Erfolgsfaktoren für die Marktfähigkeit einer Gras-Bioökonomie

Dr. Michael Duetsch

Fachaustausch Gras-Bioökonomie
Leipzig, 7. Oktober 2026



© picturesbyrob / Alamy

Bioökonomie etabliert Kohlenstoffkreisläufe unter Verzicht auf fossile Quellen und ohne Kompromisse bei der Lebensmittelproduktion



Kostenvergleich von Kohlenstoffquellen

Rohstoff	Preisbasis	Preis [EUR/Tonne] (Trockenmasse)	Kohlenstoff-anteil	Kosten für Kohlenstoff [EUR/Tonne C]
Schiefergas USA	3,3 USD/MMBtu	153	75%	**200**
Erdgas EU	30 EUR/MWh	400	75%	**530**
Erdöl	80 USD/bbl	510	85%	**600**
Rapsöl	1.000 USD/t	860	77%	**1.110**
Mais 15% Wasser	190 EUR/t	224	45%	**500**
Holz / Fichte 460 kg trocken/fm	60 EUR/fm	130	50%	**260**
Stroh 15% Wasser	85 EUR/t	100	42%	**240**
Gras 75% Wasser	Aus Kohlenstoffkosten rückgerechnet 25 EUR/t	100	42%	**240**

- Petrochemische Industrie
- Global und etabliert
- Reife, kosteneffiziente Prozesse

- Oleochemie, etabliert

- Bioökonomie, -technologie
- Am Anfang der Lernkurve, Prozessentwicklungen
- Fokus auf Moleküle mit hohem Sauerstoffanteil sowie Beibehalt der natürlichen Polymere (Cellulose, Lignin)

Biomasse ist prädestiniert für Materialien mit hohem Sauerstoff Anteil

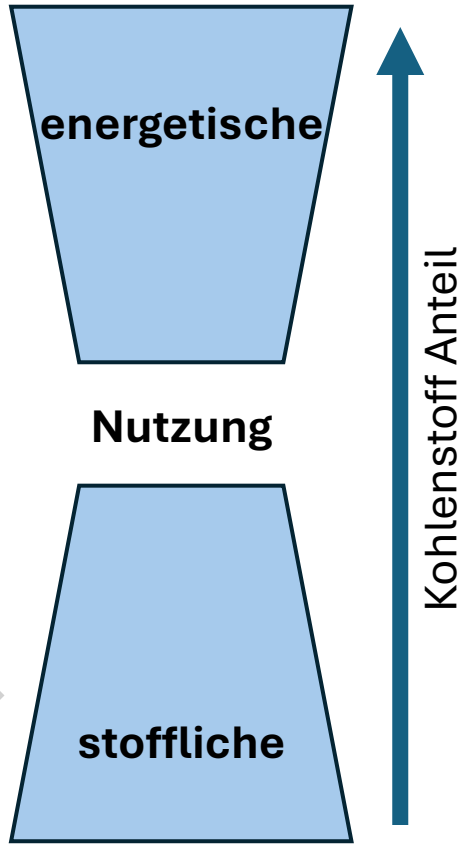
Rohstoff	Kosten für Kohlenstoff [EUR/Tonne C]
Schiefergas USA	**200**
Erdgas EU	**530**
Erdöl	**600**
Rapsöl	**1.110**
Mais 15% Wasser	**500**
Holz / Fichte 460 kg trocken/fm	**260**
Stroh 15% Wasser	**240**
Gras 75% Wasser	**240**

hoher Kohlenstoff Anteil (>75%)

hohe Kosten
- Hydrierung >250 EUR/t C
- oder
- Massenverlust durch CO_2 Abspaltung (+>50%)

hoher Sauerstoff Anteil

bevorzugt für Produkte mit ähnlichem Sauerstoffanteil



Das letzte Jahrzehnt begann mit einem Hype um Cellulose-Bioethanol und endete in einer Reihe von Misserfolgen

