

Bedeutung der Abwasserbehandlung beim Stoffstrom- management in der weißen Biotechnologie

Elmar Rother (Dr.-Ing., MSc), Dr. Michael Bahl

Evonik Degussa GmbH, Bio- und Umweltverfahrenstechnik

Innovative Technologien für industrielle Wasserkonzepte-
Trends und Perspektiven, Osnabrück, 24.06.2010



EVONIK
INDUSTRIES

Gliederung

- **Einleitung**
- **Wassernutzung, Abwasseranfall und Einflussfaktoren**
- **Ökologische Bewertung von Abwasserbehandlungsoptionen**
- **Herausforderungen für die Zukunft**

Weißer Biotechnologie nutzt aktuell vor allem natürliche Stoffwechselwege zu natürlichen Produkten



- Aminosäuren, z.B.
 - Glutamat
 - Lysin
 - Threonin

- Treibstoffe, z.B.
 - Ethanol
 - (Butanol)

- Org. Säuren, z.B.
 - Zitronensäure
 - Milchsäure
 - Itaconsäure



- Lipide, z.B.
 - Carotenoide
 - Phytosphingosin
 - Coenzym Q₁₀



- Vitamine, z.B.
 - Riboflavin
 - Cyanocobalamin
 - (Vitamin C)

- Polymere, z.B.
 - PHAs
 - Xanthan
 - Polyglutaminsäure

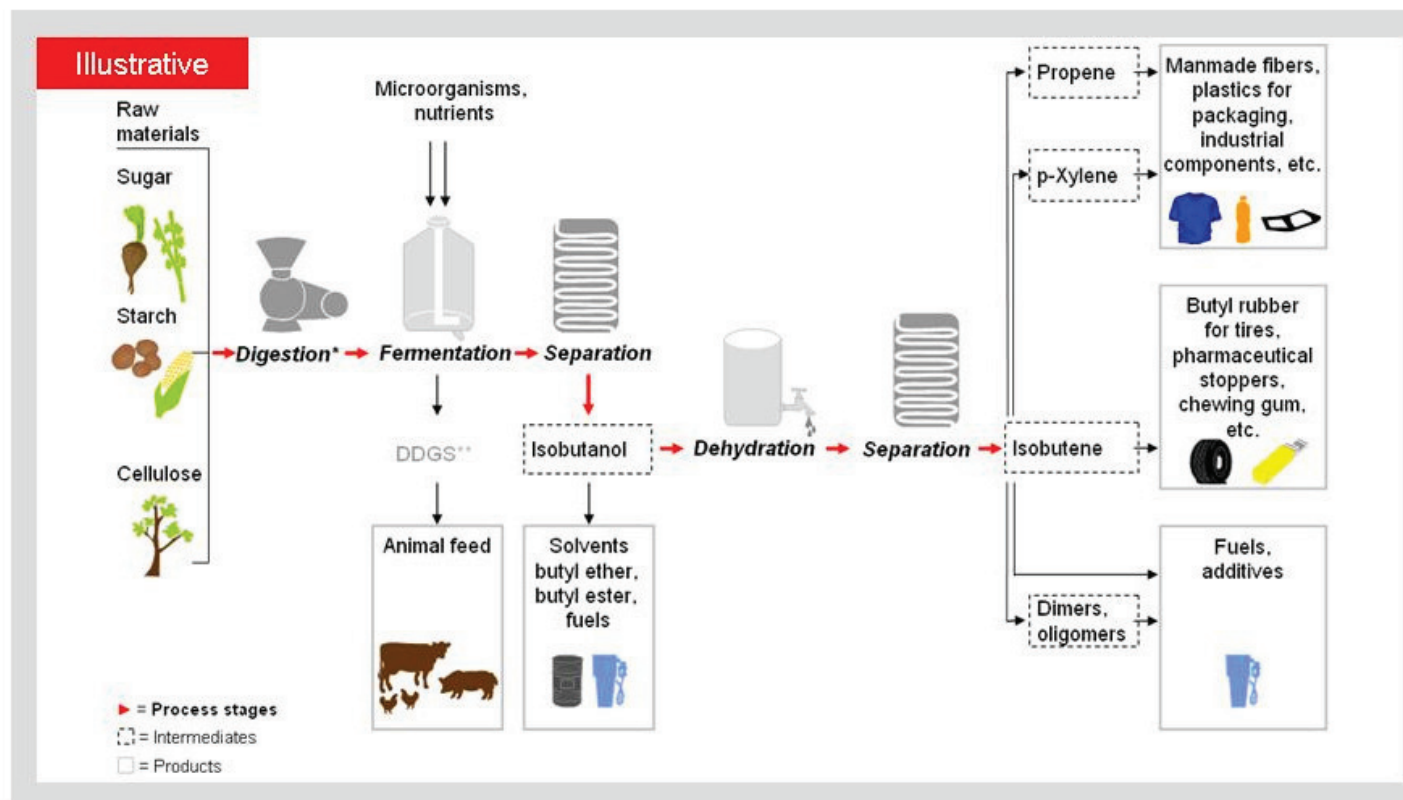
Technologie-Entwicklungen für biobasierte Produktion von Polymeren, Treibstoffen und Lösungsmitteln



