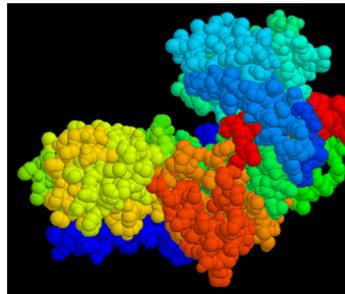

MIT NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN DEM WANDEL BEGEGNEN – VON DER ERDÖLRAFFINERIE ZUR BIORAFFINERIE

11th Leibniz Conference of Advanced Science – Solarzeitalter 2011,
Lichtenwalde, 12. - 13. Mai 2011

Thomas Hirth, Universität Stuttgart und Fraunhofer IGB



GLIEDERUNG

- Herausforderungen des Rohstoffwandels
- Strategien zur Steigerung des Anteils nachwachsender Rohstoffe
- Rohstoffe, Prozesse und Produkte
- Zusammenfassung und Ausblick

Positionspapiere und weitere wichtige Dokumente zum Thema Rohstoffwandel

Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe
 Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

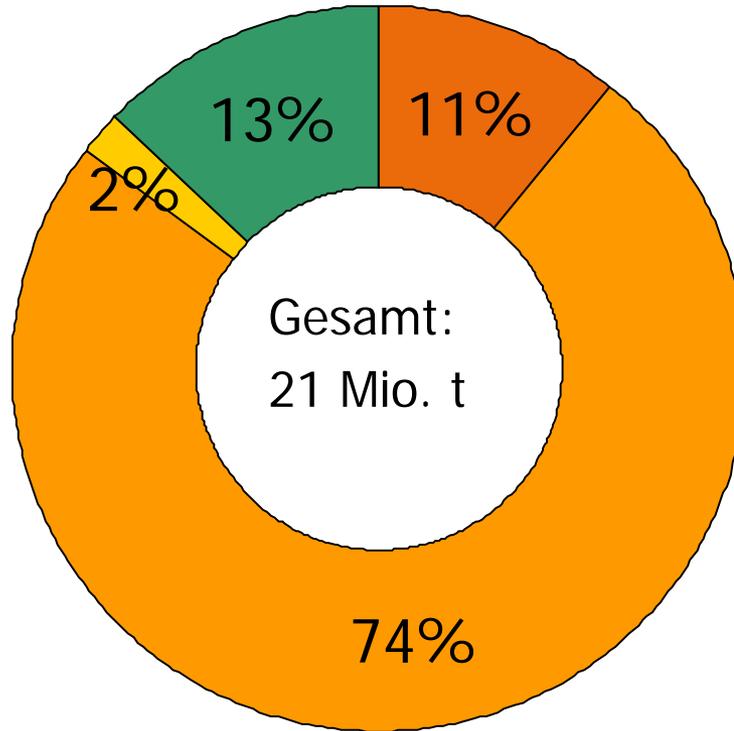
Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland
 Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung
 Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Gutachten des BioÖkonomieRats 2010
 Innovation BioÖkonomie
 BioÖkonomieRat

TAKING BIO-BASED FROM PROMISE TO MARKET
 Measures to promote the market introduction of innovative bio-based products
 A report from the Ad-hoc Advisory Group for Bio-based Products in the framework of the European Commission's Lead Market Initiative
 Published 3 November 2009

Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030
 Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft
 Bundesministerium für Bildung und Forschung

Rohstoffverbrauch in der chemischen Industrie

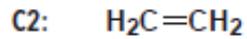


- Erdgas
- Erdöl
- Kohle
- Biomasse

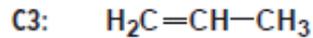
Quelle: VCI,

FNR

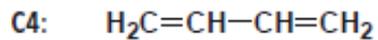
Wichtige Plattformchemikalien der chemischen Industrie



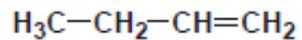
Ethen



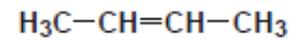
Propen



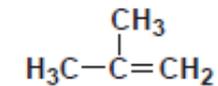
1,3-Butadien



1-Buten



2-Buten

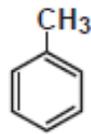


2-Methylpropen

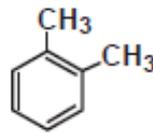
C6, 7, 8 (Aromaten):



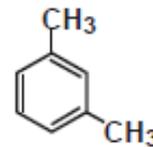
Benzol



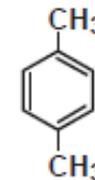
Toluol



o-Xylol
(1,2-Dimethylbenzol)

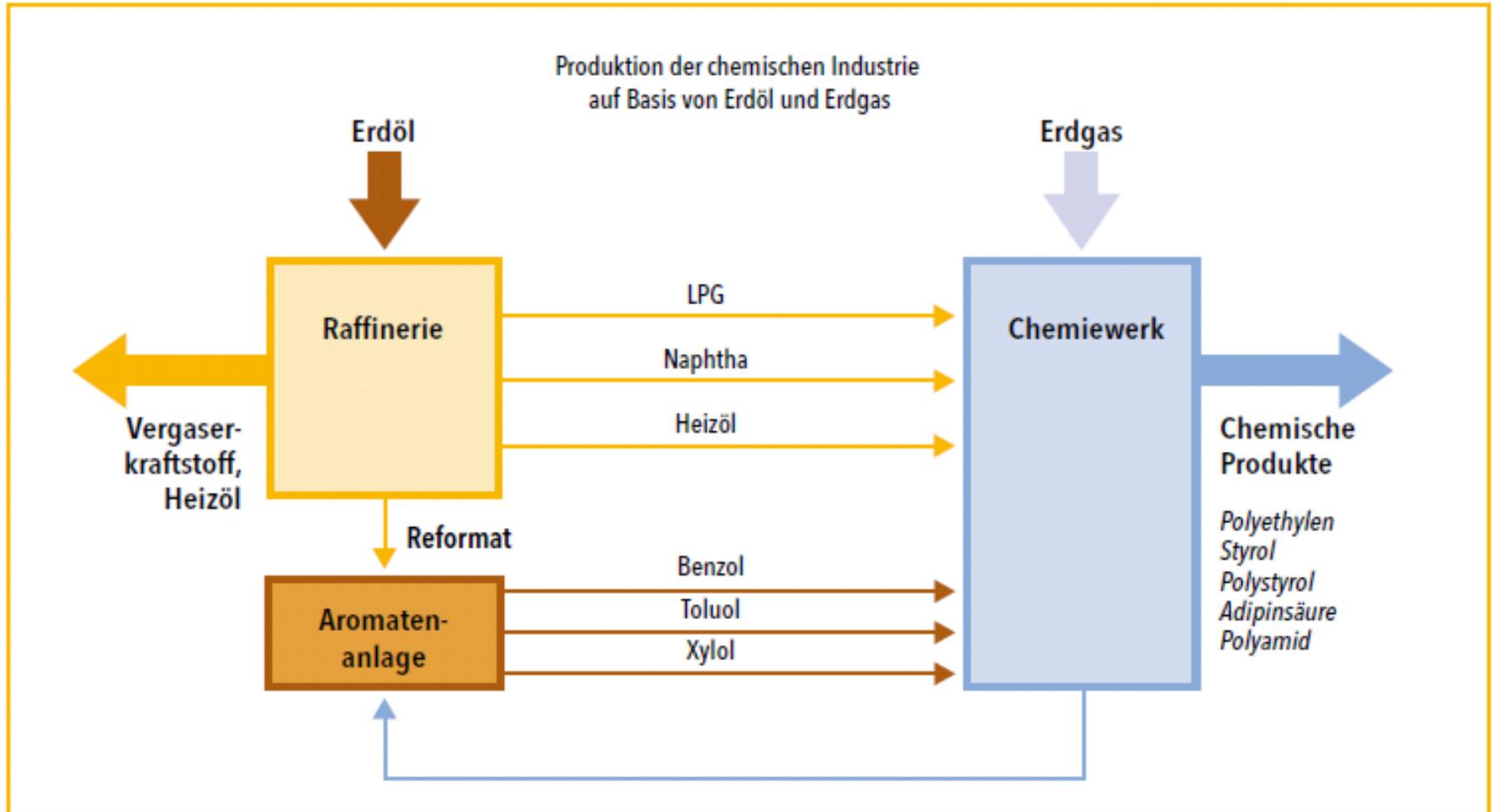


m-Xylol
(1,3-Dimethylbenzol)



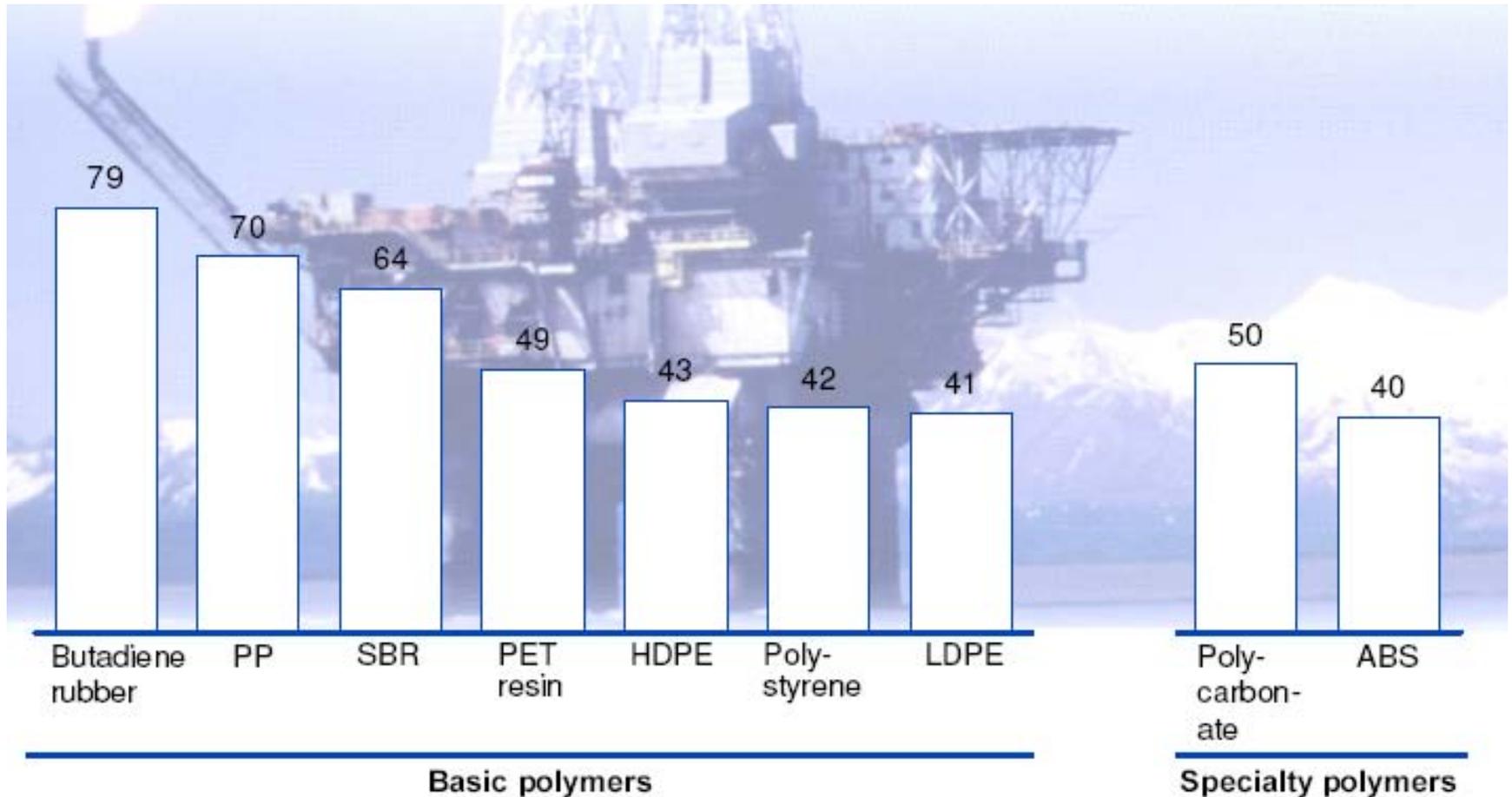
p-Xylol
(1,4-Dimethylbenzol)