INEOS

Holzreststoffe
Siedlungsabfall

BETARENEWABLES

Pappel *Gräser*

Stroh CLARIANT

ABENGOA

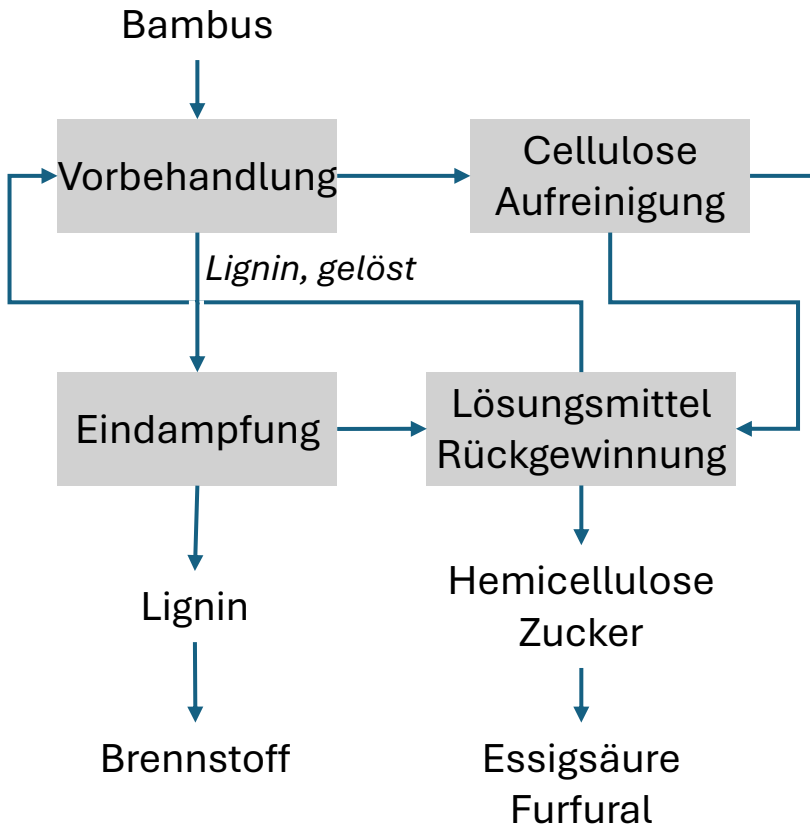
Ernte-rückstände

Maisstroh DUPONT

POET | DSM

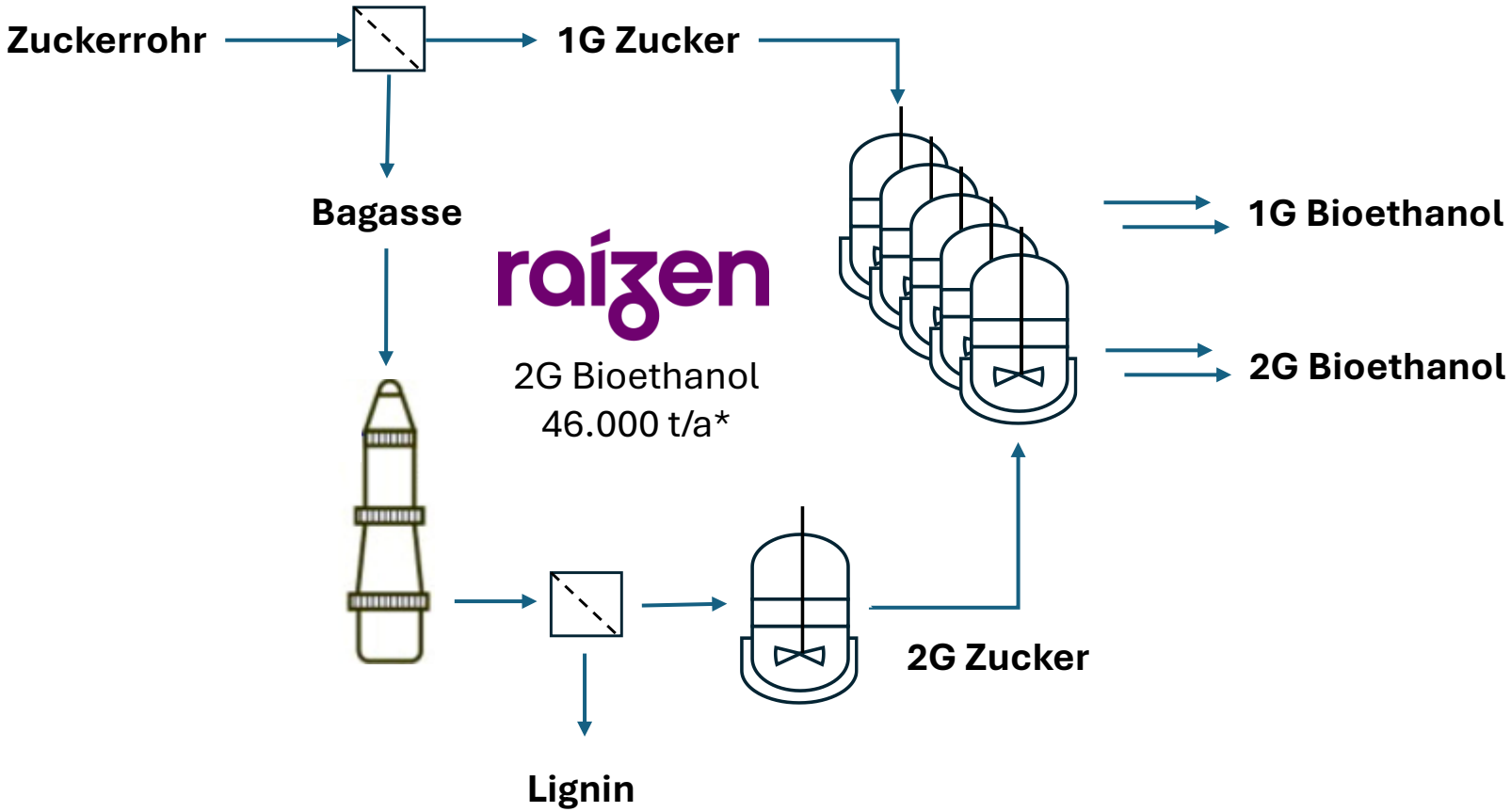
- Unterschätzte Lieferantenmacht von landwirtschaftlichen Betrieben
- Geringe Synergien
- Unreife Vorbehandlungsprozesse mit geringem Durchsatz
- Hohe Enzymkosten
- Keine stoffliche Nutzung von Lignin

