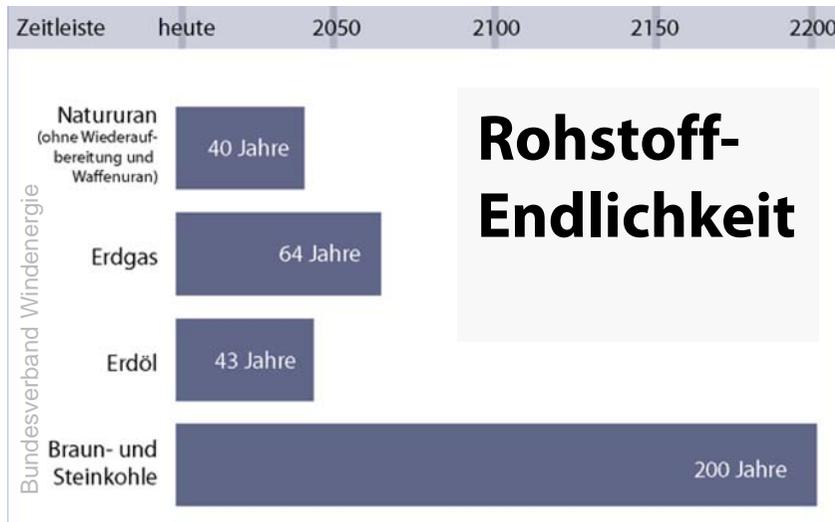
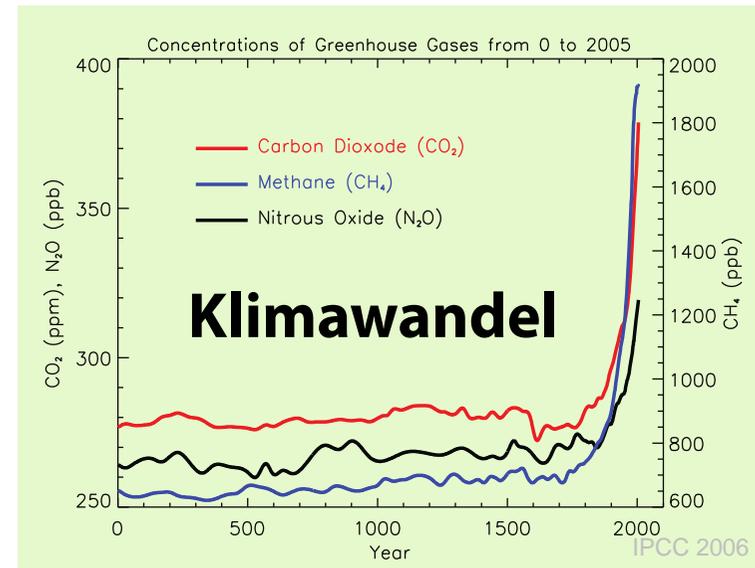
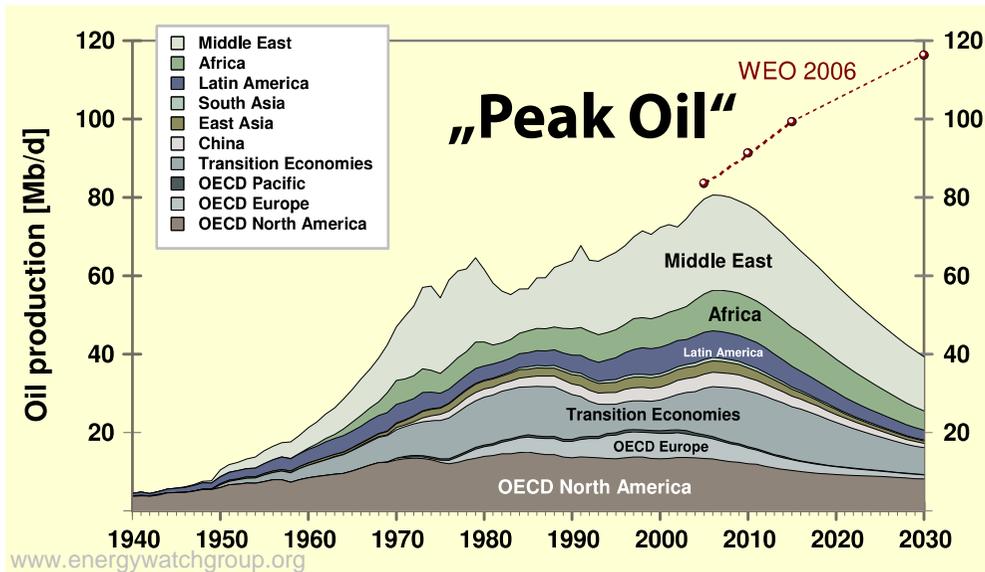


Jochen Michels, DECHEMA e.V.

# Die Lignocellulose-Bioraffinerie – Von der Idee zur Realisierung

25. Jan. 2013, Freiburg

# Motivation zum Rohstoffwandel (Bioökonomie)



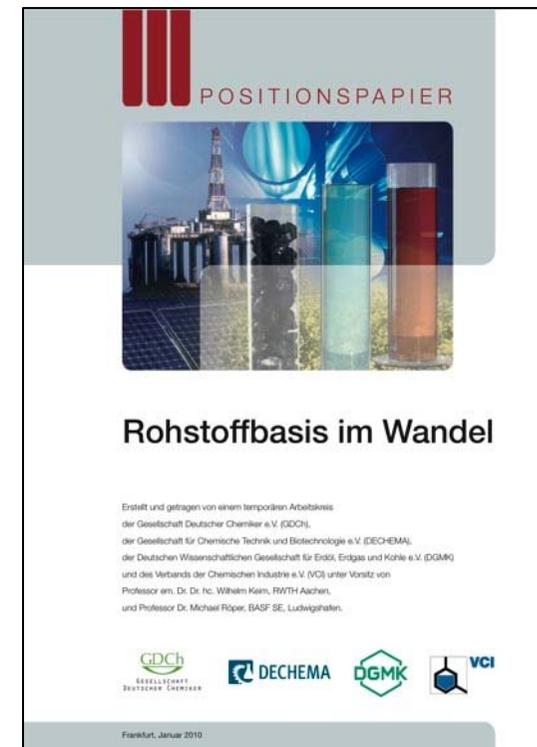
## Nachhaltigkeit

„Entwicklung zukunftsfähig zu machen, heißt, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können ...“

Brundtland-Kommission

# Motivation der chemischen Industrie zum Rohstoffwandel

- Die Versorgung mit kohlenstoff-haltigen (fossilen) Rohstoffen ist eng an die Bereitstellung von Energie-Rohstoffen geknüpft.
- Wegen deren drohender Verknappung zeichnet sich ein Rohstoffwandel hier besonders deutlich ab.
- Ein stärkerer Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie führt zu ...
  - ➔ verminderter Abhängigkeit von Öl- und Gasimporten
  - ➔ höherer Versorgungssicherheit
  - ➔ einer Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen
  - ➔ einer wirtschaftlichen Entwicklung ländlicher Gebiete



Rohstoffbasis im Wandel (2010)

## Der Weg zur Bioökonomie:

### Strukturwandel von einer erdöl- zu einer bio-basierten Wirtschaft

- Herausforderung:

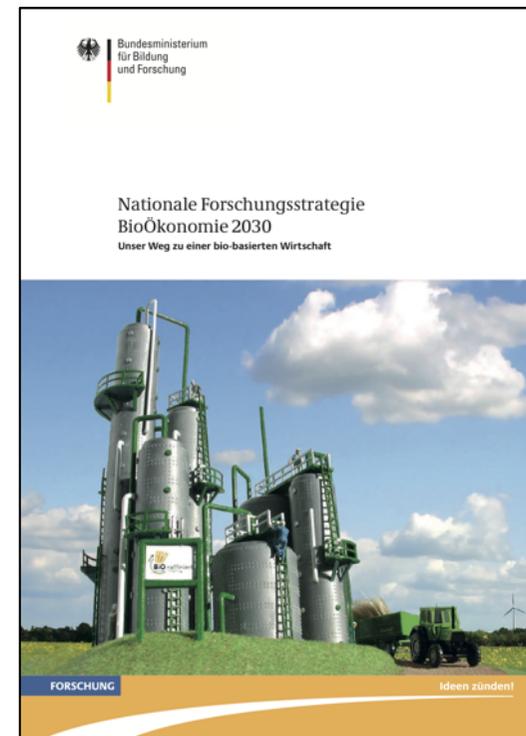
*in Zeiten des Klimawandels eine wachsende Weltbevölkerung nachhaltig mit ausreichend Nahrungsmitteln und zugleich mit nachwachsenden Rohstoffen für die stofflich-industrielle und energetische Nutzung zu versorgen.\**

➔ Effizientere Verwertung von Biomasse:

- Verstärkte Nutzung von non-food Biomasse
- Nutzung von Rest- und Abfallstoffen
- Algenbiomasse
- Ganzpflanzenverwertung
- Kaskaden- und Koppelnutzung

➔ Entwicklung von Bioraffineriekonzepten

\* Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 –  
Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft (2010)



# Was ist eine Bioraffinerie?

- Explizit integratives, multi-funktionelles Gesamtkonzept:
  - Nachhaltige Erzeugung eines Spektrums unterschiedlicher Zwischenprodukte und Produkte
    - Chemikalien
    - Werkstoffe
    - Bioenergie inkl. Biokraftstoffe
  - Möglichst vollständige Verwendung aller Rohstoffkomponenten
  - Als Koppelprodukte können ggf. zusätzlich auch Nahrungs- und/oder Futtermittel anfallen.