Company date of issue	Raw material	Fermentation	Product
Votorantim / Amyris <i>October 2008</i>	sugar	isoprene	biodiesel, kerosene, gasoline
Genencor/Goodyear <i>September 2008</i>	sugar / starch	isoprene	synthetic rubber
Perstorp <i>June 2008</i>	sugar / starch	(3-hydroxy-) propionic acid	(meth)acrylic acid/ 1,3-propanediol
DSM / Roquette <i>January 2008</i>	starch	succinic acid	polyester
Genencor/DuPont <i>May 2008</i>	lignocellulose	ethanol	cellulosic biofuel
ABF / BP / DuPont <i>February 2008</i>	wheat	butanol isomers	biofuel / platform chemicals
Novozyme/Cargill <i>January 2008</i>	starch	3-hydroxy-propionic acid	acrylic acid

Butanol ... „latest news“ ...

LANXESS Invests in Gevo's Production Process



* Mechanic, chemical und enzymatic; **DDGS – Distillers' Dried Grains with Solubles

Treiber der weißen Biotechnologie sind Märkte, Gesellschaft und Technologie



Märkte:

- Rohstoffflexibilität und –verfügbarkeit
- Kostenführerschaft (Rohstoffkosten, CAPEX)

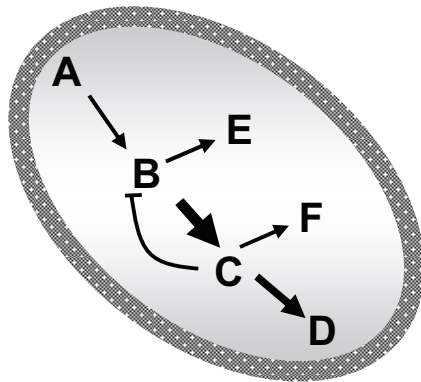
Gesellschaft

- Nachhaltigkeit, Natürlichkeit, biologische Abbaubarkeit
- Politische Vorgaben, Subventionen, etc.

Technologie:

- Schnelle Technologieentwicklungen wie DNA-Sequenzierung, Gensynthesen, Synthese von Genvarianten
- Hohe Regio- und Enantioselektivität von Biokatalysatoren
- Entdeckung neuer Enzymaktivitäten

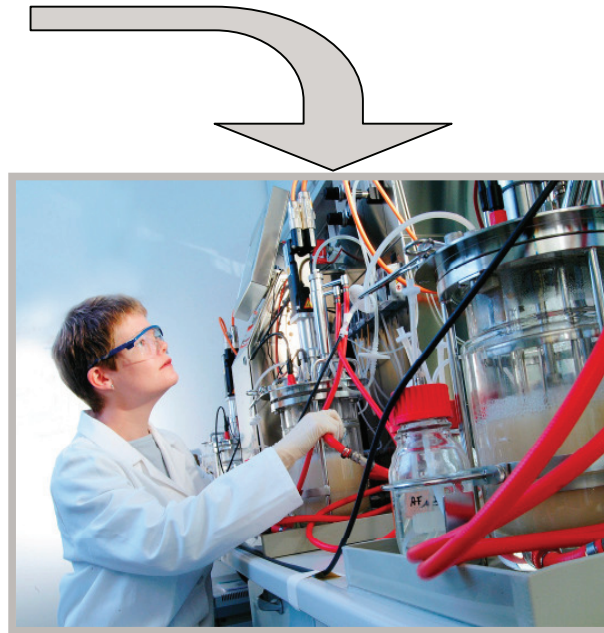
Grundlage der Biotechnologie ist die Fermentation im wässrigen Milieu