Assam Bio Ethanol Pvt Bioraffinerie in Numaligarh/India: Bioethanol, Lignin und Biochemikalien aus Bambus



- JV von NRL und Chempolis (AM Green)
- Eröffnet im September 2025, Hochfahren der Anlage in 2026
- Chempolis' Formico Prozess: Ameisensäure als recycletes Lösungsmittel für Lignin
- 300.000 t Bambus, geliefert von bis zu 30.000 landwirtschaftlichen Betrieben
- Wertsteigerungspotential durch stoffliche Nutzung von Lignin
- Produktkapazitäten
  - 50.000 t Bioethanol
  - 19.000 t Furfural
  - 11.000 t Essigsäure
  - 144 GWh Brennstoff (Lignin)

Integration in andere industrielle Prozesse durch Nutzung eines Nebenstroms (I): Raízens Bagasse zu Bioethanol Prozess



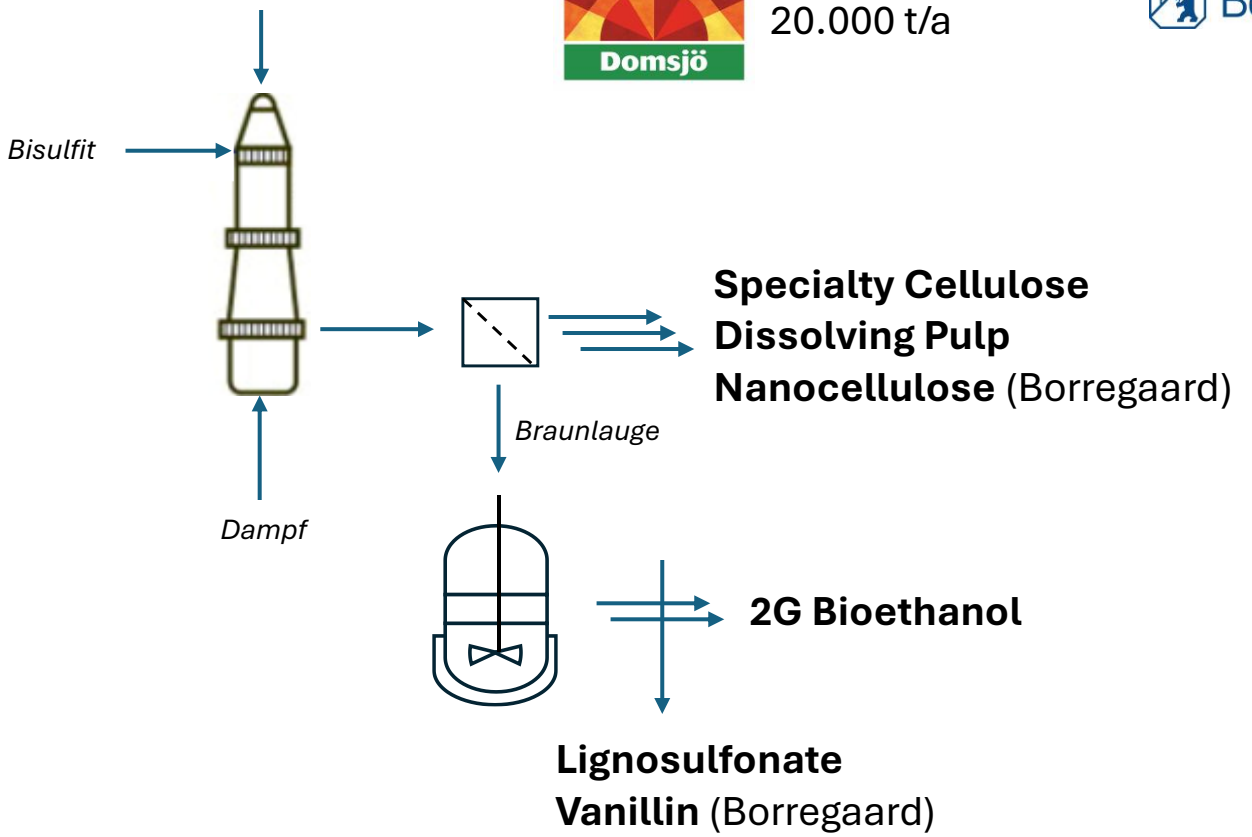
* 2024/5

- Integration in eine Zucker- und 1G Bioethanolproduktion
- Kein Einkauf oder Logistik für Bagasse
- Synergien bei Fermentation, Abtrennung und Aufreinigung mit der 1G Bioethanolproduktion
- Wertsteigerungspotential durch stoffliche Nutzung von Lignin

➢ Raízen plant 20 weitere 2G Bioethanol Produktionsstätten bis 2031

- In Indien und China werden ähnliche Ansätze untersucht.