Produktlinien auf der Basis von Erdöl und Erdgas



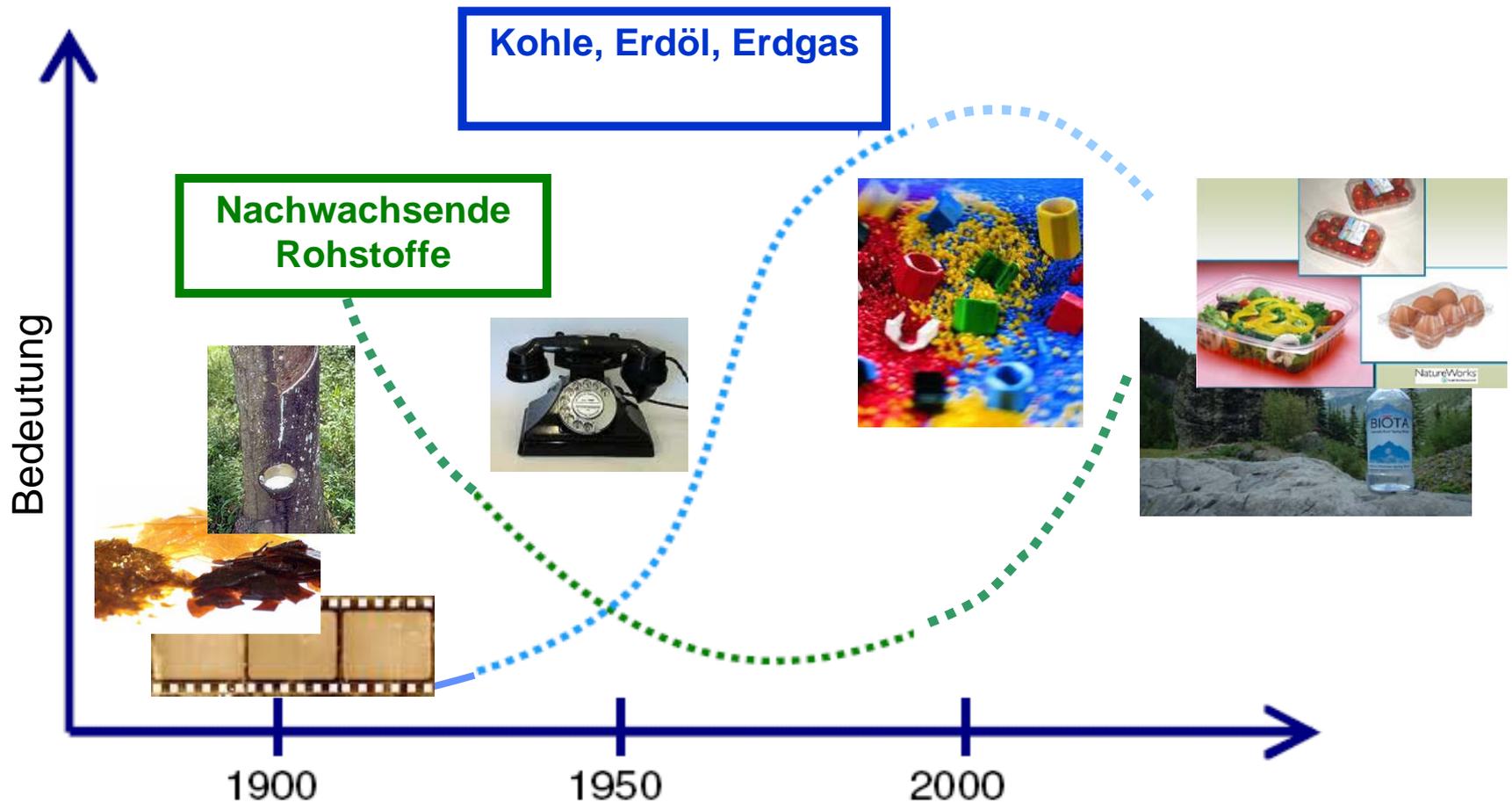
Quelle: VCI, BASF

Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der Industrie - Abhängigkeit der Produktion von den Rohstoffkosten

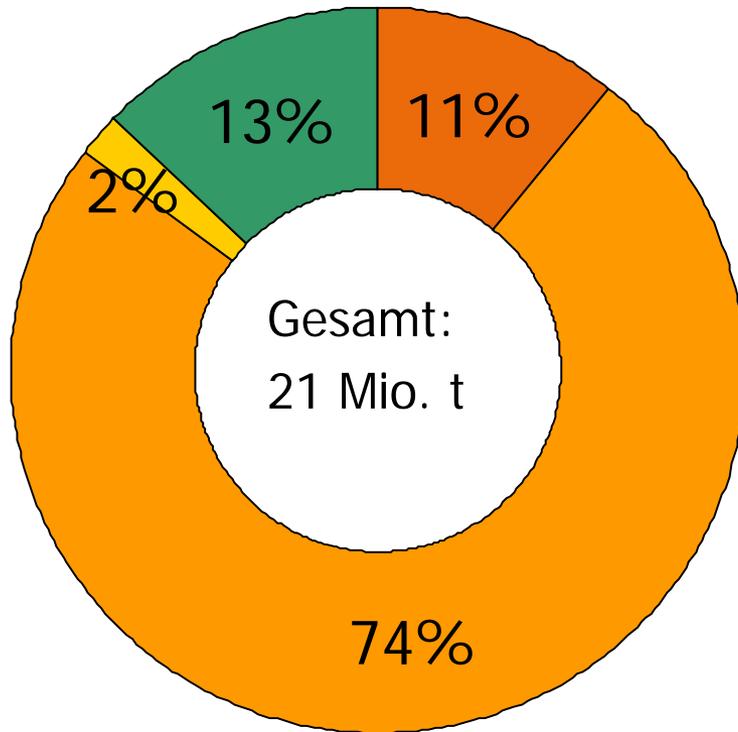


Quelle: McKinsey

Von petrochemischen Rohstoffen zu nachwachsenden Rohstoffen



Nachwachsende Rohstoffe in der chemischen Industrie



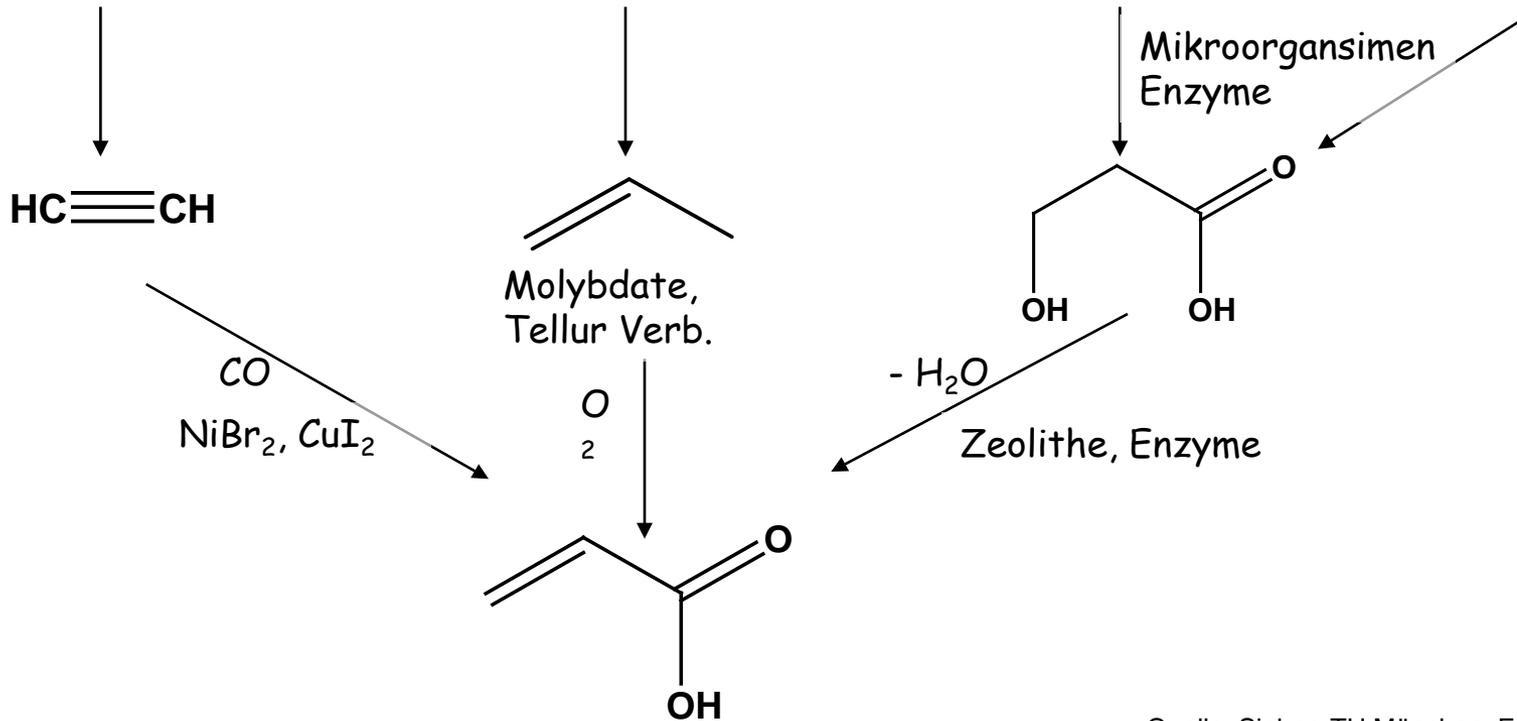
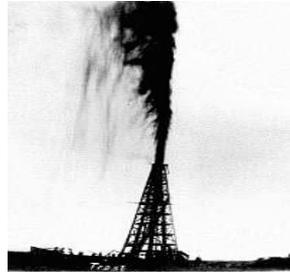
- Erdgas
- Erdöl
- Kohle
- Biomasse

Biomasse	Menge [kt]
Öle und Fette	1.450
Chemiezucker und -stärke	408
Chemiezellstoff	300
Sonstige	549
Gesamt	2.707