Nach: Roadmap Bioraffinerien (Mai 2012)  
Bildquelle: Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

# Klassifizierung von Bioraffinerien

<b>Rohstoffe</b>	<b>Anbaubiomasse</b> → Ölpflanzen → Stärkepflanzen → Zuckerpflanzen → Gräser → Holz → Holzartige Biomasse	<b>Aquatische Biomasse</b> → Algen	<b>Biogene Rest- &amp; Abfallstoffe</b> → Land- und forstwirtschaftliche Reststoffe (bspw. Stroh, Gülle, Waldrestholz, Fruchtschalen) → Biogene Reststoffe aus der Verarbeitung (bspw. Molke, Schlempe, Trester, Treber) → Biogene Abfallstoffe (bspw. Altspeseifett, Altholz)
<b>Plattform</b>	→ Niedermolekulare Kohlenhydrate (bspw. Lactose, Saccharose) → Polymere Kohlenhydrate (bspw. Stärke, Inulin, Pektin) → Lignocellulose-Komponenten (Lignin, Cellulose, Hemicellulose) → Proteine → Pflanzenfasern → Pflanzenöle, Lipide → Pyrolyseöl → Presssaft → Biogas → Syngas		
<b>Produkte</b>	<b>Materialien</b> → Chemikalien → Werkstoffe → Futtermittel* → Nahrungsmittel*	<b>Bioenergie</b> → Feste, flüssige, gasförmige Bioenergieträger → Elektrizität → Wärme	
<b>Prozesse</b>	→ Physikalische einschl. mechanische Verfahren → Thermochemische Verfahren → Chemische Verfahren → Biotechnologische Verfahren		

Nach: Roadmap Bioraffinerien (Mai 2012)

# Klassifizierung von Bioraffinerien (Fokus Holz)

<b>Rohstoffe</b>	<b>Anbaubiomasse</b> → Ölpflanzen → Stärkepflanzen → Zuckerpflanzen → Gräser → Holz → Holzartige Biomasse	<b>Aquatische Biomasse</b> → Algen	<b>Biogene Rest- &amp; Abfallstoffe</b> → Land- und forstwirtschaftliche Reststoffe (bspw. Stroh, Gülle, Waldrestholz, Fruchtschalen) → Biogene Reststoffe aus der Verarbeitung (bspw. Molke, Schlempe, Trester, Treber) → Biogene Abfallstoffe (bspw. Altspeisefett, Altholz)
<b>Plattform</b>	→ Niedermolekulare Kohlenhydrate (bspw. Lactose, Saccharose) → Polymere Kohlenhydrate (bspw. Stärke, Inulin, Pektin) → Lignocellulose-Komponenten (Lignin, Cellulose, Hemicellulose) → Proteine → Pflanzenfasern → Pflanzenöle, Lipide → Pyrolyseöl → Presssaft → Biogas → Syngas		
<b>Produkte</b>	<b>Materialien</b> → Chemikalien → Werkstoffe → Futtermittel* → Nahrungsmittel*	<b>Bioenergie</b> → Feste, flüssige, gasförmige Bioenergieträger → Elektrizität → Wärme	
<b>Prozesse</b>	→ Physikalische einschl. mechanische Verfahren → Thermochemische Verfahren → Chemische Verfahren → Biotechnologische Verfahren		

Nach: Roadmap Bioraffinerien (Mai 2012)

# Klassifizierung von Bioraffinerien (Fokus Holz)

<b>Rohstoffe</b>	<b>Anbaubiomasse</b> → Ölpflanzen → Stärkepflanzen → Zuckerpflanzen → Gräser → Holz → Holzartige Biomasse	<b>Aquatische Biomasse</b> → Algen	<b>Biogene Rest- &amp; Abfallstoffe</b> → Land- und forstwirtschaftliche Reststoffe (bspw. Stroh, Gülle, Waldrestholz, Fruchtschalen) → Biogene Reststoffe aus der Verarbeitung (bspw. Molke, Schlempe, Trester, Treber) → Biogene Abfallstoffe (bspw. Altspisefett, Altholz)
<b>Plattform</b>	→ Niedermolekulare Kohlenhydrate (bspw. Lactose, Saccharose) → Polymere Kohlenhydrate (bspw. Stärke, Inulin, Pektin) → Lignocellulose-Komponenten (Lignin, Cellulose, Hemicellulose) → Proteine → Pflanzenfasern → Pflanzenöle, Lipide → Pyrolyseöl → Presssaft → Biogas → Syngas		
<b>Produkte</b>	<b>Materialien</b> → Chemikalien → Werkstoffe → Futtermittel* → Nahrungsmittel*	<b>Bioenergie</b> → Feste, flüssige, gasförmige Bioenergieträger → Elektrizität → Wärme	
<b>Prozesse</b>	→ Physikalische einschl. mechanische Verfahren → Thermochemische Verfahren → Chemische Verfahren → Biotechnologische Verfahren		

Nach: Roadmap Bioraffinerien (Mai 2012)

# Klassifizierung von Bioraffinerien (Fokus Holz)

<b>Rohstoffe</b>	<b>Anbaubiomasse</b> → Ölpflanzen → Stärkepflanzen → Zuckerpflanzen → Gräser → Holz → Holzartige Biomasse	<b>Aquatische Biomasse</b> → Algen	<b>Biogene Rest- &amp; Abfallstoffe</b> → Land- und forstwirtschaftliche Reststoffe (bspw. Stroh, Gülle, Waldrestholz, Fruchtschalen) → Biogene Reststoffe aus der Verarbeitung (bspw. Molke, Schlempe, Trester, Treber) → Biogene Abfallstoffe (bspw. Altspeseifett, Altholz)
<b>Plattform</b>	→ Niedermolekulare Kohlenhydrate (bspw. Lactose, Saccharose) → Polymere Kohlenhydrate (bspw. Stärke, Inulin, Pektin) → Lignocellulose-Komponenten (Lignin, Cellulose, Hemicellulose) → Proteine → Pflanzenfasern → Pflanzenöle, Lipide → Pyrolyseöl → Presssaft → Biogas → Syngas		
<b>Produkte</b>	<b>Materialien</b> → Chemikalien → Werkstoffe → Futtermittel* → Nahrungsmittel*	<b>Bioenergie</b> → Feste, flüssige, gasförmige Bioenergieträger → Elektrizität → Wärme	
<b>Prozesse</b>	→ Physikalische einschl. mechanische Verfahren → Thermochemische Verfahren → Chemische Verfahren → Biotechnologische Verfahren		

Nach: Roadmap Bioraffinerien (Mai 2012)

# Klassifizierung von Bioraffinerien (Fokus Holz)

<b>Rohstoffe</b>	<b>Anbaubiomasse</b> → Ölpflanzen → Stärkepflanzen → Zuckerpflanzen → Gräser → Holz → Holzartige Biomasse	<b>Aquatische Biomasse</b> → Algen	<b>Biogene Rest- &amp; Abfallstoffe</b> → Land- und forstwirtschaftliche Reststoffe (bspw. Stroh, Gülle, Waldrestholz, Fruchtschalen) → Biogene Reststoffe aus der Verarbeitung (bspw. Molke, Schlempe, Trester, Treber) → Biogene Abfallstoffe (bspw. Altspisefett, Altholz)
<b>Plattform</b>	→ Niedermolekulare Kohlenhydrate (bspw. Lactose, Saccharose) → Polymere Kohlenhydrate (bspw. Stärke, Inulin, Pektin) → Lignocellulose-Komponenten (Lignin, Cellulose, Hemicellulose) → Proteine → Pflanzenfasern → Pflanzenöle, Lipide → Pyrolyseöl → Presssaft → Biogas → Syngas		
<b>Produkte</b>	<b>Materialien</b> → Chemikalien → Werkstoffe → Futtermittel* → Nahrungsmittel*	<b>Bioenergie</b> → Feste, flüssige, gasförmige Bioenergieträger → Elektrizität → Wärme	
<b>Prozesse</b>	→ Physikalische einschl. mechanische Verfahren → Thermochemische Verfahren → Chemische Verfahren → Biotechnologische Verfahren		

Nach: Roadmap Bioraffinerien (Mai 2012)