Integration in andere industrielle Prozesse durch Nutzung eines Nebenstroms (II): Bioethanol wird seit mehr als hundert Jahren aus Holz hergestellt



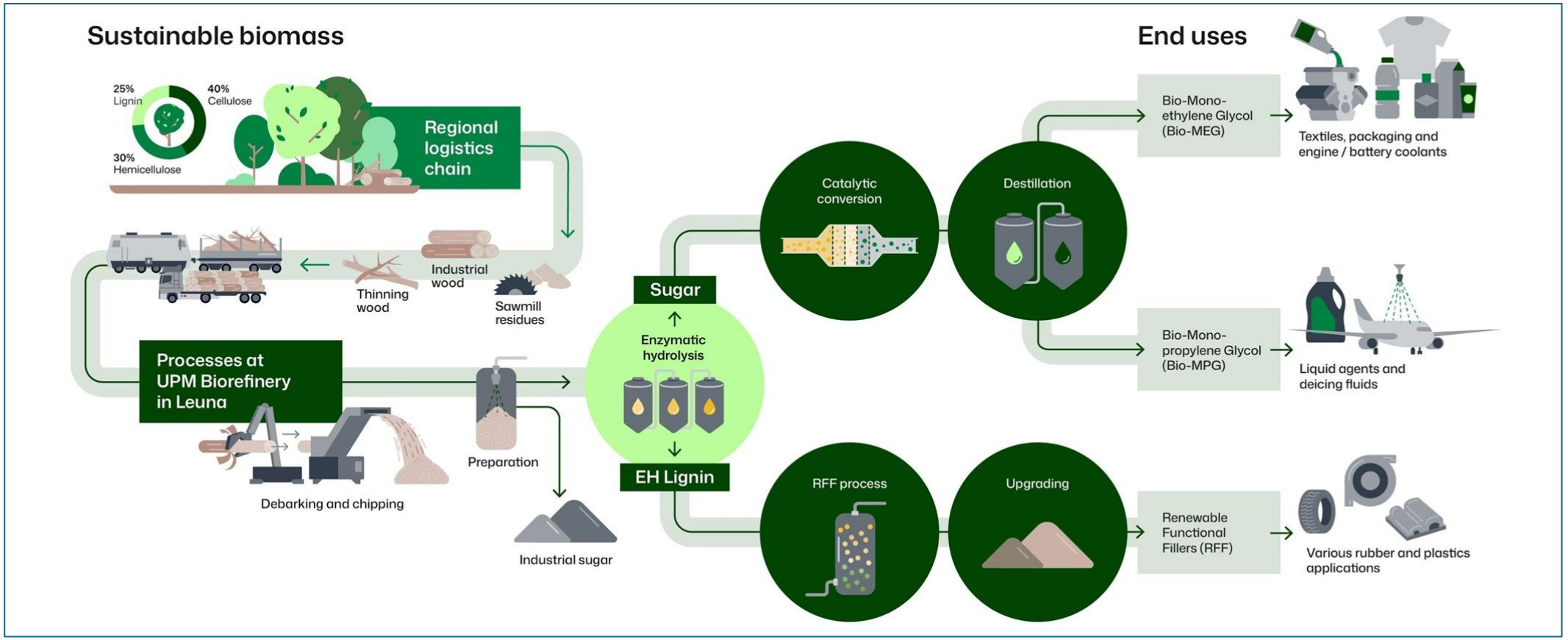
ADITYA BIRLA Domsjö — 2G Bioethanol 20.000 t/a

Borregaard — 2G Bioethanol 16.000 t/a

austrocel hallein — 2G Bioethanol 14.000 t/a

- Patentiert im 19. Jahrhundert
- Reife Technologie
- Rückläufige Produktionskapazität infolge der schrittweisen Einstellung des Sulfitverfahrens
- Hemicellulose von Nadelholz enthält wenig C5 Zucker, daher können non-GMO Hefen verwendet werden
- Das Substrat ist ein Reststoffstrom und somit gemäß Anhang IX A der Richtlinie RED II/III förderfähig
- Borregaard optimiert die Bioraffinerie durch die Herstellung von Vanillin aus Lignin sowie von Nanocellulose

