

Neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik



Erich J. Windhab

ETH Zürich



1. Ausgangssituation: Globale Versorgungs- und Ernährungssituation
2. Hauptmassnahmen und Einflussfaktoren bei der Erschliessung neuer Ernährungsquellen
3. Disruptive Technologien als integrierende Faktoren der “Food value Chain”
4. Neue Technologien entlang der “Food Value Chain”
5. Strategische Zielvorgaben für Umsetzungsmassnahmen
6. Zusammenfassung / Ausblick

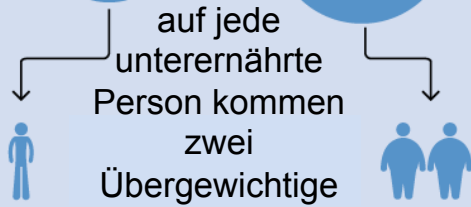
Tod durch
Hunger oder
Übergewicht

1

HEUTE
IN DER
WELT

UNDERNOURISHED PEOPLE
868
Mio

OBESE OR OVERWEIGHT PEOPLE
1.5
Mrd.



TOTE
jedes Jahr
weltweit

zu wenig
36
Mio

NAHRUNG



zu viel
29
Mio



Das Lebensmittel-System betreffende Trends:

- **Gesundheitswahrnehmung**
- **Umwelt-Nachhaltigkeit**
- **Umweltschädigung**
- **Digitalisierung**
- **Konsumenten-Information**
- Urbanisierung
- **Soziale Verantwortung**
- **Personalisierung**
- Regulierungen
- Multipolarität
- Offene Datenstrukturen
- Kampf um Ressourcen
- Einkommensverschiebung
- Neue soziale Strukturen
- Mobilität
- Überalterung
- Talentmangel
- Neue Arbeitsstrukturen
- Unterhaltungsgesellschaft
- Mehr Frauen in Positionen

Massnahmen:

- Neue LM Rohstoffe/-quellen
- Verbesserte Umweltbedingungen
- Neue Kultivierungs- und Erntemethoden / Prozesse

Zielsetzungen

- mehr verfügbare Biomasse
- verbesserte Qualität (sicher, nutritiv, sensorisch)
- weniger Verluste (Abfall)
- Bessere Verwertung/Funktionalität

- Neue Aufbereitungs-, Haltbarmachungs- & Veredelungsprozesse

- Neue Verpackungs- & Lagerungsmethoden
- Neue Retail-Systeme

- Neues Verbraucherbewusstsein /-verhalten

- Verbesserte nutritive Eigenschaften

Agricultural
Production

Processing

Retailing

Consumption

Biological
Response

Food System 4.0

Integrators



Internet of things



Robotics



Additive Manufacturing



New partnerships & collaborations



Unlocking new value from waste

Environmental impact factors on resilience

Food Value Chain



Agro-Production

Processing

Retailing

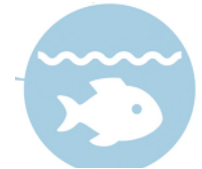
Consumption

Biological Response



personal & public health

Precision-
vertical &
urban
farming



Aquaculture



Functional Structure processing



Active & Intelligent Packaging



Conscious Food Choice



Pleasurable Food



Nutritive Food

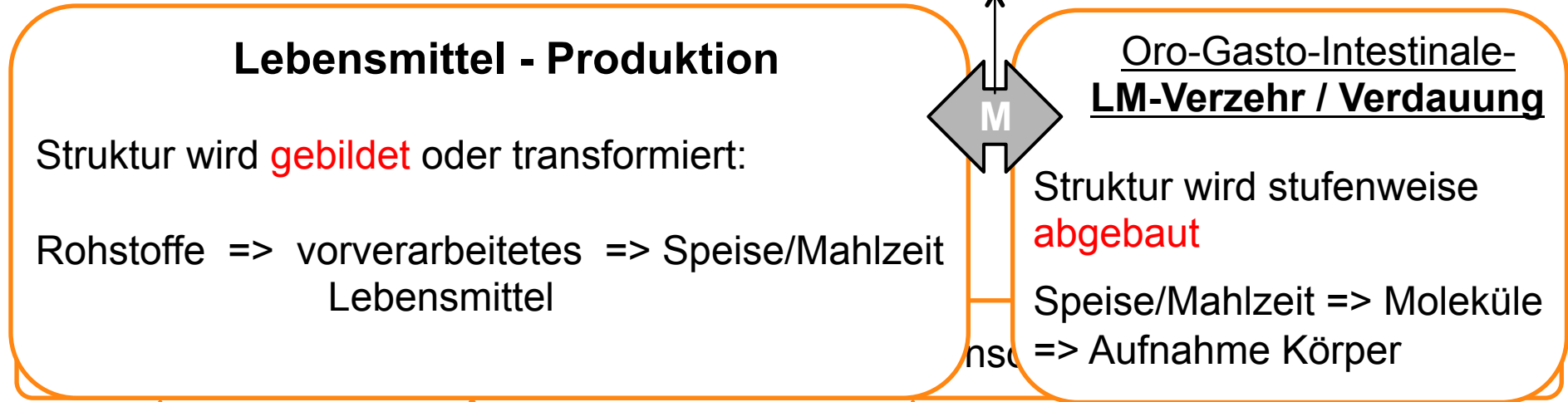


Alternative proteins



Intelligent Supply & Demand

“Spiegel”- Funktion



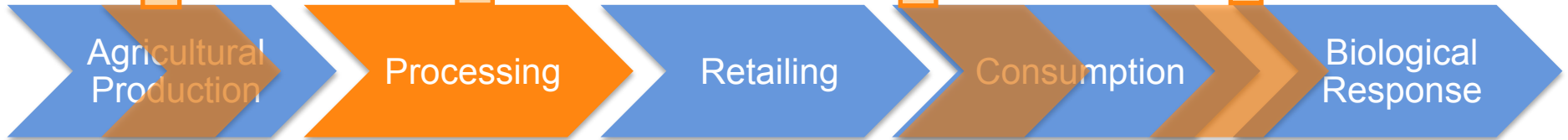
separieren & erhalten

masschneidern & optimieren

personalisieren & zubereiten

aufschliessen & verdauen

LEBENSMITTEL - Wertschöpfungskette

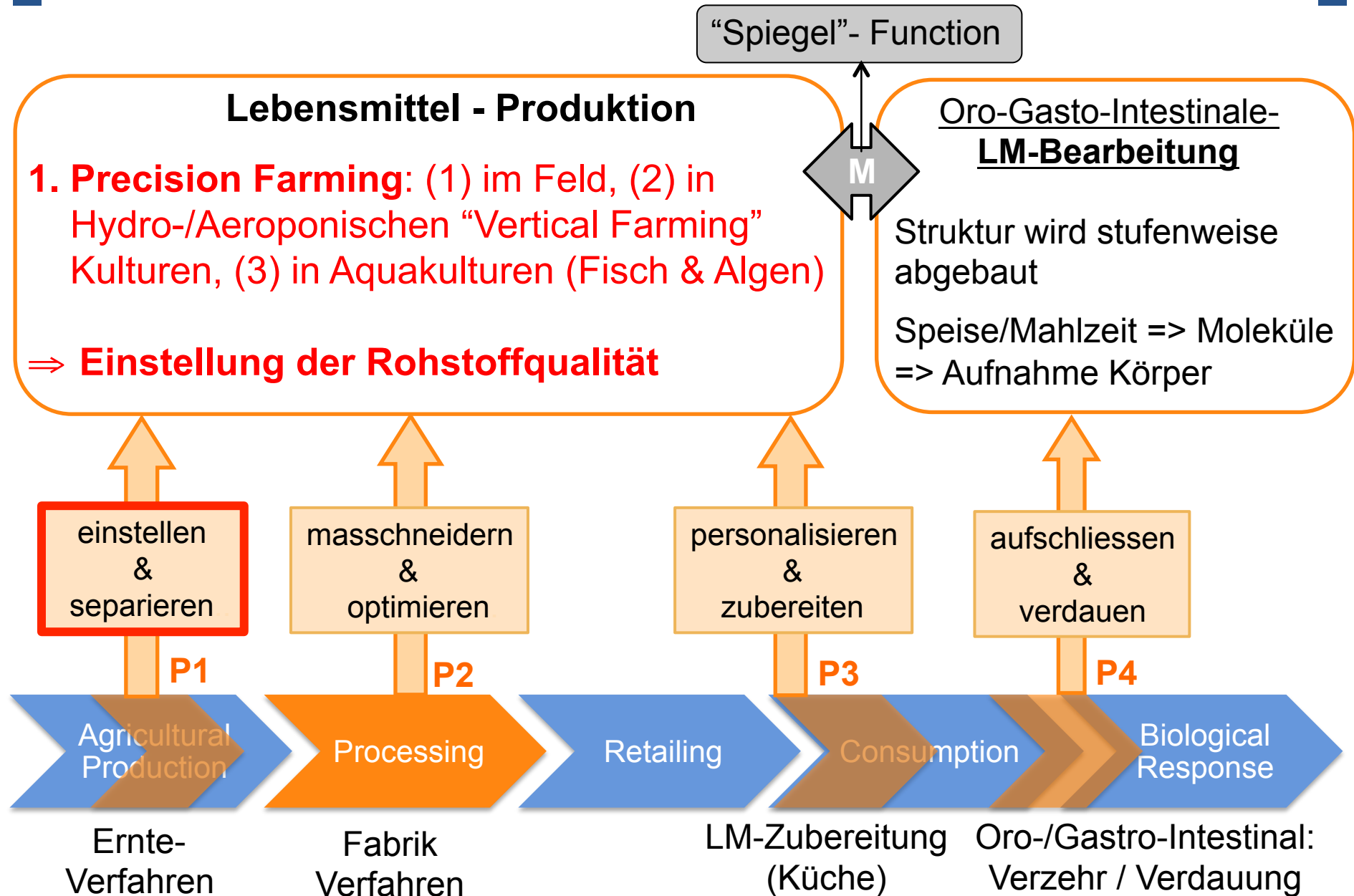


Ernte-Verfahren

Fabrik Verfahren

LM-Zubereitung (Küche)

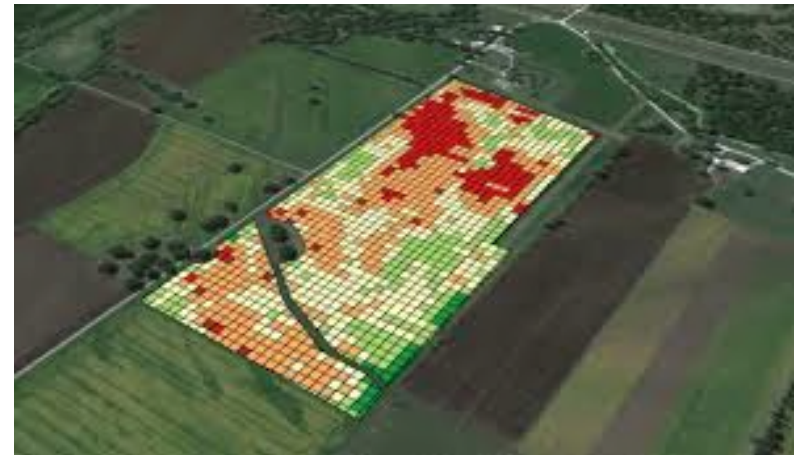
Oro-/Gastro-Intestinal: Verzehr / Verdauung





Präzisions-Farming:

- Wachstums-/Nährstoff Kontrolle
- Lokale Düngung / Behandlung...