Optimierte Zelle

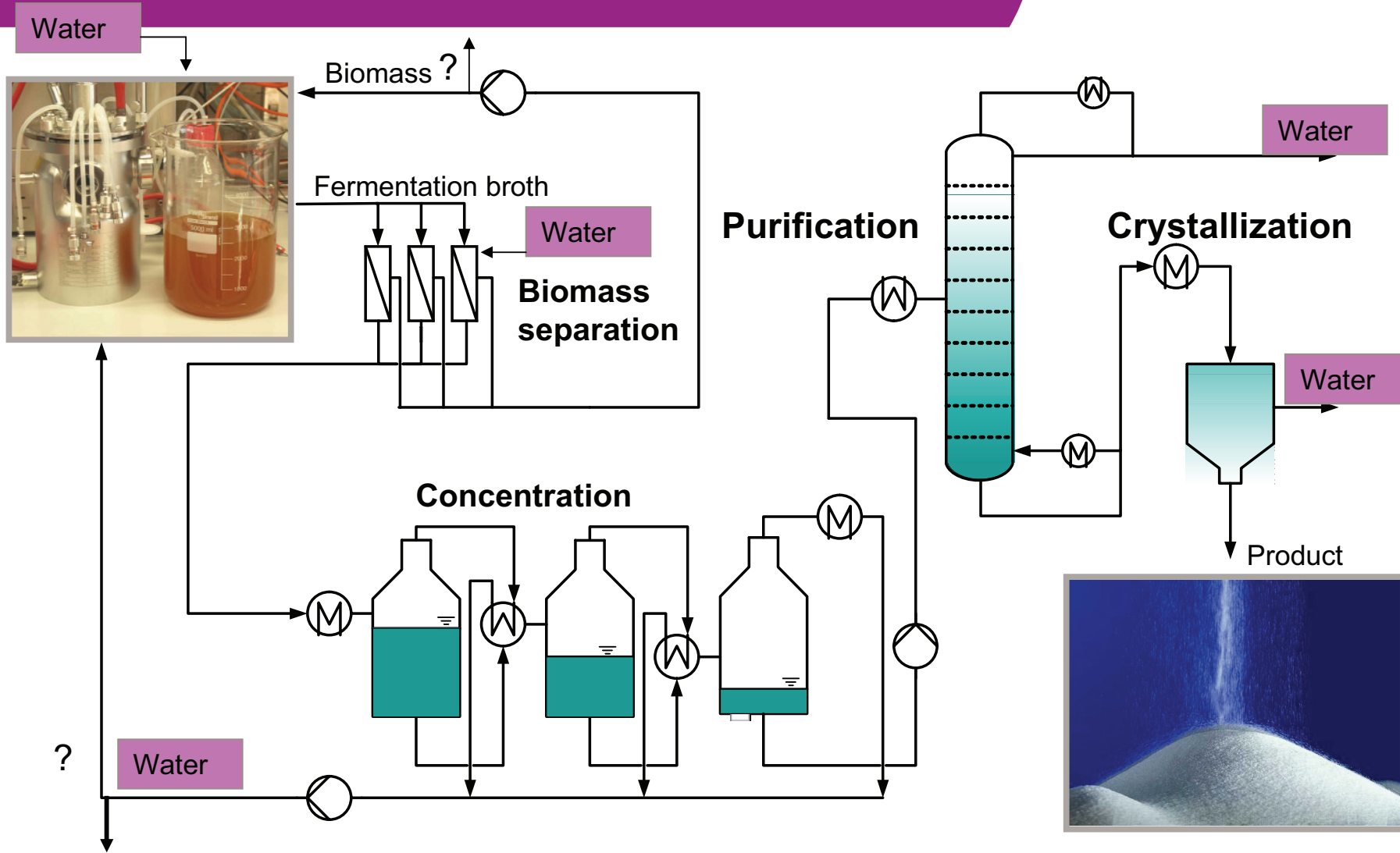


Rohstoffe



Fermentationsbrühe
...viel Wasser

Downstream Prozess: Abtrennung des Wassers und Auffreinigung des Produktes



Additionally: cooling water + cleaning water

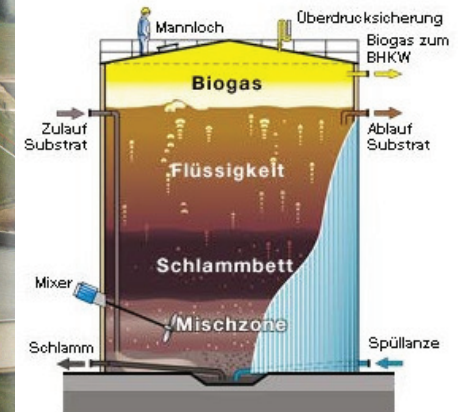
Gliederung

- Einleitung
- **Wassernutzung, Abwasseranfall und Einflussfaktoren**
- Kleine „Ökobilanz“ von Abwasserbehandlungsoptionen
- Herausforderungen für die Zukunft

Stand der Abwassertechnologie bei biotechnologischen Prozessen



- Größenabhängig, jedoch meistens nur aerobe Abwasserbehandlung (C, N, DN)
- Teilweise Eindampfung von Abwässern mit Mutterlauge und Biomasse zur Entsorgung/Verwertung in Landwirtschaft, Biogasanlagen (selten), Verbrennung
- Selten anaerobe Behandlung mit Biogasgewinnung (Salz, Desinfektionsmittel, Produkthemmung)
- Selten anaerobe Reststoffvergärung (Hydrolysatrückstände, Biomasse, Klärschlamm)