# Aussichtsreiche Bioraffinerie-Konzepte und deren Produkte (Auswahl)

- Zucker- bzw. Stärke-Bioraffinerie  
Produkte: (mod. Stärke), Zucker, Feinchemikalien, Polymere, Tierfutter
- Pflanzenöl-Bioraffinerie  
Produkte: Tenside, Schmierstoffe, Biodiesel, Glycerin, Tierfutter
- Lignocellulose-Bioraffinerie  
Produkte: Zucker, Feinchemikalien, Aromaten
- Grüne Bioraffinerie  
Produkte: Faserstoffe, Proteine, Tierfutter
- Synthesegas-Bioraffinerie  
Produkte: FT-Diesel, Methanol, Methan

Entwurf der VDI-Richtlinie  
"Gütekriterien für Bioraffinerien", Stand März 2012

## Aussichtsreiche Bioraffinerie-Konzepte und deren Produkte (Auswahl)

- Zucker- bzw. Stärke-Bioraffinerie  
Produkte: (mod. Stärke), Zucker, Feinchemikalien, Polymere, Tierfutter
- Pflanzenöl-Bioraffinerie  
Produkte: Tenside, Schmierstoffe, Biodiesel, Glycerin, Tierfutter
- Lignocellulose-Bioraffinerie  
Produkte: Zucker, Feinchemikalien, Aromaten
- Grüne Bioraffinerie  
Produkte: Faserstoffe, Proteine, Tierfutter
- Synthesegas-Bioraffinerie  
Produkte: FT-Diesel, Methanol, Methan

*Non-Food  
Biomasse*

Entwurf der VDI-Richtlinie  
"Gütekriterien für Bioraffinerien", Stand März 2012

## Aussichtsreiche Bioraffinerie-Konzepte und deren Produkte (Auswahl)

- Zucker- bzw. Stärke-Bioraffinerie  
Produkte: (mod. Stärke), Zucker, Feinchemikalien, Polymere, Tierfutter
- Pflanzenöl-Bioraffinerie  
Produkte: Tenside, Schmierstoffe, Biodiesel, Glycerin, Tierfutter
- Lignocellulose-Bioraffinerie  
Produkte: Zucker, Feinchemikalien, Aromaten
- Grüne Bioraffinerie  
Produkte: Faserstoffe, Proteine, Tierfutter
- Synthesegas-Bioraffinerie  
Produkte: FT-Diesel, Methanol, Methan

*Non-Food  
Biomasse*

Entwurf der VDI-Richtlinie  
"Gütekriterien für Bioraffinerien", Stand März 2012

# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Projektdaten

### Verbundvorhaben mit 15 Partnern

- Industrie: 4 Partner
- KMU: 2 Partner
- Forschungseinricht. 4 Partner
- Hochschule: 5 Partner

**Laufzeit: 06/2007 – 08/2009**

### Finanzierung:

- Gesamtvolumen € 2,6 Mio.
- Fördervolumen € 1,8 Mio.
- Förderung durch das BMELV

### Projektträgerschaft:

- Begleitung durch Projektträger FNR

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.



# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Festlegung auf Laubholz (Buche und Pappel)

- Buche ist **dritthäufigste Baumart** (15 % der gesamten Holzbodenfläche) nach Fichte und Kiefer in Deutschland
- Das **jährliche Rohholzpotential** für die in Frage kommenden Holzklassen (Rinde – L2) beträgt bei Buche ca. 12 Mio t atro
- **Keine Wettbewerbssituation** mit der Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie
- Buchen- und Pappelholz sind am Markt **leicht mobilisierbar**

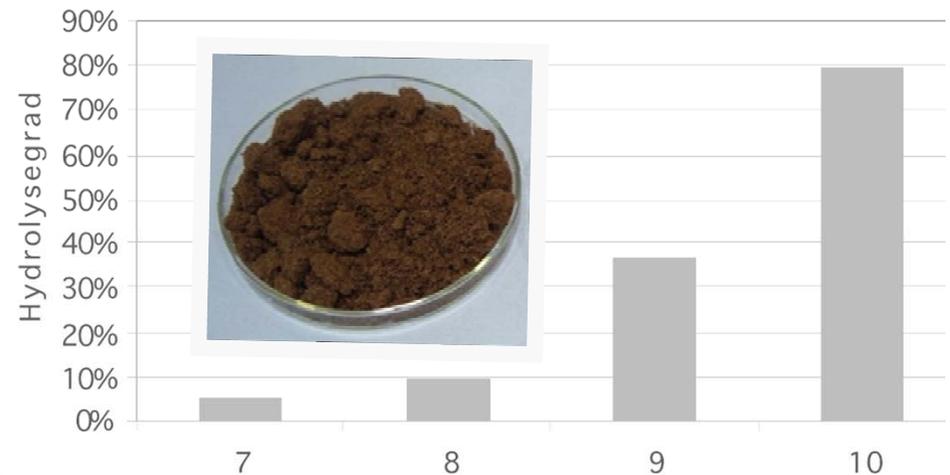


- Laubholz hat **geringeren Ligninanteil** als Nadelholz und lässt sich leichter aufschließen.
- Eine **ganzheitliche Verwertung** von Holz als Cellulose, Hemicellulosen, Lignin und wertvollen Extrakten scheint bei Buche und Pappel möglich

# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

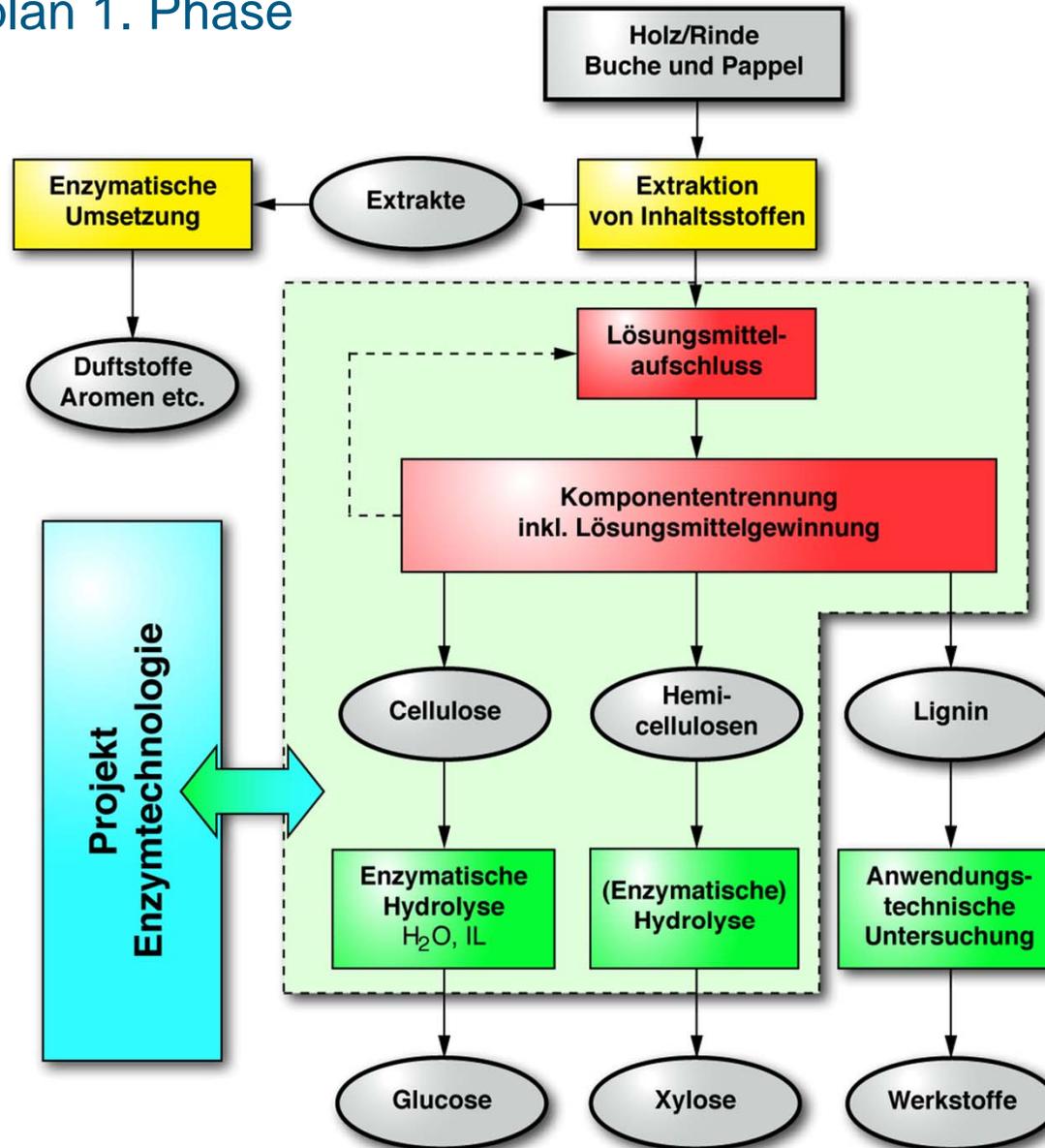
## Ziele der ersten Projektphase

- Aufschluss von Laubhölzern zur vollständigen stofflichen Verwertung
- Auftrennung und Primärraffination der drei Hauptkomponenten Cellulose, Hemicellulosen und Lignin
- Modellhafte stoffliche Nutzung der Hauptkomponenten
- Ökonomische und ökologische Bewertung