Importanteil bei Biomasse: ca. 60 %

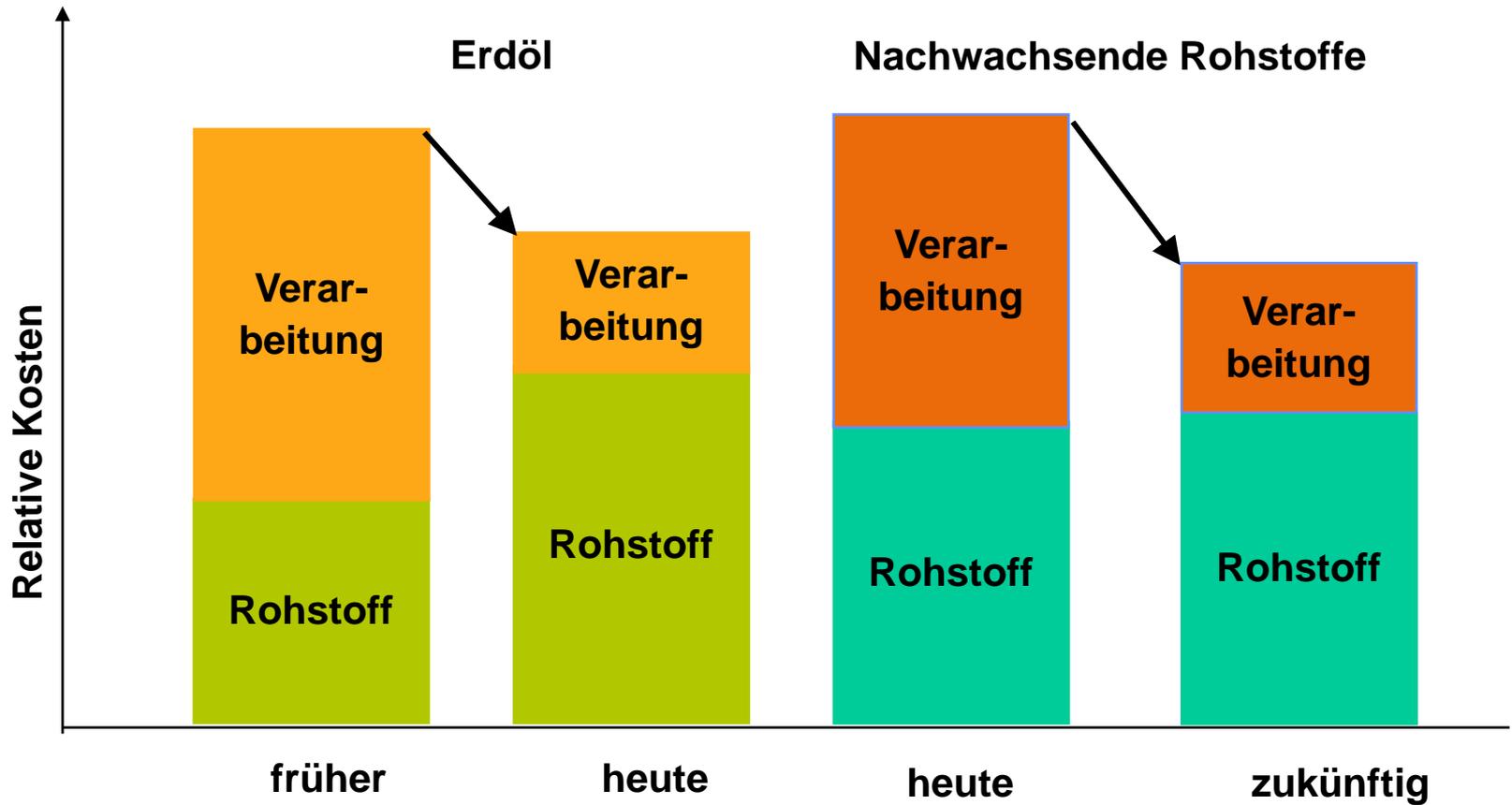
Quelle: FNR, meó consult, VCI

Rohstoff-, Synthese- und Katalysatorwandel



Quelle: Sieber, TU München, Fraunhofer BioCat

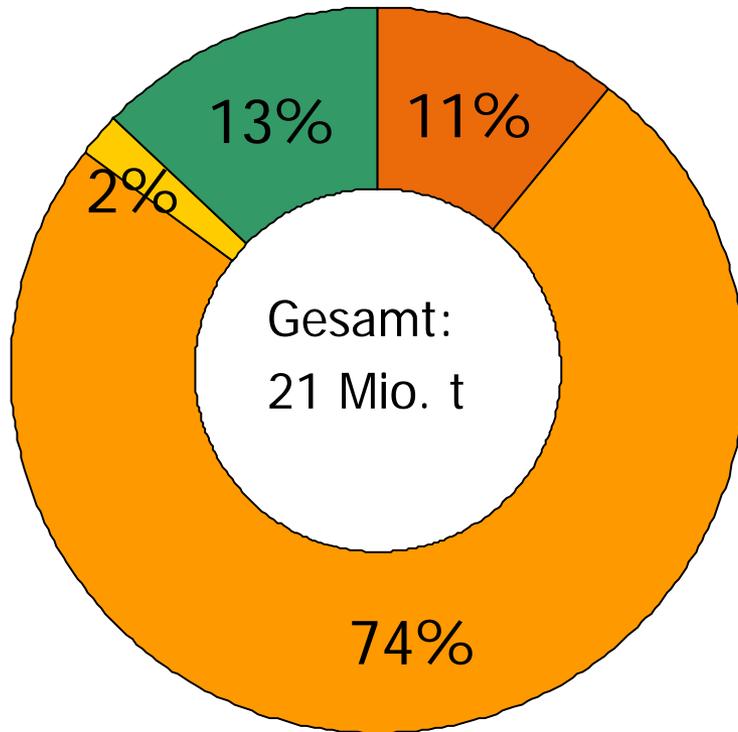
Wettbewerbsfähigkeit - Kosten für Rohstoffe und Verarbeitung



GLIEDERUNG

- Herausforderungen des Rohstoffwandels
- Strategien zur Steigerung des Anteils nachwachsender Rohstoffe
- Rohstoffe, Prozesse und Produkte
- Zusammenfassung und Ausblick

Nachwachsende Rohstoffe in der chemischen Industrie



- Erdgas
- Erdöl
- Kohle
- Biomasse

Anstieg von 8% in 1991 auf 13% in 2009.

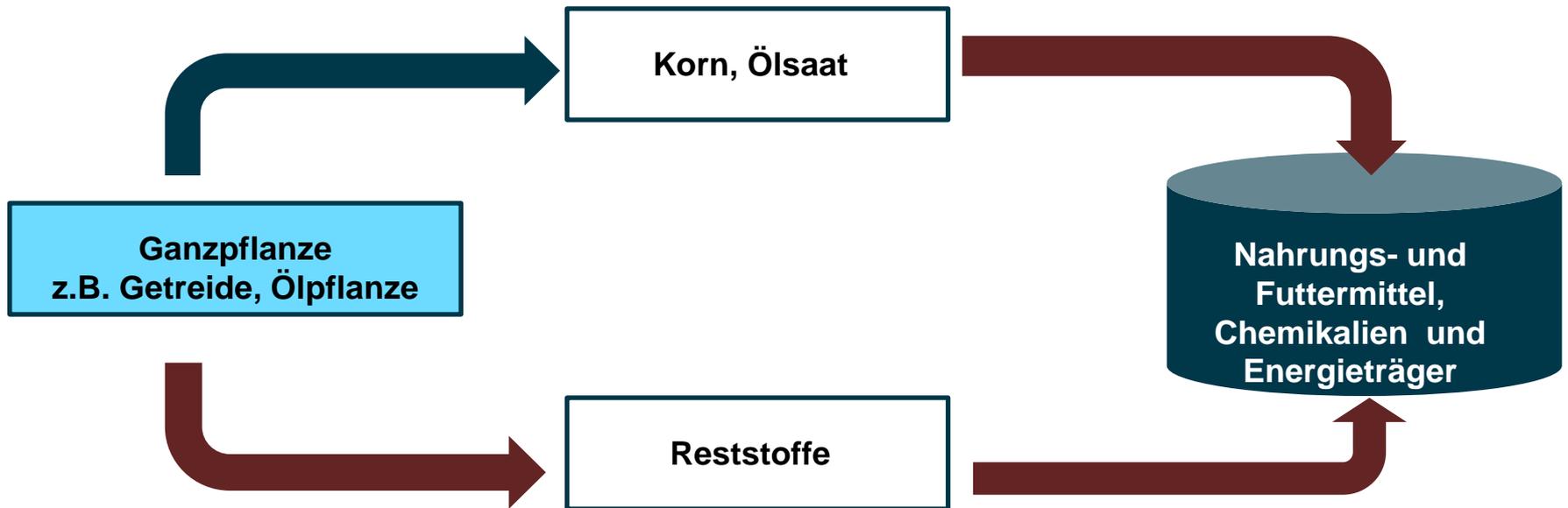
Anstieg auf 20% in 2020-2030?

Biomasse	Menge [kt]
Öle und Fette	1.450
Chemiezucker und -stärke	408
Chemiezellstoff	300
Sonstige	549
Gesamt	2.707

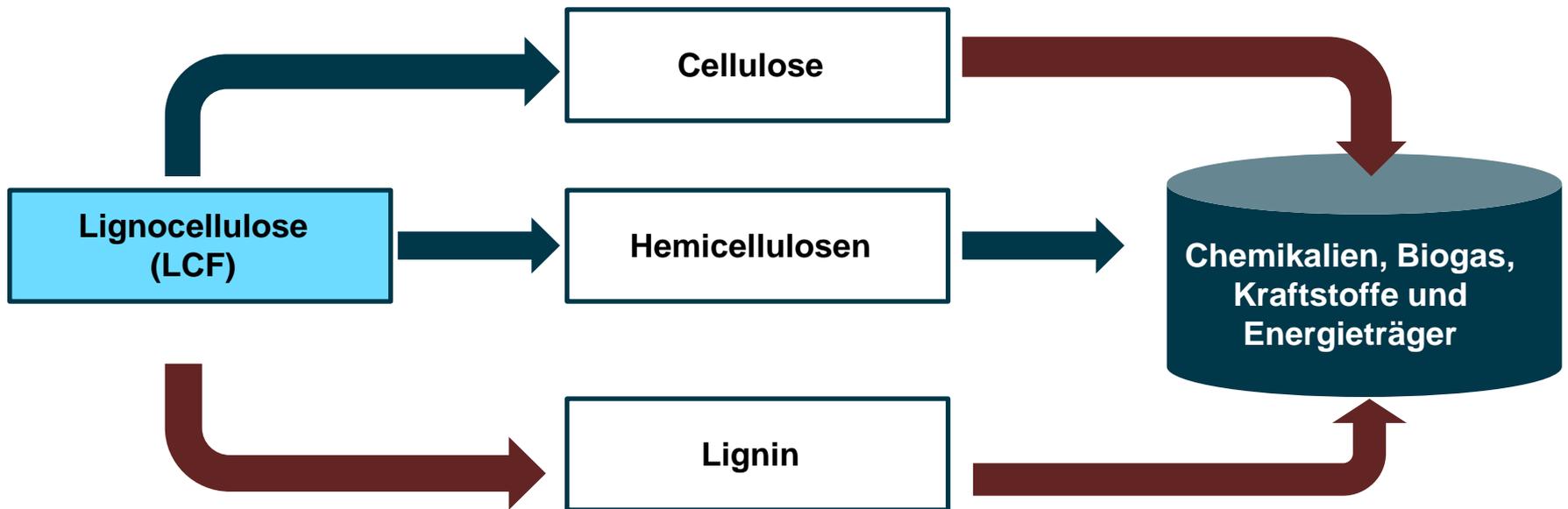
Importanteil bei Biomasse: ca. 60 %

Quelle: FNR, meó consult, VCI

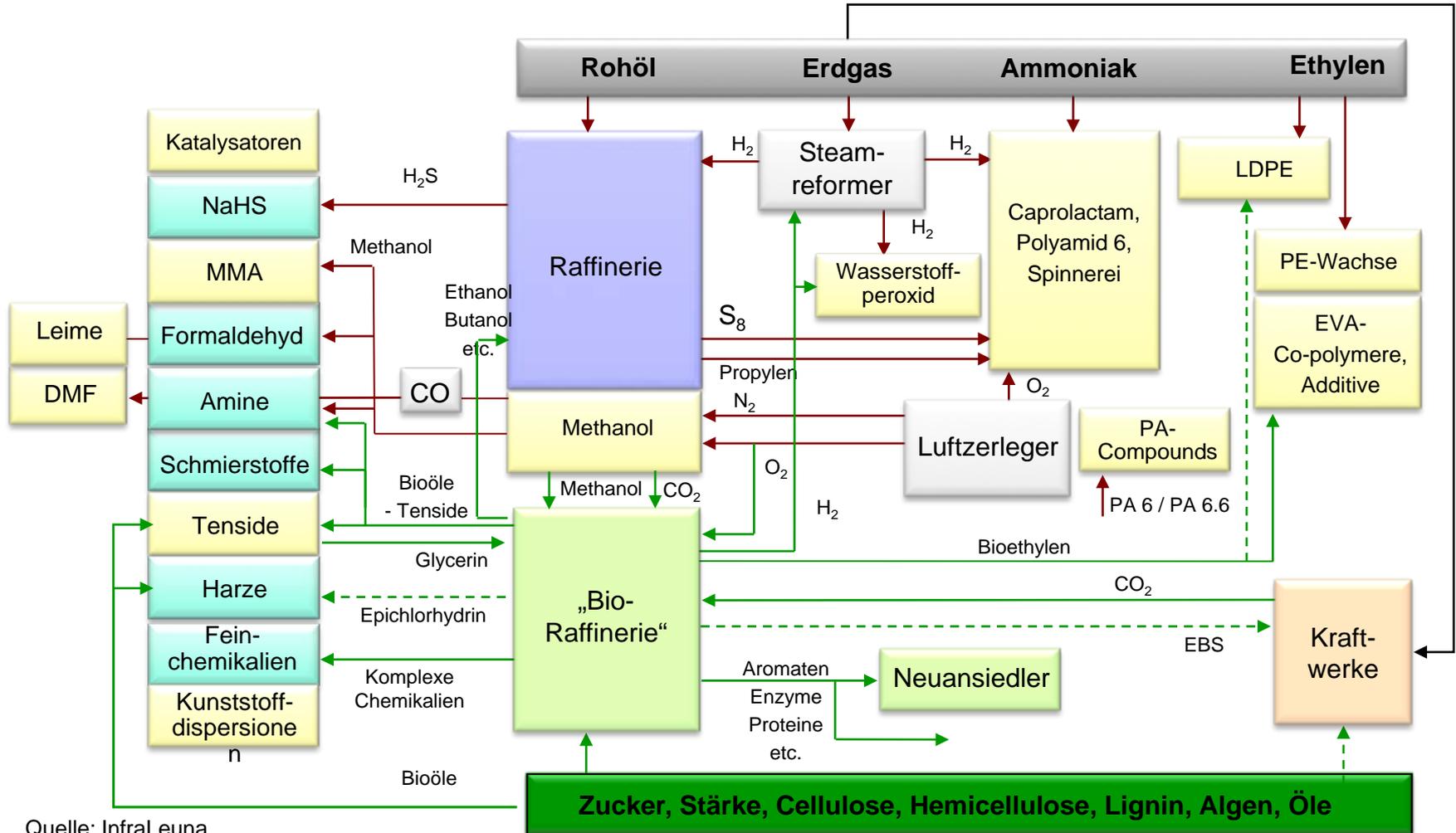
Verbund mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion



Integrierte Aufarbeitung von „Non-food“-Biomasse



Entwicklung bio- und petrochemisch integrierter Standorte



Quelle: InfraLeuna

Integration von biotechnologischen und chemischen Prozessen

Ist die Chemieproduktion bald „grün“?

— An der Schwelle zu einer petrochemisch-biotechnologischen Hybridchemie/Biotechnologie für Bulk- und Feinchemikalien —

Schwindende Ölreserven auf der einen Seite, große technologische Fortschritte auf der anderen machen die weiße Biotechnologie zunehmend auch für die Produktion von Massenchemikalien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe interessant. Damit steht die Chemieindustrie an der Schwelle zu einer petrochemisch-biotechnologischen Hybridchemie. Neue Produktionswege und Prozesse werden notwendig, um beispielsweise Routen zu C2- und C4-Building-Blocks zu entwickeln. Der Münchner Wacker-Konzern sieht sich für diese Entwicklung aufgrund eigener Forschungsprojekte exzellent positioniert. So erforscht der Chemiehersteller Wege, um Ethylen und Essigsäure, zwei Basischemikalien mit

Substanzen in enantiomerenreiner Form hergestellt werden müssen. In solchen Fällen erweist sich die weiße Biotechnologie als besonders erfolgreich. Proteine beispielsweise sind ausschließlich auf biotechnischem Weg zugänglich. Bis vor Kurzem galt: Je komplexer die Chemie, desto größer die Chance für ein biotechnologisches Produktionsverfahren.

Tatsächlich ist die Fein- und Spezialchemie gegenwärtig die größte Domäne der weißen Biotechnologie. Hier haben sich drei Technologieplattformen als unverzichtbare Werkzeuge etabliert:

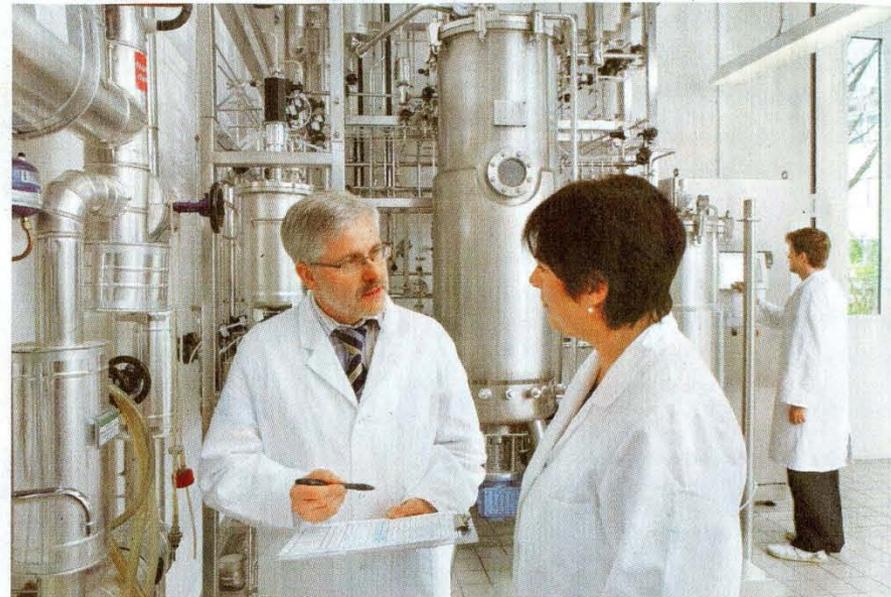
- Biotransformationen (chemische Umwandlung von Substanzen mithilfe von Enzymen oder ganzen Zellen),
- Metabolic Design (gezielte Optimierung des Stoffwechsels von Mikroorganismen mit dem Ziel, Metabolite, d.h. Stoffwechselprodukte durch eine

Allein in den USA sind bereits 100 Ethanolanlagen in Betrieb, 70 weitere sind im Bau.

Solche Bioraffinerien der ersten Generation verarbeiten Stärke (in USA: Maisstärke) oder Saccharose aus Zuckerrohr (in Brasilien). Bioethanol stellt aber auch einen interessanten C2-Baustein dar. In Brasilien ist Bioethanol billiger als der vergleichbare und wichtige petrochemische C2-Baustein Ethylen. Nach Expertenmeinung ist die Bioethanolherstellung ab einem Ölpreis von etwa 60 US-\$ und damit auch die biotechnologische Gewinnung einfacher C2-Bausteine wirtschaftlich attraktiv.

Paradigmenwechsel bei Bulkchemikalien

In den letzten Jahren zeigte sich deutlich, dass die energetische und stoffliche Nutzung von petrochemisch hergestellten Massenchemikalien an Gren-



Das Biotechnikum der Wacker-Konzernforschung in München. Mit der Entwicklung neuer Verfahren und Materialien setzt das Unternehmen in der biochemischen Produktion von Proteinen immer wieder Maßstäbe. Im Bild links der Leiter der biotechnologischen Forschung im Wacker-Konzern Dr. Günter Wich. (Fotos: Wacker Chemie)

Kombination von biotechnologischen und chemischen Prozessen



Fermentation von Kohlenhydraten zu Ethanol

Fermentation von Kohlenhydraten zu Aminosäuren

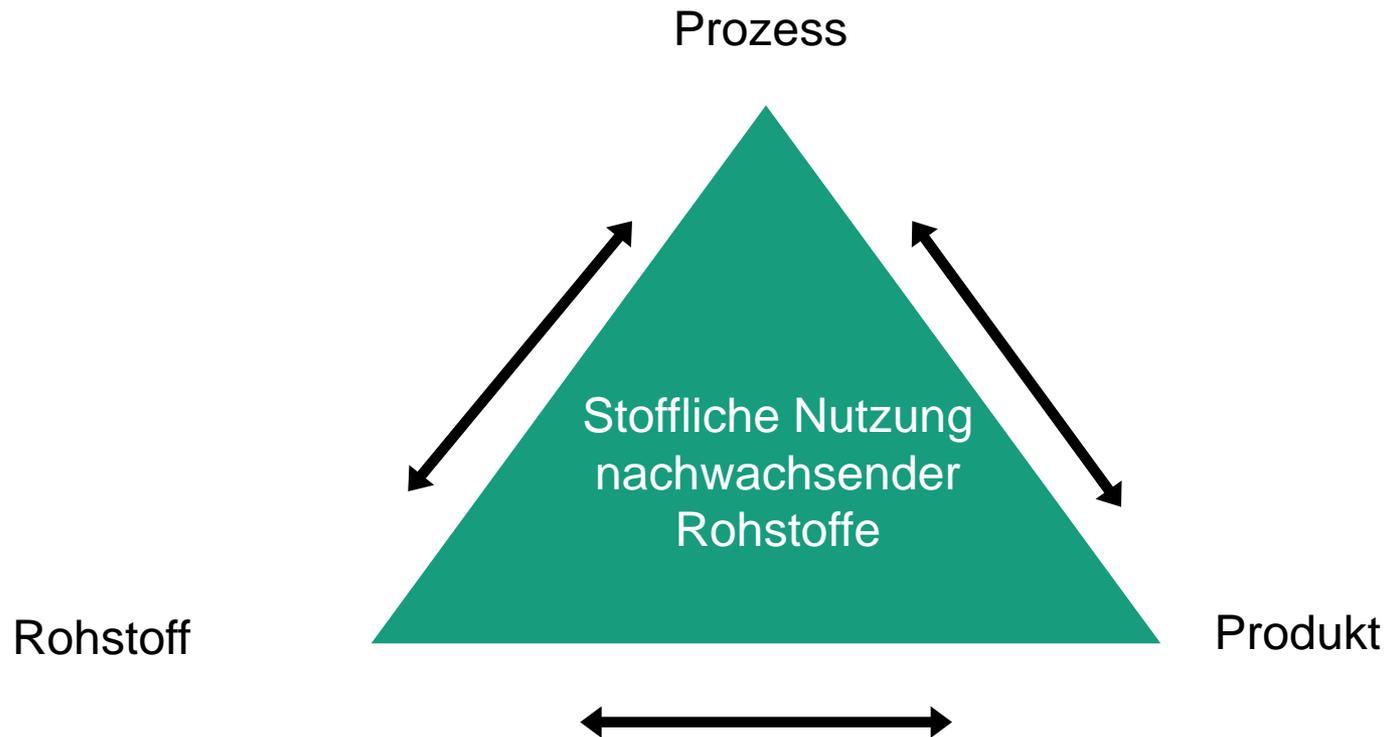
Dehydratisierung von Ethanol zu Ethylen

Decarboxylierung von Aminosäuren zu Diaminen

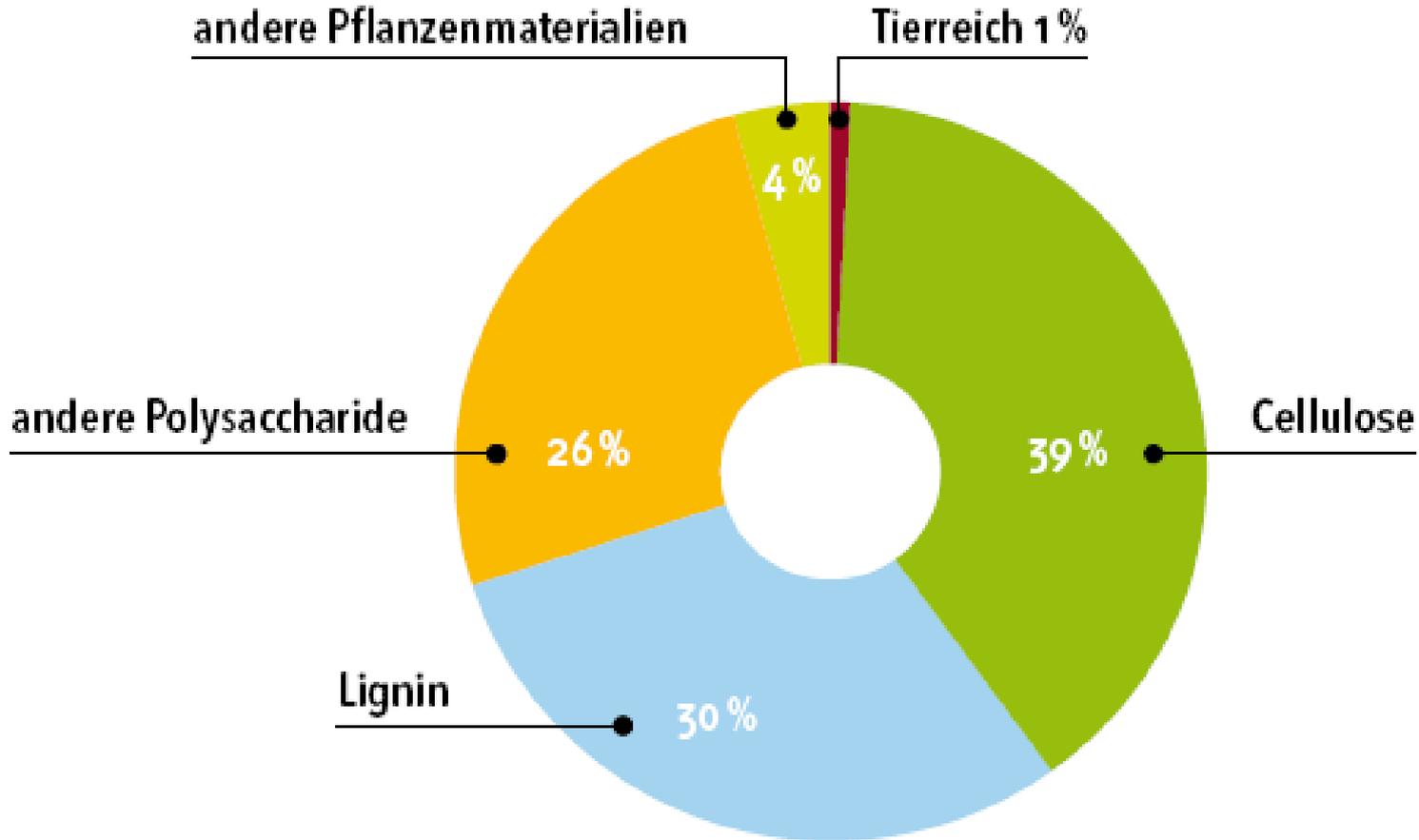
GLIEDERUNG

- Herausforderungen des Rohstoffwandels
- Strategien zur Steigerung des Anteils nachwachsender Rohstoffe
- Rohstoffe, Prozesse und Produkte
- Zusammenfassung und Ausblick

Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe



Hauptbestandteile der Biomasse



> 90% sind Biopolymere und > 90% sind Kohlenhydrate und Lignin

Markt- und Anwendungspotentiale für biobasierte Produkte (EU)

- Chemische Zwischenprodukte
- Spezialchemikalien
- Fasern
- Schmierstoffe

TAKING BIO-BASED FROM PROMISE TO MARKET

Measures to promote the market introduction of innovative bio-based products

A report from the Ad-hoc Advisory Group for Bio-based Products
in the framework of the European Commission's Lead Market Initiative
Published 3 November 2009

Marktsektor	V
Polymere	
Schmierstoffe	
Lösungsmittel	
Tenside	



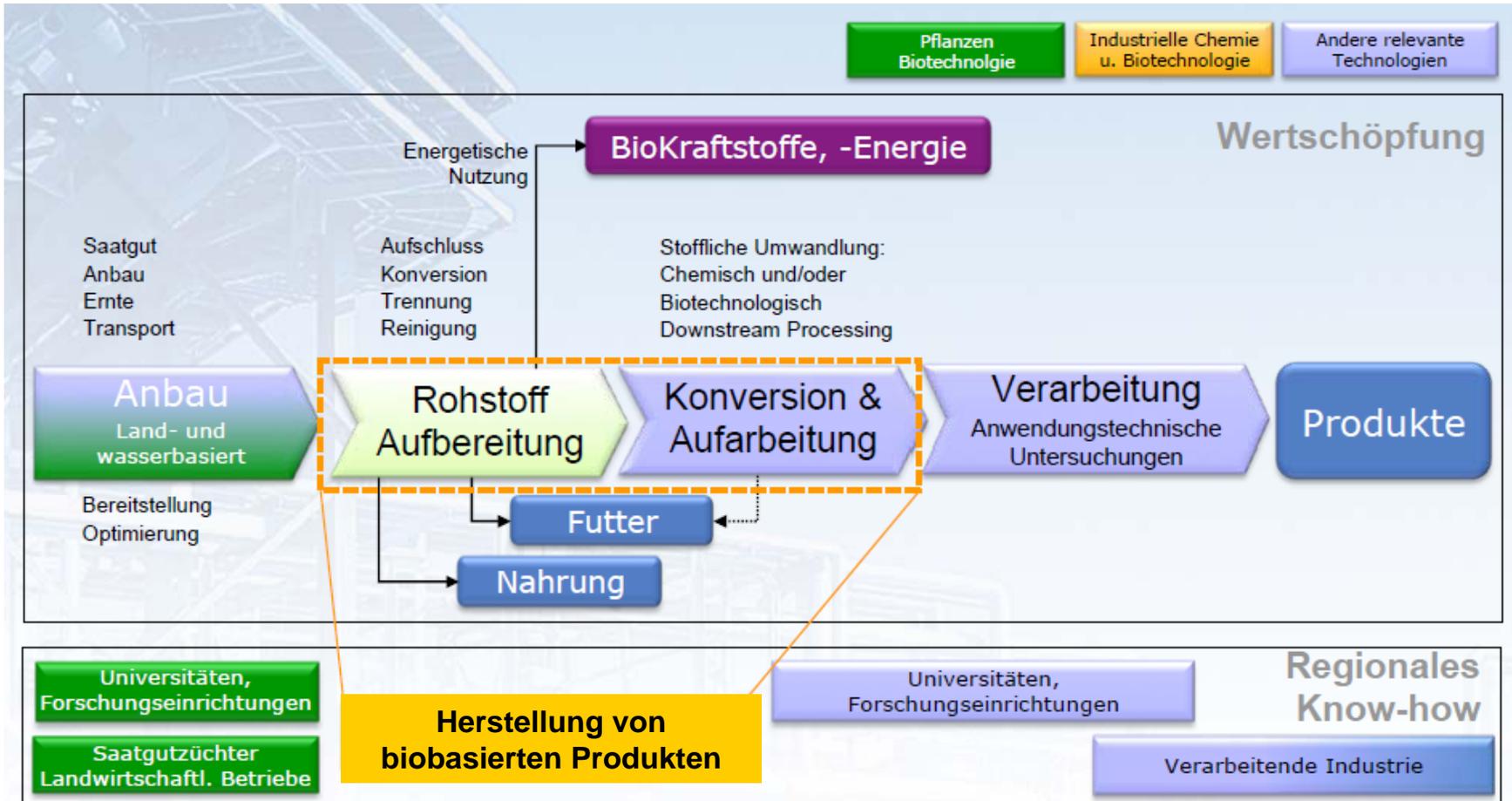
stoffe, ...)

Charakteristika (in t)	Potential biobasierter Produkte in 2020 (in 1000 t) Stand 2010
	769 -2550
	277-420
	n.b.
	n.b.

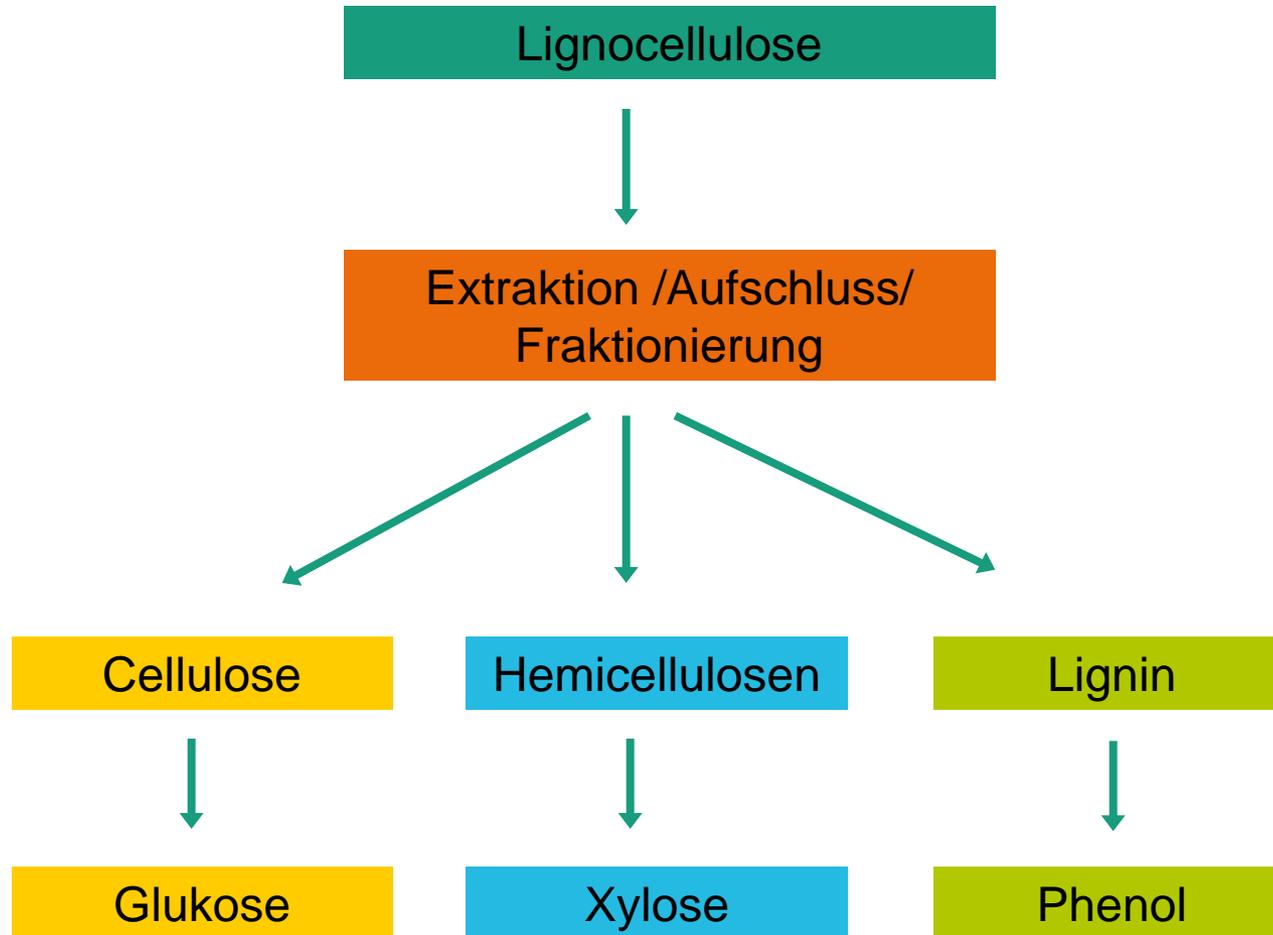
European Commission
Enterprise and Industry

Quelle: EU, FNR, BMELV, Novamaterials

Wertschöpfungskette biobasierter Produkte



Aufschluss und Verarbeitung von Lignocellulose



Pilotprojekt Lignocellulose-Bioraffinerie

Aufschluss lignocellulosehaltiger Rohstoffe und vollständige stoffliche Nutzung der Komponenten Cellulose, Hemicellulose und Lignin



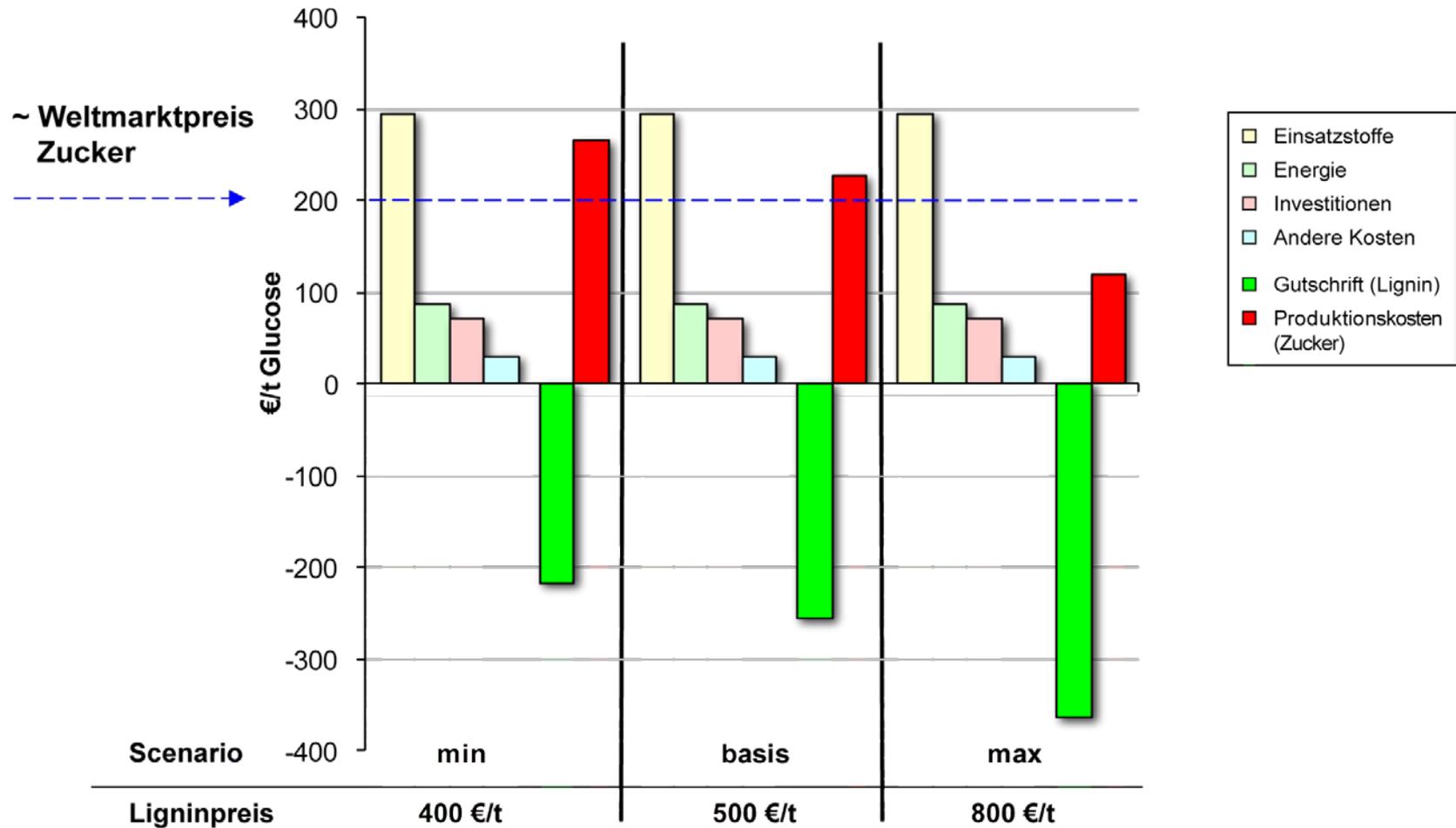
GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

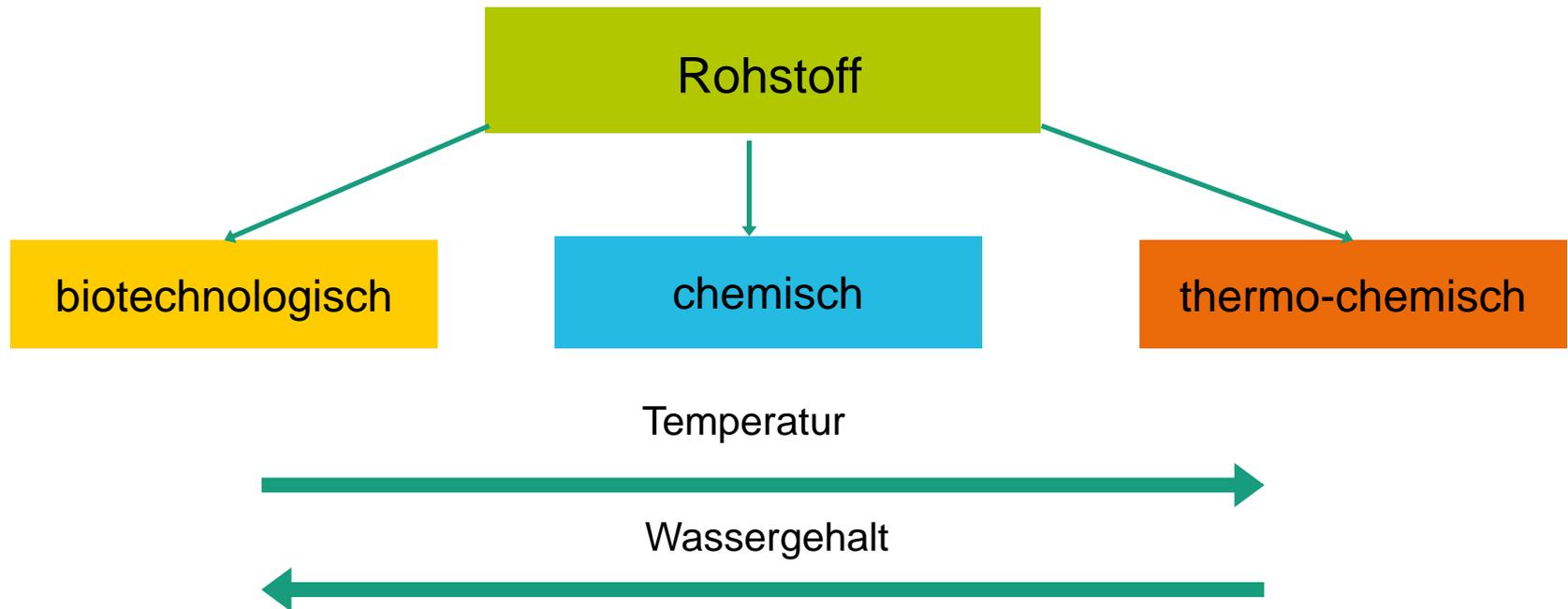


Lignocellulose-Aufschluss – Ökonomische Bewertung

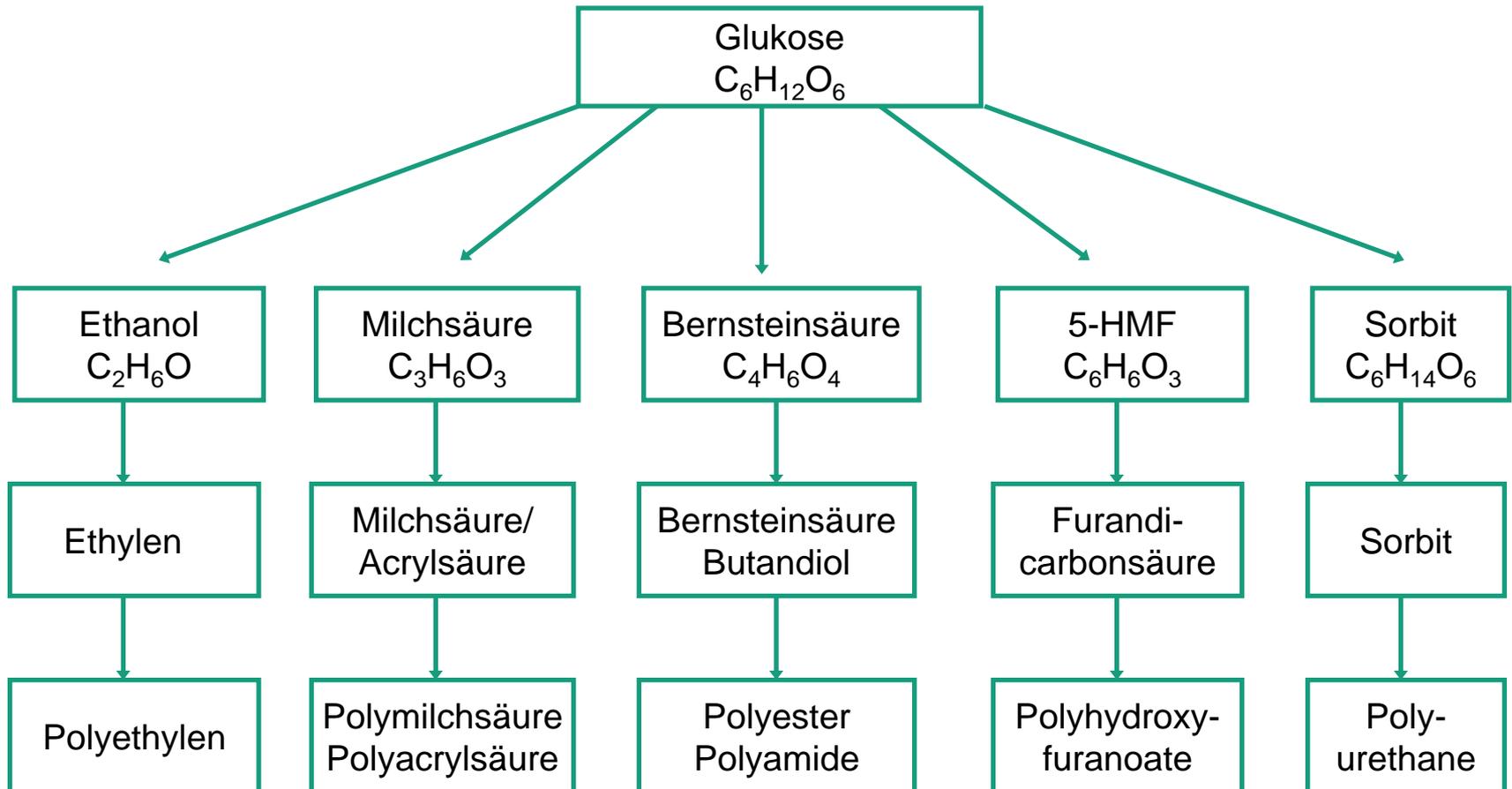


Quelle: KIT, vTI

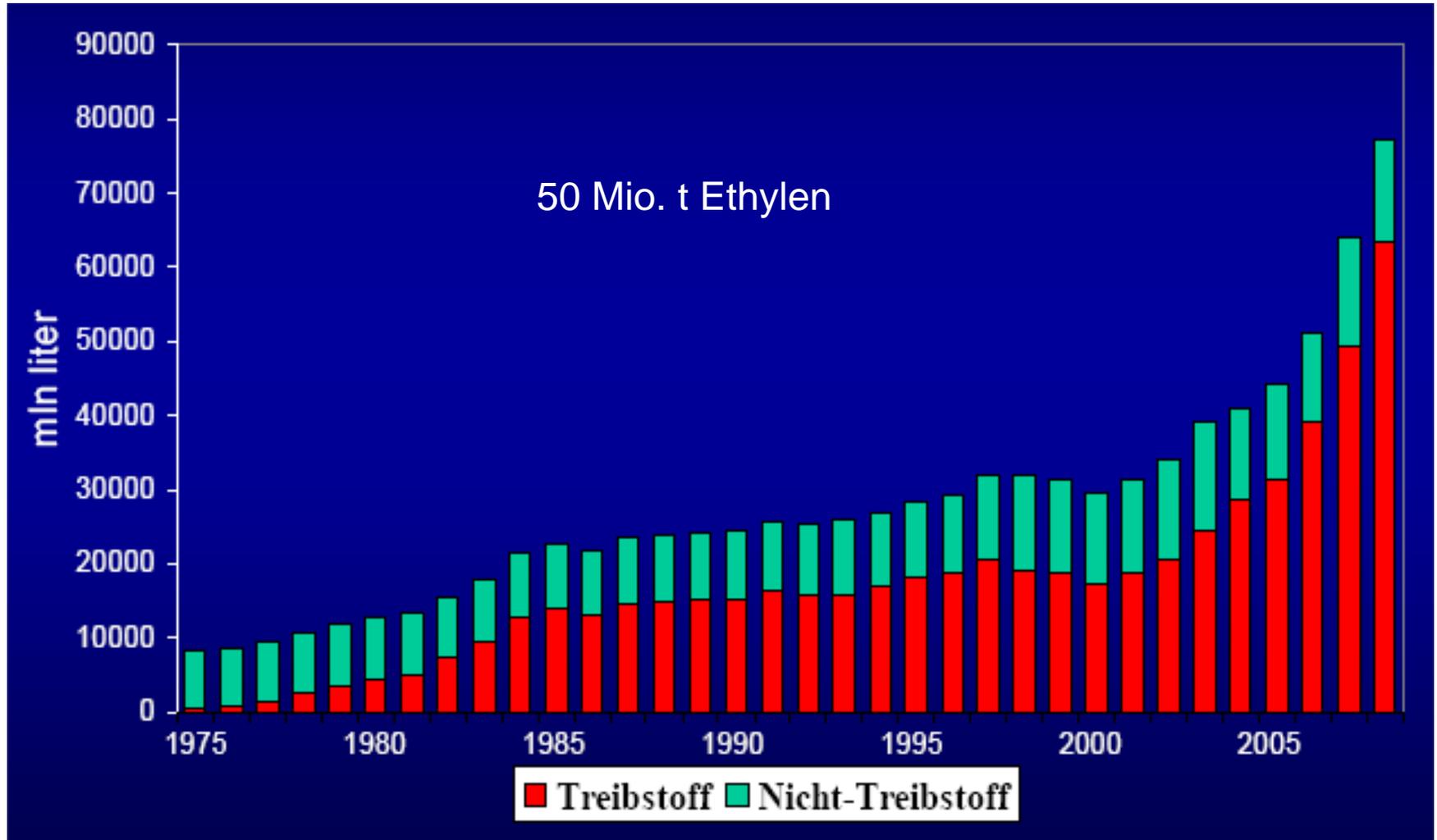
Konversionsprozesse für nachwachsende Rohstoffe



Biobasierte Produkte auf Basis von Kohlenhydraten wie Zuckern, Stärke und Cellulose



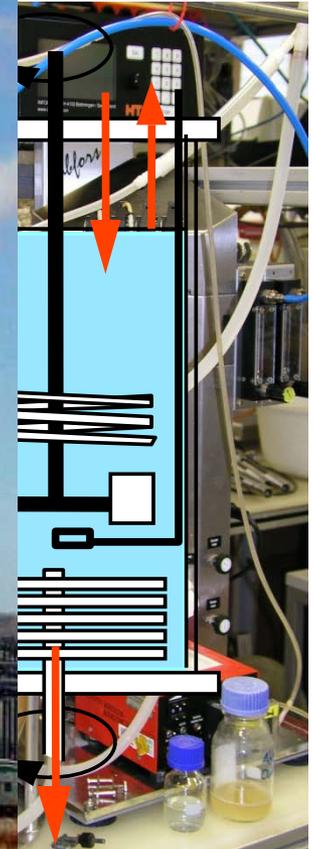
Ethanol, Ethylen und Polyethylen



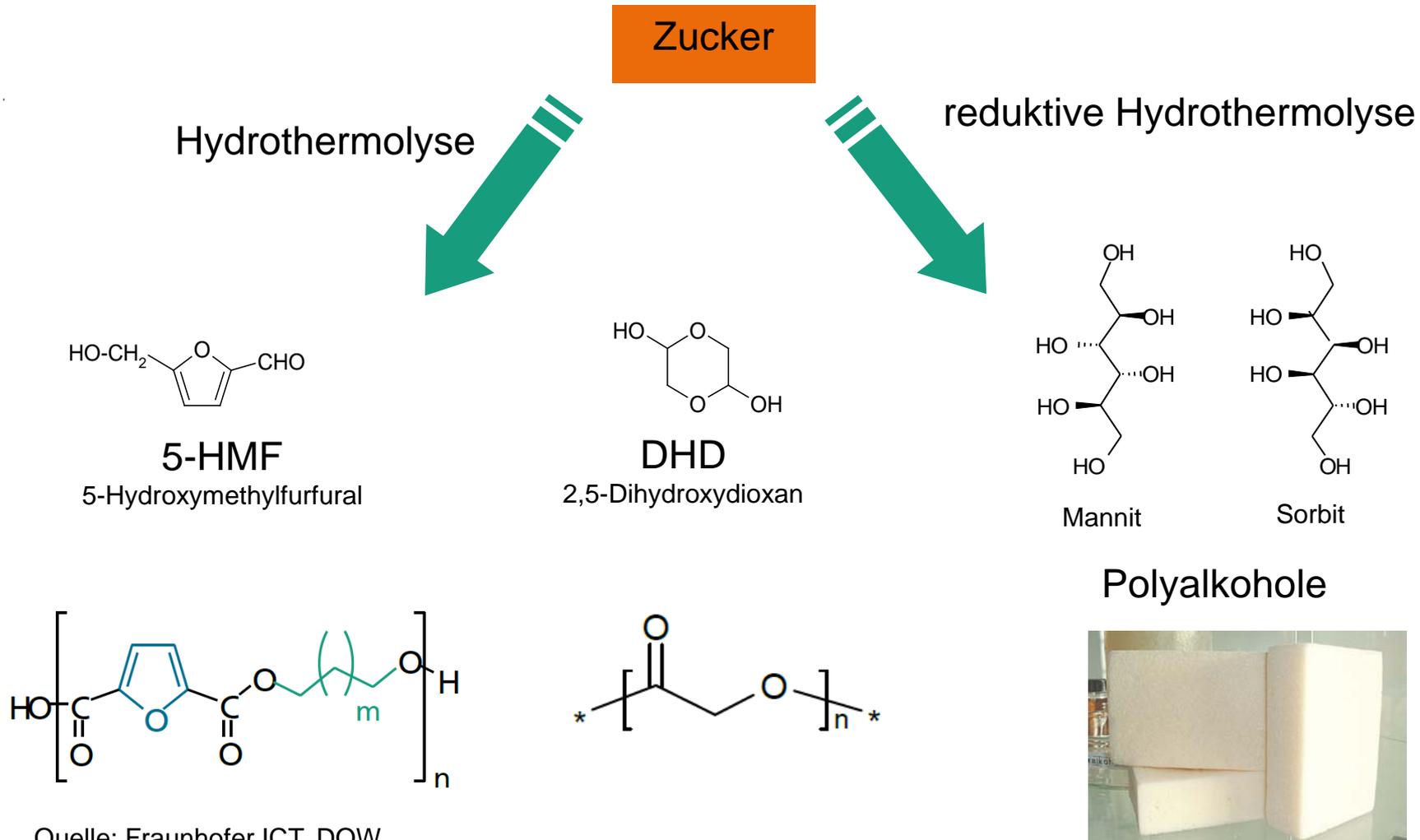
Milchsäure und Polymilchsäure

\$ 300 Million Capital Investment
19 months from ground breaking to prime product
10 years to develop technology, know-how and receptive market

PLA Plant
Blair, Nebraska
January 2002

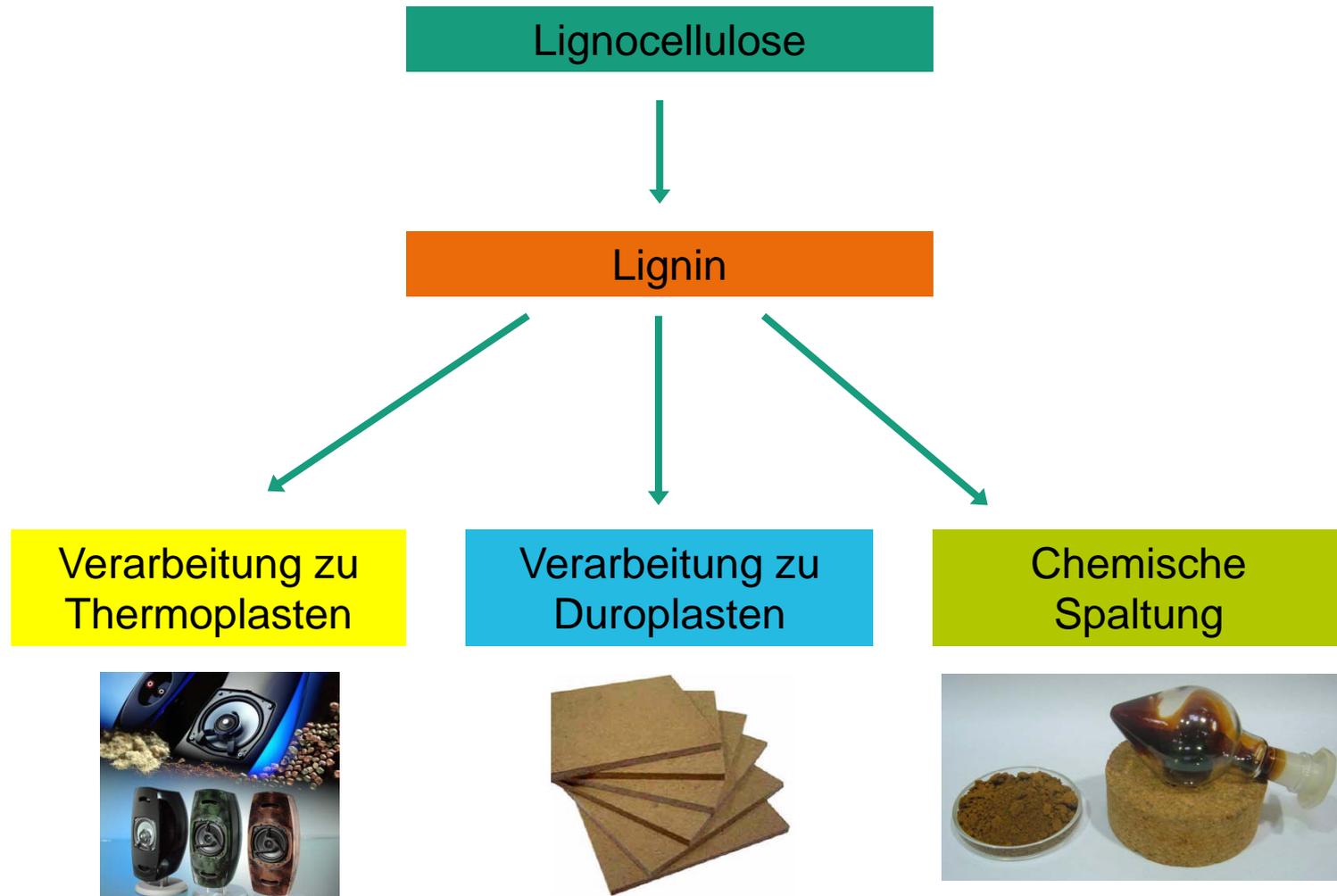


Hydrothermolyse von Zuckern – 5-HMF, DHD und Polyole



Quelle: Fraunhofer ICT, DOW

Lignin und Lignin-Folgeprodukte

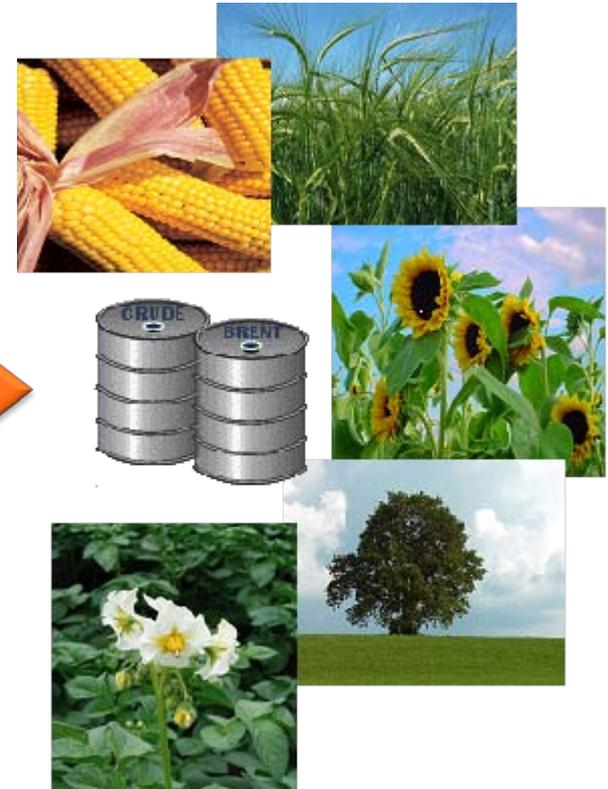


Quelle: Tecnaro, Dynea, Fraunhofer ICT

Beim Übergang von fossilen zu nachwachsenden Rohstoffen gibt es Herausforderungen zu meistern

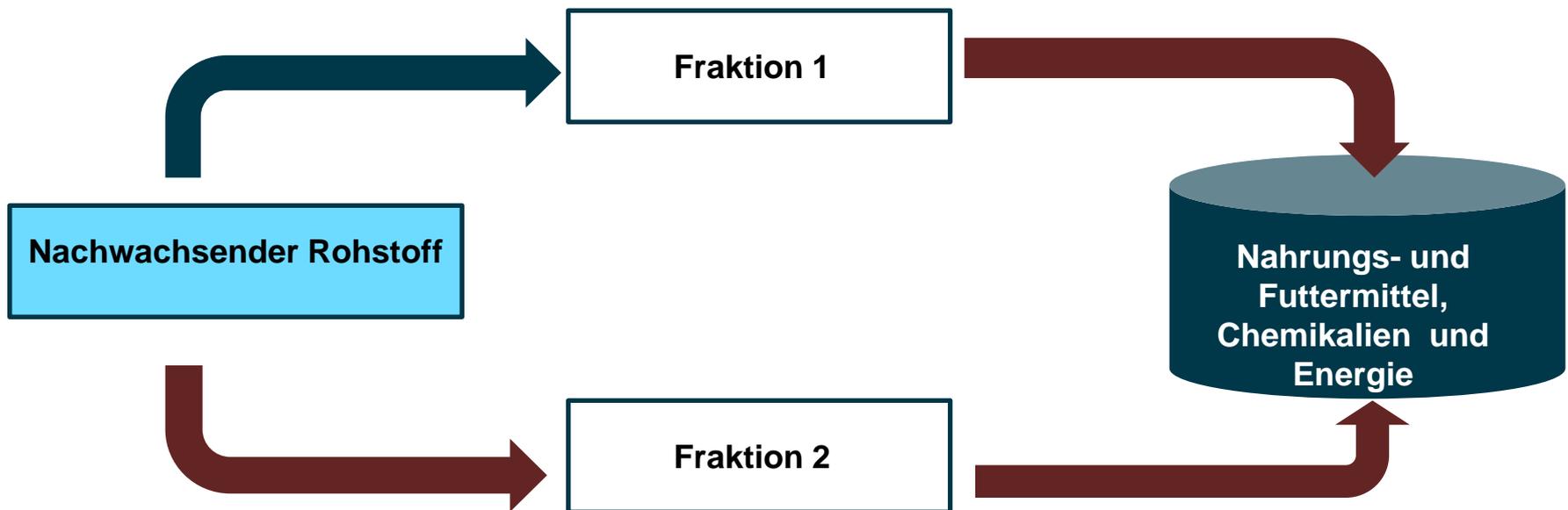


- Menge und Verfügbarkeit
- Rohstoff Komplexität
- Rohstoff Vorbehandlung
- Prozessentwicklung & Prozessskalierung
- Kaskaden & Mehrfachnutzung
- Integration der Stoffe in Wertschöpfungsketten
- Akzeptanz bei Kunden & Verbrauchern
- Kosten der Herstellung



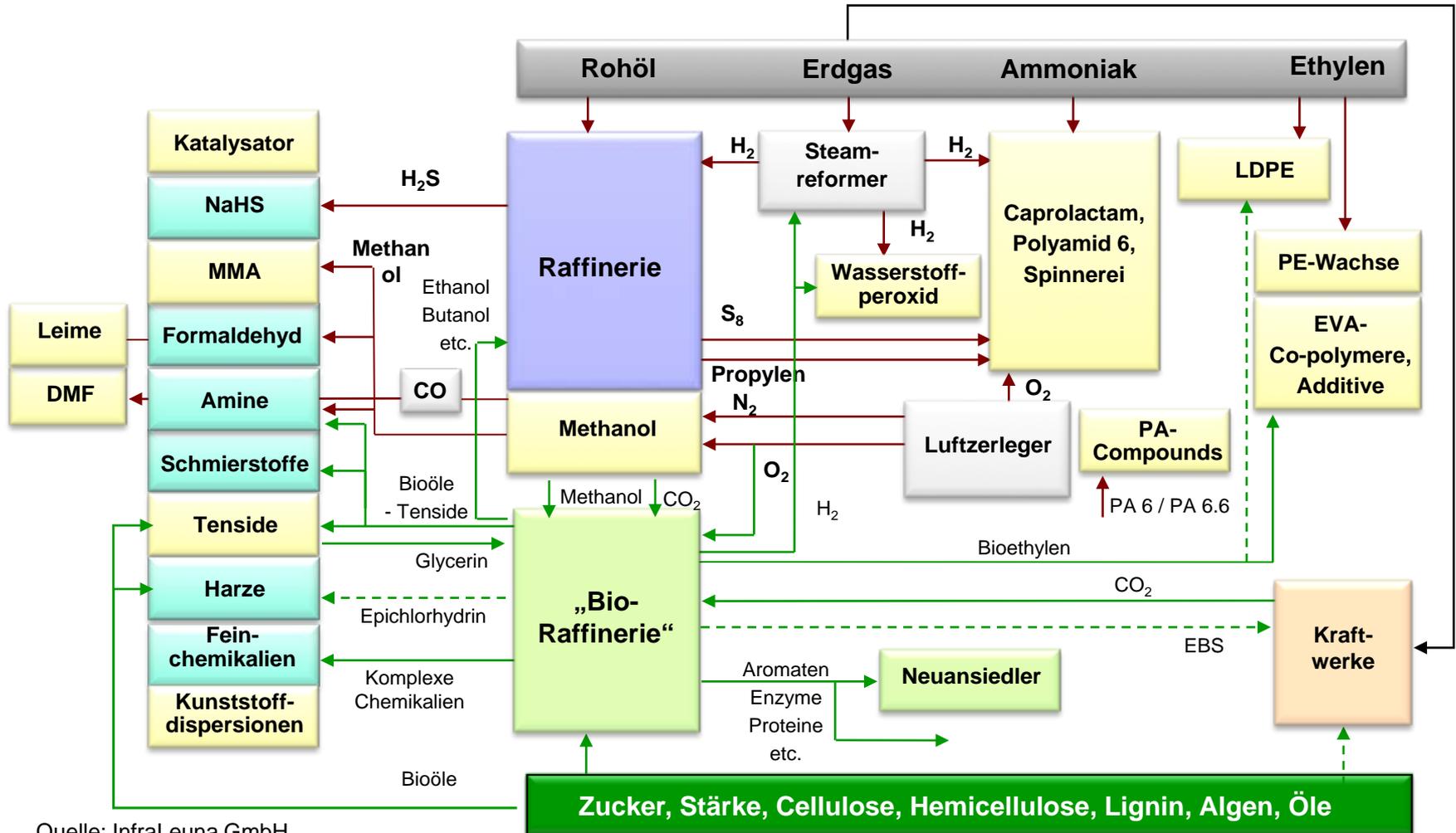
Bioraffinerien - Integration in Wertschöpfungsketten

Eine Bioraffinerie ist ein Betrieb, der nachwachsende Rohstoffe fraktioniert, raffiniert und veredelt.



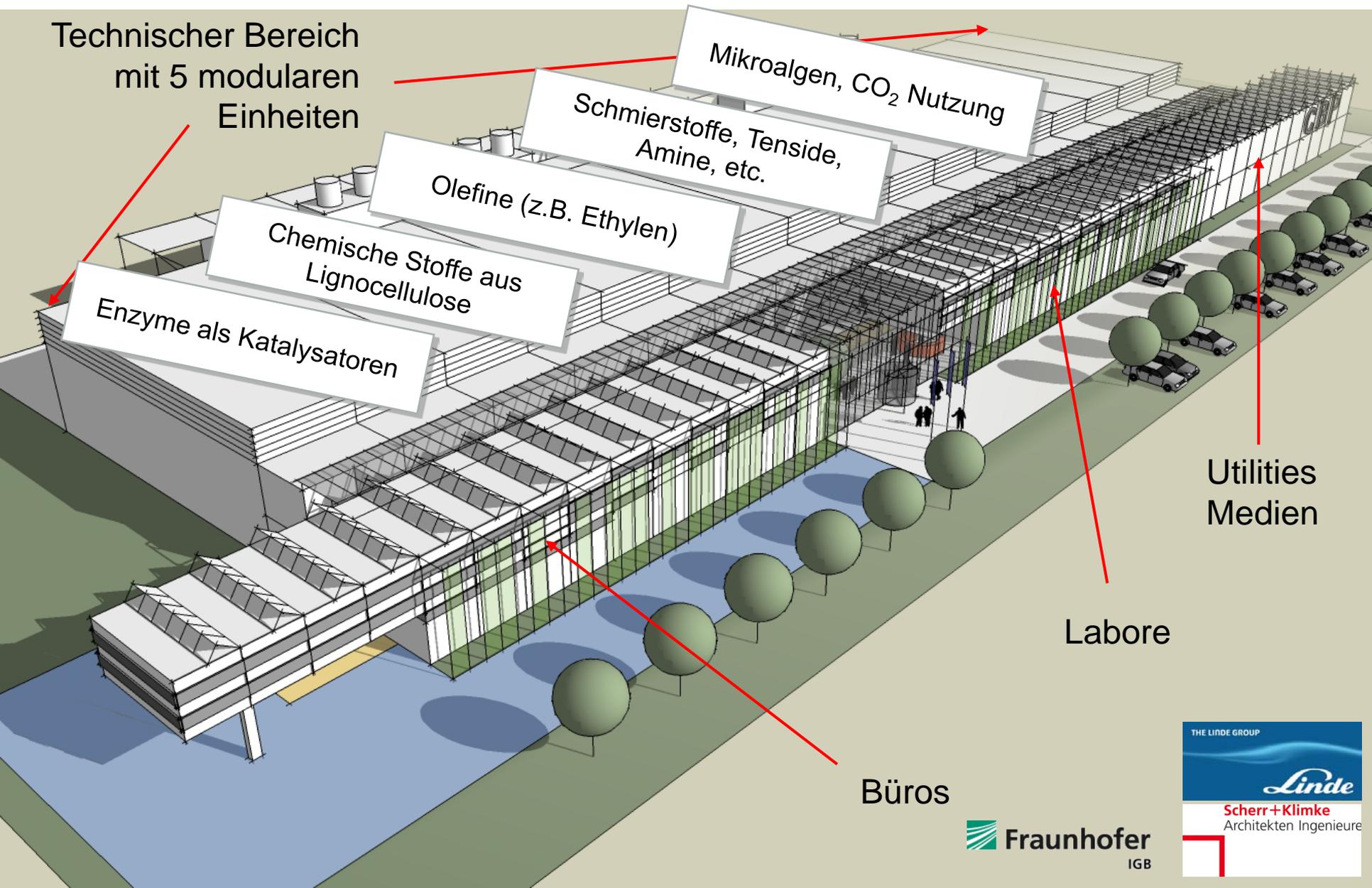
- Erweiterung vorhandener Anlagen zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe (Zucker-, Stärke-, und Zellstoffwerke, Ölmühlen)
- Neukonzeption von hoch integrierten Anlagen

Integration in Wertschöpfungsketten – Neukonzeption von Anlagen für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe



Quelle: InfraLeuna GmbH

Das neue Fraunhofer-Prozesszentrum CBP in Leuna



GLIEDERUNG

- Herausforderungen des Rohstoffwandels
- Strategien zur Steigerung des Anteils nachwachsender Rohstoffe
- Rohstoffe, Prozesse und Produkte
- Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Nachwachsende Rohstoffe haben in der chemischen Industrie eine lange Tradition und noch große Potenziale, die es zu nutzen gilt.
- Für die Herstellung biobasierter Produkte gibt es verschiedene chemische und biotechnologische Verfahren, die es optimal zu kombinieren gilt.
- Für die Konversion nachwachsender Rohstoffe werden neue Chemo- und Biokatalysatoren benötigt.
- Mittelfristig – Nutzung von Abfallprodukten der Nahrungs-, Futtermittel- und Papierindustrie und Ausbau der Verbundproduktion.
- Langfristig - Integrierte Aufarbeitung von „Non-food“ Biomasse in Bioraffinerien.
- Entwicklung von integrierten Prozessen und Demonstration im Pilotmaßstab (Bioraffinerien).
- Integration von petrochemischen und nachwachsenden Rohstoffen in die chemische Produktion an Verbundstandorten.
- Stärkere Integration von biotechnologischen Verfahren in die chemische Verbundproduktion.

Ausblick – Bio-Ökonomie



EUROP



Nationale Forschungsstrategie
BioÖkonomie 2030

Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft

20

COMMUNICATION FE

UROPEAN COUNCIL

A strateg

growth

Quelle: C. Patermann, Bioökonomierat



Herausforderung Rohstoffwandel



Rohstoffbasis im Wandel

Erstellt und getragen von einem temporären Arbeitskreis
der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh),
der Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA),
der Deutschen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. (DGMK)
und des Verbandes der Chemischen Industrie e.V. (VCI) unter Vorsitz von
Professor em. Dr. Dr. h.c. Wilhelm Keim, RWTH Aachen,
und Professor Dr. Michael Röper, BASF SE, Ludwigshafen.



Frankfurt, Januar 2010



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
thomas.hirth@igb.fraunhofer.de