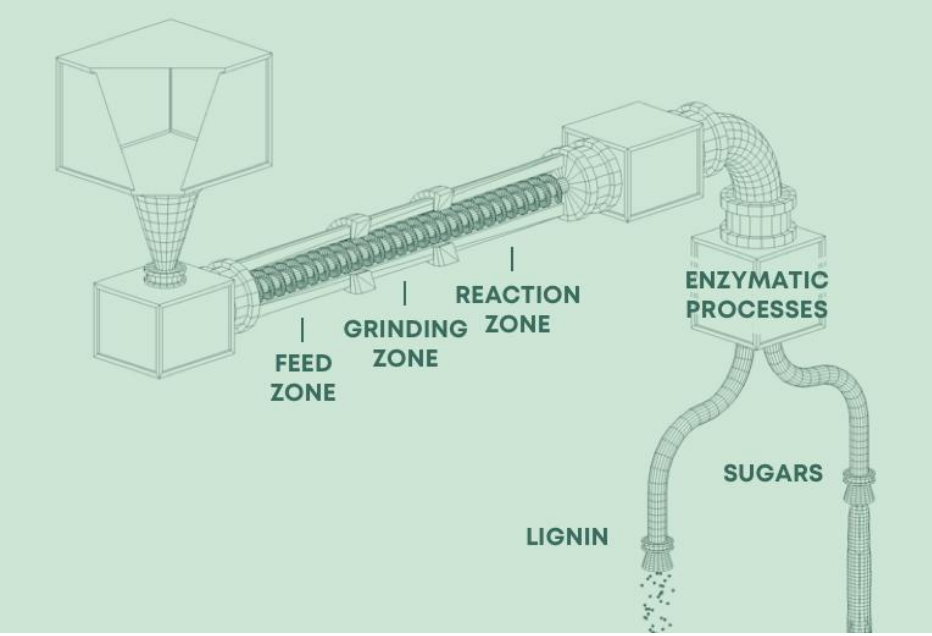
UPM und Fibenol haben in Laubholz-Bioraffinerien investiert: zwei unterschiedliche Ansätze mit einer Reihe von Gemeinsamkeiten



https://www.upmbiochemicals.com/renewable-functional-fillers/sustainability/turning-wood-into-green-chemicals-in-leuna/

UPM und Fibenol haben in Laubholz-Bioraffinerien investiert: zwei unterschiedliche Ansätze mit einer Reihe von Gemeinsamkeiten

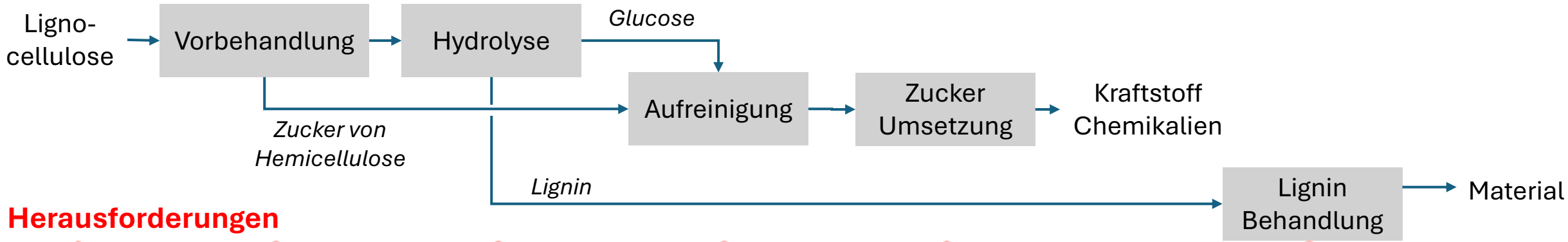
Fibenol



https://fibenol.com/technology

- Laubholz als “gutmütiger” Rohstoff – Lignin mit geringer Reaktivität
- Enzymatische Hydrolyse
- Stoffliche Nutzung des gesamten Holzes
- Fibenols Prozess endet bei den Zwischenprodukten: Lignin, C5 Zucker, Spezialzellstoff und Glucose
- UPM setzt diese Zwischenprodukte weiter zu Rohstoffen für die Chemie-, Kunststoff- und Gummiindustrie um
- Der größte technische Unterschied liegt in der Vorbehandlung
  - Fibenol: Kombination von Extrusion und Dampfdruckaufschluss
  - UPM: Dampfdruckaufschluss

Betriebskosten: Eine Reihe von Ansatzpunkten für Verbesserungen



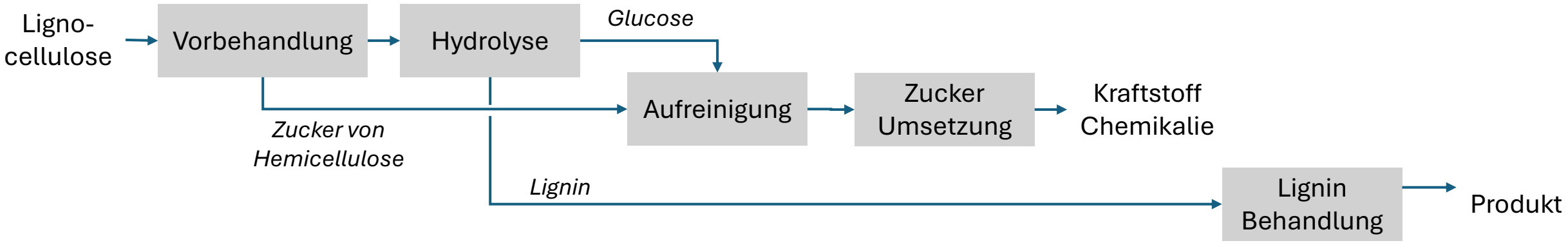
Herausforderungen

- Kosten
- Geringer Durchsatz, Energie, Abwasser
- Enzymkosten
- Komplexität, Seitenströme
- Ausbeute, Abtrennung, Aufreinigung
- Qualität, Performance, Abwasser

Ansatzpunkte für Verbesserungen

- Variabilität durch robuste Prozesse
- Einsatz von Lösungsmittel für Lignin, pH Kontrolle
- Enzym-Recycling
- Limitierung auf Mindestreinheit
- Optimierung Fermentation oder Katalyse
- robuste Spezifikationen, Anwendungsbreite

Investitionen in Bioraffinerien sind kapitalintensiv



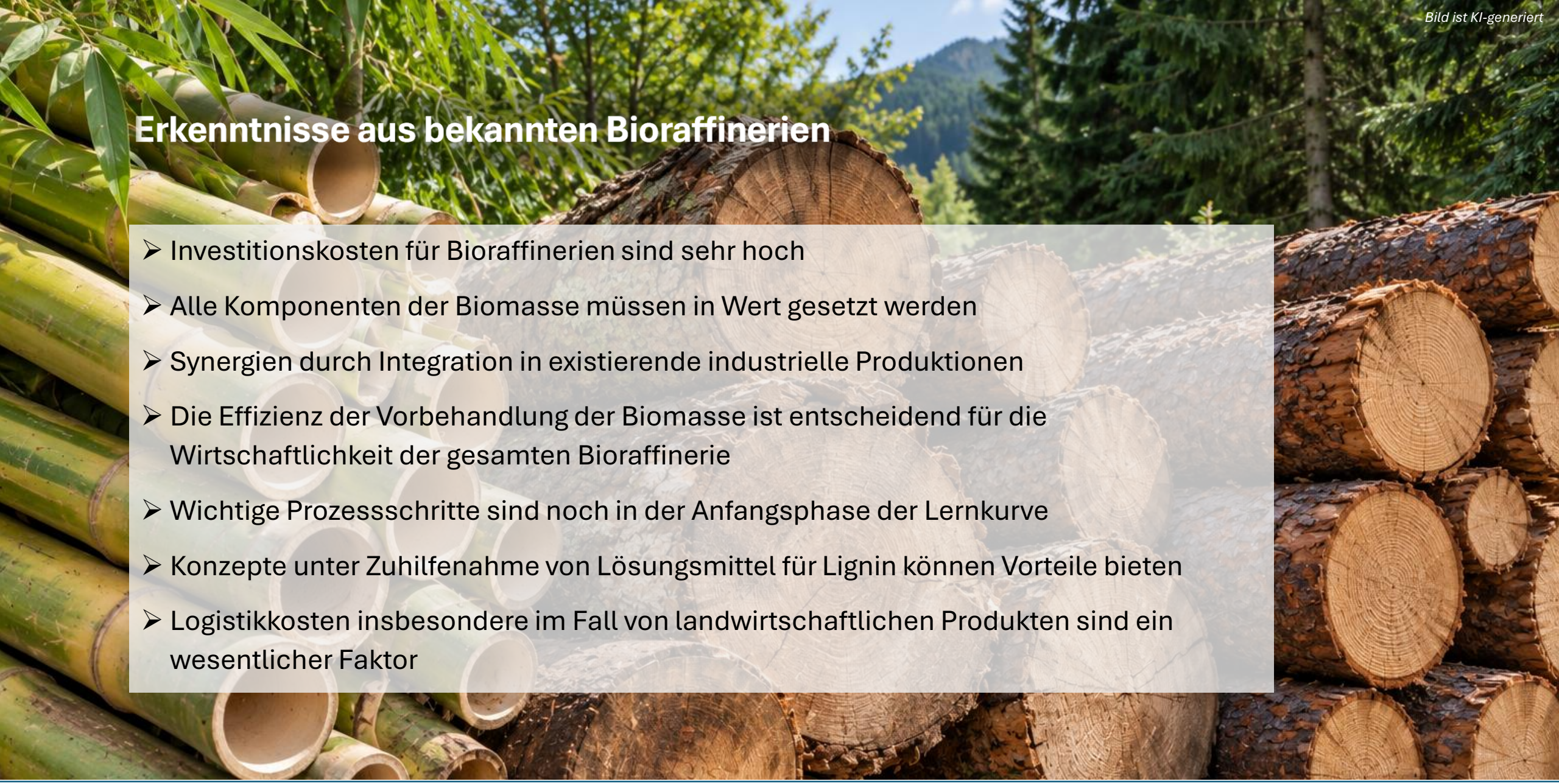
UPM Biochemicals: Laubholz, 220.000 t Produkte, Investition: ca. 1.300 Mio. EUR

Assam Bio Ethanol : 500.000 t Bambus, 100.000 t Produkte, Investition: ca. 500 Mio. EUR