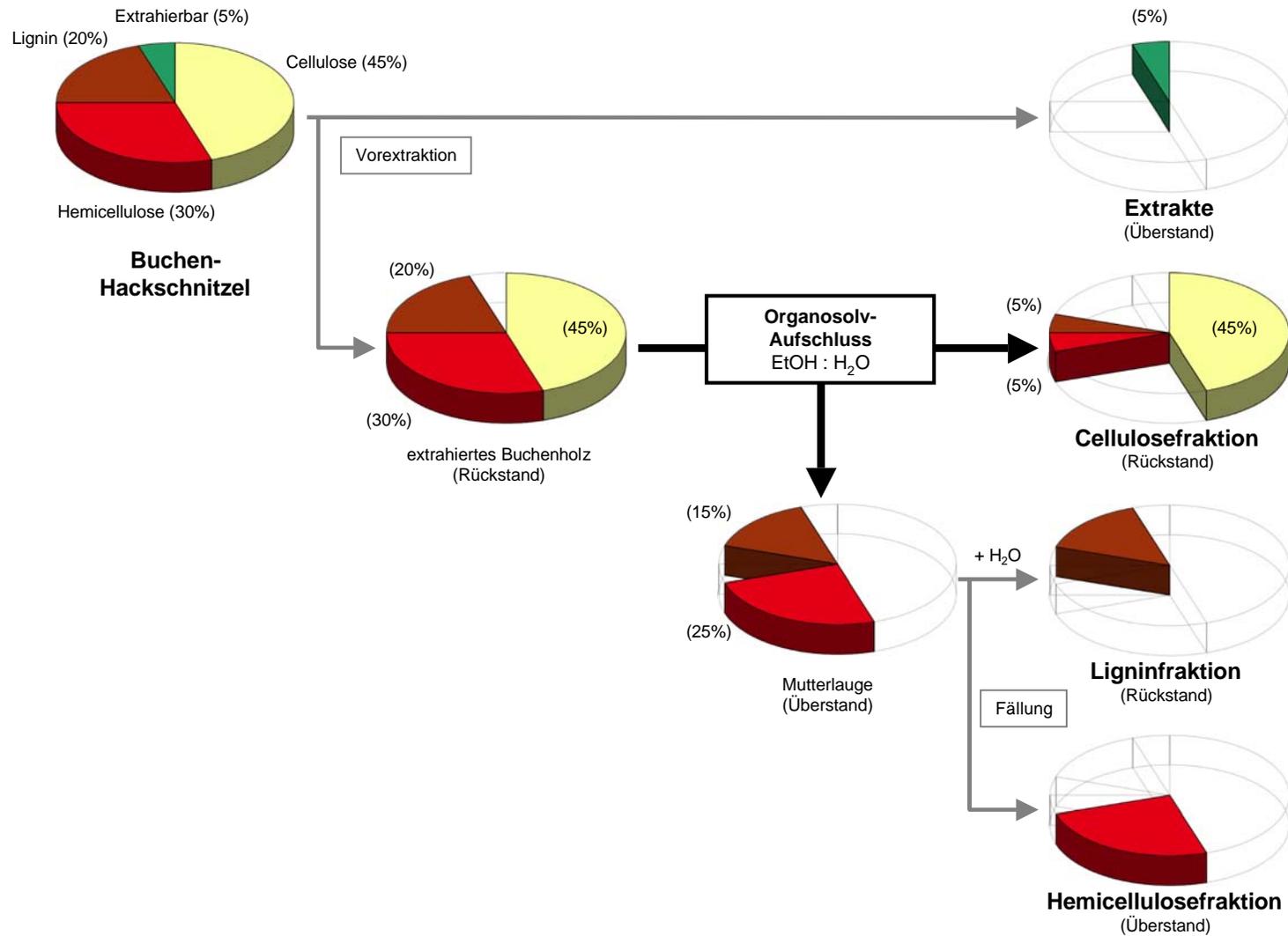
# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Projektplan 1. Phase



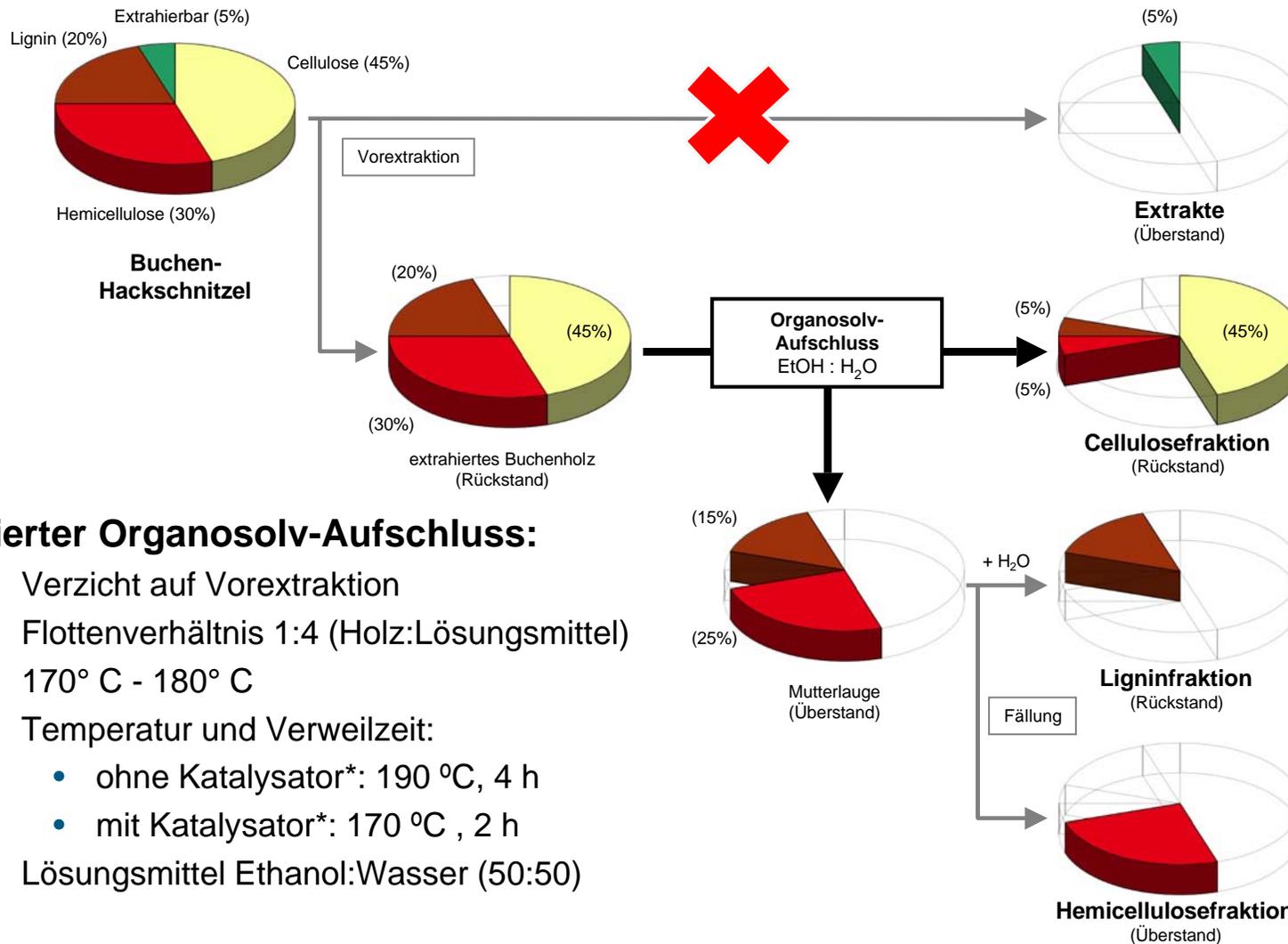
# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Aufschluss und Komponententrennung



# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Aufschluss und Komponententrennung



### Optimierter Organosolv-Aufschluss:

- Verzicht auf Vorextraktion
- Flottenverhältnis 1:4 (Holz:Lösungsmittel)
- 170° C - 180° C
- Temperatur und Verweilzeit:
  - ohne Katalysator\*: 190 °C, 4 h
  - mit Katalysator\*: 170 °C , 2 h
- Lösungsmittel Ethanol:Wasser (50:50)

\* Katalysator: Schwefelsäure

# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Weiterverarbeitung der Faserfraktion (Cellulose)