Abwasserqualitäten hängen sehr von C-Quelle und down-stream Technologie ab

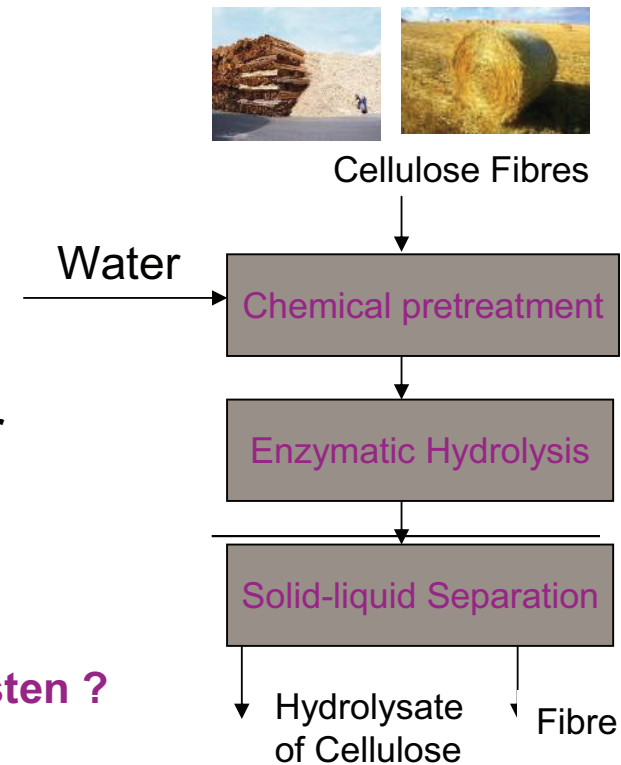


Zusammensetzung der Abwässer hängt stark von **Rohstoffen, Produkt und Nebenproduktspektrum** und der **downstream Technologie** ab, z.B.

- Günstige C-Quellen enthalten Verunreinigungen, die i.d.R. zumindest teilweise ins Abwasser gelangen
- Lignozellulose als C-Quelle wird auch Abwasser erzeugen
- N-haltige Produkte haben z.B. mehr N im Abwasser als nur C-haltige
- Ammoniak als Base in der Fermentation sorgt für N in Kondensaten
- Ionenaustauscher zur Produktabtrennung oder Reinigung erzeugen salzhaltige Regenerate

Frage an Wasserexperten:

→ Welchen Beitrag kann Wassertechnik bei Verfahrensauswahl zu mehr Nachhaltigkeit leisten ?



Gliederung

- Einleitung
- Wassernutzung, Abwasseranfall und Einflussfaktoren
- **Ökologische Bewertung von Abwasserbehandlungsoptionen**
- Herausforderungen für die Zukunft

Beispiel: „carbon footprint“ Analyse für N-Rückgewinnung aus Abwasser



1. Welchen energetischen Aufwand lohnt es sich in N-Rückgewinnung aus Prozesswässern zu stecken ? (Annahme: 1 g NH₄-N/L, 4 g CSB/L)

Mögliche N-Quellen: Ammoniak, Ammoniumsulfat, Harnstoff

	GWP100 kg CO ₂ _e/kg N	primary energy demand MJ/kg N
ammonia	3,0	45,2
amsul_recy	1,5	28,1
amsul_virgin	2,8	45,8
urea	4,2	90,0



Annahme: Dampfstrippung von Ammoniak aus Abwasser mit ca. 1 g N/L zu 20-25% NH₃ Lsg. (Datenquelle: Lohmöller & Suhrkamp 2000)

	GWP100 kg CO ₂ _e/kg N	primary energy demand MJ/kg N
ammonia from WW	9,5	154,4

abzüglich: Entlastung der Abwasserbehandlung um 90-95% bzgl. Stickstoff

→ Einsparung an Belüftungsenergie: **ca. 1,2 kWh/kg N** (Anlage mit N+ DN gemäß Roth 1998)

→ **ca. 0,75 kg CO₂eq/kg N**

→ Für den Stickstoff als N-Quelle lohnt der Aufwand des Strippens nicht

→ CO₂-Intensität pro m³ Abwasser: **9,5 kg CO₂eq/m³** (ohne CSB Entfernung; Erdgas, dt. Strommix)

... anaerobe Vorbehandlung



2. Lohnt sich nach N-Entfernung ggf. organische Fracht **anaerob** zu nutzen ?

Vorbemerkungen:

- Heizen : für 10°C Erwärmung wird pro Liter Abwasser Biogas benötigt, das abgebauten 3,5 g CSB/L entspricht → heizen macht energetisch keinen Sinn
- Methan- Restlöslichkeit: 20-25 mg/l → 0,5-0,65 kg CO₂eq/m³
- Biogasnutzung für Strom, Wärme in biotechnologischer Produktionsanlage kein Problem

Betrachtung von 3 Fällen:

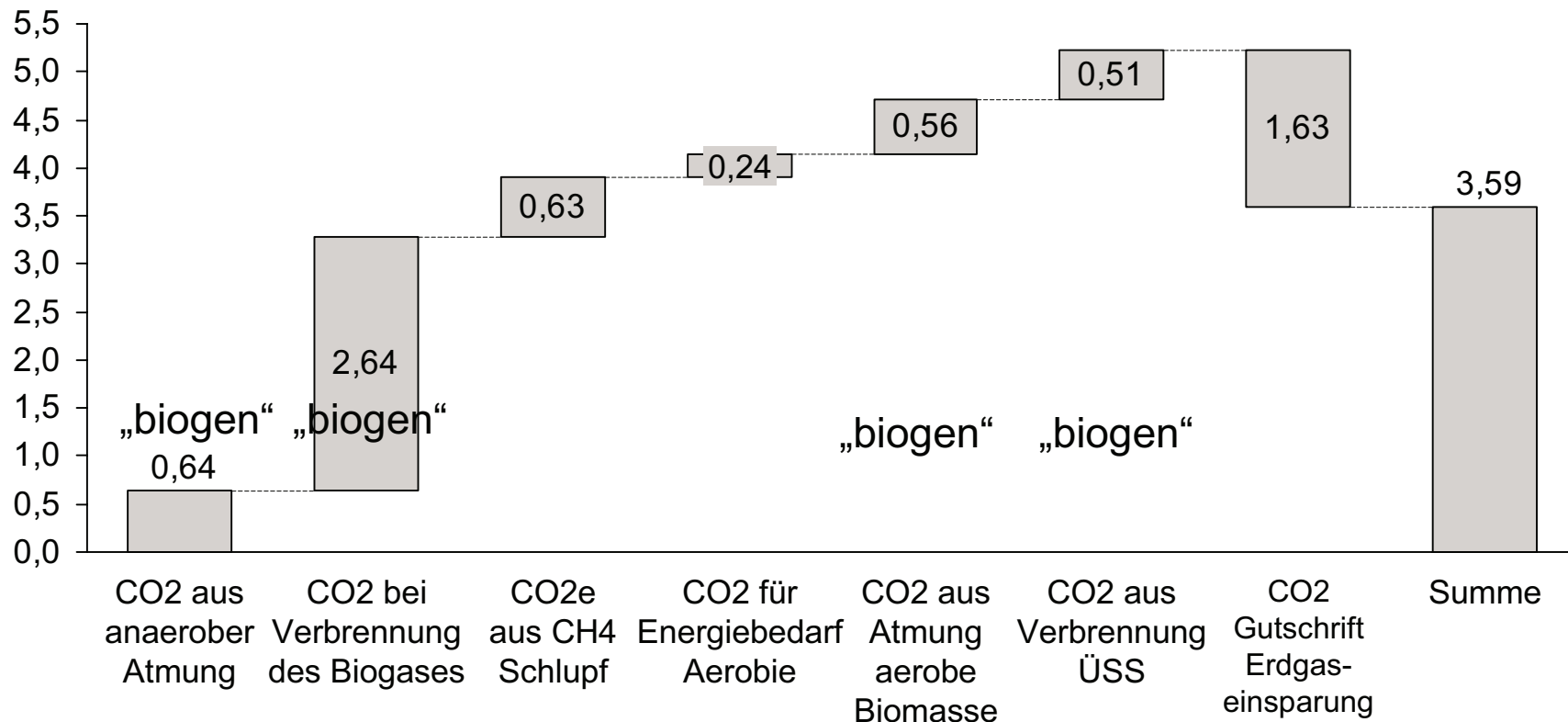
1. N- Rückgewinnung + anaerob/aerobe Abwasserbehandlung
2. N- Rückgewinnung + aerobe Abwasserbehandlung
3. Rein aerobe Abwasserbehandlung mit Nitrifikation und Denitrifikation

Beispiel: GWP Bilanz anaerob/ aerobe Behandlung (Fall 1)



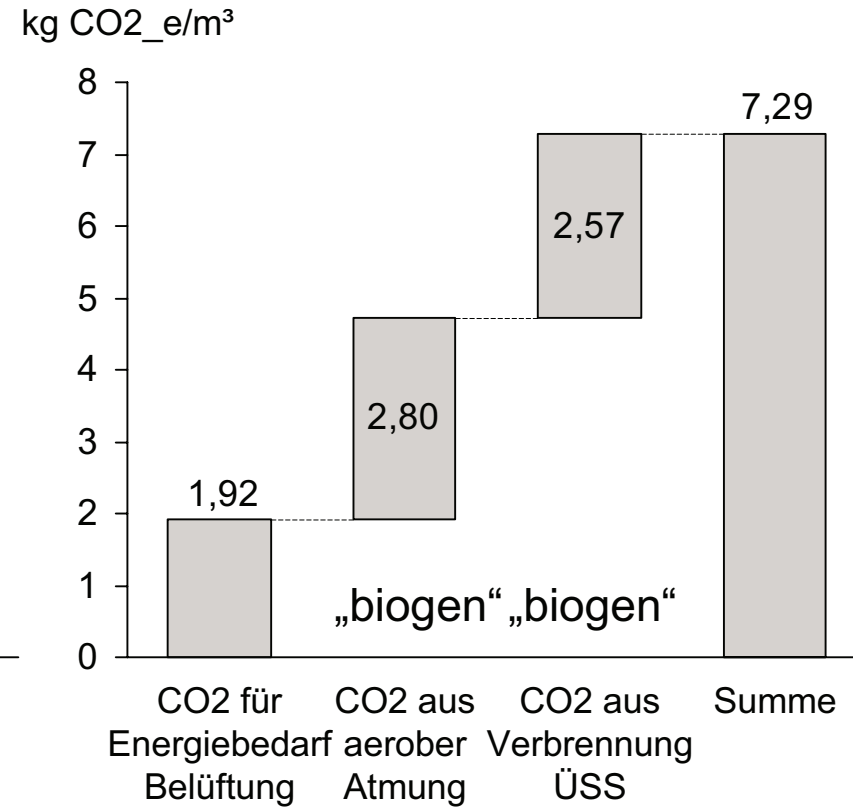
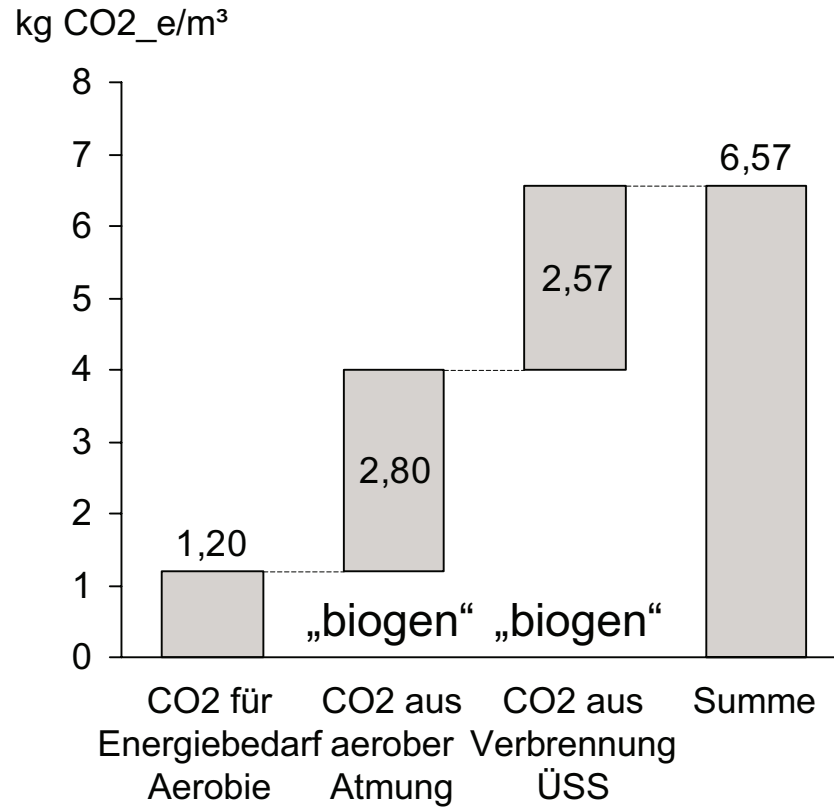
1) GWP100 Bilanz (Beispiel: 4 g CSB/L, CSB Abbau 80% anaerob, + aerob)

(kg CO₂_e/m³)



→ ca. 3,6 kg CO₂eq/m³ Abwasser (-0,76 kg CO₂eq/m³ ohne „biogen“)

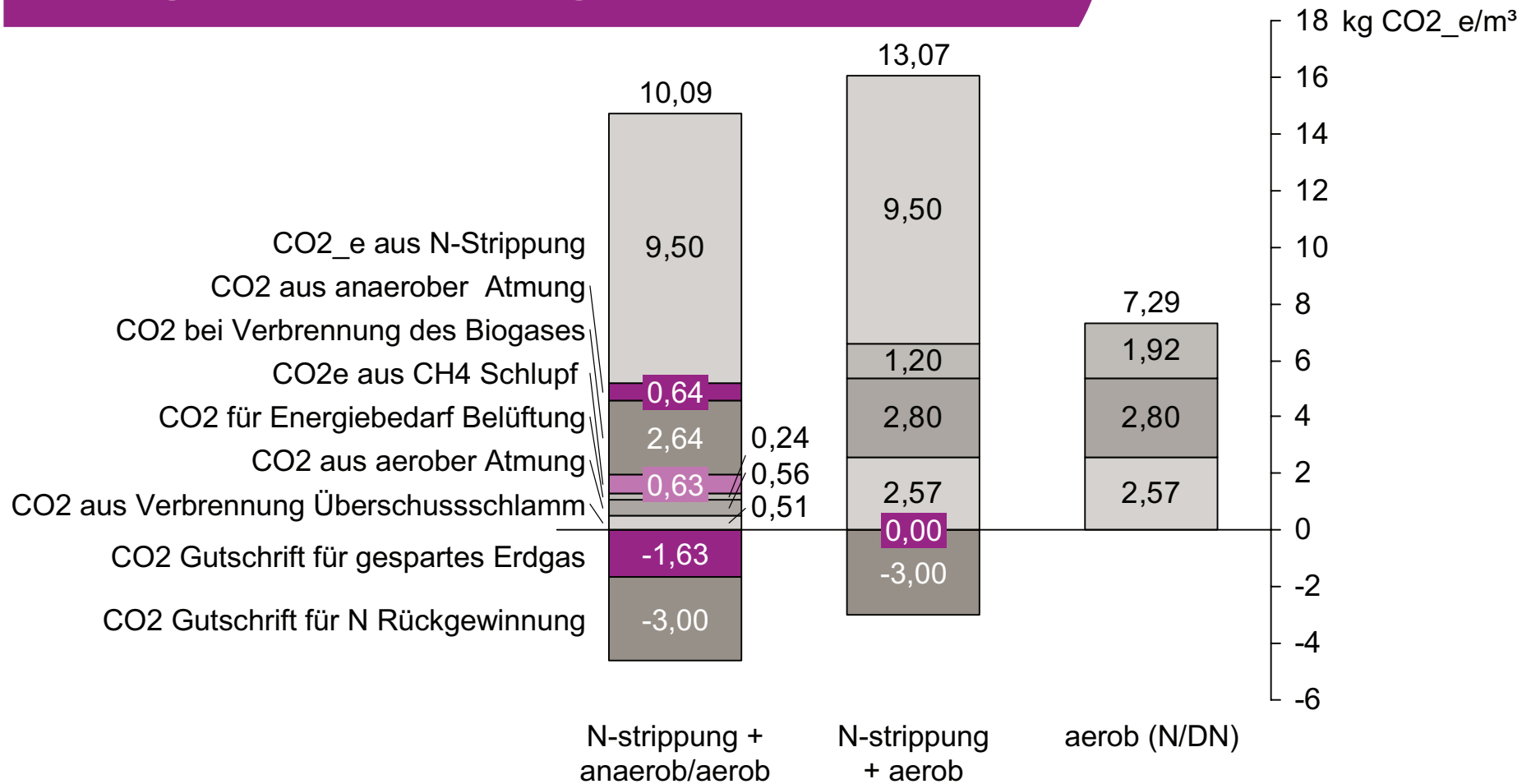
GWP Bilanz aerobe Behandlung (Fall 2 und 3)



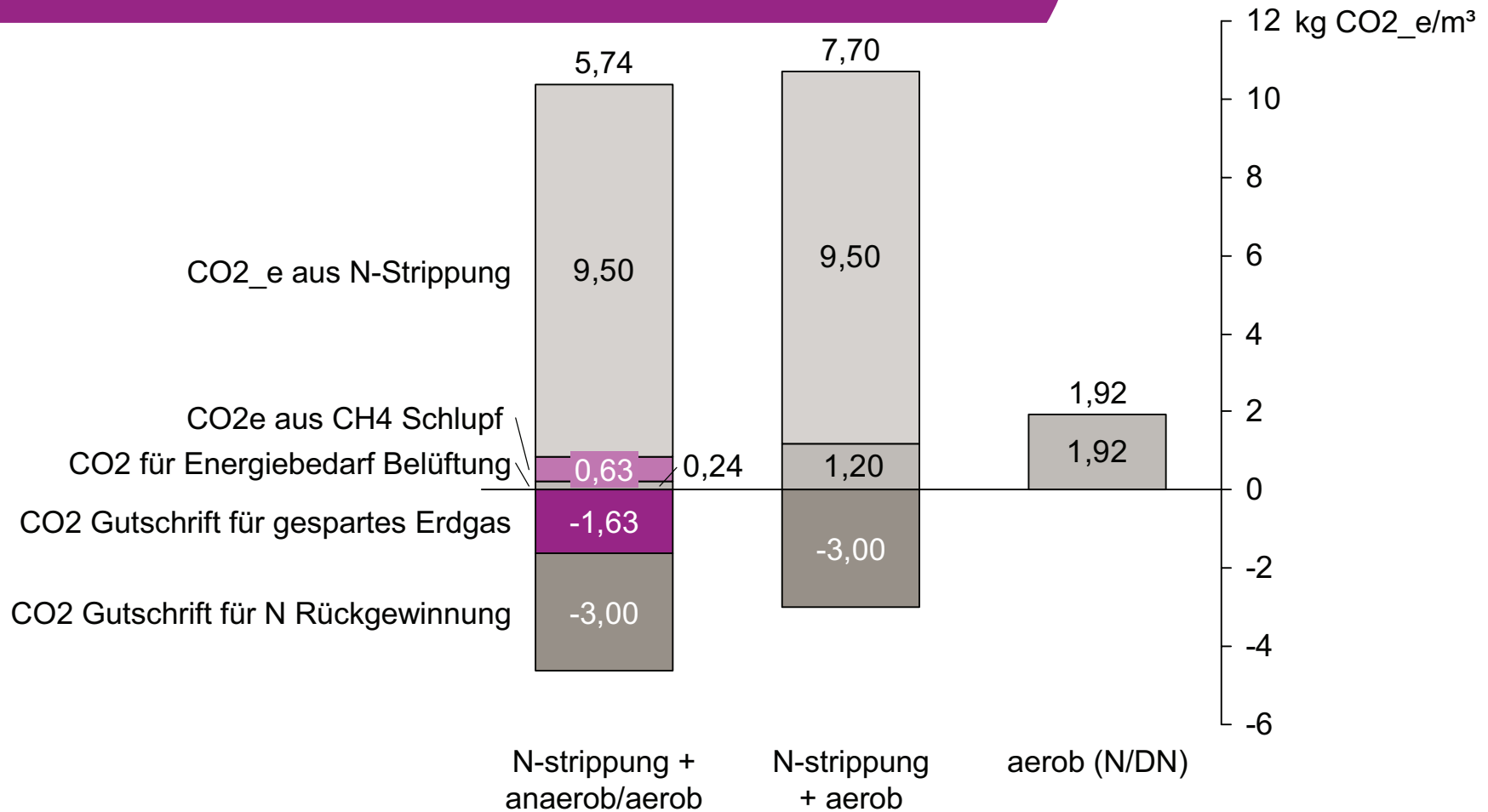
2) aerobe CSB Elimination (nach N-strippung)

b) Komplette C+N elimination

Ergebnis der Beispiels: Gegenüberstellung der Optionen



Ergebnis des Beispiels ohne biogenes CO2



Fazit: eine Dampfstrippung des Ammoniaks und Produktion von Starkwasser lohnt sich unter den betrachteten Randbedingungen klimatechnisch nicht

Gliederung

- Einleitung
- Wassernutzung, Abwasseranfall und Einflussfaktoren
- Kleine „Ökobilanz“ von Abwasserbehandlungsoptionen
- Herausforderungen für die Zukunft

Herausforderungen für die Wassertechnik in der Biotechnologie in der Zukunft



Verfahrenstechnik der Abwasser- und Reststoffbehandlung

- **Wassertechnik ermöglicht erst Kreislaufschließung und wasserarme Produktion, aber Energieeinsatz muss betrachtet werden**
- **Energiesparende Technologien zur N-Rückgewinnung oder Elimination aus Abwasser und Biomassen**
- **Nach anaerober Behandlung z.B. Deammonifikation möglich
→ aber: Toleranz gegen Störstoffe ??**
- **Nutzung des Energiegehalts des Abwassers durch anaerobe Prozesse im Prinzip sinnvoll, wenn C/N für N-Elimination das erlaubt**
- **Technologien zur gemeinsamen Behandlung von Biomassen, Klärschlämmen und Abwässern aus biotechnologischen Prozessen nicht optimal**
- **Ökobilanzen sollten in Zukunft neben Kostenbetrachtungen zur Standardwerkzeug auch in der Abwassertechnik gehören → relevante Einflussparameter werden deutlich für Optimierung des Systems**

Mögliche Trends

→ In Zukunft ist zu erwarten, dass auch biotechnologisch hergestellte Produkte nicht nur über den „**carbon footprint**“ verglichen werden, sondern auch über den „**water footprint**“

Beispiele für biotechnologische Rohstoffe:

900 L/ kg Mais

900 L/kg Kartoffeln

1300 L/kg Weizen

1500 L/kg Zucker (cane)

1800 L/kg Soja



Es ist zu erwarten, dass zunehmend zwischen Wasserverbrauch und Energieverbrauch (carbon vs. water footprint) abzuwägen ist

→ Es fehlen Maßstäbe und Beurteilungskriterien dafür, die die lokale Knappheit der Ressource Wasser einbeziehen !

Übergeordnetes Ziel muss die Reduktion aller negativen Auswirkungen auf Umwelt, Klima und Gewässer sein → Wassertechnik ist in der ganzen Kette beteiligt (Landwirtschaft, Agro-Industrie, Biotech) und ermöglicht erst **Wasserwiederverwendung**

Vielen Dank !



EVONIK
INDUSTRIES