ERTRAG:
Feld x 10 => Gewächshaus
Feld x 150 => Verticales Farming

Aquakulturen:

(1) Algen, (2) Fisch

(3) Algen + Fisch

(=> z.B. "Urban Farming")



Mikroalgen - Kultur



Algen - Schlaufenreaktor



Aquakulturen (Fisch)

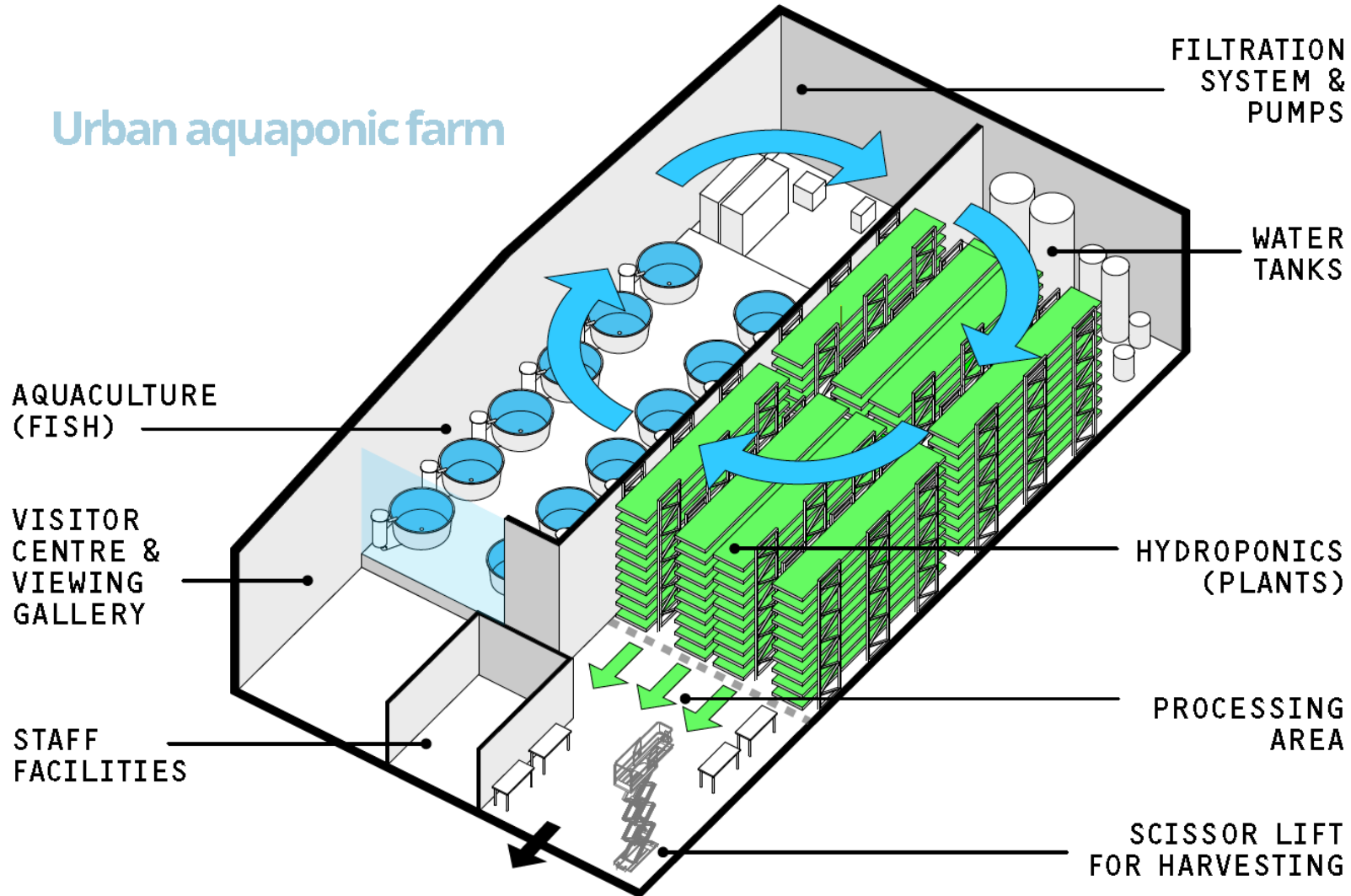
Off shore =>
(Ozean / Fjorde)



<= Süswasser
(Beckern)

Recirculating Aquaculture Systems

Urban aquaponic farm



Insekten – Farming

⇒ via Tierfutter oder direkt
in Humanernährung



Novel protein products



Lab grown meats



- Uses potentially 45% less energy, 96% fewer GHG emissions, and requires 99% less land than the average for farmed beef.
- First hamburger made in 2013. It cost approx £200,000 and took 2 years to create.
- Processed meat such as ground beef, pork, sausage may be feasible on a production scale in the next 5 to 10 years.

Seaweed



- Protein levels of up to 47%.
- Most types contain all essential amino acids.
- Saltwater crop; uses no fresh water.
- Seaweed meal may help increase body condition and wool production in sheep and milk production in cows

Microalgae



- High lipid (oil) content; can produce 50 times more oil than corn per hectare.
- A new study shows it may be a viable option to replace corn in cattle feed.
- Dried defatted algae could replace up to 1/3 of soybean meal in diets for pigs and chickens, replacing 10% of pig feed with algae would save 30 million tonnes annually.

Insects



- Lower land use requirements and potentially lower GHG emissions.
- High protein digestibility (86-89%).
- Up to 80% of bodyweight is edible and digestible, compared to 55% for chicken and 40% for cattle.
- Insects can be reared on various organic substrates such as vegetable waste, manures, and food waste, creating value from and reducing waste products.

Bacteria

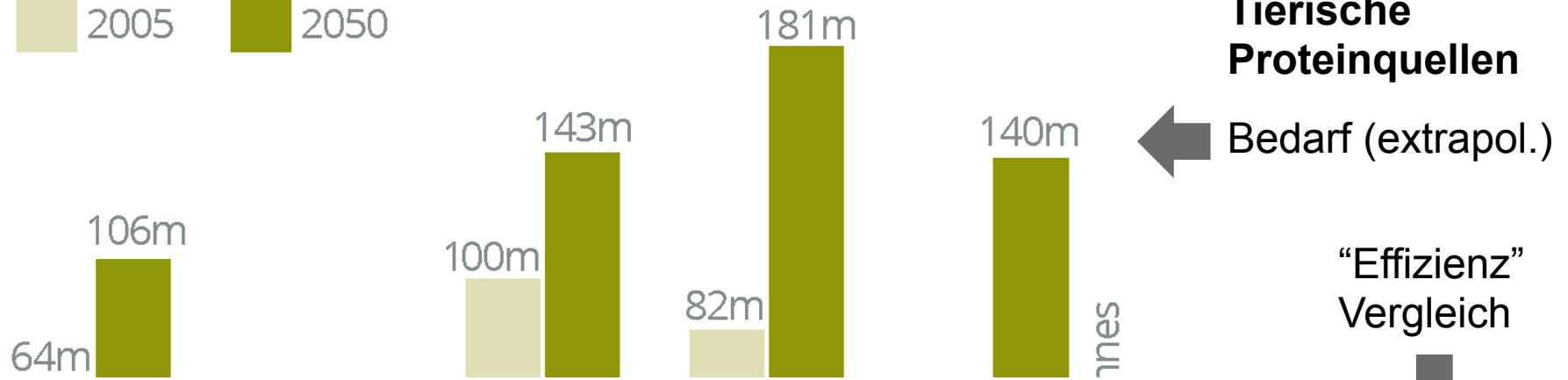


- Can be grown on wastewater nutrient sources, without feed or sunlight.
- Methane can be used as input for high volume production.
- Up to 60% protein, with high levels of digestibility.

Animal feed



2005 2050



Tierische Proteinquellen

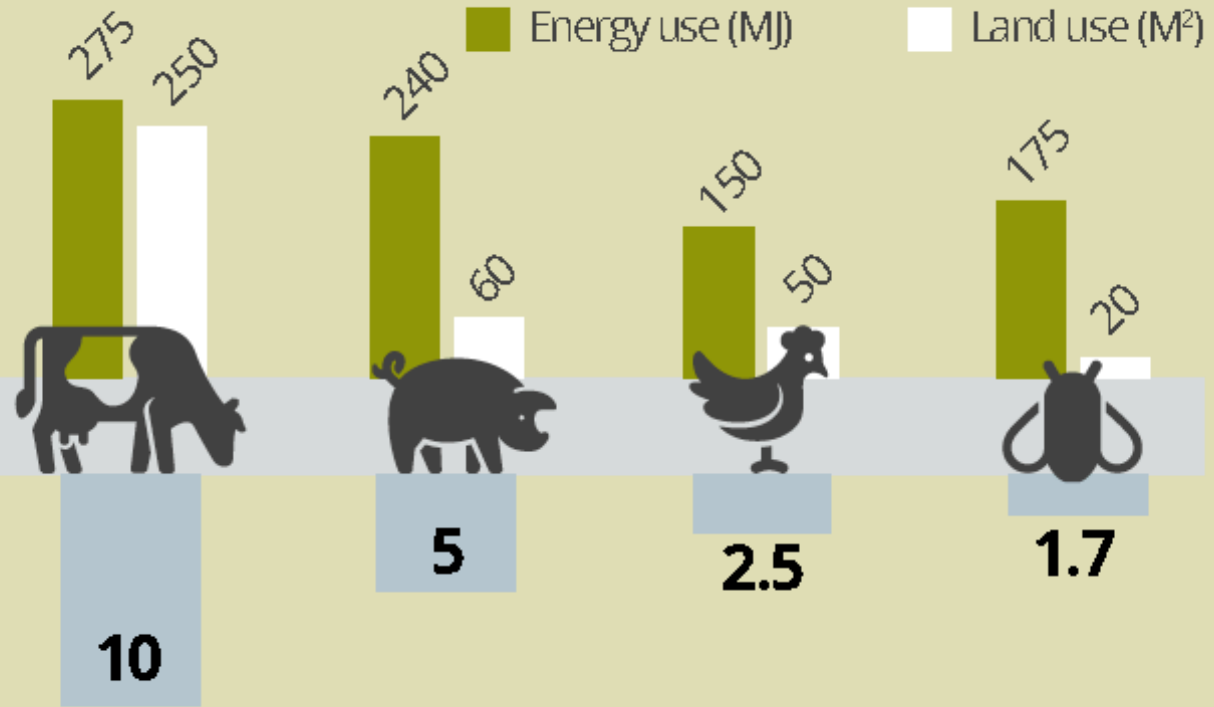
Bedarf (extrapol.)

“Effizienz” Vergleich

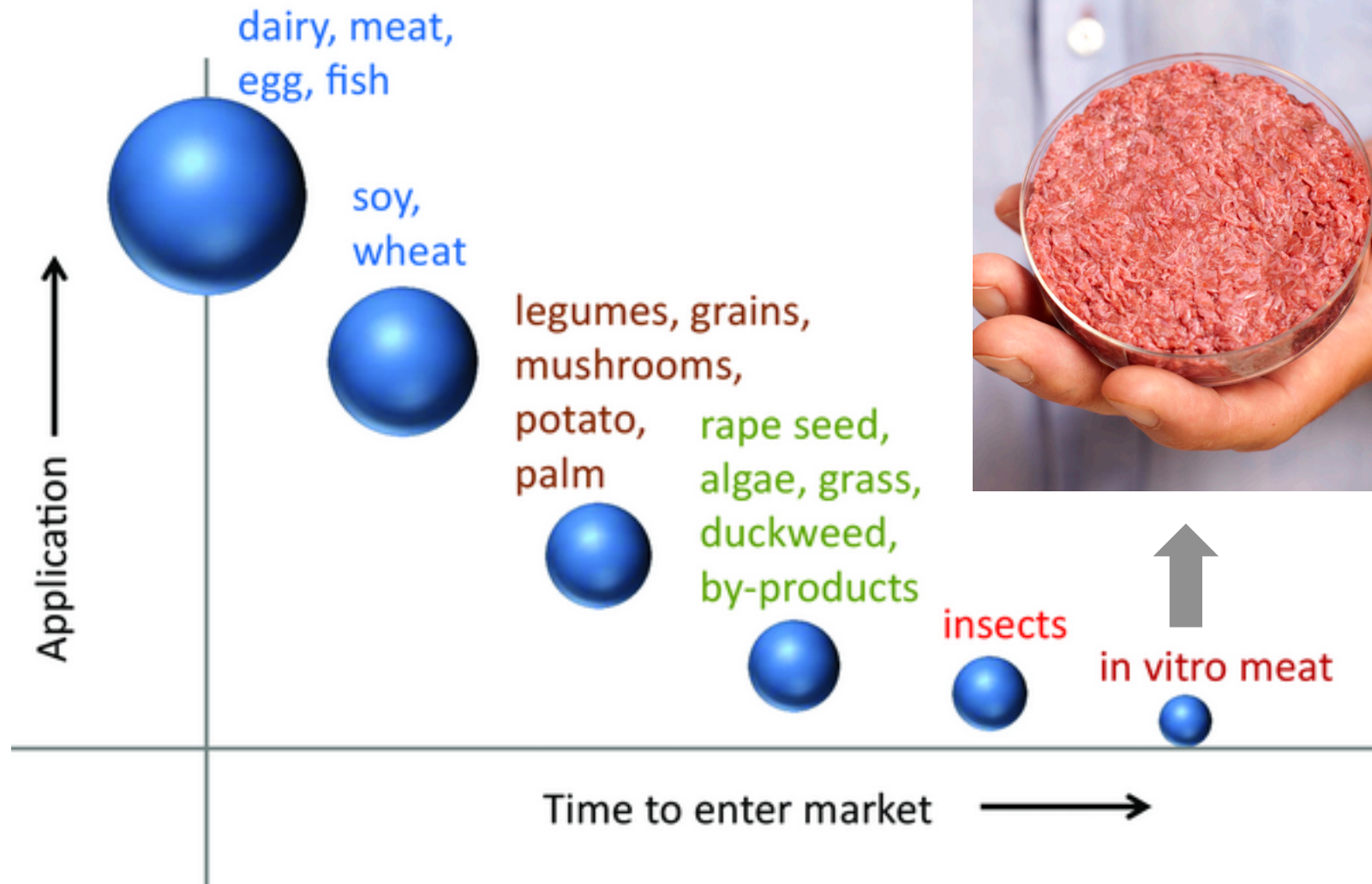
Comparing proteins

Input per kg of protein

kg feed required per kg bodyweight



Potentielle Risiken	Insekten	Microalgen	Seetang	Buchweizen	Raps
Schwermetalle	x	x	x	x	x
Pestizide	x	x	x	x	
Pathogene	x	x		x	
Allergene	x	x			x
Anti-Nutr. Faktoren (ANFs)			x		x
Toxine			x		
Natürlicheral Toxine		x			
Mycotoxine	x				
Medikamenten Rückst.	x				
Dioxine			x	x	
Jod			x		
Phenole				x	
Procezz Kontamin.	x	x	x	x	x



“Spiegel”- Funktion

Lebensmittel - Produktion

2. Neue Separations-/Extraktionsverfahren
(z.B. selektive Magnetische Protein Separation)

⇒ **Einstellung der Rohstoffqualität**

Oro-Gasto-Intestinale-
LM-Bearbeitung

Struktur wird stufenweise abgebaut

Speise/Mahlzeit => Moleküle
=> Aufnahme Körper



einstellen
&
separieren

P1

masschneidern
&
optimieren

P2

personalisieren
&
zubereiten

P3

aufschliessen
&
verdauen

P4

Agricultural
Production

Processing

Retailing

Consumption

Biological
Response

Ernte-
Verfahren

Fabrik
Verfahren

LM-Zubereitung
(Küche)

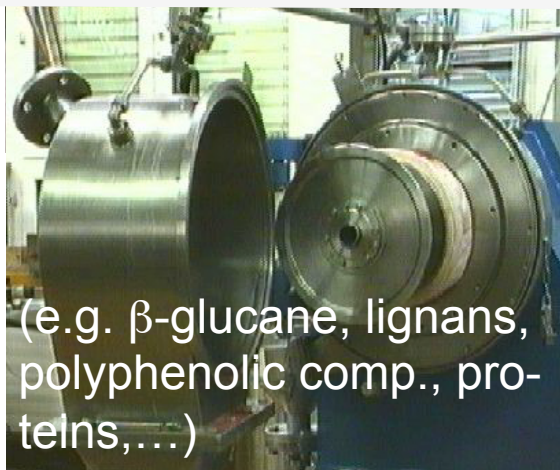
Oro-/Gastro-Intestinal:
Verzehr / Verdauung

Selective & high throughput functional protein EXTRACTION

Step1: high pressure steam extraction of multiple functional component concentrate

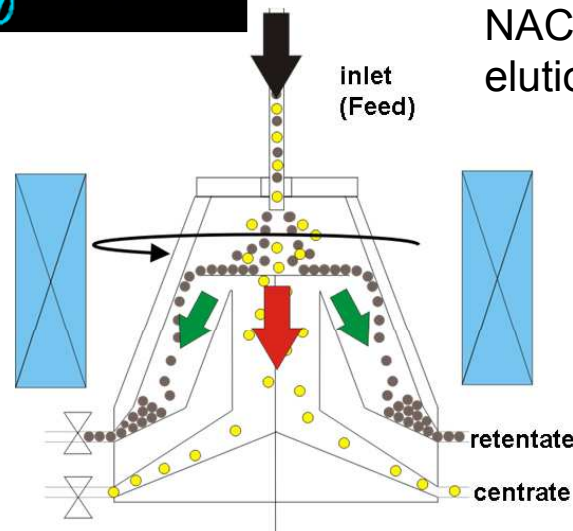
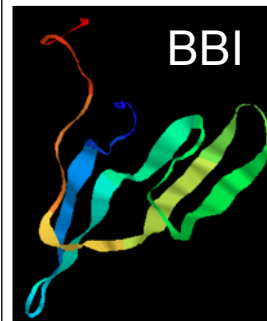
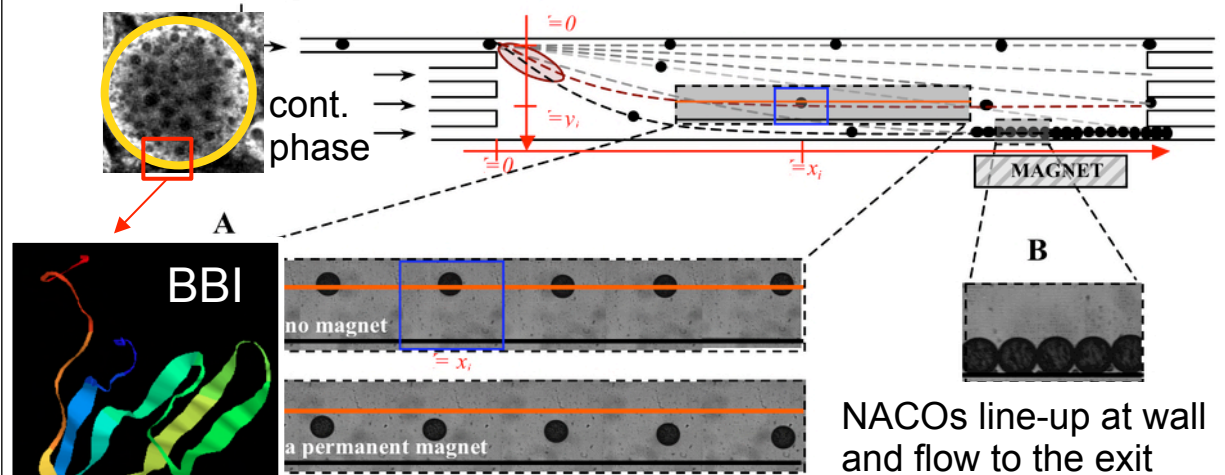


E. Rondeau, E Windhab et al. (2010)



(e.g. β -glucane, lignans, polyphenolic comp., proteins,...)

Step2: Selective FC extraction (high throughput magn. fishing)



NACO separation washing / elution and regeneration



EU-FP7-MagPro²Life

“Spiegel”- Funktion

Lebensmittel - Produktion

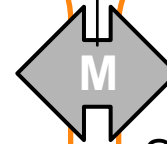
3. Schonende Mahlverfahren

⇒ **Erhalt natürlicher Eigenschaften**

Oro-Gasto-Intestinale-
LM-Bearbeitung

Struktur wird stufenweise abgebaut

Speise/Mahlzeit => Moleküle
=> Aufnahme Körper



STRUKTUR & FUNKTIONALITÄT (sensorisch, nutritiv / gesund)

separieren
&
erhalten

P1

masschneidern
&
optimieren

P2

personalisieren
&
zubereiten

P3

aufschliessen
&
verdauen

P4

Agricultural
Production

Processing

Retailing

Consumption

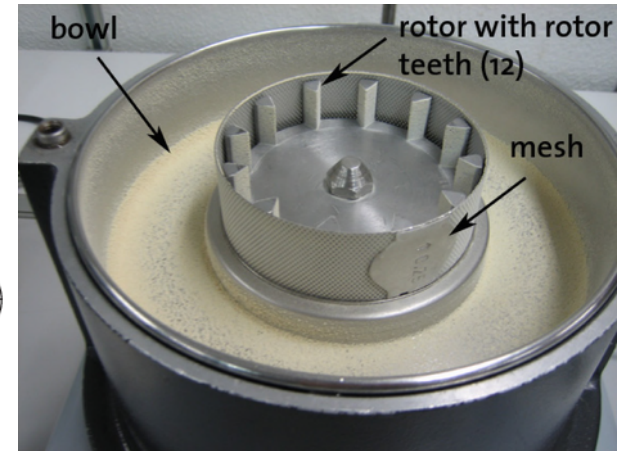
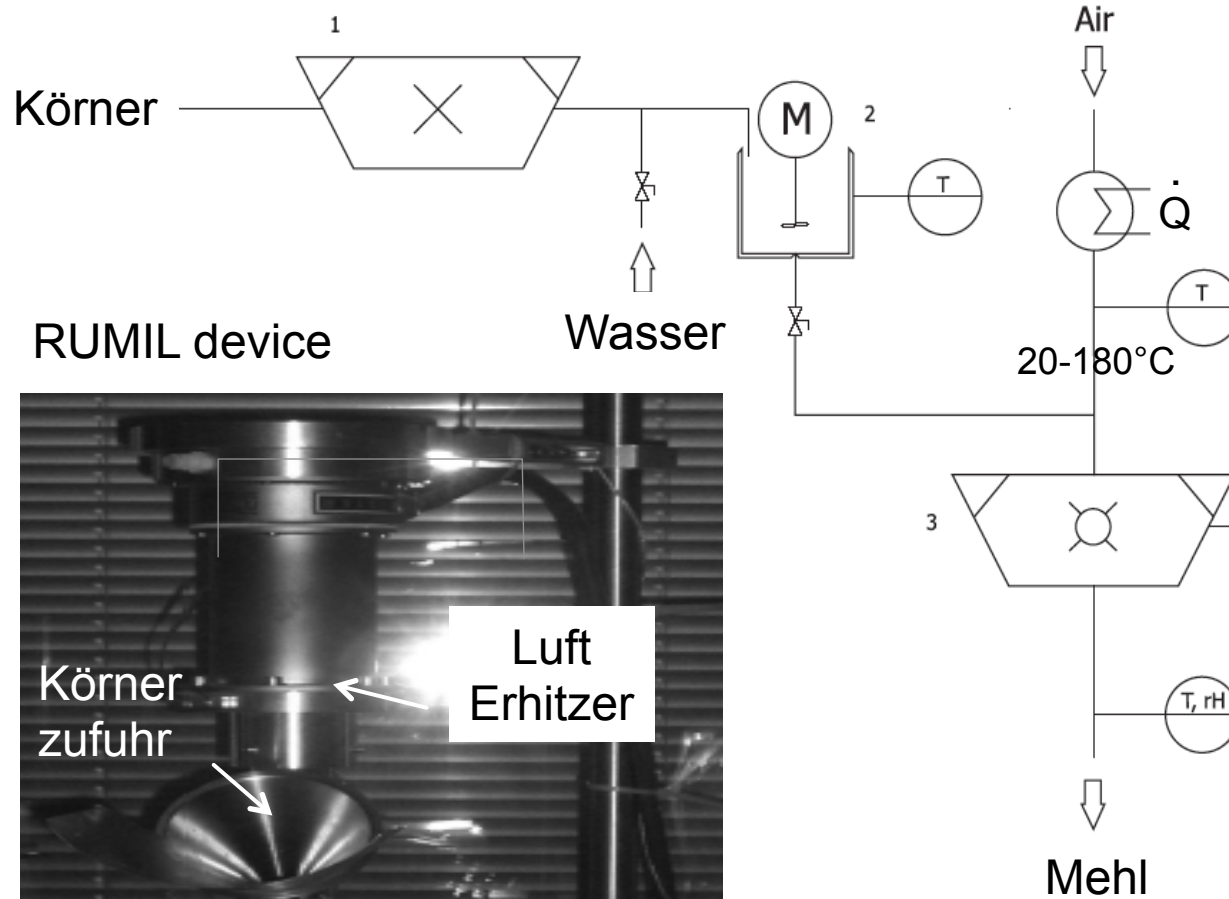
Biological
Response

Ernte-
Verfahren

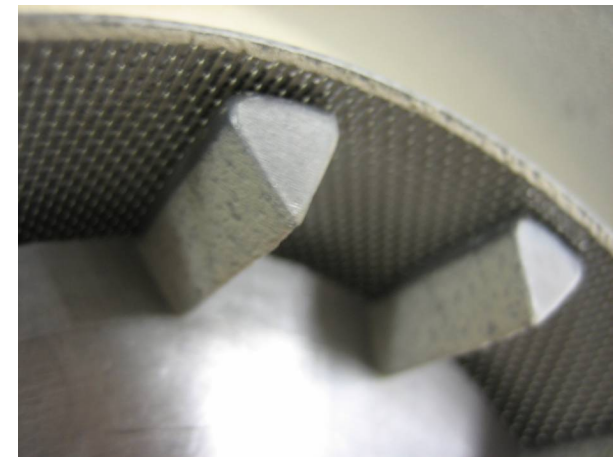
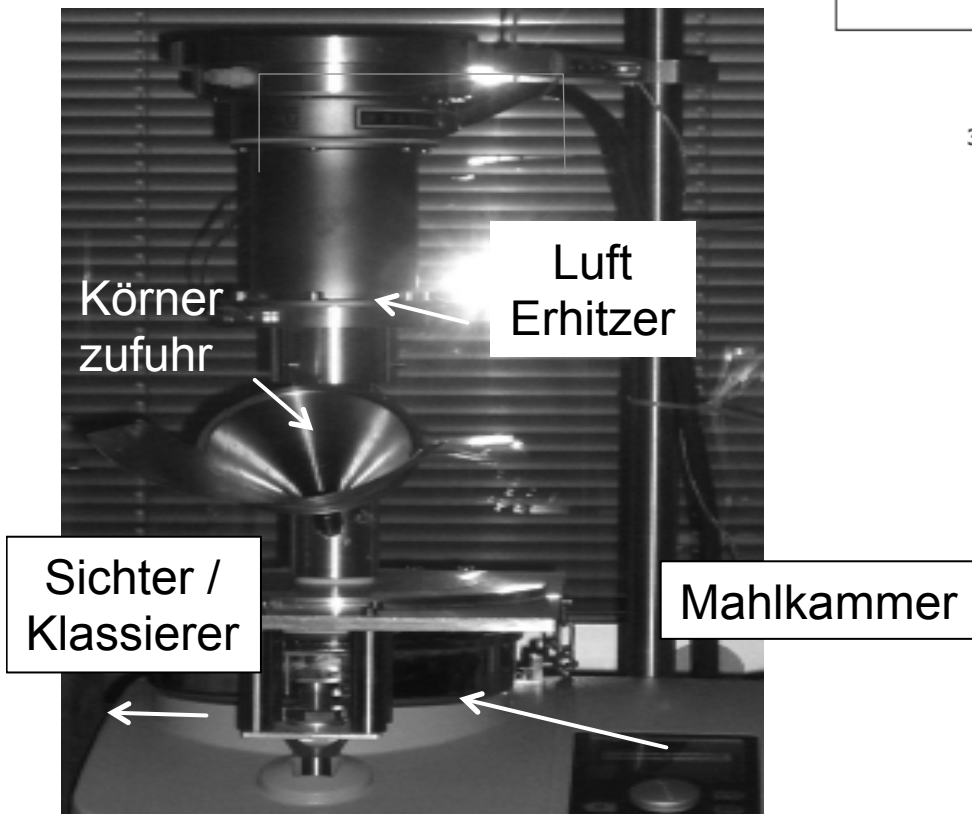
Fabrik
Verfahren

LM-Zubereitung
(Küche)

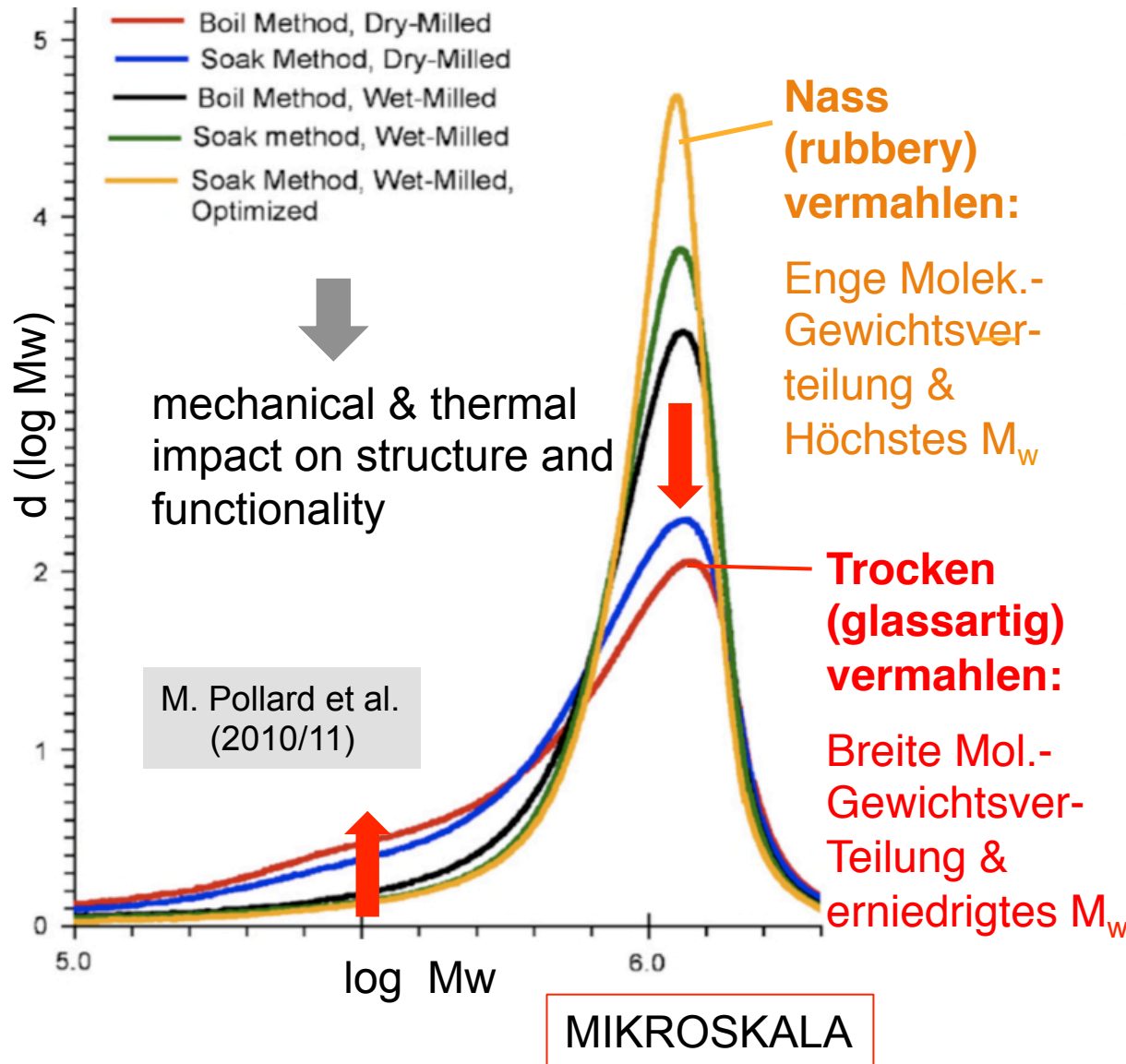
Oro-/Gastro-Intestinal:
Verzehr / Verdauung



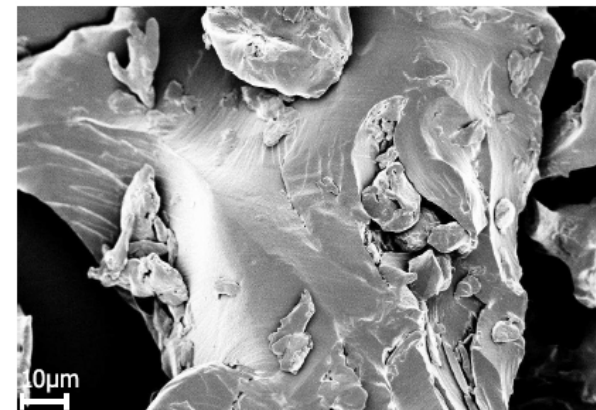
S. Illmann,
E. Windhab
(2011)



Prozesseinfluss auf Samenmehl-Struktur (molekulare & Partikelstruktur)

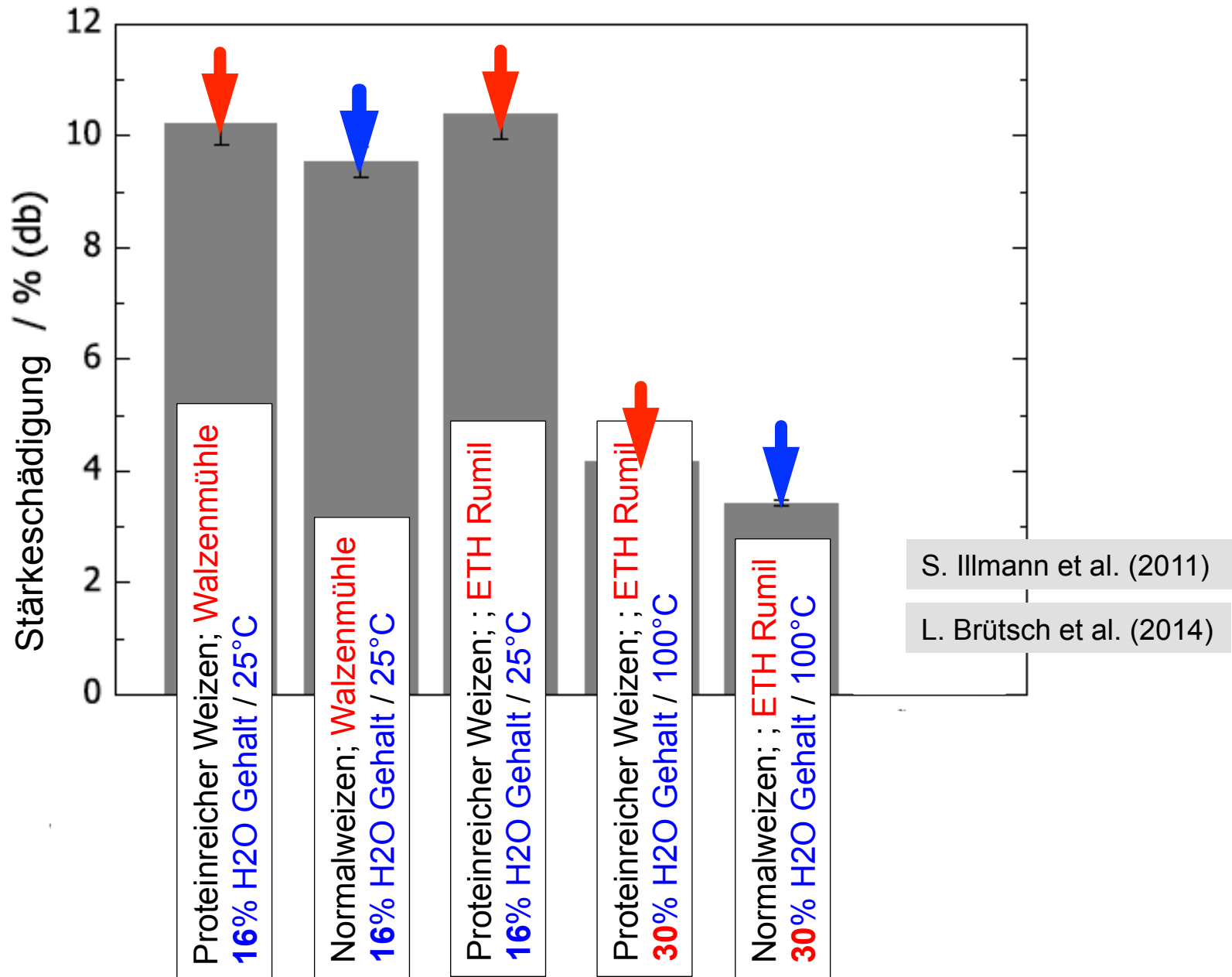


neues RUMIL Produkt

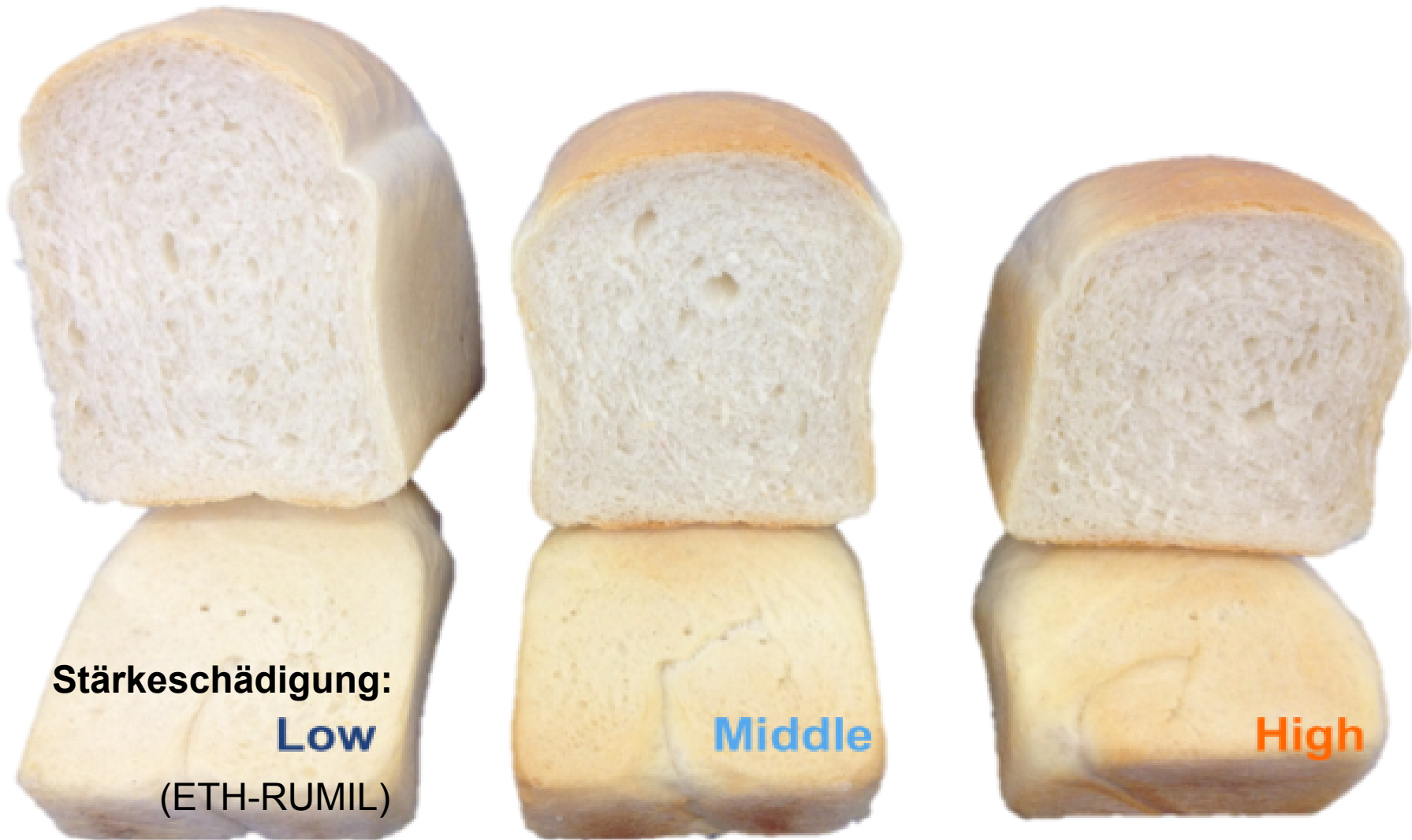


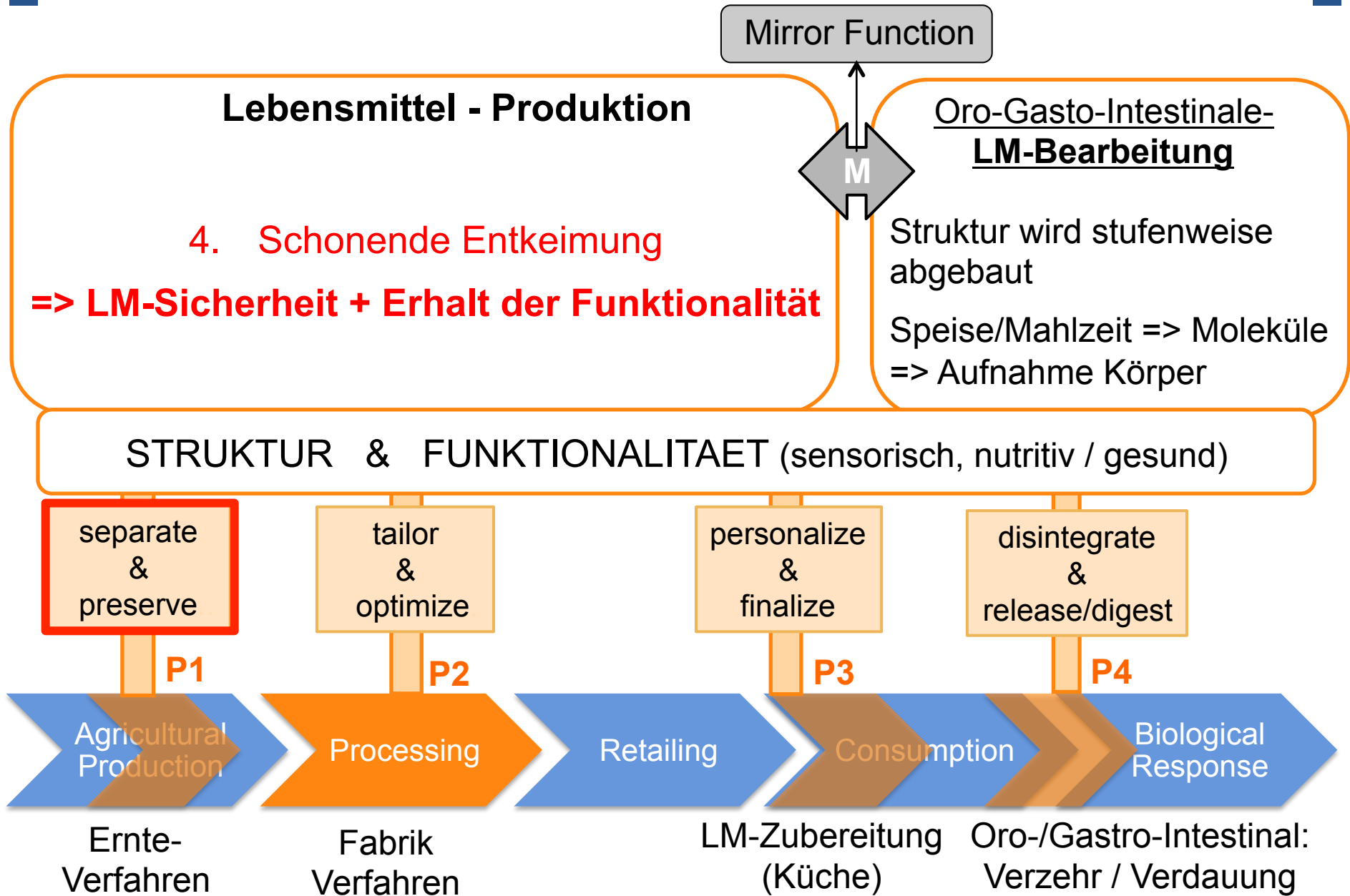
Kommerzielles Produkt

MAKROSKALA



Unterschiede in der Backqualität (hier Backvolumen)





Charakterisierung VSV Prozess (Pilotanlage)

- Prozess Konditionen :
- (P, T, t) => 0.2 bar, 135°C, 1.5s
- 4-5 log Sporen (*B. subtilis*)

- => Produktqualität = f():
 - Endwassergehalt
 - Mikroorganismen Abtötung
 - Vitaminerhaltung (B12)



“Spiegel”- Funktion

Lebensmittel - Produktion

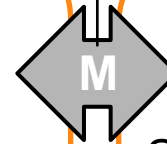
5. Strukturierende
Dispergiervverfahren

⇒ **Massgeschneiderte
Eigenschaften**

Oro-Gasto-Intestinale-
LM-Bearbeitung

Struktur wird stufenweise
abgebaut

Speise/Mahlzeit => Moleküle
=> Aufnahme Körper



STRUKTUR & FUNKTIONALITÄT (sensorisch, nutritiv / gesund)

separieren
&
erhalten

P1

masschneiden
&
optimieren

P2

personalisieren
&
zubereiten

P3

aufschliessen
&
verdauen

P4

Agricultural
Production

Processing

Retailing

Consumption

Biological
Response

Ernte-
Verfahren

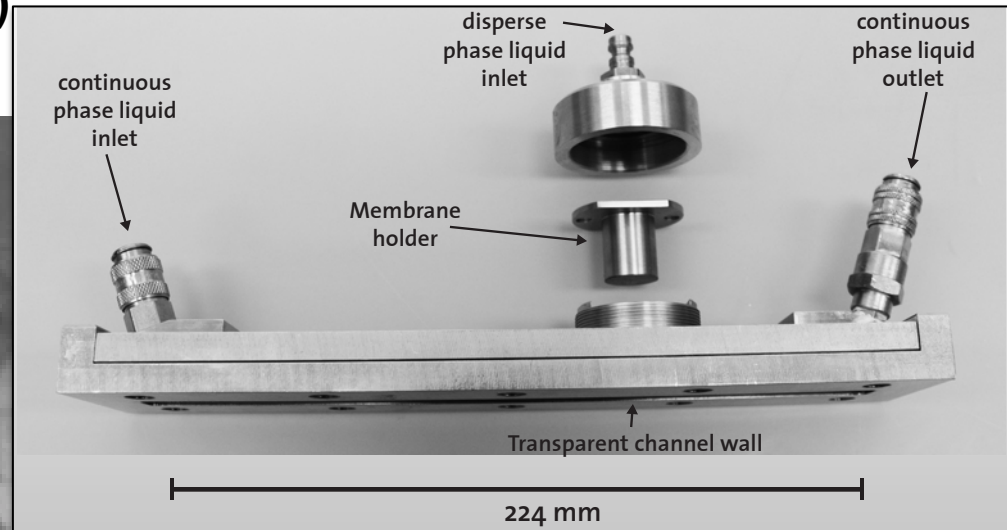
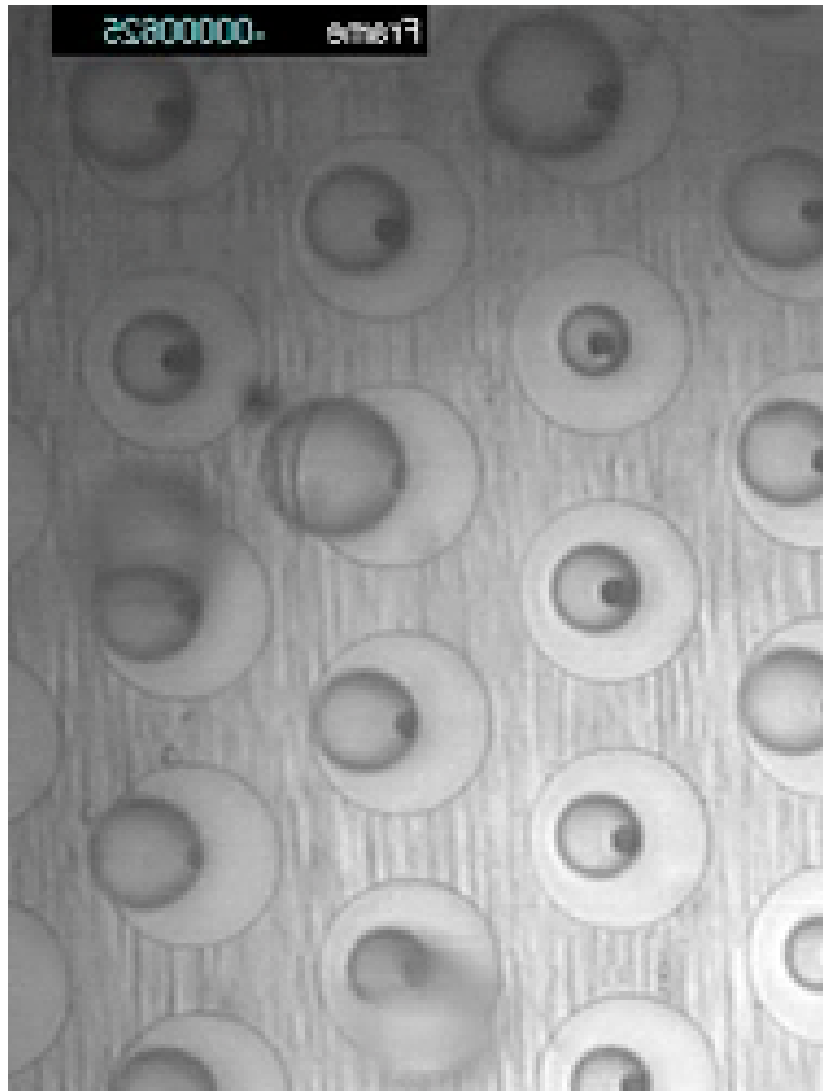
Fabrik
Verfahren

Verfahren

LM-Zubereitung
(Küche)

Oro-/Gastro-Intestinal:
Verzehr / Verdauung

Kontrollierte Porenabstands (CPD) Membran: Dispergier Experiment



Nickel
Membrane
(etching &
PE-CVD
coating):

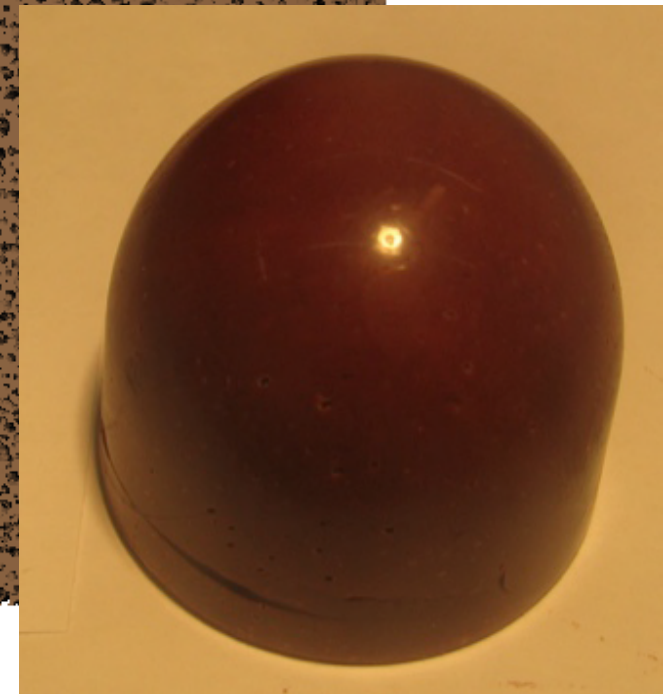
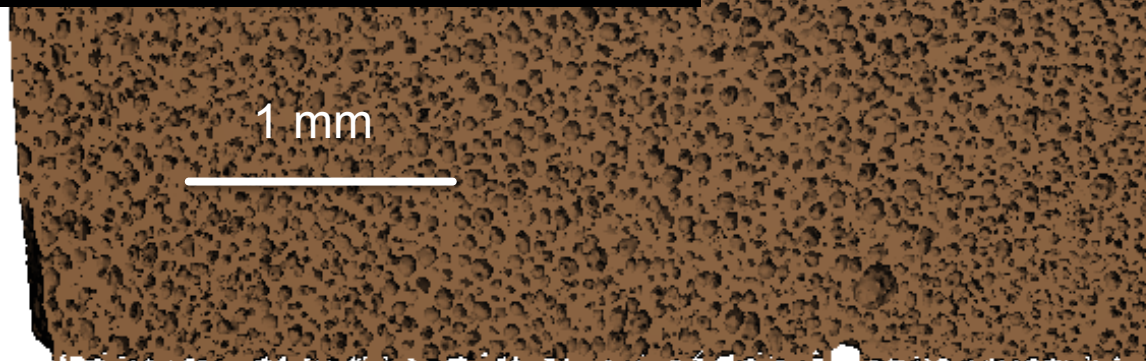
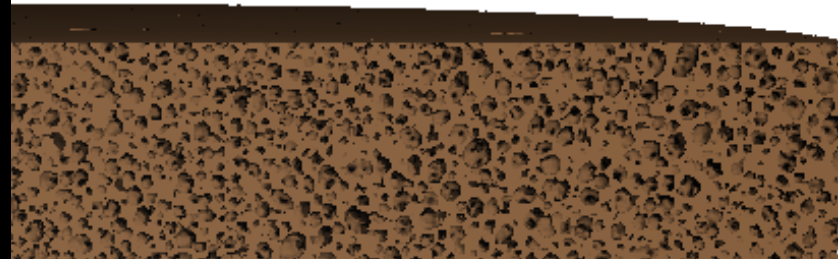
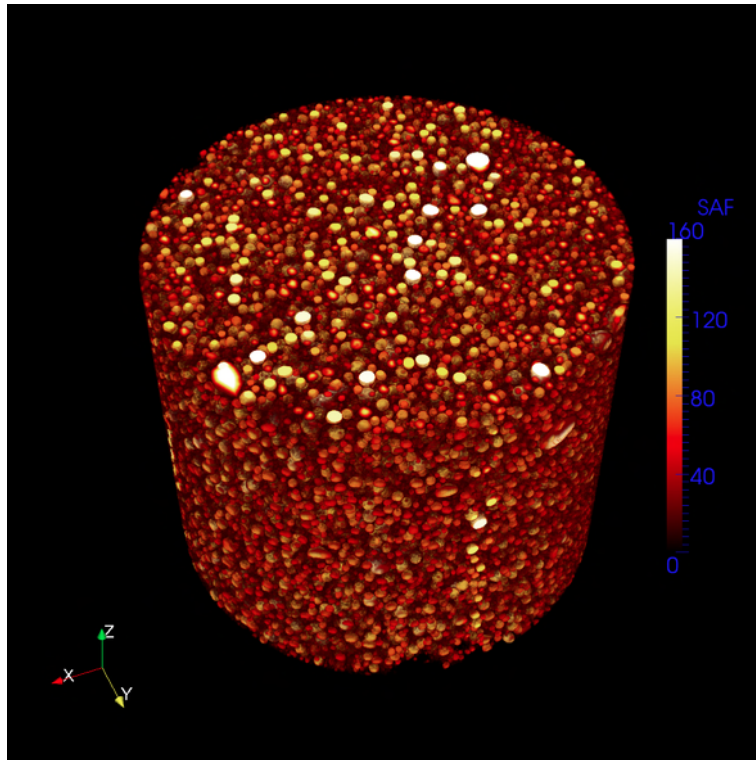
3 μm Poren
Durchmesser

25 μm
Poren-
Abstand

S. Holzapfel,
E. Windhab
Et al. (2012)

BEISPEL: Schokoladen-Mikroschäumung

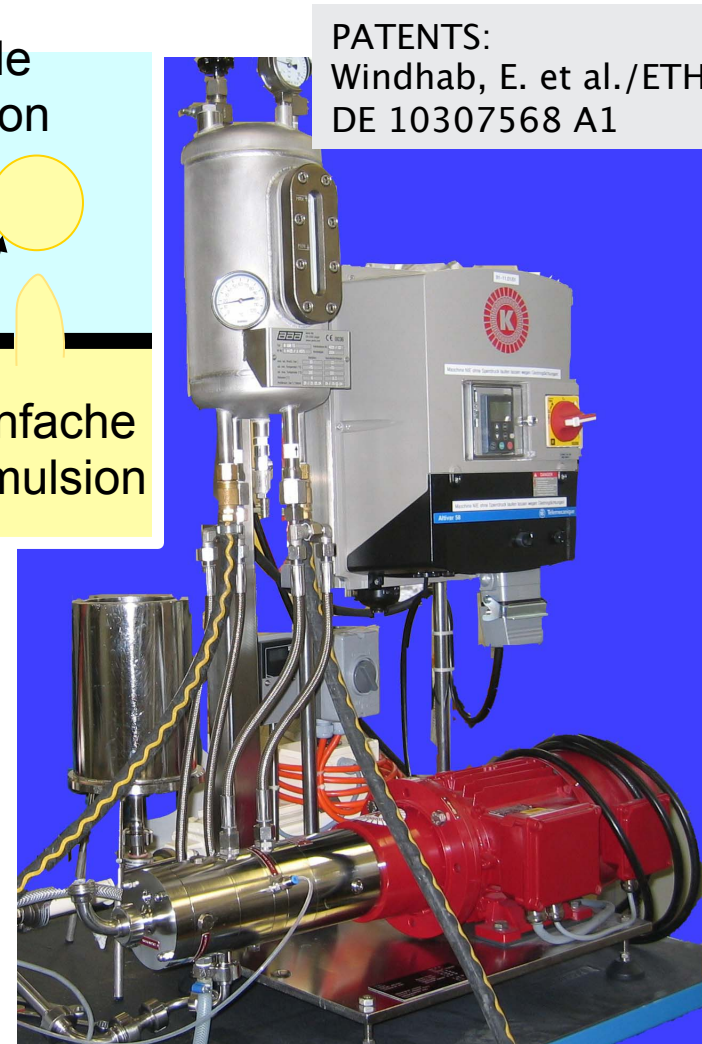
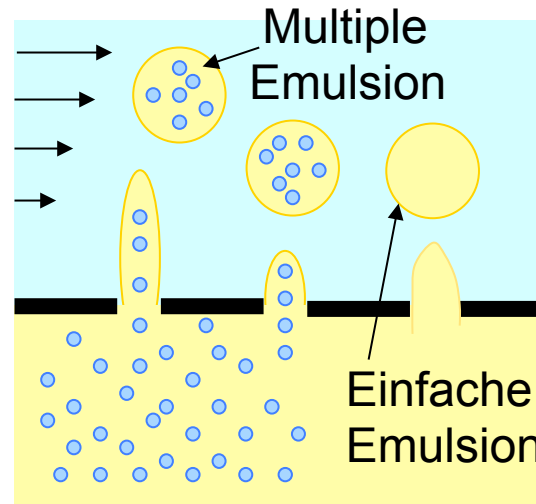
- **Microluftblasen:** $x_{50,3} < 20\text{-}50$ microns
- Aufschlag 20-100%
- Premium β_V - Kristallisation / Verfestigung



Dynamische CPDN Membrantechnologie (ETH)

VORTEILE:

1. Schonende Behandlung
Faktor 100 reduzierte spec.
Energydissipationsrate im
Vergleich zu konv. Verfahren
2. Enge Tropfengrößenver-
teilung, optimierte Tropfenab-
lösung von neuartigen **CPDN**
Membranen
3. Unabhängigkeit der Dis-
pergierbehandlung vom Pro-
duktdurchsatz.



PATENTS:
Windhab, E. et al./ETH
DE 10307568 A1

Schadler, V., Windhab, E. J. (2004),
Chemie Ingenieur Technik, 76(9), 1392ff

“Spiegel”- Funktion

Lebensmittel - Produktion

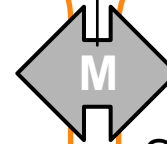
6. Neue Zubereitungs-
verfahren (z.B. 3D-Printing)

=> **Personalisierung**

Oro-Gasto-Intestinale-
LM-Bearbeitung

Struktur wird stufenweise
abgebaut

Speise/Mahlzeit => Moleküle
=> Aufnahme Körper



STRUKTUR & FUNKTIONALITÄT (sensorisch, nutritiv / gesund)

separieren
&
erhalten

P1

masschneidern
&
optimieren

P2

personalisieren
&
zubereiten

P3

aufschliessen
&
verdauen

P4

Agricultural
Production

Processing

Retailing

Consumption

Biological
Response

Ernte-
Verfahren

Fabrik
Verfahren

Verfahren

LM-Zubereitung
(Küche)

Oro-/Gastro-Intestinal:
Verzehr / Verdauung

Neue
KÜCHENTECHNIK
(home processing)

Hier:
3D-Drucken von
Lebensmittelprodukten



“Spiegel”- Funktion

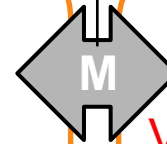
Neuartige:

- Rohstoffqualität einstellende
- Natürliche Eigenschaften erhaltende
- Massgeschneidert funktionalisierende
- Individualisiert zubereitend

Lebensmittel - Produktion

Oro-Gasto-Intestinale-
LM-Bearbeitung

Verbrauchergerecht eingestellte Verzehrs-, Genuss-, Verdauungs- & Ernährungseigenschaften => **geschmackvoll & gesund**



STRUKTUR & FUNKTIONALITÄT (sensorisch, nutritiv / gesund)

separieren & erhalten

masschneidern & optimieren

personalisieren & zubereiten

aufschliessen & verdauen

P1

P2

P3

P4

Agricultural Production

Processing

Retailing

Consumption

Biological Response

Ernte-
Verfahren


Fabrik
Verfahren

Verfahren

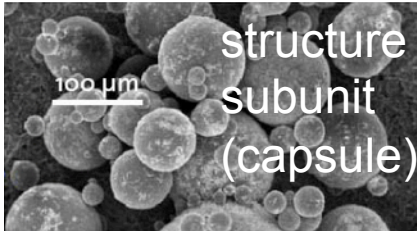
LM-Zubereitung
(Küche)

Oro-/Gastro-Intestinal:
Verzehr / Verdauung

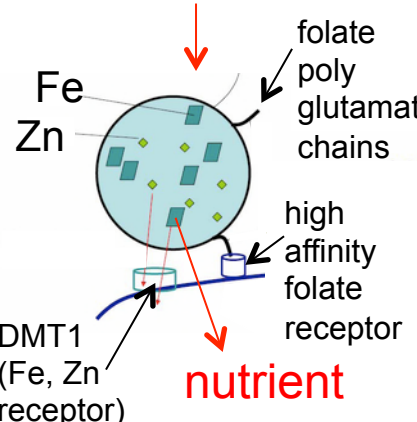
Verdauung = Disintegration + Transport + Reaktion



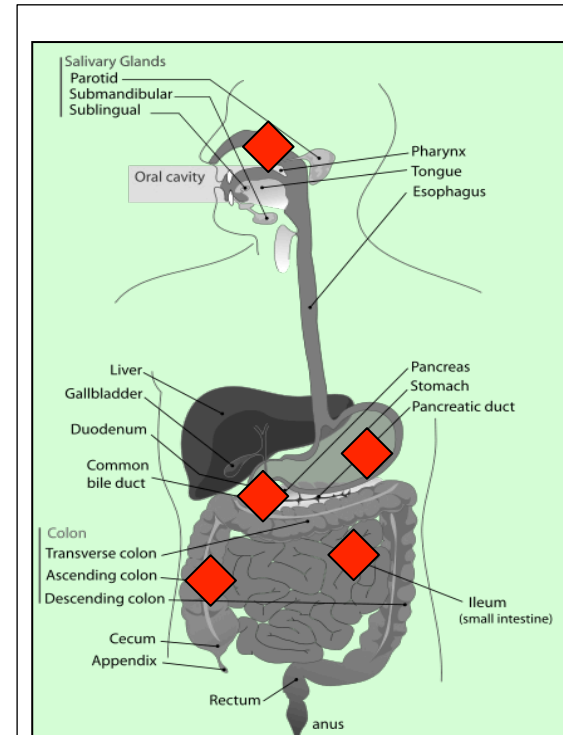
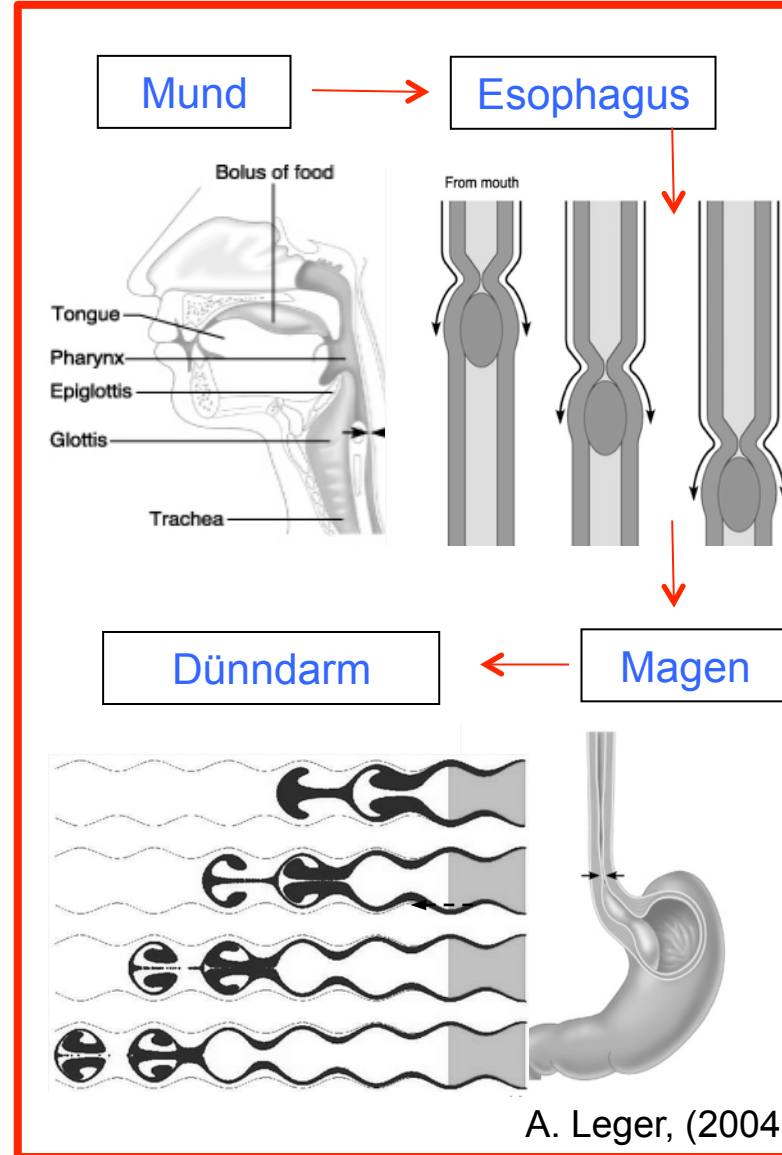
Model multi-caps Food Matrix



structure subunit (capsule)



folate poly glutamat chains
high affinity folate receptor
DMT1 (Fe, Zn receptor)
nutrient



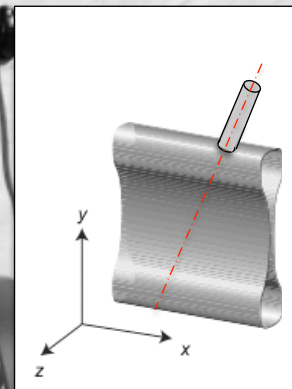
Kontrollierte Freisetzung von funktionellen Molekülen (♦):

- Ort
- Kinetik
- metabolische Funktion (inkl. Bioverfügbarkeit)

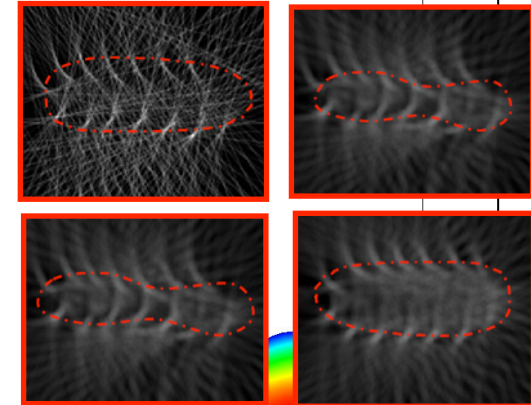
Experimental (Ultrasound-Doppler) velocity field measurements and
Simulation of esophageal non-Newtonian (shear - thinning) fluid flow

Specific rheology aspects:

- Non-Newtonian
- viscoelastic
- **wall slip**
- saliva \leftrightarrow food \leftrightarrow mucosa interaction
- transient (peristaltic) shear + elongation flow



collapsing tupe
deformation states

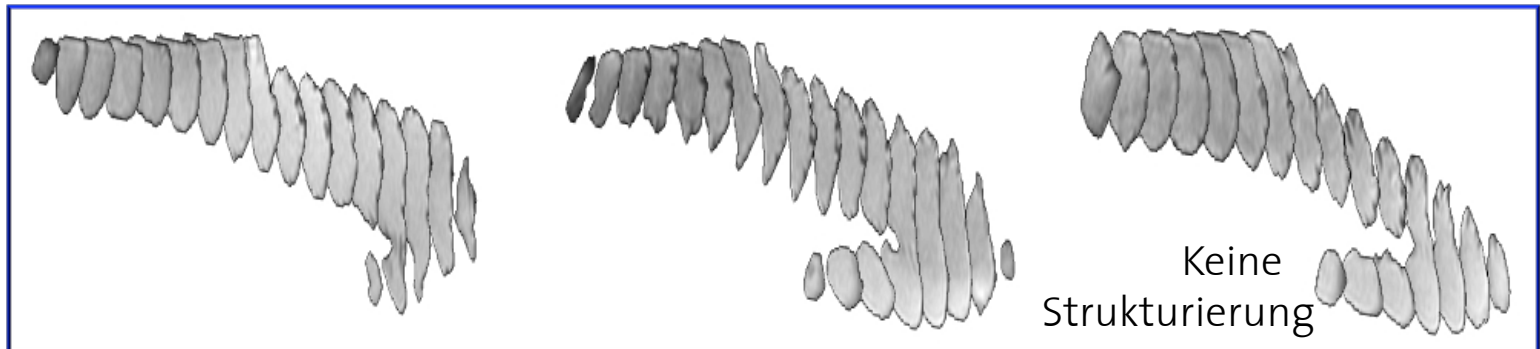
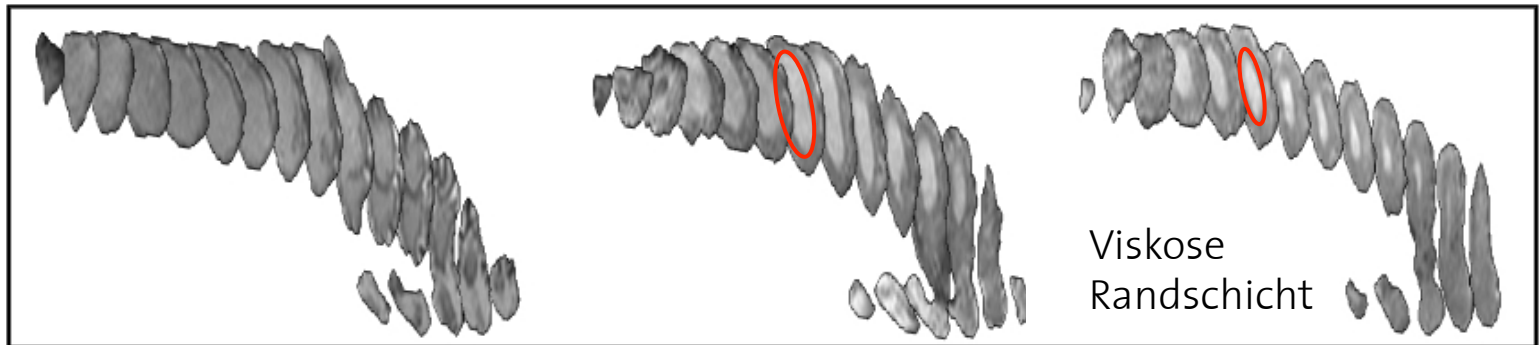
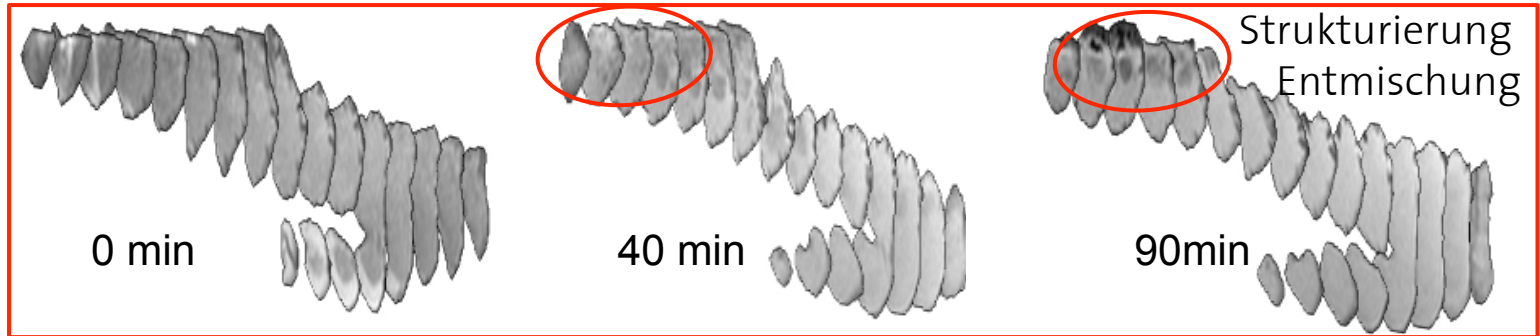
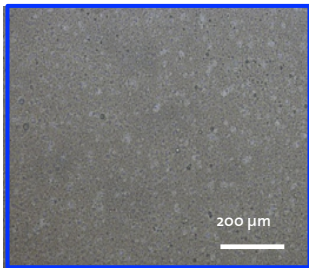
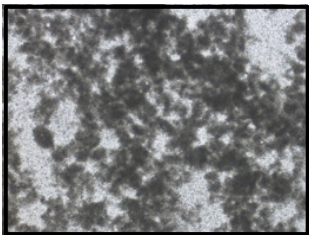
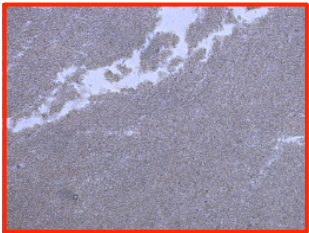


ultrasound TX
transducer / holder

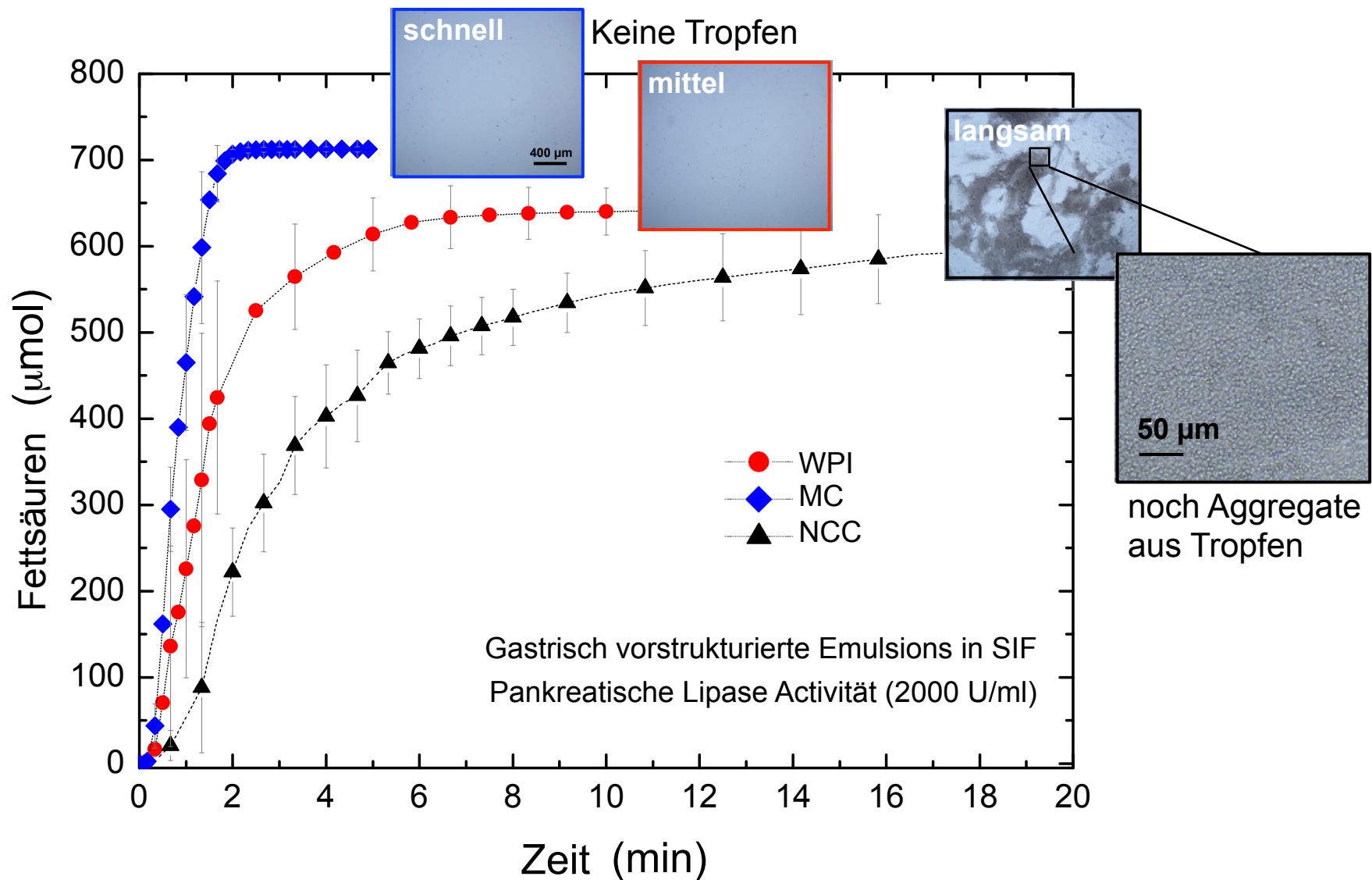
elastic silocone (membrane) tube
(d=20 mm /L=320 mm)

Nahar, S., Jeelani, S. A. K.,
and Windhab, E. J. (2011)

Gastrische Strukturierung der O/W Emulsionen (*in vivo* MRI)

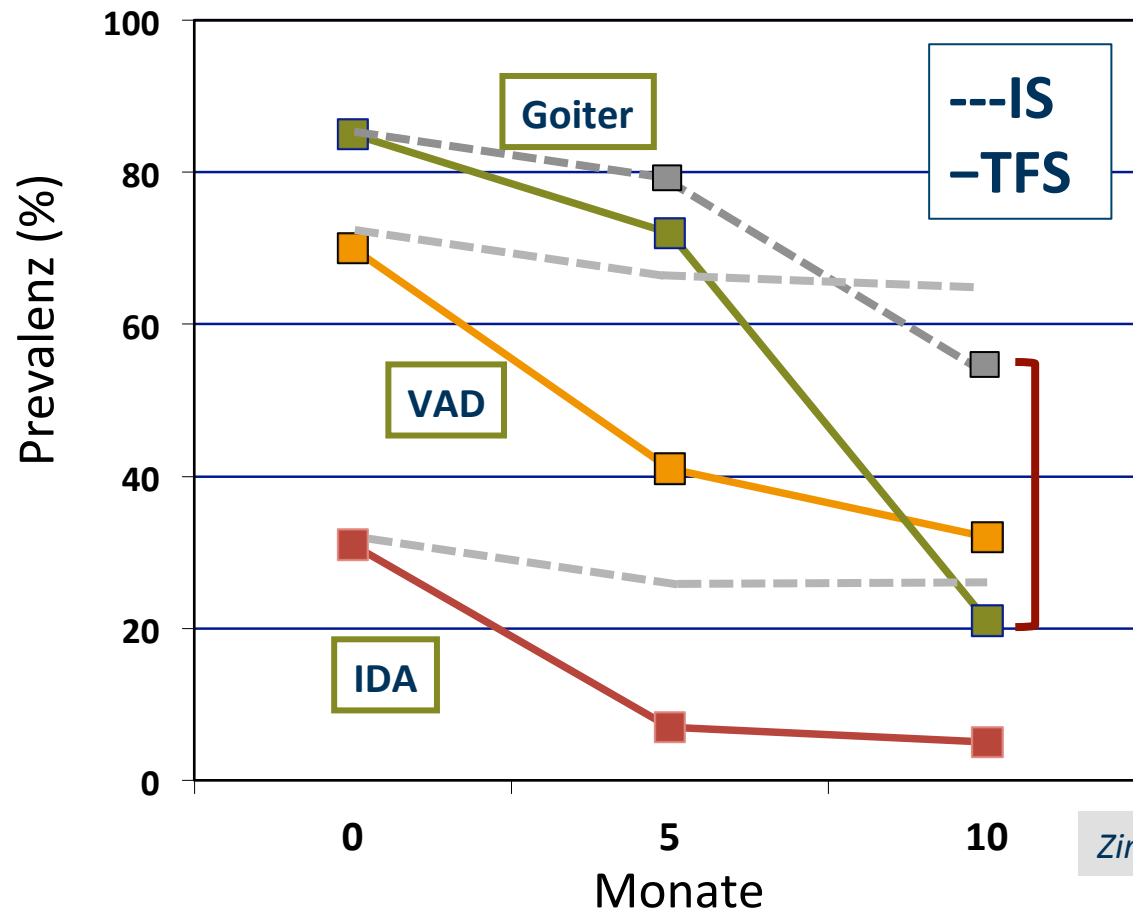


Pankreatische Fettverdauung = f (gastrischer Strukturierung)



3-fach Fortification von Salz mit multiplen Mikronährstoffen (hier: FeSO_4 , Vit. A, I) Microkapseln – Wirksamkeits Studie

Efficacy test in Morokko (2004), 159 school children for 10 months



Zimmermann et al. Am J Clin Nutr. 2004

Food System 4.0

Integrators



Internet of things



Robotics



Additive Manufacturing



New partnerships & collaborations



Unlocking new value from waste

Environmental impact factors on resilience

Food Value Chain



Agro-Production

Processing

Retailing

Consumption

Biological Response



personal & public health

Precision-
vertical &
urban
farming



Functional Structure processing



Active & Intelligent Packaging



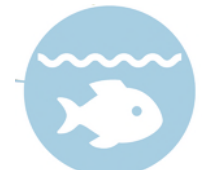
Conscious Food Choice



Pleasurable Food



Nutritive Food



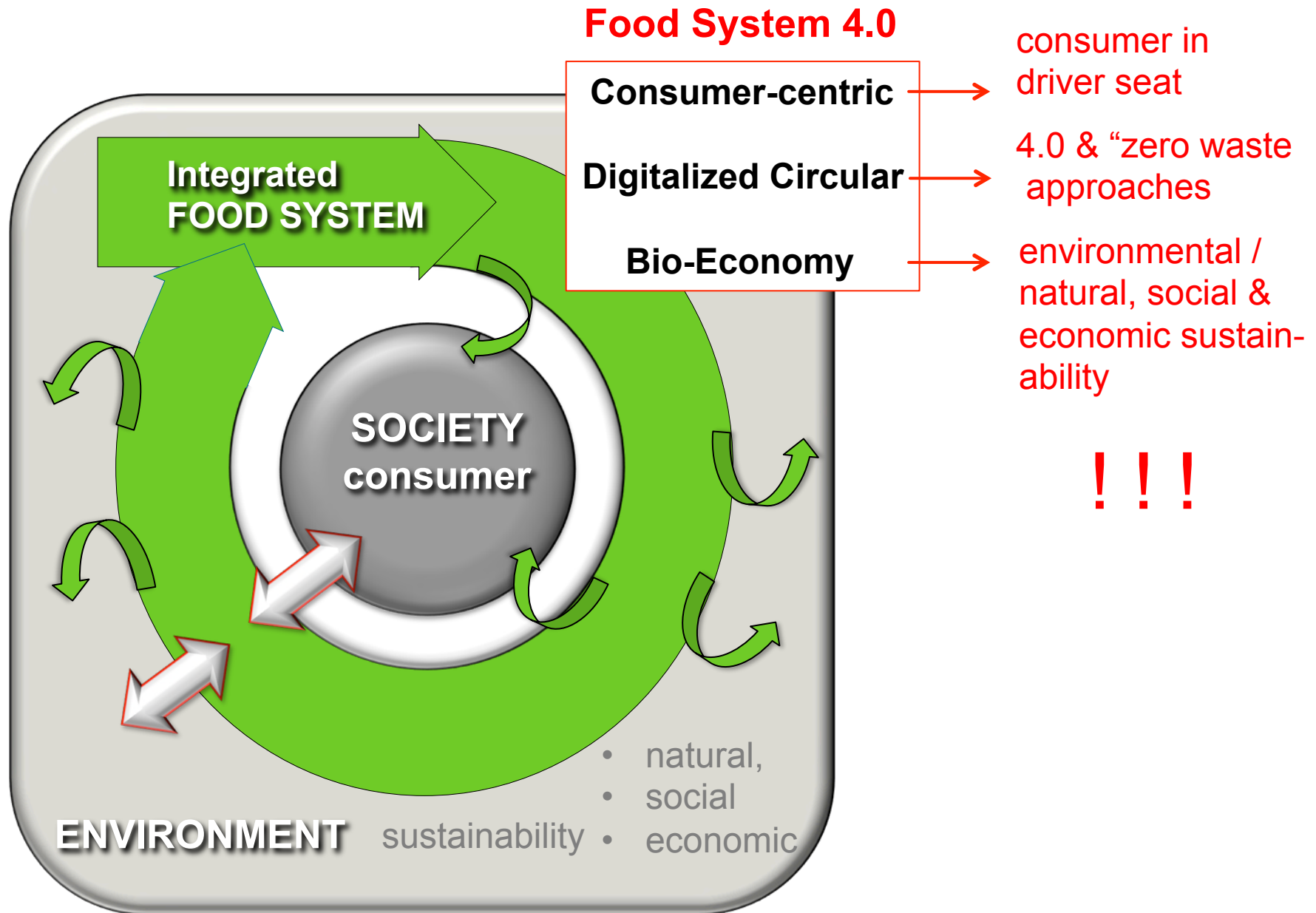
Aquaculture



Alternative proteins



Intelligent Supply & Demand





Besten Dank

für

Ihre Aufmerksamkeit !!!