- Enzymatische Verzuckerung zu Glucose
  - Batch / Fed-Batch / kontinuierliche Verzuckerung
  - Simultane Verzuckerung und Fermentation (SSF)
- Fermentationen mit Hydrolyse-Glucose
  - Vergärung zu Ethanol (als Nachweis der Fermentierbarkeit)
  - Industriell genutzte Stämme (*E. coli*, *Corynebacterium* ...)
- Ergebnisse
  - ➔ Glucoseausbeute bis 85 % mit kommerziell erhältlichen Enzymen (Weitere Hydrolyse durch Rest-Lignin gehemmt)
  - ➔ Fermentationen mit *Saccharomyces* zeigten keine inhibitorischen Effekte
  - ➔ Andere Stämme zeigten längere *lag*-Phasen und/oder geringeren Biomasseertrag

# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

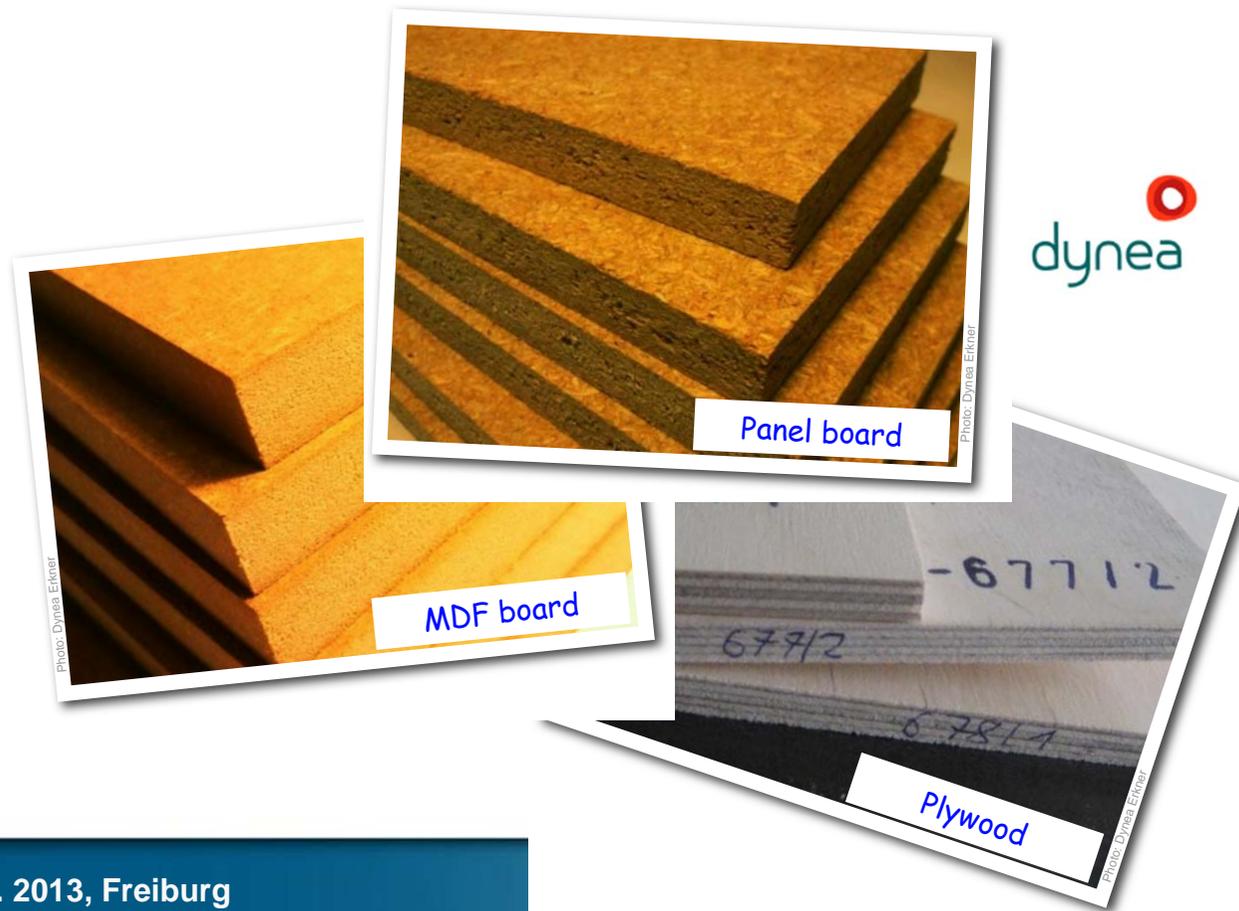
## Weiterverarbeitung der Hemicellulosefraktionen

- Optimierung der Hydrolyse zu C5-Zuckern
  - Hydrolyse erfolgt bereits unter Aufschlussbedingungen
  - Optional können Hemicellulasen zugesetzt werden
- Fermentationen mit Hydrolyse-C5-Zuckern
  - Co-Fermentation von C5-Zuckern und Glucose mit *Pachysolen tannophilus* und *Saccharomyces cerevisiae*
  - Fermentationen mit verschiedenen *Clostridien*-Stämmen
- Ergebnisse
  - ➔ Aufschlussbedingungen reichten oft zur Hydrolyse aus
  - ➔ Co-Fermentationen sind effizienter als die Fermentationen mit C5-Zuckern alleine
  - ➔ Die untersuchten *Clostridien*-Stämme konnten Hemicellulosen direkt verwerten

# Lignocellulose Bioraffinerie

## Weiterverarbeitung der Lignin-Fraktion

- Duroplastische Anwendungen
  - ➔ Substitution von Phenol durch Organosolv-Lignin bei der Synthese von Bindemitteln für Holzwerkstoffe bis 30% ohne Qualitätsverlust



# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Ökonomische und ökologische Bewertung

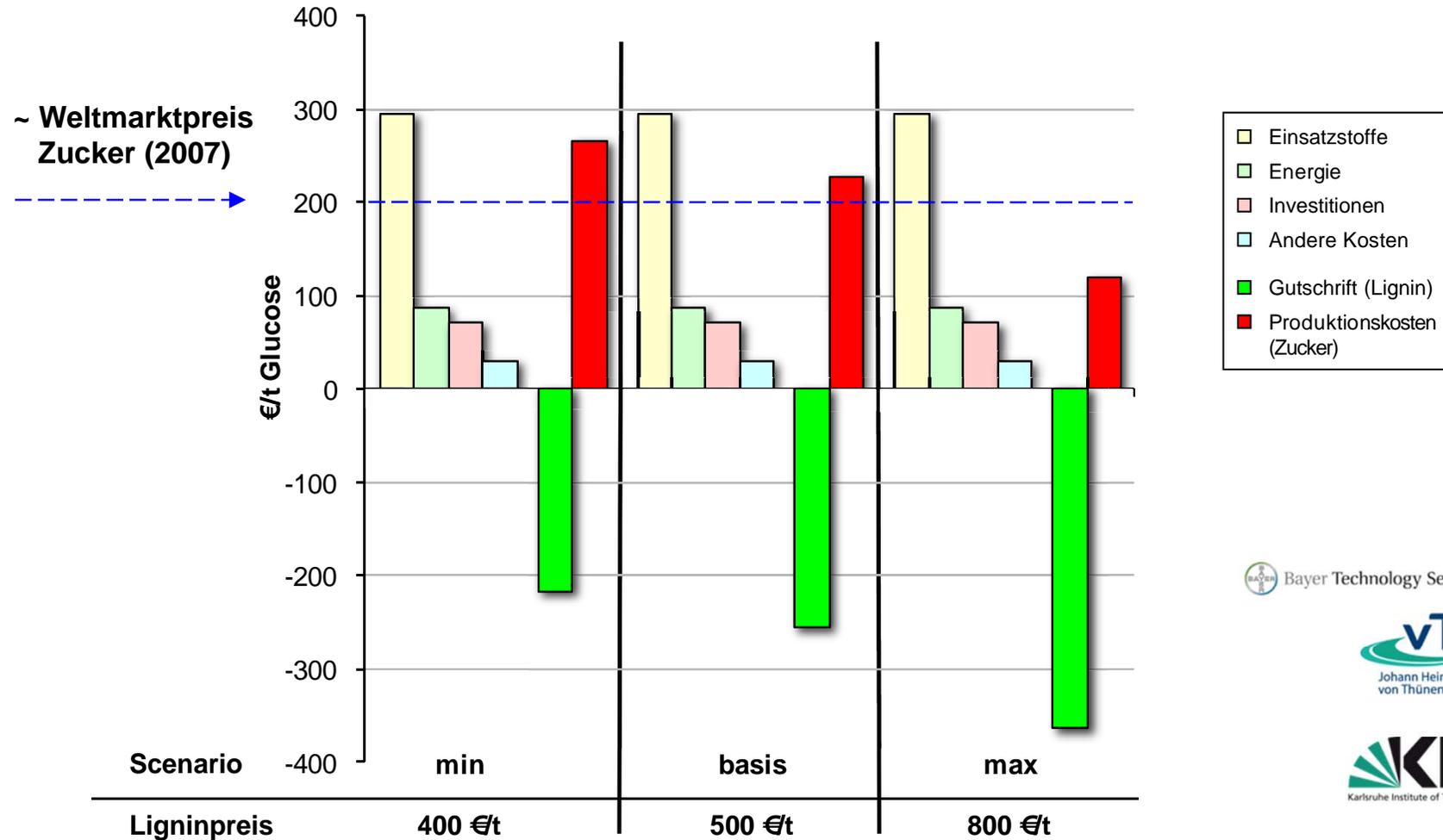
- Definition des "Basisfalls":