Fibenol: 60.000 m^3 Laubholz, 27.000 t Produkte, Investition: 135 Mio. EUR

Clariant: 250.000 t Stroh, 50.000 t Bioethanol, Investition: > 250 Mio. EUR (Baubeginn 2018)

Södra: 50.000 t Lignin aus Schwarzlauge, Investition: 180 Mio. EUR



Erkenntnisse aus bekannten Bioraffinerien

- Investitionskosten für Bioraffinerien sind sehr hoch
- Alle Komponenten der Biomasse müssen in Wert gesetzt werden
- Synergien durch Integration in existierende industrielle Produktionen
- Die Effizienz der Vorbehandlung der Biomasse ist entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der gesamten Bioraffinerie
- Wichtige Prozessschritte sind noch in der Anfangsphase der Lernkurve
- Konzepte unter Zuhilfenahme von Lösungsmittel für Lignin können Vorteile bieten
- Logistikkosten insbesondere im Fall von landwirtschaftlichen Produkten sind ein wesentlicher Faktor

Zusammensetzung von Gräsern im Vergleich zu anderen Biomassen

	Gräser[a]	Beispiel für Silage[b]	Miscanthus[a]	Weizenstroh[a]	Kiefernholz[c]	Buchenholz[c]
Cellulose	20 – 50%	32%	38 – 40%	29 – 47%	41%	47%
Hemicellulose	5 – 50%	27%	18 – 27%	23 – 39%	27%	28%
Lignin	3 – 30%	8%	7 – 26%	8 – 21%	27%	22%
Asche	5 – 20%	9%	2 – 6%	4 – 8%	<1%	<1%
Dichte[d]	0,1 – 0,4 t/m^3	-	0,1 – 0,2 t/m^3	0,1 – 0,2 t/m^3	0,5 t/m^3	0,7 t/m^3

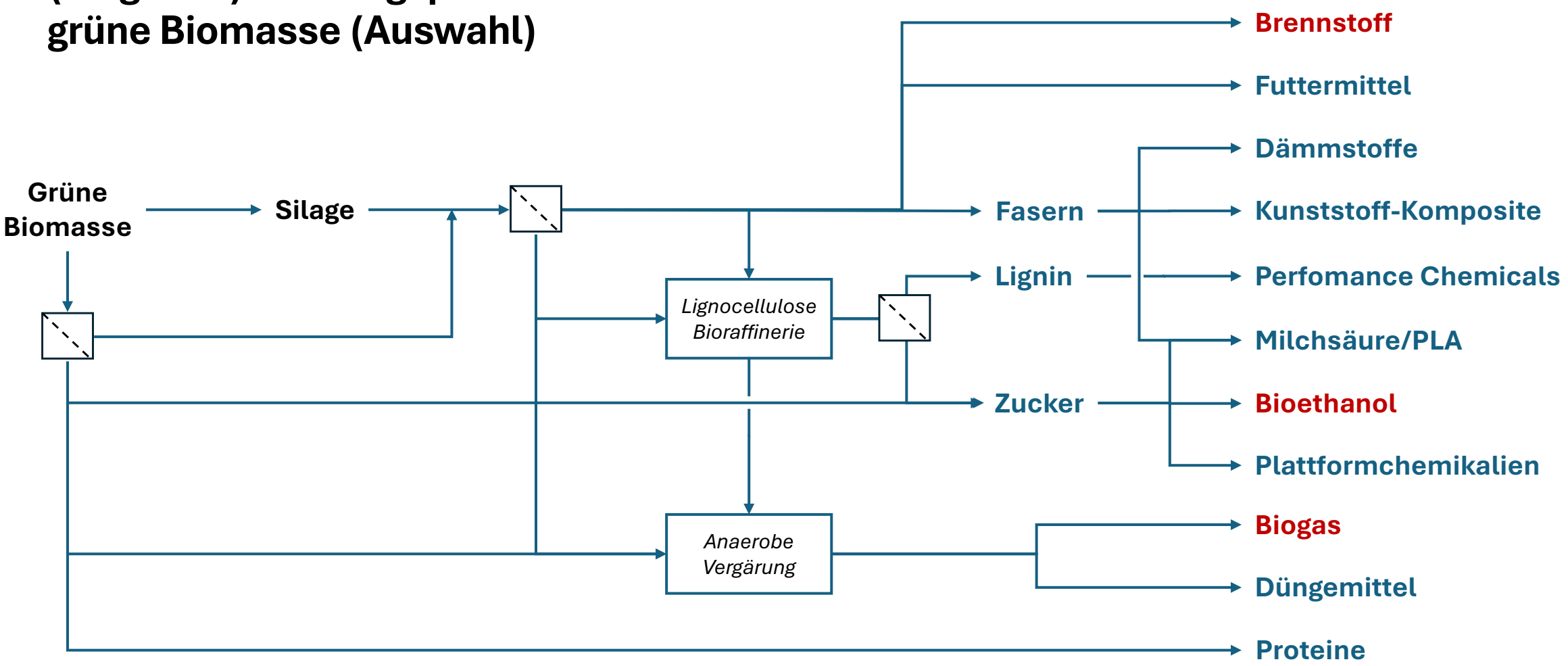
Die Anteile von Lignin und Hemicellulose schwanken bei Gräsern besonders stark durch …

- den Reifegrad (je reifer, desto mehr Fasern, Lignin,…; desto weniger Proteine,…)
- Artenvielfalt
- (Ungenauigkeiten der Analysen)

[a]:A. Jaanimägi, B. Khaleghdoust, R. Värnik, T. Kikas, *RSC Adv.*, 2026, **16**, 29325
[b]: H. A. Raza, V. Scheff, M. K. von Ahn, D. Laner, K. Stenchly, M. Wachemndorf, K. Kaetzl, *Fuel Processing Technology*, 2026, **281**, 108380
[c]: Durchschnittswerte, geschätzt von Michael Duetsch
[d]: Schüttdichte für Gräser, Stroh

(Mögliche) Nutzungspfade für grüne Biomasse (Auswahl)

Beispiele für energetische und stoffliche Nutzung



nach
- L. M. M. Krenz, D. Pleissner, *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2024, **14**, 2889
- eigene Überlegungen

Das Beispiel Bioethanol verdeutlicht Herausforderungen für Gräser-Bioraffinerien, welche auf Chemikalien/Biokraftstoffe zielen

Biomasse	Trocken-gehalt	Kohlen-hydrate [% von Trocken-biomasse]	Bioethanol aus 1 t Biomasse (feucht)[a]	Biomasse (feucht) für 40.000 t Bioethanol	Biomasse-kosten pro Tonne Ethanol[b]	Logistik und Lagerung	Prozesskosten	RED II Annex IXa Komptabilität
Fichtenholz	50%	68%	153 kg	260.000 t	420	🟢	🟠	🔴🟢
Gräser	25%	60%	68 kg	590.000 t	370	🔴	🟠	🟢
Mais	85%	88%	337 kg	120.0000 t	570	🟢	🟢	🔴

- Logistikkosten sind für Gras außerordentlich hoch: hoher Wasseranteil, geringe Schüttdichten (ca. Faktor 4 zwischen Gras und Holz)
- Enzymkosten für Hydrolyse von Cellulose sind um etwa den Faktor 10-20 höher im Vergleich zu Enzymen für Stärke
- Bestimmte Gräser sind kompatibel mit der RED II/III Regulierung
- Der Wert für Nebenprodukte wurde nicht berücksichtigt: Schlempe/Proteine, Maisöl, Lignin, CO_2, …

[a]: 45% Massenausbeute aus Kohlenhydraten
[b]: Preisbasis siehe Seite 3

Basis für das Marketing entlang der Wertschöpfungskette

Stoffliche Nutzung

Rohstoffe	Grundstoffe	Zwischenprodukte	Materialien	Finales Produkt
z. B. Erdöl, Erdgas	*z. B. Petrochemie*	*z. B. Chemische Bausteine*	*z. B. Polymere*	*z. B. Kunststoffkomposite, Formteile*
Biomethan **Bioöl** **Bionaphtha**	**Zucker**	**Plattformchemikalien**	**Fasern** **Lignin**	**Dämmstoffe**
➢ Niedrige Eintrittshürden in einen großen Markt → Kosteneffizienz ➢ Massenbilanzierung ➢ Geringe Differenzierung ➢ IP Risiko vernachlässigbar	➢ Spezifikation ➢ LCA, Nachhaltigkeitskriterien ➢ Kosteneffizienz ➢ Supply Chain Optimierung ➢ Drop-In: Fokus der Patentstrategie auf eigene Herstellprozesse		➢ Kenntnis der Anwendungen von Kunden ➢ Fokus auf Alleinstellungsmerkmale ➢ Konsistente Qualität ➢ Frühe Entwicklung der Patentstrategie mit Schwerpunkt auf Anwendungen	

Energetische Nutzung (**Biogas, Bioethanol**)

- Kostenwettbewerb mit anderen biobasierten Produkten und erneuerbaren Energien
- Übereinstimmung mit gesetzlichen Regulierungen (z. B. RED II/III)
- Einhaltung strenger Spezifikationen, Zertifikate

Erfolgsfaktoren bei Biomasse, Konversion und Produkten

Biomasse

- Volumen an einem Standort
- Optimierung der Logistik
- Lagerfähigkeit
- Vergleichmäßigung der Zusammensetzung

Konversion

- Inwertsetzung aller Bestandteile
- Verwertung von Seitenströmen
- Prozesswasser und Abwasserbehandlung
- Synergien durch Integration

Produkte

- Hohe Massenausbeute
- Stoffliche Nutzung des Sauerstoffs
- Kenntnisse von Marktsegmenten
- Patentstrategie für Anwendungen



Circular Carbon Chemistry Consulting

Michael Duetsch

mduetsch@ccchem.de
+49 179 3978105
https://www.linkedin.com/in/michaelduetsch/