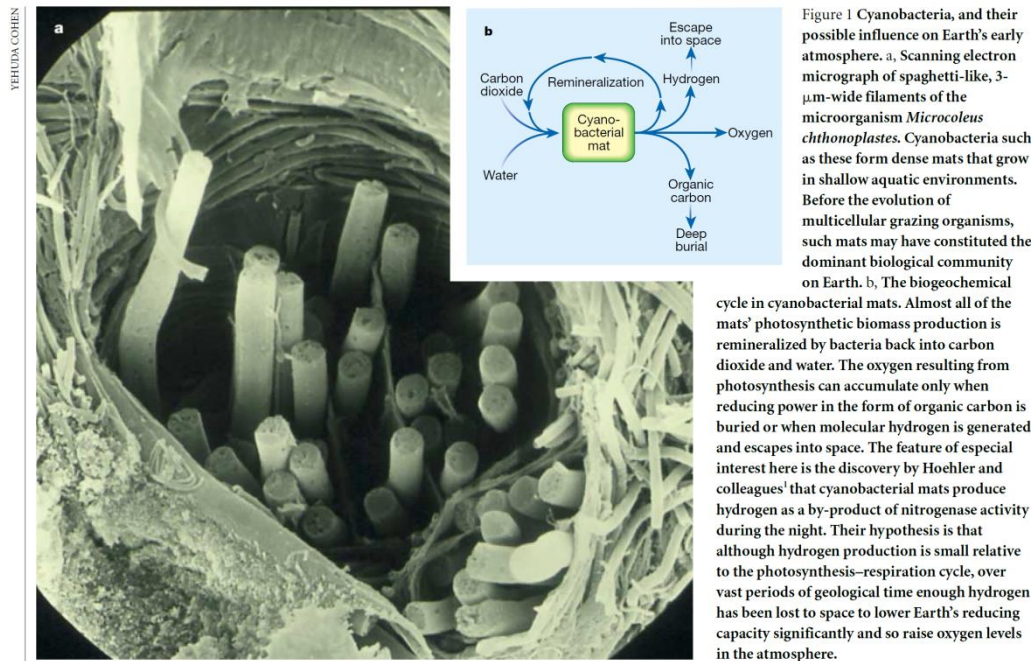


The amount of solar energy reaching the surface of our planet **per day** is equivalent to our total energy requirement **per year!**



Bio-H₂ production on our planet started about 3 billion years ago!

Hoehler *et al.* (2001) showed that cyanobacteria in microbial mats produce significant amounts of both H₂ and methane



Hohler *et al.*(1991) Nature 412, 324



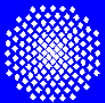
A practical reference point: Energy requirements of a typical household

A typical household requires 1.374×10^{11} J/year = **380 MJ/day**

H₂: 121 kJ/g = 0.121 MJ/g;

Household \equiv 3140 g H₂/day = 1570 moles H₂/day

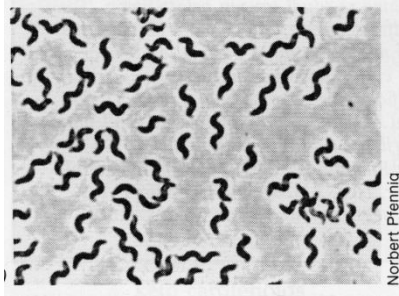
In the following slides, I calculate the *hypothetical* amount of H₂ which might be obtained if the literature values could be scaled up to **100 litre cultures**. The 100 L benchmark, corresponds to a culture size which might be commercially viable. Note that this calculation takes no notice of problems with light penetration, but is only meant to provide an easy comparison of literature values for the non-expert.



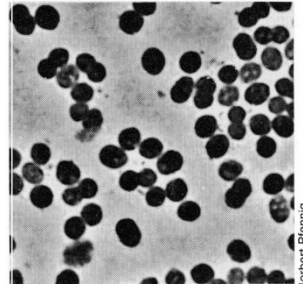
H₂ production with photosynthetic microorganisms

Purple
bacteria

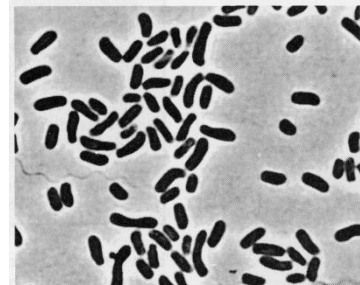
Rhodospirillum fulvum



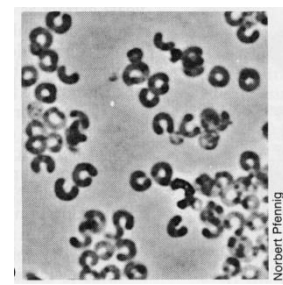
Rhodobacter sphaeroides



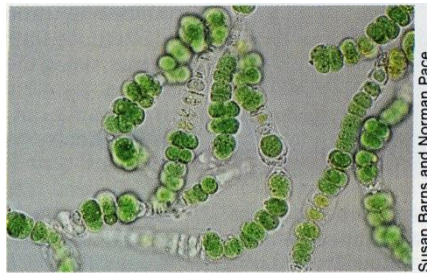
Rhodobacter capsulatus



Rp. globiformis



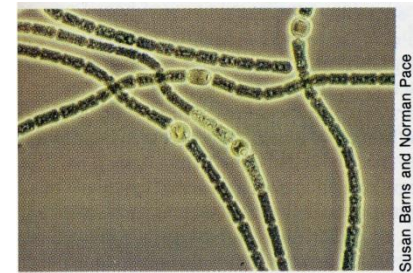
Anabaena



Gliotheca



Oscillatoria



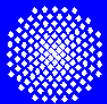
Chlamydomonas reinhardtii



Shaw&Ghosh,
unpublished

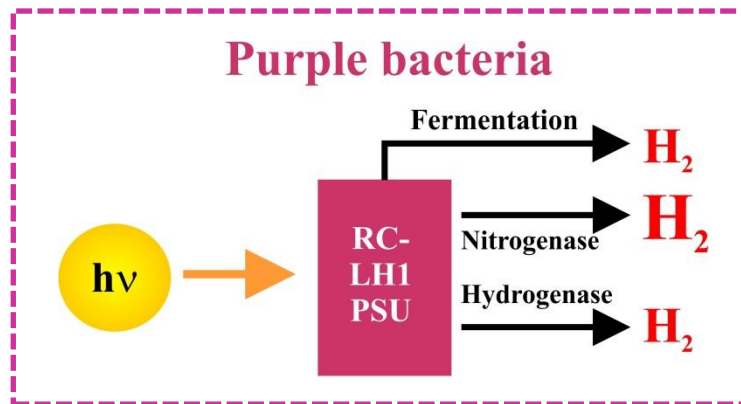
Green algae

Images for the purple and cyanobacteria taken from Brock&Madigan (1991)"*Biology of Microorganisms*", Prentice-Hall



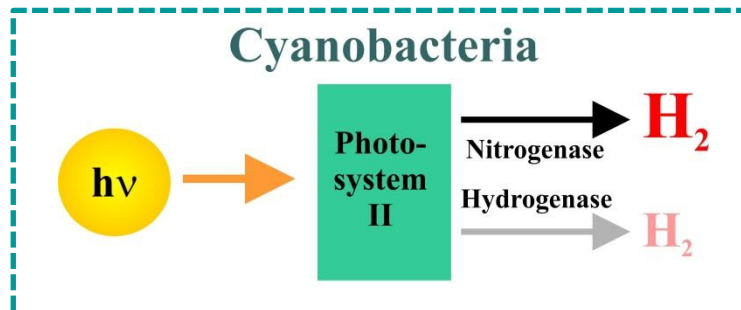
Mechanisms of H₂ production in purple bacteria, cyanobacteria and algae

Active,
facultative
growth



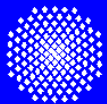
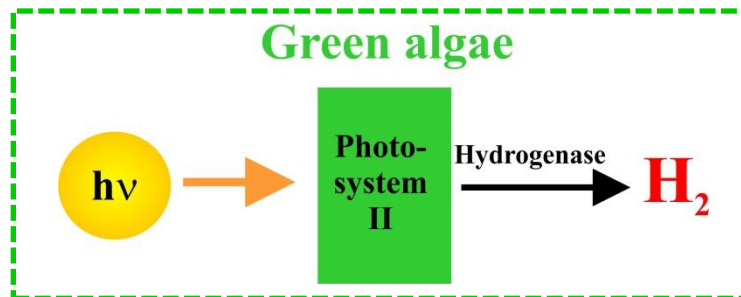
reversible
inhibition
by O₂

Active, aerobic
growth



irreversible
inhibition
by O₂

Induced
anaerobiosis,
almost no
growth



H₂ production purple bacteria and green algae – the beginnings

- **Gaffron (1939)**: demonstration of H₂ production using *C. reinhardtii*
(Gaffron (1939) Nature 143, 204-205)
- **Gest (1950)**: demonstration of H₂ production for the purple bacterium, *Rhodospirillum rubrum*

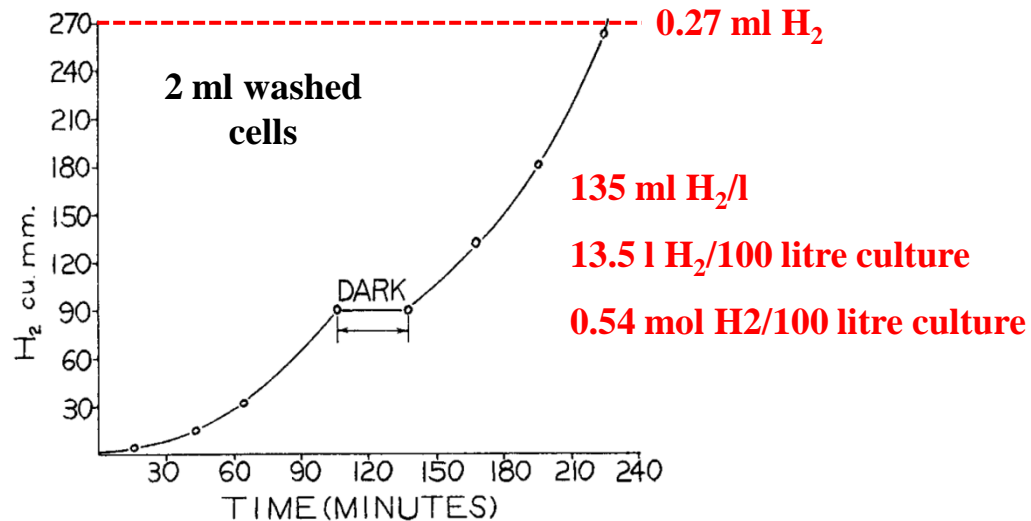
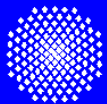


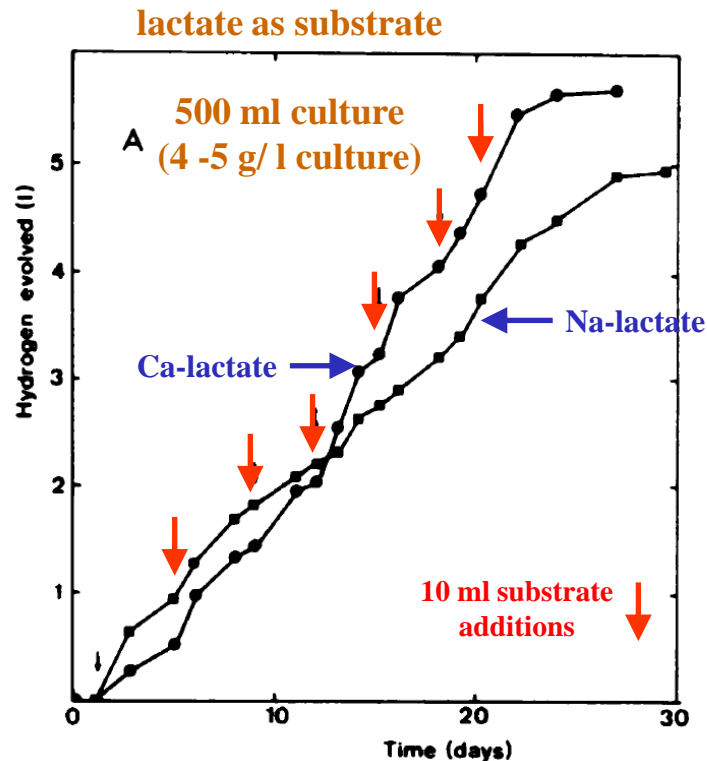
FIG. 1. Photoproduction of H₂ by *Rhodospirillum rubrum* (SI). 50 c.mm. of washed cells were suspended in 2 ml. of 0.05 M phosphate buffer (pH 6.6). 5 mg. of *D*-malate tipped in at zero time. The center well contained 0.2 ml. of 10 per cent KOH: 100 per cent He in the gas space.

(Gest *et al.* (1950) J. Biol. Chem. 182, 153-170)



First demonstration of continued H₂ production in purple bacteria using solar energy and milk wastes - 1

Zürrer and Bachofen (1978)



Zürrer and Bachofen (1978) Appl.
Environ.Microbiol. 37, 789-793

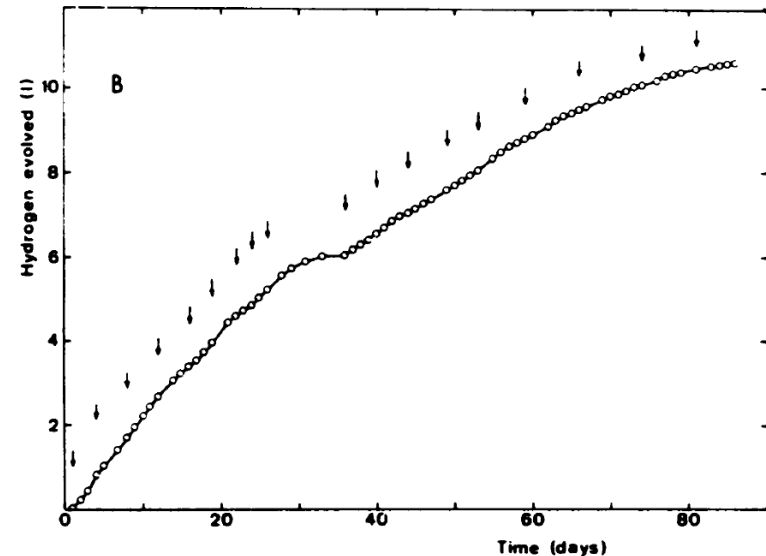
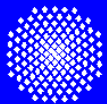


FIG. 2. Total hydrogen production by 500-ml cultures of *R. rubrum*. (A) Lactate as substrate. Culture density (absorbency at 660 nm), 7.5 to 8 optical density units; dry weight, 4 to 5 mg/ml. Arrows indicate the addition of 7.5 mmol of lactate (3.75 ml of 2 M solution without mineral salts or nitrogen source) and the removal of an equal volume of the cell suspension. Symbols: (■) sodium lactate; (●) calcium lactate. (B) Yogurt waste or whey as substrate. Culture density, 11.5 to 17.5 optical density units. Arrows indicate the addition of 10-ml samples of yogurt waste from days 1 to 26 or 10-ml samples of whey from days 36 to 81.



First demonstration of continued H₂ production in purple bacteria (*Rhodospirillum rubrum*) using solar energy and milk wastes - 2

Zürner and Bachofen (1978)

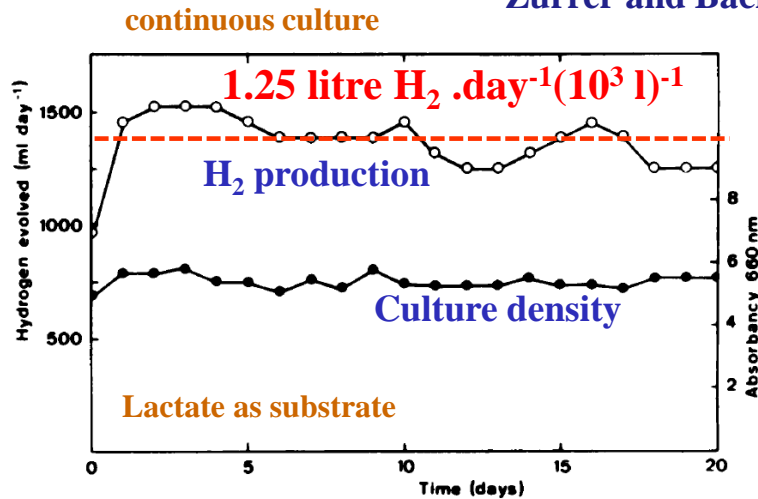


FIG. 4. Hydrogen production by a 1,000-ml continuous culture of *R. rubrum* with lactate (50 mM) and glutamate (15 mM) as growth-limiting N source. Dilution rate, 0.0135 h^{-1} . Symbols: (○) hydrogen production; (●) culture density.

batch culture

TABLE 1. Photoproduction of H₂ from various substrates by *R. rubrum* in 500-ml cultures

| Substrate | Hydrogen production ^a | | Hydrogen yield ^b (%) |
|--|--|--|---------------------------------|
| | ml of H ₂ per h per liter culture | ml of H ₂ per ml of substrate | |
| L-(+)-Lactate | 16-36 | | |
| Waste from lactic acid bacteria production | 16-24 | 52 | 99 |
| Yogurt waste | 12-20 | 45 | 67 |
| Whey | 8-20 | 47 | 67 |

^a Hydrogen production was measured over a period of 10 days after adaptation to the substrate. Initial cell concentration (absorbency at 660 nm) was 8 optical density units; dry weight was 4 mg/ml.

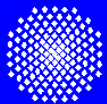
^b With respect to lactic acid concentration; 100% = complete decomposition of the original lactic acid to H₂ and CO₂.

1000 l continuous culture

25 litre = 1 mol H₂

125 ml H₂ = 5 mmol H₂/100 ml culture

~16 ml H₂/h /l culture = 304 ml H₂/l culture /24 h
30.4 litre H₂/100 litre culture = 1.22 mol H₂



H₂ production with *C. reinhardtii* – the breakthrough

Melis, Zhang, Ghirardi, Seibert (2000) Plant Physiol. 122, 127-135;

Ghirardi, Zhang, Lee, Flynn, Seibert, Greenbaum, Melis (2000) TIBTECH 18, 506-511.

- Hydrogenase is inhibited/inactivated by O₂;
- PSII produces O₂ after water splitting
- the D1 protein of PSII is rapidly degraded by singlet O₂ and has to be resynthesized
- **Depletion of sulphur in the medium** prevents re-synthesis of the D1 protein, and thus decreases the rate of O₂ evolution by water splitting;
- At lowered O₂ evolution, **mitochondrial respiration causes the cells to become anaerobic**;
- **H₂ evolution by hydrogenase is induced.**

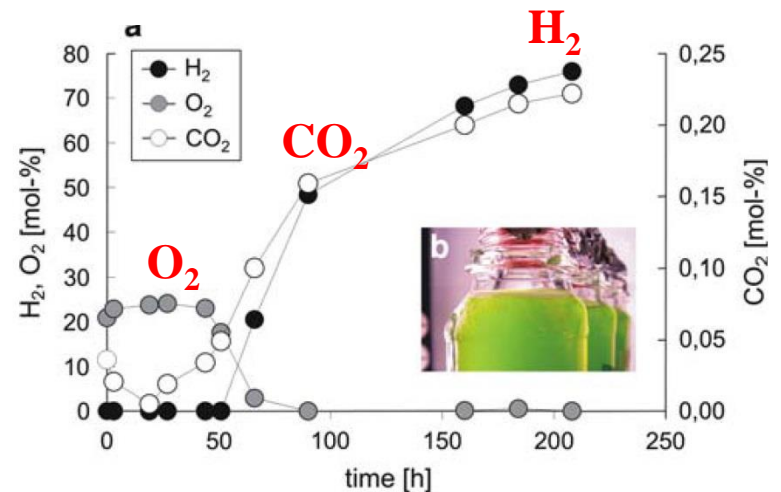
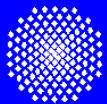
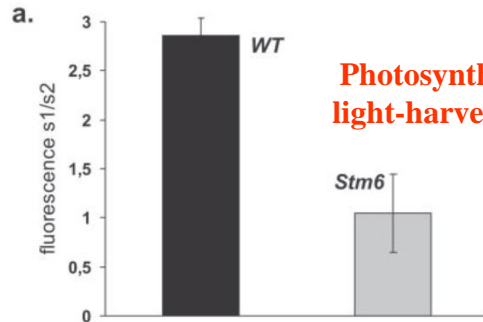


Fig. 3 a Development of the concentrations of H₂ (●), O₂ (●), and CO₂ (○) as measured by MS in the headspace of an S-depleted *C. reinhardtii* culture incubated in squared glass bottles sealed with Suba seals upon one-site illumination as illustrated by the photograph in (b) (Hemschemeier 2005)

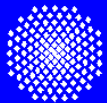
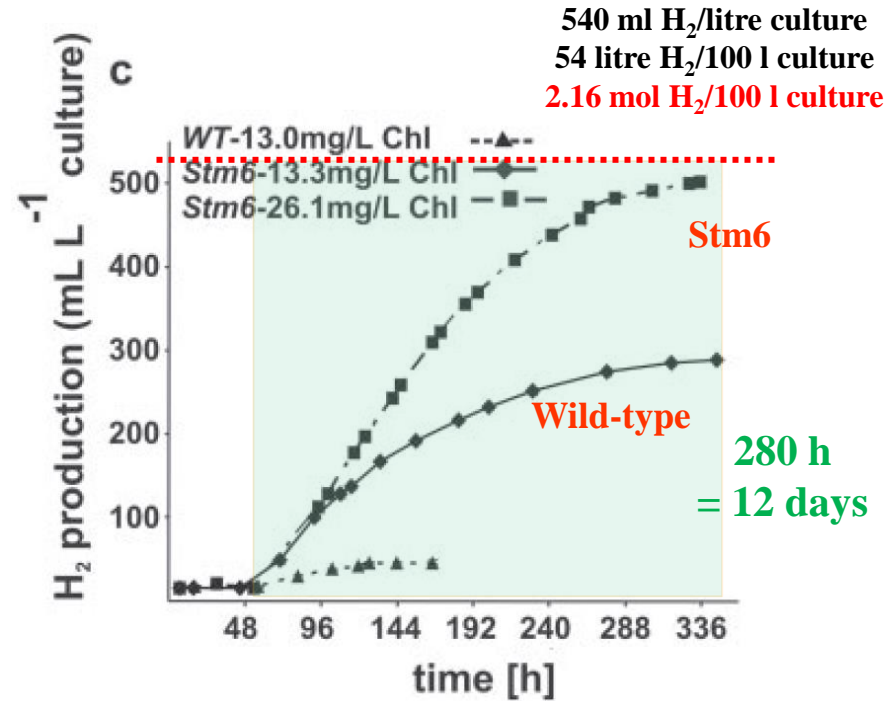
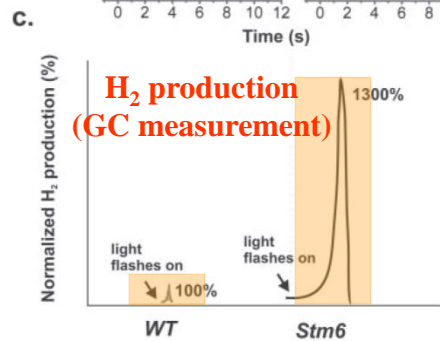
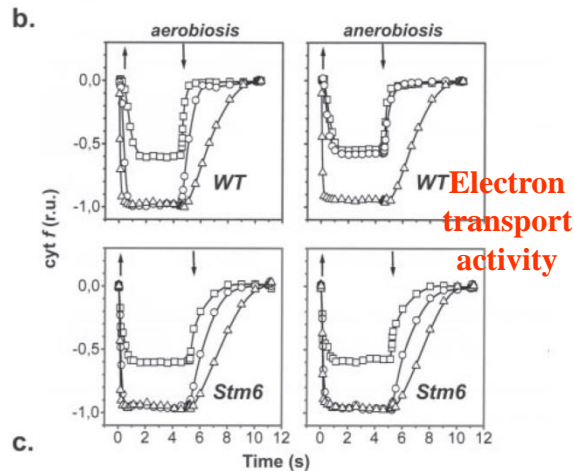


(1) The "turbo" *C. reinhardtii* mutant, *Stm6*

Kruse et al. (2005) J. Biol. Chem. 280, 34170-34127



But, no mention of the culture size used was mentioned!

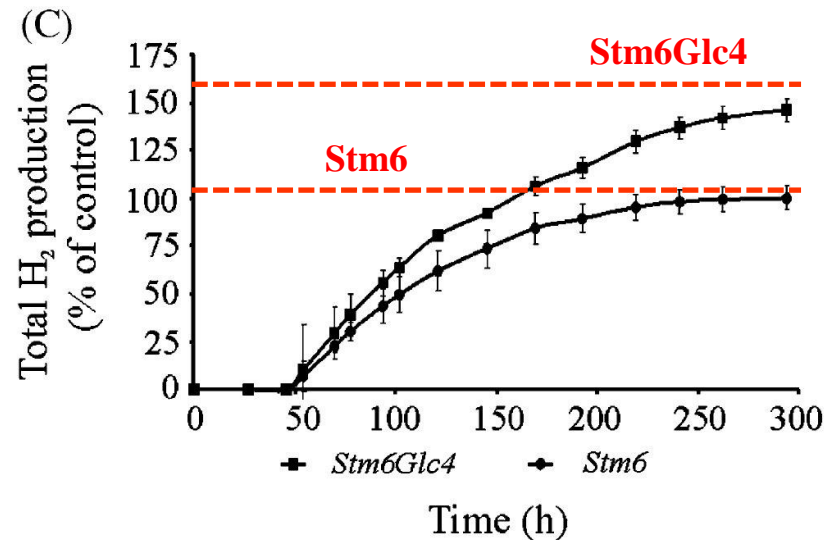
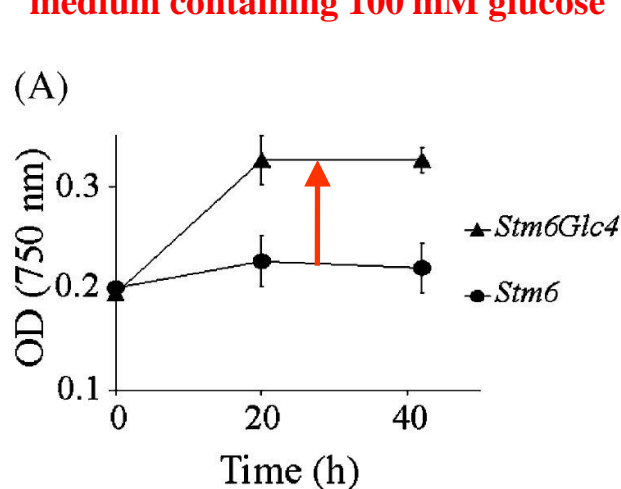


(2) The improved "turbo" *C. reinhardtii* mutant *Stm6Glc4*

Doebbe, Ruppert, Beckmann, Mussnug, Hallmann, Hankamer, Kruse (2007) J. Biotechnol. 13, 27-33.

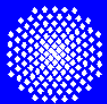
- Genetic introduction of hexose (glucose) transporter (HUP1) to increase carbon and reductant input to metabolism

Growth of *Stm6Glc4* in high salt medium containing 100 mM glucose



The HUP1-containing mutant shows a 1.5 x increase in H₂ production compared to *Stm6*

But, no culture sizes or absolute amounts of H₂ were quoted in the paper!

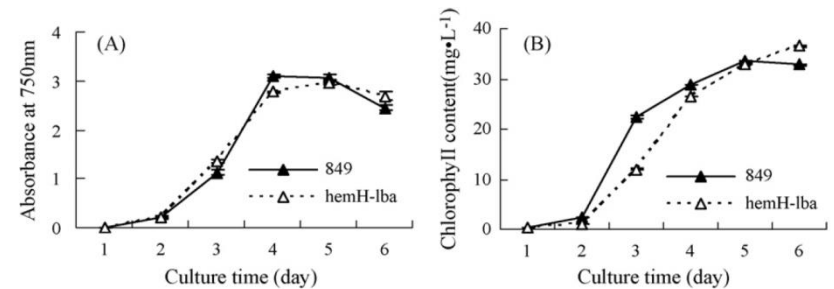


Genetic improvement of the wild-type *C. reinhardtii* by the introduction of an lb apoprotein (*lba*)-leghaemoglobin (*hemH*) fusion protein to decrease the intracellular O₂

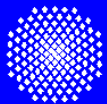
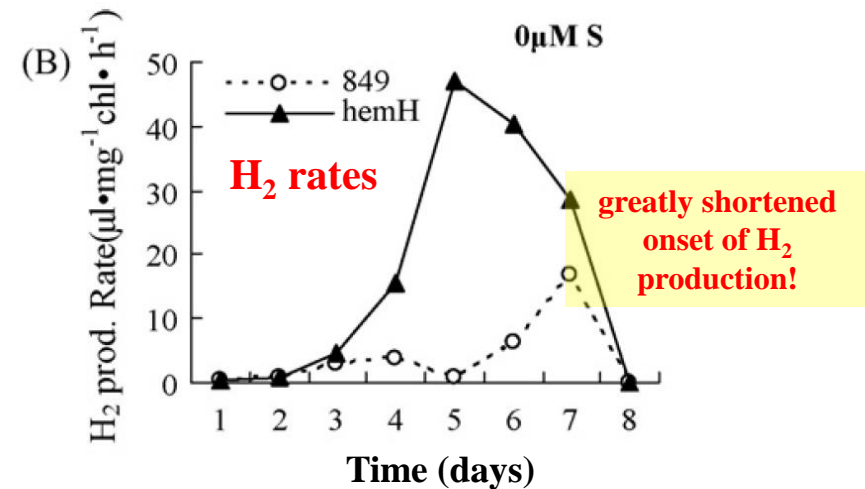
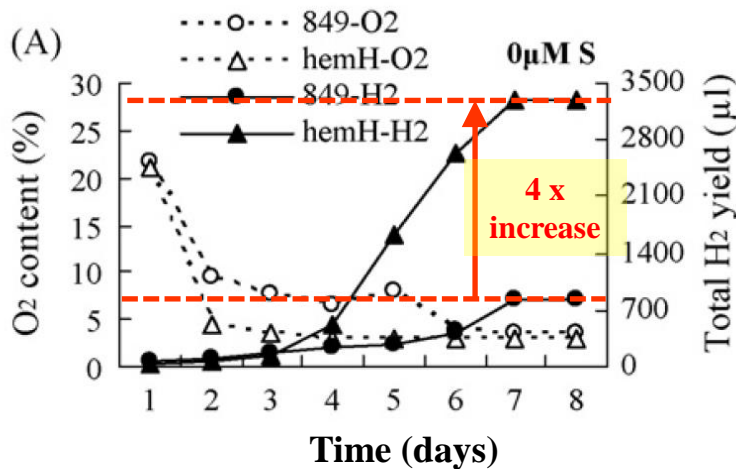
Wu et al. (2010) J. Biotechnol. 146, 120-125.

- Algae incubated in **40 ml S-depleted TAP** medium (7.5 μg Chl.ml⁻¹)
- Medium light: 50 μE.ml⁻¹.s⁻¹**
- Round bottles (55 ml total volume, **3 cm diameter**)

- No effect upon growth**
- strain 849 is cell wall-deficient**



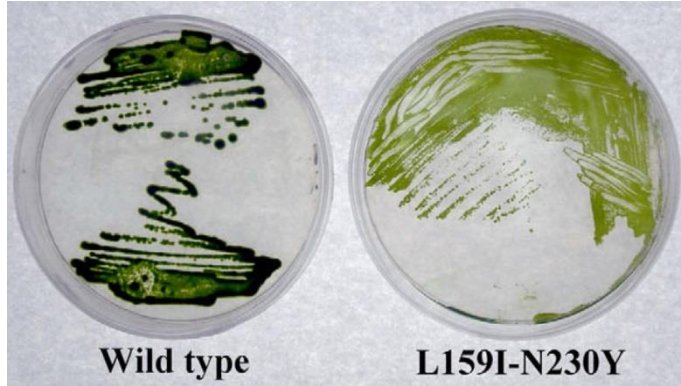
H₂ yields



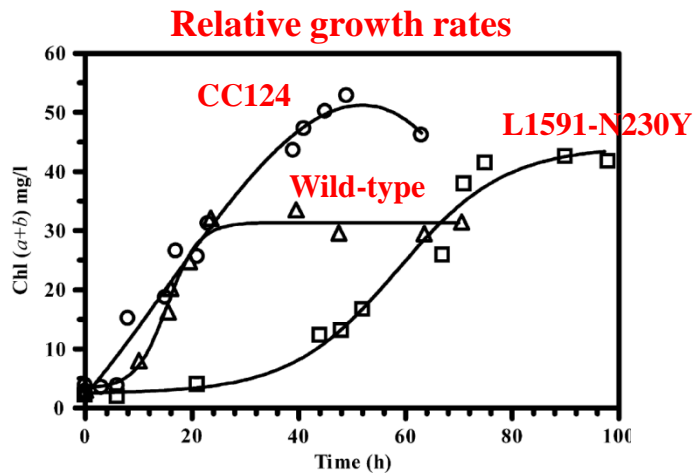
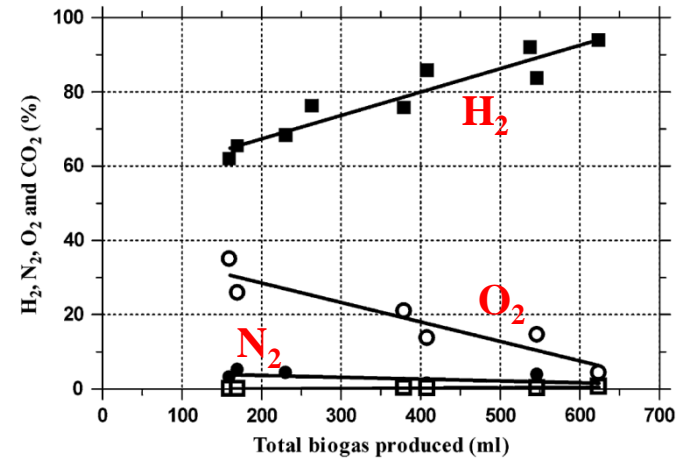
Downregulation of photosystem II also enhances H₂ production in *C. reinhardtii*

Torzillo, Scoma, Faraloni, Ena, Johanningmeier (2009) Int. J. Hydr. Energy 34, 4259-4536.

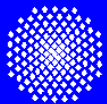
L159I-N230Y is a D1 double mutant of PSII



- 400 ml culture in a 1.1 litre bioreactor
- medium-to-high light: 70 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$



**500 ml H₂ produced/litre culture
= 2 mol H₂/ 100 litre culture**

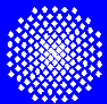


Can significant quantities of bio-H₂ be produce with *C. reinhardtii*? - maybe!

The *C. reinhardtii* bio-H₂ research landscape needs a reset (my opinion (RG) to make the area industrially interesting in 2019

What needs to be done?

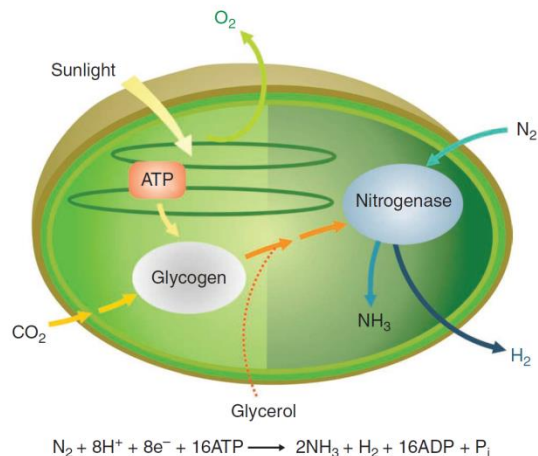
- Comparative, system independent benchmarks need to be established. These benchmarks must be interpretable for a wide variety of disciplines;
- a systematic reporting of units should be agreed upon by the community;
- more interdisciplinary team, particularly involving physicists/structural biologists (for re-design of photosystems, and even the chloroplast);
- the battery of modern techniques (systems biology, large-scale screening and sequencing of mutants, coupled to high-throughput spectroscopic analysis) should be employed to discover H₂ superproducers
- large-scale screening of algal strains for H₂ superproducers – re-design according to principles learned from *C. reinhardtii*.



The breakthrough in the cyanobacterial area of H₂ production

Banyopadhyay, Stöckel, Min, Sherman and Pakrasi (2010) Nature Comm. 1:139 doi 10.1038/ncomms113934.

schematic cyanobacterium



But only 20 ml cultures were employed!

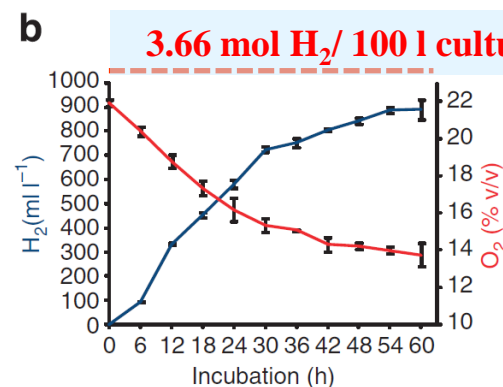
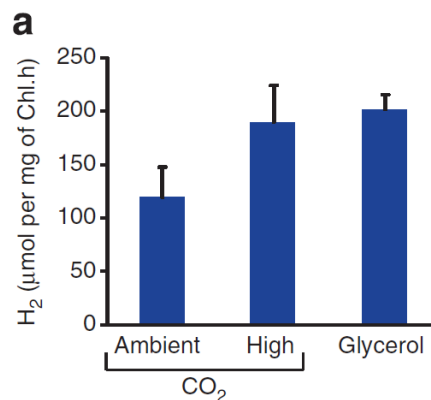


Table 2 | Improvements in the rates of H₂ production by physiological and genetic modifications.

| Strain | Specific rates of H ₂ production | | Conditions |
|--|---|------------------------|--|
| | (μmol per mg of protein h ⁻¹) | (μmol per mg of Chl.h) | |
| <i>Cyanothece</i> 51142 | 3.5 | 373 | WT, photoautotrophic growth under ambient CO ₂ concentrations, argon incubation |
| <i>Anabaena</i> 29413 (PK84 mutant) | 0.62 (ref. 42) | 167.6 (ref. 24) | <i>hup</i> ⁻ mutant [†] , 2% CO ₂ , argon incubation ²⁴ |
| <i>Synechocystis</i> 6803 (M55 mutant) | ND | 5 [*] | <i>ndhB</i> ⁻ mutant [†] , glucose, glucose oxidase, sulphur deprivation, argon incubation ¹¹ |
| <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> | ND | 16.26 ^{*‡} | WT, photomixotrophic growth, sulphur deprivation, anaerobic incubation ^{12,13} |
| <i>Rhodospseudomonas palustris</i> | 3.6 | 5.8 | Mutations in <i>hup</i> and <i>nifA</i> , organic carbon sources, anaerobic growth and anaerobic incubation ²⁸ |

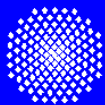
Abbreviations: ND, not determined; WT, wild-type.

* Initial rates of H₂ production.

† Rates last for > 25 min.

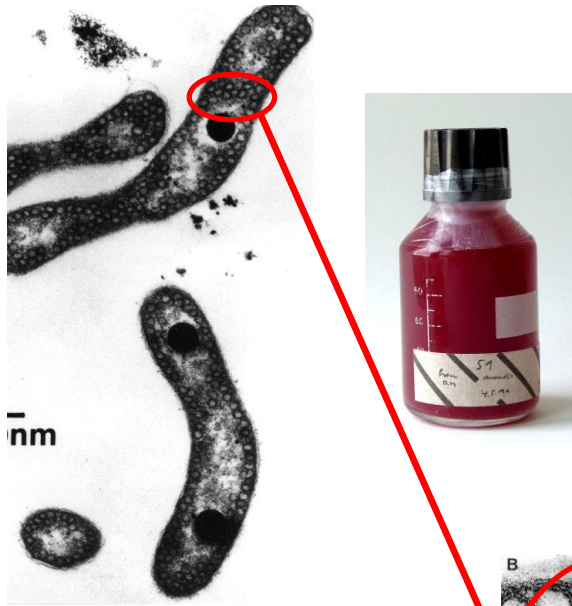
‡ The rates were calculated using information from references 12 and 13.

|| Rates last for > 55 h.

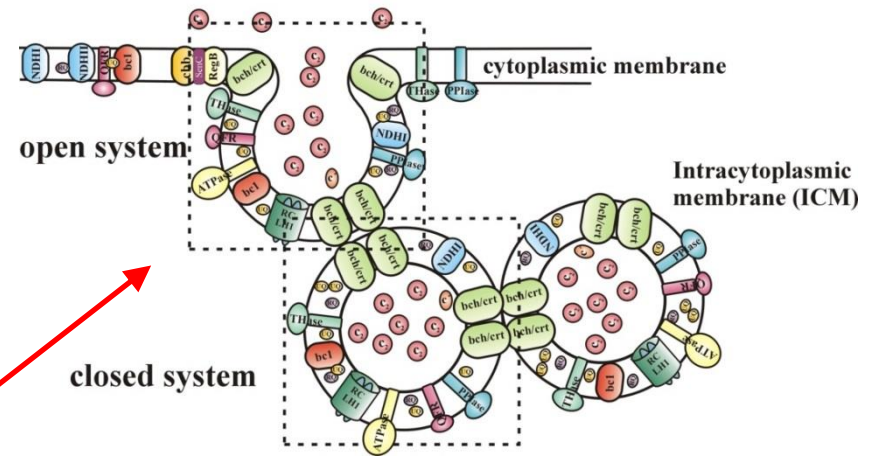


Rhodospirillum rubrum - bacterial photosynthesis meets biotechnology

Prof. Robin Ghosh, Dept. Bioenergetics, IBBS

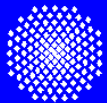
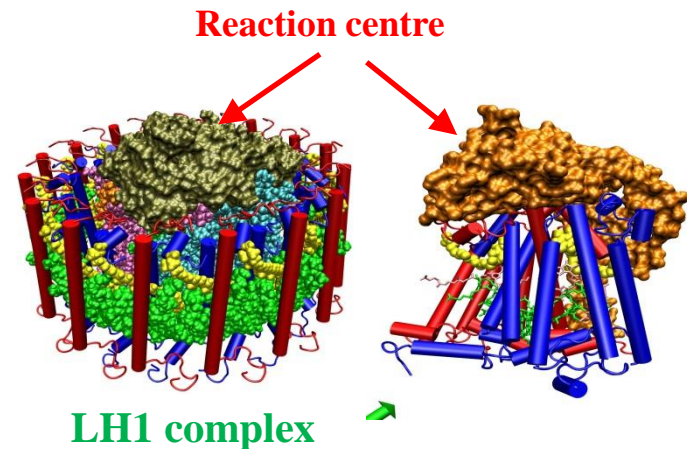
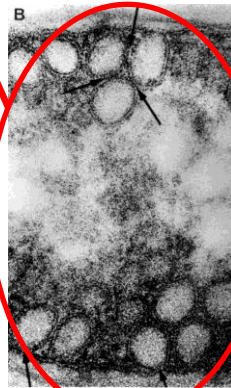


Membrane organization in *R. rubrum*



R. rubrum:

- GC-rich
- annotated genome
- all necessary genetic tools for engineering
- extensive metabolomics and transcriptomics data available
- very high cell densities attainable (OD₆₀₀ ~160!)
- mutant strains tolerant to 20% DMSO

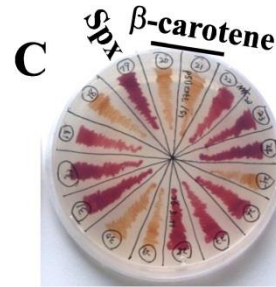
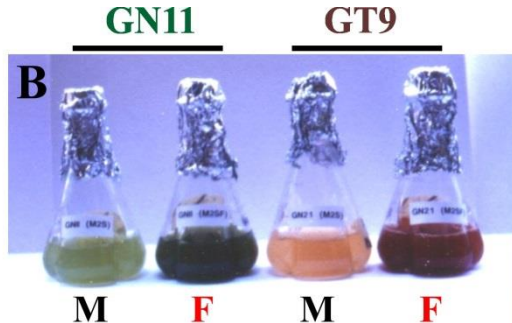


The *R. rubrum*: M2SF medium allows "dark photosynthesis"

photosynthetic

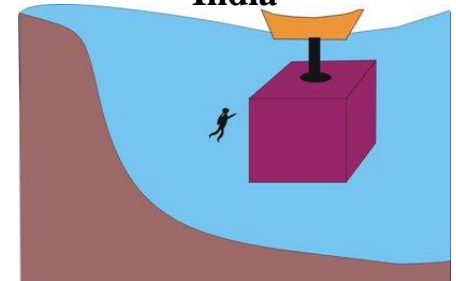
non-photosynthetic

Ghosh *et al.* (1994)

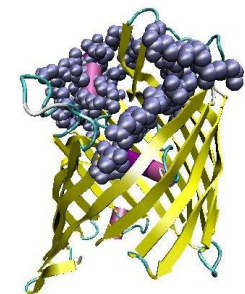


Ghosh *et al.* (1994) Appl. Environ. Microbiol. 60, 1698-1700

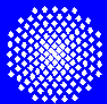
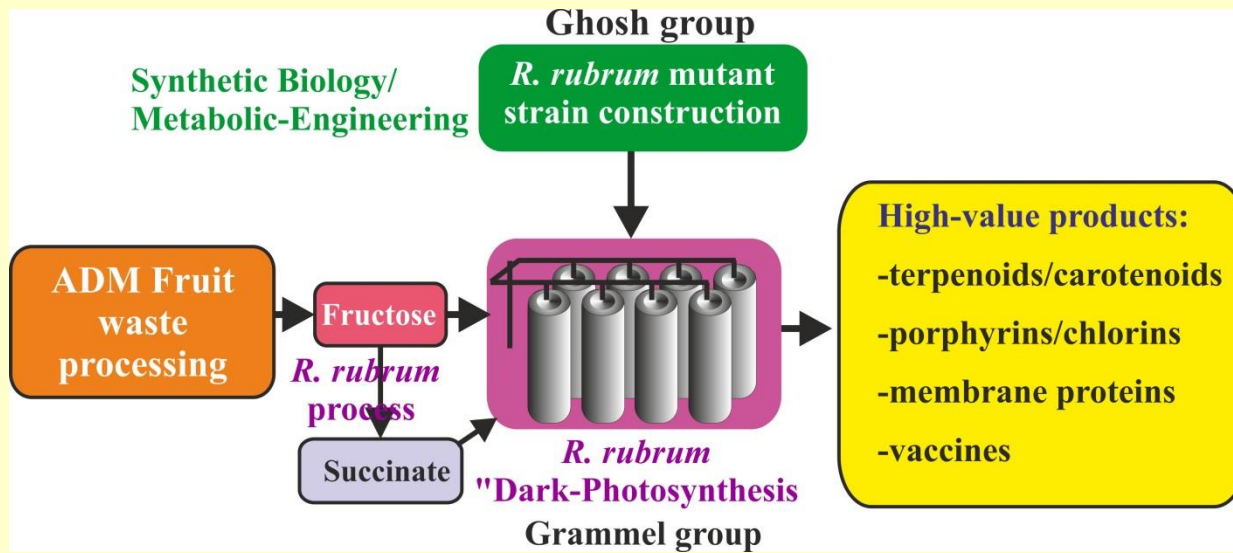
Collaboration with the University of Hyderabad, India



Vaccine production in the Indian ocean for 1.5 billion people?



Outer membrane porin



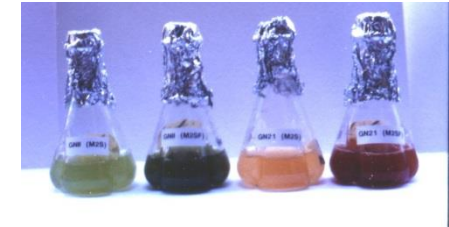
The M2SF medium technology: high-level photosynthetic gene expression without light!

The M2SF effect

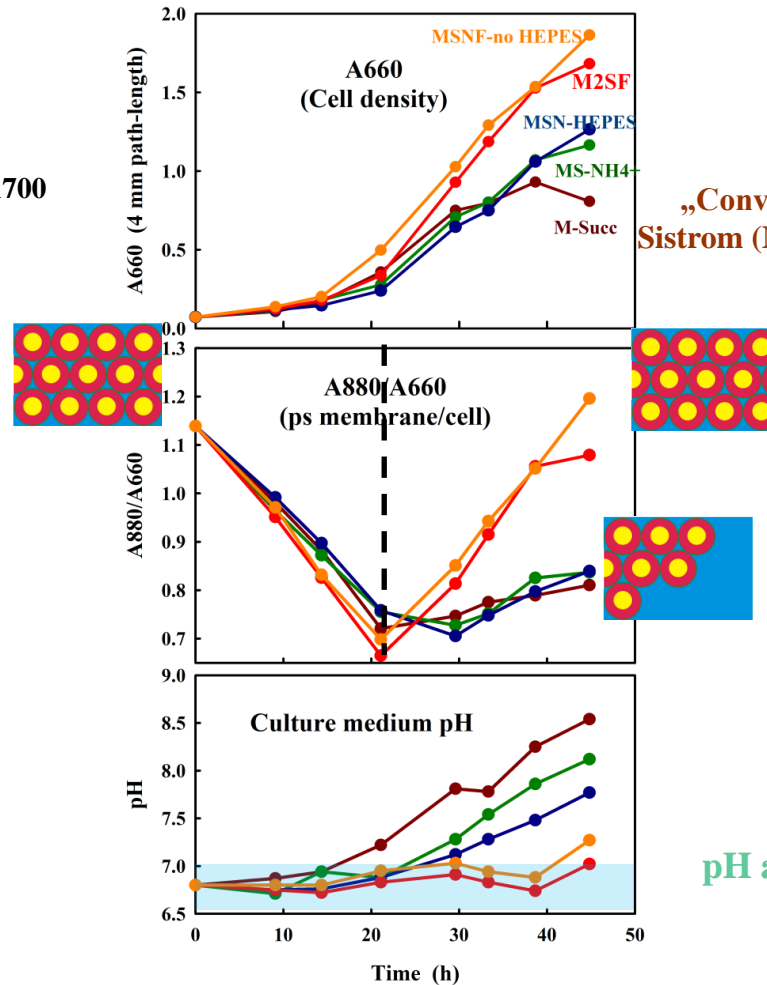
Ghosh et al. (1994) AEM 60, 1698-1700

Low light,
anaerobic inoculum

100 ml batch
shake cultures,
dark, low shaking
speed



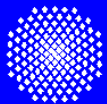
„Conventional
Sistrom (M) medium



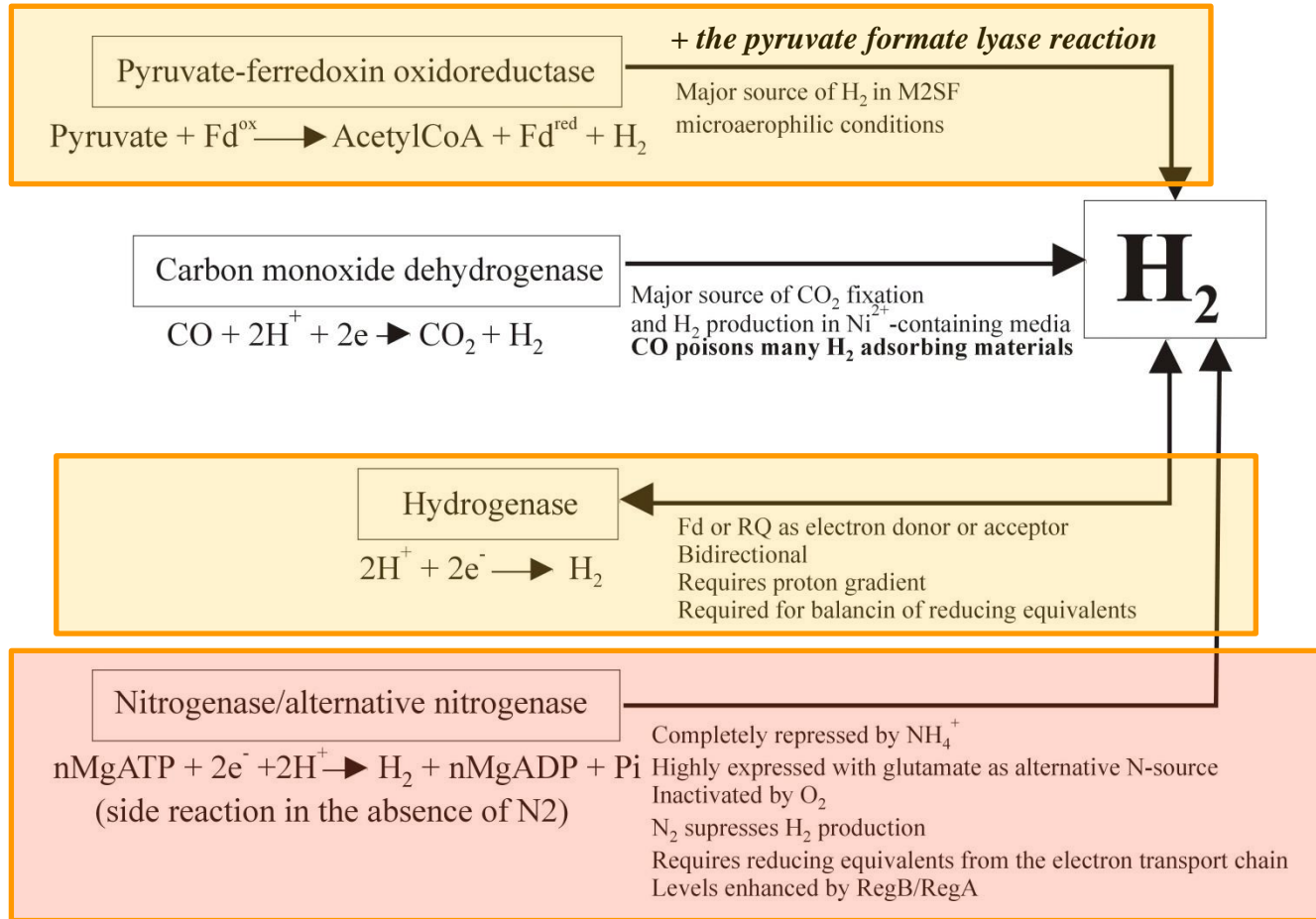
Complete expression
of photosynthetic
membrane!

and almost all genes
required for
photosynthesis!

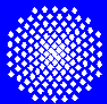
pH almost constant throughout
the growth phase!



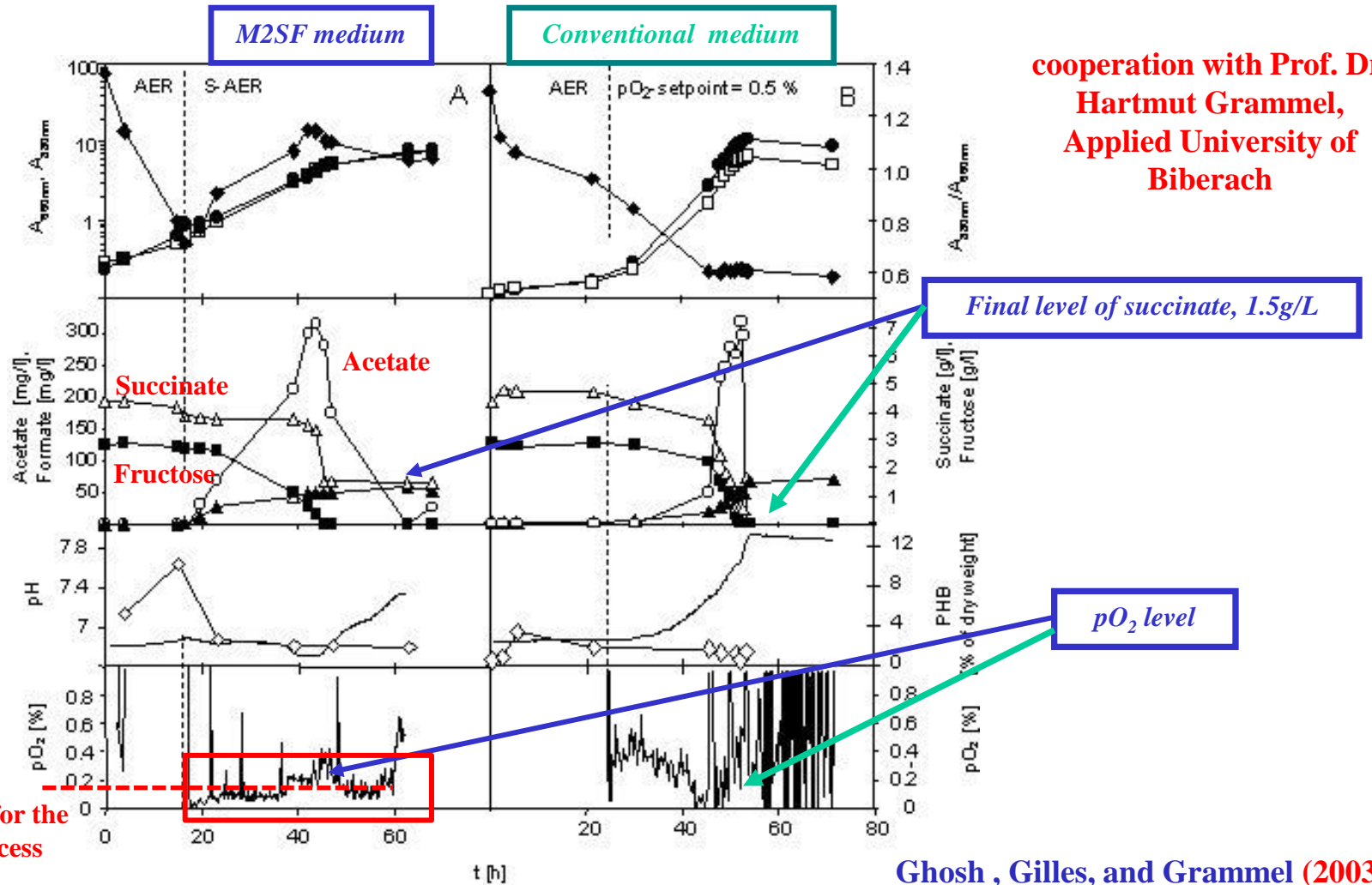
Known pathways for H₂ production in *R. rubrum*



Major pathway if the N₂ase(s) can be derepressed



Is the pO_2 low enough to derepress the $N_2ase(s)$?



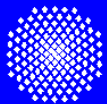
cooperation with Prof. Dr.
Hartmut Grammel,
Applied University of
Biberach

Final level of succinate, 1.5g/L

pO_2 level

Yes!
 $pO_2 < 0.3$ for the
whole process

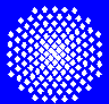
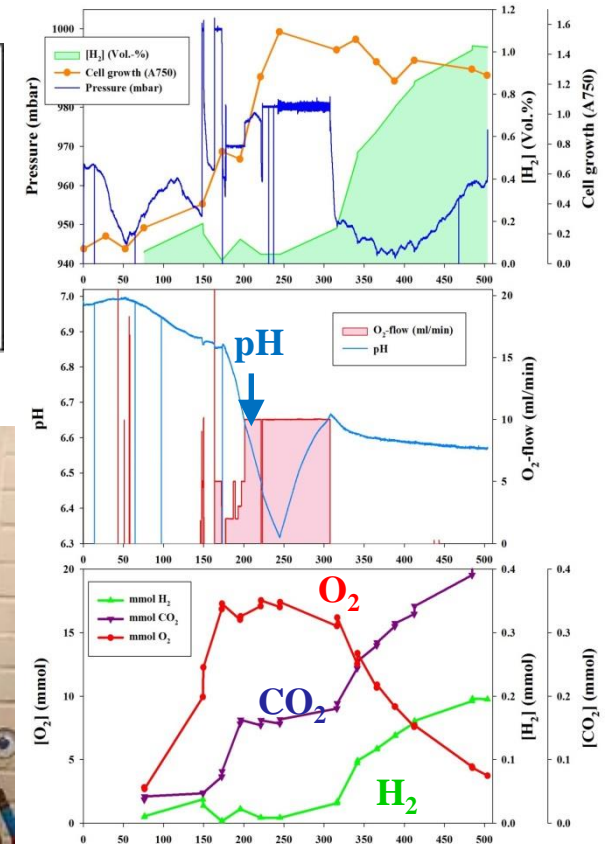
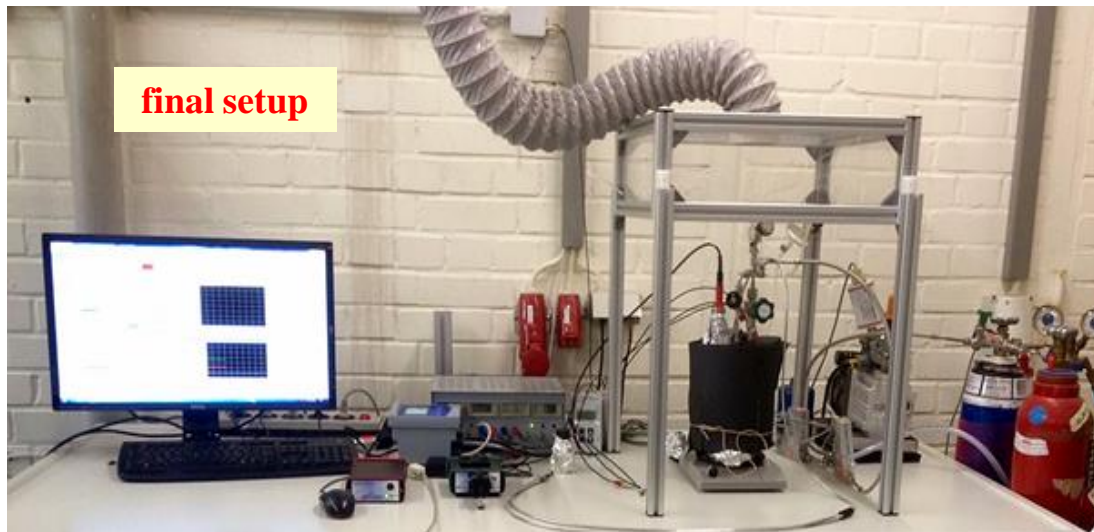
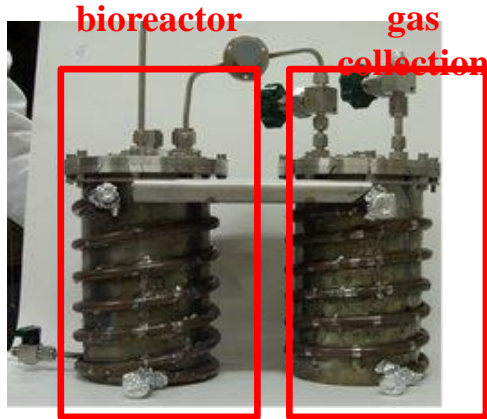
Ghosh, Gilles, and Grammel (2003)
AEM 69, 6577-6586



The construction of a H₂-tight bioreactor for the pH-regulation of the pO₂

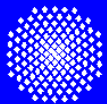
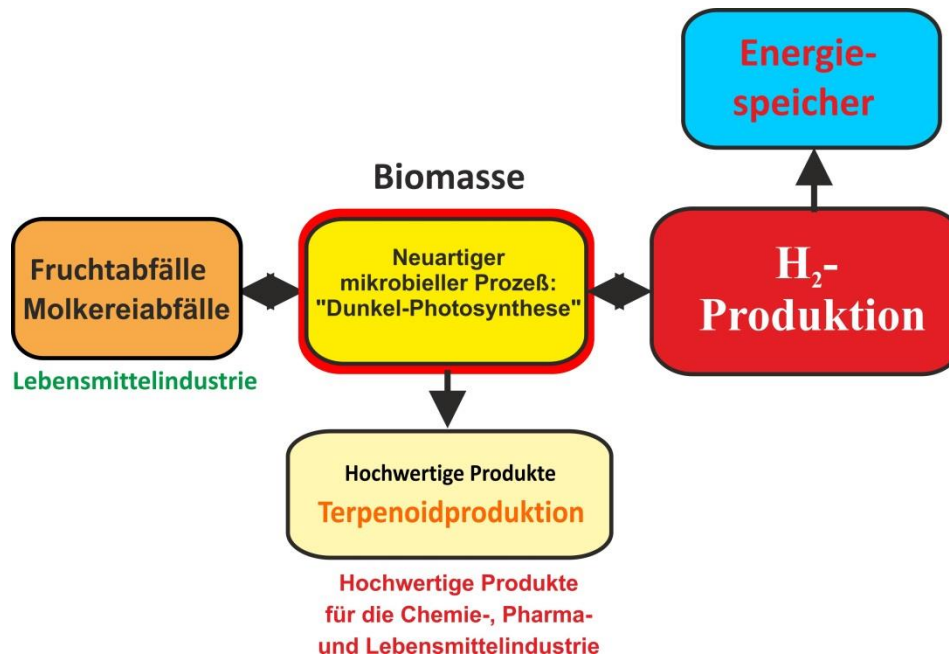
Cooperation with Prof. Dr. Jörg Starflinger, IKE, Uni Stuttgart

Result: the pH value reflects the intracellular pO₂ perfectly!



Perspectives

- The "dark photosynthesis" process is very cheap – industrial fructose costs only €400/metric tonne!
- We have only begun to optimize the process – the results shown here are only for cultures with repressed N_2ase , with ODs of between 3 (M2SF medium) and 12 (M2SF⁺). However, the Grammel group has been able to achieve ODs of 160!
- We have not elucidated the marketable aspects of producing **high-value products** (e.g. carotenoids) within the same process:



Acknowledgements

Ghosh group (IBBS, Uni Stuttgart)

Dr. Caroline Autenrieth

Grammel group (HBC, Biberach)

Prof. Dr. Harmut Grammel

Prof. Dr. J. Starflinger (IKE, Uni Stuttgart)

Thorsten Bolt, Dr. R. Merz

We gratefully acknowledge BMBF and the Vector Stiftung for generous financial assistance

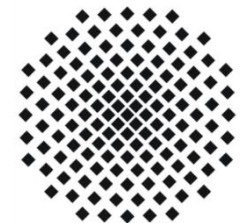
GEFÖRDERT VOM



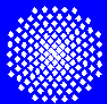
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

vector
Stiftung

HBC.
HOCHSCHULE
BIBERACH
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES



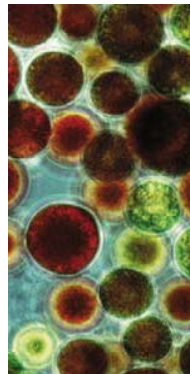
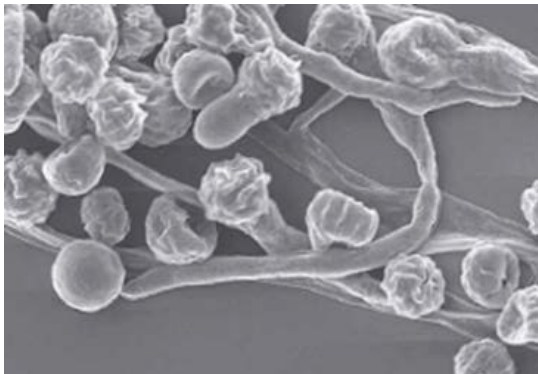
University of Stuttgart



TECHNISCHE ANSÄTZE FÜR DIE BIOLOGISCHE TRANSFORMATION DER ENERGIEVERSORGUNG UND DEREN IMPLEMENTIERUNG

Dr.-Ing. Ursula Schließmann

Biointelligenz-Konferenz, 15. Mai 2019



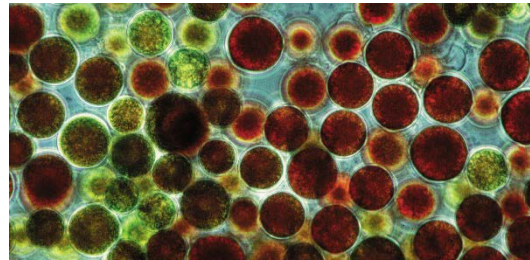
Geschäftsfelder

Gesundheit



- Medizintechnik
- Molekulare Diagnostik
- Wirkstoffentwicklung

Ernährung



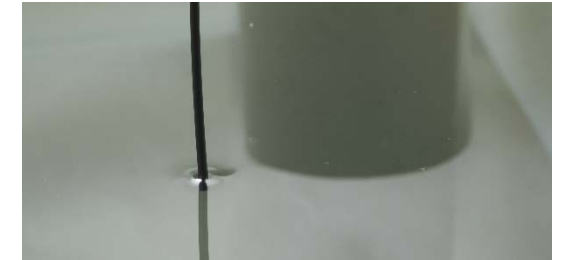
- Lebensmittelverarbeitung
- Lebensmittel- / Futtermittel-Zusatzstoffe

Umwelt



- Wasseraufbereitung
- Reststoffnutzung

Nachhaltige und funktionale Produkte



- Biobasierte Stoffe
- Oberflächen-funktionalisierung
- Wandlung und Speicherung erneuerbarer Energie

Umwelt und Ernährung am Fraunhofer IGB

Wasser



- Systemlösungen für Städte
- Nexus WEF
- Wasserwiederverwendung
- Nährstoffrückgewinnung
- Umweltneutrale Kläranlage
- Digitalisierung



- Biogas aus Klärschlamm und organischen Reststoffen
- Neue Prozesse zur Reststoffnutzung
- Umweltanalytik

Funktionelle Inhaltsstoffe

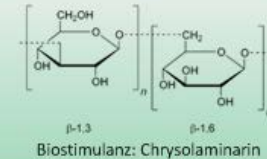


- Nahrungsergänzungsmittel
- Nahrungs- und Futtermittelaufarbeitung
- Biostimulantien

Kultivierung Mikroalgen



Aufarbeitung Biomasse



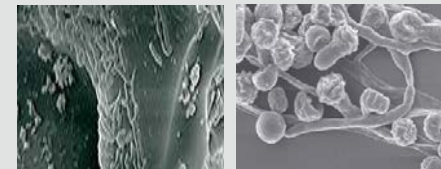
Feldversuche



Mehltaubekämpfung & Kupferreduktion



Umwelt-Grenzflächenbiologie



- Mikrobiologische Analysen, Testsysteme
- Biofilme – Charakterisierung und Vermeidung

Die Biologische Transformation der Energieversorgung

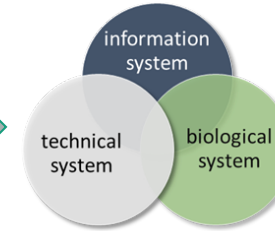
Entwicklungsmodi und Beispiele

Interaktion:

- Kombination aus synthetischer Biologie und lernenden Algorithmen
- Biosensorik und -aktorik in Energiesystemen (Informationsaustausch zwischen Biologie und Technik)

Interaktion

biointelligente Wertschöpfung

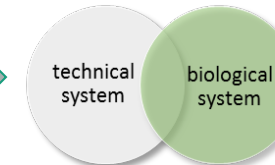


Integration:

- Biotechnologische Produktion chemischer Energieträger (z. B. durch Bakterien, Algen)
- Künstliche Photosynthese (z.B. mit Enzymen)

Integration

bio-integrierte Wertschöpfung

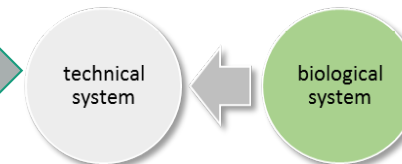


Inspiration:

- Intelligente Verknüpfung von Material- und Energieflüssen
- Bioinspirierte Strukturen und Oberflächen für energie-technische Anwendungen

Inspiration

bio-inspirierte Wertschöpfung



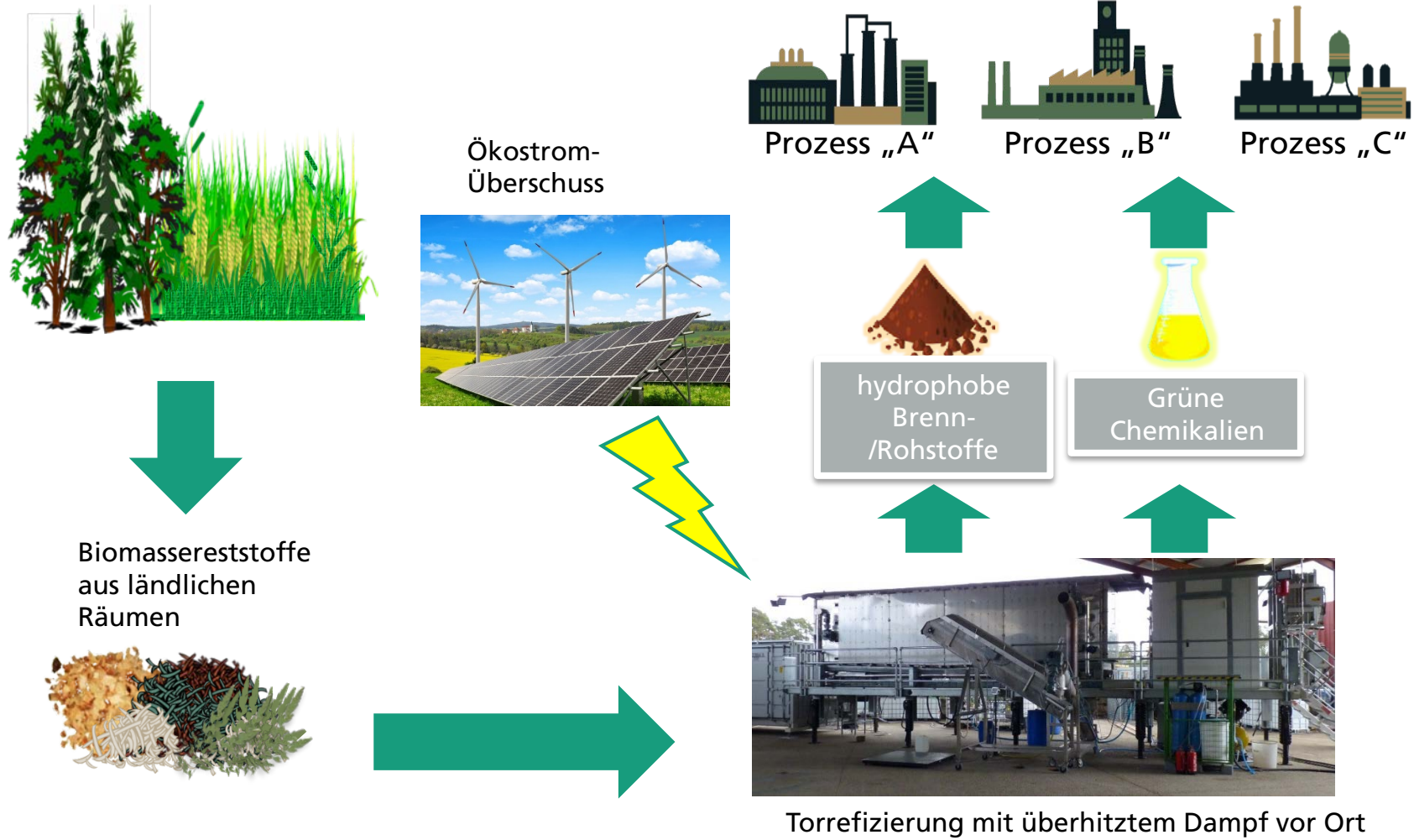
Technische Beispiele

1. Torrefizierung lignozellulosehaltiger Feststoffe: Kopplung von Stoff- und Energieströmen
2. Wärmemanagement
3. Stromgetriebene CO₂-Konversion durch synthetische Enzymkaskaden
4. Energie aus Klärschlamm – Potentialmaximierung durch verbesserte Prozessführung: Digitalisierung und Modellentwicklung
5. Energie aus regenerativem Energiemix für die Kläranlage – Positive Energiebilanz
6. Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen – Effizienzsteigerung, robust, wirtschaftlich
7. Mikroalgenkultivierung und maschinelles Lernen – Produktertragsmaximierung

Torrefizierung lignocellulosehaltiger Reststoffe



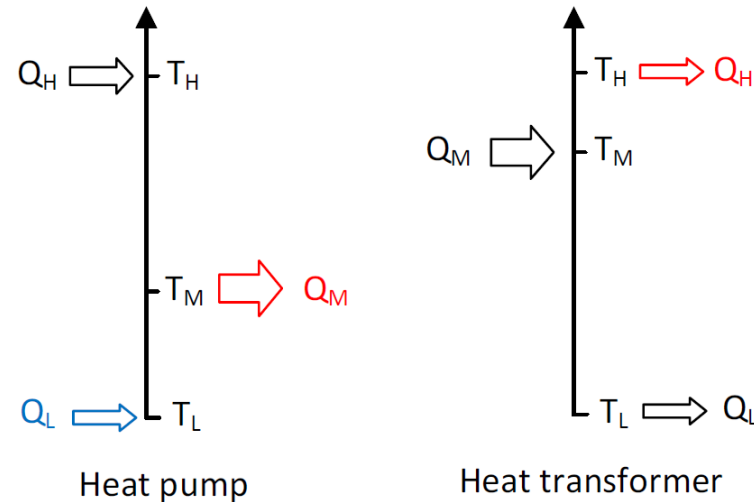
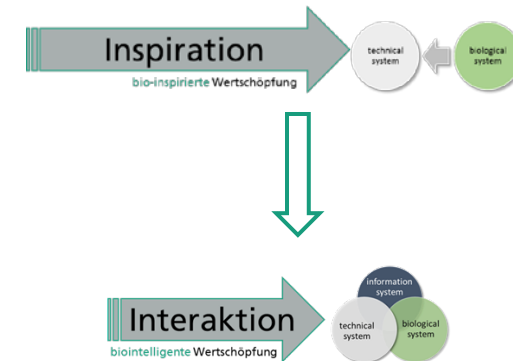
- Bioraffinerie-Technologie zur Kopplung von Stoff- und Energieströmen



Nur Biomasse-nutzung, kein Bio-System

Sorptionsbasiertes, intelligentes Wärmemanagement

- Entwicklung sorptiver Wärmespeicherungssysteme als Entkopplungsprozess zur Flexibilisierung des Energiemanagements
 - Abwärmenutzung in der Industrie und Gewerbe
 - Optimierung von Energieverteilungssystemen (Smart Grids) durch bioinspirierte Regelungsalgorithmen
 - Wärmespeicherung zur Wärmetransformation vor dem Hintergrund des biologischen Analogons Braunfett (bei Bären)



»eBioCO₂n«

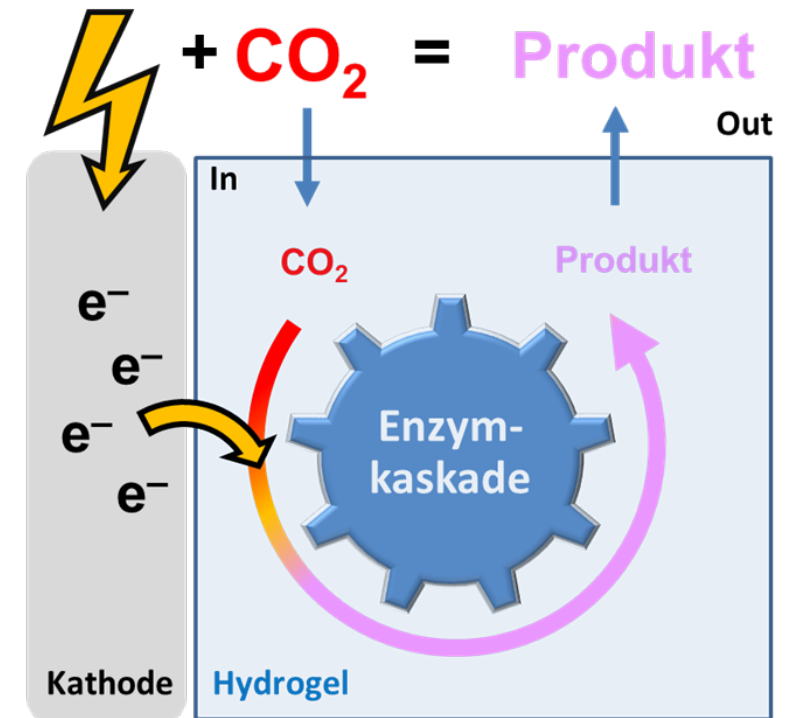
Stromgetriebene CO₂-Konversion durch synthetische Enzymkaskaden

Forschung und Technologie

- Entwicklung von enzymfunktionalisierten Elektroden
- Synthetische Enzymkaskaden für die Fixierung von CO₂ und der Folgechemie

Ziele

- Synthese von Feinchemikalien
- Neue kombinierte Verfahren zur CO₂-Abscheidung und Verwendung



- Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Institutsteil Straubing
 - Max-Planck-Institut für Terrestrische Mikrobiologie, Marburg
- Laufzeit: 2019-2023

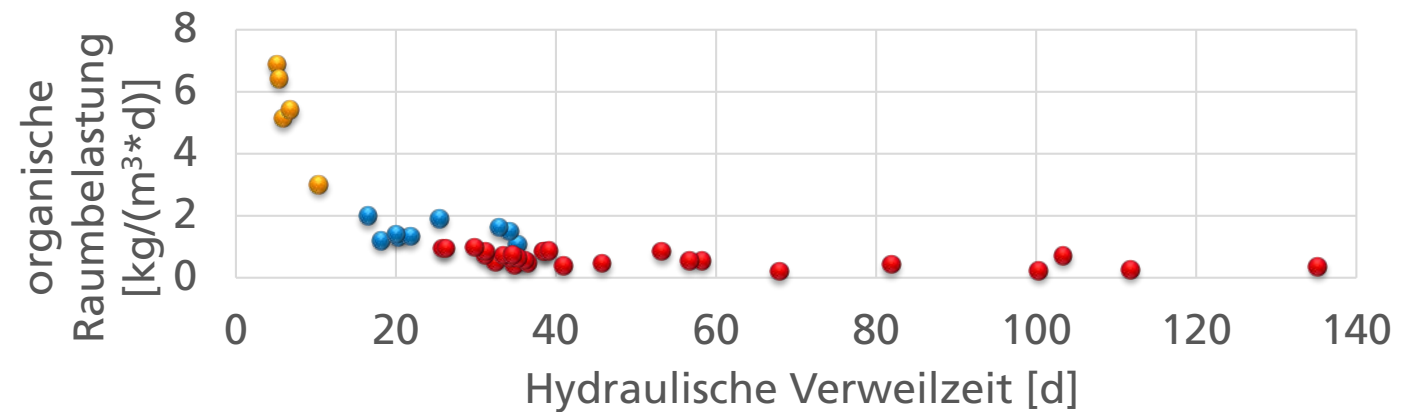
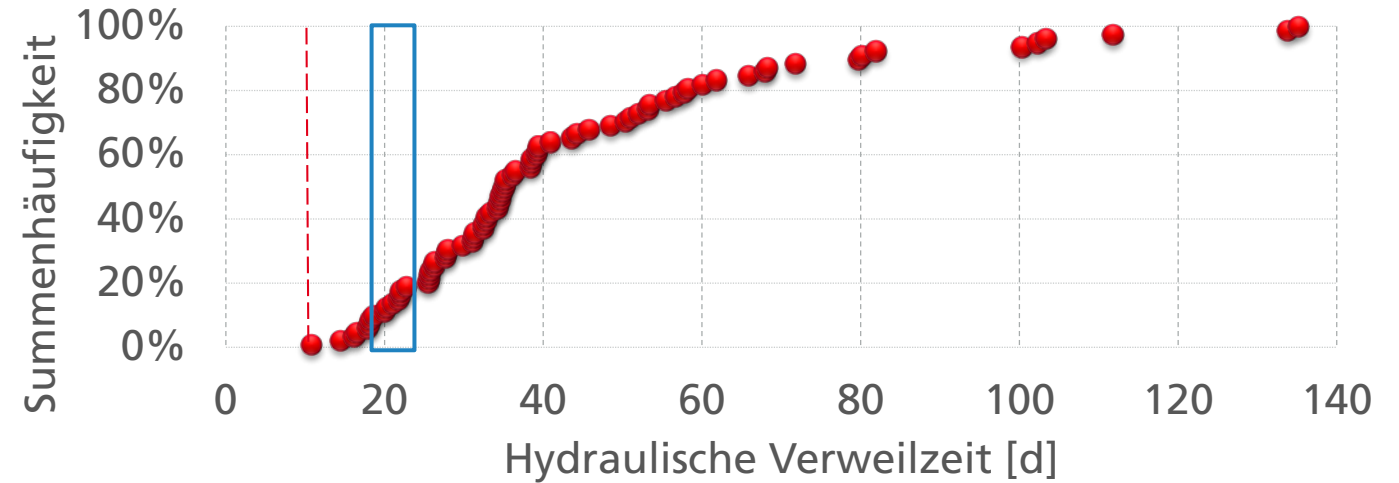
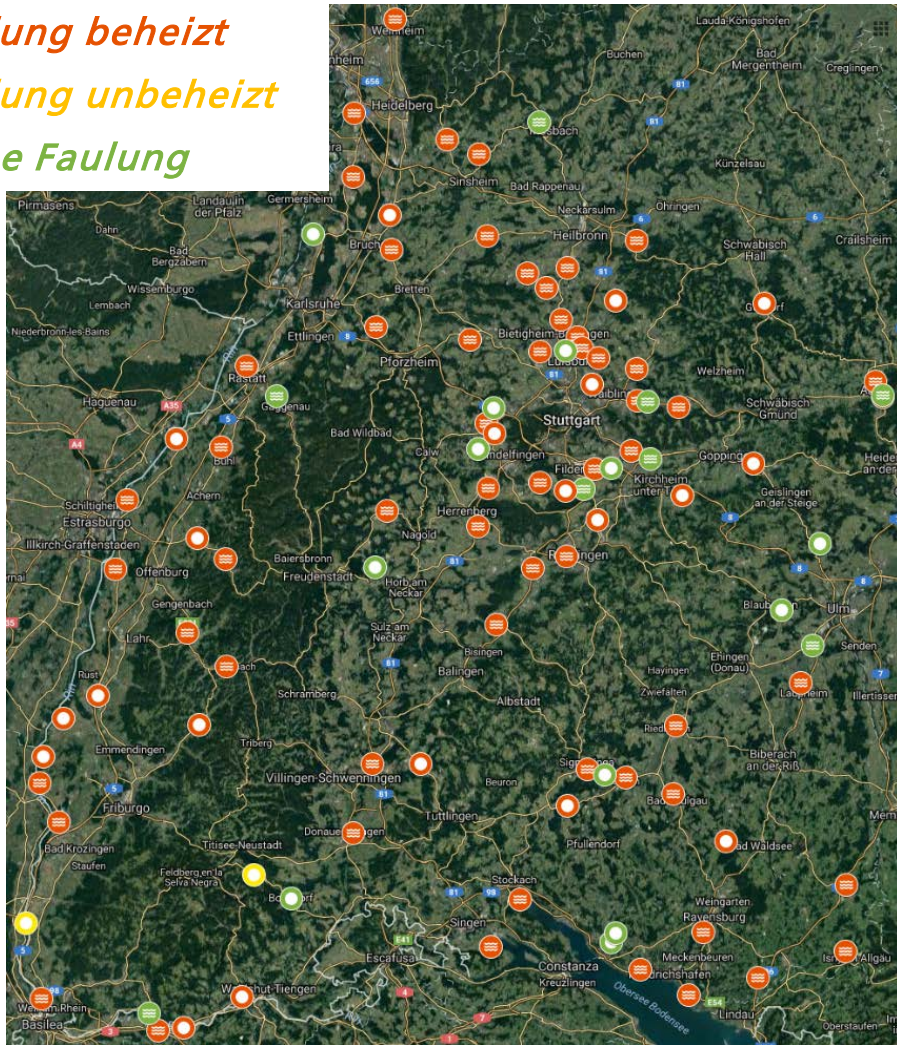
Technische Beispiele

1. Torrefizierung lignozellulosehaltiger Feststoffe: Kopplung von Stoff- und Energieströmen
2. Wärmemanagement
3. Stromgetriebene CO₂-Konversion durch synthetische Enzymkaskaden
4. Energie aus Klärschlamm – Potentialmaximierung durch verbesserte Prozessführung: Digitalisierung und Modellentwicklung
5. Energie aus regenerativem Energiemix für die Kläranlage – Positive Energiebilanz
6. Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen – Effizienzsteigerung, robust, wirtschaftlich
7. Mikroalgenkultivierung und maschinelles Lernen – Produktertragsmaximierung

Überkapazität der Faulbehälter in Baden-Württemberg



Faulung beheizt
Faulung unbeheizt
keine Faulung

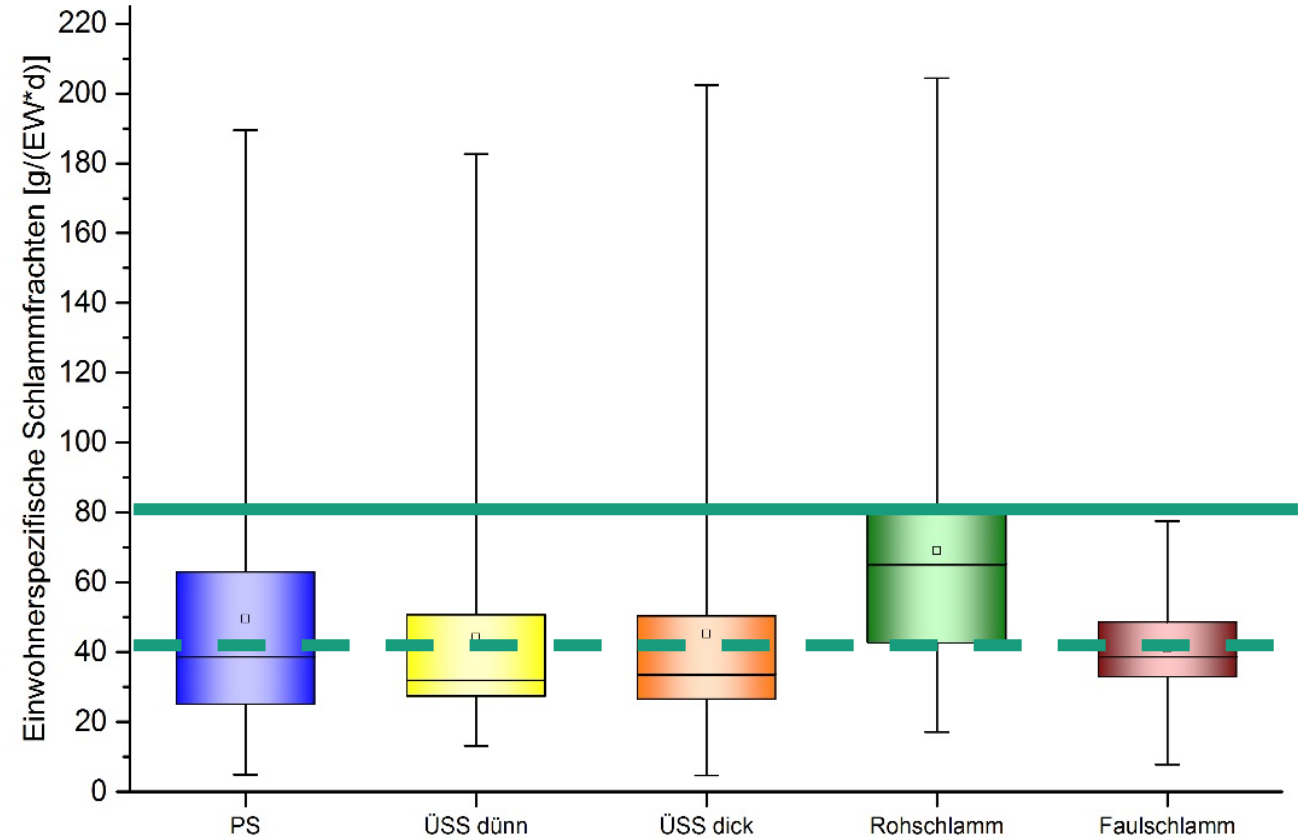
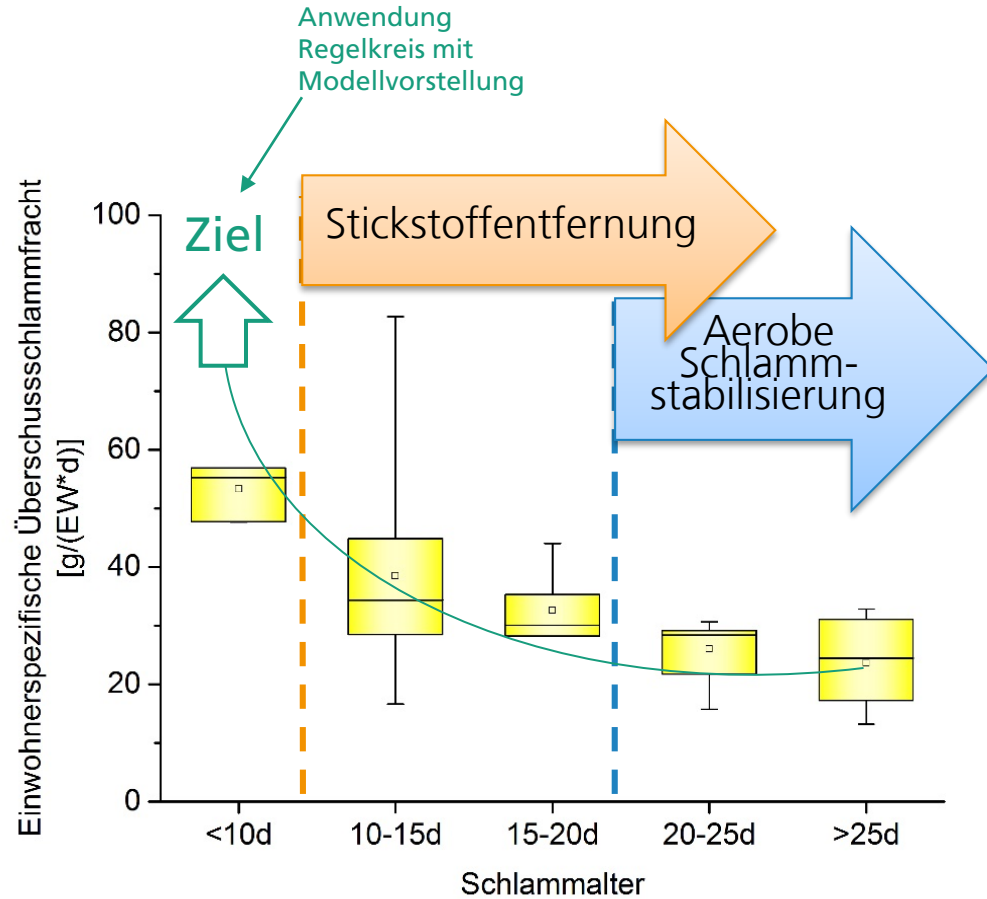


● Hochlastfaulung ● Standard Faulung ● Niedrigbelastete Faulung

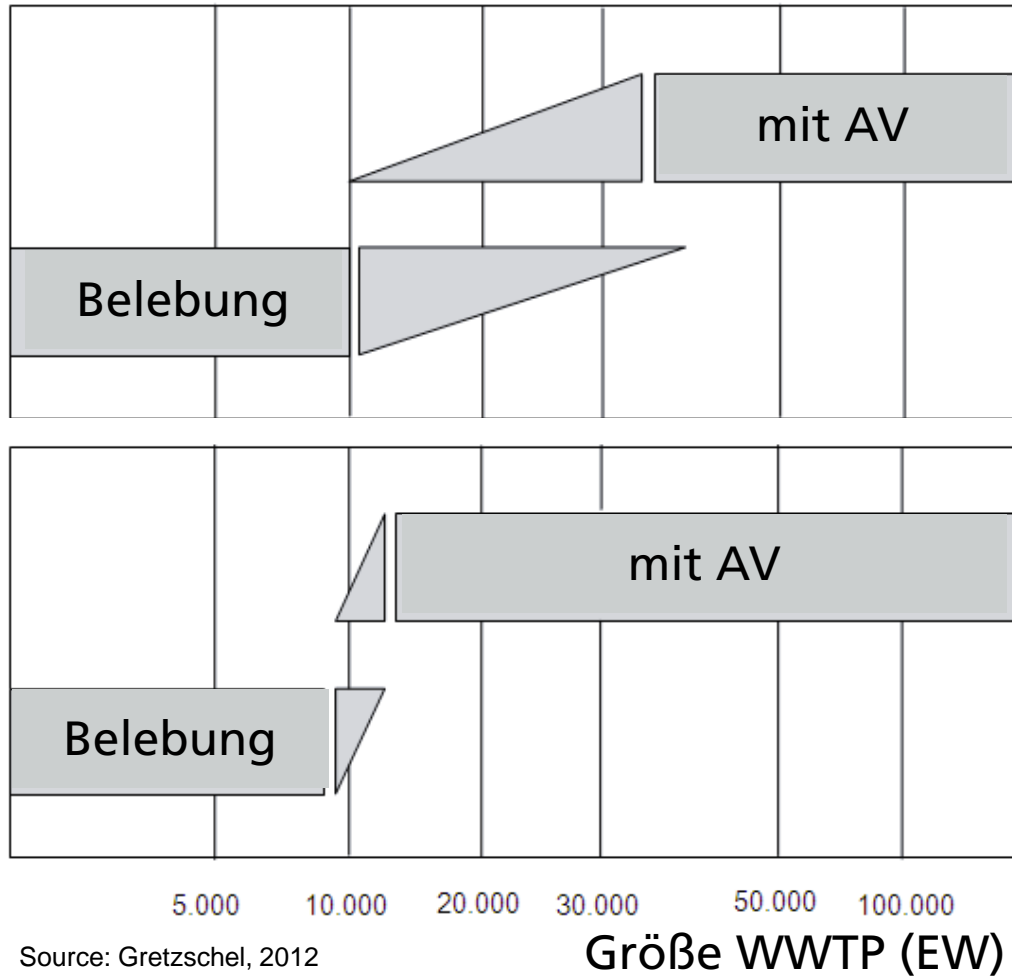
Vergleich Prozessparameter

| PS | ÜSS | Rohschlamm | Ausgefauter Schlamm |
|----|-----|------------|---------------------|
| 40 | 40 | 80 | 50 |

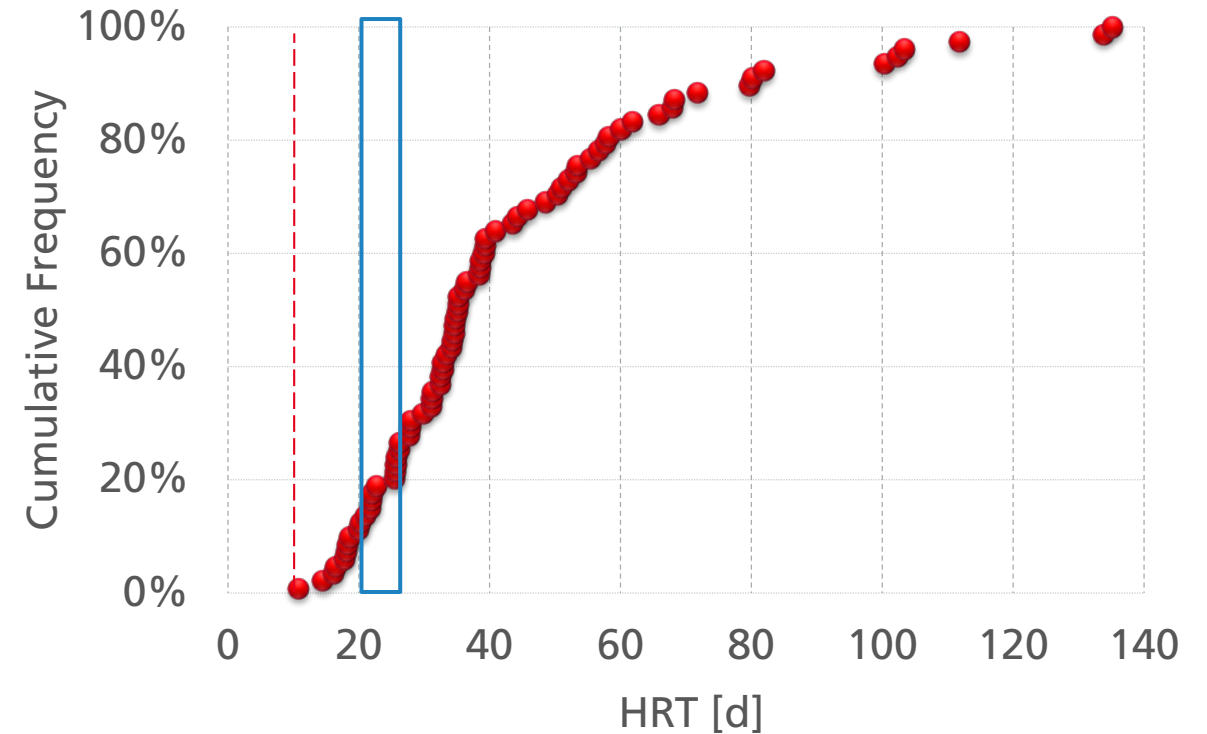
Imhoff, 2007



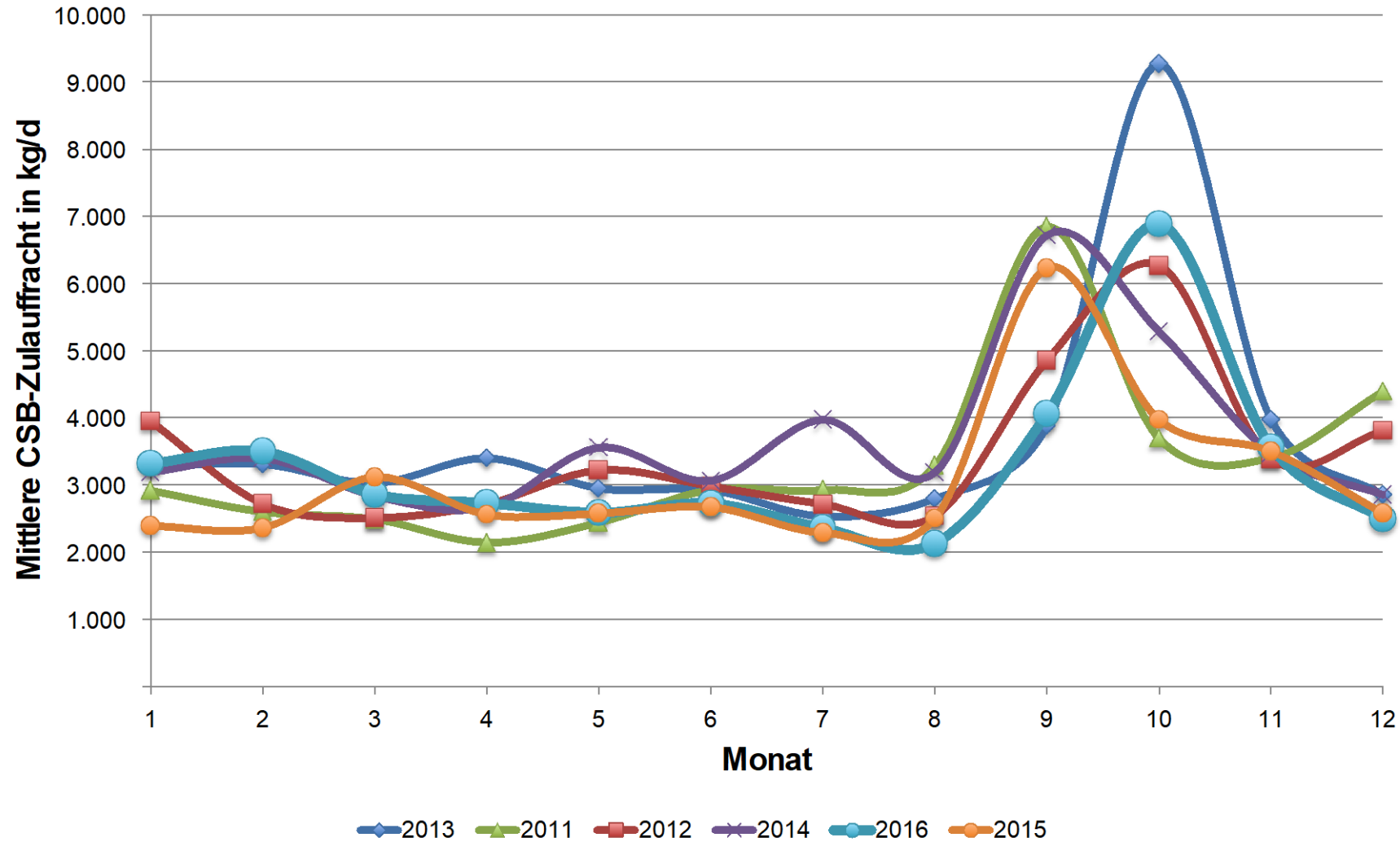
Daten Check - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Anaerobe Vergärung



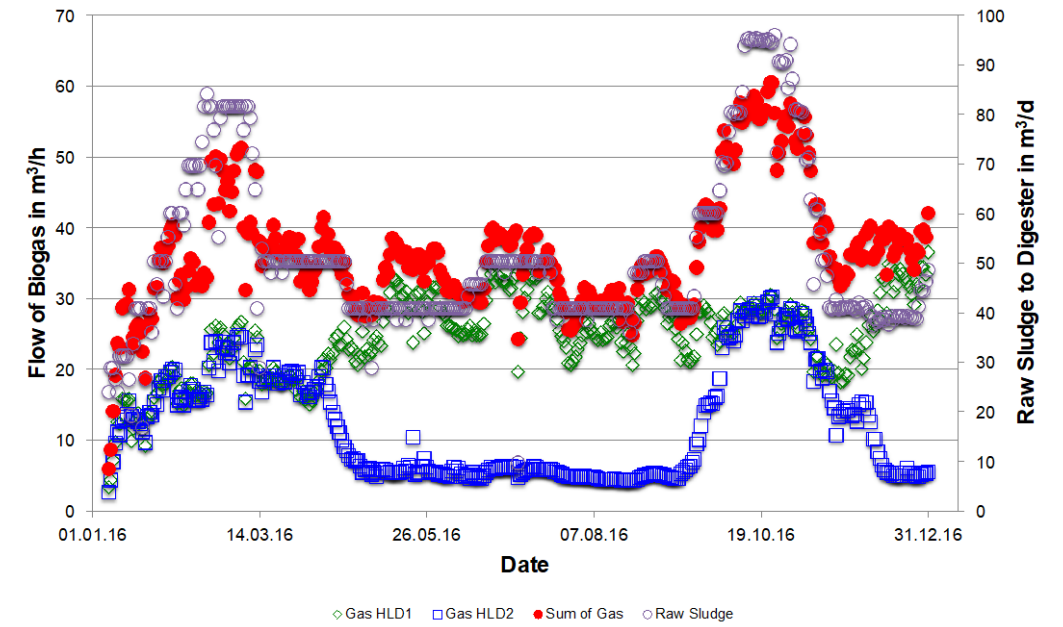
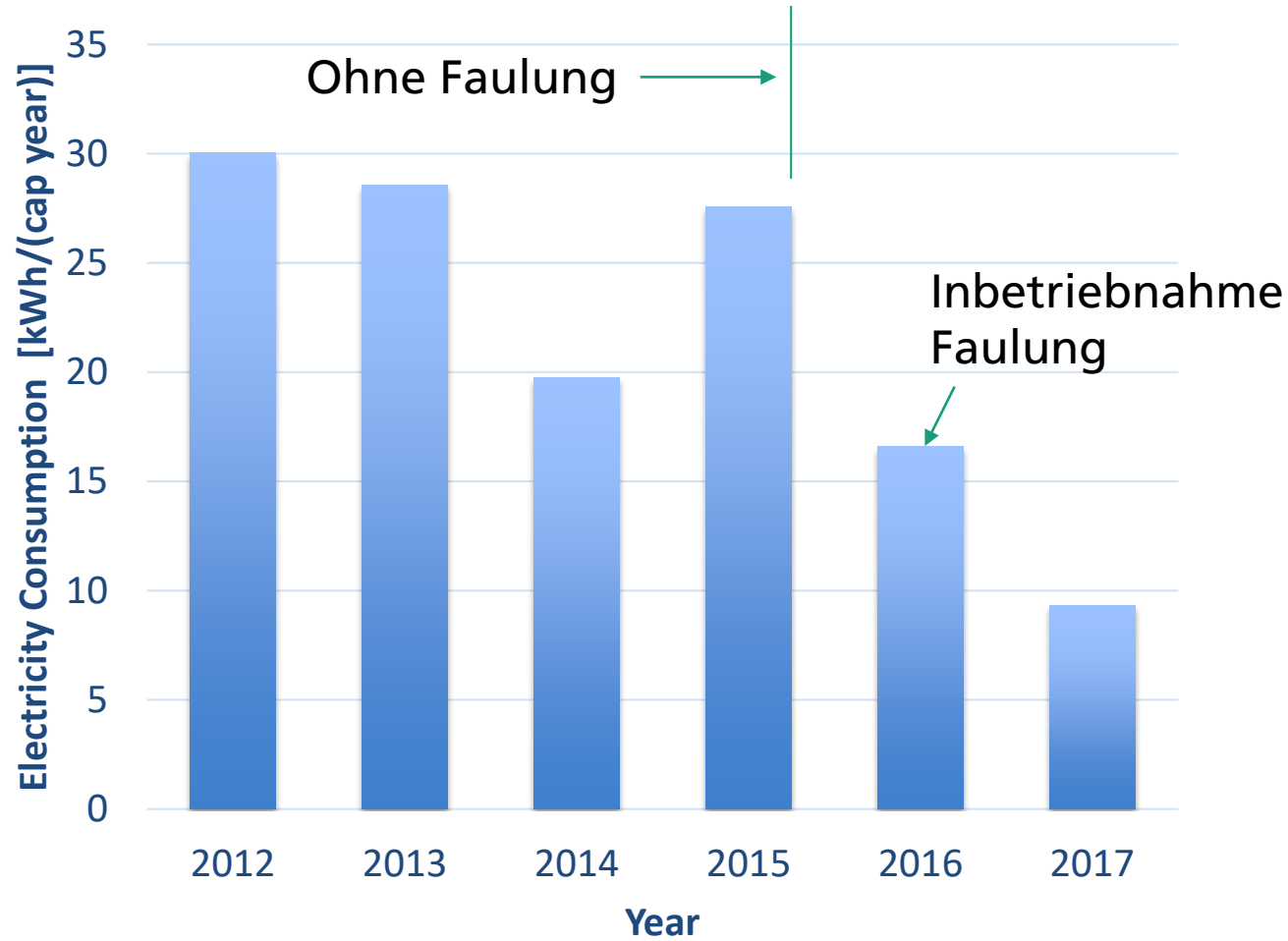
Hydraulische Verweilzeiten bei Schlammfäulungen in Baden-Württemberg



Kläranlage in einer Weinregion mit stark unterschiedlichen Zulauffrachten: Mittlere CSB Zulauffracht



Fallstudie: Kläranlage

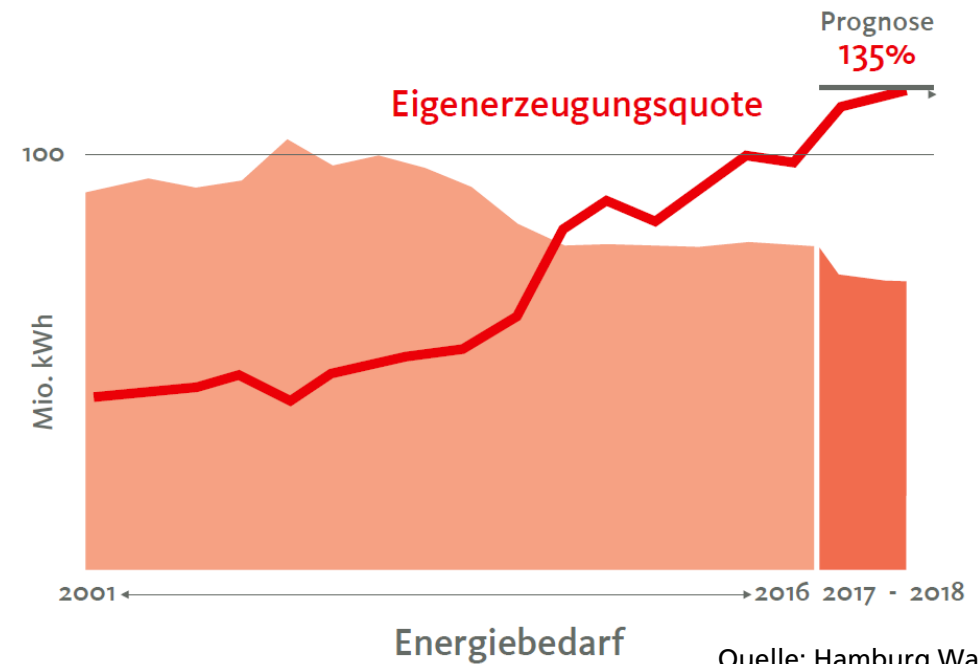
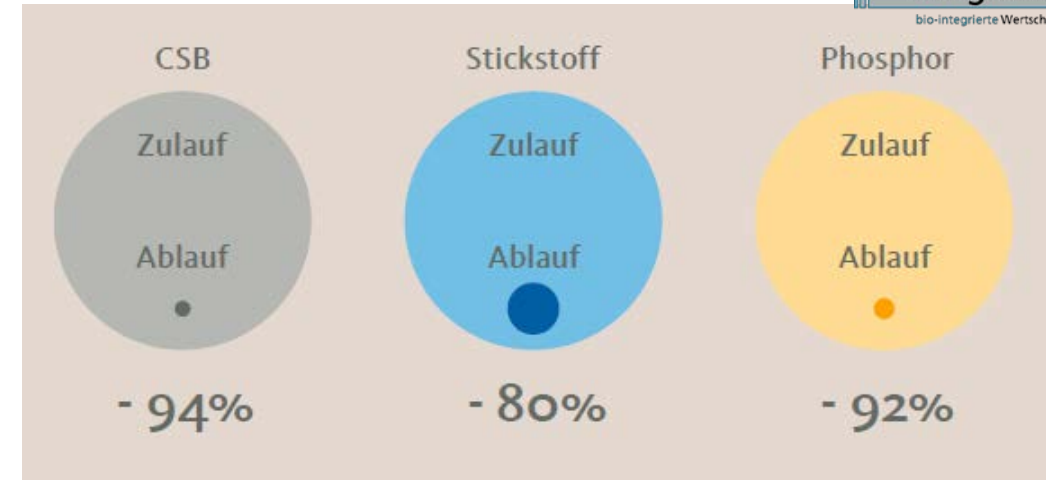


Technische Beispiele

1. Torrefizierung lignozellulosehaltiger Feststoffe: Kopplung von Stoff- und Energieströmen
2. Wärmemanagement
3. Stromgetriebene CO₂-Konversion durch synthetische Enzymkaskaden
4. Energie aus Klärschlamm – Potentialmaximierung durch verbesserte Prozessführung: Digitalisierung und Modellentwicklung
5. Energie aus regenerativem Energiemix für die Kläranlage – Positive Energiebilanz
6. Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen – Effizienzsteigerung, robust, wirtschaftlich
7. Mikroalgenkultivierung und maschinelles Lernen – Produktertragsmaximierung

Fallstudie Hamburg Wasser

- 2.4 Millionen Einwohnergleichwerte
- Einbindung erneuerbarer Energie auf der Anlage
 - Biogas
 - Klärschlamm
 - Wind
 - Sonne



Quelle: Hamburg Wasser (2017)

Technische Beispiele

1. Torrefizierung lignozellulosehaltiger Feststoffe: Kopplung von Stoff- und Energieströmen
2. Wärmemanagement
3. Stromgetriebene CO₂-Konversion durch synthetische Enzymkaskaden
4. Energie aus Klärschlamm – Potentialmaximierung durch verbesserte Prozessführung: Digitalisierung und Modellentwicklung
5. Energie aus regenerativem Energiemix für die Kläranlage – Positive Energiebilanz
6. **Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen – Effizienzsteigerung, robust, wirtschaftlich**
7. Mikroalgenkultivierung und maschinelles Lernen – Produktertragsmaximierung

Bioverfahrenstechnik in der Wasser- und Kreislaufwirtschaft

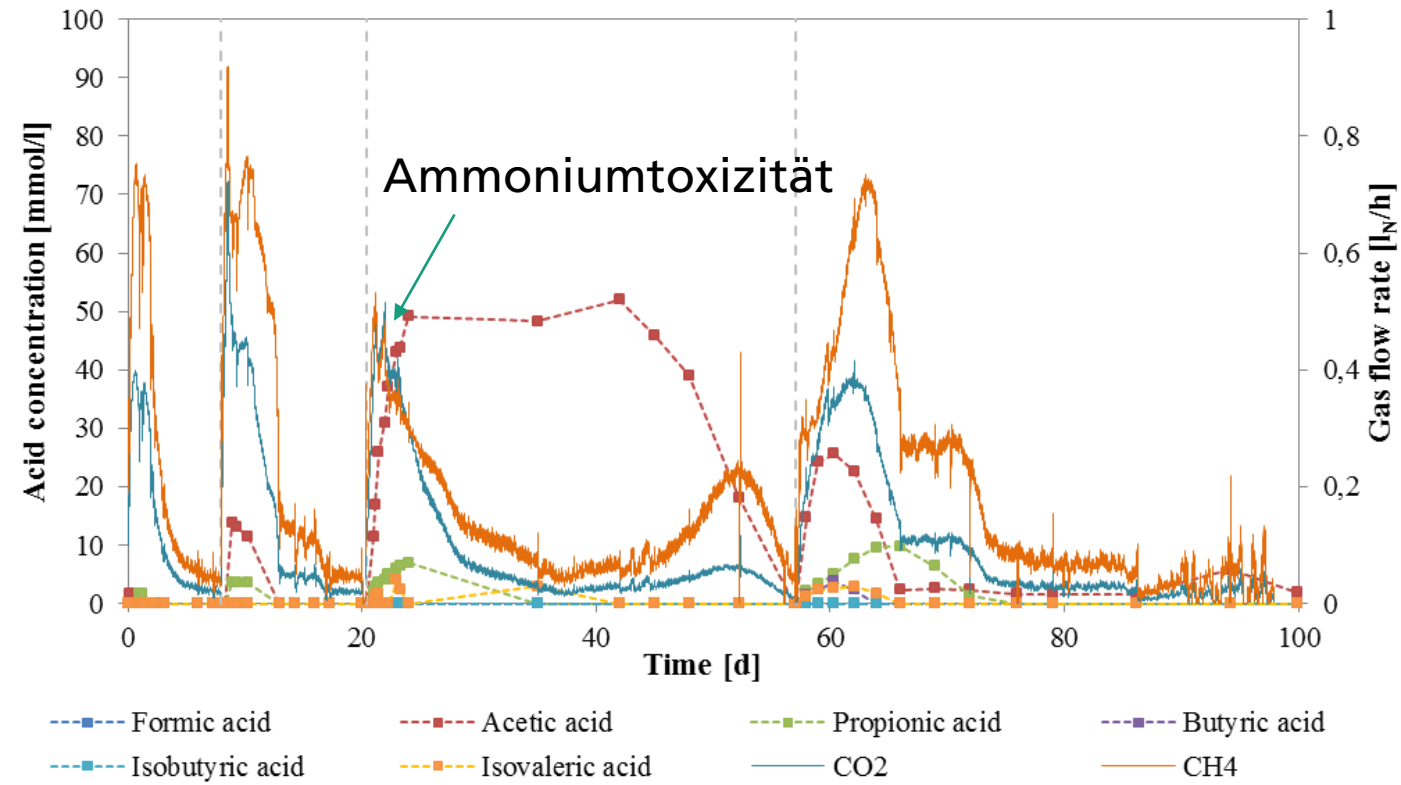
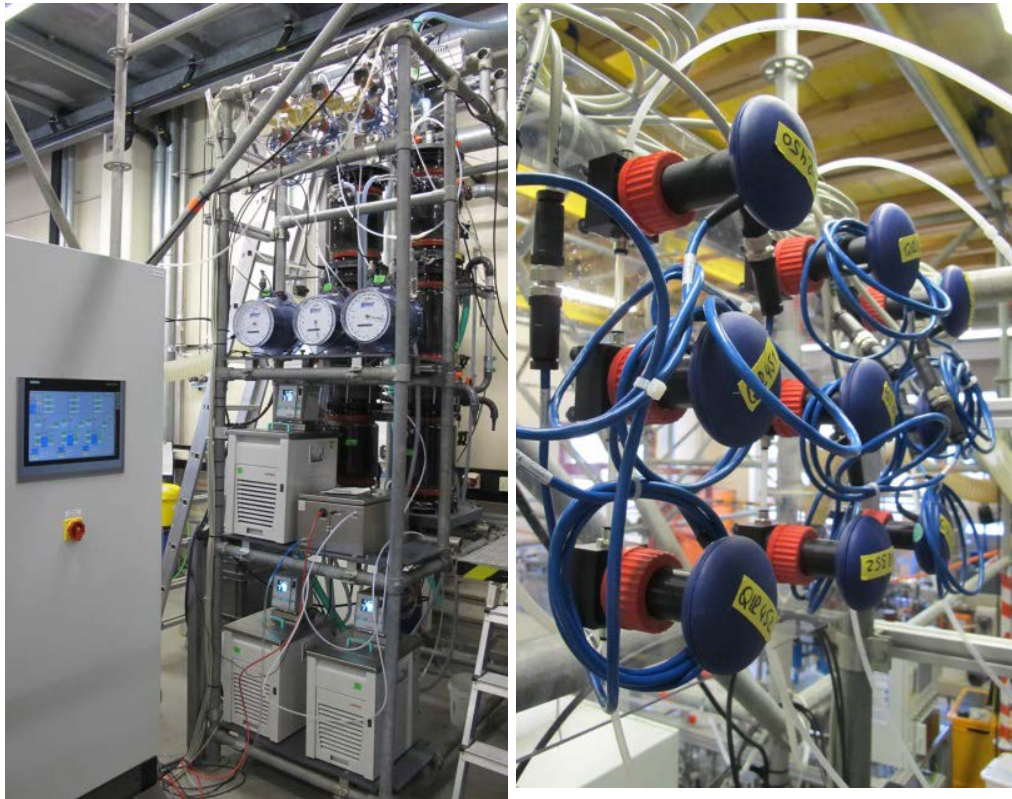
Modellbasierte Prozesssteuerung: Pilotierung + Messtechnik + Modellierung



GEFÖRDERT VOM



■ Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen



Technische Beispiele

1. Torrefizierung lignozellulosehaltiger Feststoffe: Kopplung von Stoff- und Energieströmen
2. Wärmemanagement
3. Stromgetriebene CO₂-Konversion durch synthetische Enzymkaskaden
4. Energie aus Klärschlamm – Potentialmaximierung durch verbesserte Prozessführung: Digitalisierung und Modellentwicklung
5. Energie aus regenerativem Energiemix für die Kläranlage – Positive Energiebilanz
6. Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen – Effizienzsteigerung, robust, wirtschaftlich
7. Mikroalgenkultivierung und maschinelles Lernen – Produktertragsmaximierung

Maschinelles Lernen – typische Anwendungen



Selbstfahrendes Auto



Medizinische Diagnose



Drohentechnologie

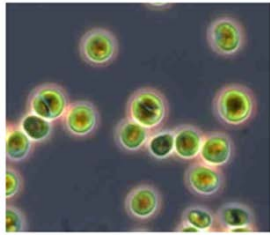


Bioinformatik

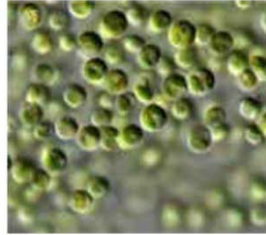


Spiele spielen

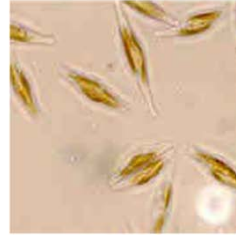
Maschinelles Lernen - Mikroalgenkultivierung



Chlorella sorokiniana



Nannochloropsis limnetica



Phaeodactylum tricornutum



Ziel: Optimierung der Produktivität

Lichtintensität

Temperatur

pH-Wert

Nährstoffe

Geometrie

⋮



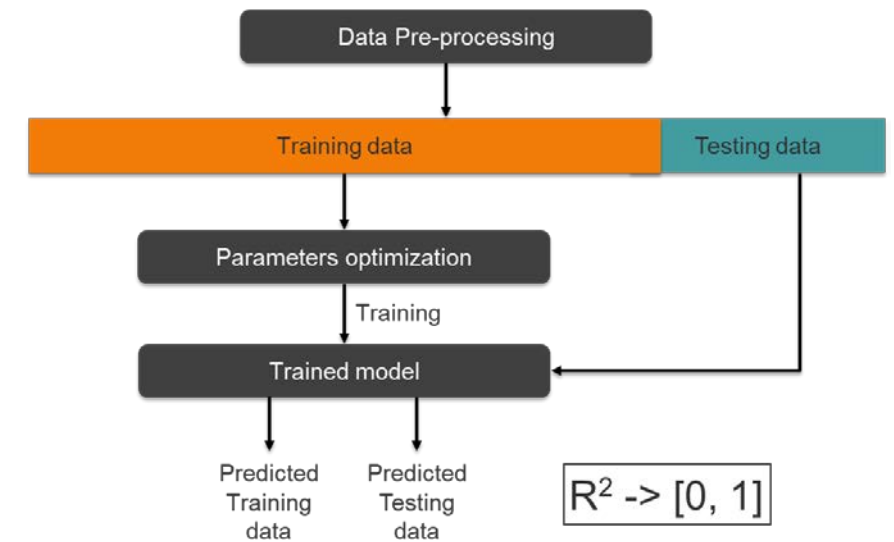
Interaktion
der Parameter

Gradienten

Akklimatisierung

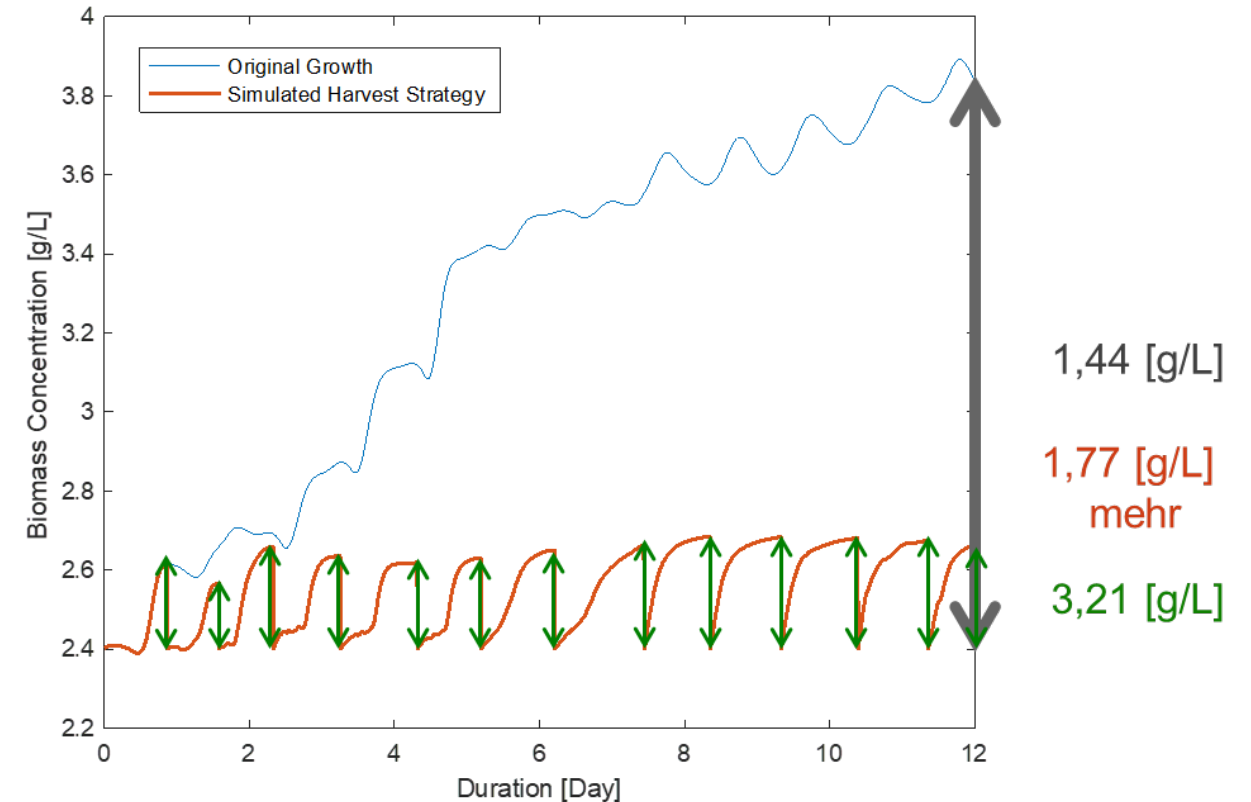
Zeitabhängigkeit

⋮



Ergebnis

- blaue Kurve: ursprüngliches Wachstum
- rote Kurve: Erntestrategie, die vom Modell vorgeschlagen
- Ergebnis blau (ohne Zwischenernte): 1,44 g/L
- Ergebnis Rot (mit Erntestrategie): 3,21 g/L
- Steigerung um 1,77 g/L



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Dr.-Ing. Ursula Schließmann,
Abteilungsleiterin Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Nobelstraße 12,
70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-4222

Fax +49 711 970-4200

ursula.schliessmann@igb.fraunhofer.de

www.igb.fraunhofer.de



Universität Stuttgart

IER Institut für Energiewirtschaft
und Rationelle Energieanwendung



Bioenergie intelligent nutzen!

Workshop Energie des
Kompetenzzentrum Biointelligenz

Ludger Eltrop

Bild: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

IER

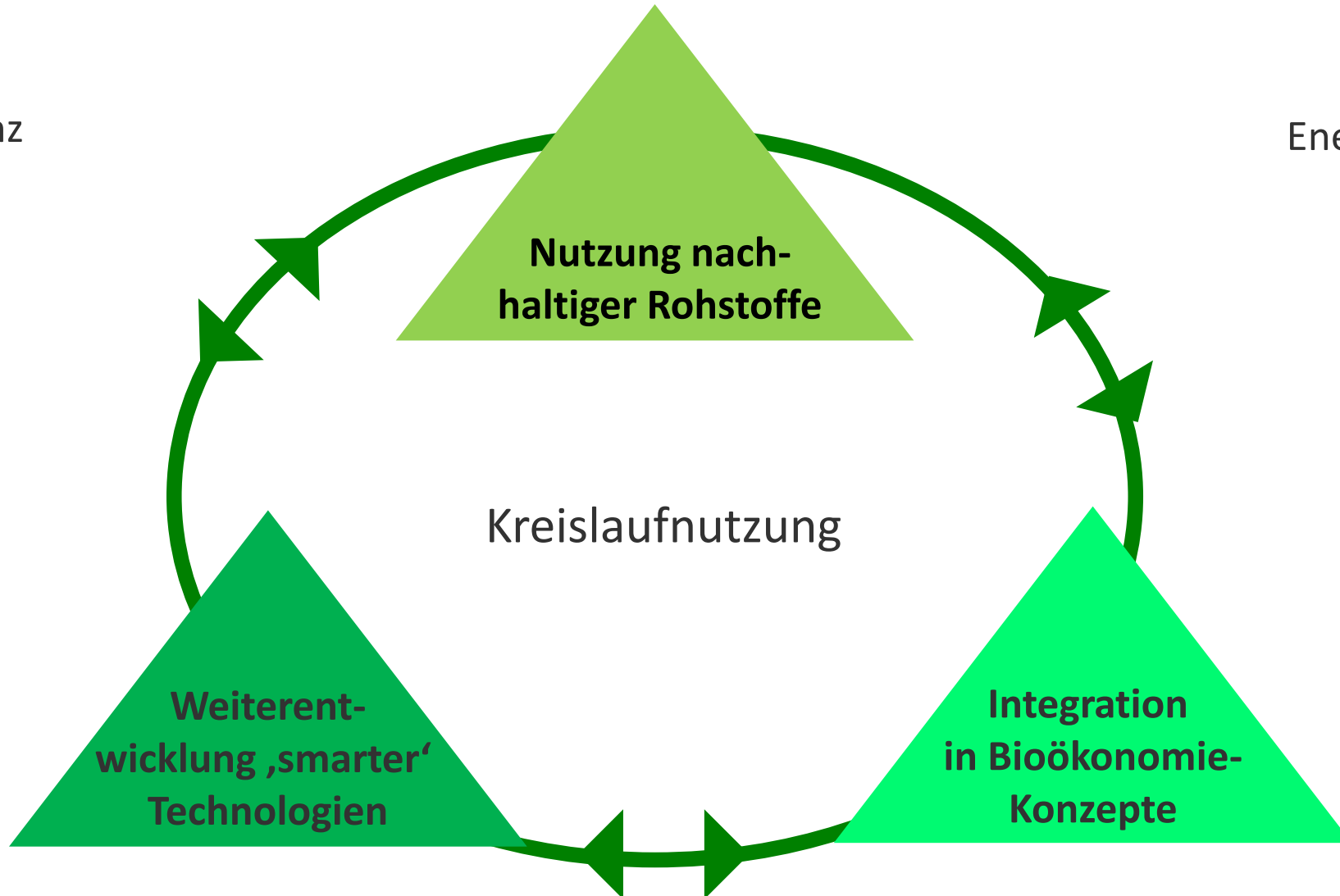
Vom magischen Dreieck der Biomassenutzung ...



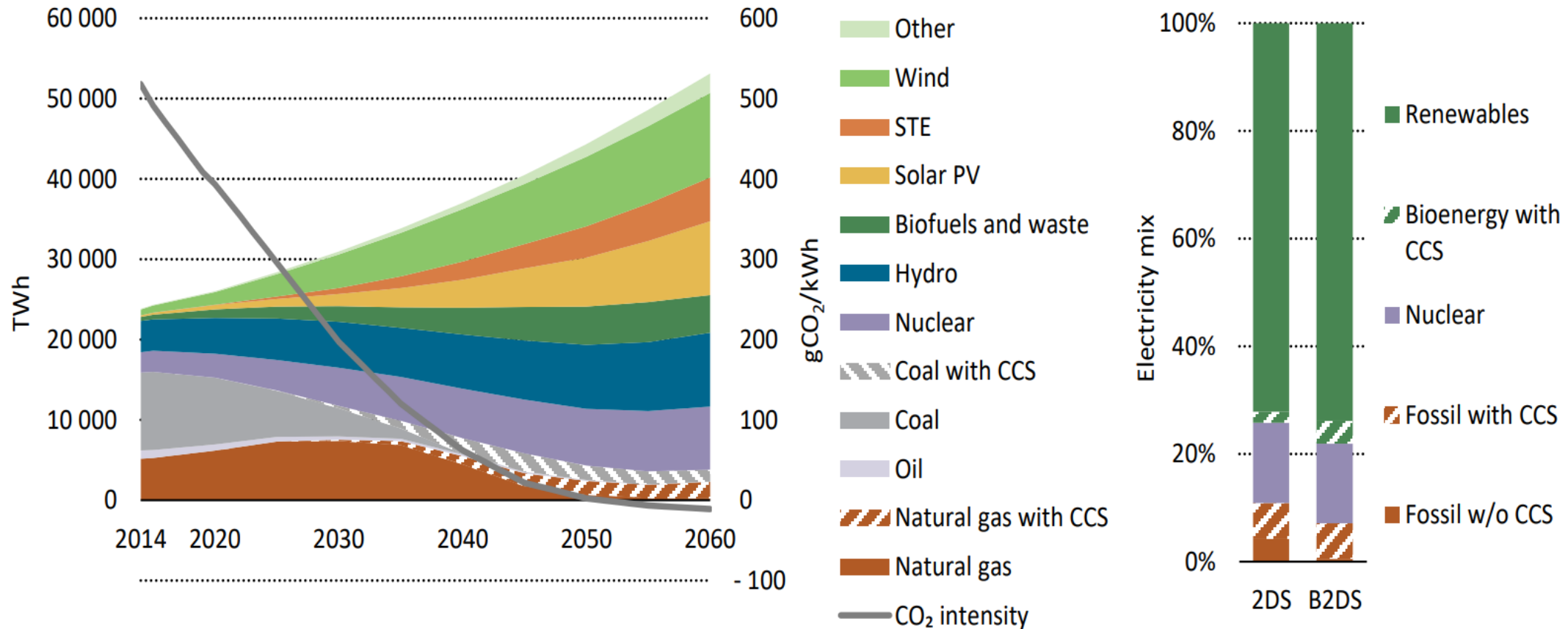
... zu intelligenten Bioenergie-Konzepten

Energieeffizienz

Energieeinsparung



Bioenergie in den Energieszenarien der IEA

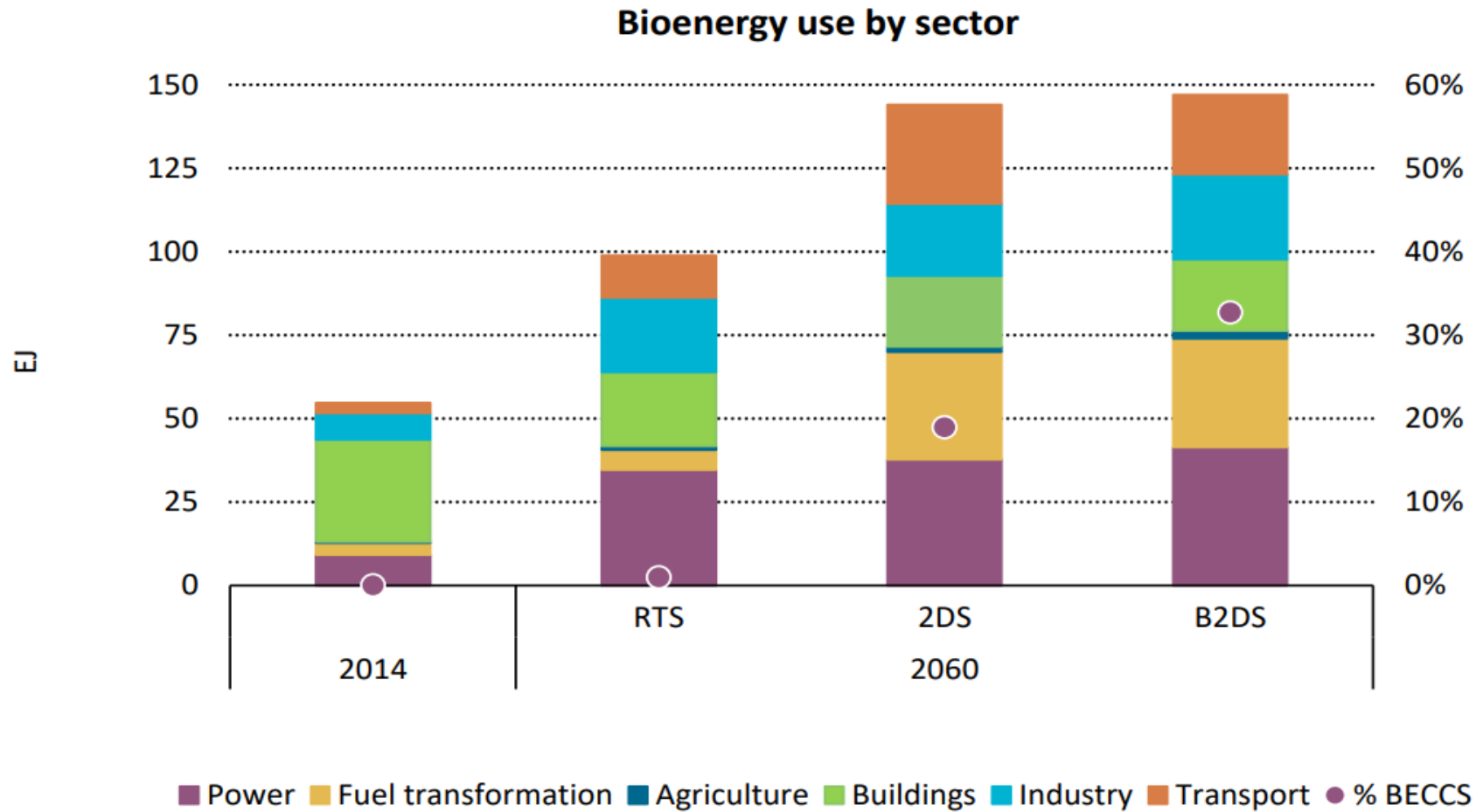


IEA ETP 2017

Global electricity generation is decarbonized by 2050 in the B2DS and becomes a source of negative emissions with significant deployment of BECCS

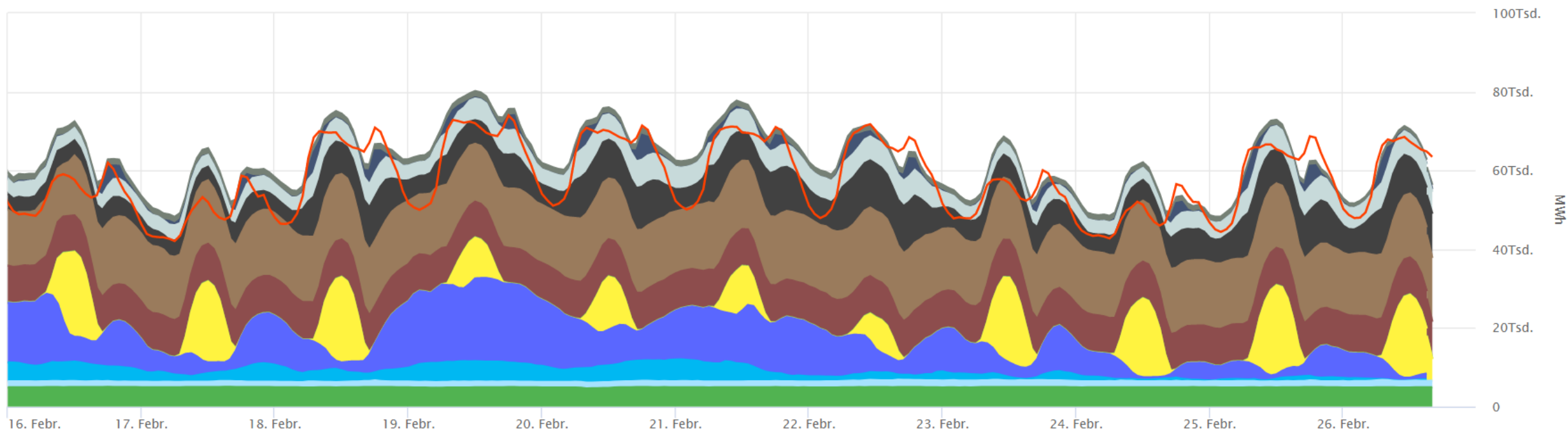
(B2DS=beyond 2° scenario; BECCS = 2% of sustainable bioenergy with CCS; 2DS = 2° scenario; rts=reference technology scenario)

Bioenergie bleibt in allen Varianten eine Schlüsselenergie



Around 145 EJ of sustainable bioenergy is available by 2060 in all our decarbonisation scenarios, but is used differently between the 2DS and the B2DS (B2DS=beyond 2° scenario; BECCS = 2% of sustainable bioenergy with CCS; 2DS = 2° scenario; rts=reference technology scenario)

Bioenergie der Zukunft: von der Grundlast heute ...



Stromerzeugung - Realisierte Erzeugung

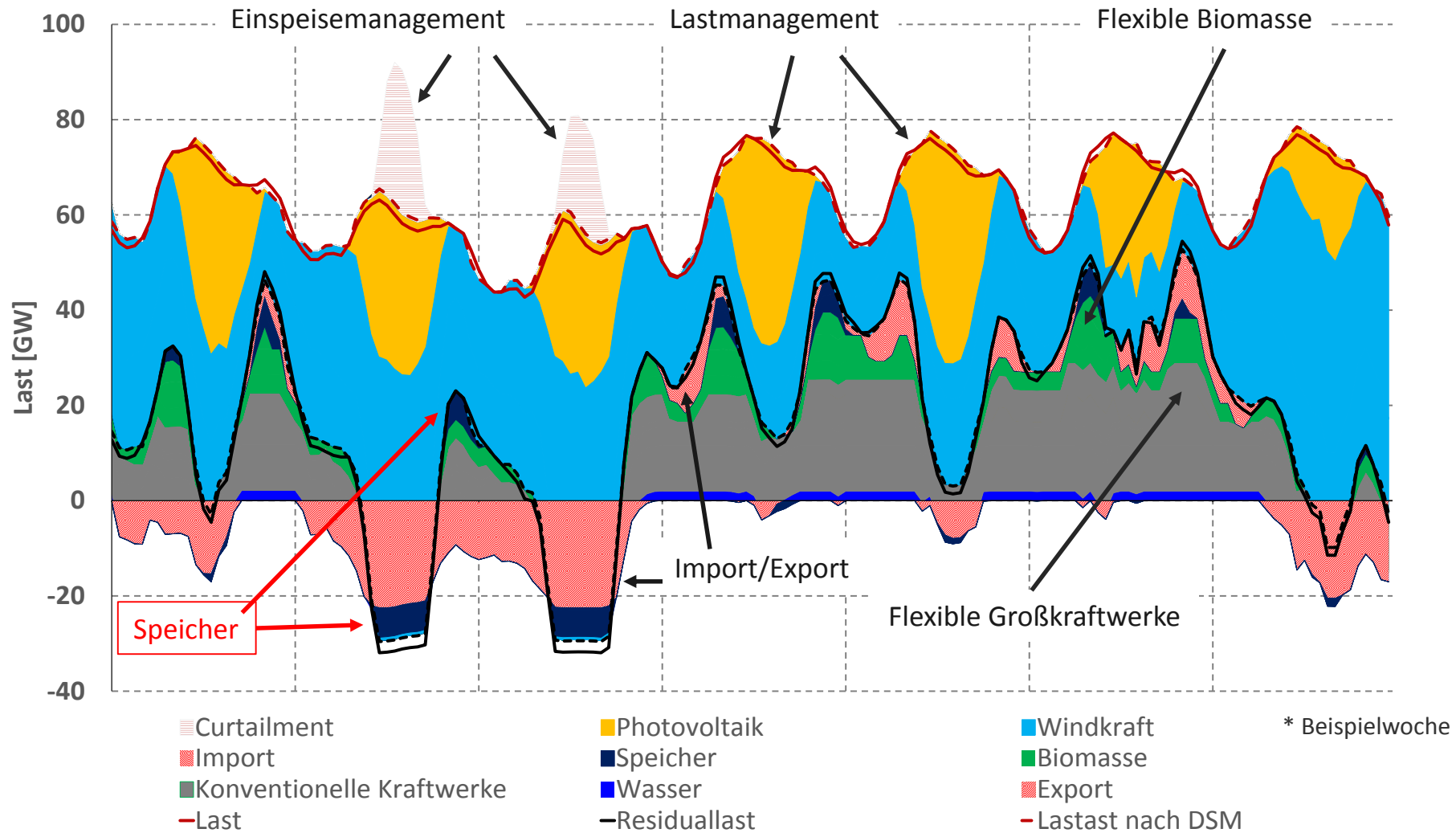
- Biomasse
- Wasserkraft
- Wind Offshore
- Wind Onshore
- Photovoltaik
- Sonstige Erneuerbare
- Kernenergie
- Braunkohle
- Steinkohle
- Erdgas
- Pumpspeicher
- Sonstige Konventionelle

Stromverbrauch - Realisierter Stromverbrauch

- Gesamt



Bioenergie der Zukunft: von der Grundlast heute zum flexiblen Energieträger morgen



Anforderungen

Anforderung 1: die Biomassenutzung muss nachhaltiger werden → SDG!!

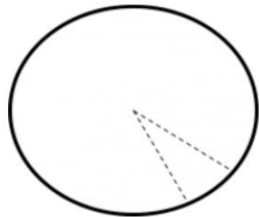


Anforderung 2: Kaskaden- und Kreislaufkonzepte im Lebenszyklus adäquat berücksichtigen

Von attributionaler zu wirkungsorientierter (konsequentialer) Lebenszyklenbetrachtung (cLCA) - Verdrängungs- und Substitutionseffekte beachten: Ein Systemansatz in welchem die Aktivitäten in einem Produktsystem so miteinander verbunden werden, dass auch Wirkungen bilanziert werden, die aufgrund einer Verschiebung des Bedarf bzw. der funktionalen Einheit auftreten.

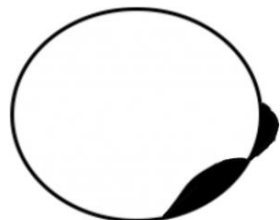
- Neue Definition der 'Funktionalen Einheit'
- Berücksichtigung der tatsächlichen Substitutionen und Marktbedingungen bzw. -verschiebungen
- Hierdurch besser für eine Entscheidungsunterstützung geeignet

Attributionale LCA



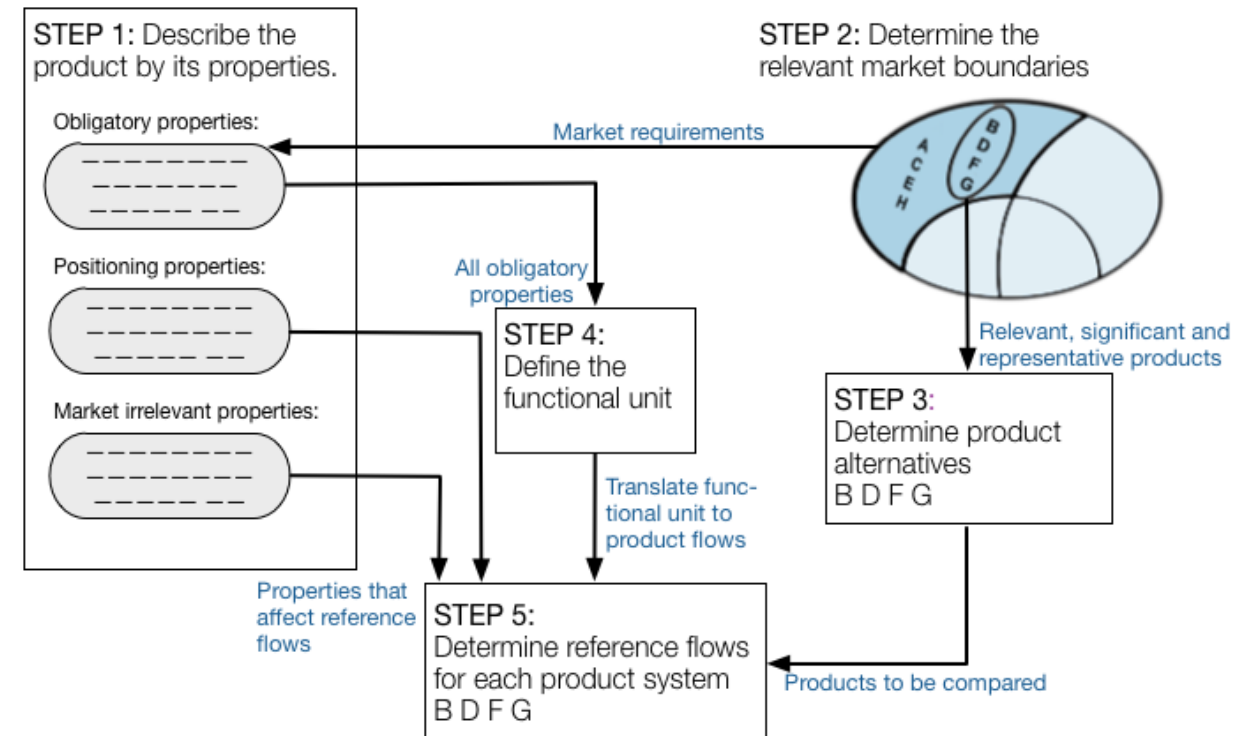
Ziel ist es, einen bestimmten Aspekt des Produkts (bestimmt durch die Aufteilregel) bis zu seinen beitragenden Einheitsprozessen zurückzuverfolgen. In einem solchen System ist es relevant, Daten über bestimmte oder marktübliche Lieferanten zu verwenden und diese entsprechend der gewählten Aufteilregel zu partitionieren.

wirkungsorientierte LCA

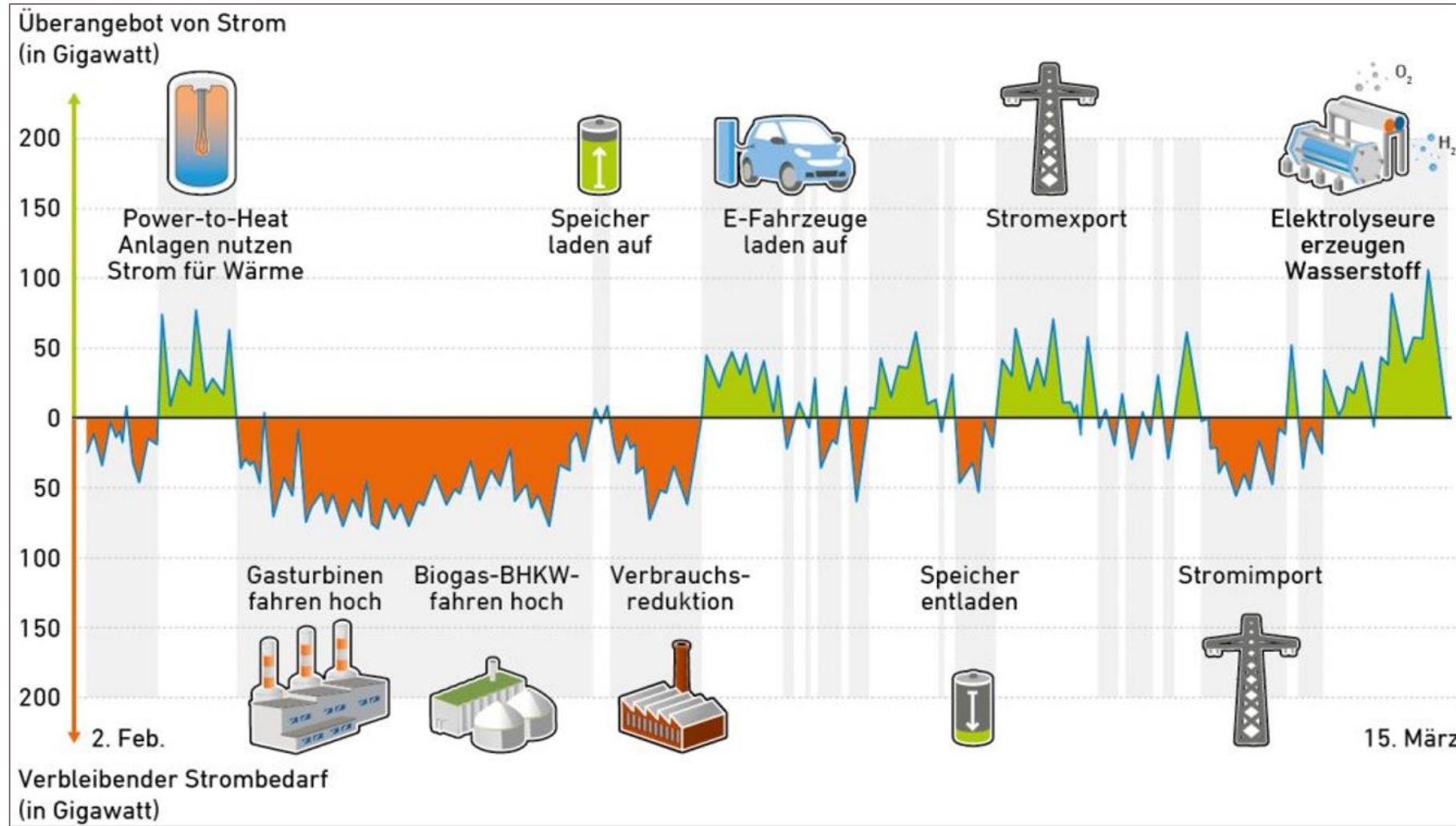


Der Zweck ist die Entscheidungsunterstützung. Dies bedeutet, dass die Folgen zeitlich verfolgt werden, was bedeutet, dass es relevant ist, Daten über Grenzlieferanten und die Substitution von verlagerten Aktivitäten zu verwenden.

Die funktionale Einheit in cLCA



Anforderung 3: Bioenergie muss noch flexibler werden



Szenario

Installierte Leistung in D. von

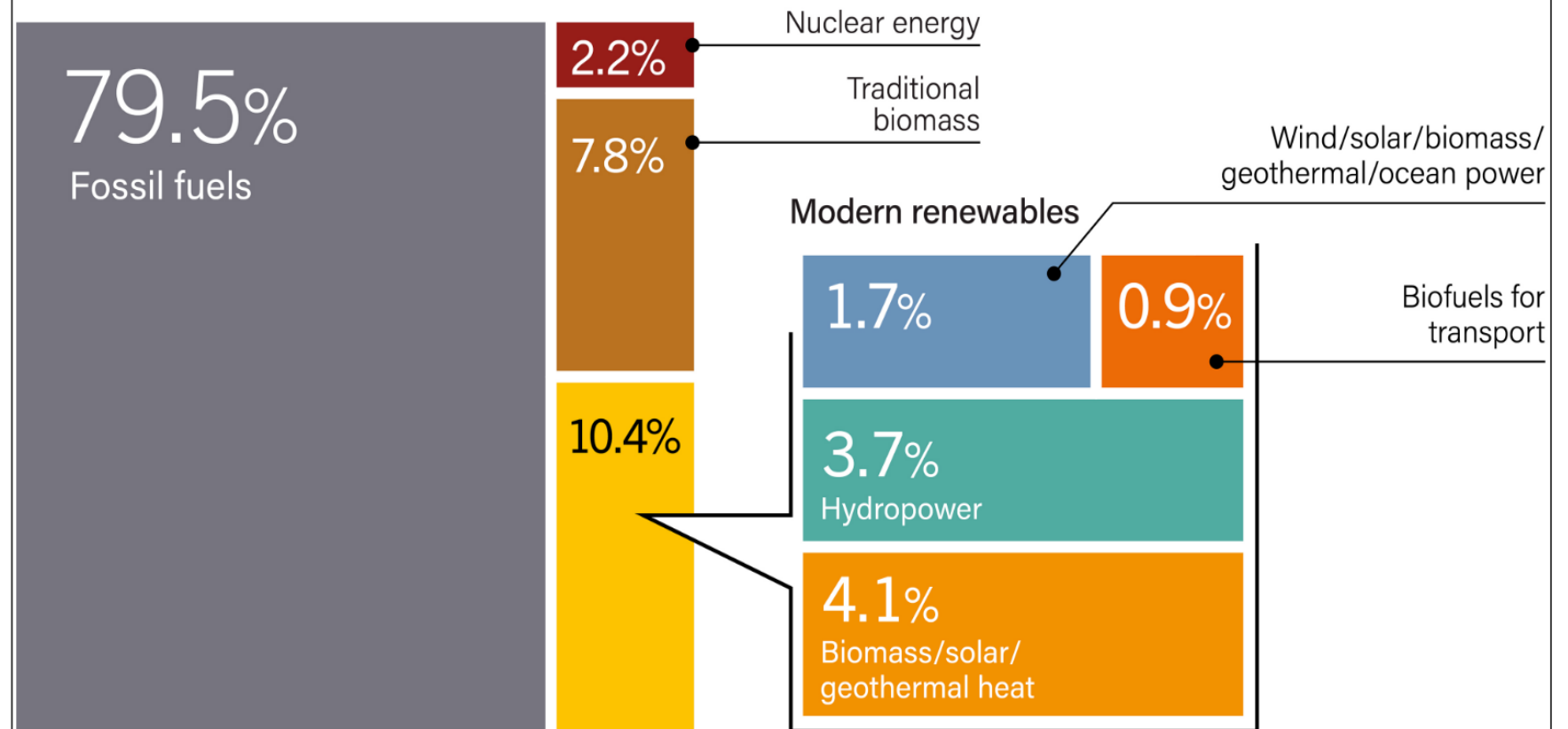
- 151 GW PV und
- 102 GW Wind

Anteil EE am Stromverbrauch: 83%

Anforderung 4 und Exkurs – Biomassenutzung weltweit benötigt Technologieschub

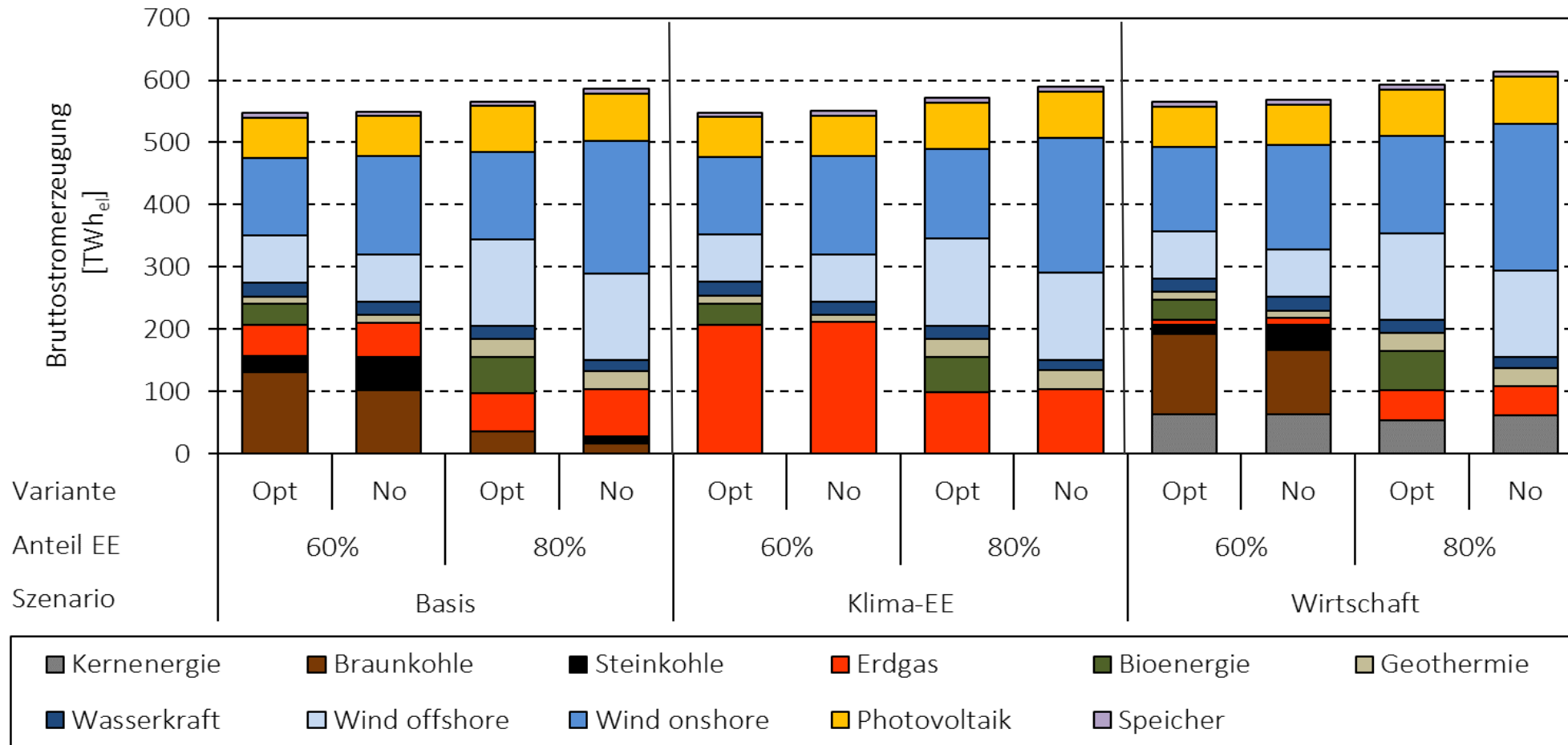
- In 2016, machten Erneuerbare Energien einen Anteil von 28,2% am globalen Endenergieverbrauch aus.
- Biomasse wird überwiegend (> 60%) mit traditionellen Technologien genutzt!
- Der Anteil der Nutzung von Biomasse für Kraftstoffe ist mit > 10% noch wenig bedeutend
- Die Bedeutung zur Wärmeerzeugung ist hoch!

Estimated Renewable Share of Total Final Energy Consumption, 2016



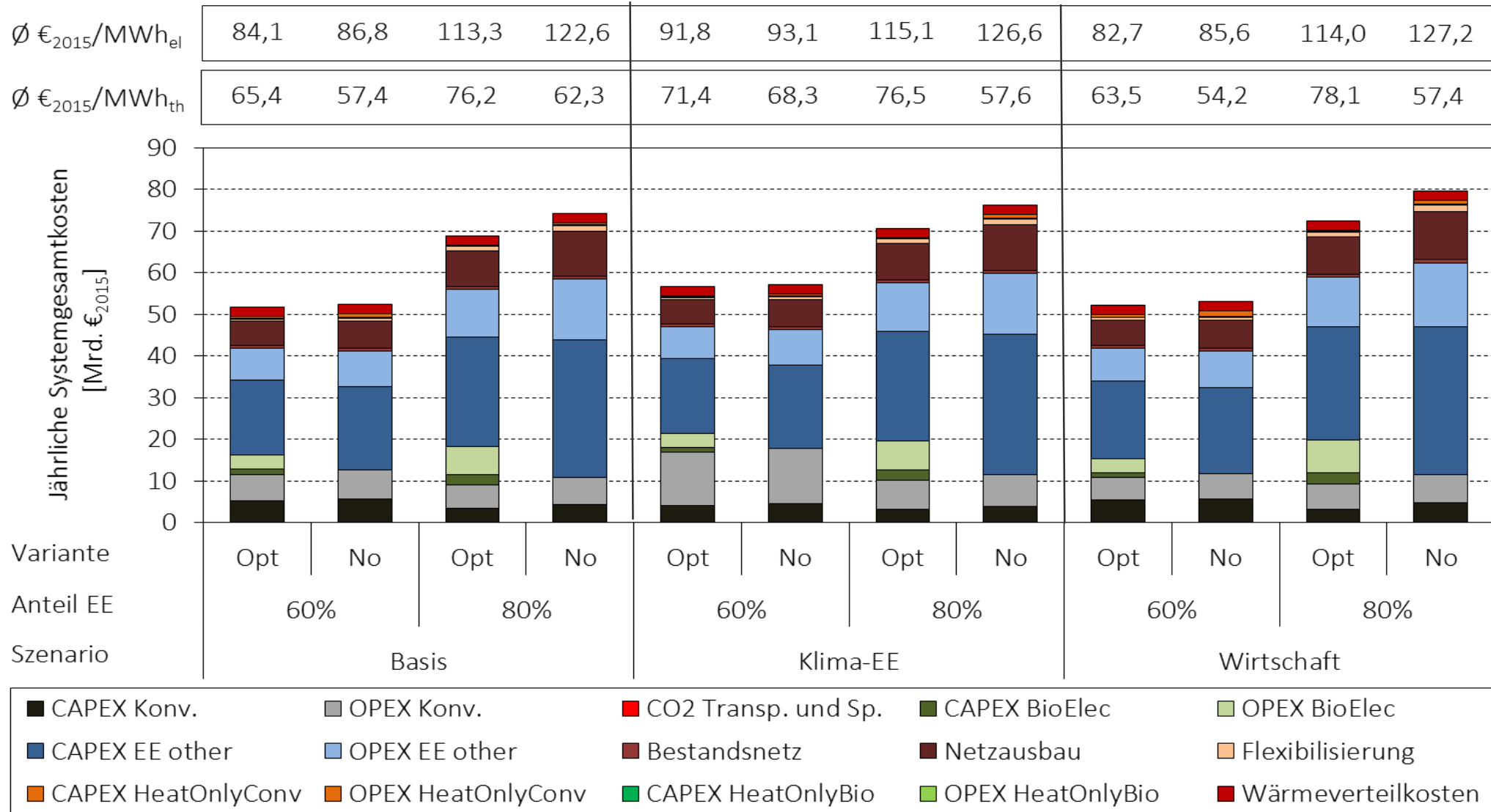
Wirkungen der Bioenergie im Energiesystem

Bioenergie wird in allen Szenarien genutzt

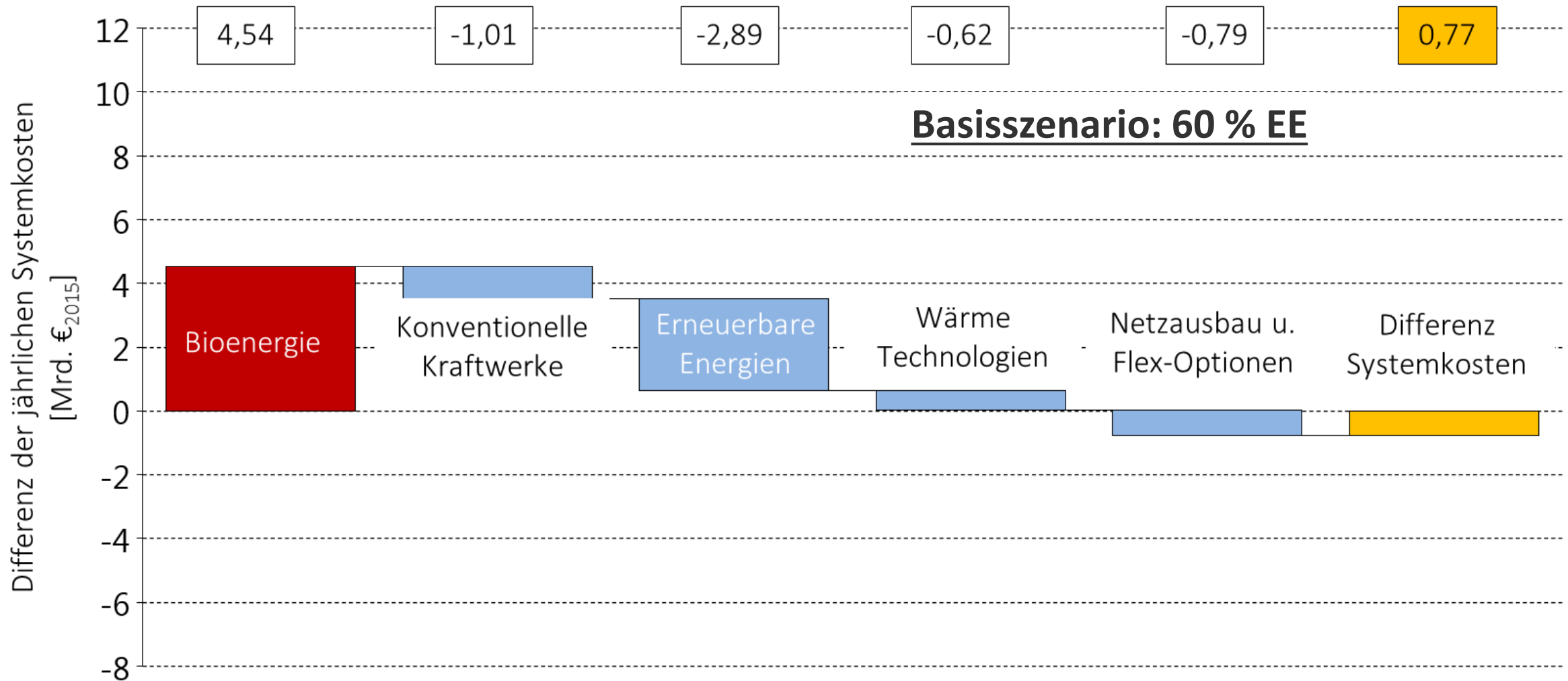


- Bruttostromerzeugung aus Bioenergie liegt zwischen 34 TWh_{el} und 62 TWh_{el}
- Bei 60%-EE nur feste Biomasse genutzt, bei 80%-EE auch große Biogas-Anlagenklassen

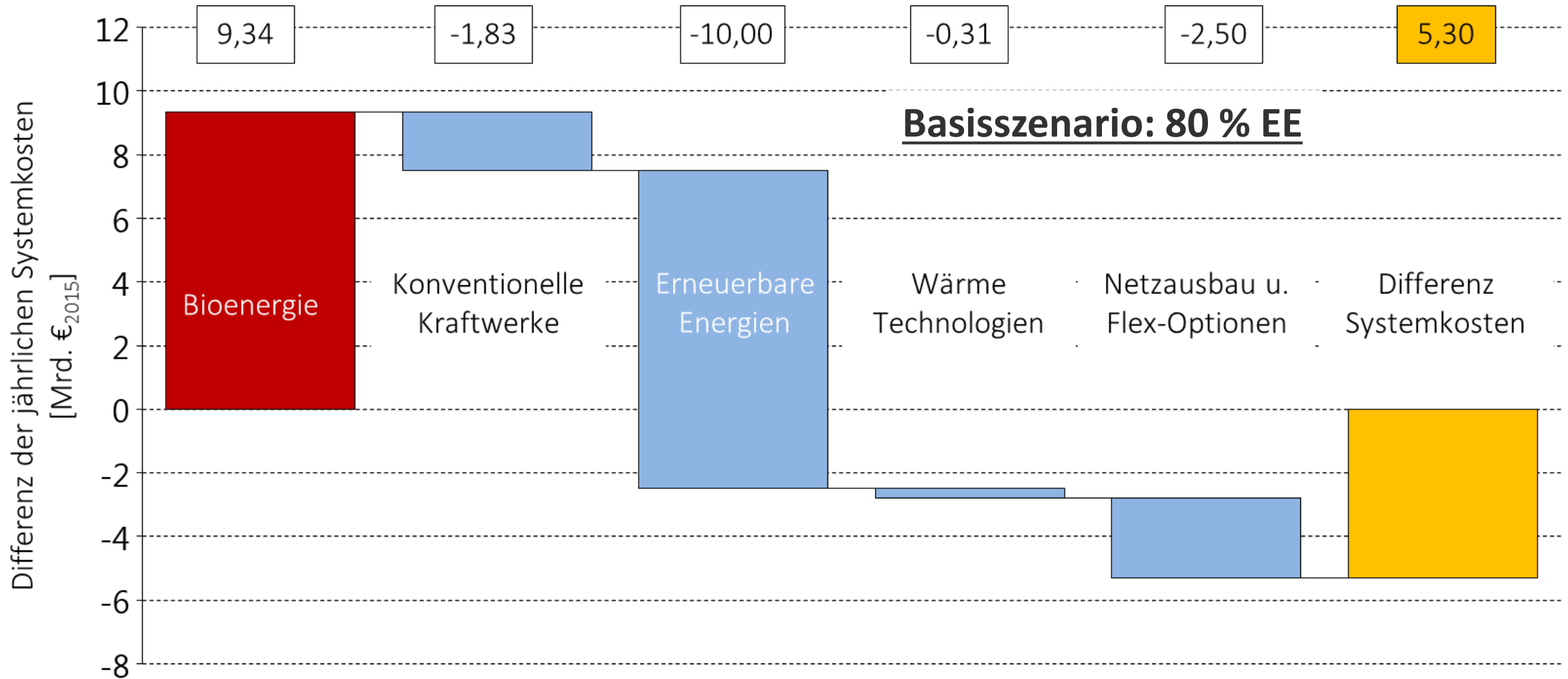
Bioenergie senkt die Systemgesamtkosten



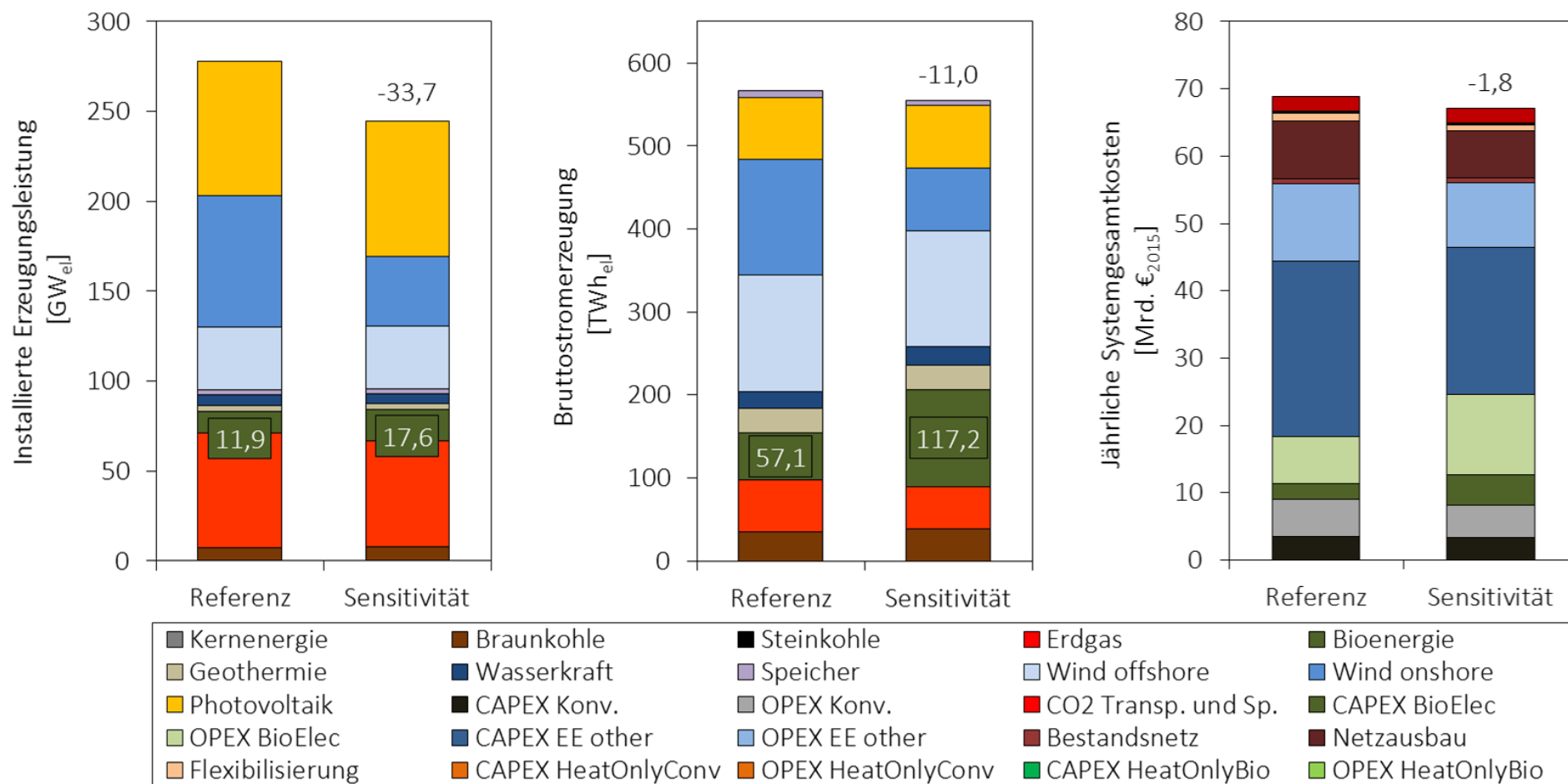
Bioenergie übt Wirkungen auf allen Systemebenen aus



Mit zunehmendem EE-Anteil steigt die Bedeutung der Bioenergie



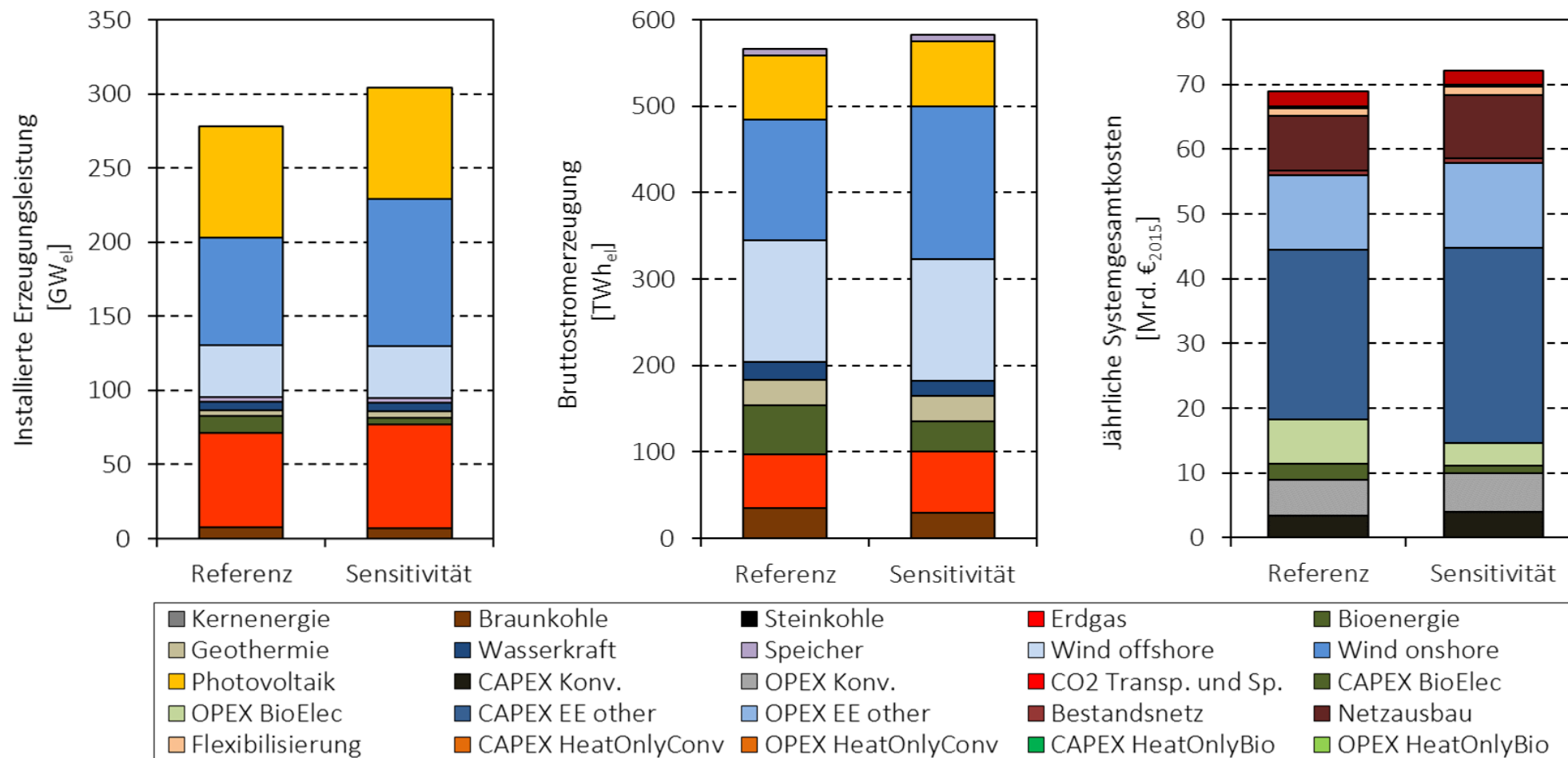
Mehr Bioenergie senkt die Systemkosten



Die zusätzlich verfügbaren Bioenergiepotenziale reduzieren den Bedarf an Windkraft und Photovoltaik

→ Systemkosteneinsparung von **-1,8 Mrd. €₂₀₁₅ a⁻¹**.

Flexibilität senkt die Systemkosten (3,3 Mrd. €/a)

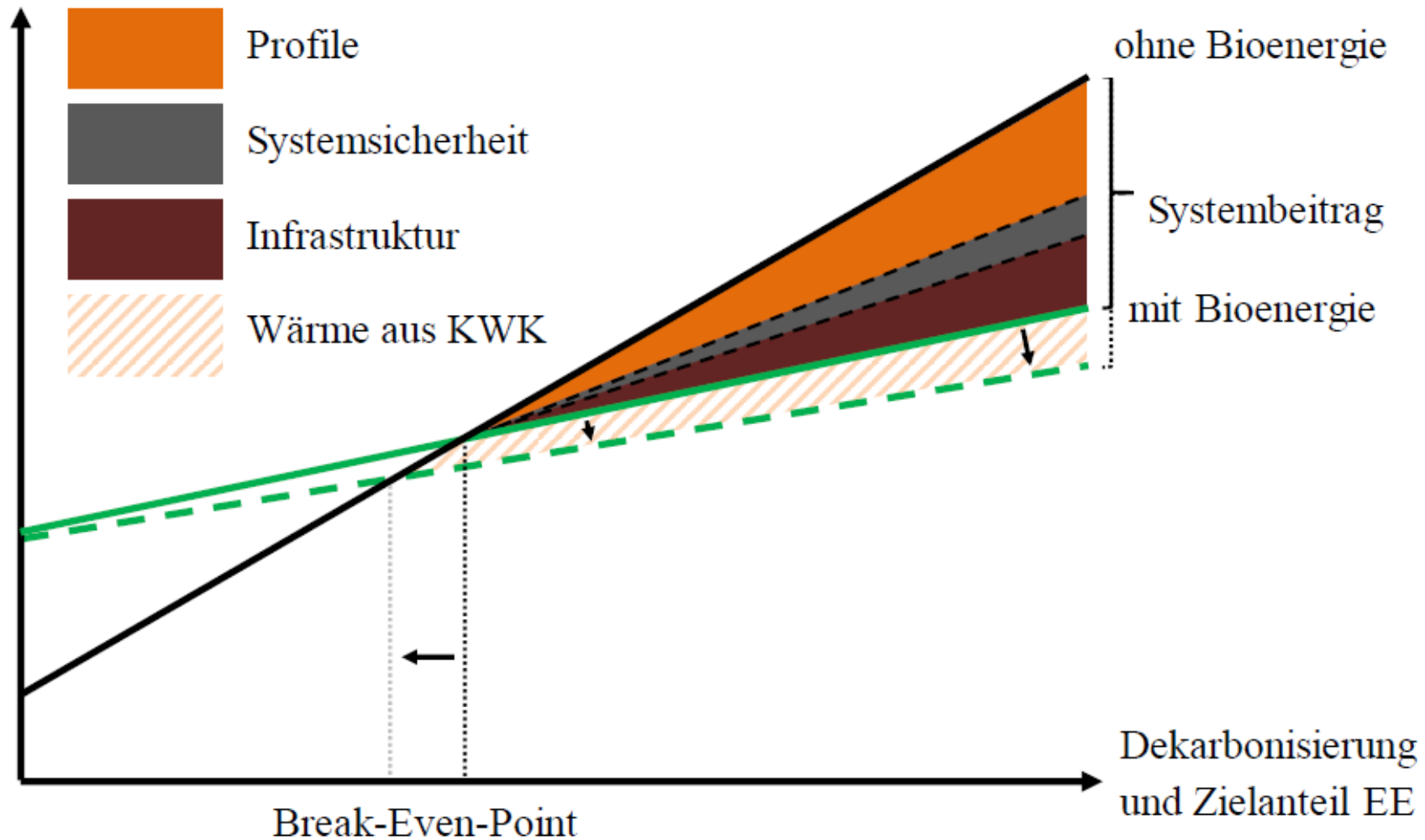


Die installierte Erzeugungsleistung von Bioenergieanlagen reduziert sich von 11,9 GW_{el} auf 8,7 GW_{el}, die Bruttostromerzeugung reduziert sich von 57,1 TWh_{el} auf 44,6 TWh_{el}.

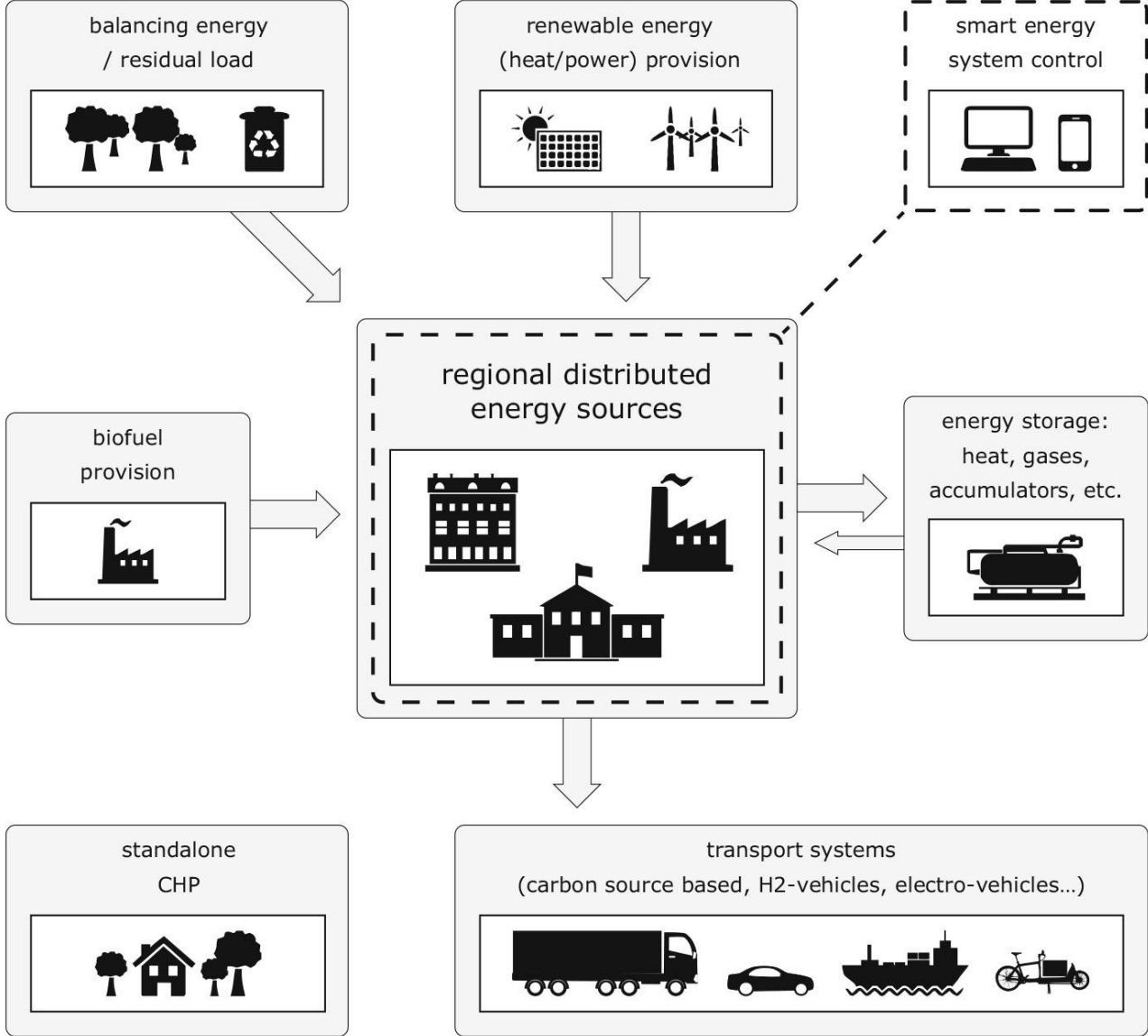
Fazit

Bioenergie im Spannungsfeld von Energiesystemkosten und Klimaschutz

Gesamtsystemkosten

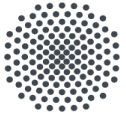


Bioenergie im Rahmen eines intelligenten Energiesystems - Smart Bioenergy



Fazit: Biomasse intelligent nutzen = integrativ nutzen

1. Wir brauchen auch in der Zukunft die Biomasse im Energiesystem!
2. Die Nutzung von Bioenergie führt zu einer Reduktion der Systemgesamtkosten (zw. 0,8 und 7,1 Mrd. €₂₀₁₅ a⁻¹) durch positive Effekte auf allen betrachteten Systemebenen. Ihre Bedeutung nimmt mit zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien und steigender Dekarbonisierung zu.
3. Flexibilität ist der Schlüssel für eine intelligente Nutzung der Biomasse. Dezentralität und Skalierbarkeit ermöglichen eine umfassende effiziente Nutzung.
4. Auf der Basis einer nachhaltigen Ressourcenproduktion spielt die Integration in bestehende und zukünftige Versorgungsstrukturen die Hauptrolle.



Universität Stuttgart

Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung (IER)



*Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit*



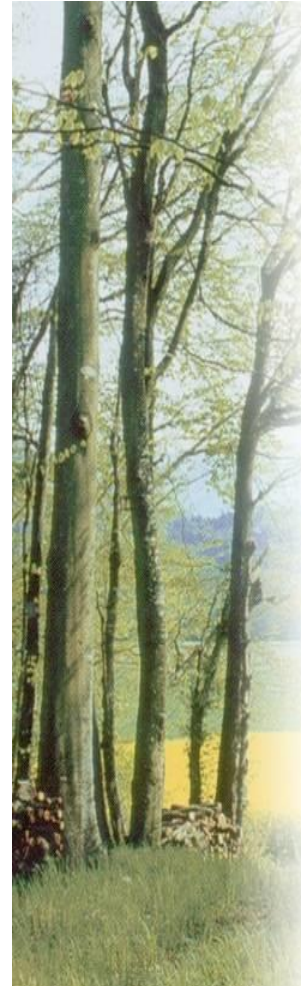
Dr. Ludger Eltrop

Abteilungsleiter SEE – Systemanalyse und ern. Energien
Gastprofessor Universität Johannesburg (SA)

Hessbruehlstraße 49a, 70565 Stuttgart

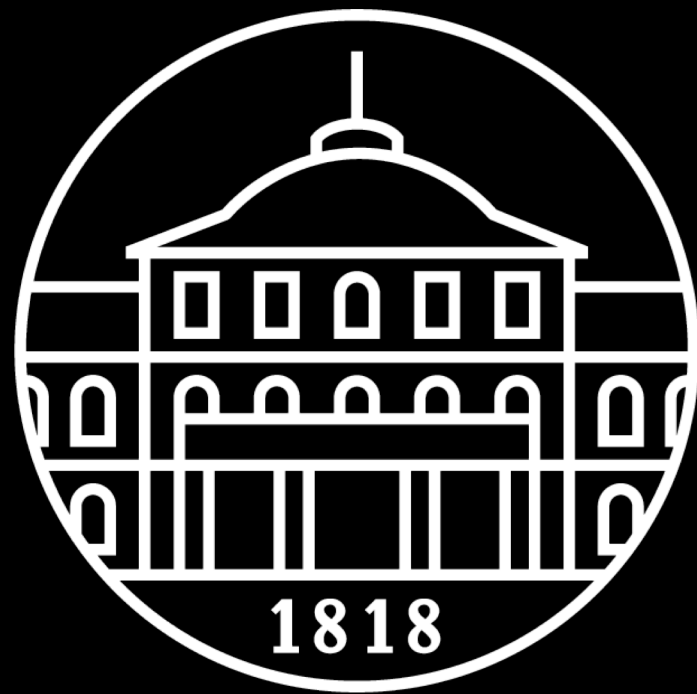
Telefon +49 (0)711 685-87816

Ludger.Eltrop@ier.uni-stuttgart.de



IER

Session Konsum (engl. consumption)



Die Zukunft in der Gegenwart

Innovationen im Kontext der Biointelligenz

Prof. Dr. Bernd Ebersberger

FG Innovationsmanagement | Universität Hohenheim

**Annäherung aus
Konsumenten-
perspektive.**

Trends und Innovationen von heute im Kontext der Biointelligenz.

**Artificial
Intelli-
gence.**

Artificial Intelligence.

| Affective Computing | Artificial
Coworkers | Autonomous
Mobility | Bots | Cognitive
Computing | Intelligent Personal
Assistants |

**Sustain-
ability**

Sustainability .

| Circular Economy | Clean Tech |
Energy Harvesting | Ethical
Consumption | Zero Waste |

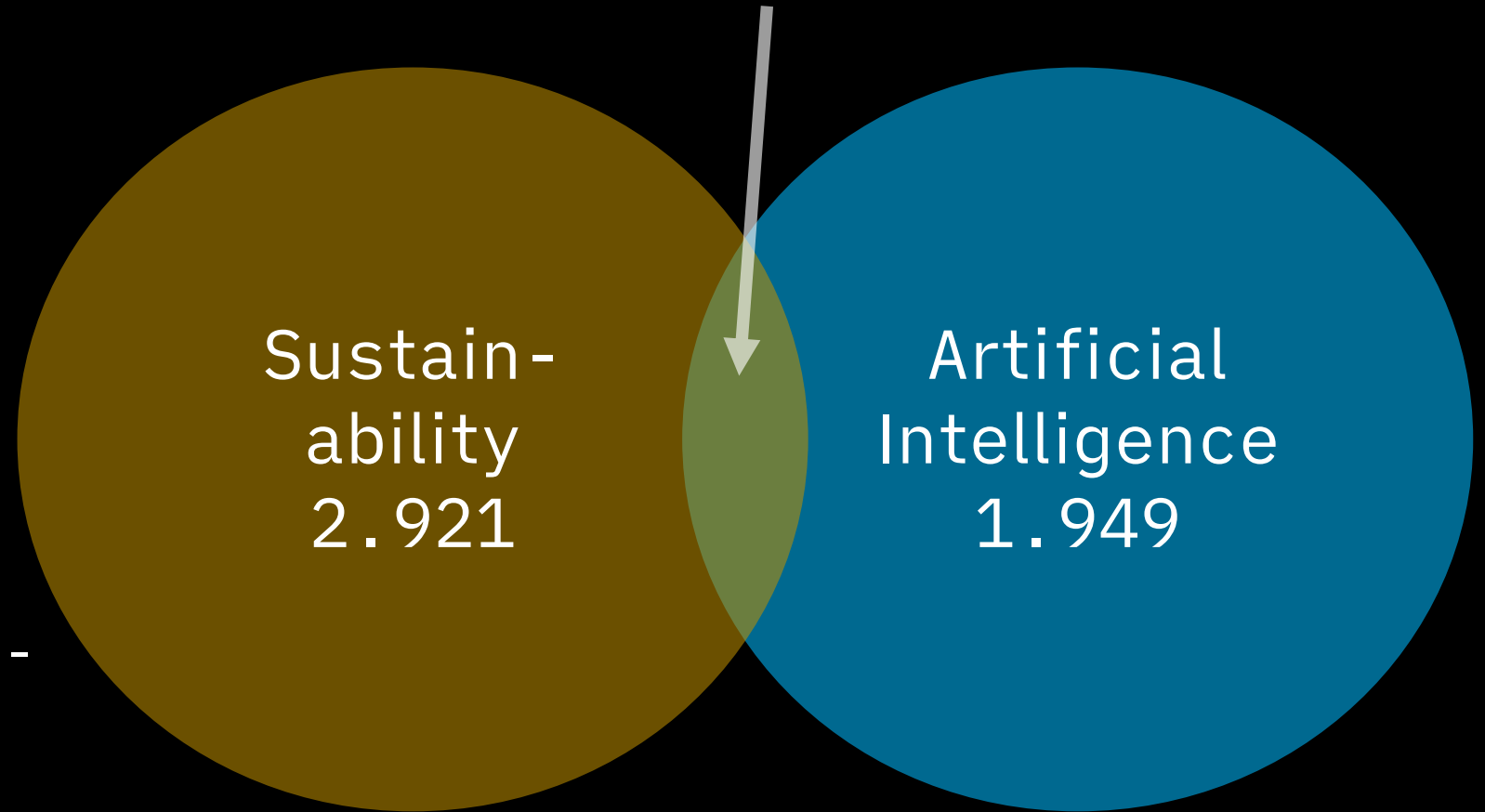
Artificial
Intelligence.
Ability.

Datenbank von TrendOne

Die Datenbank enthält ca. 45.000 Innovationen (Güter, Dienstleistungen, Prozesse) und Geschäftsmodelle seit 2007.

Sustainability & Artificial Intelligence

40



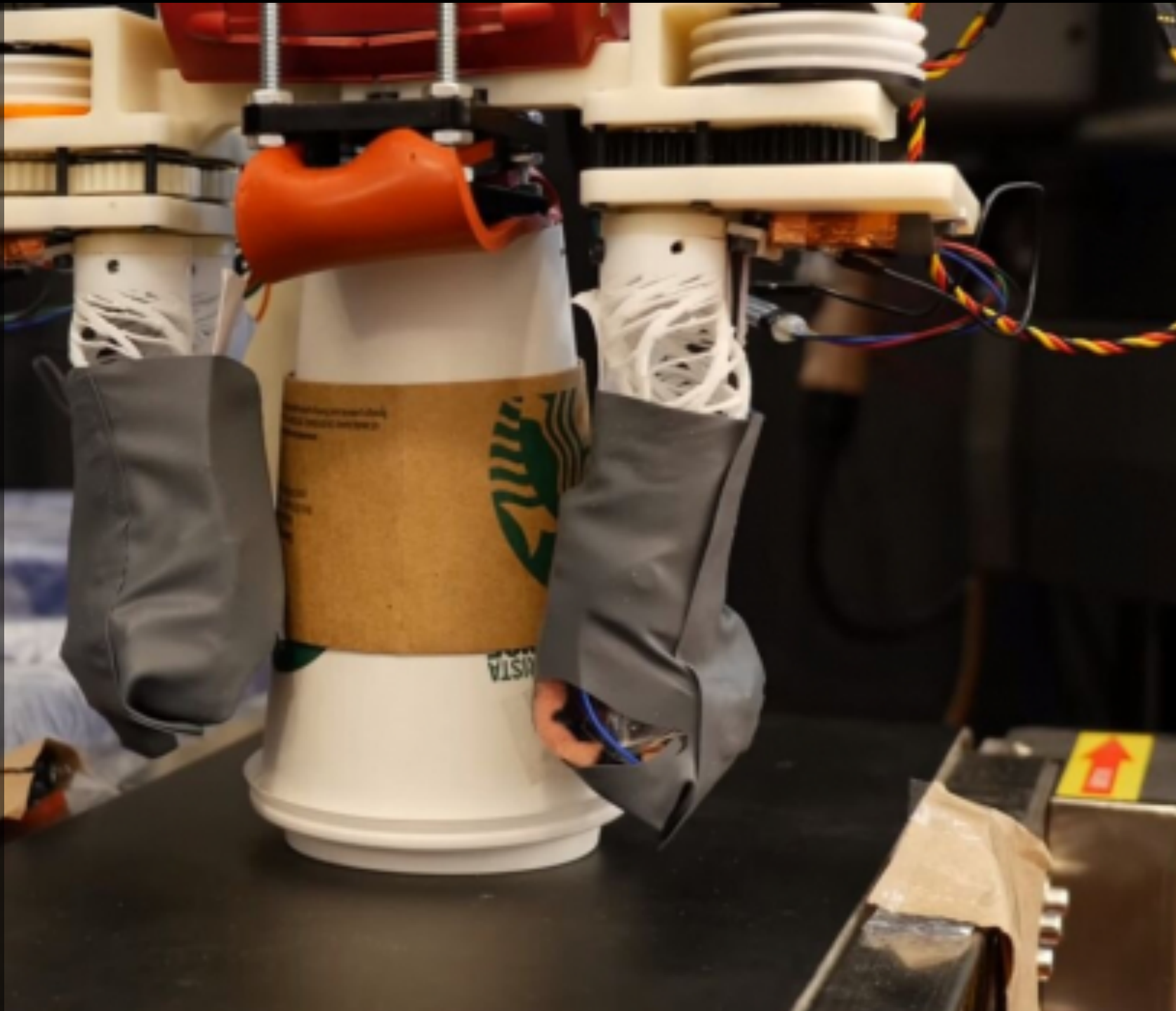
Roboter mit Gefühl

Ein Roboter des MIT kann Material erspüren und so bei der Trennung von Müll mit taktilen Empfinden beitragen.

MIT, Yale (US)

<http://lillych.in/files/Chin-2019-icra.pdf>

Circular economy, artificial coworkers



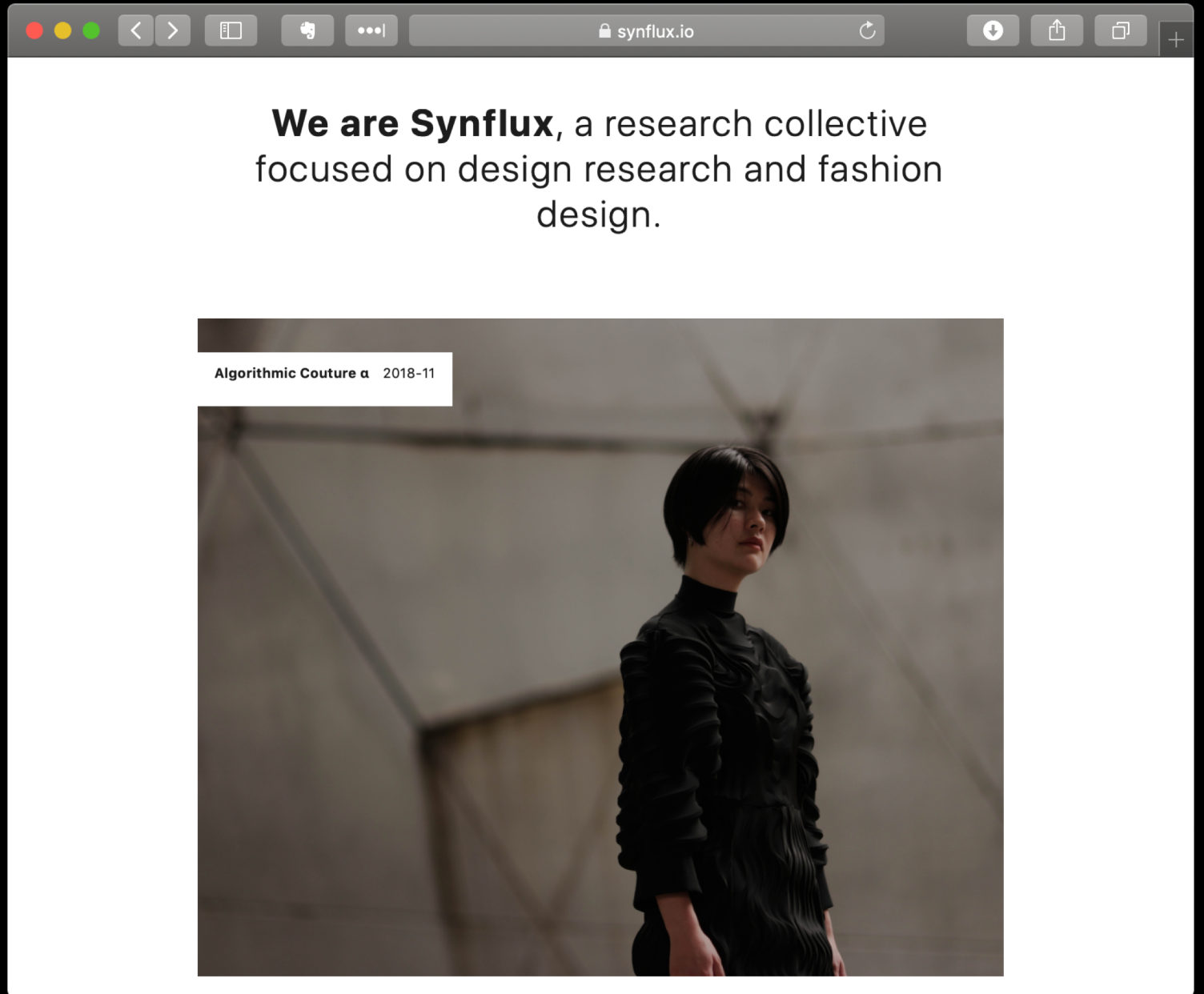
Berechnete Mode

Algorithmisches Design
von Mode zur Reduktion
von Verschnitt.
Verwendung von
genetischen Algorithmen.

Synflux (JP)

<https://synflux.io.com>

Zwro waste, clean tech,



Preise von Lebensmitteln

Algorithmen bestimmen
die Preise von Lebens-
mitteln auf der Basis
der Frische.

Rapidpricer (NL)

<https://www.rapidpricer.nl>

Cognitive computing, zero waste,
ethical consumption



Stromverbrauch optimieren

Intelligente
Steckdose analysiert
Stromverbrauch und
macht Vorschläge
Strom zu sparen.

Currant (US)

<https://www.currant.com>

Cognitive computing, ethical
consumption



Flotten managen

AI unterstützt ein Flotten-Management und ermöglicht somit Car-Sharing auch für Geschäftswägen.

Avrios (CH)

<https://www.avrios.com/en/>

Artificial coworkers, clean tech

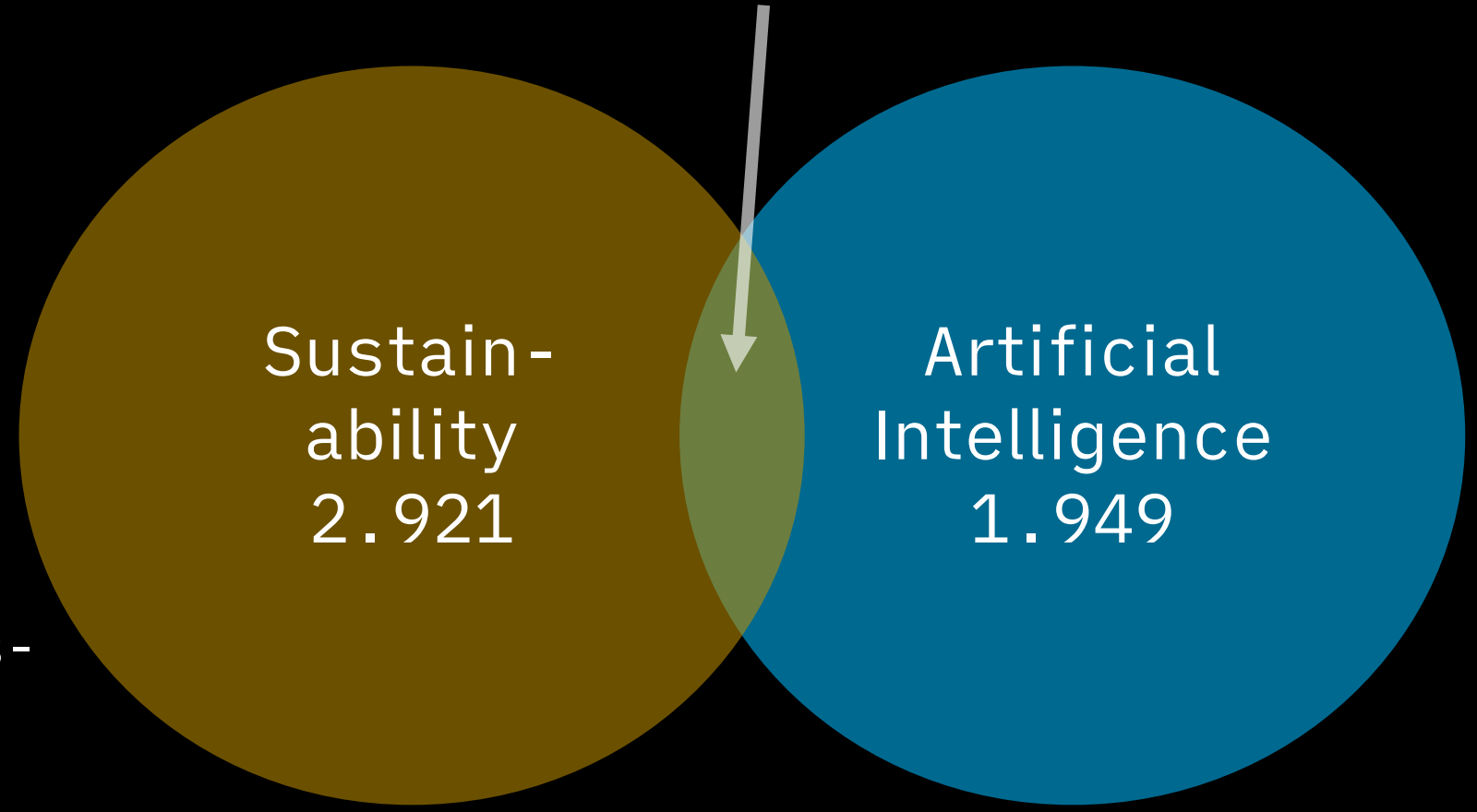


Datenbank von TrendOne

Die Datenbank enthält ca. 45.000 Innovationen (Güter, Dienstleistungen, Prozesse) und Geschäftsmodelle seit 2007.

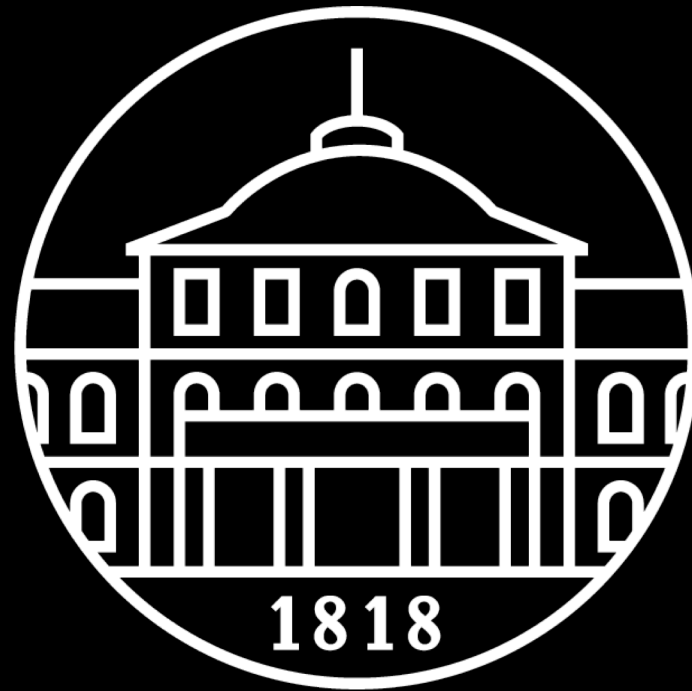
Sustainability & Artificial Intelligence

40



Beobachtung.

- | Gegenwärtig kaum Überschneidungen.
- | Hohes Innovationspotenzial.



Fragen & Kommentare
ebersberger@uni-hohenheim.de



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM

Die Rolle der Digitalisierung für die Automation biotechnischer Prozesse

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
Fachgebiet Prozessanalytik und Getreidewissenschaft

Bernd Hitzmann



Die Rolle der Digitalisierung für die Automation biotechnischer Prozesse

- Optimale Versuchsplanung zur Wasseraufnahme von Weizenkörnern
- Datengetriebene Auswertung von Spektren
- Digitale Zwillinge einer Bäckerhefe-Kultivierung zum Training von neuronalen Netzwerken (modellbasierte Kalibration)
- Überwachung der Gare von Teiglingen basierend auf einem digitalen Zwilling
- Fuzzy-Regelung der Gare von Teiglingen
- Schlussfolgerung

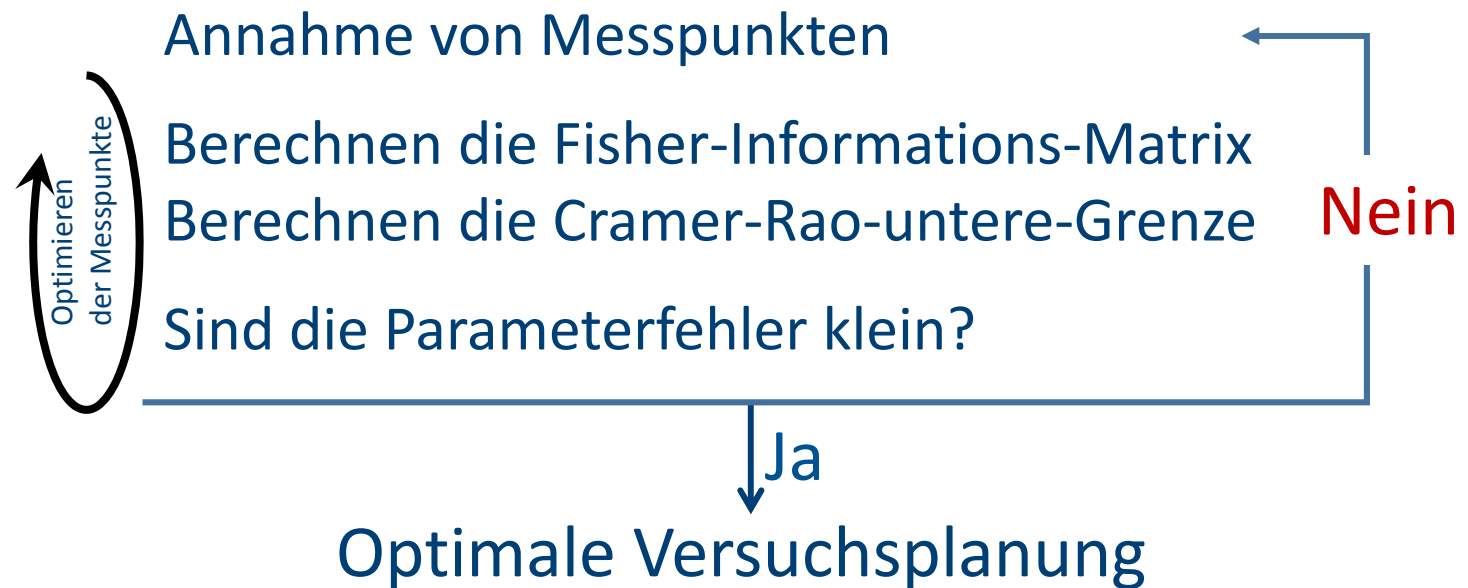


Optimale Versuchsplanung zur Bestimmung optimaler Parameter

Das Modell (digitaler Zwilling)
Grobe Modellparameter
Messfehler

} Notwendiges Wissen

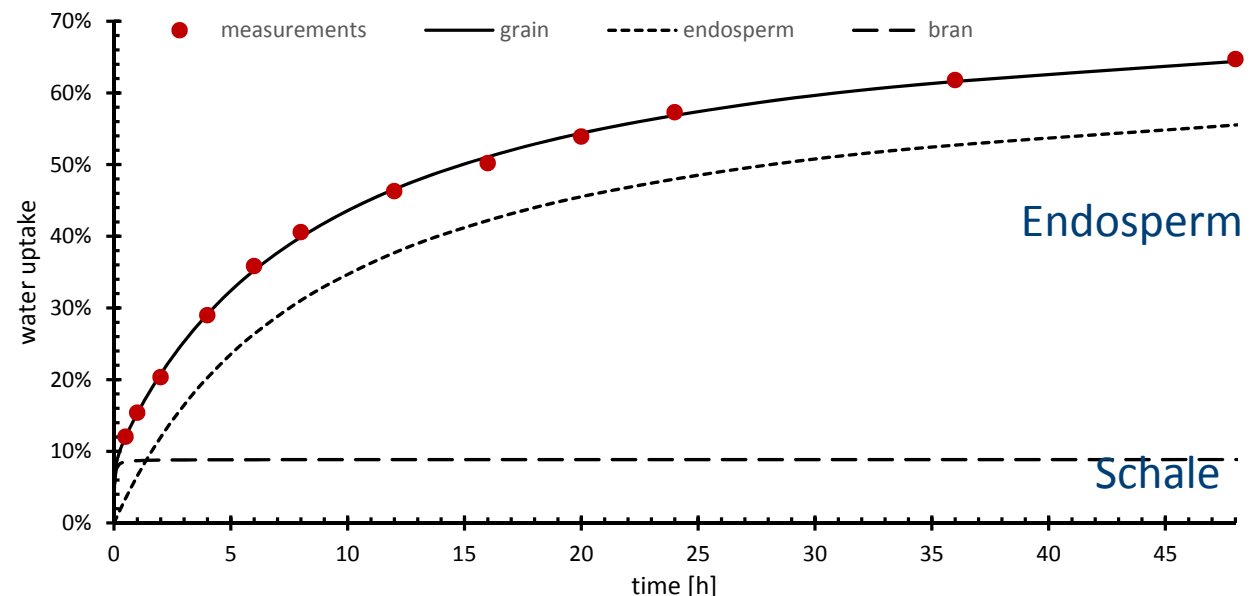
Suchen nach optimalen Messpunkten (PSO)





Wasseraufnahme von Weizenkörnern mit erweitertem Peleg-Model

$$M_{grain} = \frac{t}{p_{1b} + p_{2b}t} + \frac{t}{p_{1e} + p_{2e}t}$$



O. Paquet-Durand, V. Zettel, R. Kohlus, B. Hitzmann, Optimal design of experiments for the water sorption process of wheat grains using a modified Peleg model, *Journal of Food Engineering*, 165(2015)166-171



Optimale Versuchsplanung für Wasseraufnahme von Weizenkörnern

Erweitertes Peleg-Model $m = m_0 + \frac{t}{p_{1b} + p_{2b}t} + \frac{t}{p_{1e} + p_{2e}t}$

Die Fisher-Informations-Matrix des erweiterten Peleg-Modells

$$I(p) = \frac{1}{\sigma^2} \cdot \sum_{k=1}^N \begin{pmatrix} \frac{t_k^2}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^4} & \frac{t_k^3}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^4} & \frac{t_k^2}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^2(p_{1e} + p_{2e}t_k)^2} & \frac{t_k^3}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^2(p_{1e} + p_{2e}t_k)^2} \\ \frac{t_k^3}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^4} & \frac{t_k^4}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^4} & \frac{t_k^3}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^2(p_{1e} + p_{2e}t_k)^2} & \frac{t_k^4}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^2(p_{1e} + p_{2e}t_k)^2} \\ \frac{t_k^2}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^2(p_{1e} + p_{2e}t_k)^2} & \frac{t_k^3}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^2(p_{1e} + p_{2e}t_k)^2} & \frac{t_k^2}{(p_{1e} + p_{2e}t_k)^4} & \frac{t_k^2}{(p_{1e} + p_{2e}t_k)^4} \\ \frac{t_k^4}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^2(p_{1e} + p_{2e}t_k)^2} & \frac{t_k^2}{(p_{1b} + p_{2b}t_k)^2(p_{1e} + p_{2e}t_k)^2} & \frac{t_k^2}{(p_{1e} + p_{2e}t_k)^4} & \frac{t_k^2}{(p_{1e} + p_{2e}t_k)^4} \end{pmatrix}$$

Parameterschätzfehlerkovarianz-Matrix = $I(p)^{-1}$

O. Paquet-Durand, V. Zettel, R. Kohlus, B. Hitzmann, Optimal design of experiments for the water sorption process of wheat grains using a modified Peleg model, *Journal of Food Engineering*, 165(2015)166-171



Wasseraufnahme von Weizenkörnern mit erweitertem Peleg-Model

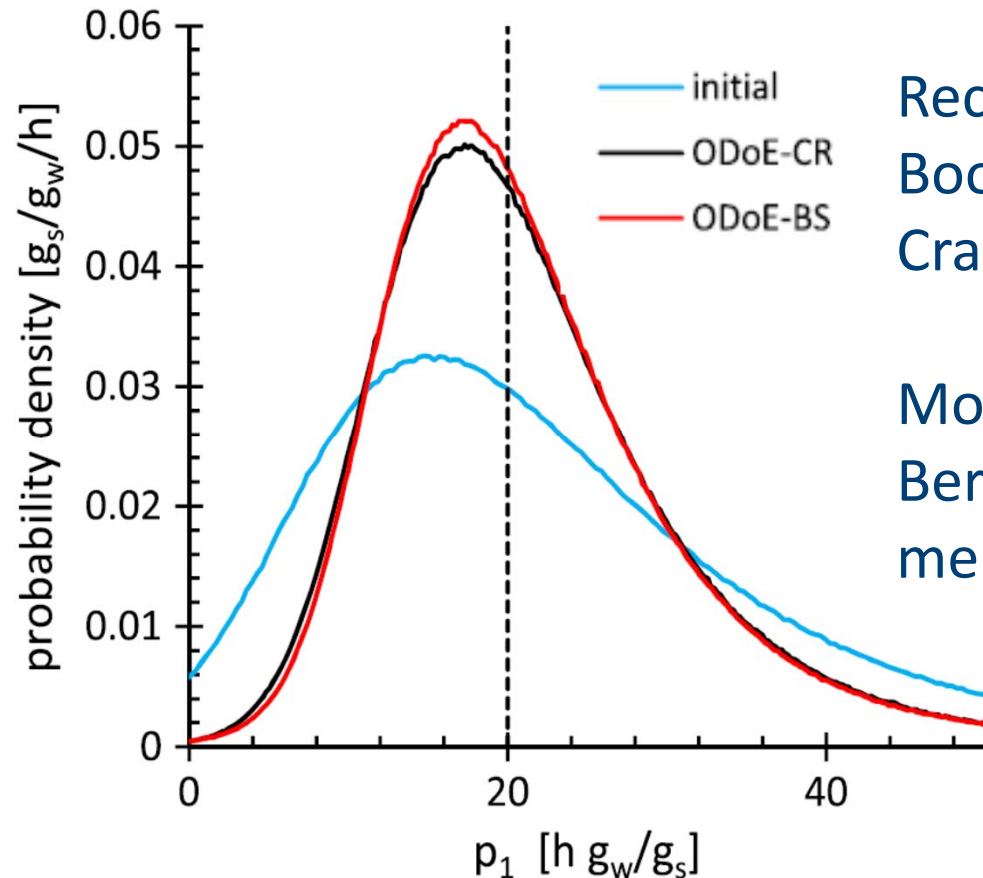
$$M_{grain} = \frac{t}{p_{1b} + p_{2b}t} + \frac{t}{p_{1e} + p_{2e}t}$$

| Parameter | Anfangswerte | | oDoE (CR1b) | |
|--------------------|--------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | Werte | Fehler | Werte | Fehler |
| $p_{1b} [g_W/g_S]$ | 0,207 | ± 0,89 (431 %) | 0,189 | ± 0.047 (25 %) |
| $p_{2b} [g_W/g_S]$ | 11,3 | ± 1,7 (15 %) | 11,4 | ± 0.40 (3,5 %) |
| $p_{1e} [g_W/g_S]$ | 13,7 | ± 1,0 (7,4 %) | 11,8 | ± 0.34 (2,9 %) |
| $p_{2e} [g_W/g_S]$ | 1,51 | ± 0,023 (1,6 %) | 1,54 | ± 0.019 (1,2 %) |

O. Paquet-Durand, V. Zettel, R. Kohlus, B. Hitzmann, Optimal design of experiments for the water sorption process of wheat grains using a modified Peleg model, *Journal of Food Engineering*, 165(2015)166-171



A bootstrap-based method for optimal design of experiments



Rechenzeit für Optimierung
Bootstrap: 25 min
Cramer-Rao: 5 s

Monte-Carlo-Simulationen zur
Berechnung der Verteilung
mehrere Stunden

O. Paquet-Durand, V. Zettel, B. Hitzmann, A bootstrap based method for optimal design of experiments, *Journal of Chemometrics* 30(2016)567 - 574

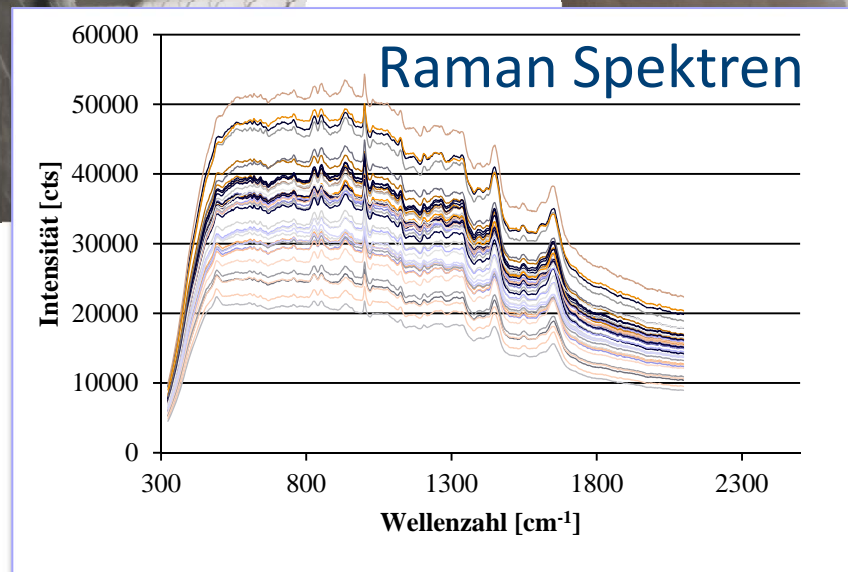


UNIVERSITÄT
HOHENHEIM

Raman-Spektren zur Laktat- und pH- Bestimmung für die Fleischzerlegung



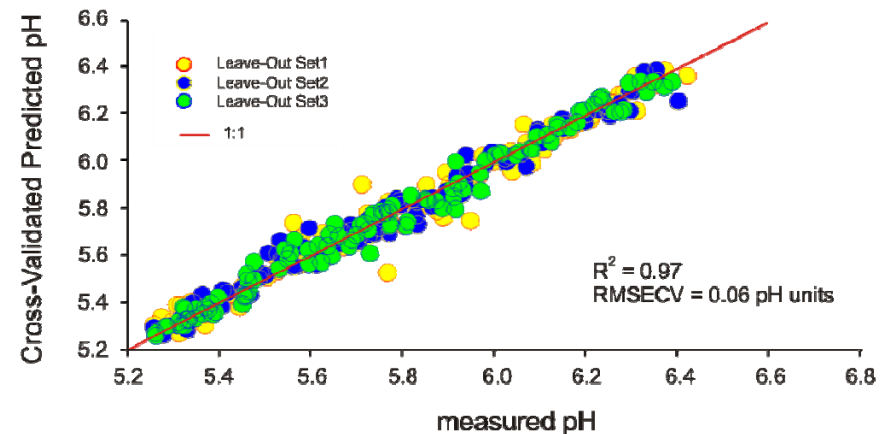
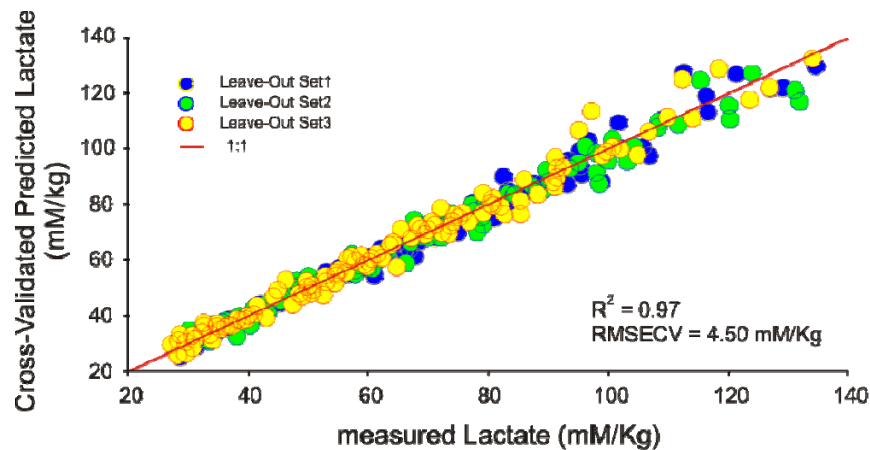
Zusammenarbeit mit
der Arbeitsgruppe
Heiner Schmidt, Uni
Bayreuth



M. Nache, J. Hinrichs, R. Scheier, H. Schmidt and B. Hitzmann, Prediction of the pH as indicator of porcine meat quality using Raman spectroscopy and metaheuristics, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 154(2016)45-51



Vergleich von: PLSR, GA/AK+PLSR, LWR (Fehler am kleinsten)



Fehler der
Cross-Validierung

$$\Delta c_{\text{Lac}} = 4,5 \text{ mM/kg}$$
$$\Delta \text{pH} = 0,06 \text{ units}$$

$$R^2 = 0,97$$

M. Nache, R. Scheier, H. Schmidt, B. Hitzmann, Non-invasive lactate- and pH-monitoring in porcine meat using Raman spectroscopy and chemometrics, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 142(2015)197-205

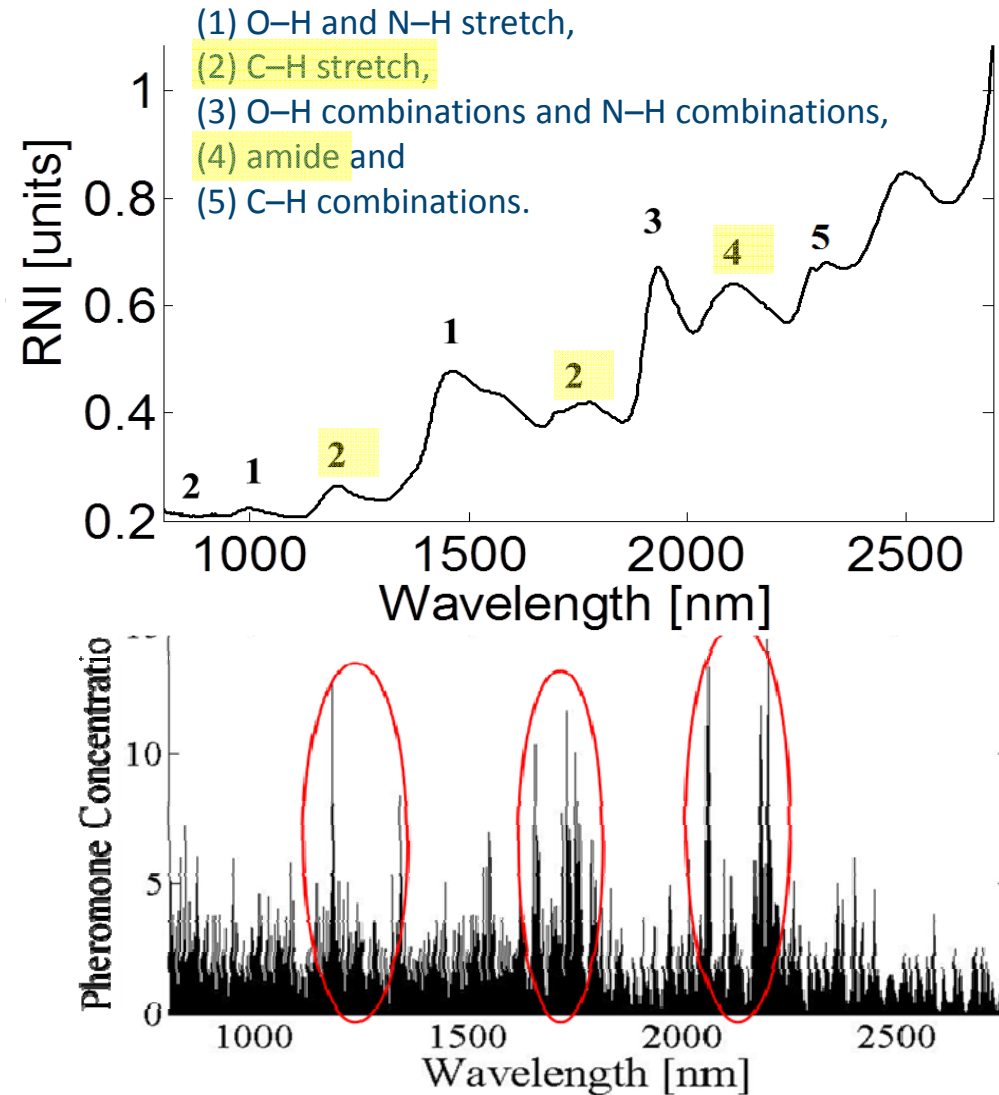
NIR-Spektroskopie zur Charakterisierung von Mehl

Ameisenkolonie-
Algorithmus zur Selektion
von Wellenlängen

Fehler der Proteinbestimmung

$$\Delta c_p = 0,55 \text{ g}$$

$$R^2 = 0,91$$



C. Ranzan, L.F. Trierweiler, B. Hitzmann and J.O. Trierweiler, NIR pre-selection data using modified Changeable Size Moving Window Partial Least Squares and Pure Spectral Chemometrical Modeling with Ant Colony Optimization for wheat flour characterization, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 142(2015)78-86



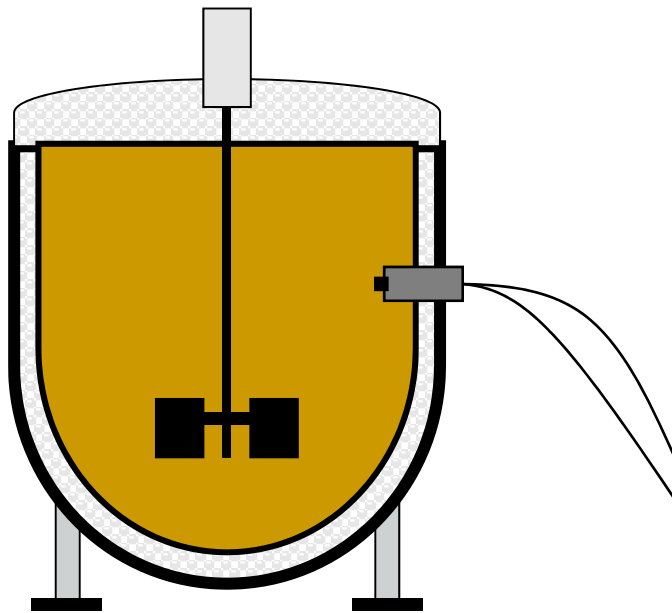
Bestimmung der Nährwerte von Mehl aus Fluoreszenz-Spektren

| Parameter | RMSE _{CV} | R ² _{CV} |
|---------------------------|--------------------|------------------------------|
| Energie [kJ/100 g] | 7,6 | 0,96 |
| Feuchte [%] | 0,094 | 0,98 |
| Protein [%] | 0,23 | 0,93 |
| Fett [%] | 0,035 | 0,99 |
| Kohlenhydrate [%] | 0,40 | 0,99 |
| Saccharose [%] | 0,076 | 0,88 |
| Mineralstoffe [%] | 0,0009 | 0,95 |
| Gesättigte Fettsäuren [%] | 0,007 | 0,99 |

M. H. Ahmad, M. Nache, J. Hinrichs and B. Hitzmann, Estimation of the nutritional parameters of various types of wheat flours using fluorescence spectroscopy and chemometrics, *International Journal of Food Science and Technology*, 51(2016)1186-1194



Überwachung der Bäckerhefe Kultivierung basierend auf Fluoreszenzmessungen



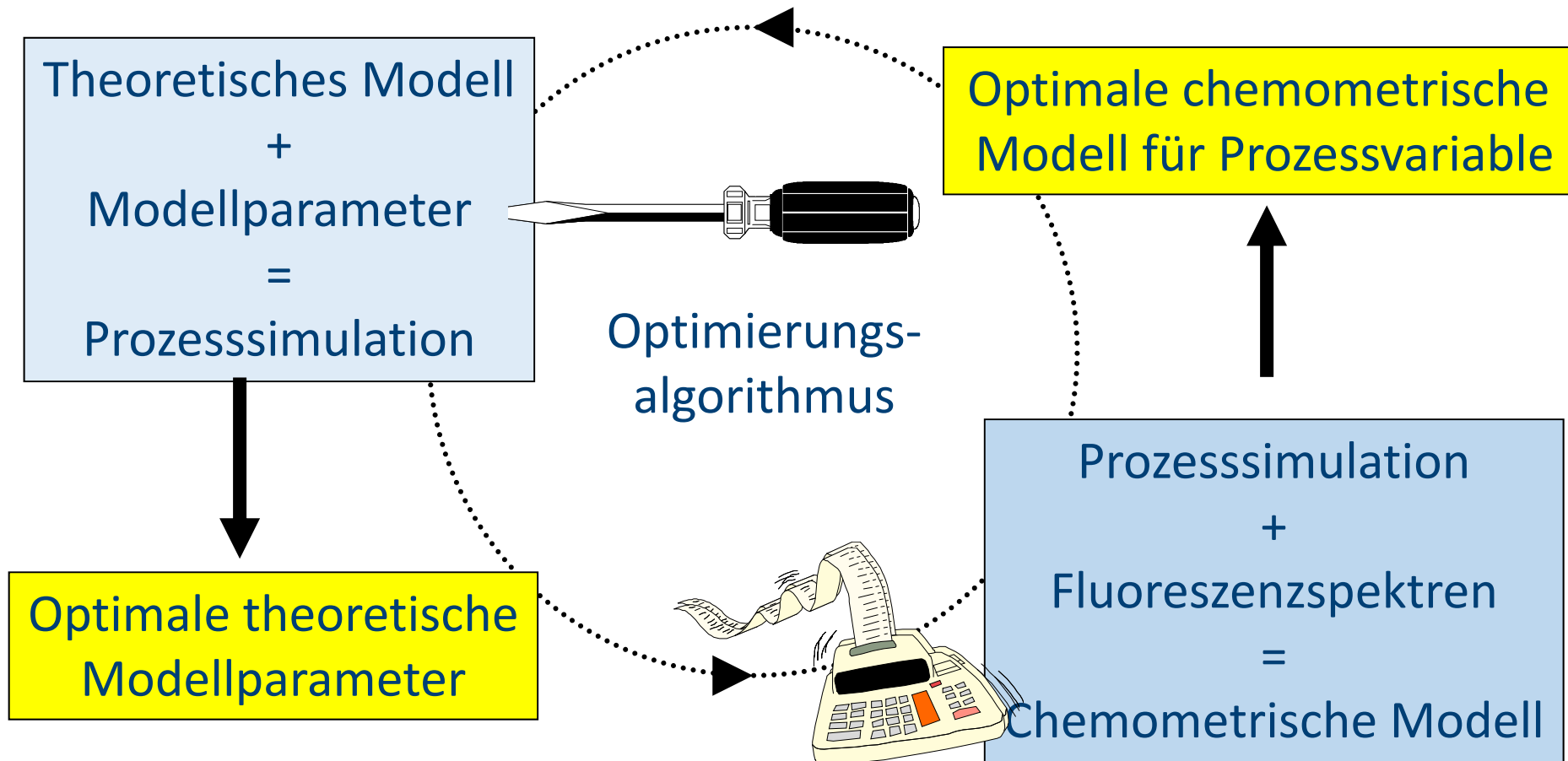
Kultivierung von Bäckerhefe



Fluoreszenzmessung



Modellbasierte Kalibration





Digitaler Zwilling der Bäckerhefe-Kultivierung

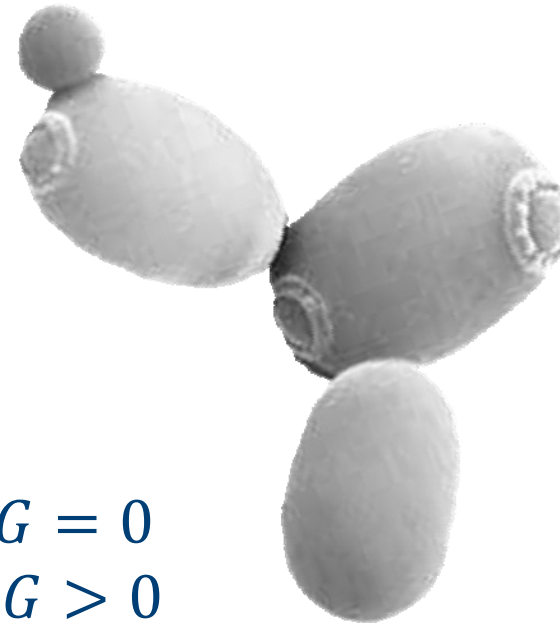
$$\frac{dX}{dt} = \mu_G X + \mu_E X$$

$$\frac{dG}{dt} = -\frac{\mu_G X}{Y_{X/G}}$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\mu_G X}{Y_{E/G}} - \frac{\mu_E X}{Y_{X/E}}$$

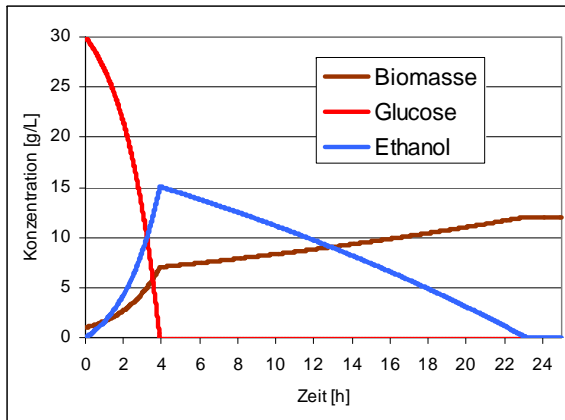
$$\mu_G = \begin{cases} 0 & G = 0 \\ \mu_{G0} & G > 0 \end{cases}$$

$$\mu_E = \begin{cases} 0 & G > 0 \text{ or } E = 0 \\ \mu_{E0} & G = 0 \text{ and } E > 0 \end{cases}$$



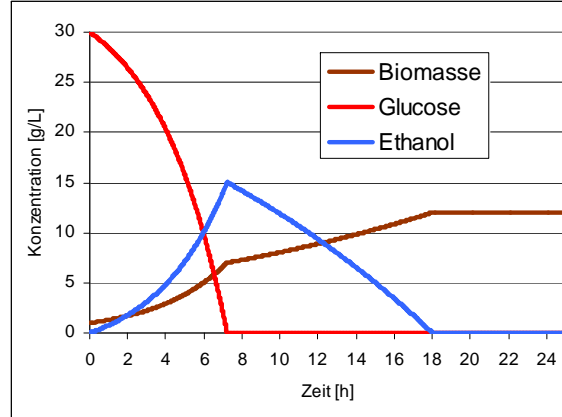


Unterschiedliche Simulationismuster der Prozessvariablen



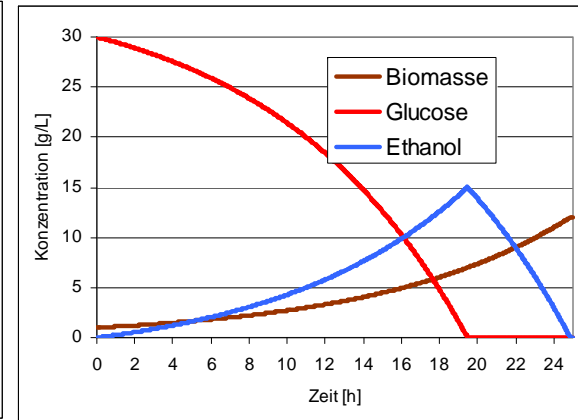
$$\mu_{G0} = 0,50 \text{ 1/h}$$

$$\mu_{E0} = 0,03 \text{ 1/h}$$



$$\mu_{G0} = 0,27 \text{ 1/h}$$

$$\mu_{E0} = 0,05 \text{ 1/h}$$



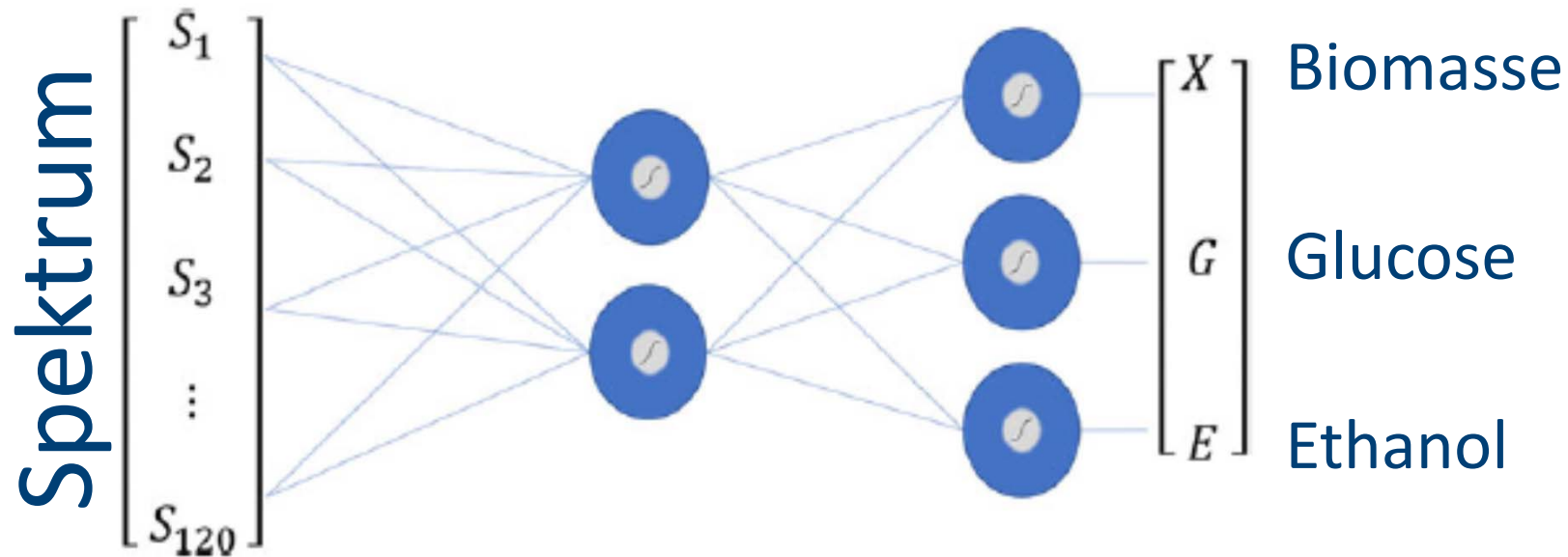
$$\mu_{G0} = 0,1 \text{ 1/h}$$

$$\mu_{E0} = 0,1 \text{ 1/h}$$

Während der Optimierung man versucht einen Match zwischen Fluoreszenz- und simulierten Daten zu finden



Modellbasierte Kalibration / Training von neuronalen Netzwerken



Anzahl von Parametern: $121 \cdot 2 + 3 \cdot 3 = 251$

Daten von drei unterschiedlichen Batch-Kultivierungen wurden genutzt

O. Paquet-Durand, S. Assawarajuwan, B. Hitzmann, Artificial neural network for bioprocess monitoring based on fluorescence measurements: Training without offline measurements, *Engineering in Life Science*, 17(2017)874-880



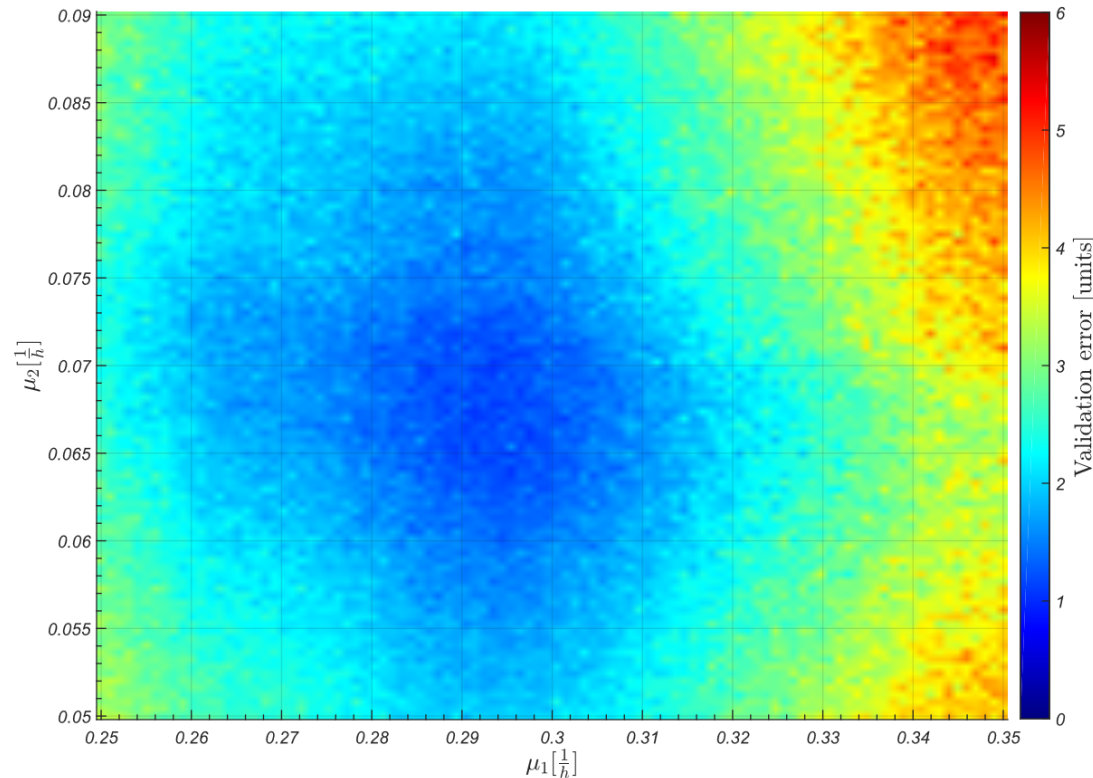
Validationsfehler des trainierten Netzwerks

Vorwissen:

$$Y_{X/G} = 0.15 g_X / g_G,$$

$$Y_{E/G} = 0.45 g_E / g_G,$$

$$Y_{X/E} = 0.55 g_X / g_E$$

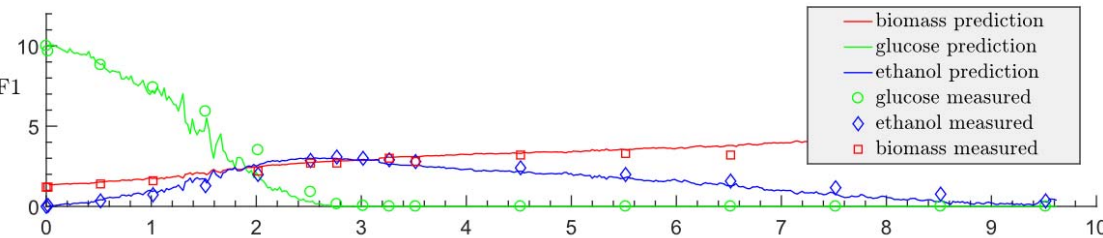


O. Paquet-Durand, S. Assawarajuwan, B. Hitzmann, Artificial neural network for bioprocess monitoring based on fluorescence measurements: Training without offline measurements, *Engineering in Life Science*, 17(2017)874-880

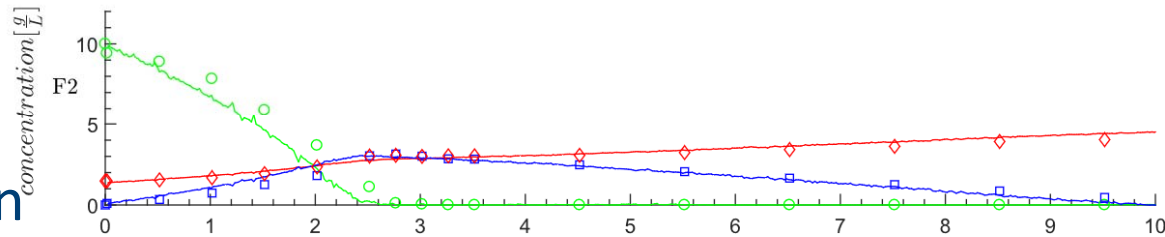


Ergebnisse des modellbasierten Trainings

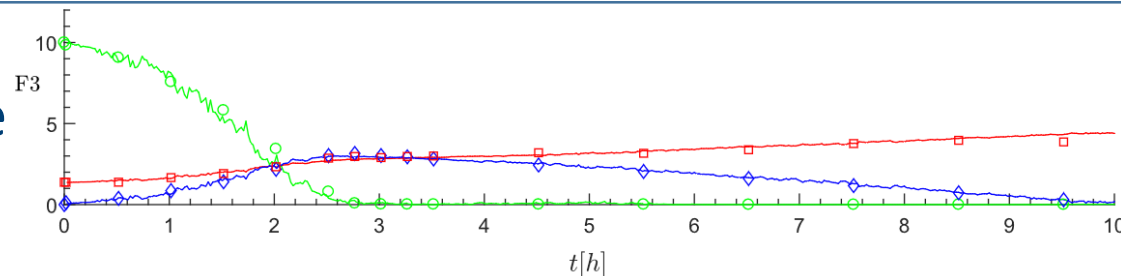
Vorhersage



Modell-
basierte
Kalibration



Vorhersage



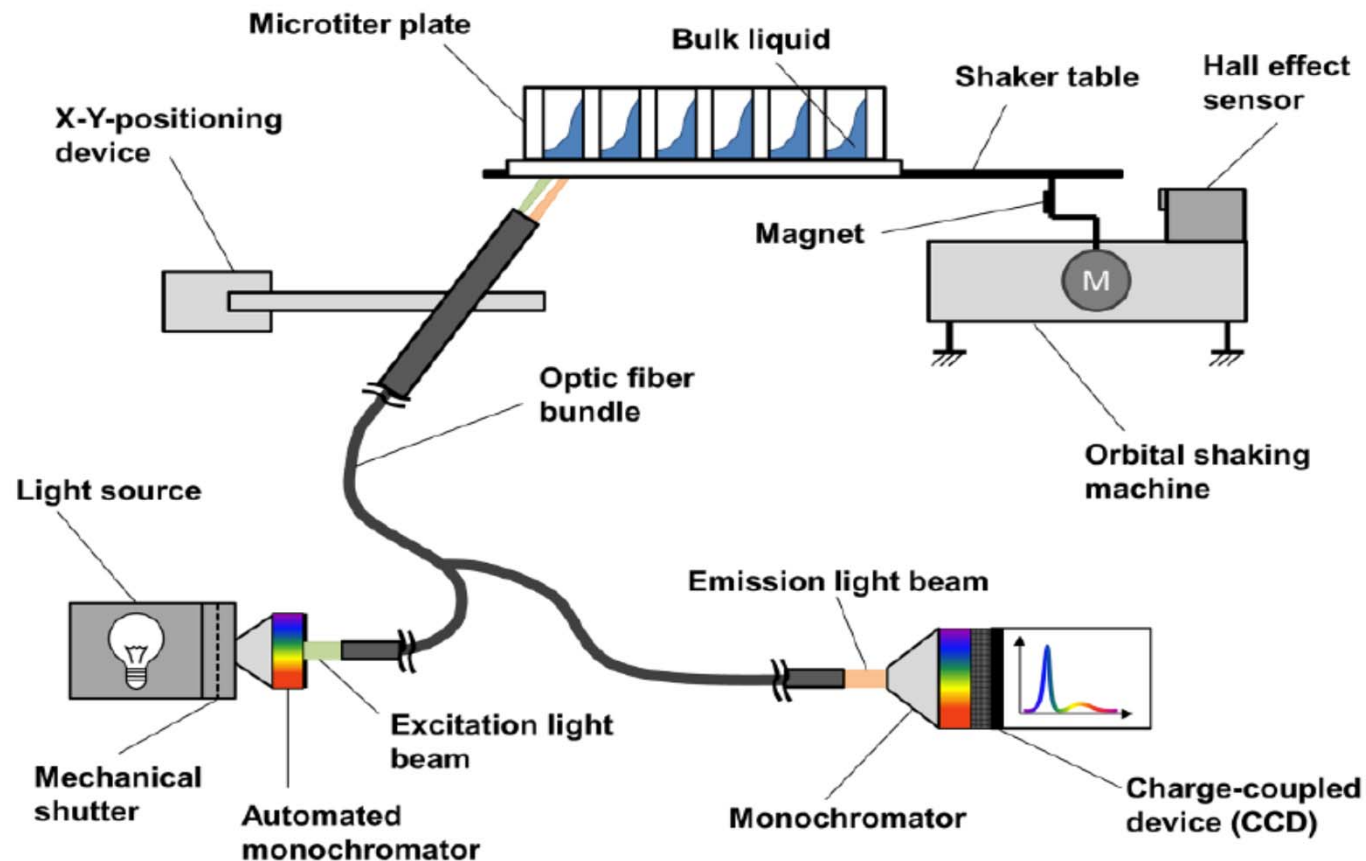
Nur ein
Modell für
beide
diauxischen
Wachstums-
phasen;

mitt. Fehler
< 6,5 %

O. Paquet-Durand, S. Assawarajuwan, B. Hitzmann, Artificial neural network for bioprocess monitoring based on fluorescence measurements: Training without offline measurements, *Engineering in Life Science*, 17(2017)874-880



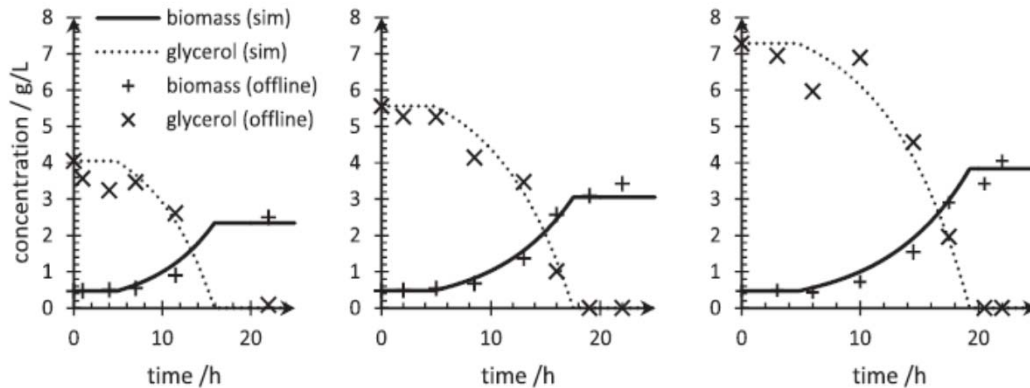
Auswertung von Kultivierungen in Mikrotiterplatten



T. Ladner, M. Beckers, B. Hitzmann, J. Büchs, Parallel online multi-wavelength (2D) fluorescence spectroscopy in each well of a continuously shaken microtiter plate, *Biotechnol. J.* 11(2016)1605–1616

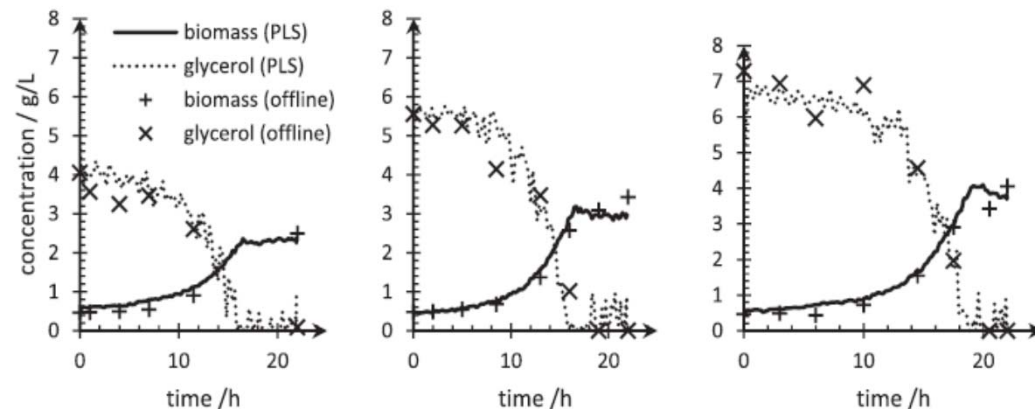


Auswertung von Kultivierungen in Mikrotiterplatten



Simulierte und gemessene
Werte von Glycerin und
Biomasse

Vorhergesagte und
gemessene Werte von
Glycerin und Biomasse



O. Paquet-Durand, T. Ladner, J. Büchs, B. Hitzmann, Calibration of a chemometric model by using a mathematical process model instead of offline measurements in case of a *H. polymorpha* cultivation, *Chemometrics and Intelligent Laboratory System* 171(2017)74-79



Auswertung von Kultivierungen in Mikrotiterplatten

| Methode | Substanz | RMSE (Simulation) | RMSE (PLS Regression) |
|-----------|----------|----------------------|--------------------------|
| MB | Glyzerin | 0,42 g/L (5,3 %) | 0,79 g/L (9,8 %) |
| | Biomasse | 0,20 g/L (4,9 %) | 0,19 g/L (4,7 %) |
| Klassisch | Glyzerin | 0,42 g/L (5,2 %) | 1,12 g/L (14 %) |
| | Biomasse | 0,20 g/L (4,9 %) | 0,19 g/L (4,7 %) |

O. Paquet-Durand, T. Ladner, J. Büchs, B. Hitzmann, Calibration of a chemometric model by using a mathematical process model instead of offline measurements in case of a *H. polymorpha* cultivation, *Chemometrics and Intelligent Laboratory System* 171(2017)74-79



Digitaler Zwilling von Teiglingen während der Gare

$$\frac{dR}{dt} = \frac{3n_B R_g T}{16\pi R^2 \mu} - \frac{p_T R}{4\mu} - \frac{\gamma}{2\mu}$$

$$\frac{dn_B}{dt} = 4D\pi R(C_T - C^*)$$

$$\frac{dC_T}{dt} = q_{CO_2}(T)X - 4N_b D\pi R(C_T - C^*)$$

$$C^* = \frac{p_T}{H} \left(1 - \left[\frac{R_0}{R} \right]^3 \right) + \frac{8\gamma}{HR} \left\{ 1 - \left[\frac{R_0}{R} \right]^2 \right\}$$

Variablen

| | |
|-------|---|
| R | Blasenradius |
| n_B | Molzahl aller Teilchen _{Blase} |
| C_T | CO ₂ -Teigkonzentration |
| t | Zeit |

Parameter

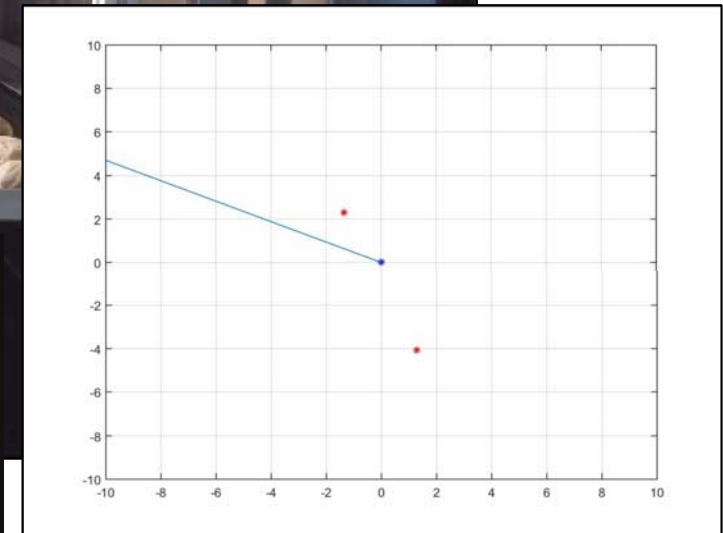
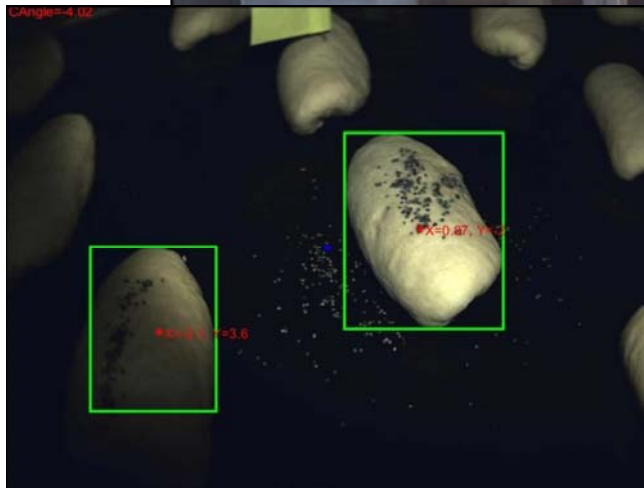
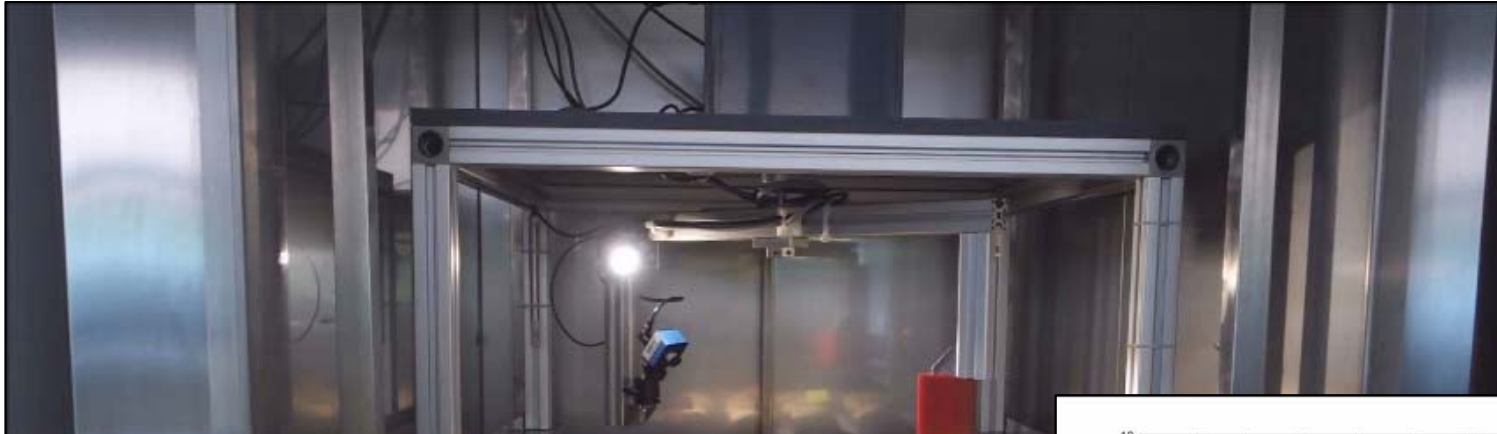
| | |
|------------|---------------------------------------|
| R_g | allgemeine Gaskonstante |
| T | Temperatur |
| μ | Viskosität |
| p_T | Druck im Teig |
| γ | Oberflächenspannung |
| D | Diffusionskoeffizient CO ₂ |
| C^* | CO ₂ -Grenzkonzentration |
| q_{CO_2} | spez. CO ₂ Produktionsrate |
| H | Henry-Konstante |
| X | Biomasse |
| k_L | Massentransportkoeffizient |

M. Stanke, V. Zettel, S. Schütze, B. Hitzmann, Measurement and mathematical modeling of the relative volume of wheat dough during proofing, *Journal of Food Engineering* 131(2014)58-64



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM

Überwachung der Gare von Teiglingen

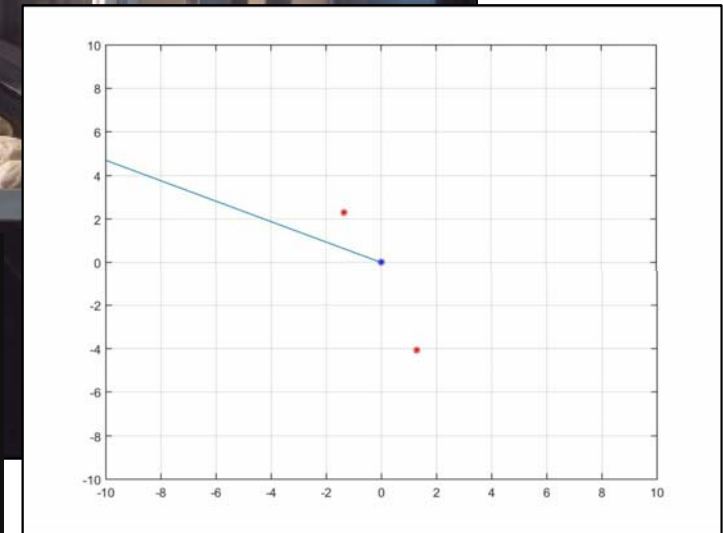
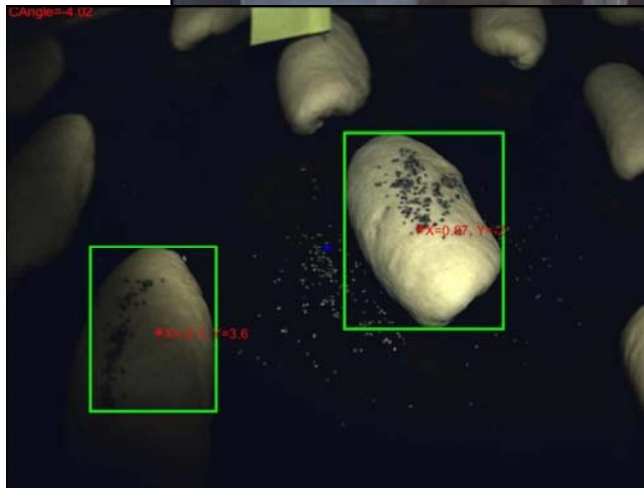
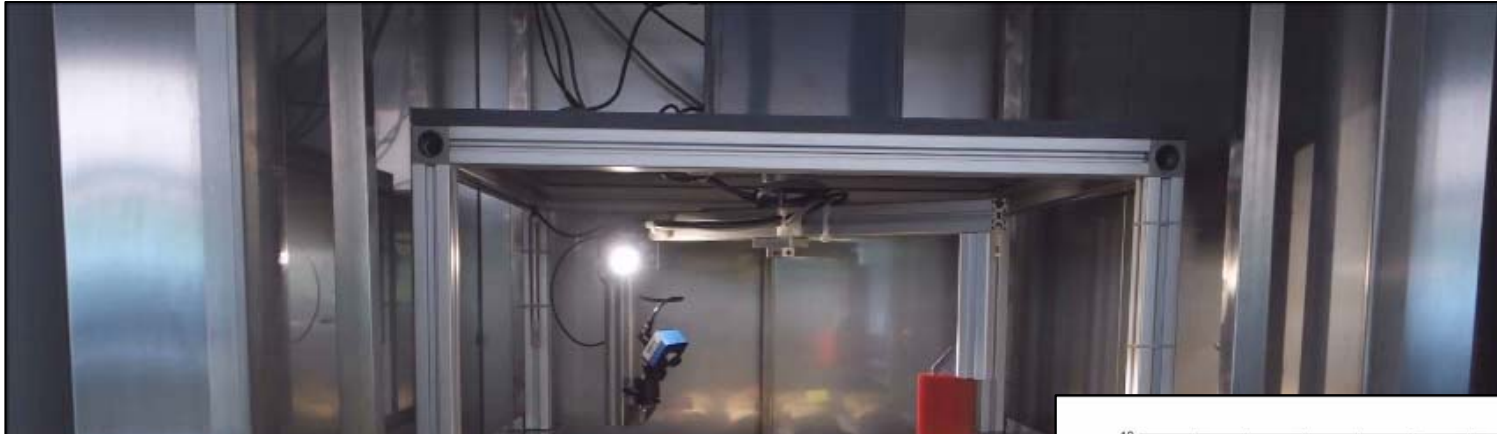


V. Zettel, O. Paquet-Durand, F. Hecker, B. Hitzmann, Image analysis and mathematical modelling for the supervision of the dough fermentation process, *AIP Conf. Proc.* 1769, 180003 (2016)1-6



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM

Überwachung der Gare von Teiglingen



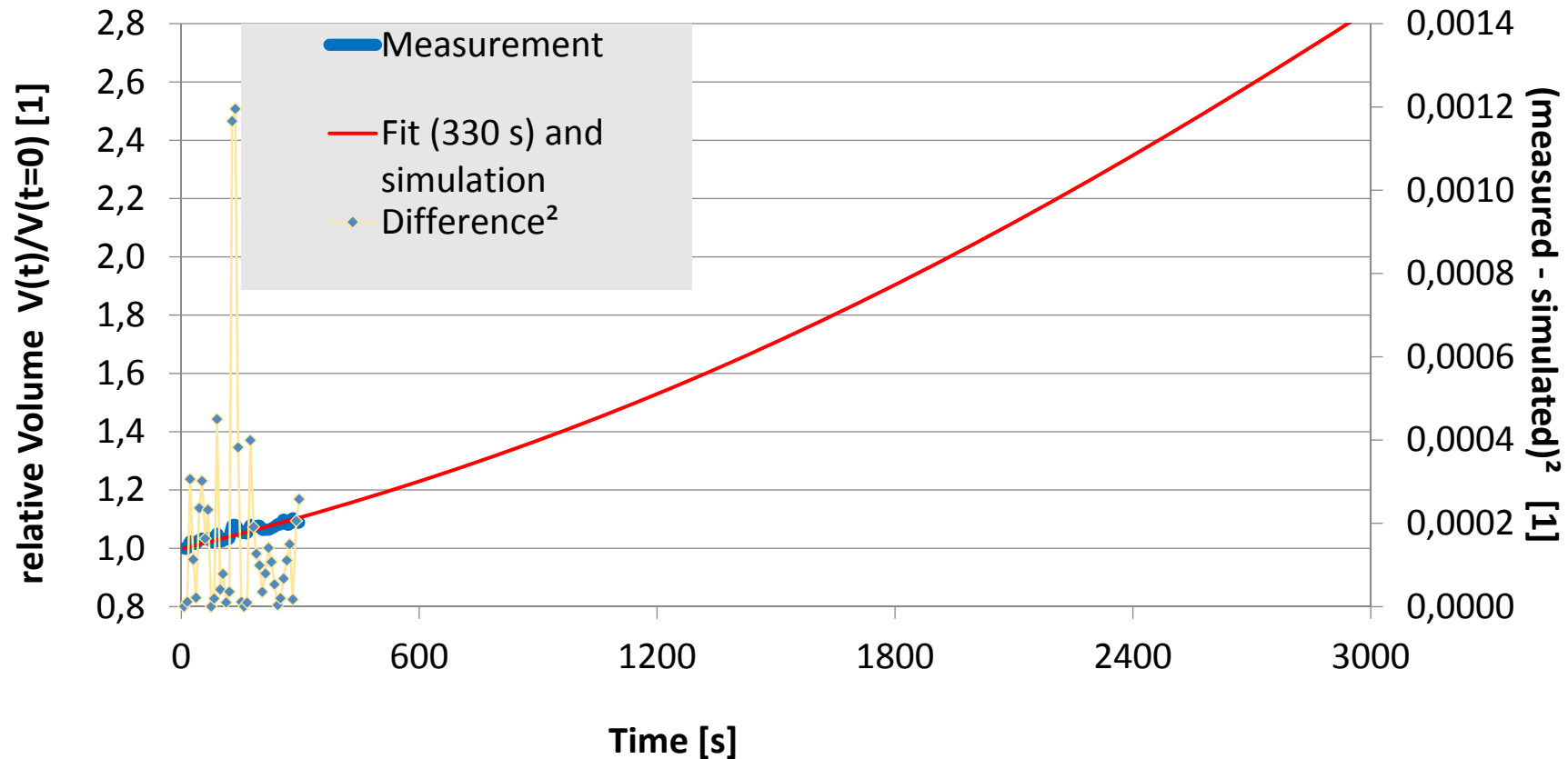
V. Zettel, O. Paquet-Durand, F. Hecker, B. Hitzmann, Image analysis and mathematical modelling for the supervision of the dough fermentation process, *AIP Conf. Proc.* 1769, 180003 (2016)1-6



Überwachung der Gare von Teiglingen

Die mittlere proz. Differenz von gemessenen und simulierten Werten:

$$\Delta(330 \text{ s}) = 2,1 \%$$



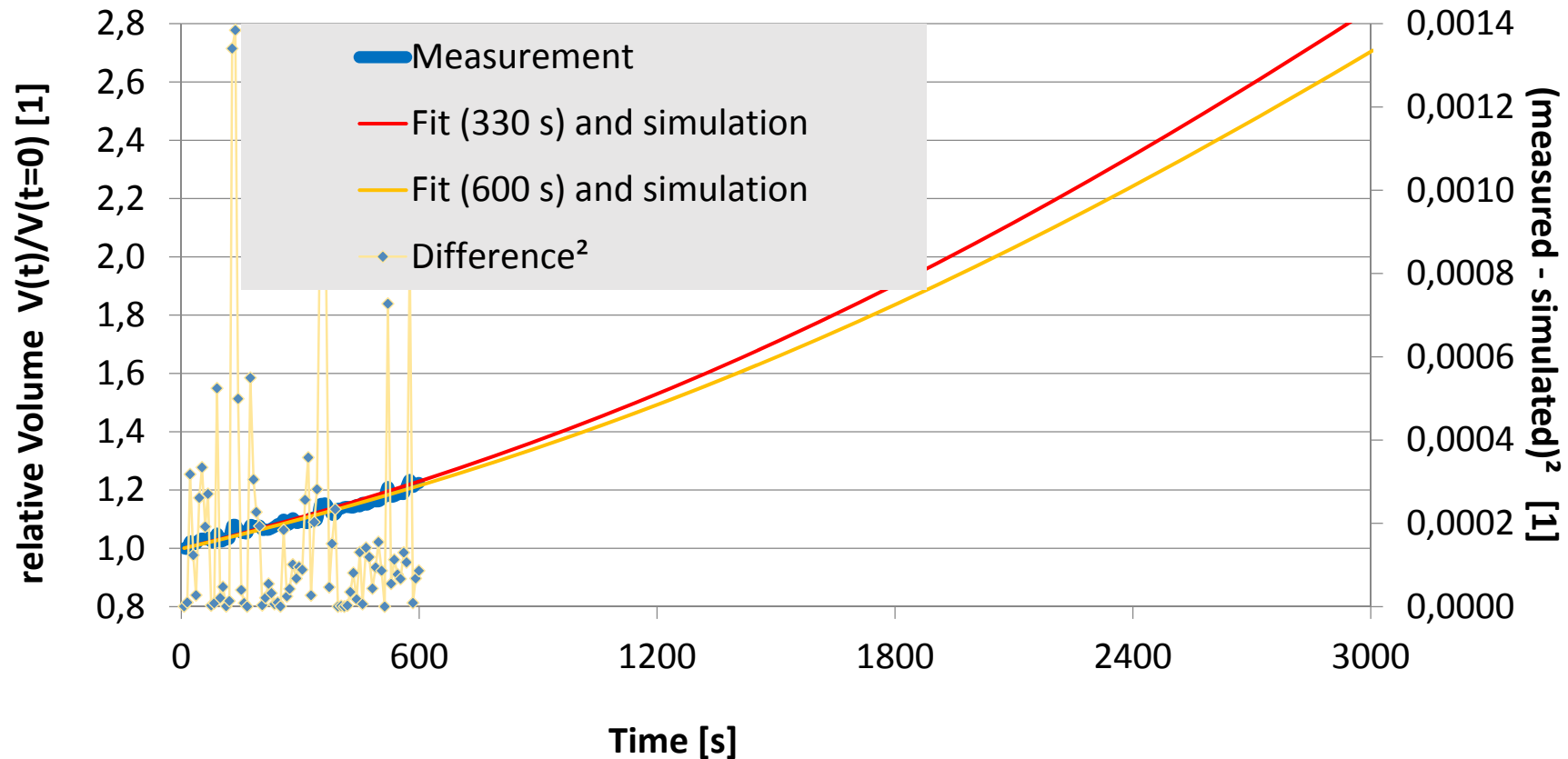
V. Zettel, O. Paquet-Durand, F. Hecker, B. Hitzmann, Image analysis and mathematical modelling for the supervision of the dough fermentation process, *AIP Conf. Proc.* 1769, 180003 (2016)1-6



Überwachung der Gare von Teiglingen

Die mittlere proz. Differenz von gemessenen und simulierten Werten:

$\Delta(330 \text{ s})=2,1 \%$, $\Delta(600 \text{ s})=1,3 \%$



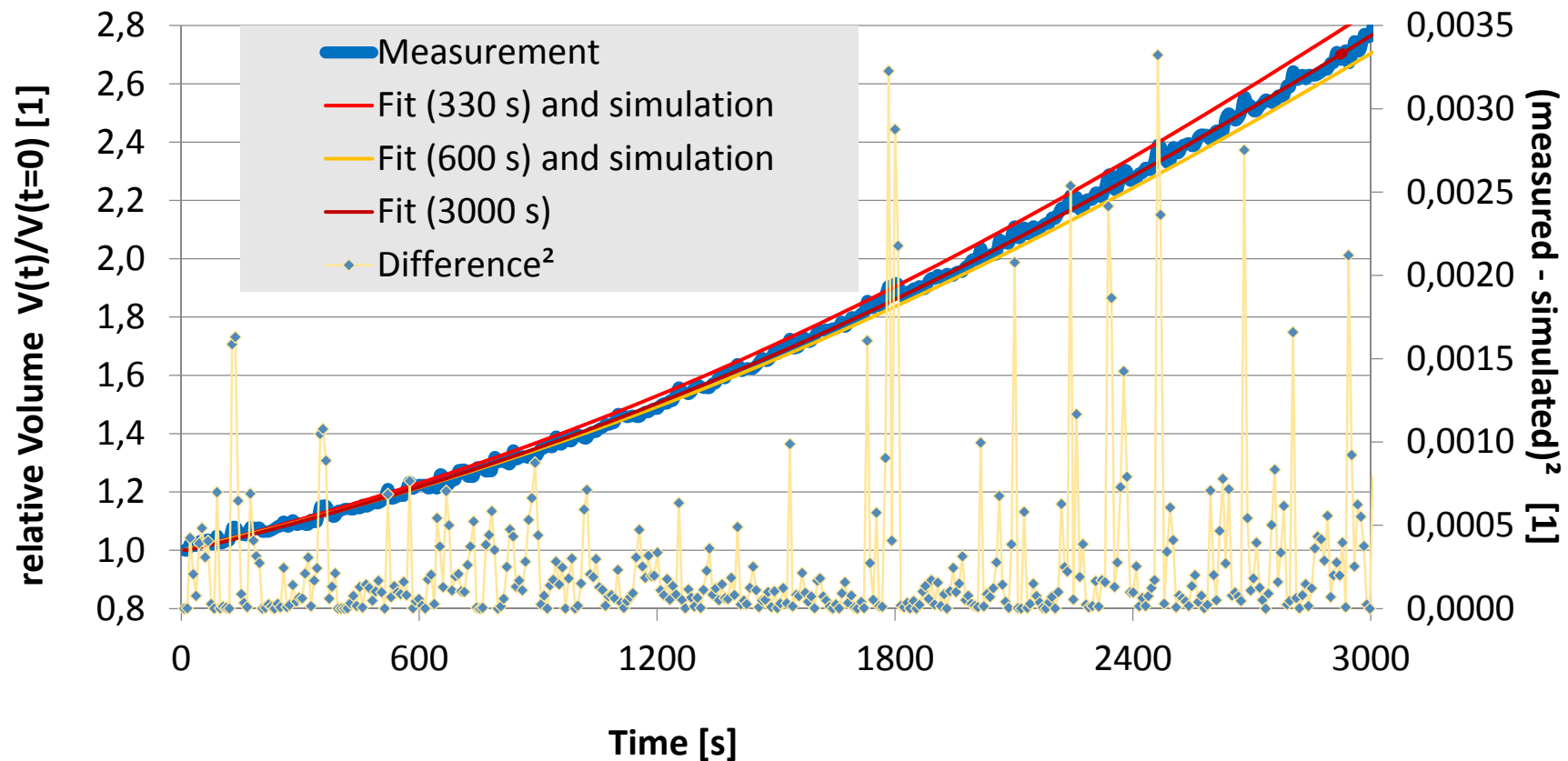
V. Zettel, O. Paquet-Durand, F. Hecker, B. Hitzmann, Image analysis and mathematical modelling for the supervision of the dough fermentation process, *AIP Conf. Proc.* 1769, 180003 (2016)1-6



Überwachung der Gare von Teiglingen

Die mittlere proz. Differenz von gemessenen und simulierten Werten:

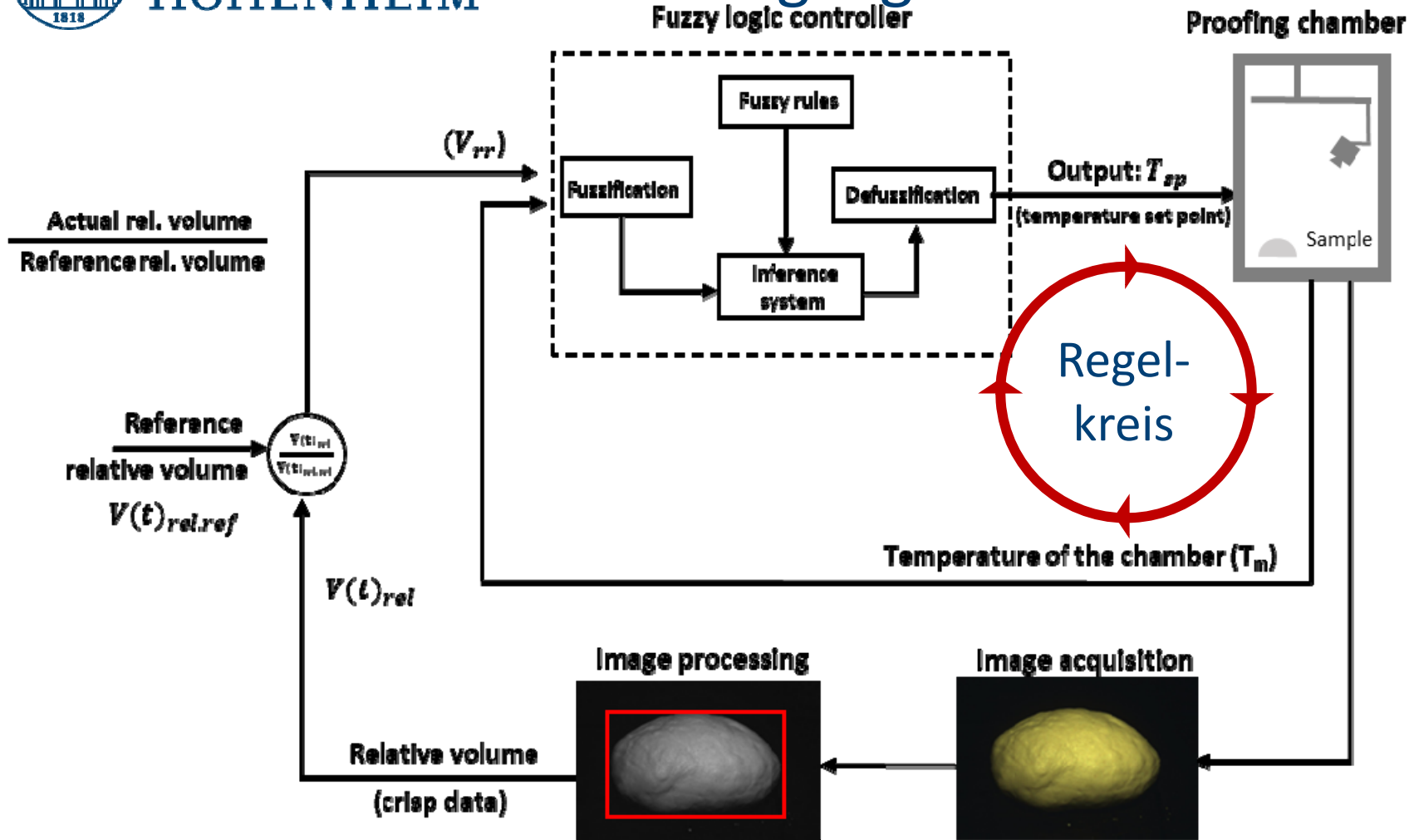
$\Delta(330 \text{ s})=2,1 \%$, $\Delta(600 \text{ s})=1,3 \%$ und $\Delta(3000 \text{ s})= 0,8 \%$



V. Zettel, O. Paquet-Durand, F. Hecker, B. Hitzmann, Image analysis and mathematical modelling for the supervision of the dough fermentation process, *AIP Conf. Proc.* 1769, 180003 (2016)1-6



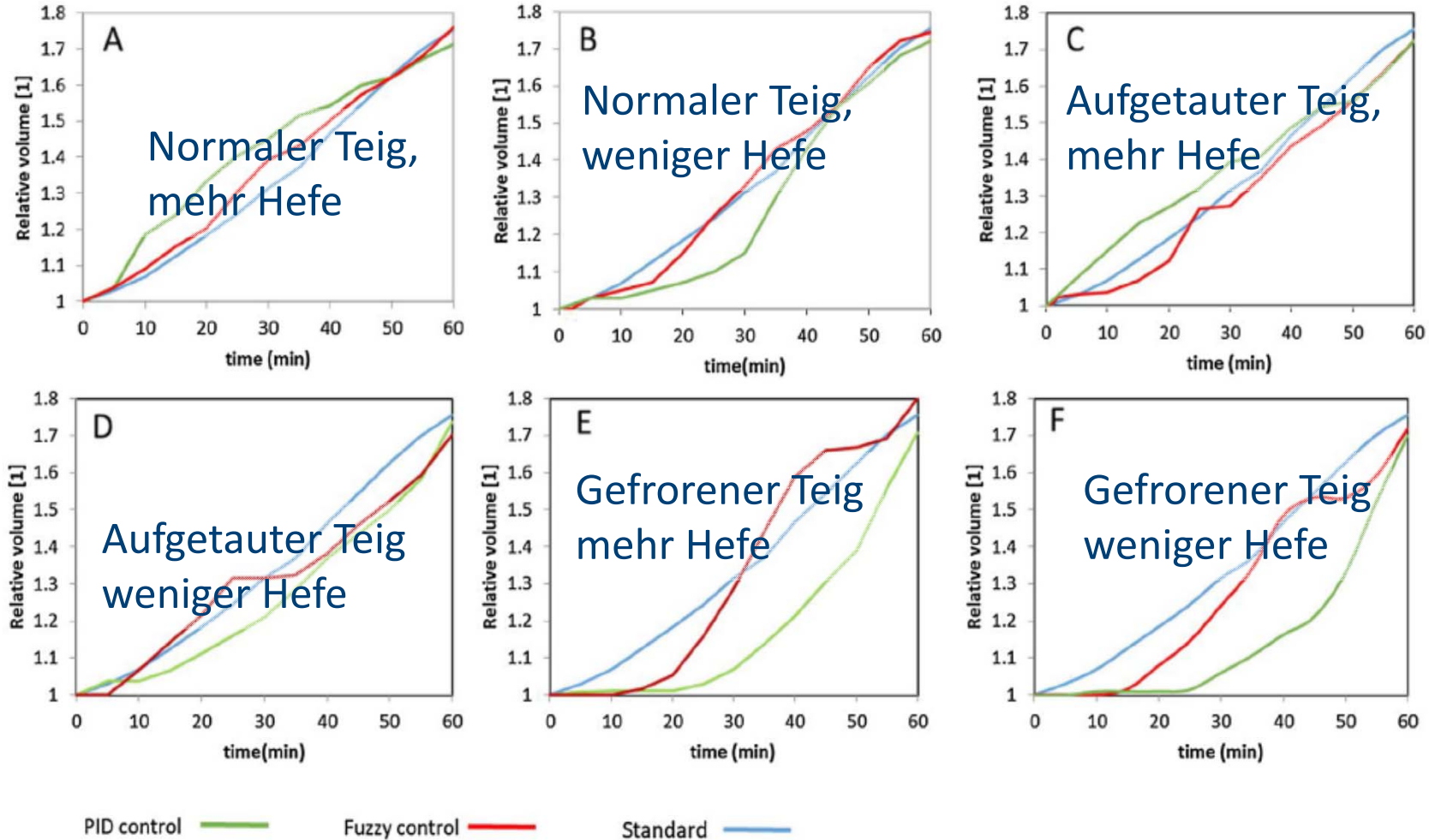
Die Fuzzy-Regelung der Gare von Teiglingen



A. Yousefi-Darani, O. Paquet-Durand, B. Hitzmann, Application of fuzzy logic control for the dough proofing process, *Food and Bioprocess Processing* 115(2019)36-46



Die Fuzzy-Regelung der Gare von Teiglingen



A. Yousefi-Darani, O. Paquet-Durand, B. Hitzmann, Application of fuzzy logic control for the dough proofing process, *Food and Bioprocess Processing* 115(2019)36-46



Die Digitalisierung ermöglicht

- die optimale **Planung** von Experimenten, wodurch Prozesse mit geringerem Aufwand besser beschrieben werden können,
- eine schnelle **Analyse** von Prozessen durch die datengetriebene Auswertung von Spektren,
- die **Reduktion** des Kalibrieraufwands von datengetriebenen Modellen mit digitalem Zwilling,
- die **Vorhersage** von Prozessverläufen und
- die Anwendung von Erfahrungswissen zur **Regelung** von Prozessen.

Ohne Digitalisierung ist eine effiziente Automatisierung von biotechnischen Prozessen kaum möglich.



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM

Vielen Dank an

S. Assawajaruwan, V. Zettel, O. Paquet-Durand,
R. Kohlus, J. Hinrichs, R. Scheier, H. Schmidt,
C. Ranzan, J.O. Trierweiler, M.A. Ahmad, T. Ladner,
M. Beckers, S. Schütze, M. Stanke, F. Hecker,
A. Yousefi-Darani, J. Büchs

und an Sie

für Ihre Aufmerksamkeit!



HPX Polymers

„Intelligente und nachhaltige
Herstellung, Verarbeitung und Nutzung
von (Bio-)Polymeren “

HPX Polymers GmbH
Dr. rer. nat. Dr.-Ing. Uwe Bölz

Inhalt

1) Einleitung

2) Übersicht – Prozessschema - Ansatz

3) Polymere

- Vergleich: bio- / erdölbasiert

- Zusammensetzung - Herstellung - Eigenschaften/Folgen

4) Prozesse

5) „Intelligente Lösungen“

6) Zusammenfassung



Einleitung

HPX Polymers

Polymere

Die Herstellung und Nutzung von (Bio-)Kunststoffen soll nachhaltig und gemäß den Anforderungen der Nutzung erfolgen.

Design

Digitalisierung

Nachfolgeprozesse

Planung

Anwendung

Recycling

biologische
Abbaubarkeit

Rohstoffliche/
werkstoffliche Nutzung

Planung

Simulation

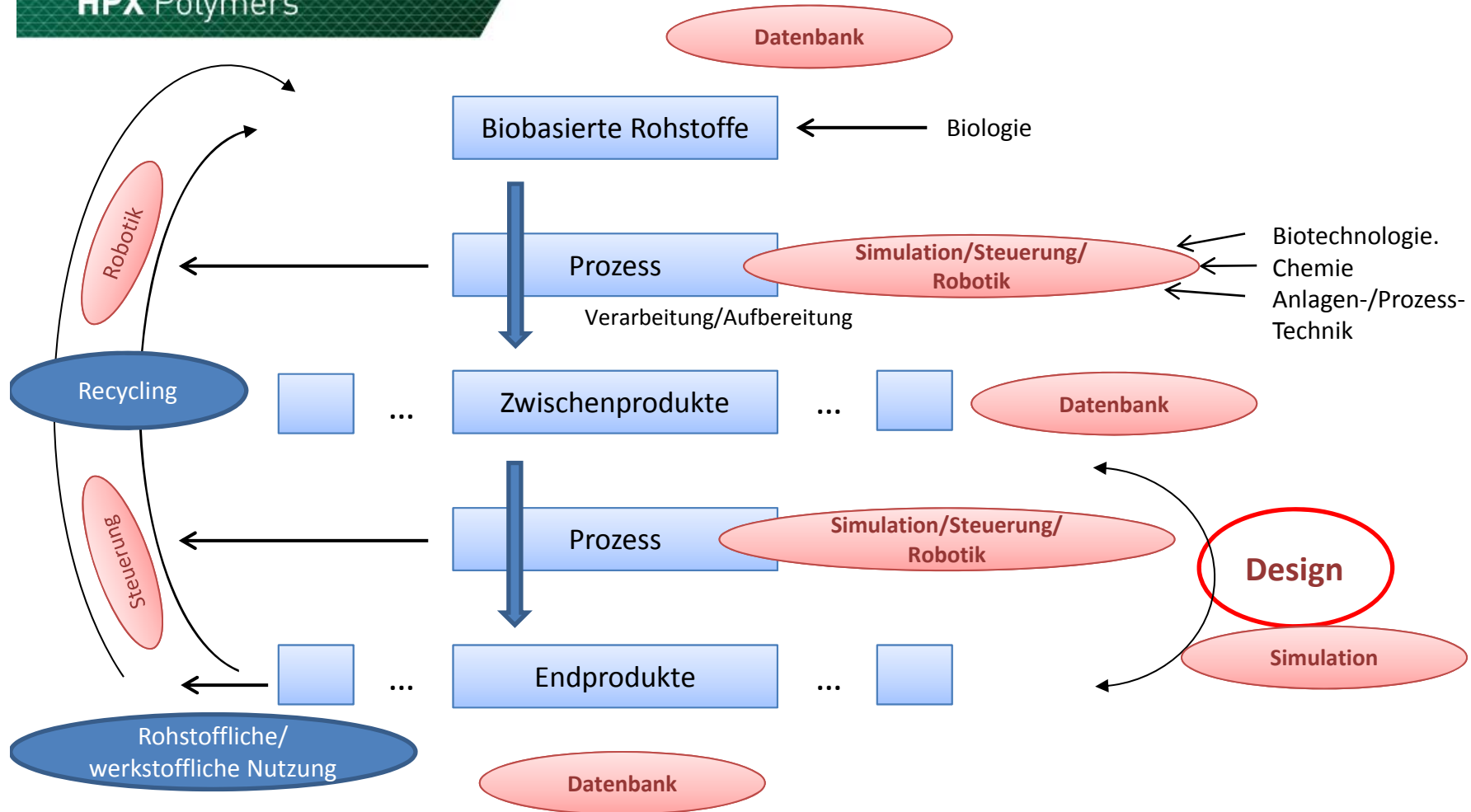
Steuerung
Überwachung

Datenbanken

Robotik

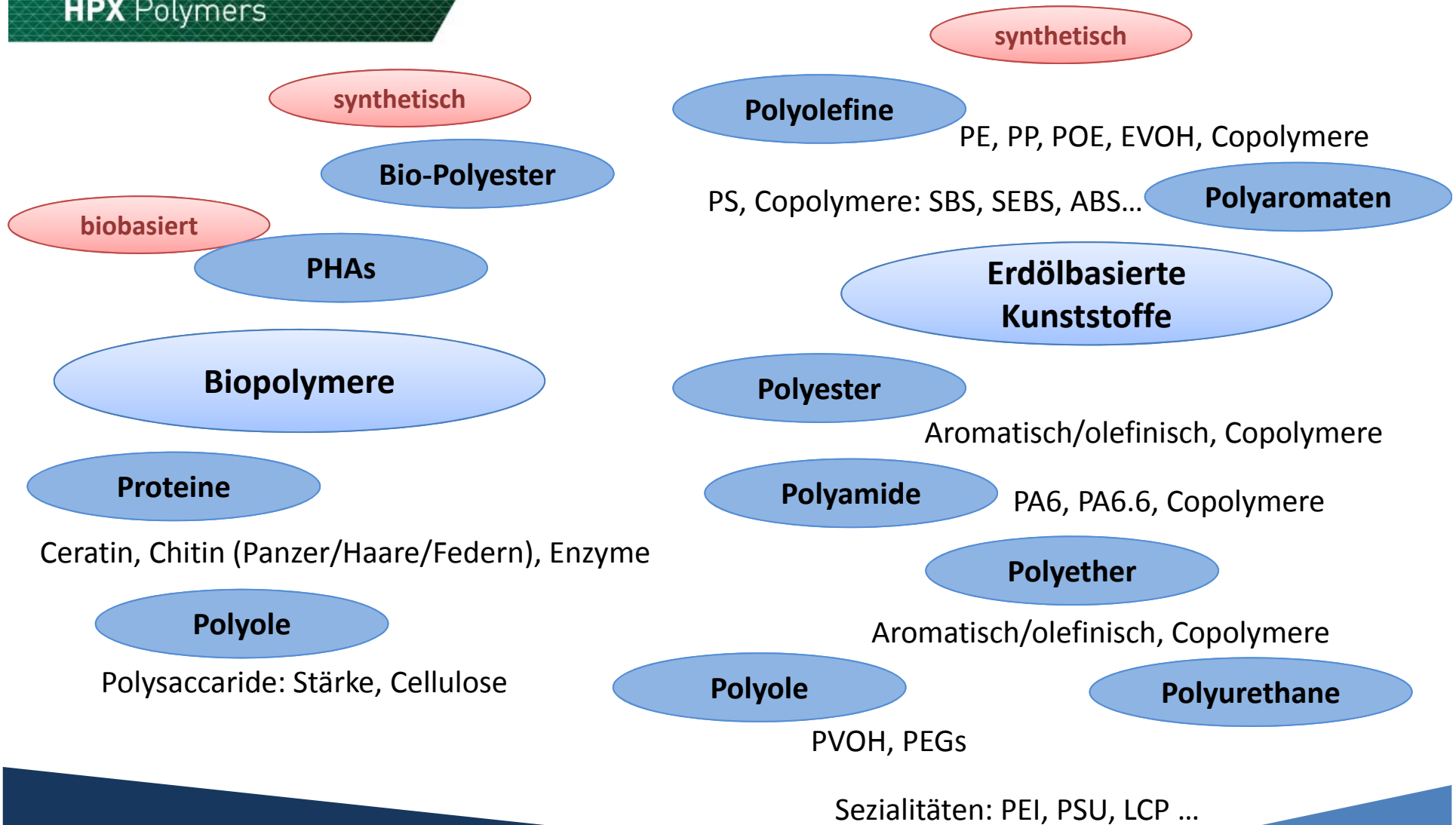
Übersicht

HPX Polymers



Vergleich

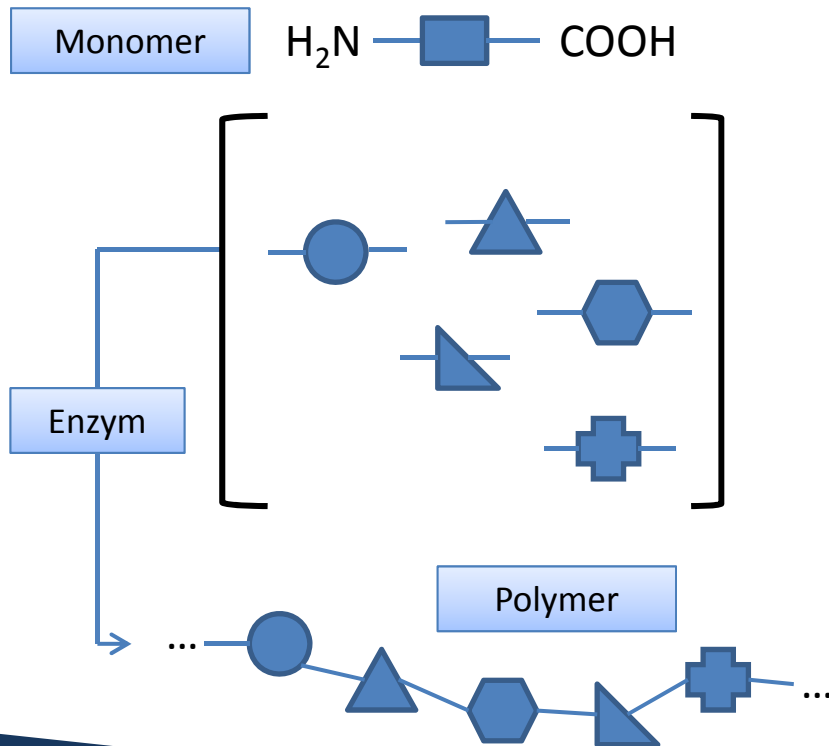
HPX Polymers



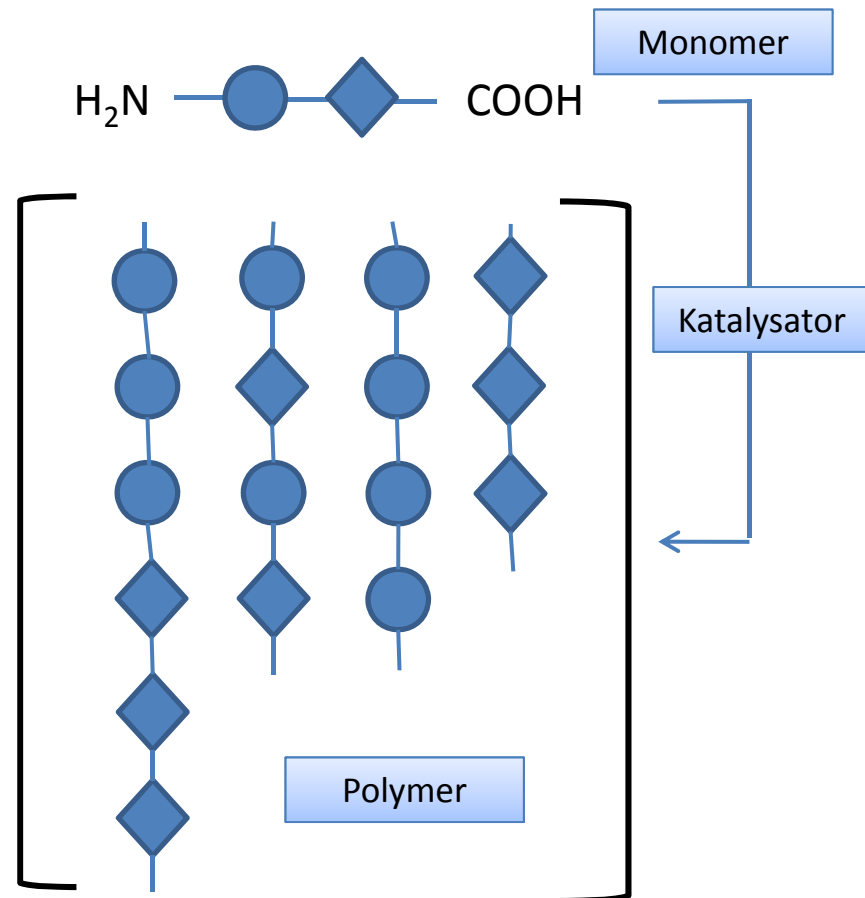
Monomere - Herstellung / Entstehung

HPX Polymers

Biopolymere
Bsp. Proteine



Erdölbasierte
Kunststoffe

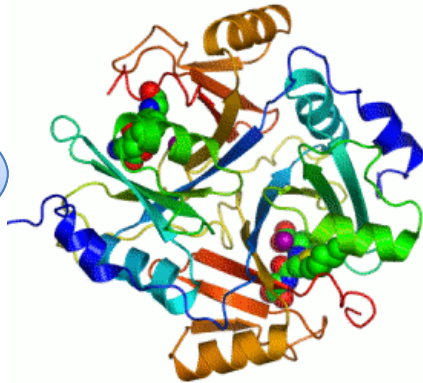


Eigenschaften und Folgen

HPX Polymers

Biopolymere

Bsp.
Enzym



- Zusammensetzung **eindeutig, daher sehr selektiv**
- 3D Struktur / Untereinheiten
- Ordnung und Geometrie vorgegeben

Erdölbasierte
Kunststoffe



- Statistische Zusammensetzung (über Einwaage)
 - wenig Ordnung = amorph bis teilkristallin (physikalischer Zwang)
- Nicht eindeutig (Länge, Zusammensetzung)

Optimierung & Anpassung

Prozessunterschiede

HPX Polymers

Bioprozesse

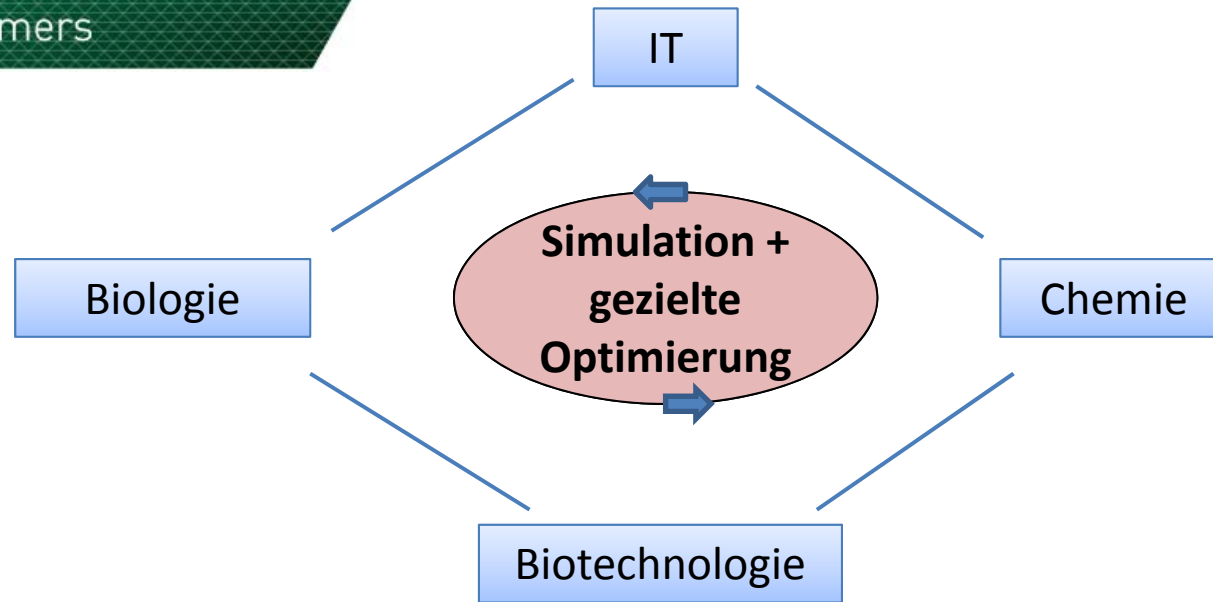
- **Optimierung „willkürlich“ = Mutation + Selektion**
- + Reaktionen laufen in engem Prozessfenster (Normaldruck/Temperaturen von 20 – 40°C)
- + Gleichgewichtsverschiebung durch perfekte Katalyse (Schlüssel - Schloss)
- + Riesenmoleküle (z. B. Kautschuk, Lignin, DNA) und komplexe Moleküle einfach zu synthetisieren
- + Keine „Reststoffe“ - Rohstoffkreislauf
- + Sehr effektiv & selektiv = funktioniert auch in verdünnter Lösung und bei Gemischen
- + „erneuerbare Systeme“ (Selbstreparatur/Lotus)

Technische Syntheseprozesse

- + **gezielte „Optimierung“ durch Rezeptur- und Prozessanpassungen**
- Gleichgewichtsverschiebung durch Druck & Temperatur (= viel Energie)
- Oft zu viele Nebenprodukte (Abfall)

„Intelligente Lösungen“

HPX Polymers



Biopolymere

- Prozess
- Design
- Chemie/Biologie
- = Produkteigenschaften

**Erdölbasierte
Kunststoffe**

Eigenschaften und Produkt

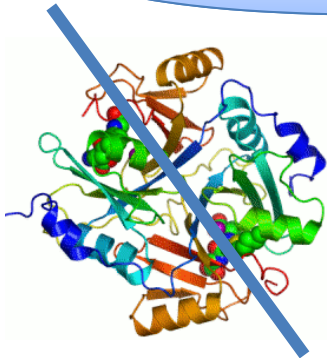
HPX Polymers

Anwendungsbeispiel Verpackung

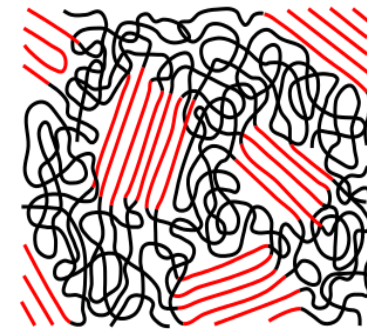
Aktuelle Anforderungen:

- Sehr gute Verarbeitungseigenschaften – niedriger Preis
- - je nach Anwendung: Steifigkeit, Elastizität, Zähigkeit, Siegelnahtfestigkeit, Bedruckbarkeit/Transparenz/Glanz-Oberfläche, Barriere

Biopolymere



Erdölbasierte Kunststoffe



Aber:

- Kein schlüssiges und durchgängiges Recyclingkonzept (v. a. für Laminat)
- zu viele Nebenprodukte (Abfall)
- „Vermüllung“ der Umwelt (auch als Mikroplastik)

Ansätze für „intelligente Biologisierung“ im Kunststoffbereich

- Nutzung biogener Rohstoffe in Kombination mit intelligenter & gezielter Optimierung von Rohstoffen, Prozessen und Produktdesign
- Gezielte Nutzung effektiver Rohstoffkreisläufe
- Nutzung der „IT“ für intelligente & gezielte Optimierungen



University of Stuttgart
Germany



UNIVERSITY OF
HOHENHEIM



Fraunhofer



BIOINTELLIGENTE PRODUKTE UND PRODUKTION – DIE NACHHALTIGE REVOLUTION DER INDUSTRIE

Session Konsum



Stuttgart, May 15, 2019

Agenda

Session Konsum

- 13:30 – 13:55 Uhr **Beitrag der biointelligenten Wertschöpfung zu einem nachhaltigen Konsums**
Prof. Dr. Iris Lewandowski
Leiterin des Fachgebiets Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergiepflanzen am Institut für Kulturpflanzenwissenschaften sowie Chief Bioeconomy Officer der Universität Hohenheim
Dr.-Ing. Susanne Zibek
Gruppenleiterin Industrielle Biotechnologie am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB / Dozentin am IGVP der Universität Stuttgart und Universität Hohenheim
- 13:55 – 14:20 Uhr **Die Rolle der Digitalisierung für die Automation biotechnischer Prozesse**
Prof. Dr. Bernd Hitzmann,
Leiter des Fachgebiets Prozessanalytik und Getreidewissenschaft sowie Chief Information Officer der Universität Hohenheim
- 14:20 – 14:45 Uhr **Intelligente nachhaltige Herstellung und Nutzung von (Bio-)Polymeren**
Dr. rer. nat. Dr. -Ing. Uwe Bölz,
Geschäftsführer von HPX Polymers GmbH in Tutzing; Langjährige Erfahrung im Bereich Kunststoffe & Biopolymere, deren Anwendungen, Eigenschaften und Verarbeitung
- 14:45 – 15:00 Uhr **Die Zukunft in der Gegenwart. Innovationen im Kontext der Biointelligenz.**
Prof. Dr. Bernd Ebersberger,
Leiter des Fachgebiets Innovationsmanagement am Institut für Marketing und Management der Universität Hohenheim
- 15:00 – 15:30 Uhr **Diskussion**

Beitrag der biointelligenten Wertschöpfung zu einem nachhaltigen Konsum

Prof. Dr. Iris Lewandowski

- Leiterin des Fachgebiets Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergiepflanzen am Institut für Kulturpflanzenwissenschaften sowie Chief Bioeconomy Officer der Universität Hohenheim

Dr. Susanne Zibek

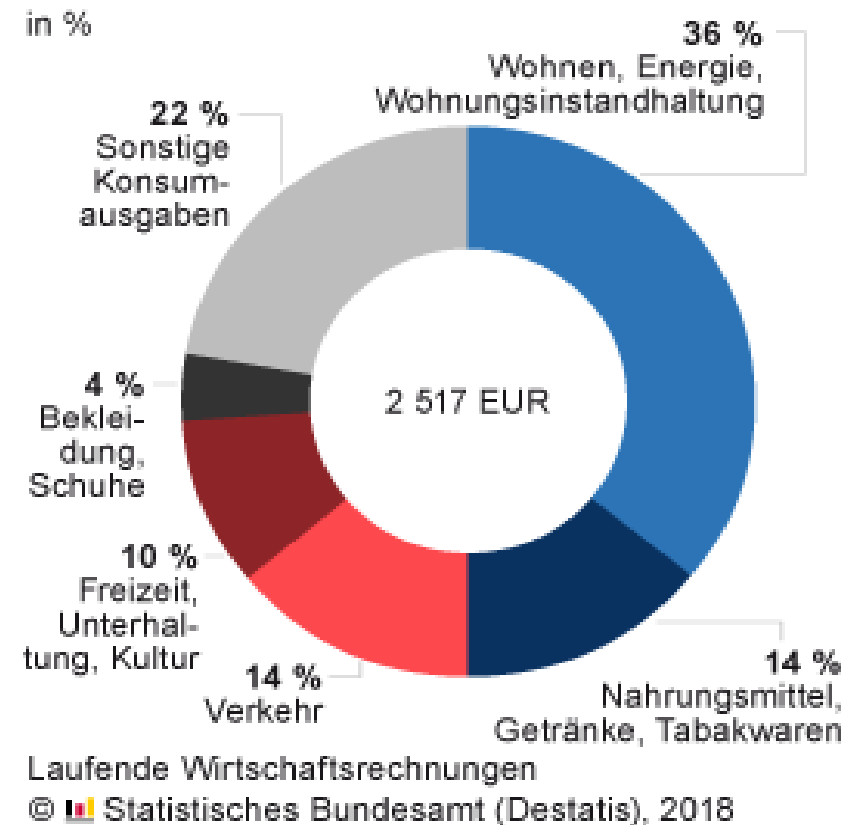
- Gruppenleiterin Industrielle Biotechnologie am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB/ Dozentin am IGVP der Universität Stuttgart und Universität Hohenheim, Fg. Konversionstechnologien nachwachsender Rohstoffe

Wo stehen wir heute?

- Konsum ist der Gebrauch und Verbrauch von Gütern; Teil der Lebensqualität
 - Kurzlebige Güter: Nahrungsmittel, Getränke, Kosmetika, Reinigungsmittel
 - Langlebige Güter: Textilien, Möbel, PKW, Haushaltsgeräte, Elektronik....

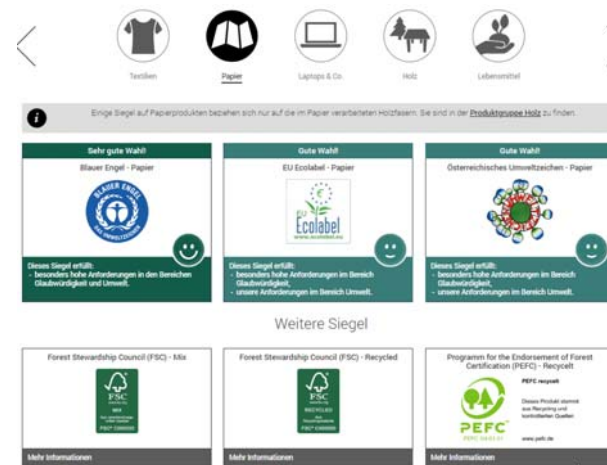
- Hoher Anteil der Nutzung von fossilen, nicht erneuerbaren Ressourcen
- Häufig ineffiziente Ressourcennutzung
- Hohe Abfallmengen, die durch Kurzlebigkeit von Gütern erhöht werden
- Güter sind oft mehrfach verpackt! 18,2 Mio. t an Verpackungsabfällen in 2016 in D
- Weltbevölkerung steigt bis 2055 auf 10 Mrd. an und damit auch der Konsum → Herstellung → Rohstoffverbrauch → Abfallproduktion

N r q v x p d x v j d e h q # s u l y d w h u # k d x v k d o h # 5 3 4 : # q # g h u # E U G



Warum müssen wir jetzt handeln?

- Weil wir innerhalb der planetaren Grenzen wirtschaften müssen
 - Nutzung fossiler Ressourcen trägt maßgeblich zum Klimawandel bei
 - Verfügbarkeit von Ressourcen ist limitiert
 - Umweltproblematik: z.B. nicht-bioabbaubare Kunststoffe → Mikroplastik; PFCs
- Weil wir jetzt die Erreichung wichtiger politischer Ziele unterstützen müssen
 - Pariser Abkommen: CO₂-Reduktion
 - Nationales Programm für nachhaltigen Konsum; 2016 von der Bundesregierung beschlossen
 - Nachhaltigkeitsziel #12 der Agenda 2030: Nationale Gipfel der Vereinten Nationen; 2016



[kws v=22 z z 1v h j h o n o l u k h w t q h 2](https://www.klimaschutz.de/2022/01/12-nachhaltiger-konsum/)

Handlungsbedarf – Ansatzpunkte für intelligentere Wertschöpfung und nachhaltigen Konsum

Rohstoffe

- Ressourceneffiziente Nutzung
- Erhöhung der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen
- Nachhaltige Bereitstellung
- Reststoff-, Abfallnutzung
- CO₂-Fixierung und Nutzung

Kosten und Geschäftsmodelle

- Kosten von neuen Produkten zunächst höher, darum muss Funktion oder Umweltleistung besser sein
- Sinnvolle Kosten-Balance zwischen Landwirtschaft, Industrie, Handel
- Biointelligenten Konsum ökologisch sinnvoll und gleichzeitig ökonomisch interessant gestalten

Prozesse

- Nachhaltig
- Ressourceneffizient
- Einfach, „grün“
- Bioraffinerien
- Dezentral
- Transportwege vermeiden
- Verkleinerung anstatt immer Scale-up
- Überproduktion vermeiden

Kommunikation

- Transparenz
- Was benötigt der Konsument
- Wer entscheidet über Konsum?
- Kommunikation zwischen B2B und Konsument
- Zum nachhaltigen Konsum Motivieren

Produkte

- Spezifiziert, personalisiert, maßgeschneidert
- Weniger Verpackung
- Intelligenter Materialeinsatz, Minimierung
- Bioabbaubar, biobasiert, umwelt-freundlich
- Funktionsmonitoring, MHD
- Verpackungen/Kleider mit Sensorik
- Längerlebige, reparierbare Güter
- Recycling-, down-cyclingfähig

Abfälle

- Vermeiden, verwerten
- Sinnvoller Materialeinsatz
- Weg von der Wegwerfgesellschaft
- Nicht-abbaubares Mikroplastik vermeiden
- Umweltgefährliche Chemikalien z.B. PFCs vermeiden

Regulationen

- Abfallschlüssel
- Multikomponentenstoffe
- Chemikalien der REACH-Liste beachten/substituieren

Vision – wo wollen wir hin?

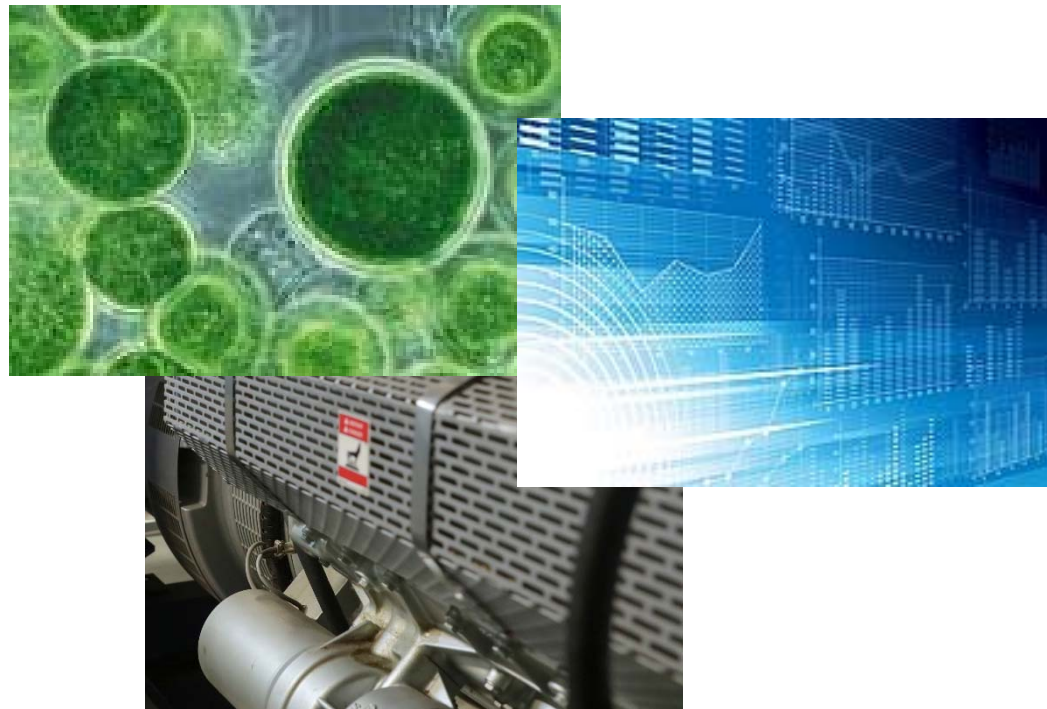
Konsum

- **Gewährleistung eines nachhaltigen Konsums**
- Bedürfnisse der Konsumenten und der Industrie beachten; **Individualisierung** und Integration: „Prosuming“
- **Ressourceneffiziente, biobasierte nachhaltig** hergestellte Produkte
- **Bioabbaubare oder recyclingfähige** Produkte
- Konsumerprodukte mit **neuen Funktionen**
- Herstellung von **personalisierten bedarfsgerechten** Produkten
- Nutzungsdauer, Mengen und Funktionen an Konsumprodukte anpassen
- **Intelligenter Materialeinsatz** innerhalb der gesamten Prozesskette
- Nutzung von Naturprinzipien für die Konsumgüterherstellung
- **Dezentrale** bedarfsgerechte umweltkonforme Produktion, standortgerechte Spezialisierung
- Intelligente und ökologische **Geschäftsmodelle**

Rolle der Biointelligenz

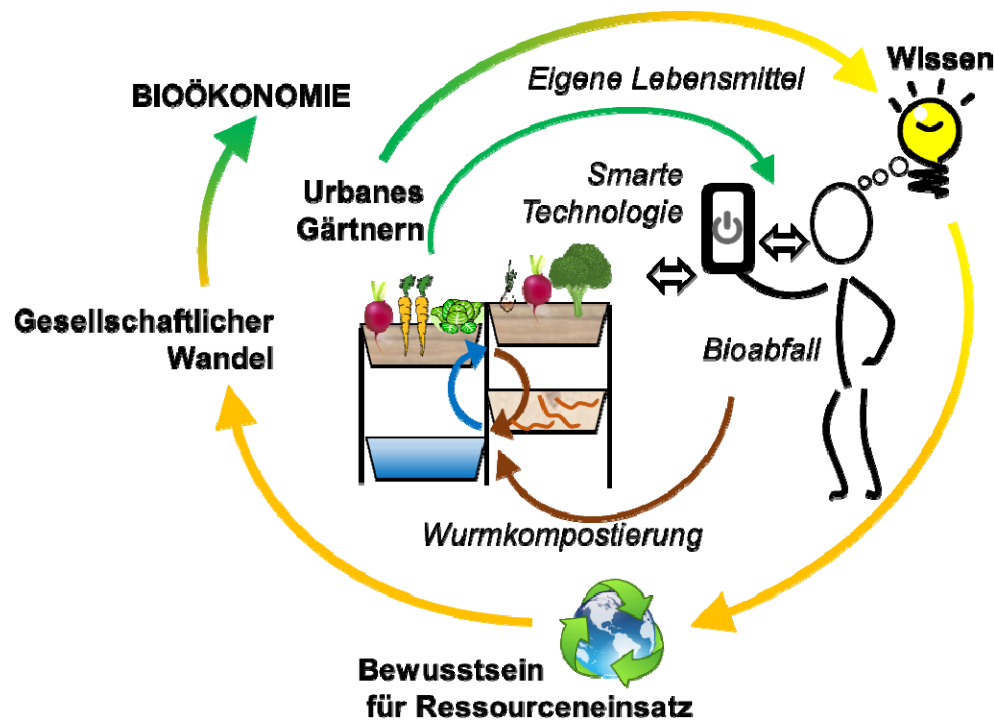


Optimierungs- und neue Optionen durch Integration von biologischen, technischen und digitalen Systemen schaffen.

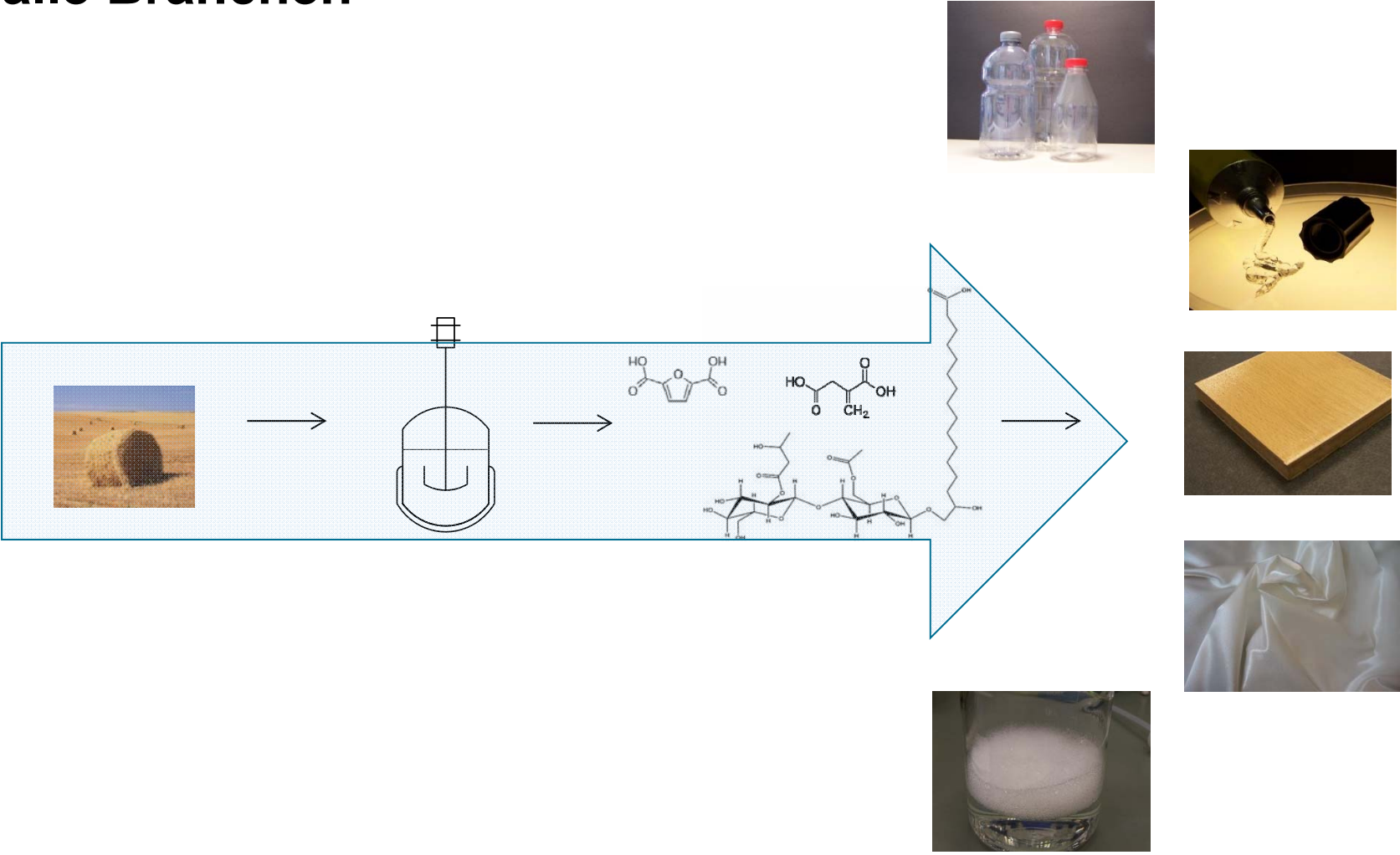


Beispiel: Integration von Ökosystemen in die Lebensumwelt

- Smart-garden Systeme
 - zur dezentralen Erzeugung von Lebensmitteln in Städten
 - dem direkten Recycling organischer Abfälle aus urbanen Räumen
 - zur Bewusstseins-schaffung für nachhaltigen Konsum
 - mit digitaler Steuerung des Systems und Informationsübermittlung an Konsumenten



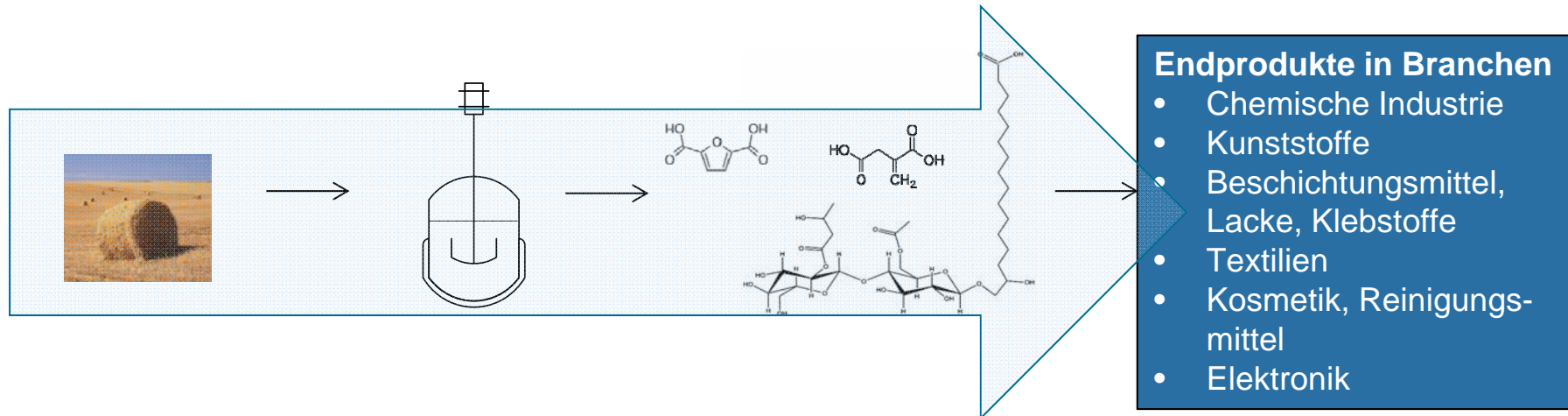
Intelligente Herstellung von nachhaltige Materialien für alle Branchen



Entwicklung entlang einer Prozesskette notwendig

- Computerbasierte Stoffwechselanalysen
- Sensorik, Informationsverarbeitung
- Prozesssteuerung, intelligente Regelsysteme
- Digitaler Zwilling
- Modellierung und Simulation
- Optimierter Anlagenbau, neue Reaktortypen
- Integration von Produktion und Aufreinigung

- Dezentralisierung
- Personalisierung
- Spezifizierung
- Abfallvermeidung
- Intelligenter Materialeinsatz
- Nachhaltigkeit
- Funktionsoptimierte Produkte



- Nachwachsende Rohstoffe
- Reststoffe
- Abfälle
- CO₂

- Bioreaktor zur Herstellung von Mikroorganismen, Enzymen oder Chemikalien
- Stammoptimierung

- Chemikalien- und Produktentwicklung
- Biologische Strukturen als Matrizen in Halbleitertechnik
- Nutzung von Enzymen im 3-D-Druck

Intelligente angepasste bioabbaubare **Verpackungen**

Gegenüberstellung: Biobasierte 4,16 Mt/a vs. fossil-basierte Kunststoffe 288 Mt/a

- Analyse von bedarfsgerechtem Verpackungseinsatz (verderbliche Ware vs. langlebige Ware)
- Modellierung und Simulation vom nachwachsenden Rohstoff zum Produkt sowie Abbau
 - LCA, TEE, Produktabbau....
- Nachhaltige Rohstoffnutzung; Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen, Abfallstoffen und CO₂
- Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen mittels Mikrobiologie oder Enzymen im Bioreaktor zu biobasierten Chemikalien als Monomere
 - Optimierung Reaktoren, Prozesse, Sensor- Meß-Regelungstechnik,
 - Modellierung Stoffwechselwege, Prozesse, Stammentwicklung
- Herstellen von biobasierten Chemikalien, Polymerisierung und Herst. von Verpackungen
- Intelligente Sensoren in der Fermentationstechnik
- Sensoren für Verpackungen zur Erkennung der Verderblichkeit



Intelligente neue **Reinigungssysteme**

Intelligenter Einsatz + Wechsel der Kosmetik- und Reinigungsindustrie durch den Einsatz von Biotensiden

- Analyse von bedarfsgerechtem Reinigungsmiteleinsetz anhand des Verschmutzungsgrad
 - Analyse unterschiedlicher Reinigungsstrecken in der Industrie
 - Sensoren für Verschmutzungsgrad
- 
- Modellierung und Simulation vom nachwachsenden Rohstoff zum Produkt sowie Abbau
 - LCA, TEE, Produktabbau, Nachhaltige Rohstoffnutzung; Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen, Abfallstoffen und CO₂
 - Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen mittels Mikrobiologie oder Enzymen im Bioreaktor zu Biotensiden
 - Optimierung Reaktoren, Prozesse, Sensor- Meß-Regelungstechnik, Schaumvermeidung
 - Modellierung Stoffwechselwege, Prozesse,
 - Optimieren von Mikroorganismen
 - Intelligente Sensoren in der Fermentationstechnik
- 

Ganzheitliches biointelligentes **Auto**

- Lacke aus biobasierten Epoxiden, hergestellt aus pflanzlichen Ölen
- Reifen und Bremsklötze ohne umweltschädlichen Abrieb (bioabbaubares Material)
- Innenausstattung aus biobasierten Materialien
- Karosserie leichter und funktionaler (z.B. Verringerung des Luftwiderstandes)
- Reinigung von Bauteilen mit Biotensiden
- Gesamte Produktionskette digital abbilden und bewerten
- Herstellungstechnik der biobasierten Stoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen und der Fermentation/Enzymkonversion Techniken

Smarte Bio-**Textilien**

- Ersatz von synthetischer nicht- abbaubarer Kleidung
- Abrieb und Vermeidung von Mikroplastik
- Ersatz von flourcarbonhaltigen Beschichtungen
- Intelligente Sensorik: Puls, Temperatur mit Alarmfunktion....→ Gesundheitszustand
-

Proteingestützte Produktion für die **Elektronik**

- Herstellung von Peptiden im Bioreaktor
- Die Synthese von anorganischen Materialien (z.B. Oxidkeramik) durch Peptide steuern

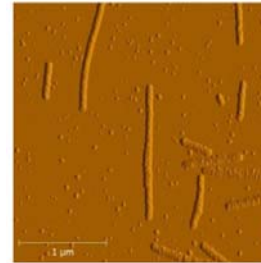
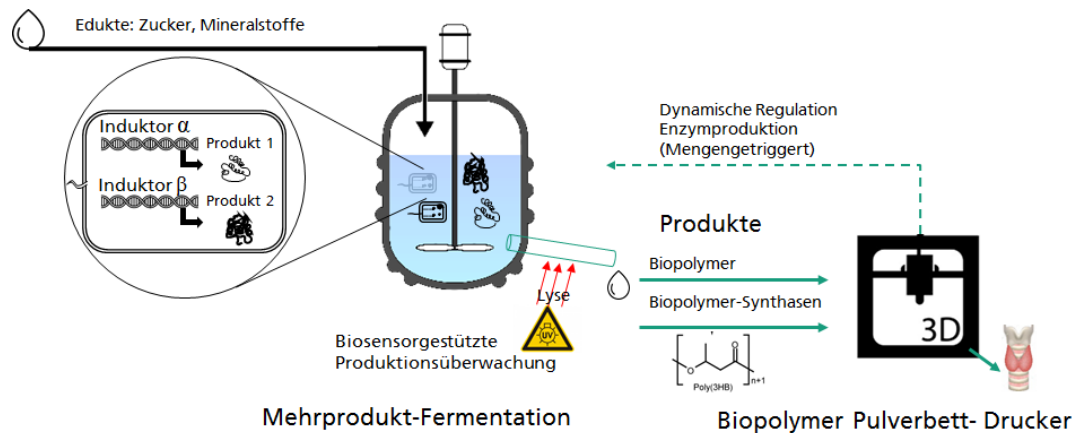


Abb. 2: Tabak Mosaik Virus als Biotemplat zur Abscheidung von Zinkoxid. AFM Aufnahme von TMV/ZnO Hybridstrukturen auf einem Si-Wafer.

kwsv=2z z z 1p z 1xq10
 wxwj duwghz f2irufkxqj z
 lrwhp sölwhbxqgbskdj hqbg1
 vsø|2

Enzymgestützte in-situ Synthese von **biobasierten** **Produkten** im 3-D-Drucker



Zusammenfassung

Grundlagenforschung

- Nanoskalige proteingestützte Strukturierung für **Elektronikbauteile**
- Enzymgestützte *in-situ* Synthese von **biobasierte Produkten** im 3-D-Drucker

Anwendungsforschungsoptionen (in Kooperation mit der Industrie); Gründungskultur, Start-Up-Möglichkeiten

- **Intelligente angepasste bioabbaubare Verpackungen**
 - Durch neue Monomere/Polymere aus automatisierter nachhaltiger Fermentation
 - Intelligente Sensorik in Produktion und Produkt
- **Smarte Bio-Textilien**
 - Bioabbaubar, Ohne PFC
 - Ohne Mikroplastikabrieb
 - Integrierte Sensorik (Gesundheit)
- **Ganzheitliches biointelligentes Auto**
 - Biobasierter Lack
 - Reifen und Bremsen ohne umweltschädlichen Mikropartikelabrieb
- **Intelligente Reinigungssysteme- Wechsel der Kosmetik- und Reinigungsindustrie** durch den Einsatz von Biotensiden
- **Integration von Ökosystemen** in die Lebensumwelt

Session Wohnen (engl. habitation)



BIOINTELLIGENTE PRODUKTE UND PRODUKTION – DIE NACHHALTIGE REVOLUTION DER INDUSTRIE

Session Wohnen



Agenda

Session Wohnen

- 13:30 – 13:35 Uhr **Begrüßung und Moderation**
Prof. Martin Ostermann
- 13:35 – 13:50 Uhr **Biointelligente Wertschöpfung im Bedürfnisfeld Wohnen**
Prof. Martin Ostermann
Leiter des Lehrstuhls 2, Institut für Baukonstruktion, Bautechnologie und Entwerfen an der Universität Stuttgart
- 13:55 – 14:10 Uhr **Intelligentes Design und digitale Fabrikation von Biomaterialien für die Architektur von morgen**
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Arch. Hanaa Dahy
Leiterin der BioMat-Abteilung (Biobasierte Materialien und Stoffkreisläufe in der Architektur) am Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (ITKE) an der Universität Stuttgart
- 14:15 – 14:30 Uhr **Gründächer – intelligente Lösungen für Komfort, Klimawandel und Biodiversität**
Dr.-Ing. Daniel Zirkelbach
Stellv. Leiter der Abteilung Hygrothermik am Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Gruppenleiter Feuchteschutz und Bauen in anderen Klimazonen
- 14:35 – 14:50 Uhr **Bioinspirierte Textilien und Faserverbundwerkstoffe**
Prof. Dr.-Ing. Markus Milwich
Bereichsleiter Faserverbund- und Flechttechnik, Deutsches Institut für Textil und Faserforschung (DITF)
- 14:55- 15:10 Uhr **Skin & Bones - Lightweight in temporary Architecture**
Architekt Carsten Fulland
Geschäftsführer ZENVISION GmbH- Berlin
- 15:10 – 15:30 Uhr **Diskussion**

BIOINTELLIGENTE WERTSCHÖPFUNG IM BEDÜRFNISFELD WOHNEN

Prof. Martin Ostermann

IBK2

Institut für
Baukonstruktion
Lehrstuhl 2

ANTEILIGE UMWELTBELASTUNG DURCH DEN BAU- UND WOHNSEKTOR



35% DER ENERGIEBEDINGTEN TREIBHAUSGASEMISSIONEN

IBK2

Institut für
Baukonstruktion
Lehrstuhl 2

ANTEILIGE UMWELTBELASTUNG DURCH DEN BAU- UND WOHNSEKTOR



35% DER ENERGIEBEDINGTEN TREIBHAUSGASEMISSIONEN



36% DES ENDENERGIEVERBRAUCHS

IBK2

Institut für
Baukonstruktion
Lehrstuhl 2

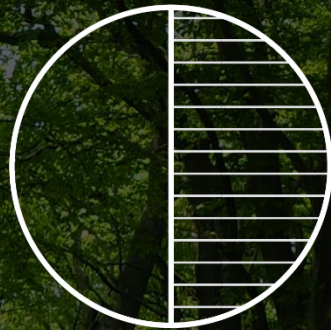
ANTEILIGE UMWELTBELASTUNG DURCH DEN BAU- UND WOHNSEKTOR



35% DER ENERGIEBEDINGTEN TREIBHAUSGASEMISSIONEN



36% DES ENDENERGIEVERBRAUCHS



50% DER ABFALLMENGEN

IBK2

Institut für
Baukonstruktion
Lehrstuhl 2

Vergleich CO2 Verbrauch in Deutschland



FLUGVERKEHR



ZEMENTHERSTELLUNG

IBK2

Institut für
Baukonstruktion
Lehrstuhl 2

6,2%
aller Flächen sind versiegelt

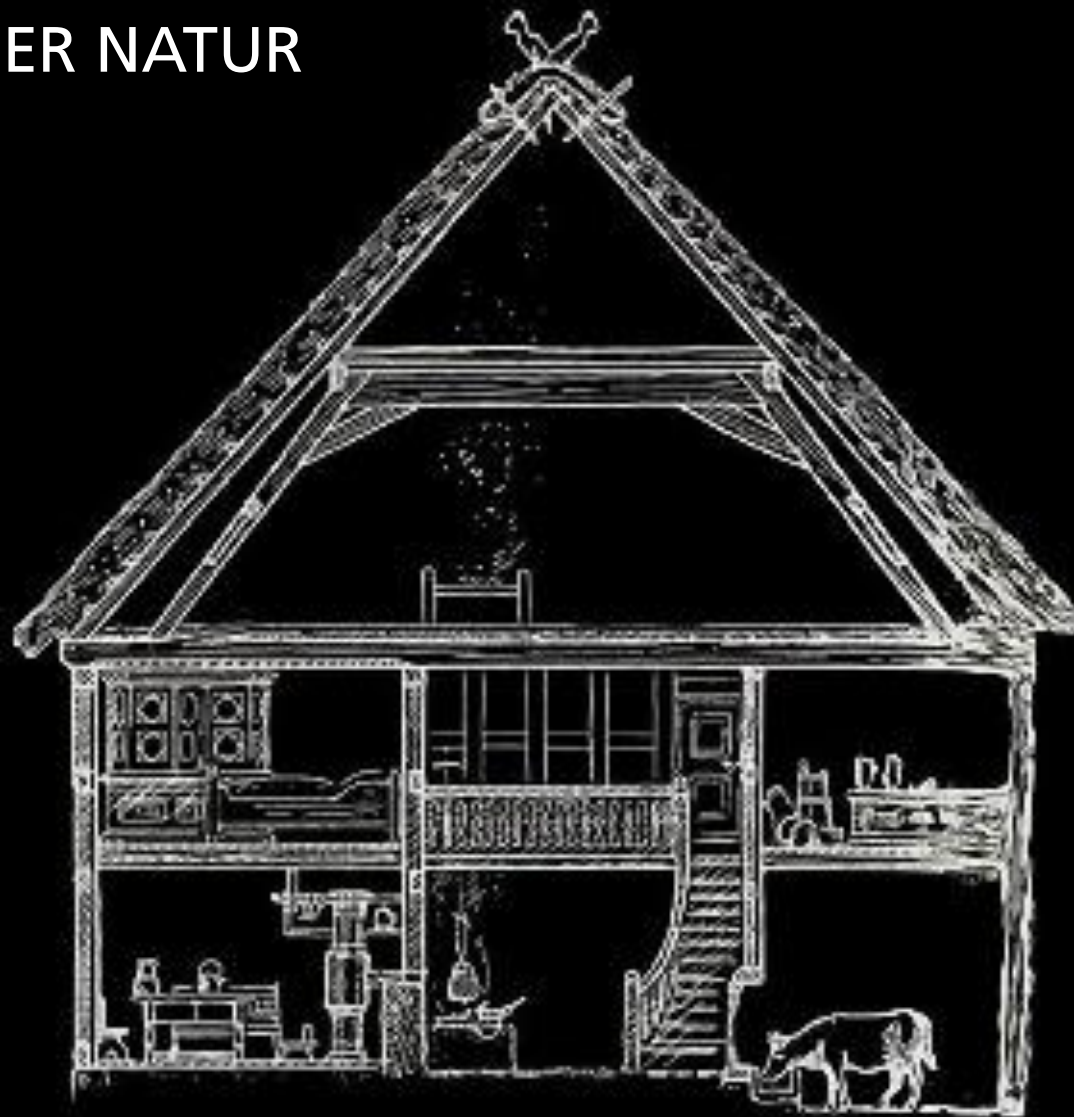


BIODIVERSITÄT

IBK2

Institut für
Baukonstruktion
Lehrstuhl 2

INTEGRATION DER NATUR



Wohnstallhaus

MIT NATUR KONSTRUIEREN

A photograph of a natural root bridge in a lush, green forest. The bridge is constructed from thick, intertwined tree roots and spans across a river. A person is walking across the bridge. The surrounding area is dense with trees and foliage, creating a vibrant green environment. The bridge is supported by large tree trunks on either side.

Wurzelbrücke Meghalaya, Indien

WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN ARCHITEKTUR UND NATUR SEID DEM 12. JAHRHUNDERT

Wechselwirkung zwischen Biologie und Architektur

12 Jh.

heute

(SPÄT-) GOTIK
(Z.B. ST. ANNENKIRCHE, 1499)

ARCHITEKTUR SOLL ÜBER DIE NATUR DOMINIEREN
(RENAISSANCE)

ORGANISCHE ARCHITEKTUR
(Z.B. EINSTEINTURM 1921)

NATUR UND ARCHITEKTUR IM EINKLANG
(Z.B. FALLING WATER 1939)

BAUBIONIK
(Z.B. FREI OTTO, AB 1970)

BAUBOTANIK
(AB ~1500, Z.B. WURZELBRÜCKEN MEGHALAYA)

JUGENDSTIL
(CA. 1890-1920, Z.B. CASA BATLLÓ 1904)

IN BAUEN INTEGRIERTE BIOLOGIE
/ BIOINTELLIGENZ
(BIQ HOUSE, 2013)

BIOLOGIE ALS ESSENTIELLER TEIL DES WOHNHAUSES
(Z.B. WOHNSTALLHAUS)

TRENNUNG VON BAUEN UND
NICHT-MENSCHLICHEN LEBEWESEN
(INDUSTRIALISIERUNG)
/ AUSSCHLUSS ALLES LEBENDEN AUS DEN GEBÄUDEN

FASSADEN UND DACHBEGRÜNUNGEN

MIKROBIONIK/SMART MATERIALS
(Z.B. PCM; HYDROPHOBE OBERFLÄCHEN)

IBK2

Institut für
Baukonstruktion
Lehrstuhl 2

WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN ARCHITEKTUR UND NATUR SEID DEM 12. JAHRHUNDERT



(SPÄT-) GOTIK
(Z.B. ST. ANNENKIRCHE, 1499)

ARCHITEKTUR SOLL ÜBER DIE NATUR DOMINIEREN
(RENAISSANCE)

ORGANISCHE ARCHITEKTUR
(Z.B. EINSTEINTURM 1921)

NATUR UND ARCHITEKTUR IM EINKLANG
(Z.B. FALLING WATER 1939)

BAUBIONIK
(Z.B. FREI OTTO, AB 1970)

BAUBOTANIK
(AB ~1500, Z.B. WURZELBRÜCKEN MEGHALAYA)

JUGENDSTIL
(CA. 1890-1920, Z.B. CASA BATLLÓ 1904)

IN BAUEN INTEGRIERTE BIOLOGIE
/ BIOINTELLIGENZ
(BIQ HOUSE, 2013)

BIOLOGIE ALS ESSENTIELLER TEIL DES WOHNHAUSES
(Z.B. WOHNSTALLHAUS)

TRENNUNG VON BAUEN UND
NICHT-MENSCHLICHEN LEBEWESEN
(INDUSTRIALISIERUNG)
/ AUSSCHLUSS ALLES LEBENDEN AUS DEN GEBÄUDEN

MIKROBIONIK/SMART MATERIALS
(Z.B. PCM; HYDROPHOBE OBERFLÄCHEN)

FASSADEN UND DACHBEGRÜNUNGEN

IBK2

Institut für
Baukonstruktion
Lehrstuhl 2



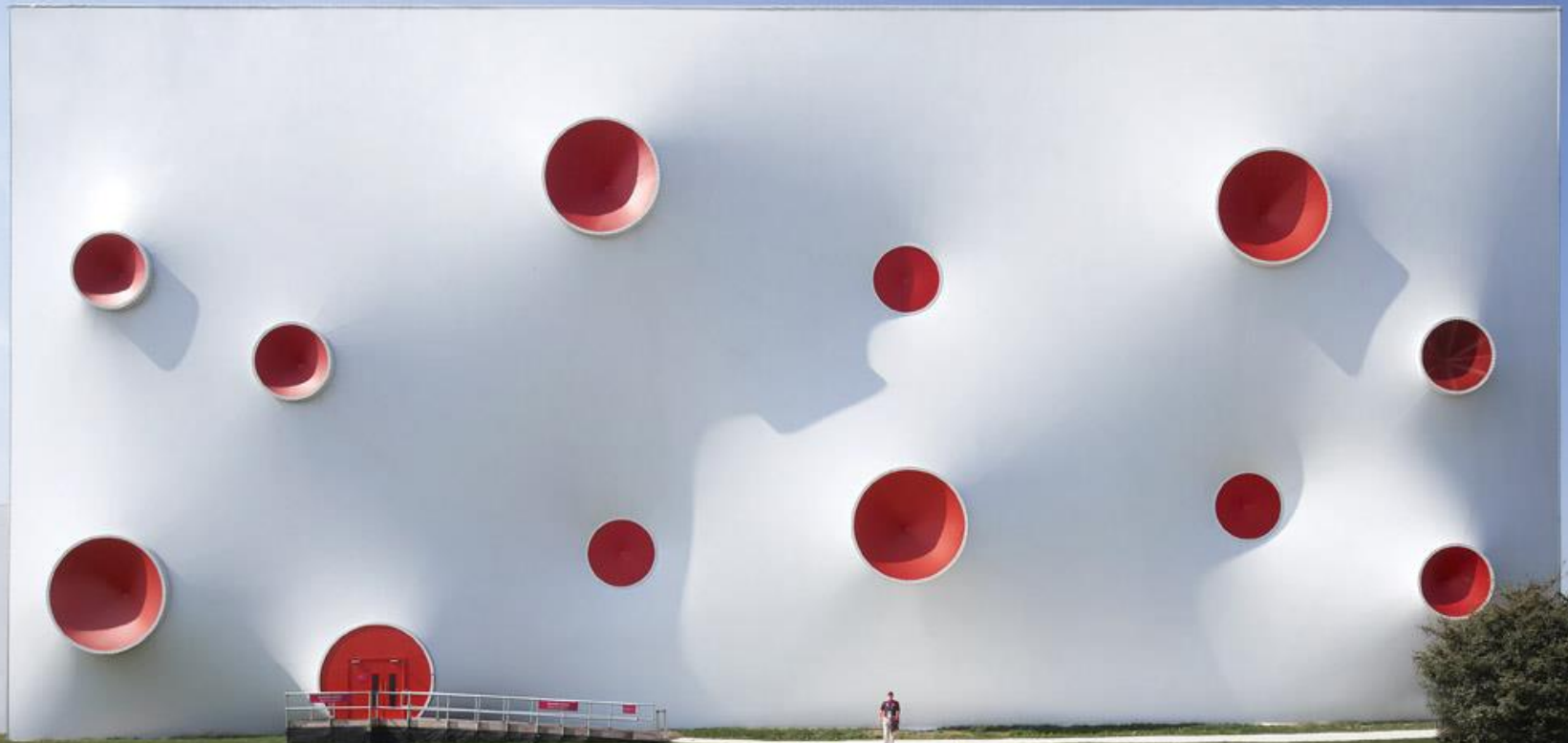
Zentralküche im Einküchenhaus, Kopenhagen, 1907

BIOINSPIRIERTE LÖSUNGEN



Membrankonstruktionen, Frei Otto

BIOINSPIRIERTE LÖSUNGEN



Olympische Sportschießarenen London 2012, magma architecture

BIOINSPIRIERTE LÖSUNGEN



Strelitzienblüte



FlecoFin, ITKE, Universität Stuttgart, DITF, Denkendorf

BIOBASIERTE MATERIALIEN





Bamboo Sports Hall, Chiang Mai, Thailand Chiangmai Life Architects.

Foto: Markus Roselieb und Alberto Cosi

BIOINTEGRIERTE LÖSUNGEN



Agrarnutzung eines Brachliegenden Frachtschiffes, Swanley, England

BIOINTEGRIERTE LÖSUNGEN



Agrargenutzte Grünflächen in der Stadt

BIOINTEGRIERTE LÖSUNGEN

A photograph of a courtyard between a historic stone building and a modern building with a living wall. The historic building on the left has a dark grey mansard roof with ornate dormers and a light-colored stone facade. The modern building on the right is dark grey with large, angular windows and a wall covered in dense green ivy. A stone staircase leads up from the courtyard to the modern building. The sky is overcast.

Regional Chamber of Commerce and Industry, Chartier-Corbasson Architects

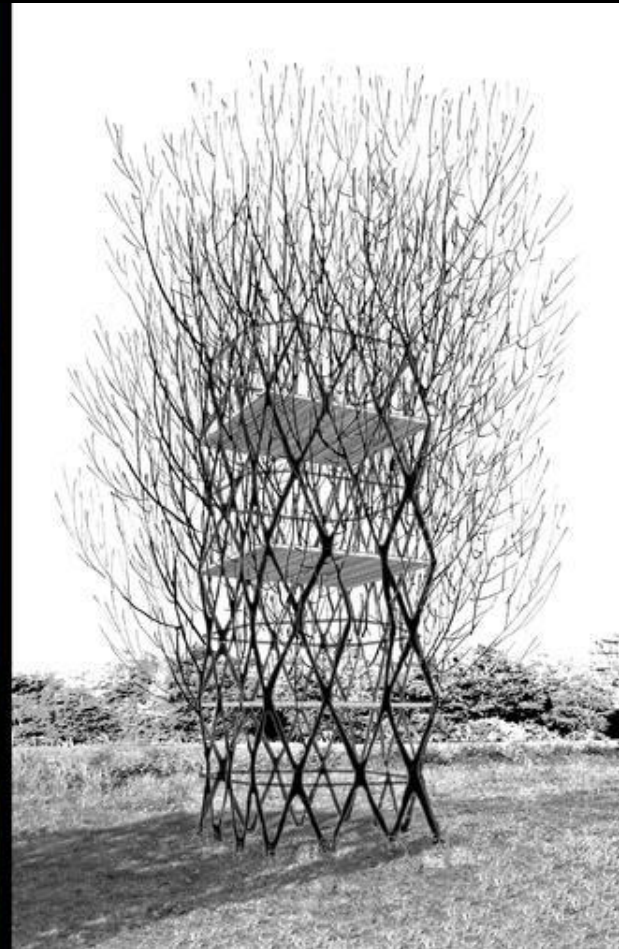
© R.Meffre & Y.Marchand

BIOINTEGRIERTE LÖSUNGEN

A tall, modern skyscraper with numerous balconies overflowing with green plants, set against a backdrop of a dense urban cityscape. The building is the Bosco Verticale, a prime example of vertical farming and green architecture. The balconies are arranged in a staggered, stepped pattern, creating a lush, forest-like appearance. The surrounding city is a mix of traditional and modern buildings, with a prominent red-tiled roof area in the foreground. The sky is clear and blue, suggesting a bright, sunny day.

Bosco Verticale, Stefano Boeri Architeti

BIOBOTANISCHE LÖSUNGEN



Baubotanik Turm, Ferdinand Ludwig, IGMA Uni Stuttgart

BIOINTELLIGENTE LÖSUNGEN



BIQ House, SPLITTERWERK, Label für Bildende Kunst, Arup GmbH, B+G Ingenieure, Immosolar GmbH

BIOINTELLIGENTE WERTSCHÖPFUNG IM BEDÜRFNISFELD WOHNEN

Prof. Martin Ostermann

IBK2

Institut für
Baukonstruktion
Lehrstuhl 2

Lightweight in temporary Architecture



SKIN & BONES

Lightweight in temporary Architecture

Lightweight in temporary Architecture

zenvision

SKIN&BONES

Carsten Fulland geb. 1968. Studium der Architektur an der Fachhochschule Dortmund und der Technischen Universität Berlin.

Nach dem Studium arbeitete Carsten Fulland 10 Jahre in international tätigen Architekturbüros im Ruhrgebiet und in Berlin. Sein Focus lag neben der Projektleitung von Hotel, Gewerbe und Wohnbauten immer bei Material und Konstruktion. Im Jahr 2004 hat er sich ganz der Entwicklung von mobilen Raumlösungen verschrieben. In dieser Zeit beschäftigt er sich intensiv mit der Umsetzung von Material und ressourcenschonenden mobilen Konstruktionen in Verbindung mit modernen Herstellungsmethoden und moderner Technik.

CoAutor von „Fullspace- Projektionen – Mit dem 360°-Lab zum Holodeck“ Springer ISBN: 3642246559

Mitbegründer und Vorstand des FABLAB Berlin www.fablab.berlin
Mitbegründer und Mitglied von fieldstations ev
www.fieldstations.net Erforschung und Wissen im Zeitalter des Anthropozän

ME & MYSELF



PAST & PRESENT

Im Mai 2014 fügt die ZENVISION GmbH die Produkte ZENDOME und ZENCUBE in ihr Portfolio ein und übernimmt Produktion und Vertrieb der mobilen Architektur.

Mit einer Grundfläche von 9 bis 2.000 m² und mehr sind die edlen runden und quadratischen Räume bereits heute der ideale Blickfang für exklusive Veranstaltungen. Fantastische Raumwelten entstehen durch die einfache Kombination miteinander.

In den letzten Jahren hat die ZENVISION GmbH mit ihren Produkten ZENDOME und ZENCUBE auf unzähligen Events und Veranstaltungen weltweit bewiesen, dass für den Premiumbereich ihre Produkte alternativlos sind.

Seit 2016 wird ZENCUBE exklusive durch Spielmacher Event hergestellt und vertrieben.

Schon 1919 startet der Berliner Walther Wilhelm Johannes Bauersfeld (*1879 ; †1959) mit der Entwicklung einer freitragenden Kuppel für Projektionszwecke in Jena. Zu dieser Zeit war Bauersfeld leitender Geschäftsführer bei der Firma Carl Zeiss und begann, auf Initiative von Oskar von Miller, mit den Arbeiten für ein Planetarium, das den Besuchern die Phänomene der Astrophysik hautnah und günstig erlebbar machen sollte.

Bauersfeld verfeinerte den von Platon beschriebenen Ikosaeder so weit, dass er die entstandene Konstruktion zur Bewahrung einer 26 m weiten Spritzbetonstruktur verwenden konnte. Die so entstandene Kuppel gilt heute als erste geodätische Kuppel der Welt.

Buckminster „Bucky“ Fuller (*1895 ; †1983) entwickelte die Technologie der geodätischen Kuppeln ab den 1940er Jahren weiter und benutzte dabei erstmals den Begriff „Geodesic“.

IN&OUT

Für uns besteht die Ideale Architektur aus einem leichten Skelett und einer Haut die im Idealfall alle Funktionen einer richtigen Haut (und noch mehr) übernehmen sollte. Die ganze Struktur muss leicht aber sicher sein. Von A nach B transportiert werden sowie am Ende ihres Lebens komplett demontiert und dem Stoffkreislauf wieder zugeführt werden können. Wir sind hier auf einem guten Weg. Ökonomische und technische Aspekte beeinflussen auch hier unser Handeln. Vieles was sinnvoll wäre, ist nicht bezahlbar. Vieles was schön wäre, ist prozesssicher jedoch nicht verlässlich umsetzbar. Vieles was wir wollen, ist schlicht derzeit mit technischen Mitteln nicht realisierbar. Das hindert uns nicht daran zu probieren und zu träumen. Am Ende steht eine Architektur die denkt, schwitzt, wärmt und leuchtet – da wollen wir hin!

CREATE & RESEARCH

Unsere Kunden bestimmen unsere Aufgaben. Aber immer wieder kommen sie auch ohne genaue Vorstellungen auf uns zu. Unsere Aufgabe ist es dann, neue Formen, Konstruktionsmethoden und Materialien zu finden, die die Marke und ihren Auftritt am besten unterstützen, Grenzen überwinden sowie scheinbar Unmögliches möglich zu machen. Wir setzen dabei auf einen volldigitalisierten Planungsworkflow. Hochwertige CAD Programme zur Planung, Simulation und Fertigung. Virtuell Reality Umgebungen zur bestmöglichen Kommunikation mit dem Kunden und leistungsstarke ERP und CRM Tools helfen uns dabei unsere Ideen beim Kunden zu verkaufen. Eine kostengünstige Produktion in Metall und Kunststoff – sowie eine ressourcenschonende Verpackung des fertigen Produktes – ist für uns selbstverständlich.

Lightweight in temporary architecture

zenvision



ITERATE & PRODUCE

10 Jahre Produktentwicklung in der Metall- und Eventbranche haben uns gelehrt, dass dies nicht ohne Prototyping und Testaufbauten möglich ist. Die Entwicklung eines Produkts im Metallbau hängt in hohem Maße von guten Mitarbeitern und Partnern bei der Ausführung ab. Deshalb haben wir schon früh begonnen, eigene Maschinen und Werkzeuge für den Prototypenbau zu kaufen. Vom 3D-Drucker bis zur CNC-Fräsmaschine, von der Schweißmaschine bis zur Profilbiegemaschine stehen uns hochwertige Werkzeuge für die unterschiedlichsten Aufgaben im Metallbau zur Verfügung. Nur so können wir eine schnelle und effektive Produktentwicklung erreichen. Wir möchten das Wissen und die Möglichkeiten im Metallbau teilen. Nicht CoWorking im eigentlichen Sinne, sondern CoManufacturing, CoPrototyping, CoFailure und CoSuccess. Raketen, Autos oder Raketenmobile? Wir denken, dass die Zusammenarbeit für alle eine positive Ehre sein kann – jede Idee ist nur so gut wie Ihre Umsetzung.

Lightweight in temporary Architecture

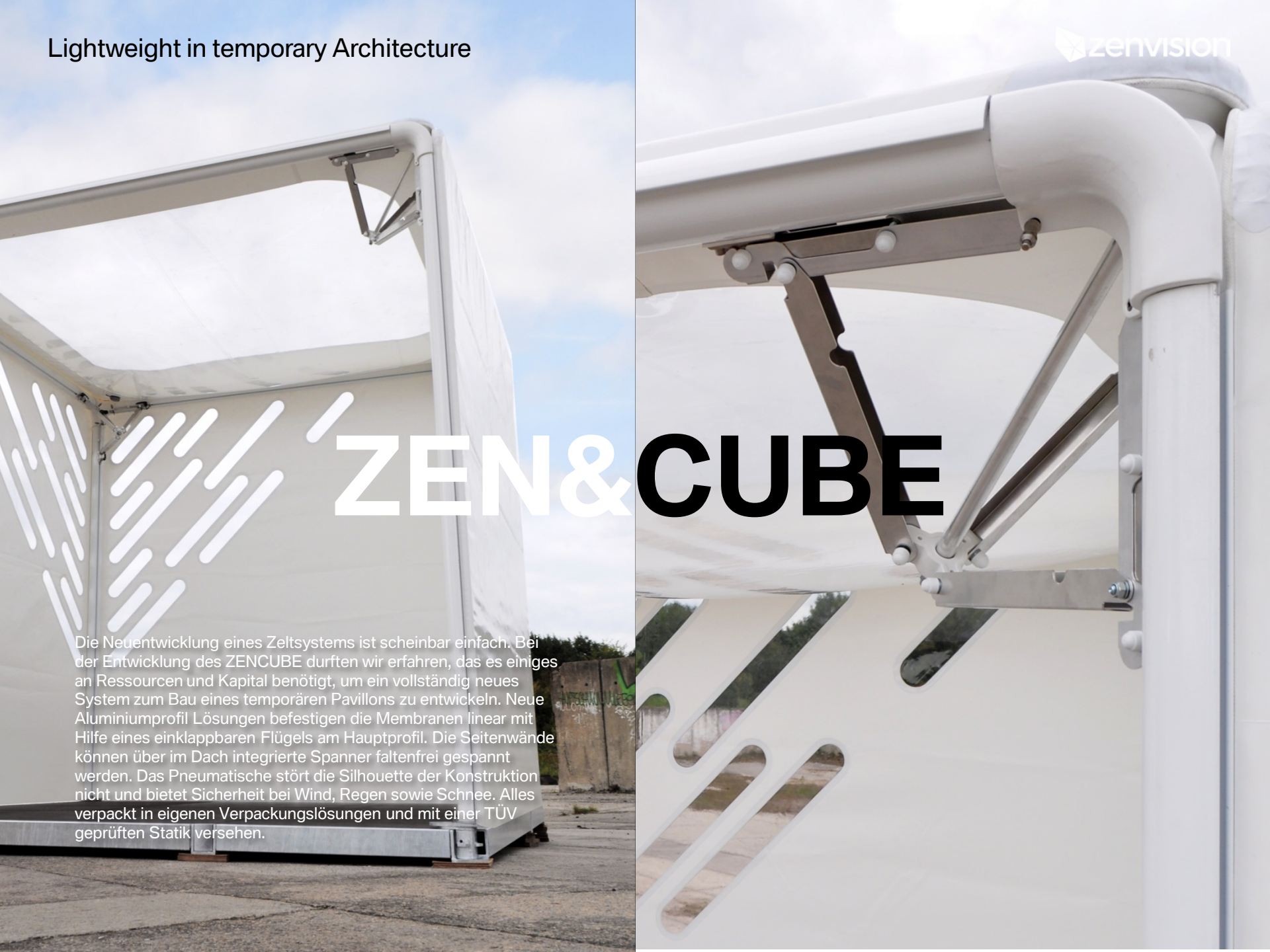


PACK & GO

Die Eventindustrie liebt die Geschwindigkeit. Ein fertiges Produkt sicher von A nach B zu transportieren ist hier der Key Faktor in der Prozesskette. Neben zuverlässigen Partnern im Logistik Bereich sind uns hier durchdachte und ressourcenschonende Verpackungssysteme wichtig. Wir setzen hier statt auf Standardprodukte auf selbstentwickelte Verpackungslösungen die langlebig und mehrfach benutzbar sind. So können wir den anfallenden Verpackungsmüll auf Null reduzieren. Es kommt oft vor, das wir auf Veranstaltungen und Messen irritiert angeschaut werden, wenn wir auf bereitgestellte Müllentsorgung verzichten und alles was wir gebracht haben auch wieder mitnehmen. Dies halten wir für unsere Pflicht.

ZEN&CUBE

Die Neuentwicklung eines Zeltsystems ist scheinbar einfach. Bei der Entwicklung des ZENCUBE durften wir erfahren, das es einiges an Ressourcen und Kapital benötigt, um ein vollständig neues System zum Bau eines temporären Pavillons zu entwickeln. Neue Aluminiumprofil Lösungen befestigen die Membranen linear mit Hilfe eines einklappbaren Flügels am Hauptprofil. Die Seitenwände können über im Dach integrierte Spanner faltenfrei gespannt werden. Das Pneumatische stört die Silhouette der Konstruktion nicht und bietet Sicherheit bei Wind, Regen sowie Schnee. Alles verpackt in eigenen Verpackungslösungen und mit einer TÜV geprüften Statik versehen.



HOT & COLD

aerofabrix [iso] ist ein Dämmstoff auf Membranbasis. Der für eine Wärmedämmung erforderliche Luftspalt wird zwischen zwei Membranen durch aufgeflochtene Filamentfasern gewährleistet. Die Fasern erfüllen dabei die Funktion der Abstandhalter sowie der Konvektionshemmung. Beide Membranlagen sind – wie unsere Standardmembranen – hochgradig flexibel und faltbar.

Messungen im Winterhalbjahr haben ergeben, dass durch die neuartige Dämmung die Wandtemperaturen der Membrankonstruktion auf der Innenseite um 8 Grad auf 18 Grad Celsius angehoben und auf der Außenseite um 8 Grad abgesenkt wurden.

Der Energiebedarf zur Schaffung eines angenehmen Raumklimas für einen ZENDOME.30M liegt im Wintereinsatz bei ca. 10 kW. Beim Einsatz von 8 mm Dämmung mit der aerofabrix-Membrane reduziert sich diese Leistung auf 6 kW (40%). Isoliert man zusätzlich noch den Boden, werden zusätzlich ca. 2,6 kW Heizleistung gespart.

Bei knackigem Frost ist es nun möglich, mit wenig Aufwand ein wohlige Klima in mobilen Membranbauten zu schaffen. Im Laufe eines Wintertages spart man so beim ZENDOME.30M 36 kg CO₂ (bei fossiler Heizung) ein. Die Heizsysteme können fortan wesentlich kleiner dimensioniert werden. In einigen Fällen mag auch eine elektrische Heizung einfacher realisiert werden.

SUN & ENERGY

Ein Zelt zu betreiben benötigt Energie. Gerade im Event Geschäft ist die Herkunft der Energie nicht wirklich wichtig. So kommt es zu besonderen Fällen das im Zelt über die Klimaerwärmung oder die Verschmutzung der Meere diskutiert wird aber vor dem Zelt eine 200 kW Ölheizung den Raum beheizt. Da wir diesen Zustand in Zukunft nicht weiter hinnehmen wollten, haben wir mit dem Frankfurter Design Büro Stengele Cie eine mobile Solar Anlage mit 500 W Leistung, Pufferspeicher und Gleichrichter für den Event Bereich erdacht. Natürlich einfach auf Paletten zu verpacken und kompakt von Ort zu Ort zu transportieren. Ein kleiner Schritt um die Grundlast in der temporären Architektur zu decken. Aber irgendwo sollte man Anfangen.

BIO&SPHERE

Auch die Konstruktion der Struktur stellen wir immer wieder auf den Prüfstand. Wir benutzen bewusst Stahl statt Aluminium in unseren Konstruktionen. Eine gute Recyclefähigkeit des Materials bei geringen Kosten und guten statischen Werten ist uns wichtig. Trotzdem glauben wir, das es gerade im Consumer Bereich auch Alternativen zu ölbasierten Kunststoffen gegeben ist. Linolharze und eine Matrix aus Naturfasern sind nicht nur Marketing Plus sondern auch eine Blick in die Zukunft. Hier wollen wir dabei sein.

DOME&HOME

Das weltweit erste vollständig rückbaubare Boutique-Hotel steht in den schottischen Highlands in Portnacroish am Loch Linhe. Der ZENDOME.75TL bildet die Grundlage, aus der die Eigentümer und Initiatoren Nicola Meekin und Jim Mulligan ein einzigartiges Angebot für Paare geschaffen haben, die den ganz besonderen Urlaub verbringen wollen.

Geprägt von exklusivem Designanspruch und der Überzeugung, das zeitgemäße Unterbringen in jedem Fall Naturschutz beinhaltet, steht ecopod als Prototyp dieses innovativen Konzepts für den umweltbewussten Urlaub der Zukunft.

Durch das einzigartige geodätische Camouflage-Design der Designer Anonymous (London), der Kombination aus neuem Möbel-Design der Stadtnomaden (Freiburg) und Nolastar (Köln) sowie den Vintage-Möbeln entsteht ein ansprechender Lebensraum für einen einmaligen Urlaub vor der atemberaubenden Kulisse der schottischen Highlands.

Eine gelungene Synergie mit einem außergewöhnlichen Ergebnis, das aus dem Zusammenspiel verschiedener europäischer Produkte und Ideen erwachsen ist.

Für alle, die sich gerne an ihren Zelturlaub während der Jugendzeit erinnern, jedoch in der Zwischenzeit gelungenes Design schätzen gelernt haben und mittlerweile den Luxus und die Annehmlichkeiten des aufrechten Gangs bevorzugen.

HAPPY & BIRTHDAY

Anlässlich des 350-jährigen Bestehens der Firma Merck KGaA, Darmstadt – eines der führenden Wissenschafts- und Technologieunternehmen Deutschlands – wurde ZENVISION im Jahr 2016 angefragt, Vorschläge für eine Veranstaltungsfäche zu unterbreiten. Ziel war es, die besondere Unternehmenskultur des Unternehmens Merck KGaA, Darmstadt – das 2015 einen mutigen und konsequenten Relaunch seines CIs erhielt – in einen dreidimensionalen Veranstaltungsbau zu überführen. Unser Vorschlag, das prägnante Merck CI auf eine der größten mobilen geodätischen Kuppeln der Welt zu übertragen und diese mit einer 47 m großen, multimedial bespielbaren Kuppel auszustatten, überzeugte die Verantwortlichen.

Für die Kuppel des ZENDOME.2000 (50 m groß und 21 m hoch) wurden 40 Tonnen Stahl benötigt. Diese wurde mit Kontergewichten aus Stahlbeton, die ein Gesamtgewicht von über 500 Tonnen aufweisen, im Boden verankert. Jede der ca. 5 m langen Stahlstreben wiegt bis zu 75 kg. Die Außenmembranen haben eine Gesamtfläche von 13.000 qm und wurden in Handarbeit mit dem charakteristischen Merck Design veredelt. In der Hauptkuppel, dem ZENDOME.2000, finden zeitgleich 1.700 Personen Platz, die auf extra errichteten Tribünen den Ereignissen auf der Hauptbühne folgen können. Im Boden eingelassene Wasserbecken unterstützen mit ihren Reflexionen die für die Veranstaltungen produzierten 360 Grad Filme.

Lightweight in temporary Architecture

zenvision

DANKE & APPLAUS



ZENVISION GmbH
Prenzlauer Promenade 189
13189 Berlin
030 47377620

CMP

www.zenvision.de info@zenvision.de

Alle Bilder durch Copyright geschützt

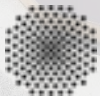
BioMat

Biobasierte Materialien und Stoffkreisläufe in der Architektur

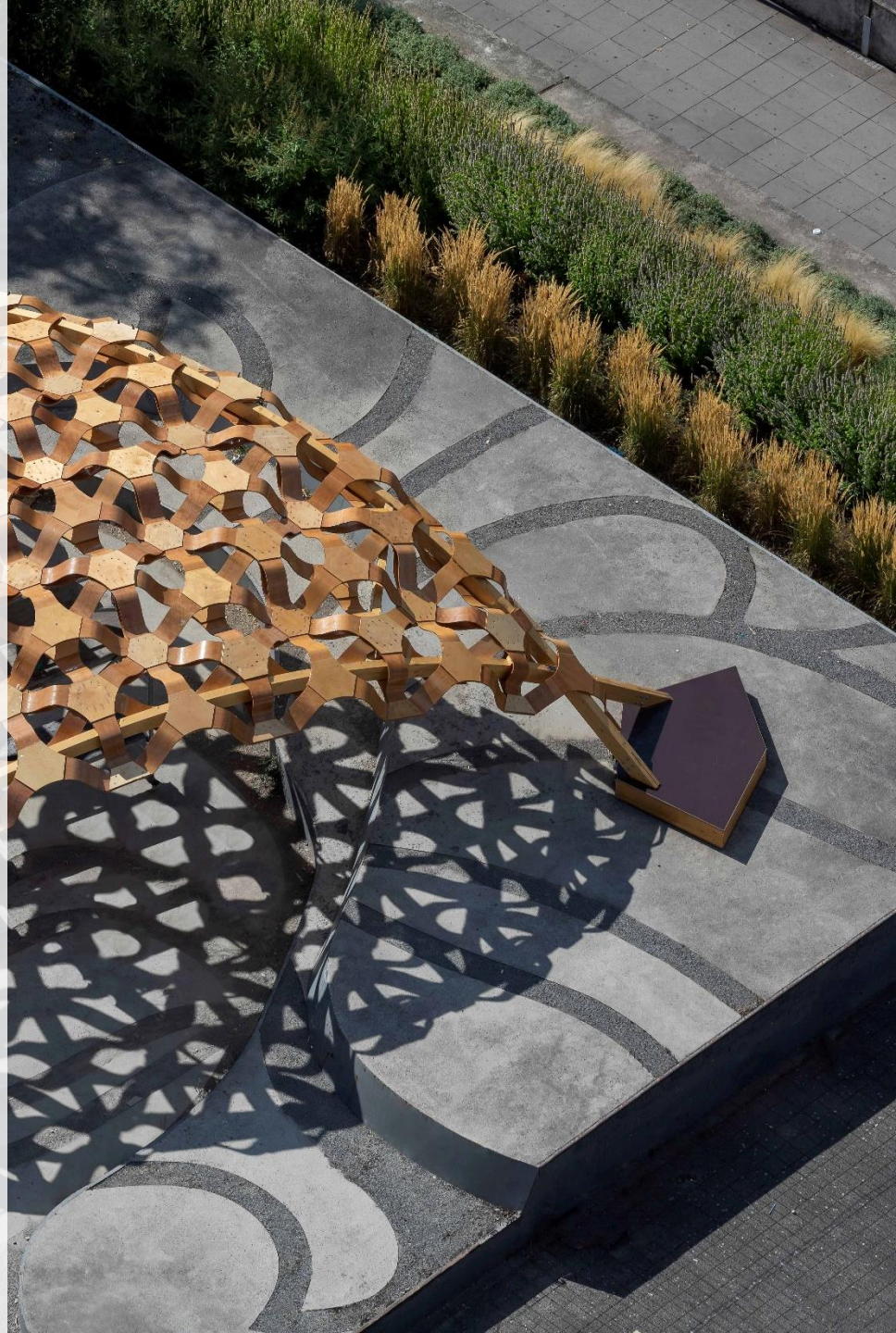
*Abteilung des Institut für Tragkonstruktionen und
konstruktives Entwerfen an der Universität
Stuttgart*

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Arch. Hanaa Dahy

**Intelligentes Design und
digitale Fabrikation von
Biomaterialien für die
Architektur von morgen.**



Universität Stuttgart





University of Stuttgart
Stuttgart Research Center for Architecture:
Integrative Design and Adaptive Building

/ EN  

🏠 **Members** › Dahy




Jun.-Prof. Dr.-Ing.

Hanaa Dahy

Professor
Faculty of Architecture and Urban Planning
Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE)

Contact

 [+49 711 685-83274](tel:+4971168583274)

 [Email](#)

 [Website](#)

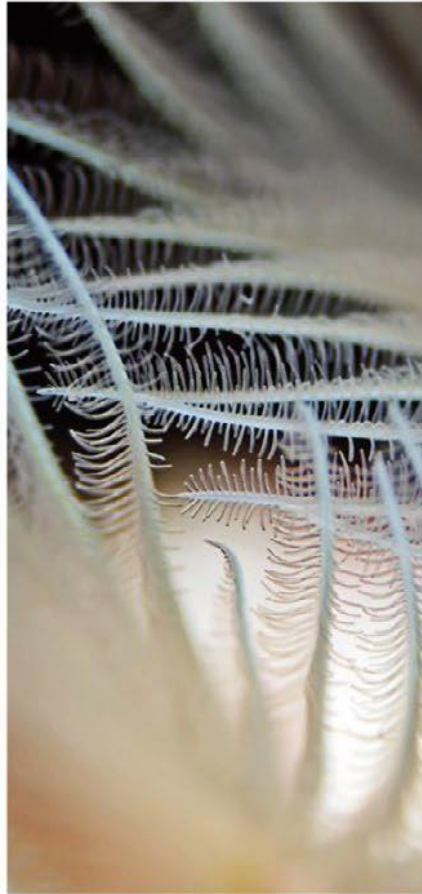
 Keplerstrasse 11
70174 Stuttgart
Germany

Subject

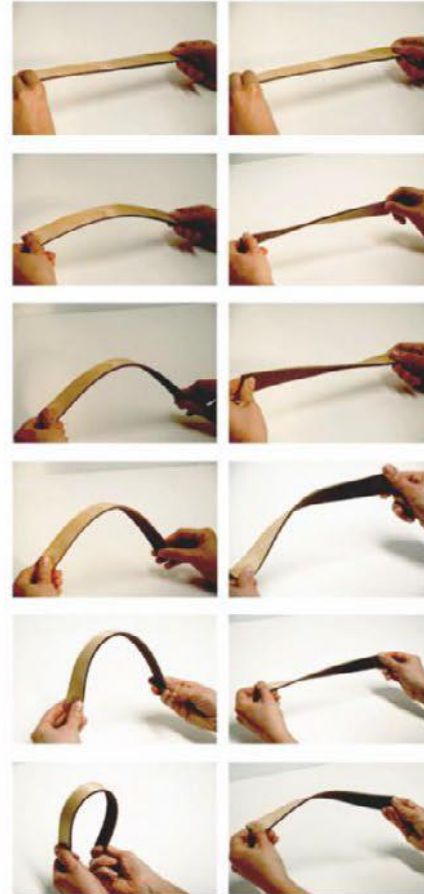
Hanaa Dahy leads the research group Bio-based Materials and Material Cycles in Architecture (BioMat). She researches methods for the design integration of material cycles in architecture and the development of bio-based materials and sustainable building systems for digital fabrication.



Biomaterialien



Biomimetics



,'Smart' Materialien



Design&Fertigung



Nachhaltige Architektur...Materialien als Design-Tool

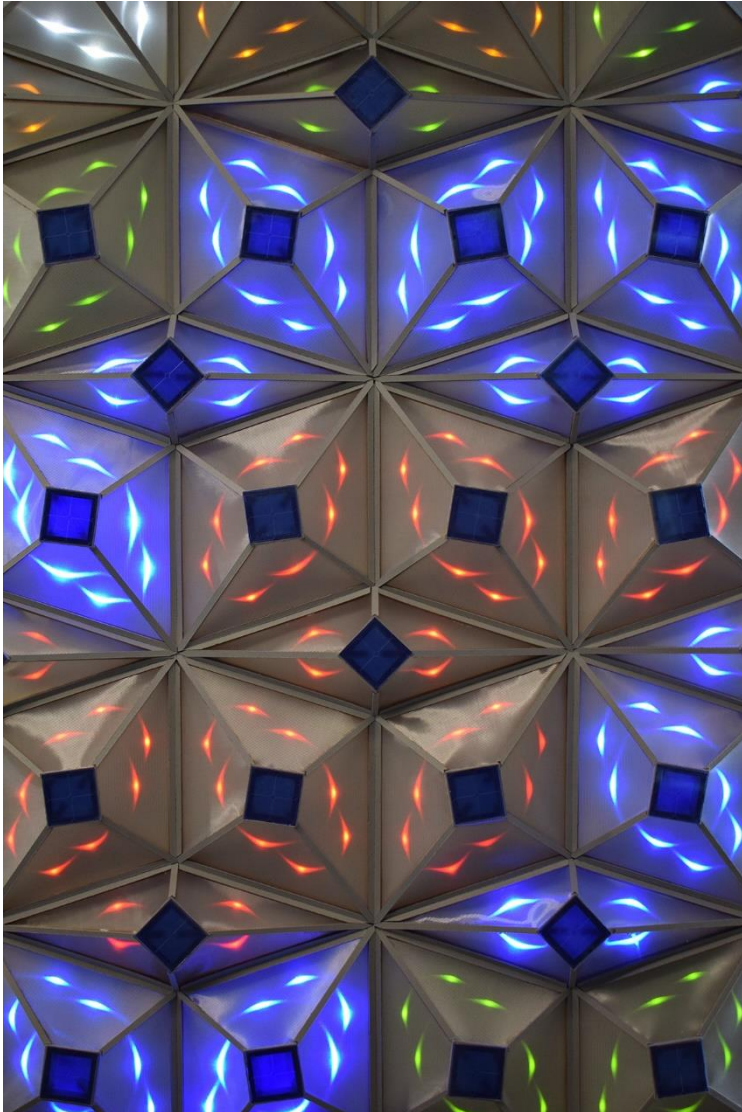


Solar Design

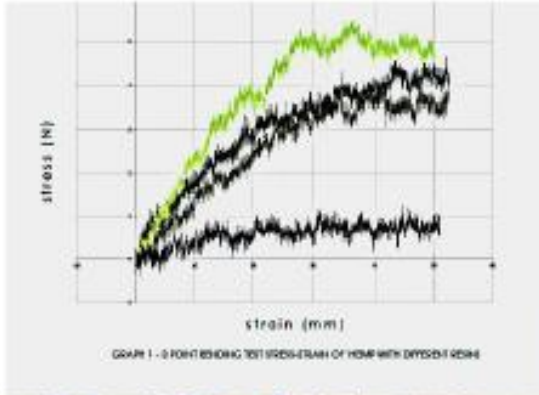
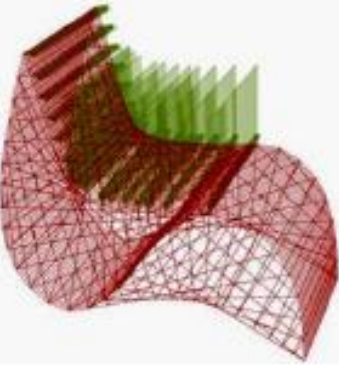
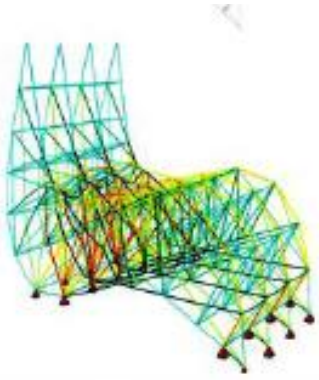
Mona Mühlich MML I (SS17)

in cooperation with:

Dr. rer. nat. habil. Jürgen Werner Institut für Photovoltaik



Example of Use – the Future
Solar Garage Vauban,
Freiburg, Germany



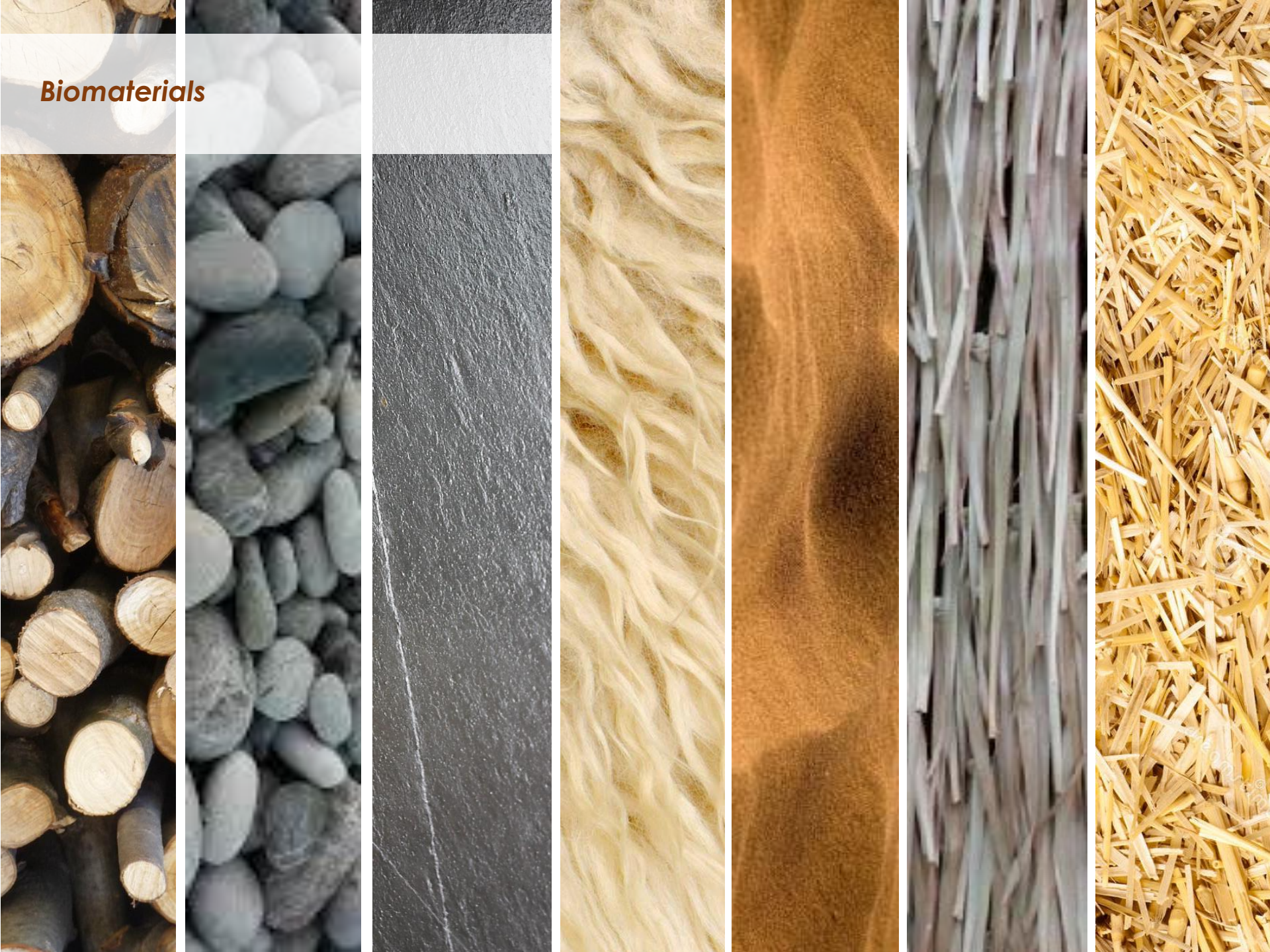
- ein flexibles und gleichzeitig steifes Bauteil das bestimmten Belastungen standhält.
- Sperrholz in Form von Biegestreifen und doppelt gekrümmten Oberflächen wurde zur Herstellung antiklastischer Oberflächen verwendet, und bildet Grundlage des Konstruktionssystems und durch biegeaktive Bänder versteift.





TPChair untersucht das plastische Verhalten von thermoplastischen Polymeren mit dem Ziel, Steifigkeit durch formlose Thermoformung von dünnen Platten zu erreichen.

Biomaterials



Biocomposites

Fiber Reinforced Composites with min. 1 bio-component



Natural Fibre

Manmade Fibre

Fossil-based Matrix

Bio based Matrix

Green Biocomposites = Green Natural fibre reinforced composites (green NFRC)



Agro-fibers

Worley-Idaho – USA. Photo credit: Jessica Caplan



China's Guizhou province. Photo credit: (china.org.cn)



Sueca (Valencia)-Spain. Photo credit: Wong, A.- Arbokem Inc., 2011



Chile- South America. Photo credit: Matt, 2012

Biocomposite





BIO-FLEXI

Development of a HDF fibreboard with elastic binders- with high NF contents 80-90%

European Patent - (No. EP 14 002 343.3), International Patent - (No. PCT/EP2015/001238) I





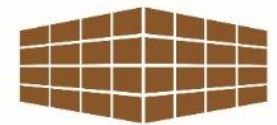
Bio-flexi

Diese Entwicklung ist eine recycelbare und kompostierbare flexible Faserplatte mit hoher Dichte, die hauptsächlich aus recycelten Naturfasern hergestellt wird. Diese Entwicklung ist im Juli 2014 als Patent in Europa mit der Nummer: EP 14 002 343.3 und als internationales Patent mit der Nummer: PCT / EP2015 / 001238 angemeldet.



Bending Voxel:Design Project, Timo Sippach (<http://www.hanaadaty.com/portfolio-type/bending-voxel/>)

M
BEST OF
AWARD
CO₂



materialPREIS2016
1. Auszeichnung Studie

Produkt-Designs

studentische Arbeiten – aus diversen Lehrveranstaltungen (mit Kooperationspartnern aus der Industrie)

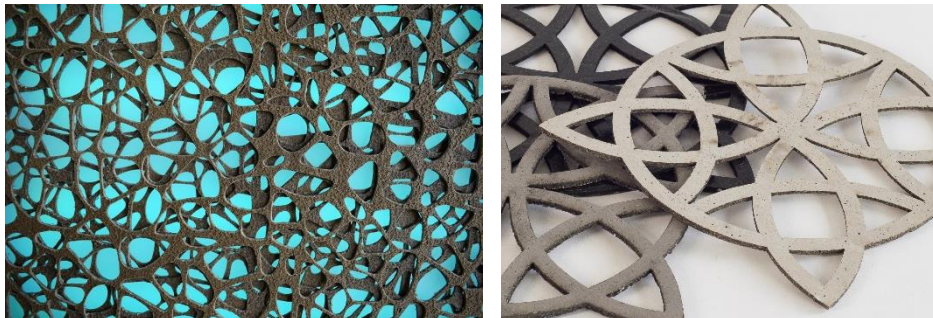
Konturen, Haptik und Transluzenz



Geometrieprofile und Farben



Organische und ornamentale Designs

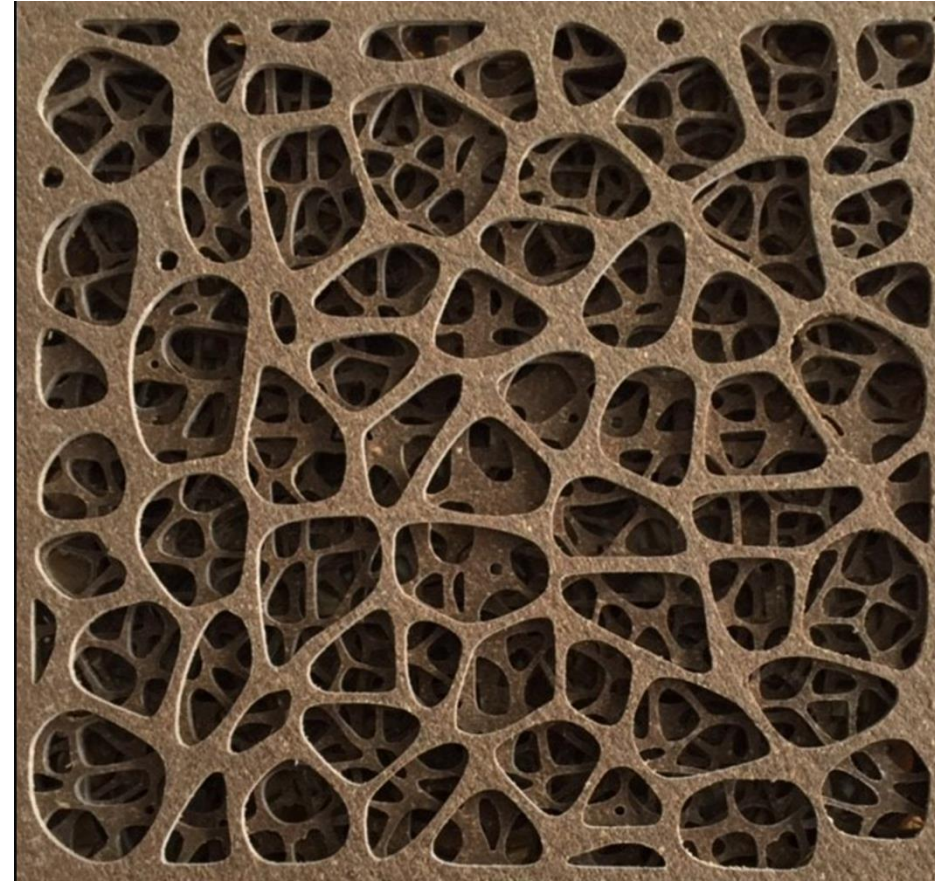


Platten aus Umweltfreundlichen Sandwichelementen
Sandwichelemente aus pflanzlichen Reststoffen mit integrierter
Schall- und Wärmeschutzfunktion für Anwendungen in der
Architektur

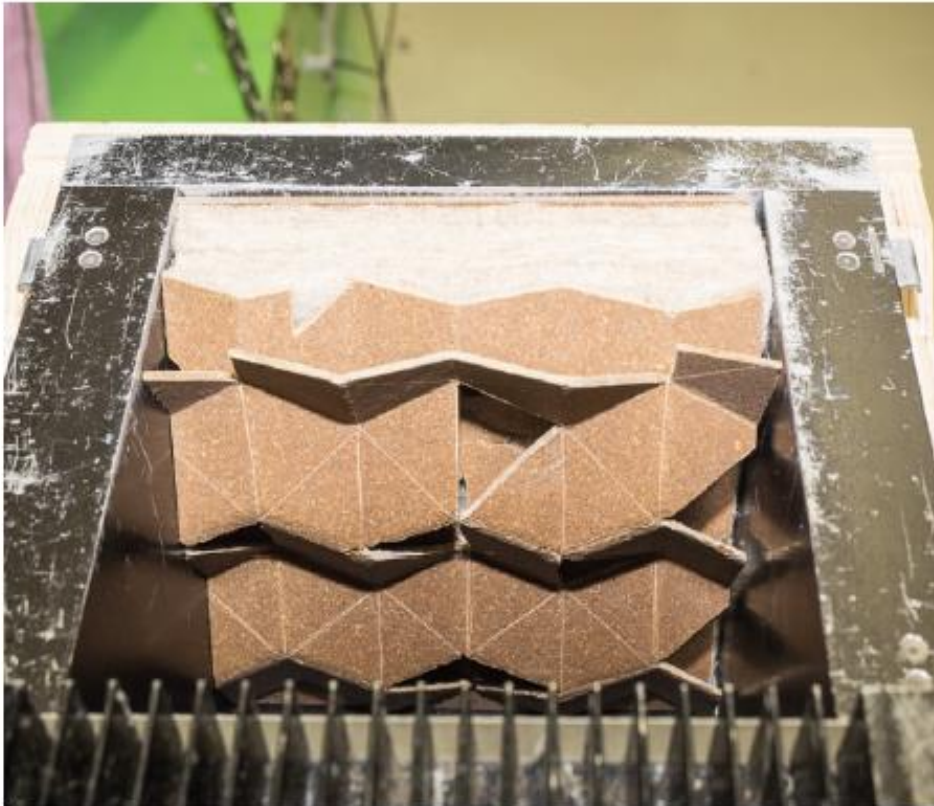
Gefördert durch:



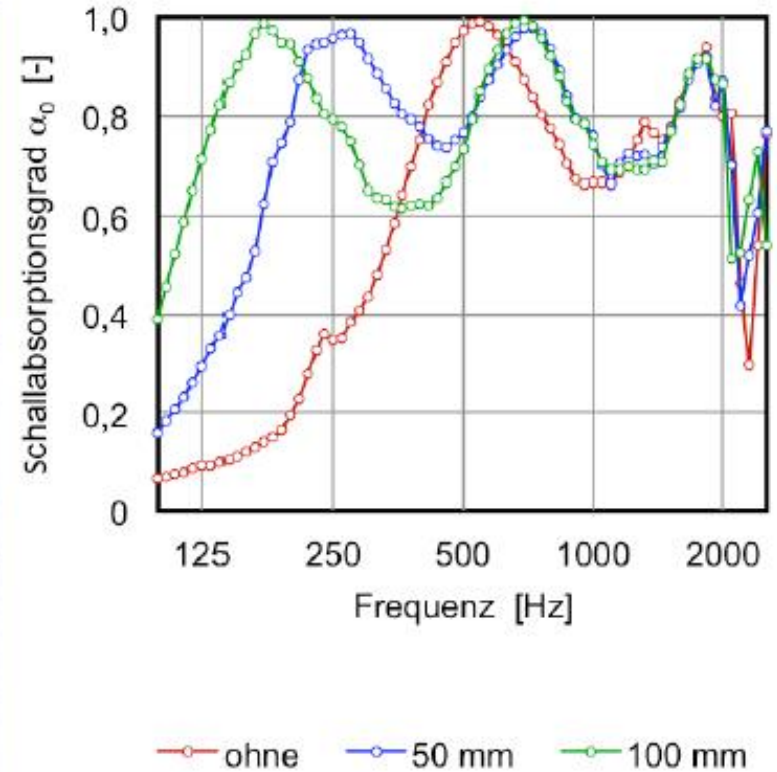
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

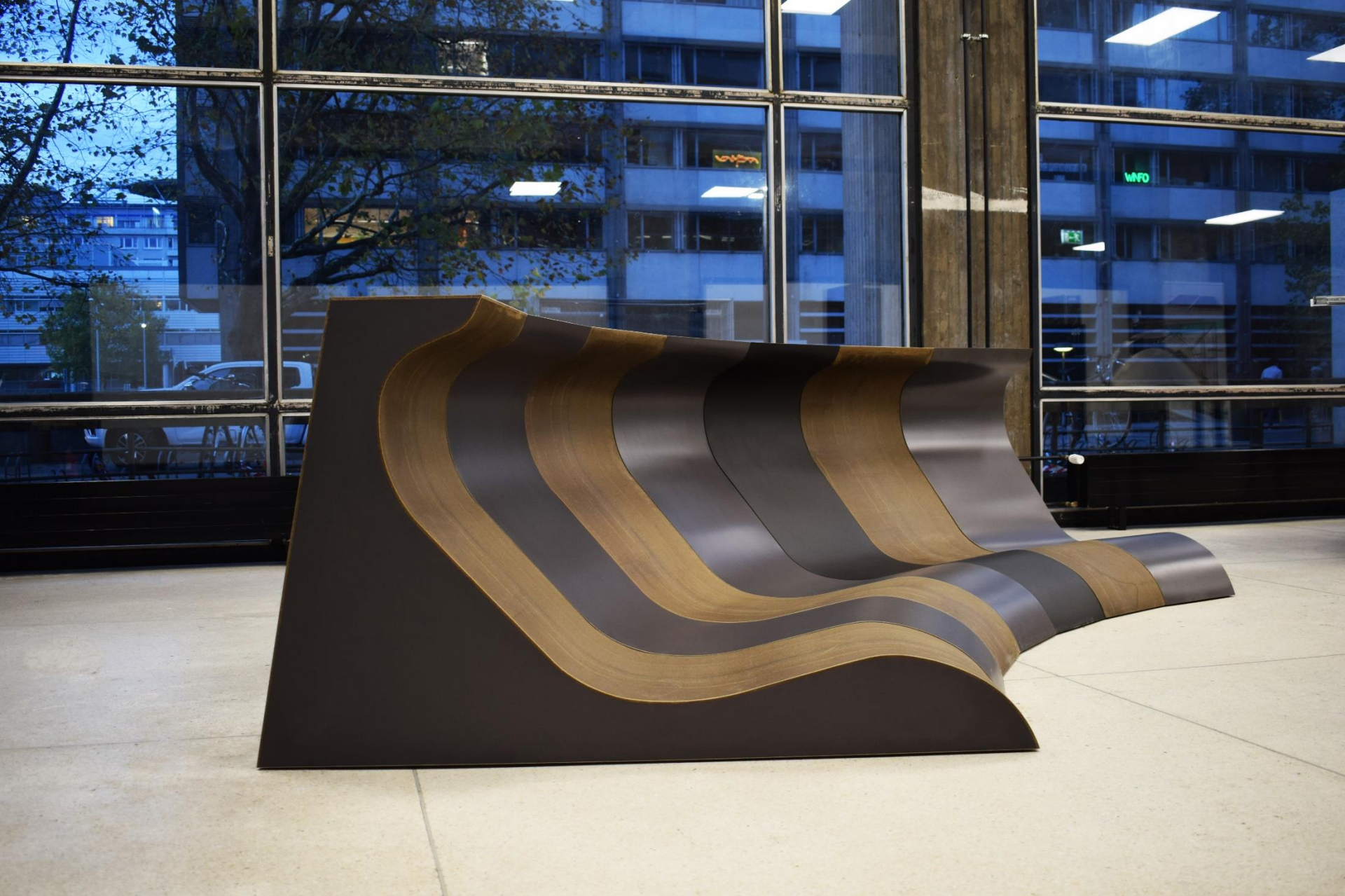


Bio-acoustic absorber



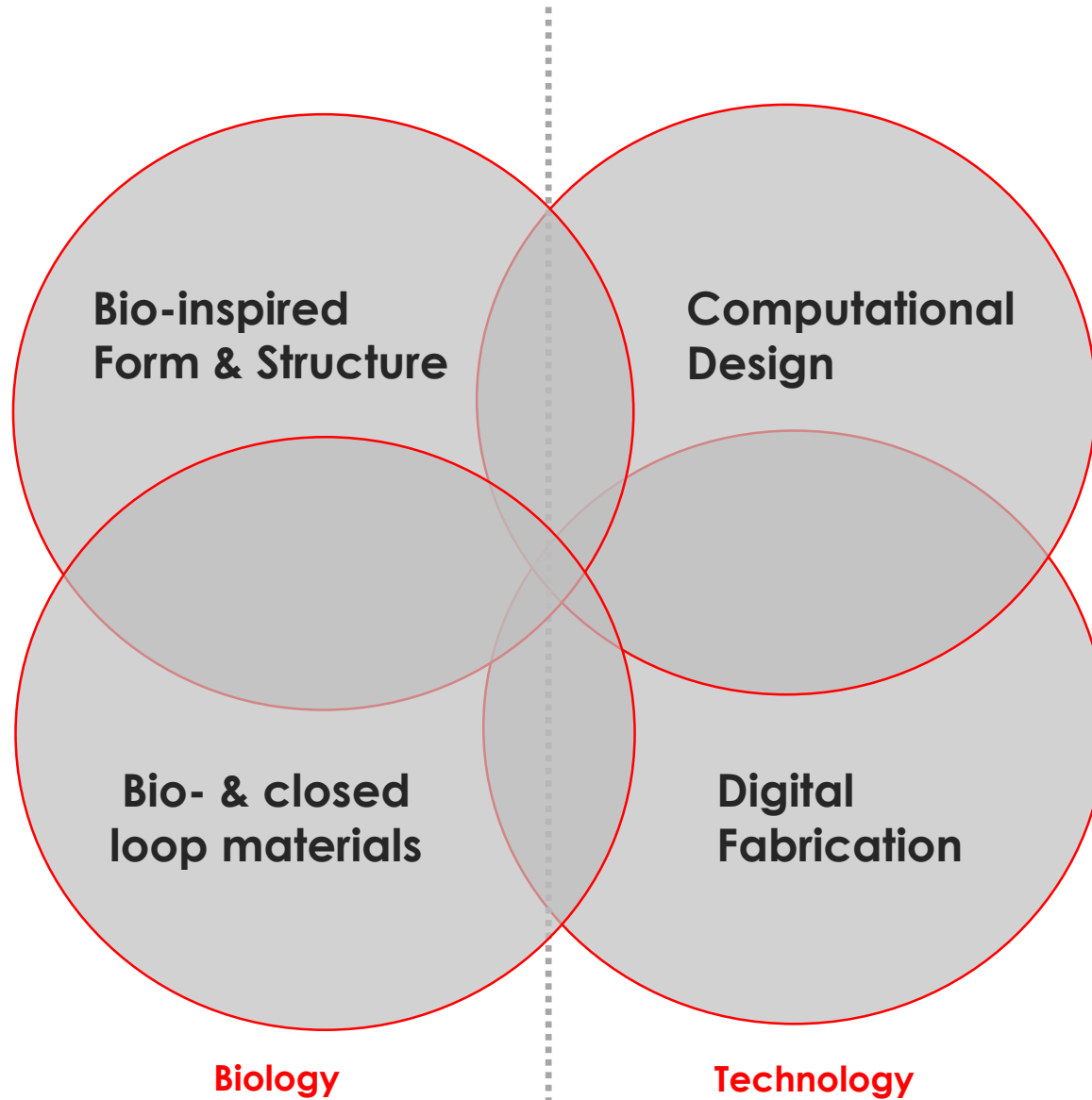
Helmholtz-Resonator with triangular openings combined with porous absorbers







Biomimetics



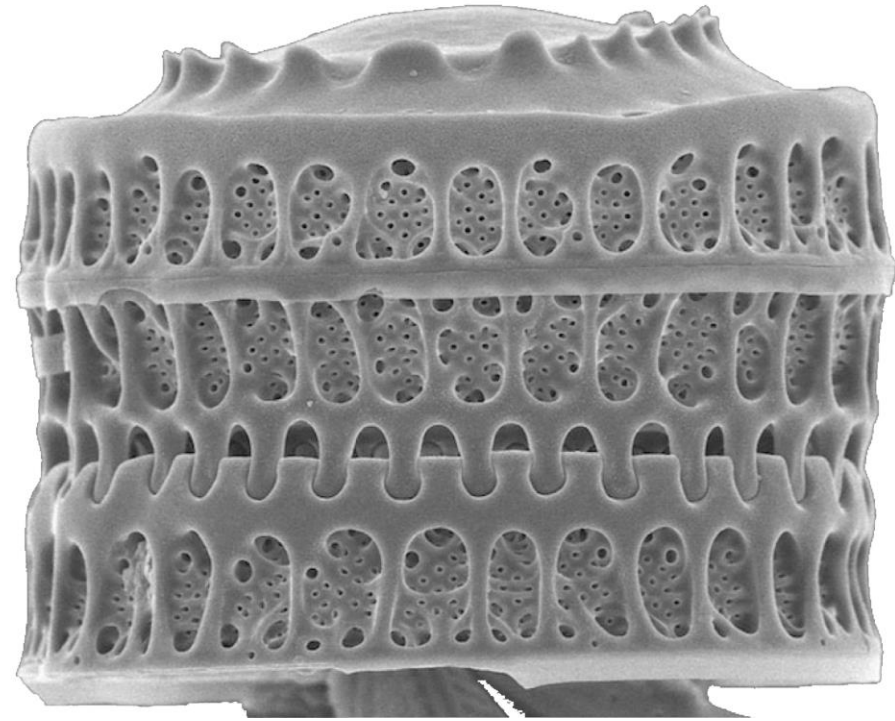
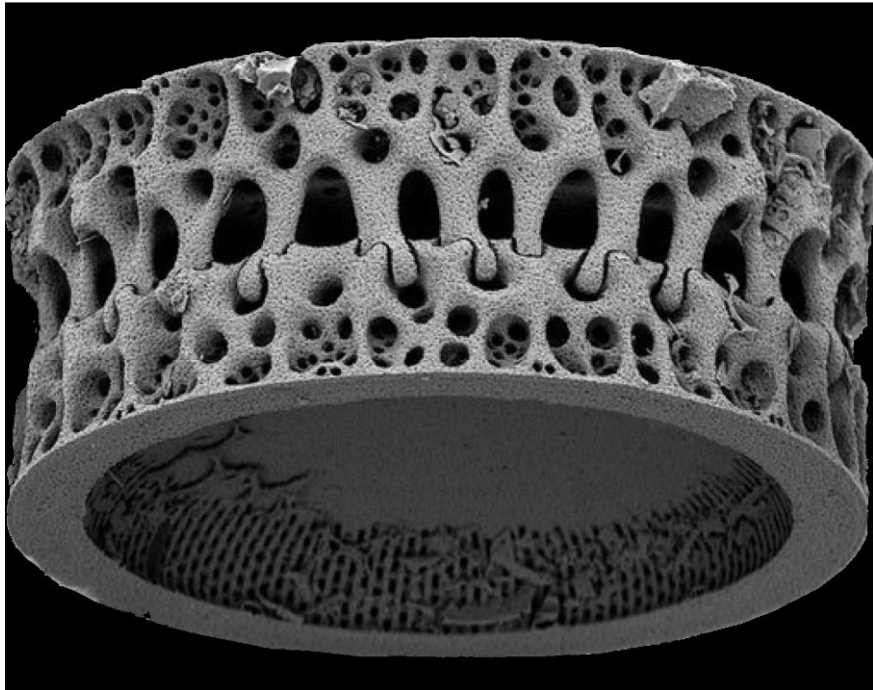
Design in the architecture of tomorrow, based on biology and technology intersection



***Interlocking Shell_Biomimetic
Research PAVILION***



Design Projekt: Viktoriya Ivanova, Arzum Coban




*Biological role model: **Diatoms** (a major group of algae specifically microalgae, found in the oceans, waterways and soils of the world.*



Design Projekt: Viktoriya Ivanova, Arzum Coban



Design Projekt: Viktoriya Ivanova, Arzum Coban

An aerial photograph of a modern pavilion structure. The pavilion features a complex, woven facade made of light-colored wood and biocomposites, forming a series of interconnected, irregular shapes that create a screen-like effect. The structure is supported by several dark, rectangular columns. The pavilion is situated on a paved area with a large, intricate, light-colored geometric pattern. The surrounding area includes a paved walkway and a grassy area with tall, thin plants. The overall scene is captured from a high angle, showing the pavilion's shadow cast onto the ground.

FLEXIBLE FORMS
Wood & Biocomposites PAVILION





<https://vimeo.com/294668955>

THANK YOU!





University of Stuttgart
Germany



UNIVERSITY OF
HOHENHEIM



Fraunhofer

NMI
schafft Ergebnisse



Thank you for your interest.



Thomas Bauernhansl & Markus Wolperdinger

Stuttgart, May 15, 2019