<b>Kapazität:</b>	400.000 t Holz atro/a
<b>Auslastung:</b>	8.000 h/a (50 t Holz atro/h)
<b>Ausgangsmaterial:</b>	Waldholzhackschnitzel (P 100, 50% Wasser) Cellulose:Hemicellulosen:Lignin:Rest (42:29:24:5)
<b>Organosolv-Verfahren:</b>	EtOH/Wasser (50/50)-Gemisch T = 180 ° C, p = 18 bar, t = 4 h Verhältnis Holz : Lösemittel (Flotte) = 1 : 6
<b>Hydrolyseausbeute:</b>	82 % Glucose aus der Faserfraktion
<b>Hemicellulosefraktion:</b>	Lösliche Hemicellulosefragmente nach dem Organosolv-Aufschluss werden zu Xylose subsumiert
<b>Endprodukte:</b>	Glucose: ~ 140 kt/a (16%ige Lösung) Xylose: ~ 52 kt/a (5%ige Lösung) Lignin: ~ 51,2 kt/a (schwefelfrei, trocken)

# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Ökonomische und ökologische Bewertung

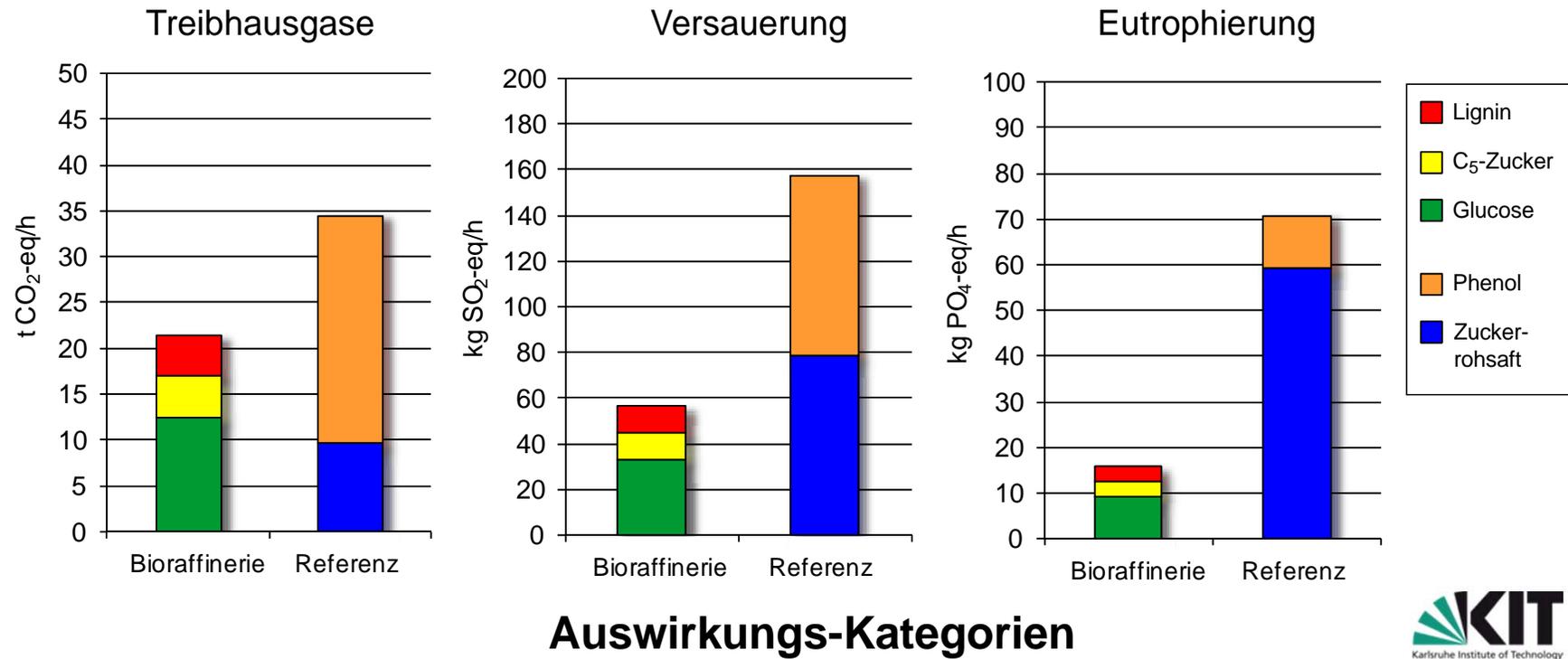
- Kosten und Gutschriften des Basisfalls:



# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Ökonomische und ökologische Bewertung

- Wirkungsabschätzung (LCIA) des Basisfalls
  - Referenzen: Zucker-Rohsaft aus Zuckerrüben, Phenol aus Cumol



# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Ökonomische und ökologische Bewertung

- Standortwahl Nordhessen (Scenario I):
  - Regionales Buchenholzaufkommen (2008 - 2012)  
Waldrestholz, Industrieholz, Sägenebenprodukte



Regionales Buchenholz-Aufkommen Nordhessen (2008 - 2012)

Mio. m <sup>3</sup>	Aufkommen	
	WRH + IH + SNP	WRH 50 % + IH + SNP
<b>Region Nordhessen</b>		
Kerngebiet (Radius 100 km)	2,889	2,229
Erweitertes Gebiet (200 km)	2,703	2,119
<b>Gesamtregion</b>	<b>5,592</b>	<b>4,348</b>

WRH = Waldrestholz; IH = Industrieholz; SNP = Sägenebenprodukte

# Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie

## Ökonomische und ökologische Bewertung

- Standortwahl Baden-Württemberg(Scenario III):
  - Regionales Buchenholzaufkommen (2008 - 2012)  
Waldrestholz, Industrieholz, Sägenebenprodukte



Regionales Buchenholz-Aufkommen Baden-Württemberg (2008 - 2012)

Mio. m <sup>3</sup>	Aufkommen	
	WRH + IH + SNP	WRH 50 % + IH + SNP
<b>Region BW</b>		
Kerngebiet (Radius 100 km)	2,867	2,267
Erweitertes Gebiet (200 km)	2,134	1,651
<b>Gesamtregion</b>	<b>5,001</b>	<b>3,918</b>

WRH = Waldrestholz; IH = Industrieholz; SNP = Sägenebenprodukte

# Lignocellulose Bioraffinerie (Phase II)

## Projektdaten

### Verbundvorhaben mit 15 Partnern

- Industrie: 4 Partner
- KMU: 2 Partner
- Forschungseinricht. 5 Partner
- Hochschule: 4 Partner

**Laufzeit: 05/2010 – 04/2013**

### Finanzierung:

- Gesamtvolumen € 9,5 Mio.
- Fördervolumen € 8,5 Mio.
- Förderung durch das BMELV

### Projektträgerschaft:

- Begleitung durch Projektträger FNR

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz



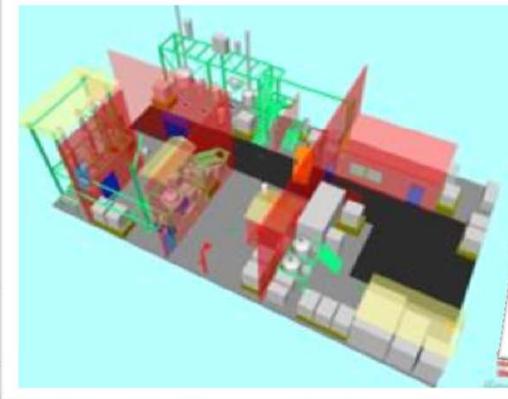
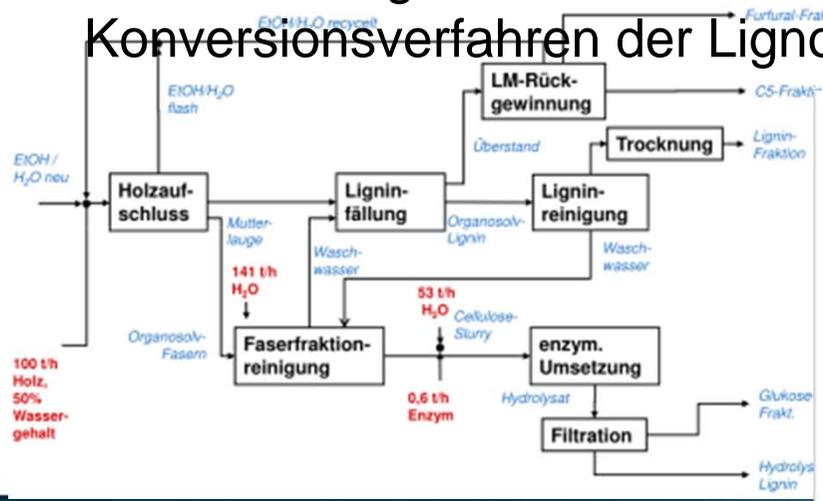
Bayer Technology Services



# Lignocellulose Bioraffinerie (Phase II)

## Gesamtziele des Vorhabens

- Weiterentwicklung und Optimierung des Prozesses zur vollständigen stofflichen Nutzung aller Komponenten der Lignocellulose (Koppelnutzung)
- Errichtung und Integration der Pilotanlage im CBP, Leuna
- Gewinnung von biobasierten Produkten auf Cellulose-, Hemicellulosen- und Ligninbasis (intern und extern)
- Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit der Konversionsverfahren der Lignocellulose Bioraffinerie



# Lignocellulose Bioraffinerie (2010 – 2013)

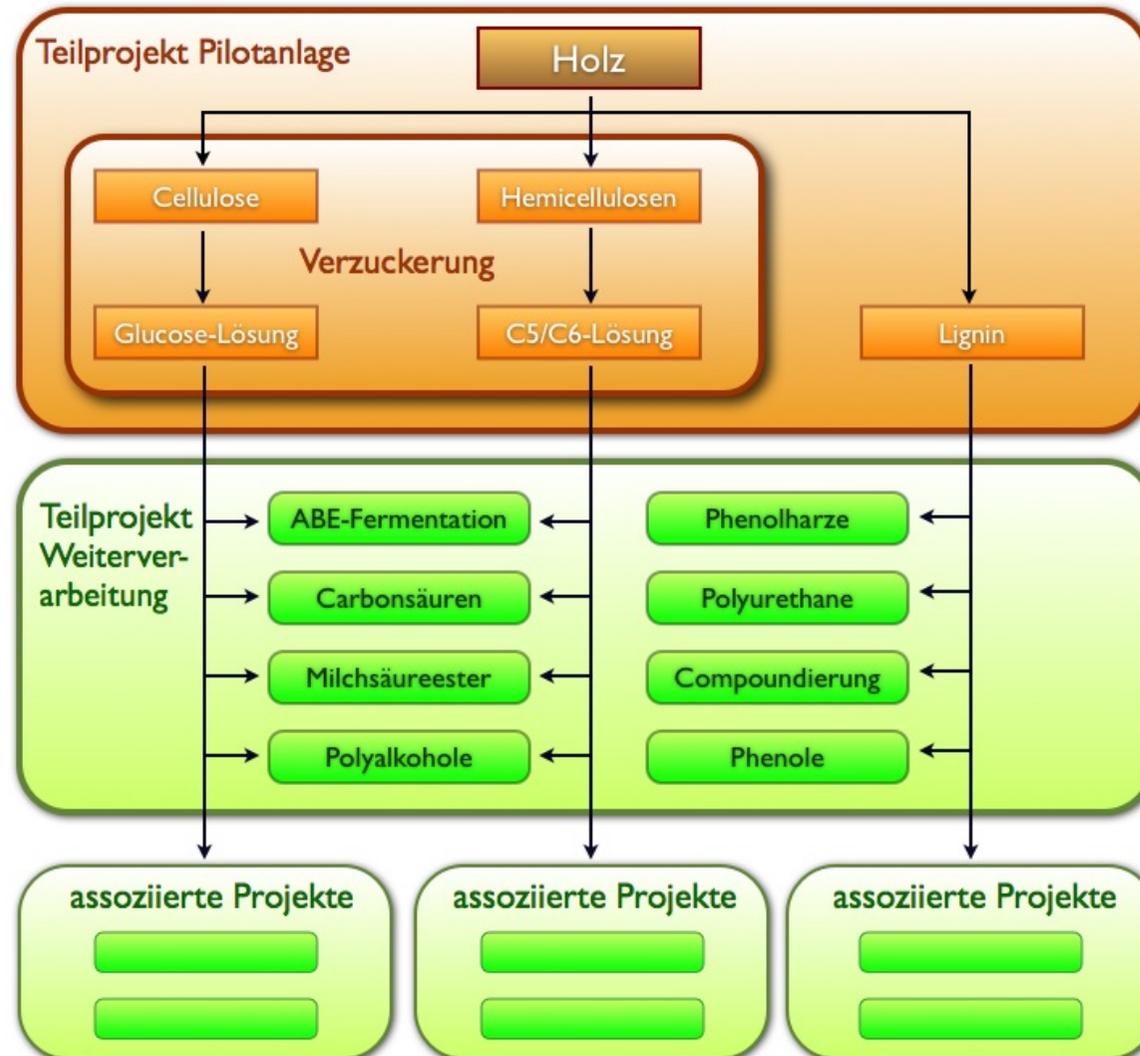
## Projektstruktur



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz



## Lignocellulose Bioraffinerie (Phase II)

### Weiterverarbeitung der Zucker-Fraktionen

- Plattformchemikalien durch Biotechnologie
  - Ethanol
    - ➔ Qualitätskontrolle
  - Aceton-Butanol-Ethanol (ABE)
    - ➔ Lösungsmittelproduktion / Plattformchemikalie (für Gummi)
  - Bernsteinsäure, Itaconsäure, Milchsäure, Essigsäure
    - ➔ Plattformchemikalien für biobasierte Kunststoffe
- Plattformchemikalien durch chemische Prozesse
  - Sorbit, Mannit
    - ➔ Süßstoff, Lösungsmittel
    - ➔ Plattformchemikalie für Polyurethan

# Lignocellulose Bioraffinerie (Phase II)

## Weiterverarbeitung der Lignin-Fraktion

- Duroplastische / thermoplastische Anwendungen

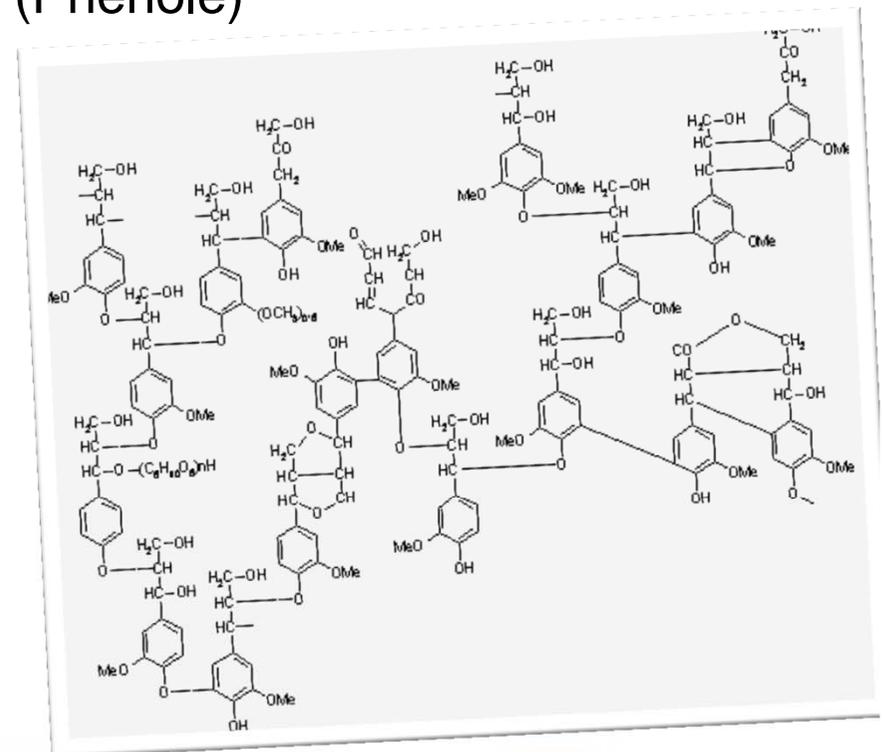
- Lignin in Blends und Verbundwerkstoffen
- Lignin in Phenol-Formaldehyd-Harzen
- Lignin in Polyurethan und PU-Schäumen

- Abbau zu aromatischen Strukturen (Phenole)

- Hydroxylyse
- Hydrothermale Spaltung
- Enzymatische Spaltung

- Andere Anwendungen

- Mediatoren in der enzymatischen Zellstoffbleiche



# Lignocellulose Bioraffinerie (Phase II)

## Weiterverarbeitung der Lignin-Fraktion

- Thermoplastische Anwendungen
  - Schmelzverhalten des Organosolv-Lignins entspricht den Anforderungen
  - Mechanische Eigenschaften der Prüflinge aus Buchenholz-Lignin sind gut
  - Aber: Das Molekulargewicht des Lignins beeinflusst diese Eigenschaften

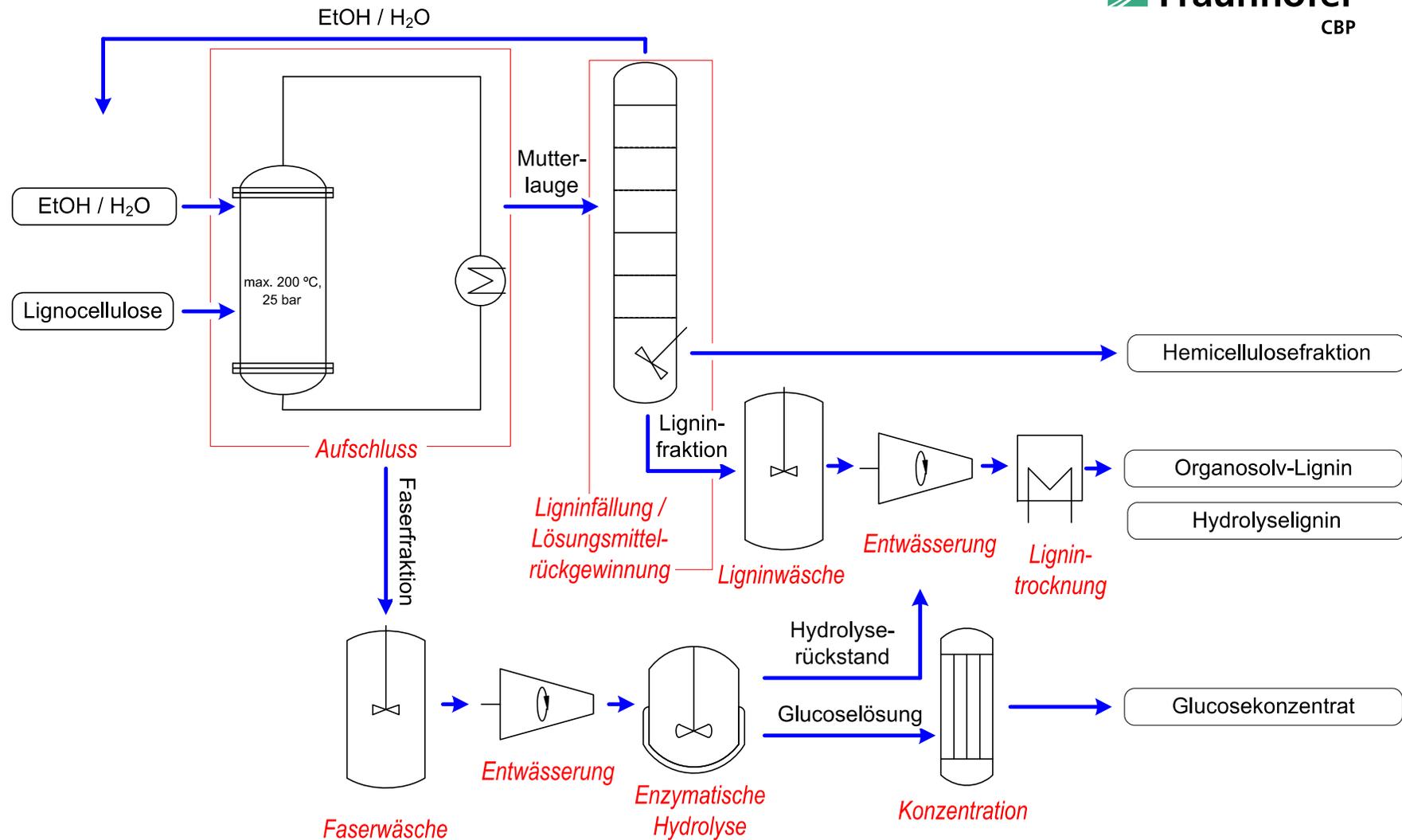


**TECNARO**  
GESELLSCHAFT ZUR INDUSTRIELLEN ANWENDUNG  
NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V.



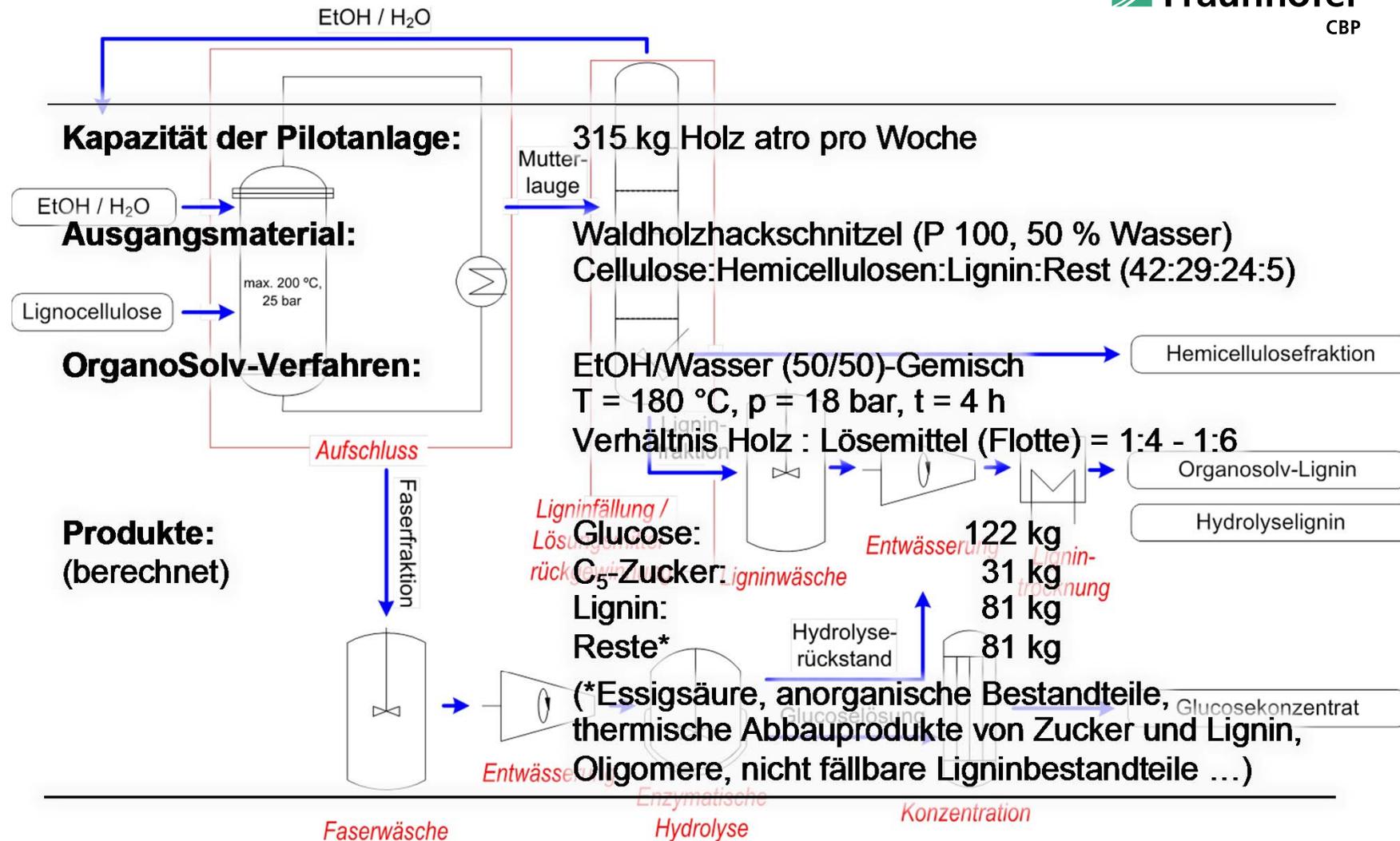
# Lignocellulose Bioraffinerie (Phase II)

## Entwicklung und Bau der Pilotanlage im CBP, Leuna



# Lignocellulose Bioraffinerie (Phase II)

Entwicklung und Bau der Pilotanlage im CBP, Leuna



## Danksagung



Das **Pilotprojekt Lignocellulose Bioraffinerie** (FKZ: 22027405, 22014106, 22014206, 22014306, 22014406, 22001307) wurde im Förderprogramm "*Nachwachsende Rohstoffe*" zum Förderschwerpunkt "*Lignocellulose/ Holz*" gefördert.

Das **Verbundprojekt Lignocellulose Bioraffinerie (Phase 2)** (FKZ: 22029508, 22019009, 22019109, 22019209, 22019309, 22019409, 22019509, 22019609, 22019709, 22019809, 22019909, 22020009, 22020109, 22020209, 22022109) wird im Schwerpunkt "*Innovative Mehrfachnutzung von nachwachsenden Rohstoffen, Bioraffinerien*" zum Förderprogramm „*Nachwachsende Rohstoffe*“ gefördert.

Die Förderungen erfolgen jeweils mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR).

Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz