

# IEA Bioenergieprogramm 2007-2009

## Task 42: Bioraffinerien

Koproduktion von Treibstoffen, Chemikalien, Energie und  
Materialien aus Biomasse

G. Jungmeier et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 78/2010

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

[www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at)

# IEA Bioenergieprogramm 2007-2009

## Task 42: Bioraffinerien

Koproduktion von Treibstoffen, Chemikalien, Energie und  
Materialien aus Biomasse

Gerfried Jungmeier

Michael Mandl

Kurt Könighofer

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Hermann Hofbauer

Technische Universität Wien

Francesco Cherubini

Technische Universität Graz

in Kooperation mit  
Joanneum Research, Institut für Energieforschung  
Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Josef Spitzer



Graz, Juni 2010

Ein Bericht im Rahmen der Forschungsk Kooperation Internationale Energieagentur

**IEA** FORSCHUNGS  
KOOPERATION

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Wissenschaftlicher Projektleiter

**Gerfried Jungmeier, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung**

Projektkoordinator

**Josef Spitzer, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung**

Projektmitarbeiter

**Michael Mandl, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme**

**Hermann Hofbauer, Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften**

**Kurt Könighofer, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung**

**Francesco Cherubini, Dissertant an der Technischen Universität Graz**

## Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Summary	II
1 Einleitung	1
1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik	1
1.2 Vorarbeiten zum Thema	2
1.3 Schwerpunkte und Fragestellungen	4
1.4 Aufbau und Umfang der Task 42 Aktivitäten	7
2 Übersicht über das Implementing Agreement	9
3 Ziele des Projektes	9
4 Inhalte und Ergebnisse des Projektes	10
4.1 Überblick und Organisation der Task 42	10
4.2 Beschreibung der Kooperation	11
4.2.1 Teilnahme an den Task-Meetings und Task-Workshops	11
4.2.2 Österreichische Arbeiten in der Task 42	11
4.3 Ergebnisse mit österreichischen Beiträgen	13
4.3.1 Übersicht	13
4.3.2 Definition Bioraffinerie	13
4.3.3 Bericht über Country Reports	14
4.3.4 Klassifikation von Bioraffinerie-Systemen	25
4.3.4.1 Klassifikationsmethode	25
4.3.4.2 Beispiele zur Klassifikation von Bioraffinerie-Systemen	32
4.3.5 Beiträge zur Broschüre der Task	37
4.3.6 Die Grüne Bioraffinerie Österreich	37
4.3.6.1 Einleitung	37
4.3.6.2 Ökonomische Aspekte	40
4.3.6.3 Koppelproduktion von Chemierohstoffen und Endenergieträgern	42
4.3.6.4 Marktaspekte: Relevanz, Akzeptanz und Bewertung	42
4.3.6.5 Auswirkungen auf die ländliche Entwicklung und Arbeitplatzeffekte	44
4.3.7 Ökologische Aspekte von Bioraffinerie-Systemen	44
4.3.7.1 Methodenentwicklung	44
4.3.7.2 Treibhausgas-Bewertung: Fallbeispiel „Holz-Bioethanol-Bioraffinerie“	49
5 Know-how-Transfer	53
6 Schlussfolgerungen und Ausblick	55
6.1 Schlussfolgerungen	55

6.2	Ausblick.....	57
7	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	59
8	Literaturverzeichnis .....	61

**Anhang A: Länderberichte (inkl. Österreich-Bericht)**

## Kurzfassung

Ausgehend von der EU-Direktive zu Biotreibstoffen und der österreichischen Kraftstoffverordnung wird in den nächsten Jahren im Transportsektor angestrebt, Biotreibstoffe als Alternativen zu Benzin und Diesel verstärkt einzusetzen, z.B. 2008: 5,75% Biotreibstoffe, 2020: 10% Biotreibstoffe. Die zukünftigen Treibstoffe sind unter anderem Biodiesel, Bioethanol, Biomethan und synthetische Biotreibstoffe und können mittel- und langfristig in Bioraffinerien erzeugt werden, wobei in der Bioraffinerie neben den Treibstoffen auch andere Energieträger wie z.B. Strom, Wärme und Brennstoffe sowie Chemierohstoffe erzeugt werden. Die Kernfrage hierbei ist es, in welchem Ausmaß und mit welchen Technologien und Konzepten Biotreibstoffe und Chemierohstoffe in Bioraffinerien nachhaltig erzeugt werden können, und welche Forschungsaktivitäten hierfür kurz- und mittelfristig erforderlich sind.

Österreich hat deshalb erstmalig im Triennium 2007-2009 an der IEA Bioenergy Task 42 „Biorefinery“ teilgenommen. Das Projektziel war die österreichische Mitarbeit bei der IEA Bioenergy Task 42 „Biorefinery“ für das Triennium 2007–2009 ([www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42](http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42)), sowie der österreichische Informationsaustausch und Vernetzung der Aktivitäten im Bereich Bioraffinerie. Derzeit nehmen insgesamt neun Länder und die EU an Task 42 teil: NL, G, CA, DK, A, F, IR, I und AUS.

Österreich hat zu folgenden Themen bzw. Aktivitäten in Task 42 Beiträge geliefert:

### 1. Definition Bioraffinerie

Die Definition von einer Bioraffinerie wurde in der Task erarbeitet, wobei Österreich vor allem den Bezug zur großvolumigen Produktion von Biotreibstoffen in Bioraffinerien eingebracht hat: „Biorefinery is the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable products“.

### 2. Country Reports der Ländern der Task 42

Österreich hat die Daten zu den Country Reports der Mitgliedsländer gesammelt und ausgewertet sowie in einer Dokumentation zusammengefasst, die auf der Task webpage zur Verfügung steht.

### 3. Klassifikation von Bioraffinerie-Systemen

Eine neue in Österreich entwickelte Klassifikationsmethode für Bioraffineriesysteme wurde der Task 42 vorgeschlagen, die nach Diskussion mit den Partnern von der Task 42 übernommen wurde. Durch diese Klassifikationsmethode, die mit der Task 42 gemeinsam in „Biofpr – Biofuels, Bioproducts and Biorefining“ im Herbst 2009 publiziert wurde, ist es möglich, die derzeit in Diskussion stehenden Bioraffinerie-Systeme und Konzepte eindeutig durch Plattformen, Produkte, Rohstoffe und Prozesse zu beschreiben.

### 4. Broschüre der Task 42

Für die Task 42 Broschüre wurden neben der schematischen Darstellung der Klassifikation der einzelnen Bioraffinerien Kurzbeschreibungen folgender österreichischer Bioraffinerien bzw. –Konzepte eingebracht: „Grünen Bioraffinerie“ in Oberösterreich, Lenzing AG und Hallein AG. Die Broschüre steht auf der Task webpage zur Verfügung.

### 5. Die Grüne Bioraffinerie

Für „Die Grüne Bioraffinerie“ wurden die österreichischen Erfahrungen aufbereitet und zu den einzelnen Arbeitspunkten der Task eingebracht und diskutiert, z.B. ökonomische Aspekte, Marktrelevanz, Auswirkungen auf die ländliche Entwicklung.

### 6. ökologische Aspekte von Bioraffinerie-Systemen

Der österreichische Beitrag zu den ökologischen Aspekten von Bioraffinerie-Systemen war die Methodenentwicklung zur ökologischen Bewertung, die von Österreich vorgeschlagen wurde und in den Task Meetings präsentiert und diskutiert wurde. Diese Methode für den Vergleich von Bioraffinerie-Systemen und konventionellen Systemen wurde in der Task auf drei Fallbeispiele angewandt und ein österreichisches Fallbeispiel zur Erzeugung von Bioethanol und Phenol aus Holz wurde im Detail auf Basis einer Lebenszyklusanalyse für die Treibhausgas-Emissionen und den kumulierten Primärenergieaufwand für die Task untersucht. Diese Methode für den Vergleich von Bioraffinerien mit konventionellen Systemen kann für unterschiedliche Umweltwirkungen (z.B. Treibhausgas-Emissionen, fossiler Energieeinsatz) als auch für andere Bewertungsaspekte (z.B. Produktionskosten, Arbeitsplätze) angewandt werden.

### 7. Bioraffinerie-Trainingskurs

Die Task 42 hat einen Trainingskurs „Adding Value to the Sustainable Utilisation of Biomass“ am 12. Juni 2009 mit etwa 50 Teilnehmern in Ghent, Belgien abgehalten, in dem von den sechs Vorträgen die folgenden drei Beiträge der österreichischen IEA Beteiligung waren: „Definition & Classification“, „Green Biorefinery“ und „Sustainability Assessment – LCA“.

Zur Vernetzung der Aktivitäten in Österreich wurde als Start für den Aufbau und die Etablierung einer Stakeholder-Plattform ein Workshop „Biorefinery – Austrian Activities and IEA Bioenergy Task 42“ am 4. Oktober 2007 in Wien gemeinsam mit Task 42 abgehalten, bei dem die österreichischen Stakeholder teilgenommen haben. Aus den etwa 40 Teilnehmern wurde das österreichische „National Team“ gebildet, das in den Informationsaustausch der Task 42 eingebunden ist. Im Rahmen von zwei Workshops in Österreich von Task 38 und Task 39 wurden Vorträge zu den Aktivitäten der Task 42 gehalten, um die Information zu Task 42 bekannt zu machen und mit den Aktivitäten der anderen IEA Bioenergy Task abzustimmen und zu vernetzen.

## Summary

Based on the European Directive on Biofuels and the Austrian fuel law new transportation fuels will be introduced on the market to substitute gasoline and diesel: e.g. 2008: 5.75% Biofuels, 2020: 10% biofuels, 2030: 25% biofuels. These new transportation fuels are biodiesel, bioethanol, synthetic biofuels and biohydrogen. On the medium to long term perspective these biofuels will be produced in biorefineries, which co-produce gaseous and liquid transportation biofuels with electricity, heat, chemicals or other high-value materials. Currently different biorefinery concepts are under development, where beside the technological development of the single processes (e.g. gasification of biomass) the optimal integration and combination of different bio- and thermo-chemical processes are analysed. The main objective is to analyse, with which raw materials, processes and technologies biofuels and chemicals will be coproduced in integrated biorefineries and which R&D activities are necessary for the realisation and implementation.

Austria participated in this IEA Bioenergy Task 42 "Biorefinery" in the triennium 2007-2009, which was started in 2007 the first time ([www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42](http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42)). The main goals of the Austrian participation in the IEA Bioenergy Task 42 "Biorefinery" were to exchange information and to initiate a national and international network on biorefineries. Currently nine countries and the EU are participating in the Task: NL, G, CA, DK, A, F, IR, I und AUS.

The Austria participation made contributions to the following topics and activities:

### 1. Definition of biorefinery

A definition of a biorefinery was worked out in the Task, to which Austria brought in the aspect and motivation to establish biorefinery to produce high volumes of transportation biofuels: "Biorefinery is the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable products".

### 2. Country Reports of the Task 42 members

Austria collected the specific data of the participating country, which were analysed and reported. The documentation is available on the web page of Task 42.

### 3. Classification of biorefinery systems

A new classification method for biorefinery systems was developed in Austria, which was suggested to Task 42. After a discussion with the Task members this classification method was accepted by Task 42. With this classification method, which was also published together with Task 42 in autumn 2009 in "Biofpr – Biofuels, Bioproducts and Biorefining", it is possible to describe and classify all currently discussed biorefinery systems with platforms, products, feedstocks and processes.

### 4. Brochure of Task 42

For the Task 42 brochure Austria developed the classification schemes for all the selected biorefinery systems. Additionally three Austrian biorefinery examples – existing or concepts – were described: „Green Biorefinery“ in Upper Austria, Lenzing AG und Hallein AG. The brochure is available on the Task web page.

### 5. The Green Biorefinery

The Austrian experiences in the area of the "Green Biorefinery" were introduced into the Task's activities and discussed, e.g. economic aspects, market relevance, Influences on rural development.

### 6. Environmental aspects of biorefinery systems

The Austrian contribution to the environmental aspects of biorefinery systems was the development of a methodology for the environmental assessment, which was developed in Austria and presented and discussed in the Task. This methodology for the comparison of biorefinery systems to conventional systems was applied to case studies and an Austrian case study of producing bioethanol and phenols from wood was analysed in details to evaluate the greenhouse gas effects and the cumulated primary energy consumption on a life cycle bases. This method can be applied to different environmental effects (e.g. greenhouse gas emissions, fossil energy consumption) but also to other aspects of sustainability (e.g. production costs, job creation).

### 7. Biorefinery trainings courses

The Task 42 organised a training course "Adding Value to the Sustainable Utilisation of Biomass" on June 12, 2009 in Ghent with about 50 participants. In this course were six lectures, of which the following three were from Austria: "Definition & Classification", "Green Biorefinery" und "Sustainability Assessment – LCA".

To link the Austrian biorefinery activities and to start building up a stakeholder platform the workshop „Biorefinery – Austrian Activities and IEA Bioenergy Task 42“ was organised on October 4, 2007 in Vienna together with the Task 42. About 40 Austrian stakeholders participated. With these stakeholders the "Austrian Team" was formed, which is included in the information exchange of the Task. Task 42 was presented in two workshops of Task 38 and Task 39 to spread the information of Task 42 and to link the activities with the other IEA Tasks in Austria.

# 1 Einleitung

## 1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik

Die Problemstellung wird in enger Anlehnung an den Report "Biofuels in the European Union – A vision for 2030 and beyond" dargestellt, um die europäische Dimension dieser Fragestellungen zu berücksichtigen. Hierzu wird zunächst die mögliche Technologie-Entwicklung erläutert, um dann Entwicklungsperspektiven für integrierte Bioraffinerien aufzuzeigen. Weiters werden auch die im Rahmen der österreichischen Ausschreibung „Energie der Zukunft“ beschriebenen F&E-Fragestellungen und Zielsetzungen angeführt.

### Phasen der möglichen Technologie-Entwicklung:

Die großtechnische kommerzielle Erzeugung von Biotreibstoffen wird für den Zeitraum 2020-2030 erwartet. Um die Ziele, eine wettbewerbsfähige hoch entwickelte Biotreibstoff-Industrie zu haben und einen signifikanten Biotreibstoff-Anteil im Europäischen Treibstoffmarkt zu erreichen, müssen jetzt schon jene notwendigen F&E-Bereiche identifiziert werden, für die die Erreichung bestimmter zeitlicher Entwicklungsziele wesentliche Voraussetzung für eine Realisierung von Bioraffinerien ist.

Hierbei können folgende drei zeitliche Phasen betrachtet werden (Abbildung 1, Seite2)

- Phase I bis 2010
- Phase II 2010-2020
- Phase III nach 2020

### Phase I:

„1. Generation von Biotreibstoffen“ mit der Weiterentwicklung und Verbesserung von erprobten Prozessen: Erzeugung von Bioethanol (EtOH) und Bio-ETBE (Ethyl-tert-butylether) aus zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen, sowie Biodiesel aus Ölpflanzen, Altspeiseölen und Tierfetten. F&E-Aktivitäten für die „2. Generation von Biotreibstoffen“, die im Wesentlichen aus lignozellulosen Rohstoffen erzeugt werden, wobei erste Pilotanlagen möglich sein könnten. Erste F&E-Aktivitäten für Konzepte von Bioraffinerien im Bereich Prozessentwicklung und Prozesskombination in Verbindung mit einer ersten Vorbewertung von ökologischen und techno-ökonomischen Aspekten.

### Phase II:

„2. Generation von Biotreibstoffen“ sind Bioethanol aus Holz und Stroh, synthetische Biotreibstoffe aus der Vergasung sowie Bio-Wasserstoff, wobei insbesondere DME (Dimethylether), FT-Diesel (Fischer-Tropsch-Diesel) und Bio-SNG (Synthetic Natural Gas) besonders interessant erscheinen. Erste Pilotanlagen von Bioraffinerien könnten errichtet werden. F&E-Aktivitäten zur Weiterentwicklung der Erzeugung von Biotreibstoffen der 2. Generation, unterstützt durch verstärkte marktfähige Entwicklung von Energiepflanzen aus einer nachhaltigen Landwirtschaft.

### Phase III:

Die Errichtung von großen integrierten Bioraffinerie-Komplexen, die an bestehende Industriestrukturen angeschlossen sind und vor allem Biotreibstoffe der 2. Generation zu marktfähigen Kosten erzeugen.

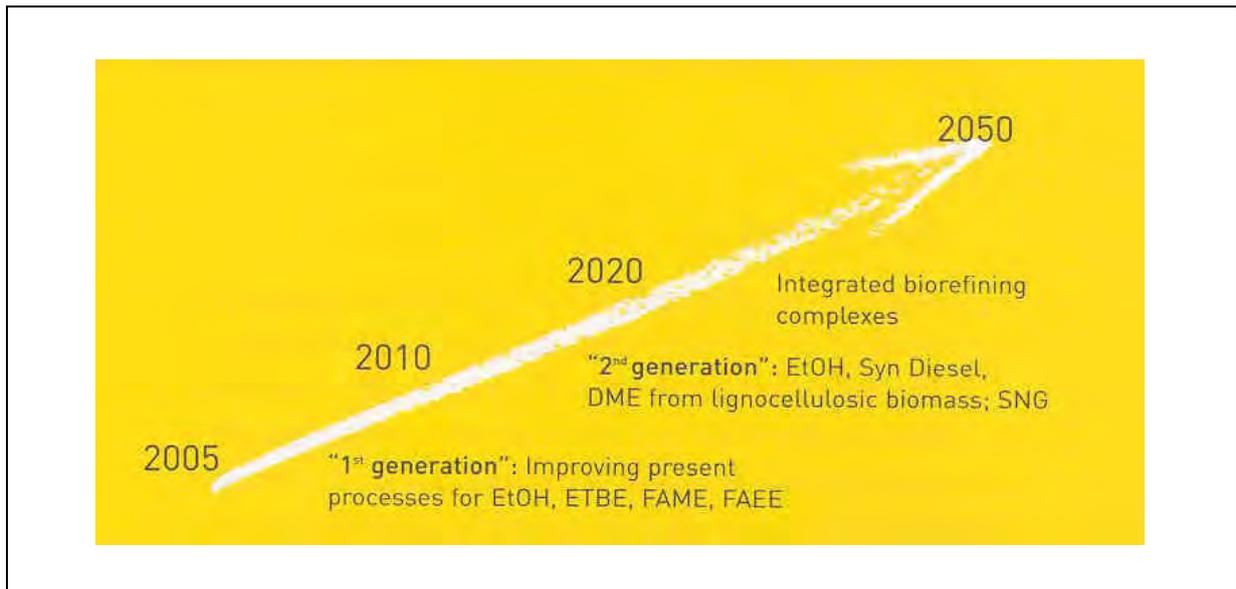


Abbildung 1: Europäische Roadmap für Biotreibstoffe (EU 2006)

Im Zuge der Etablierung des Begriffs Biorefinerie in die Fachdiskussion, hat neben der Nutzung von erneuerbaren Rohstoffquellen vor die Bereitstellung von Biotreibstoffen auch die integrierte Produktion von Koppelprodukten in den Technologiekonzepten Einzug gehalten.

Biorefinerien können je nach Rohstoffart und Technologiekonzept Koppelprodukte im Bereich der Chemierohstoffe, Materialien, Lebensmittel und Futtermittel etc. bereitstellen.

Dieser Biorefinerieansatz wird vor allem dadurch geprägt, dass ein *multiple product systems* hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit, Gesamteffizienz und Umweltverträglichkeit einfachen Prozessketten überlegen wäre. Ebenso wird dieser Ansatz der steigenden Rohstoffkonkurrenzsituation gerecht, welche sich für die verschiedenen Lebensbedürfnisse abzeichnet („biofuel versus food“).

Biorefinerien sind gegenwärtig weltweit für verschiedenste biogene Rohstoffgruppen in Entwicklung bzw. in der Pilotphase. Eine internationale Vernetzung, so wie sie es der Task 42 vorsieht, ist gerade in diesem Stadium besonders wertvoll.

## 1.2 Vorarbeiten zum Thema

Das zukünftig erwartete Wachstum des Biotreibstoffmarktes und die Entwicklung neuer Produktionsprozesse für Biotreibstoffe machen es notwendig, neue integrierte Produktionskonzepte zu entwickeln, die als Biorefinerien bezeichnet werden. Anlagen zur Umwandlung von Biomasse werden ähnliche Anlagenkonzepte wie heutige Chemieanlagen bzw. die heutige Raffination von Erdöl benötigen. Die Integration von neuen Biorefineriekonzepten in bestehende Industriekomplexe scheint interessante Perspektiven zu haben, um die Kapitalkosten der Anlagen zur Produktion von Biotreibstoffen zu reduzieren und somit die Kosten der erzeugten chemischen und energetischen Produkte, vornehmlich Biotreibstoffe, zu reduzieren. Die optimale Integration muss folgende unterschiedliche Möglichkeiten berücksichtigen (Abbildung 2, Seite 3):

Erzeugung eines großen Spektrums unterschiedlicher zukünftiger Treibstoffe und Nebenprodukte aus einer Vielzahl unterschiedlicher biogener Rohstoffe, die öl-, stärke-, zucker- und lignozellulose-hältige Materialien sind bzw. sein können. Im Vergleich hierzu sind die Produktionsanlagen für Biotreibstoffe nur auf einen Biotreibstoff konzentriert, z.B. Biodiesel, Bioethanol.

In der Bi Raffinerie werden biochemische und thermochemische Prozesse integriert und kombiniert.

Die optimale Integration von Öl- und Biomasse-Raffinationsprozessen ermöglicht es, dass einerseits die biochemischen Verfahren den Wasserstoff, sowie die Abwärme aus der Öl-Raffination nutzen und andererseits können die Biotreibstoff-Fractionen in der Öl-Raffination zu marktfähigen Biotreibstoffen verarbeitet werden.

Die optimale Integration von Bi Raffinerien in bestehende Produktionsanlagen der Papier- und Zellstoff-Industrie, sowie Zuckerfabriken ist auch eine Zukunftsoption, z.B. Vergasung der Ablauge in Zellstoffanlagen mit der Synthese von Biotreibstoffen und Chemikalien.

In der Bi Raffinerie können neben unterschiedlichen Biomassen und Öl auch Kohle, Erdgas und Biogas verarbeitet werden, um eine sehr hohe Rohstoff- und Produkt-Flexibilität zu haben, die rasche Reaktionen auf geänderte Marktbedingungen ermöglicht.

In Abbildung 3 ist ein Beispiel einer integrierten Bi Raffinerie dargestellt, in dem biochemische und thermochemische Umwandlungsprozesse kombiniert werden.



Abbildung 2: Beispiel eines integrierten Bi Raffinerie-Komplexes zu Verarbeitung unterschiedlicher Rohstoffe (EU 2006)

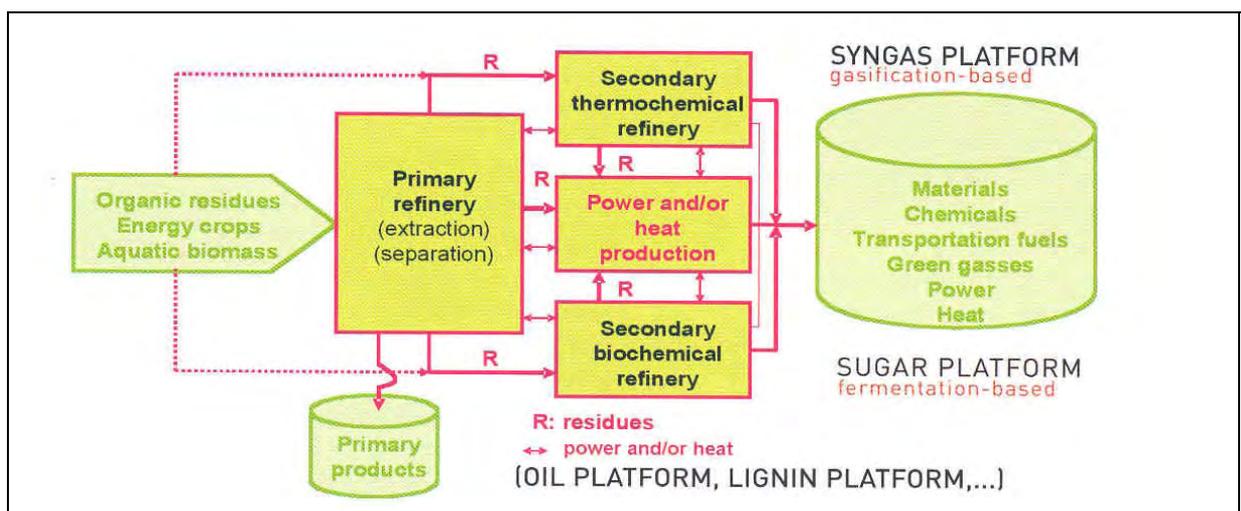


Abbildung 3: Bi Raffinerie mit der Integration von bio- und thermo-chemischen Prozessen zur Erreichung hoher Energieeffizienz bei der Verarbeitung unterschiedlicher Rohstoffe zu einer Bandbreite unterschiedlicher Produkte (EU 2006)

Derzeit werden Konzepte für Bioraffinerien entwickelt, wobei neben der technologischen Entwicklung einzelner Prozesse (z.B. Vergasung von Biomasse), insbesondere die optimierte Vernetzung der unterschiedlichen biochemischen und thermochemischen Verfahrensschritte untersucht wird. Derzeit werden unter anderem die folgenden vier Bioraffinerie Konzepte international erforscht:

1. „Die Bioraffinerie mit lignozellulosen Rohstoffen“, die erntefeuchte Rohmaterialien aus lignozellulosen Rohstoffen und Reststoffen nutzt.
2. „Die Ganzpflanzen Bioraffinerie“, die Ganzpflanzen von landwirtschaftlichen zucker- und stärkehaltigen Pflanzen nutzt.
3. „Die Grüne Bioraffinerie“, die feuchte Biomassen wie Gras, Klee und unreifes Getreide nutzt.
4. „Die Zwei Plattform-Bioraffinerie“, die die Zuckerplattform mit zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen mit der Synthesegas-Plattform aus lignozellulosen Rohstoffen kombiniert.

Diese verwendete Typologie der Bioraffinerien wurde in Anlehnung an B. Kamm 2005 erstellt.

Zusätzlich hat die Arbeit innerhalb der Task gezeigt, dass auch die Betrachtung von „konventioneller“ Bioraffinerie sinnvoll erscheint. Unter diesem Begriff wird innerhalb der Task 42 die Anlagerung eines neuen Koppelnutzungssystems an bestehende Industrieprozesse subsumiert. Als Beispiel könnte hier die zusätzliche Gewinnung von Produkten wie Essigsäure oder Xylose bei der Zellstoff- bzw. Papierproduktion (Lenzing AG) oder eine innovative Erweiterung der Prozesskette der Stärkeindustrie angeführt werden. Generell ist zu sagen, dass die Klassifizierung und Bezeichnungen, sowie Konzepte der einzelnen Bioraffinerietypen derzeit international diskutiert werden. Eine international anerkannte Typologie gibt es bisher nicht.

Die Kernfrage hierbei ist es, in welchem Ausmaß und mit welchen Technologien und Konzepten Biotreibstoffe und Chemierohstoffe in Bioraffinerien nachhaltig erzeugt werden können, und welche Forschungsaktivitäten hierfür kurz- und mittelfristig erforderlich sind.

Auf nationaler Ebene finden unter anderem in Österreich bis dato folgende für das Generalthema Bioraffinerie relevanten Vorarbeiten bzw. Technologieentwicklungen statt:

1. Entwicklung einer Prozesstechnologie zur Gewinnung von innovativen Produkten aus dem Rohstoff Gras (Projektbündel Österreichische „Grüne Bioraffinerie“ mit der Demoanlage in Oberösterreich)
2. Verfahrens-Entwicklung von synthetischen Biotreibstoffen (FT-Kraftstoff, SNG) und Chemierohstoffen aus Synthesegas der Holz-Vergasung, z.B. in Güssing
3. Entwicklung und erfolgreiche Implementierung einer Produktionsanlage zur Abtrennung von Essigsäure und Xylose als Beiprodukte der Zellstoffindustrie (Produktionsanlage der Lenzing AG in Lenzing)
4. Entwicklung von Expertise zur Umweltbewertung von integrierten Prozesstechnologien mittels Lebenszyklusanalyse (LCA), z.B. Bioethanol aus Weizen und Holz.
5. Bioraffinerien für Bioethanol aus Holz und Stroh, z.B. Machbarkeitsstudie für ein Holz-Biotreibstoff-Zentrum in der Steiermark.

### **1.3 Schwerpunkte und Fragestellungen**

Die Bioraffinerie ist ein Multi-Produkt-System: Es werden aus einem erneuerbaren (biogenen) Rohstoff mehrere Produkte – sowohl stoffliche sowie Energie – hergestellt. Dies erfolgt in einem Koppelproduktionsansatz, d.h. entlang einer integral verschalteten Prozessabfolge entstehen mehrere Produkte, wobei in der Regel ein „Abfallstrom“ eines

Produktionsprozesses der Ausgangsstoff für einen nachgeschalteten Prozess darstellt. Durch die meist serielle Verschaltung der Prozesse wird oft auch von einer kaskadischen Nutzung von Rohstoffen gesprochen.

Die Palette möglicher Produkte, welche in einer Bioraffinerie produziert werden ist groß (siehe Abbildung 4) und spannt sich von den Segmenten Lebensmittel, Futtermittel, Materialien und Werkstoffe, Bulk- oder Feinchemikalien bis zu Energie (Biofuels, Strom und Wärme etc).

Ein wesentliches Merkmal einer Bioraffinerie ist die gemeinsame Produktion von stofflichen und energetischen Produkten.

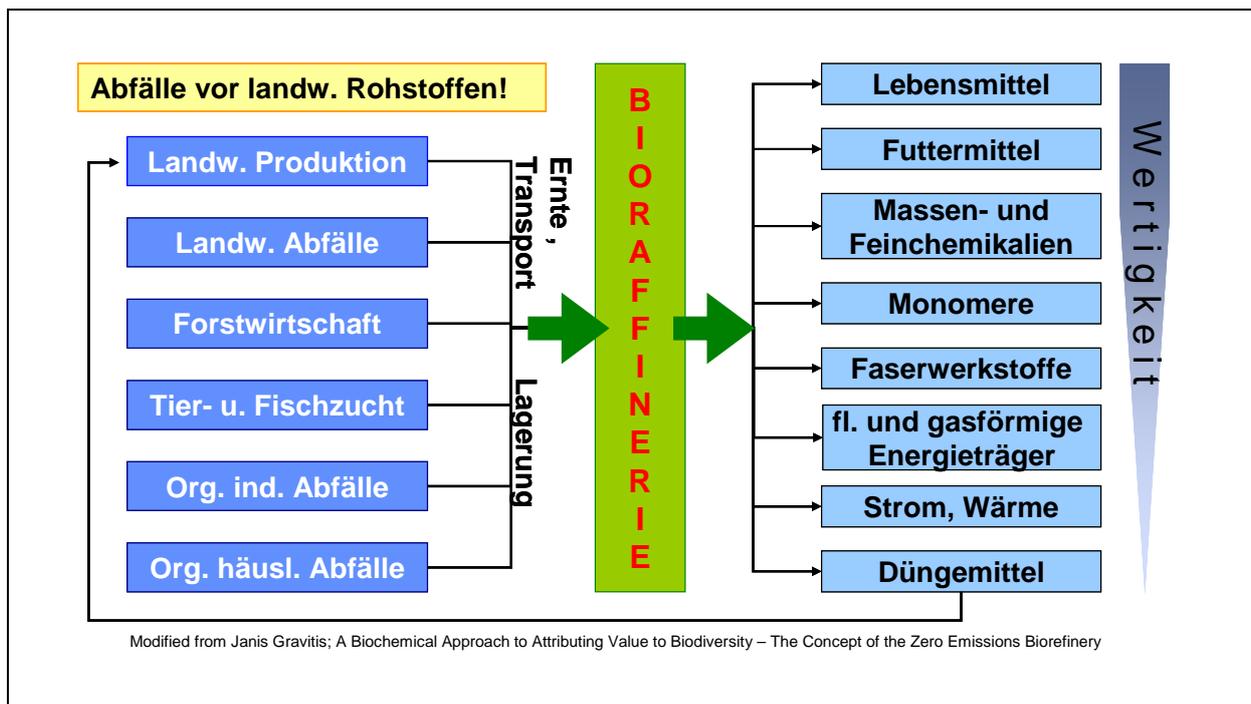


Abbildung 4: Übersicht von potentiellen Rohmaterialien und Produkten von Bioraffinerien

Die Herstellung von mehreren Produkten aus einem Rohstoff stellt an sich keine Innovation dar, sondern hat in vielen Produktionsprozessen, z.B. im Lebensmittelbereich, eine lange Tradition (z.B. Milchwirtschaft).

Die Innovation im Bereich Bioraffinerie liegt vielmehr in der Technologieverschaltung von Produktbereichen, welche bis vor einigen Jahren nicht üblich waren bzw. aufgrund fehlender Prozesstechnologien nicht realisierbar schienen.

Z.B. Integrale Produktion von Lebensmittel/ Chemieprodukt und Energieträger etc.

Die Entwicklung von Bioraffinerien bzw. geeigneten Prozesstechnologien waren im letzten Jahrzehnt primär von folgenden Motiven geleitet:

1. Herstellung eines Schlüsselprodukts und möglichst umfassende Verwertung der dabei entstehenden Begleit- bzw. Abfallstoffe, z.B. Bioethanol aus 1. Generation.
2. Entwicklung einer Verwertungskaskade für eine spezielle Ressource, welche als „freier“, somit verfügbarer Rohstoff für eine Wertschöpfung identifiziert wurde, z.B. Stroh bzw. Hemizellulose Reststoffe aus der Landwirtschaft, Bioethanol 2. Generation.
3. Entwicklung von Verwertungstechnologien für Rohstoffe, welche nicht in Konkurrenzsituation mit der Lebensmittelproduktion stehen, im ausreichenden Maße zur Verfügung stehen, und welche sich aufgrund der komplexen Zusammensetzung

für ein Multi-Produkt-System anbieten, z.B. Grüne Bioraffinerie- Verwertung von Gras.

4. Entwicklung von Technologien, die zu Zwischenprodukten führen, welche grundsätzlich zu mehreren Produkten(Gruppen) weiter veredelt werden können, z.B. Vergasung oder Pyrolyse (Syngas für FT-Synthese; Pyrolyseöl als Ausgangspunkt für Energie und Chemieprodukte...); Biotechnologische Prozesswege (z.B. Fermentation von org. Säuren (z.B. Milchsäure) die als Basischemikalien (building block) für die Herstellung von Chemieprodukten verwendet werden können.

Im Wesentlichen wurden bei der Entwicklung von Bioraffineriekonzepten bzw. -technologie zwei grundsätzlich verschiedene Grundprinzipien im Systemkonzept verfolgt:

1. Die Nutzung bzw. Abtrennung von Substanzen, welche von der Pflanze durch die Photosynthese gebildet wurden und deren selektive Weiterveredelung: z.B. biotechnologische Prozesswege (Nutzung von Zuckern (C6, C5), Abtrennung von Einzelsubstanzen (z.B. Milchsäure, Protein Aminosäuren, Stärken etc.)
2. Eine grundlegende „Zerlegung“ der Biomasse in interessante Moleküle und die weiterführende Synthese zu hochmolekularen Strukturen in Analogie zu fossilen Prozesswegen (Vergasung, Pyrolyse ...).

Derzeit gibt es schon einige „Bioraffinerien“ (z.B. Zucker und Bioethanol-Anlagen, Anlagen zur Erzeugung von Pflanzenöl und Biodiesel, Biodieselanlagen integriert in Erdöl-Raffinerien etc.), die das Rohstoffpotential für Chemie- und Wertstoffe als Koppelprodukte derzeit aus ökonomischen und technischen Gründen noch nicht ausschöpfen. Gerade hier setzt auch die Zielsetzung der Task 42 an, da es gilt, weitere innovative Möglichkeiten der Prozessintegration in Zukunft zu erforschen.

Insbesondere die Umwandlung von Zwischen- und Nebenprodukten wie auch Reststoffen in marktfähige Produkte, ist Schwerpunkt in zukünftigen Bioraffinerie-Konzepten. Die gleichzeitige Erzeugung (auch „Polygeneration“ in der BMVIT-Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ genannt) von Energieträgern (Treibstoffe, Strom, Wärme, Brennstoffe) wie auch Chemie-Rohstoffe (z.B. Grundchemikalien für die Synthese und hochwertige Spezialchemikalien) kann zukünftig wesentlich zu ökonomischen und nachhaltigen Bioraffinerieanlagen beitragen. Auch die Erzeugung spezieller Biotreibstoffe für bestimmte Fahrzeugflotten (z.B. in ökologisch besonders sensiblen Bereichen) muss untersucht werden. F&E-Aktivitäten sind notwendig, um optimale integrierte Bioraffinerie-Konzepte zu entwickeln und zu bewerten, sowie jene Prozess- und Technologieelemente zu identifizieren, die zukünftig eine wesentliche Schlüssel-Rolle in Bioraffinerien spielen könnten. Hierzu sind entsprechende Simulationstools zu entwickeln, die diese Evaluierung unterstützen können. Weiters müssen auch die Schnittstellen der Stoff-Flüsse in und aus der Bioraffinerie (z.B. für Rohstoffe und Zwischen- und Endprodukte) untersucht werden, um eine optimale Integration der Bioraffinerie in die bestehende Infrastruktur und Wirtschaftssysteme zu ermöglichen.

In aktuellen F&E-Ausschreibungen in Österreich (beispielsweise 3. bzw. 4. Ausschreibung Neue Energien 2020) werden unter anderem folgende F&E-Schwerpunkte in Österreich mit Bezug zu Bioraffinerien als Themen angeführt:

- Neue Systeme zur kombinierten energetischen und stofflichen Rohstoffnutzung
- Biogene Reststoffe als Rohstoffbasis
- Verbesserung der System-Ausbeute
- Spezifische Trenntechniken zur Verarbeitung biogener Rohstoffe
- Regionale Systeme zur Implementierung integrierter Rohstoffnutzung
- Innovative Verfahren mit möglichst breiten und branchenunabhängigen Einsatzpotenzialen

- Methoden der Behandlung von Biomasse zur Erhöhung der Energiedichte oder der Lagerfähigkeit (z. B. Torrefizierung, Zerkleinerung, Pelletierung, Silierung Trocknung, Lagerung)
- Verbesserung der Zellulose-Aufschlusstechnologien und Technologien zur Ligninnutzung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es sehr unterschiedliche Biotreibstoffe gibt, die durch unterschiedlichste Prozesse erzeugt werden können. Langfristig werden sich jene Bioraffinerie-Konzepte im Wettbewerb durchsetzen, die Biotreibstoffe mit hoher Versorgungssicherheit, hoher Ressourcen- und Energieeffizienz, geringen Umweltauswirkungen zu marktfähigen Kosten produzieren können. Dies wird jedoch nur möglich sein, wenn auch hochwertige Nebenprodukte gemeinsam mit Biotreibstoffen gewonnen werden können. Hierzu müssen einerseits die notwendigen technologischen, ökologischen, ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen der verschiedenen Bioraffineriekonzepte analysiert, bewertet und andererseits die dafür erforderlichen Technologien entwickelt und optimiert werden.

Diese wichtige Aufgabe, welche derzeit vor allem auf nationaler Akteurebene einzelner Länder passiert, möchte die IEA Bioenergy Task 42 auf internationaler Ebene vernetzen und dadurch auch zusätzliche Synergien sowie allg. fördernde Impulse generieren.

#### **1.4 Aufbau und Umfang der Task 42 Aktivitäten**

Die Arbeiten wurden in enger Kooperation mit der IEA Task 42 durchgeführt, wobei die folgenden zwei Arbeitsbereiche vorgesehen waren:

1. Informationsaustausch: Sammlung, Aufbereitung und Auswertung von Informationen in Österreich um eine industrieorientierte und zukunftsweisende Entwicklungsperspektive für Bioraffinerien aufzubauen.
2. Netzwerkaufbau: Aufbau eines internationalen Bioraffinerie Netzwerkes zwischen der Industrie, der Forschung und der Politik bzw. Verwaltung um einen internationalen Vernetzung zur Entwicklung mittel- und langfristiger gemeinsamer Perspektiven zu unterstützen.

Der Arbeitsbereich "Informationsaustausch" wird einen Abgleich und Austausch der unterschiedlichen Interessen und Informationen beinhalten, um die Zielsetzung der Zusammenarbeit an die Erwartungen bzw. Anforderungen an Bioraffinerien der unterschiedlichen Stakeholder – Industrie, Forschung, Verwaltung, Politik, NGO – bestmöglich zu entsprechen. Die wesentlichen Arbeiten werden die Sammlung, Aufbereitung und Auswertung von österreichischen Aktivitäten zu Bioraffinerien sein (z.B. Grüne Bioraffinerie, Transportation Biofuel Platform Austria), um die österreichischen Erfahrungen und Aktivitäten einzubringen und international bekannt zu machen.

Der Arbeitsbereich "Netzwerkaufbau" werden nationale Strukturen diskutiert und entwickelt, um die österreichischen Aktivitäten zu vernetzen und zu bündeln, um diese effizient in das international im Aufbau befindliche Biorefinery Netzwerk im Rahmen der IEA Task „Biorefineries“ einzubringen. Die Mitglieder des National Teams, die aus der Industrie, der Forschung und der Verwaltung kommen sind in Tabelle 1, Seite 12 angeführt. Es wird die schrittweise Erarbeitung österreichischer Perspektiven im internationalen Kontext zu möglichen Entwicklungen von Bioraffinerien eingeleitet. Hierbei wird die Identifizierung spezieller Bereiche mit hohem österreichischen Entwicklungspotential bzw. langfristigen Marktchancen im Vordergrund stehen. Diese sind insbesondere

- die Vergasung von Biomasse zu Produkt- und Synthesegas und deren Weiterverarbeitung zu Produkten,
- Grüne Bioraffinerie
- Bioethanol aus Holz und Stroh sowie deren Nebenprodukte aus Lignin

- Bioraffinerie in der Papier- und Zellstoff-Industrie

Eine wichtige Rolle werden dabei einerseits der für Österreich wichtige Rohstoff Holz und andererseits die vorhandene F&E-Kapazität und deren Weiterentwicklung spielen. Speziell Bioraffinerie-Konzepte zur Erzeugung von synthetischen Biotreibstoffen und Bioethanol aus Holz wie auch die grüne Bioraffinerie werden im Detail betrachtet, um mittel- und langfristige Einsatzpotentiale und österreichische Perspektiven aufzuzeigen.

Die einzelnen Aktivitäten sind folgende:

1. Identifizierung und Beschreibung österreichischer Aktivitäten zu Bioraffinerien nach den im Rahmen der IEA Task entwickelten Mapping-Strukturen (siehe Kapitel 4.3.5 und 4.3.6)
2. Beschreibung der ökonomischen und ökologischen Aspekte der Koproduktion von unterschiedlichen nachhaltigen Produkten in Bioraffinerien im Vergleich zur getrennten Erzeugung der Produkte in Einzelprozessen (siehe Kapitel 4.3.7)
3. Beschreibung der Koproduktion von Chemierohstoffen und Endenergieträgern in Bioraffinerien, wobei unter anderem speziell auf die vielversprechendsten bzw. interessantesten Chemierohstoffe sowie die Aspekte der Marktfähigkeit der unterschiedlichen Produkte eingegangen wird (siehe Kapitel 4.3.6.4)
4. Österreichische Beiträge zum Aufbau und der Etablierung einer Plattform mit den unterschiedlichen Stakeholdern, um die komplexen Aspekte von Bioraffinerie zu diskutieren (siehe Kapitel 5)
5. Beschreibung einer Übersicht zur Marktrelevanz, –akzeptanz und –bewertung von unterschiedlichen Bioraffinerie-Konzepten bei der Industrie, der Regierung bzw. Verwaltung sowie NGOs (siehe Kapitel 4.3)
6. Beschreibung der Auswirkungen von Bioraffinerien auf die ländliche Entwicklung und Arbeitsplatzeffekte (siehe Kapitel 4.3.6.5)
7. Beschreibung der Möglichkeiten der Errichtung von Bioraffinerie-Pilot- bzw. Demonstrationsanlagen an bestehenden Industriestandorten mit der Teilintegration von Material- und Energieflüssen in bestehende Produktionsprozesse im Vergleich zur Errichtung an einem neuen Standort (siehe Kapitel 4.3.4.2)
8. Zusammenarbeit mit laufenden nationalen und internationalen Aktivitäten z.B. European-based Technology Platforms, Specific Support Actions, Integrated Projects, Network-of-Excellence, Transportation Biofuel Platform Austria (siehe Kapitel 5)
9. Beiträge zum österreichischen und internationalen Informations-, Wissens- und Erfahrungsaustausch (siehe Kapitel 4.3.5, 4.3.8 und 5)

## 2 Übersicht über das Implementing Agreement

Österreich ist seit 1978 Mitglied im Bioenergy Implementing Agreement der Internationalen Energieagentur (IEA Bioenergy). Die Teilnahme an den einzelnen Arbeitsprogrammen (Tasks) wird vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) finanziert. Die Tasks, an denen verschiedene österreichische Forschungseinrichtungen teilnehmen, laufen meist über 3 Jahre. Die abgelaufene Periode ging vom 1.1.2007 bis 31.12.2009.

Die formale Grundlage für IEA Bioenergy ist das „Bioenergy Implementing Agreement“ der IEA (Version vom 13.10.2005). Aus dem „Strategic Plan 2003-2006“ gehen die Grundsätze von IEA Bioenergy hervor. Detailinformation hierüber sind in der IEA Homepage enthalten (<http://www.ieabioenergy.com>). Das Executive Committee (ExCo) von IEA Bioenergy wird von allen teilnehmenden Ländern und der Europäischen Kommission (derzeit 22 Teilnehmer) mit einem Vertreter bzw. dessen Stellvertreter (Österreich: J. Spitzer, M. Ammer) besetzt. Das Sekretariat wird von J. Tustin (Neuseeland) geführt. Allgemeine Informationen über die Arbeiten von IEA Bioenergy werden im „IEA Bioenergy Newsletter“ und den „Annual Reports“ vermittelt (siehe auch Kapitel Know-how-Transfer).

## 3 Ziele des Projektes

Die im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA) seit 1978 laufenden Forschungsarbeiten zum Thema Bioenergie werden auf der Basis einer „Durchführungsvereinbarung“ (Implementing Agreement) abgewickelt. Gegenwärtig haben 22 Mitgliedsländer der IEA (darunter Österreich) und die Europäische Kommission das „Implementing Agreement for a Programme of Research, Development and Demonstration on Bioenergy“ (IEA Bioenergy) unterschrieben (<http://www.ieabioenergy.com>).

Ziel des gegenständlichen Projektes ist es, in der Arbeitsperiode 2007-2009 von IEA Bioenergy die Beiträge Österreichs mit dem BMVIT inhaltlich abzustimmen, aktiv in dieser Task 42 „Biorefinery“ mitzuarbeiten und die Gesamtkoordination der österreichischen Beteiligung an dieser Task wahrzunehmen, sowie der österreichische Informationsaustausch und die Vernetzung der Aktivitäten im Bereich Bioraffinerie.

Die Arbeiten werden in enger Kooperation mit der IEA Task durchgeführt, wobei die folgenden zwei Arbeitsbereiche vorgesehen sind:

1. Informationsaustausch: Sammlung, Aufbereitung und Auswertung von Informationen in Österreich um eine industrieorientierte und zukunftsweisende Entwicklungsperspektive für Bioraffinerien aufzubauen.
2. Netzwerkaufbau: Aufbau eines internationalen Bioraffinerie Netzwerkes zwischen der Industrie, der Forschung und der Politik bzw. Verwaltung um eine internationale Vernetzung zur Entwicklung mittel- und langfristiger gemeinsamer Perspektiven zu unterstützen.

Der Arbeitsbereich „Informationsaustausch“ wird einen Abgleich und Austausch der unterschiedlichen Interessen beinhalten, um die Zielsetzung der Zusammenarbeit an die Erwartungen bzw. Anforderungen an Bioraffinerien der unterschiedlichen Stakeholder – Industrie, Forschung, Verwaltung, Politik, NGO – bestmöglich zu entsprechen. Die wesentlichen Arbeiten werden sich auf die Sammlung, Aufbereitung und Auswertung von österreichischen Aktivitäten zu Bioraffinerien erstrecken (z.B. Grüne Bioraffinerie, Transportation Biofuel Platform Austria), um die österreichischen Erfahrungen und Aktivitäten einzubringen und international bekannt zu machen.

Der Arbeitsbereich „Netzwerkaufbau“ wird nationale Strukturen diskutieren und entwickeln, um die österreichischen Aktivitäten zu vernetzen und zu bündeln, um diese effizient in das international im Aufbau befindliche Biorefinery Netzwerk im Rahmen der IEA Task

Biorefinery einzubringen. Es wird die schrittweise Erarbeitung österreichischer Perspektiven im internationalen Kontext zu möglichen Entwicklungen von Bioraffinerien eingeleitet. Hierbei wird die Identifizierung spezieller Bereiche mit hohem österreichischen Entwicklungspotential bzw. langfristigen Marktchancen im Vordergrund stehen. Eine wichtige Rolle werden dabei einerseits der für Österreich wichtige Rohstoff Holz und andererseits die vorhandene F&E-Kapazität und deren Weiterentwicklung spielen. Speziell Bioraffinerie-Konzepte zur Erzeugung von synthetischen Biotreibstoffen und Bioethanol aus Holz wie auch die Grüne Bioraffinerie werden im Detail betrachtet, um mittel- und langfristige Einsatzpotentiale und österreichische Perspektiven aufzuzeigen.

## 4 Inhalte und Ergebnisse des Projektes

### 4.1 Überblick und Organisation der Task 42

In der Arbeitsperiode 2007-2009 nehmen insgesamt 7 Staaten und die Europäische Kommission an der Task 42 „Biorefineries - Co-production of Fuels, Chemicals, Power, and Materials from Biomass“ teil. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die Task:

Teilnehmer (9):	Dänemark, Deutschland, Frankreich, Kanada, Niederlande, Österreich, Irland, Australien, Italien und die Europäische Kommission
Task-Leiter:	Ed de Jong, Avantium Technologies, Niederlande
Task Co-leader:	Rene van Ree, WUR, Wageningen, Niederlande
Österreichischer Teilnehmer:	Gerfried Jungmeier, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung Michael Mandl, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme Hermann Hofbauer, Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften Josef Spitzer, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung

Task-Homepage: <http://www.biorefinery.nl/iea-task-42/>

Der Koordinator der österreichischen Projekte in IEA Bioenergy, Joanneum Research, sammelt die Informationen und Studien aus den einzelnen Tasks, leitet diese an die Interessenten weiter und verschickt diese auch auf Anfrage. Die Informationen und Unterlagen aus den regelmäßigen Meetings (zweimal pro Jahr) des Executive Committees (ExCo) werden den Task-Teilnehmern und Interessenten zur Verfügung gestellt. Eine Zusammenfassung der die österreichischen Tasks betreffenden Inhalte aus den ExCo-Sitzungen wird unmittelbar nach der Sitzung erstellt und an die österreichischen Task-Teilnehmer übermittelt. In den regelmäßigen Veranstaltungen „IEA Netzwerktreffen“ und „Highlights der Bioenergieforschung“ wird über Neuigkeiten in IEA Bioenergy und die österreichische Beteiligung informiert (siehe auch Kapitel 5: Know-how-Transfer).

## 4.2 Beschreibung der Kooperation

### 4.2.1 Teilnahme an den Task-Meetings und Task-Workshops

Die IEA Task 42 „Biorefinery“ ist am 1.1.2007 begonnen worden und wurde am 31.12. 2009 beendet. Plangemäß gab es zwei Task Meetings pro Jahr:

- 15. – 16. März 2007, Brüssel, Belgien
- 04. – 05. Oktober 2007, Wien, Österreich
- 24. – 25. März 2008, Kopenhagen, Dänemark
- 17. – 19. September 2008, Edmonton, Kanada
- 25. – 26. März 2009, Dublin, Irland
- 15. – 17. September 2009, Worms, Deutschland

Ein IEA Task 42 Workshop wurde am 4. Oktober 2007 in Wien, Österreich, abgehalten. Hierzu wurden alle in Österreich relevanten Akteure kontaktiert, ob Sie Interesse haben, im Österreichischen Team zur IEA Task 42 mitzuarbeiten. Ziel dieses Workshops war es, die österreichischen Aktivitäten im Bereich Bioraffinerie darzustellen, mit den internationalen Experten der IEA Task 42 zu diskutieren und zukünftige Perspektiven zu entwickeln.

Das Meeting in Kopenhagen ist mit einer COST Konferenz („First European workshop on biotechnology for lignocellulose biorefinery“) verbunden worden und das Meeting in Edmonton umfaßte einen National Workshop der Canadischen Partner über „Integration of lignocellulose feedstock and technologies into the hydrocarbon value chain“.

### 4.2.2 Österreichische Arbeiten in der Task 42

Ausgehend von den Arbeiten zum Aufbau der „Transportation Biofuel Platform Austria“ im Rahmen des BMVIT-Projektes „F&E-Strategie für Biotreibstoffe – Aufbau einer Biotreibstoff-Plattform“ werden jene F&E-Institutionen, Firmen- und Industriepartner identifiziert, die in die Aktivitäten im Rahmen der österreichischen Mitarbeit IEA Task „Biorefineries“ eingebunden werden. Darüber hinaus werden auch jene Informations- und Vernetzungsaktivitäten, die bisher im Rahmen der österreichischen Mitarbeit bei IEA Bioenergy Tasks stattgefunden haben, durch die IEA Task „Biorefineries“ ergänzt, z.B. in einem jährlichen Workshop bzw. in Form eines Informationstages. Damit ist sichergestellt, dass österreichische Beiträge gesammelt und in die IEA Task „Biorefineries“ eingebracht werden können, sowie Ergebnisse und Aktivitäten aus der Task „Biorefineries“ den österreichischen Akteuren bekannt gemacht werden. In Tabelle 1, Seite 12 sind die Mitglieder des National Teams angeführt, die regelmäßig über die Aktivitäten und den Fortschritt der Task 42 informiert wurden.

Im Rahmen von zwei Workshops in Österreich von Task 38 und Task 39 wurden Vorträge zu den Aktivitäten der Task 42 gehalten, um die Information zu Task 42 bekannt zu machen und mit den Aktivitäten der anderen IEA Bioenergy Tasks abzustimmen bzw. zu vernetzen.

Im Zusammenhang mit den bereits vorweg beschriebenen 4 Konzepten von Bioraffinerien (siehe Seite 4) - „Die Bioraffinerie mit lignozellulosen Rohstoffen“, „Die Ganzpflanzen Bioraffinerie“, „Die Grüne Bioraffinerie“, „Die Zwei Plattform-Bioraffinerie“ - wurden auf der technologischen Ebene die Erfahrungen bzw. Entwicklungsstand der in Österreich in Entwicklung befindlichen Bioraffineriekonzepte in die internationale Diskussion und Vernetzungsebenen der IEA Bioenergy eingebracht.

**Tabelle 1: Mitglieder des National Teams**

Vorname	Nachname	Firma	Ort
Thomas	Hilber	BDI Anlagenbau Ges.m.b.H.	Grambach/Graz
Werner	Ahrer	PROFACTOR Produktionsforschungs GmbH	Steyr-Gleink
Josef	Merkel	AGRANA Zucker GmbH	Tulln
Kurt	Messner	TU-Wien	Getreidemarkt 9
Rebernik	Bernhard	Anditz AG	Graz
Sophie	Weiler	TU-Wien, EEG	Wien
Kurt	Könighofer	JOANNEUM RESEARCH	Graz
Michael	Mandl	JOANNEUM RESEARCH	Graz
Francesco	Cherubini	JOANNEUM RESEARCH	Graz
Josef	Spitzer	JOANNEUM RESEARCH	Graz
Angelika	Lingitz	JOANNEUM RESEARCH	Graz
Ingwald	Obernberger	BIOS Bioenergiesysteme GmbH	Graz
Hermann	Hofbauer	TU Wien	Wien
Thomas	Amon	Universität für Bodenkultur Wien	Wien
DI Indinger	Andreas	Austrian Energy Agency	Wien
Sabine	List	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie	Wien
Steiner	Eva	VOGELBUSCH GmbH	Wien
Horst	Steinmüller	Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz	Linz
DI Herbert	Tretter	Austrian Energy Agency	Wien
Heinrich	Wilk	Energie AG Oberösterreich Kraftwerke GmbH	Linz
Andreas	Windsperger	Institut für Industrielle Ökologie	St. Pölten
Hedda	Weber	Kompetenzzentrum Holz GmbH	Lenzing
DORDA	Andreas	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie	Wien
Dietmar	Grüll	Zuckerforschung Tulln Gesellschft m.b.H.	Tulln
Eduard	Taufrazthofer	Zuckerforschung Tulln Gesellschft m.b.H.	Tulln
Anton	Friedl	Technische Universität Wien	Wien
Martin	Greimel	FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier	Wien
Christoph	Herwig	TU Wien	Wien
Roland	Kirchmayr	IFA-Tulln	Tulln
Lukas	Kranzl	TU-Wien	Wien
Peter Christian	Kubicek	TU Wien	Wien
Robert	Mach	TU Wien	Wien
Markus	NEUREITER	Universität für Bodenkultur Wien	Tulln
Robert	Hinterberger	NEW ENERGY Capital Invest GmbH	Wien
Monika	Schmoll	TU Wien	Wien
Hans	Schnitzer	TU Graz	Graz
Hans-Guenther	SCHWARZ	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie	Wien
Christina	STADLBAUER	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie	Wien
Bernhard	Seiboth	TU Wien	Wien
Siegfried	Loicht	FFG - Oesterreichische Forschungsfoerderungsgesellschaft mbH	Wien
Philipp	Späth	IFZ - Interuniversitaeres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur	Graz
Ewald	Srebotnik	TU Wien	Wien
Klaus	Supancic	BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH	Graz
Dina	Bacovsky	BIOENERGY 2020+ GmbH	Wieselburg
Theodor	Zillner	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie	Wien
Manfred	Wörgetter	HBLuFA Francisco Josephinum	Wieselburg/Erlauf
Martina	Ammer	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie	Wien
Timmel	Thomas	Austro Papier	Wien
Reinhard	Rauch	TU Wien	Wien
Werner	Ahrer	Profactor	Steyr
Reiter	Manfred	Profactor	Steyr
Bochmann	Günther	IFA Tulln	Tulln
Kurt	Pollak	OMV Future Energy Fund GmbH	Wien

Im Bereich der Technologieentwicklung seien auf in diesem Zusammenhang folgende nationale F&E Aktivitäten auf der Prozessebene erwähnt, die auch international als relevant und federführend wahrgenommen werden:

1. *Synthetische Biotreibstoffe und Chemikalien aus Synthesegas*: Gewinnung von Biotreibstoffen wie FT-Treibstoffen (Fischer-Tropsch-Treibstoffen), Bio-SNG (Synthetic Natural Gas) sowie Chemikalien wie Methanol mittels Syntheseprozesse aus Waldhackgut
2. *Grüne Bioraffinerie*: Technologieentwicklung für ein innovatives Verwertungskonzept für den Rohstoff Gras (Pilotanlage in Betrieb)
3. Gewinnung von *Beiprodukten bei der Zellstoffproduktion* (innerbetriebliche Entwicklung der Lenzing AG)

Weiters werden Konzepte und Methoden entwickelt, um die Umweltauswirkungen auf Basis von Lebenszyklusanalysen von Bioraffinerien zu bewerten.

Ein Schwerpunkt der österreichischen Mitarbeit ist auch die Erstellung einer einheitlichen Klassifikationsmethode zur Beschreibung der unterschiedlichen Bioraffinerie-Systeme und

Konzepte. Hierbei wird besonders auf die Randbedingungen und Interessenslagen der Task 42 sowie von IEA Bioenergy generell besonders Bezug genommen. Dies bedeutet vor allem, dass der Schwerpunkt der Task 42 auf Bioraffinerie-Konzepten und –Systemen liegt, die vor allem Biotreibstoffe für den Transportsektor bereitstellen können, die aber in Koppelproduktion mit anderen Energieträgern und Chemikalien bzw. Materialien erzeugt werden.

Neben der grundsätzlichen Ausrichtung der in Österreich vorhandenen Industrien bzw. Rohstoffsituation wurden folgende Prozesstechnologien und Forschungsansätze im Bioraffineriereport herausgearbeitet und als Schwerpunktsthemen in die Diskussion eingebracht:

- Klassifizierung von Bioraffinerie-Konzepten
- Synthesegas-Plattform einer Bioraffinerie
- Zucker-Plattform einer Bioraffinerie
- Biogasplattform einer Bioraffinerie
- Grüne Bioraffinerie
- Beiprodukte der Zellstofferzeugung
- Umweltbewertung mit Lebenszyklusanalysen

Im Folgenden werden die österreichischen Beiträge bzw. Ergebnisse in der Task 42 dargestellt.

### **4.3 Ergebnisse mit österreichischen Beiträgen**

#### *4.3.1 Übersicht*

Die Schwerpunkte der österreichischen Beiträge zu den Aktivitäten der Task 42 waren:

1. Definition Bioraffinerie,
2. Zusammenfassung der Country Reports der Ländern der Task 42,
3. Klassifikation von Bioraffinerie-Systemen,
4. Beiträge zur Broschüre der Task 42,
5. Die Grüne Bioraffinerie Österreich,
6. ökologischen Aspekte von Bioraffinerie-Systemen und
7. Vorträge beim Bioraffinerie-Trainingskurs.

Diese Beiträge werden im Folgenden beschrieben.

#### *4.3.2 Definition Bioraffinerie*

In Abbildung 5, Seite 15 ist das Schema einer Bioraffinerie dargestellt, das die Grundlage für die Definition einer Bioraffinerie bildet. In Abbildung 6, Seite 15 ist die Definition einer Bioraffinerie dargestellt, wie sie in der IEA Bioenergy Task 42 erarbeitet wurde und allen Arbeiten zu Grunde gelegt wurde.

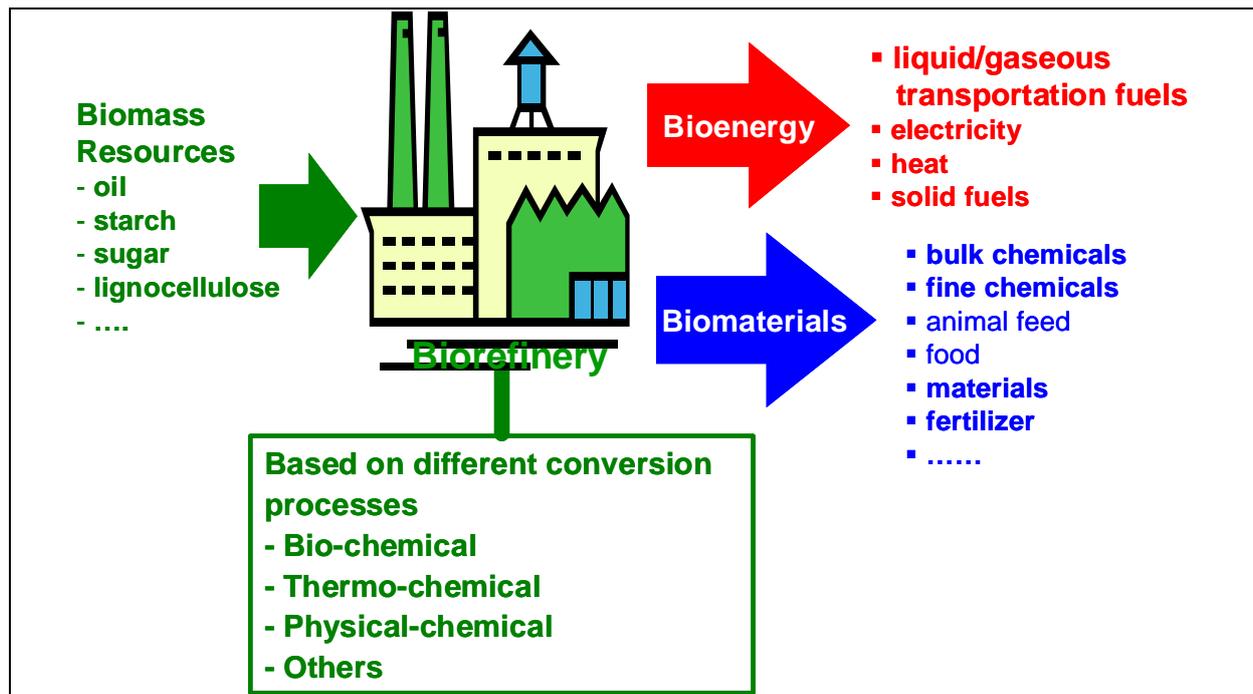


Abbildung 5: Die Biorefinerie zur gekoppelten Erzeugung von Bioenergieträgern (insbesondere Biotreibstoffen) sowie Biomaterialien und Biochemikalien

**“Biorefinery is the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable products”**

- **Biorefinery:** concepts, facilities, processes, clusters of industries
- **Sustainable:** maximising economics, - social aspects, minimising environmental impacts, fossil fuel replacement, closed cycles
- **Processing:** upstream processing, transformation, fractionation, thermo-chemical and biochemical conversion, extraction, separation, downstream processing
- **Biomass:** wood & agricultural crops, organic residues, forest residues, aquatic biomass
- **Spectrum:** multiple energetic and non-energetic products
- **Marketable:** Present and forecasted (volume and prices)
- **Products:** both intermediates and final products (i.e. food, feed, materials, chemicals, fuels, power, heat)

Abbildung 6: Definition „Biorefinerie“ in der IEA Bioenergy Task 42

#### 4.3.3 Bericht über Country Reports

Die österreichische Teilnahme hat auch den Task Leader unterstützt, die einzelnen Länderberichte („Country Reports“) zusammenzufassen und in einer einheitlichen Form darzustellen (Cherubini et al. 2008). Die Daten für den österreichischen Teil wurden für die in der Task gemeinsam entwickelte Struktur gesammelt.

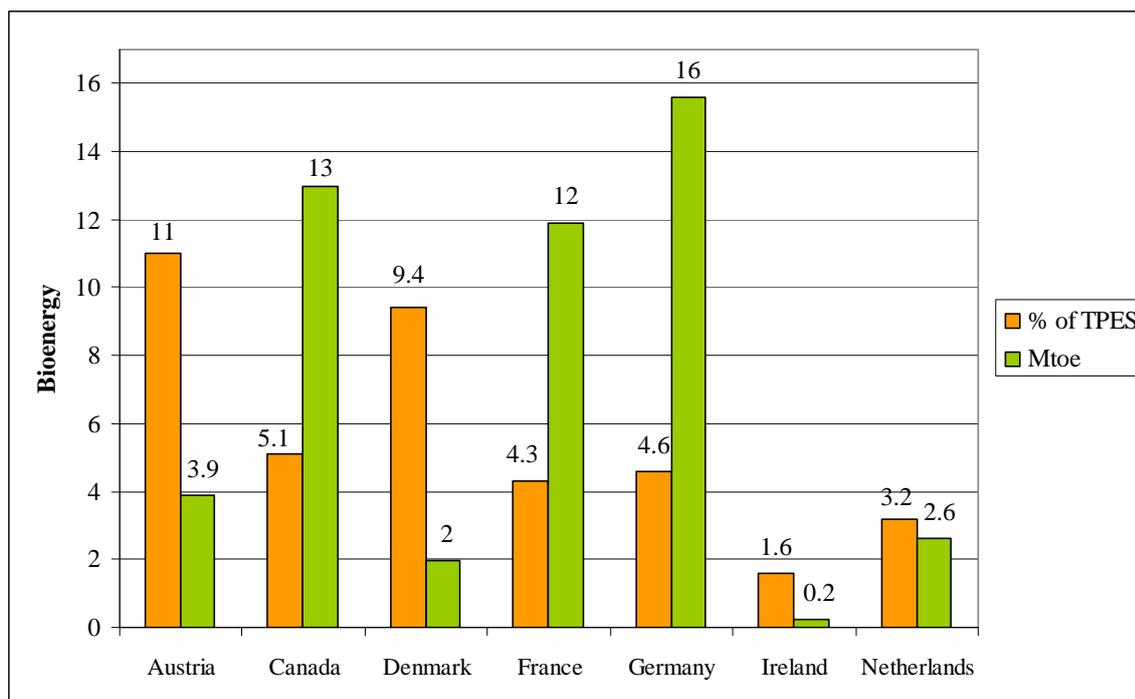
Der Report liefert einen Überblick über Biomasse- und Bioenergie-Nutzung und deren Perspektiven in den Ländern der Task 42. Der vollständige Report ist im [Anhang A](#)

nachzulesen, in dem auch die die folgenden Tabellen und Abbildungen im Detail behandelt bzw. interpretiert werden. Der Inhalt ist folgend gegliedert:

- Charakteristik der Länder mit Informationen zu Landesgröße, Bevölkerung, Flächennutzung (Tabelle 2).
- Nationaler Bioenergieeinsatz (Abbildung 7, Seite 16),  
Österreich hat von den teilnehmenden Ländern den höchsten prozentuellen Anteil von Bioenergie am Endenergiebedarf.
- Daten über den nicht energetischen Biomasseeinsatz, z.B. Papierproduktion, Holzprodukte, landwirtschaftliche Produktion (Tabelle 3, Seite 16).  
Holz-Biomasse wird in Österreich und in Dänemark in großen Mengen in der Papierindustrie und für die Erzeugung von Holzfaserplatten eingesetzt.
- Politische Zielsetzungen: z.B. Mengenziele, Anteil Biotreibstoffe, Anteil Strom aus Biomasse,
- Beschreibung der Produktionscharakteristiken der Erdöl-Raffination mit Daten zu den Erdölprodukten, sowie Treibstoffbedarf (Tabelle 4, Seite 16; Abbildung 8, Seite 17).  
In Österreich wird wie in Frankreich und Deutschland bedeutend mehr Dieselmotorkraftstoff als Benzin im Verkehrssektor eingesetzt. Dies zeigt sich auch in der Erzeugung in den Öl-Raffinerien.
- Produktion und Anlagenkapazität von Bioethanol, Biodiesel und Biogas (Tabelle 5, Seite 18).
- Informationen über die bereits vorhandenen Strukturen für Bioraffinerien (Tabelle 6, Seite 19).
- Nationales F&E-Tätigkeiten z.B. Pilot- und Demoplanen, (Tabelle 7, Seite 20).
- Relevante Stakeholder Gruppen.

Tabelle 2: Kennzeichen der teilnehmenden Länder

	<b>Total area</b>	<b>Population</b>	<b>Utilized Agricultural area</b>	<b>Forest land</b>
	[10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> ]	[10 <sup>6</sup> ]	[10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> ]	[10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> ]
<b>Austria</b>	83.9	8.27	33.7	32.0
<b>Canada</b>	9985	31.6	675	4021
<b>Denmark</b>	43.1	5.43	26.4	5.35
<b>France</b>	544	61.9	294	155
<b>Germany</b>	357	82.4	170	111
<b>Ireland</b>	70.3	4.21	43.7	7
<b>The Netherlands</b>	41.5	16.3	19.2	3.49



TPES ... Total Primary Energy Supply (Primärenergieeinsatz)

Mtoe ... Million tons of oil equivalent (Millionen Tonnen Öläquivalent)

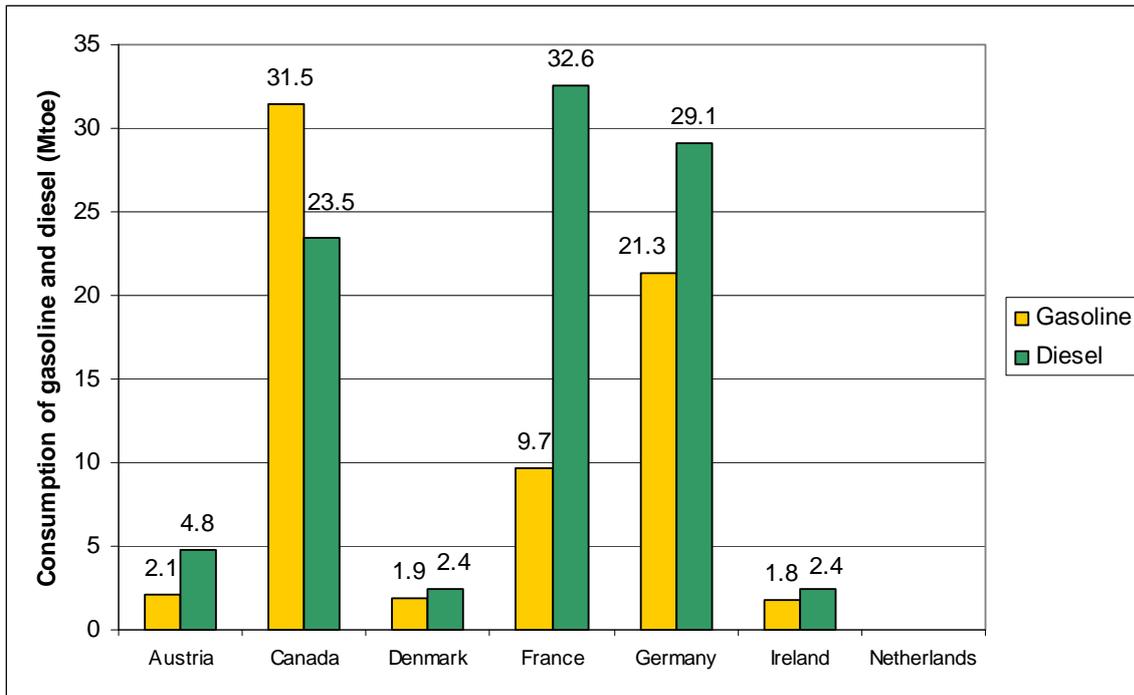
**Abbildung 7:** Bioenergie in den teilnehmenden Ländern (2005)

**Tabelle 3:** Biomasseproduktion in den teilnehmenden Ländern für stoffliche Anwendungen

Country	Unit/a	Austria	Canada	Denmark	France	Germany	Ireland	Netherlands
Wood for particle boards	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4.1	12.4	n.a	5.8	17.4	0.91	0.015
Wood for pulp & paper	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	7.3	111	n.a	8.4	9.8	n.a	n.a..
Wastes from pulp and paper	10 <sup>3</sup> ton	1.35	n.a.	n.a	n.a	n.a	n.a.	n.a
Cereal production	10 <sup>6</sup> ton	4.46	47.8	8.22	59.3	42.3	2.0	1.3
Sugar production	10 <sup>6</sup> ton	0.46	0.87	2.26	4.14	3.9	n.a	0.76
Starch production	10 <sup>6</sup> ton	n.a.	n.a.	1.70	2.91	1.51	0.40	0.4
Oilseed production	10 <sup>6</sup> ton	0.29	12.1	0.59	6.1	5.6	0.02	0.0078

**Tabelle 4:** Kennzeichen der Öl-Raffinerien in den teilnehmenden Ländern

Oil product (Mtoe/a)	Austria	Canada	Denmark	France	Germany	Ireland	Netherlands
Diesel	3.5	25	3.36	20.7	29.0	1.10	14.4
Gasoline	1.7	33	2.08	15.8	21.3	0.68	10.7
Heavy oil	1.0	9	1.43	7.6	6.1	0.95	13.6
Jet Kerosene	0.5	15	-	5.9	8.8	-	6.7
Other (mainly light oil)	0.1	-	0.63	28.6	36.6	0.24	45.4
Total	6.8	83	7.50	78.5	101.8	2.97	88.9
Reference year	2005	2007	2006	2006	2007	2005	2007
Number of refineries	2	18	2	13	14	1	5



**Abbildung 8:** Treibstoffbedarf in den teilnehmenden Länder (keine Daten von Holland verfügbar)

Tabelle 5: Biotreibstoffproduktionsanlagen in den teilnehmenden Ländern

Country	Year	Production	Estimated capacity	Feedstock	Number of plants	Application
<b>Austria</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	442	1,248	Waste, animal fat and plant oil	18	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	15.0	15.0	Wheat, corn, sugar beet	1	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2007	118	n.a.	Manure, corn	332	Electricity/heat, Tr. Fuel
<b>Canada</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	n/a	92.4	Tallow, Canola, Yellow Grease	8	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	646	684	Corn and wheat	10	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2007	488	n.a.	Landfill gas, sewage, manure	110	Electricity/heat
<b>Denmark</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	98.0	130	Rapeseed, animal waste	2	Exported
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2007	93.5	n.a.	Manure, slaughterhouse	51	Electricity/heat
<b>France</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	1,300	n.a.	Rapeseed and sunflower	18	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	426	n.a.	Sugar beet, wheat	18	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2007	55	n.a.	Landfill, sewage	200	Electricity/heat, Tr. Fuel
<b>Germany</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	2,900	5,010	Rapeseed, soya and palm oil	n.a.	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	357	766	Sugar beet, wheat, molasses	7	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2006	1,923	1300Mw <sub>e,h</sub>	Landfill, sewage, starch	3500	Tr. fuel, Electricity/heat
<b>Ireland</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2006	4.00	n.a.	RVO, Rapeseed Soya	7	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2006	34.7	n.a.	Landfill, sewage, starch	n.a.	Electricity/heat
<b>Netherlands*</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	0.253	1.5-4.5	Waste fats/oils, rapeseed	10**	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	0.132	0.5	Sugar beet, molasses	3**	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2008	-	100 Mm <sup>3</sup>	Landfill, sewage, starch	>	CHP, transport

\* In the NL the current (2008) known biodiesel production capacity is about 750 - 1500 ktonnes/year. Additional production capacity of about 1500 ktonnes per year is in the start-up phase; whereas another 1500 ktonnes/year initiatives is in the idea phase [info SenterNovem GAVE website, December 2008]. For the time being there is only little production capacity available to produce bioethanol for transport purposes; however, there exists a production capacity of about 755 ktonnes ETBE. There is a bioethanol production capacity in the start-up and idea phase of about 750 MI. Besides biodiesel, bioethanol and biogas, there are some small-scale PPO production facilities, and an 800 ktonnes/year biomethanol production facility. \*\* Only running plants, and start-up initiatives, being taken into account.

**Tabelle 6: Bestehende bioraffinerien und interessante Biomasse-Industrie**

Country	Feedstock	Products	Description
<b>Austria</b>			
Lenzing AG	Fibre and pulp	Furfural, acetic acid, sodium sulfate, potassium-lignin-sulfate	Separation of chemicals as a co-product of fibre and pulp processes. CHP from lignin
Danisco	Wastewater of pulp and paper industry	Xylose	Separation of xylose out of wastewater
<b>Canada</b>			
Ensyn	Agricultural and wood residues	Bio-oil, charcoal, food flavors, adhesive resins, green gasoline, diesel and jet fuels.	Rapid pyrolysis produces bio-oil for power generation, renewable transportation fuels and a range of chemicals.
Tembec	Pulp mill biomass	Ethanol, acetic acid, phenol-formaldehyde resins and lignosulfonates	Conversion of cellulose wastes to ethanol and fine chemicals
Dynamotive	Waste sawdust / recycled lumber	Bio-oil, char	Rapid pyrolysis to produce bio oil and char
Nexterra/Tolko	Wood residue	Heat energy	Gasification to syngas
<b>Denmark</b>			
Agroferm	Green juices	Lysin for animal feed	Production of lysin for animal feed by fermentation of green juices from green pellet production
Dangront	Grasses	Green pellets and green juices	Production of green pellets and juices from grasses
<b>France</b>			
Novance	Vegetable oil	Oleochemistry for non-food markets	Production of solvents, lubricants, biodiesel, resins
DRT	Terpen, resins	chemicals from paper and pulp industry by-products	Resin, gum rosin, resin, fine chemicals, tall oil derivatives, surfactants
Roquette	Wheat, potato, maize, pea	Starch, food, feed, bulk and fine chemicals, succinic acid, ethanol...	Physical, chemical and fermentation processes
ARD, Cristal Union, Chamtor	Wheat, sugar beet,	Food, feed, ethanol, succinic acid, cosmetics, electricity	Physical, chemical and fermentation processes
Tembec, Smurfit...	Wood	Cellulose, paper, tall oil, lignosulfonates, electricity, steam	Production of products and energy
<b>Germany</b>			
Südzucker	Sugar, grain	Sugar, palatinose, food additives, feed, ethanol biogas, electricity	Logistics, sugar/starch-refinery, palatinose plant, CropEnergy for Ethanol and Byproducts
Zellstoff Stendal	Wood	Cellulose, paper, tall oil, MeOH, turpentine, electricity, steam	Production of products and energy from wood by cooking, bleaching, drying, power plant waste water treatment
Biowert	Grass	Biogas, insulation material, biocomposites	Production of fibres and juice from grasses
CropEnergies	Sugar, grain	Ethanol, DGGS, electricity	See Südzucker
<b>Ireland</b>			
none operational			
<b>Netherlands</b>			
Bio MCN	Glycerin	Methanol	Upgrading of the biodiesel byproduct glycerin to biomethanol for transport
BioValue			
Vierhouten Vet	Waste oils/fats	Biodiesel	Waste plant oils and animal fats used in the food industry are upgraded to biodiesel
Ecoson/Vion	Waste meat industry	Biogas, CHP, Biodiesel	Integrated production of biogas, fats and biodiesel from meat waste
BioValue	Waste oils/fats	Biodiesel, fuel additives	Integrated production of biodiesel, and fuel additives from glycerin fraction
Ten Kate Vetten	Raw animal fats	Consumable fats, aromas & flavours, gelatine, CHP	Integrated production of food and CHP
Food industry	Various	various	Various

**Tabelle 7: Bioraffinerie-Pilotanlagen (Auszug)**

Country	Feedstock	Products	Description	Status
<b>Austria</b>				
Güssing	Lignocellulose	SNG and FT-fuels	Gasification of forest wood chips and conversion to FT-fuels	Pilot plant
Utzenaich	Grass silage	Amino acids, lactic acid, biogas	Green biorefinery: production of amino acids, lactic acid and biogas from grasses	Pilot plant
Hartberg	Grass silage	Amino acids, lactic acid, biogas, fiber boards	Green biorefinery: production of amino acids, lactic acid, biogas and fiber boards from grasses	Pilot plant
<b>Canada</b>				
IMUS, Vegreville, AB	Manure for biogas; wheat for ethanol and DDGS	Biogas, electricity, fertilizers, ethanol and DDGS	Hydrolysis & fermentation of wheat into ethanol & DDGS fed to cattle producing manure; anaerobic digestion of manure	Pilot plant
Iogen, Ottawa, ON and Saskatchewan	Straw	Cellulosic ethanol, byproducts: lignin, power	Fractionation, enzymatic hydrolysis & ethanol fermentation; ON: 40kt→2.5ML SK: 750kt→90ML	Pilot plant
Enerkem and Greenfield Ethanol	Selected Municipal Solid Waste	Alcohols	Gasification & catalytic synthesis of alcohols; 36 ML ethanol from 100 kt MSW	Pilot plant
Enerkem and industry partners	Utility poles, forest residues, selected MSW	Alcohols	Gasification & catalytic synthesis of alcohol fuels; 50 ML/a, 8.2 M\$	Under development
Enerkem, Kruger, CRB, and University of Sherbrooke's	Forest & agricultural residues	Pentose derivatives, lignin derivatives & cellulosic fibre pulp or ethanol	Deconstructing & disaggregation of the lignocellulosic matrix, fractionation & depolymerization of the constitutive fractions ("FIRST")	Pilot plant
Sun Opta	Wheat straw, oat hulls and wood chips	Cellulosic ethanol and butanol, Xylitol and fibre	Pretreatment of biomass for subsequent enzymatic hydrolysis to produce fermentable sugars.	Pilot plant
Advanced Biorefinery Inc.	Wood residues and animal manure	Bio-oil and charcoal, wood alcohol, acetone and acetic acid	Rapid pyrolysis to produce charcoal and bio oil, chemicals.	Pilot plant
NovaGreen	Straw, wood chips and agricultural residues	Cellulosic ethanol, xylitol, lignin	Steam explosion and fermentation technology to produce cellulosic ethanol, xylitol and lignin.	Pilot plant
Woodland Biofuels Inc.	Wood and agriculture residues, pulp sludge	Cellulosic ethanol, acetic acid, vinyl acetate monomers and formaldehyde	Gasification technology to convert biomass into fuels and chemicals	Pilot plant
Atlantec Bioenergy Corp	Sugar beets	Ethanol, fertilizer, electricity	Anaerobic digestion, genset, and nutrient refinery	Pilot plant
BioTerre	Manure	Biogas	Anaerobic digestion	Pilot plant
Vider Biomass	Wheat straw	Pellets, CHP	Vitrification, 2-stage combustion	Pilot plant
Great Northern Power	Wood waste	CHP	Gasification	Pilot plant
<b>Denmark</b>				
Inbicon	Wheat straw	Ethanol, solid fuel, animal feed	Production of bioethanol and solid fuel from wheat straw	Pilot plant
Technical University of Denmark /BioGasol	Lignocellulose	Bioethanol, hydrogen, biogas	Integrated production of bioethanol, hydrogen and biogas from biomass	Pilot plant
<b>France</b>				
Procethol 2G	Wheat straw	Bioethanol	Production of cellulosic ethanol on the existing sugar-beet and wheat biorefining site of Bazancourt	Pilot plant

Bei der Erarbeitung des Länderberichtes für Österreich sowie aus den Vernetzungsaktivitäten mit dem National Team konnten wesentliche Aspekte österreichischer Perspektiven im internationalen Kontext zu möglichen Entwicklungen von Bioraffinerien erarbeitet werden. Hierbei stand die Identifizierung spezieller Bereiche mit hohem österreichischen Entwicklungspotential bzw. langfristigen Marktchancen im Vordergrund. Diese sind insbesondere

- die Vergasung von Biomasse zu Produkt- und Synthesegas und deren Weiterverarbeitung zu Produkten,
- Grüne Bioraffinerie,
- Bioethanol aus Holz und Stroh sowie deren Nebenprodukte aus Lignin und
- Bioraffinerie in der Papier- und Zellstoff-Industrie.

Eine wichtige Rolle werden dabei einerseits der für Österreich wichtige Rohstoff Holz und andererseits die vorhandene F&E-Kapazität und deren Weiterentwicklung spielen. Speziell Bioraffinerie-Konzepte zur Erzeugung von synthetischen Biotreibstoffen und Bioethanol aus Holz wie auch die grüne Bioraffinerie werden im Detail betrachtet, um mittel- und langfristige Einsatzpotentiale und österreichische Perspektiven aufzuzeigen.

Nachfolgend werden die Bioraffinerieanlage in Lenzing und die Pilotanlagen in Österreich beschrieben.

### Lenzing

Als bereits seit Jahren laufende erfolgreiche Bioraffinerie in Österreich ist die Gewinnung von Beiprodukten bei der Zelluloseproduktion der LENZING AG. Die Firma Lenzing AG hat am Standort Lenzing in Oberösterreich ein Verfahren zur zusätzlichen Abtrennung von Wertstoffen im Zuge des Zelluloseproduktionsprozesses entwickelt, welches bereits seit Jahren Betrieb ist (Abbildung 9).

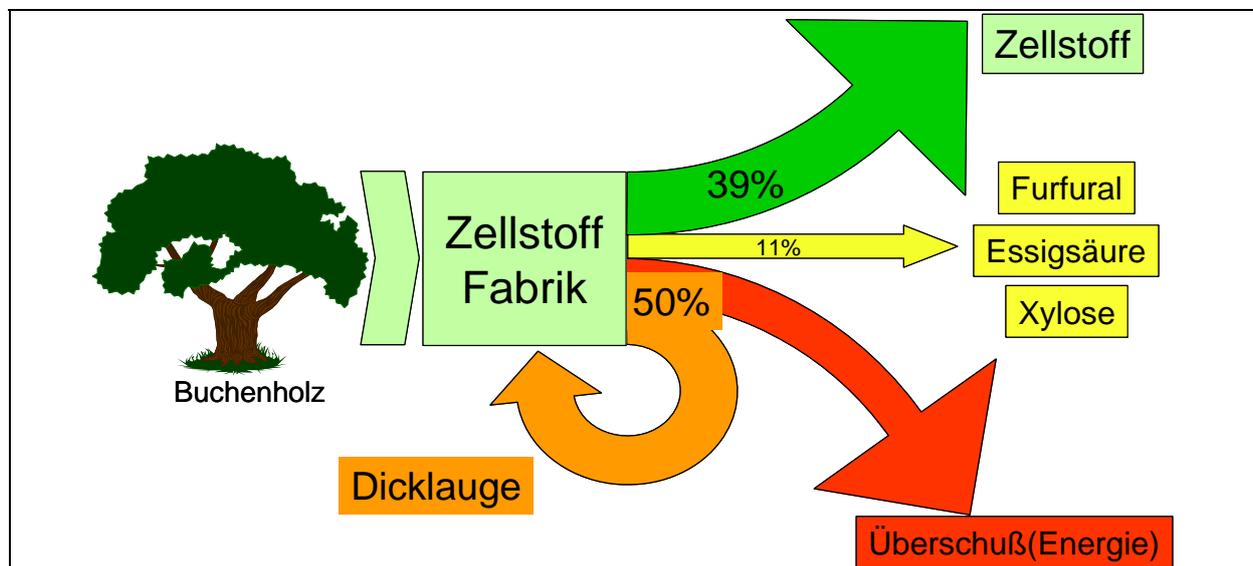


Abbildung 9: Produktpalette am Standort Lenzing (Quelle Lenzing)

Bei diesem Prozess werden aus der Ablauge der Zelluloseproduktion mittels eines kontinuierlichen Chromatographieprozesses wertvolle Reinstoffe wie Essigsäure, Furfural aber auch Xylose abgetrennt. Diese Produkte werden erfolgreich vermarktet und generieren gegenwärtig ca. 11% der Erlöse am Standort. Das Beispiel Lenzing zeigt auf, dass sich die Erweiterung der Prozesstechnologie auch wesentlich auf die Wirtschaftlichkeit auswirken kann. Trotz Abtrennung der Inhaltsstoffe kann der Energiebedarf für den gesamten Zellstoffprozess dennoch aus einer Verbrennung der restlichen Ablauge bereitgestellt werden. Es wird auch ein Energieüberschuss, welcher in ein lokales Wärmeversorgungsnetz eingespeist wird, generiert. Im internationalen Vergleich wird die Technologie von Lenzing

als beispielgebend im Pulp and Paper Segment betrachtet. Diese Anlage ist auch in der Task 42 Broschüre beinhaltet

([http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biorefinery/docs/Brochure\\_Totaal\\_definitief\\_HR\\_opt.pdf](http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biorefinery/docs/Brochure_Totaal_definitief_HR_opt.pdf)).

## Güssing

Das Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften an der Technischen Universität Wien hat in den letzten beiden Jahrzehnten ein Vergasungssystem entwickelt, welches sich zur Konversion von Biomasse in ein Synthesegas eignet. Dabei wird die Biomasse bei ca. 850°C mittels Dampf in einem Zweiwirbelschichtsystem in das gewünschte Gas umgewandelt. Der besondere Vorteil dabei ist, dass ein stickstoffreiches Produktgas hier ohne die Verwendung von reinem Sauerstoff erzeugt werden kann. Dies ermöglicht die Synthesegaserzeugung aus Biomasse bereits in relativ kleinen Anlagen unter 100MW Brennstoffwärmeleistung.

Diese Technologie wurde erstmals in Güssing demonstriert und die zweite Anlage in Oberwart ist auch bereits in Betrieb. Mehrere weitere Anlagen sind bereits in Bau oder in Planung. Ein Überblick ist in nachfolgender Tabelle 8 gegeben. Die elektrischen Leistungen liegen zwischen 2,0 bis 5,5 MW<sub>el</sub>. Die Stromerzeugung erfolgt in einem Gasmotor oder mittels ORC-Prozess (Organic Rankine Cycle), auch in Kombination mit dem AER-Prozess (Absorption Enhanced Reforming).

Tabelle 8: Status Biomasse-Vergasungsanlagen (Überblick)

Location	Electricity production	Fuel / electr. MW, MW <sub>el</sub>	Start up	Status
Güssing, AT	Gas engine	8.0 / 2.0	2002	Operational
Oberwart, AT	Gas engine / ORC <sup>1)</sup>	8.5 / 2.8	2008	Operational
Villach, AT	Gas engine	15 / 3.7	2010	Commissioning
Klagenfurt, AT	Gas engine	25 / 5.5	2011	Detailed engineering
Ulm, DE	Gas engine / ORC <sup>1)</sup>	15 / 5.3	2010	Under construction
Geislingen, DE	AER-process <sup>2)</sup> / Gas engine / ORC <sup>1)</sup>	10 / 3.3	2010	Detailed engineering

1) Der ORC-Prozess („Organic Rankine Cycle“) basiert auf einem dem Wasser-Dampf-Prozess ähnlichen Verfahren allerdings mit dem Unterschied, dass anstelle von Wasser ein organisches Arbeitsmedium (z.B. Kohlenwasserstoffe wie Iso-Pentan, Iso-Oktan, Toluol oder Silikonöl) verwendet wird. Dieses Arbeitsmedium besitzt günstigere Verdampfungseigenschaften bei tieferen Temperaturen und Drücken, um das zur Verfügung stehende niedrigere Temperaturgefälle zwischen Wärmequelle und Wärmesenke auszunutzen (z.B. Biomassekessel, Geothermie).

2) Der AER-Prozess („Absorption Enhanced Reforming“) eröffnet die Möglichkeit das CO<sub>2</sub> bereits bei der Produktgaserzeugung (in-situ) zu absorbieren, wodurch höhere Wasserstoffanteile erzielt werden und die Gasaufbereitung erheblich vereinfacht wird.

Das Synthesegas eignet sich jedoch nicht nur zur Erzeugung von Strom und Wärme, sondern auch zur Herstellung von vielen weiteren Chemikalien und Grundstoffen (siehe Abbildung 10, Seite 23).

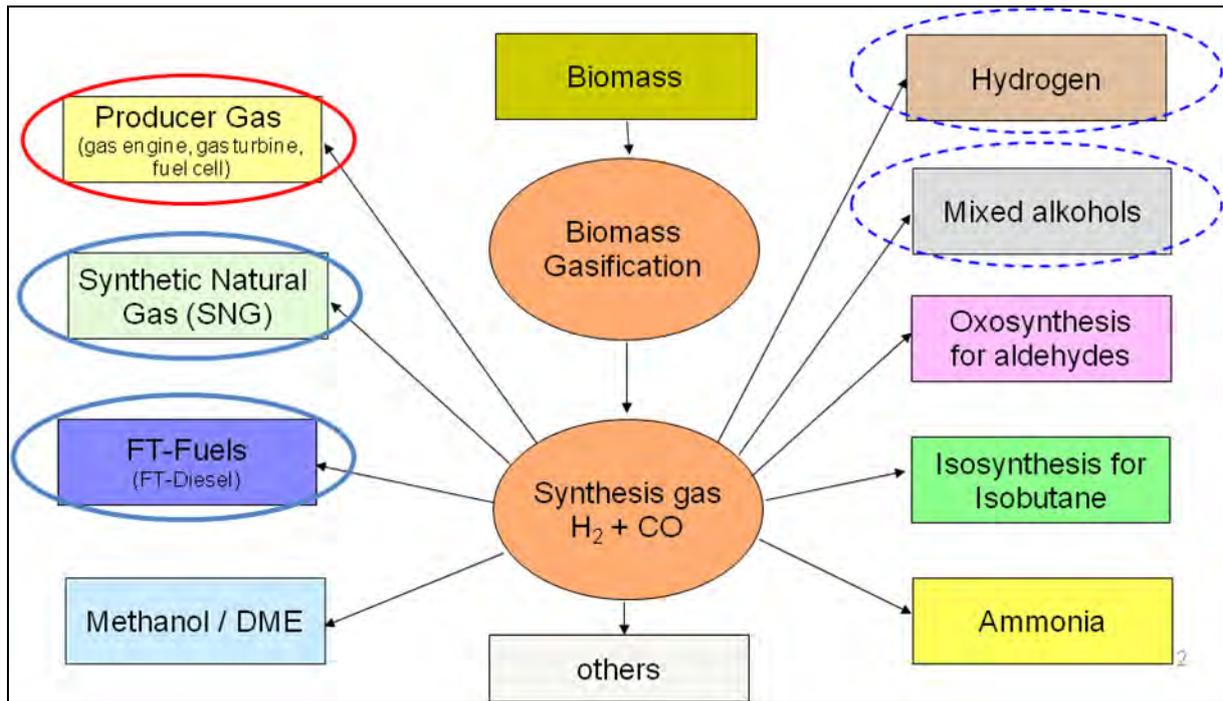


Abbildung 10: Güssing – erzeugte Produkte aus Synthesegas

Aufgrund der hervorragenden Eigenschaften des Produktgases fanden bereits zahlreiche Forschungsprojekte zur Verwendung des Produktgases statt. Abbildung 11 zeigt ein Bild der bestehenden Anlagen. Die für den Bereich Bioraffinerien interessantesten waren:

- Erzeugung von flüssigen Treibstoffen mittel Fischer Tropsch Synthese
- Erzeugung von synthetischem Erdgas
- Erzeugung von Wasserstoff
- Erzeugung von gemischten Alkoholen



Abbildung 11: Güssing – Überblick der bestehenden Anlagen

Der Großteil dieser Arbeiten wird in Kooperation von der TU Wien mit Bioenergy 2020+ durchgeführt. Dabei geht es um die einerseits um die Entwicklung von der notwendigen Technologie und andererseits um die Erstellung und Erprobung von Gesamtkonzepten. Daher bestehen die meisten Forschungsprojekte aus einem experimentellen Teil und einem Simulationsteil. Im experimentellen Teil wird die Synthese in einem Teilstrom des

Biomassekraftwerks aufgebaut und mit realem Synthesegas aus Biomasse betrieben. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Simulationen ein und damit wird das Konzept einer kommerziellen Anlage simuliert. Mit den gewonnenen Daten wird auch die Wirtschaftlichkeit abgeschätzt.

Somit werden mit diesen Forschungsarbeiten Schritt für Schritt die Komponenten einer Bioraffinerie entwickelt und gleichzeitig auch die Wirtschaftlichkeit der System ermittelt.

## Hartberg

In Hartberg wurde in den Jahren 2003 bis 2005 eine temporäre Versuchsanlage für Teile einer Grasbioraffinerie aufgebaut und von JOANNEUM RESEARCH mit Partnern (z.B. TU Graz, BOKU Wien) betrieben (siehe Abbildung 12). Die Anlagenteile wurden im Rahmen von Projekten (Fabrik der Zukunft) angemietet, und es wurde insbesondere die primäre Fraktionierung des Rohstoffs Grassilage untersucht. Wesentlicher Fokus der Arbeiten war die Optimierung der Rohstoffaufbereitung und des Abpressens mittels Schneckenpresse mit dem Ziel die Ausbeute der Wertstoffe Aminosäuren und Milchsäure im Presssaft zu maximieren. Die im Rahmen des Projekts erzeugten Presssäfte wurden ebenso für weitergehende Forschungsarbeiten zur Werkstoffabtrennung (Milchsäure bzw. Aminosäuren) verwendet, welche im Rahmen eines Parallelprojektes an der Universität für Bodenkultur durchgeführt wurden. Die der erzeugten Grasfasern wurden für weiterführende Analysen (Charakterisierung) sowie zur Herstellung von Faserprodukten (z.B. Faserplatten) verwendet.



Abbildung 12: Hartberg Versuchsanlage Grasbioraffinerie

Eine genaue Beschreibung der durchgeführten Arbeiten bzw. deren Ergebnisse ist in den entsprechenden Endberichten dieser Projekte enthalten, welche seitens des Fördergebers veröffentlicht wurden und auf der Homepage der Programmlinie Fabrik der Zukunft zum download zur Verfügung stehen

[http://www.fabrikderzukunft.at/nw\\_pdf/0667\\_grasfaserfraktion2.pdf](http://www.fabrikderzukunft.at/nw_pdf/0667_grasfaserfraktion2.pdf);

[http://www.fabrikderzukunft.at/nw\\_pdf/0403\\_milchsaeure\\_aus%20silage1.pdf](http://www.fabrikderzukunft.at/nw_pdf/0403_milchsaeure_aus%20silage1.pdf)).

Alle in diesen Projekten gewonnenen Erfahrungen wurden bei der Errichtung der Pilotanlage Utzenaich eingebracht und können nun im Betrieb unmittelbar genutzt werden (siehe Kapitel 4.3.6).

#### 4.3.4 Klassifikation von Bioraffinerie-Systemen

Es wird die in der IEA Bioenergy Task 42 entwickelte Klassifikation von Bioraffinerie-Systemen beschrieben, indem die Klassifikationsmethode und die Anwendung auf Beispiele dargestellt werden.

##### 4.3.4.1 Klassifikationsmethode

Eine neue Klassifikationsmethode für Bioraffinerie Systeme für die Randbedingungen von IEA Bioenergy wurde durch die österreichische Teilnahme entwickelt und vorgeschlagen. Diese Methode wurde mit den Partnern während der Task Meetings besprochen und wurde letztlich von der Task 42 übernommen, z.B. in der Task 42 Broschüre.

Durch diese Klassifikationsmethode ist es möglich, die derzeit in Diskussion stehenden Bioraffinerie-Systeme und Konzepte eindeutig zu beschreiben, z.B. durch Produkte, Rohstoffe und Plattformen, wobei auch die für die Task 42 interessantesten Bioraffinerie-Konzepte gesammelt wurden. Diese Klassifikation war sehr wesentlich, um auch den Aufgabenbereich und die Erwartungen an Task 42 sowohl innerhalb der Task als auch nach außen hin deutlich darzustellen. Die Grundzüge der Klassifikation wurden auch in der Zeitschrift „Nachwachsende Rohstoffe“ Nr. 48 im Juni 2008 veröffentlicht sowie als Publikation „Towards a common classification approach for biorefinery systems“ in der Fachzeitschrift „Biofpr – Biofuels, Bioproducts and Biorefining“ veröffentlicht (Cherubini et al. 2009).

Die Klassifikationsmethode basiert auf 4 Haupteigenschaften (Abbildung 13), die das Bioraffinerie-System beschreiben können:

1. Plattformen (Abbildung 14, Seite 26),
2. Produkte (Abbildung 15, Seite 26),
3. Rohstoffe (Abbildung 16, Seite 27),
4. Prozesse (Abbildung 17, Seite 27).

Die Plattformen stellen wichtige Zwischen- bzw. Endprodukte bei der Biomasseumwandlung vom Rohstoff zu den Endprodukten in der Bioraffinerie dar. Die Anzahl der beteiligten Plattformen ist ein Indikator hinsichtlich der Komplexität des Bioraffinerie-Systems.

Im Laufe der letzten drei Jahre wurden bei den Task Meetings die wesentlichen Plattformen, Produkte, Rohstoffe und Prozesse erarbeitet, die für die Beschreibung der derzeit bestehenden sowie der zukünftig interessantesten Bioraffinerie-Konzepte notwendig sind. Diese Beschreibungen werden auch zukünftig den neuen Anforderungen weiterer Bioraffinerie-Konzepte angepasst werden. In den folgenden Abbildungen sind diese 4 Haupteigenschaften von Bioraffinerien mit dem aktuell erforderlichen Detaillierungsgrad dargestellt.

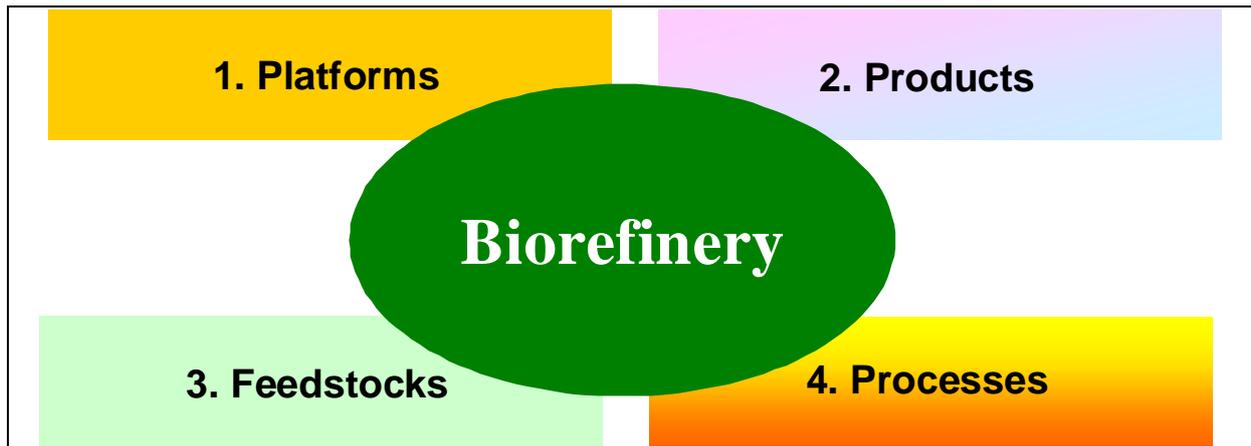


Abbildung 13: Die 4 Haupteigenschaften zur Klassifizierung von Bioraffineriesystemen

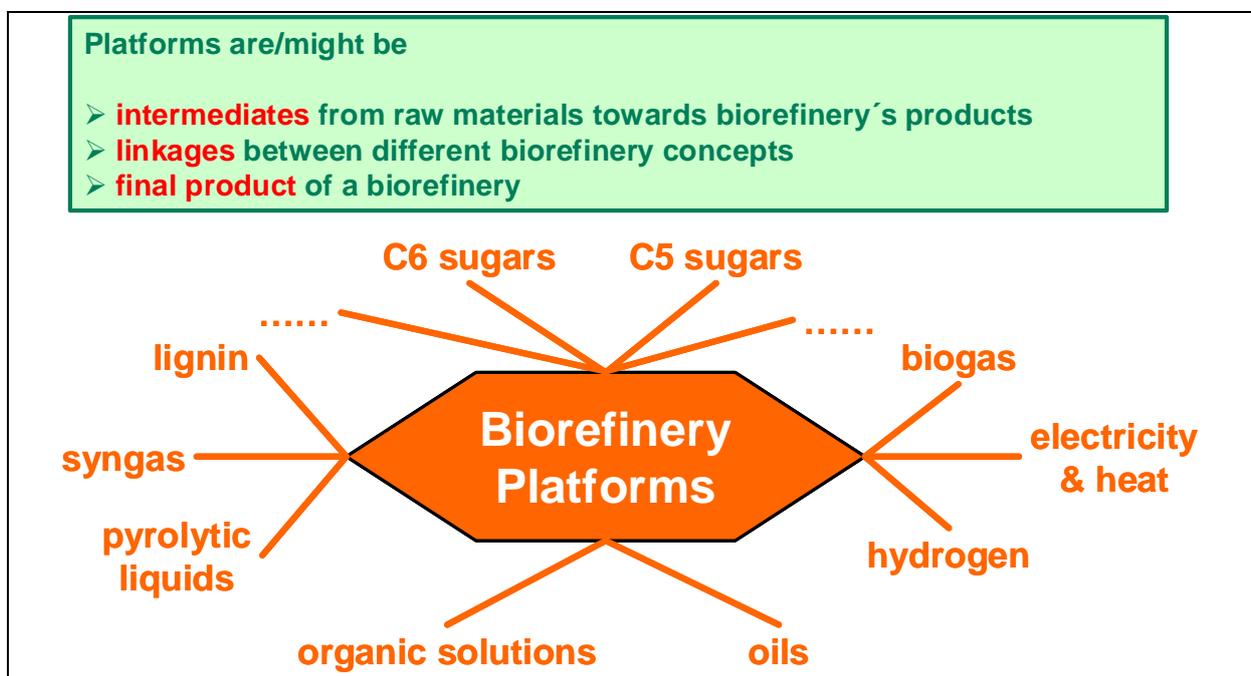


Abbildung 14: Die möglichen Plattformen von Bioraffinerien

Plattformen können sein Zwischenprodukte, Endprodukte und Verbindungen zwischen unterschiedlichen Bioraffinerie-Konzepten. C5- und C6-Zucker bezeichnen Zuckermoleküle mit 5 (Pentose) bzw. 6 Kohlenstoffatomen (Glucose), aus denen unterschiedliche Produkte gewonnen werden können (siehe [Abbildung 16](#), Seite 30).

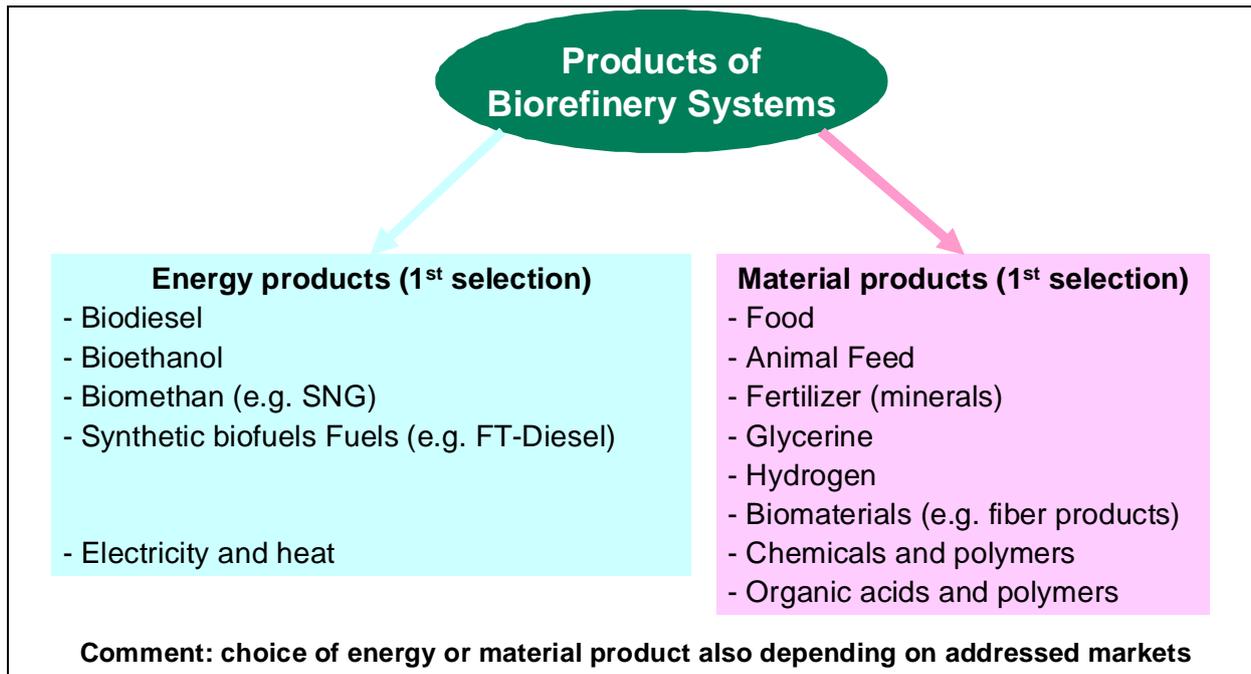


Abbildung 15: Die möglichen Produkte von Bioraffinerien

Hier wird grundsätzlich zwischen Energieprodukten (Biotreibstoffe, Strom und Wärme) und Materialien (wie Nahrungsmittel, Futtermittel, Wasserstoff, Polymere, organische Säuren etc.) unterschieden.

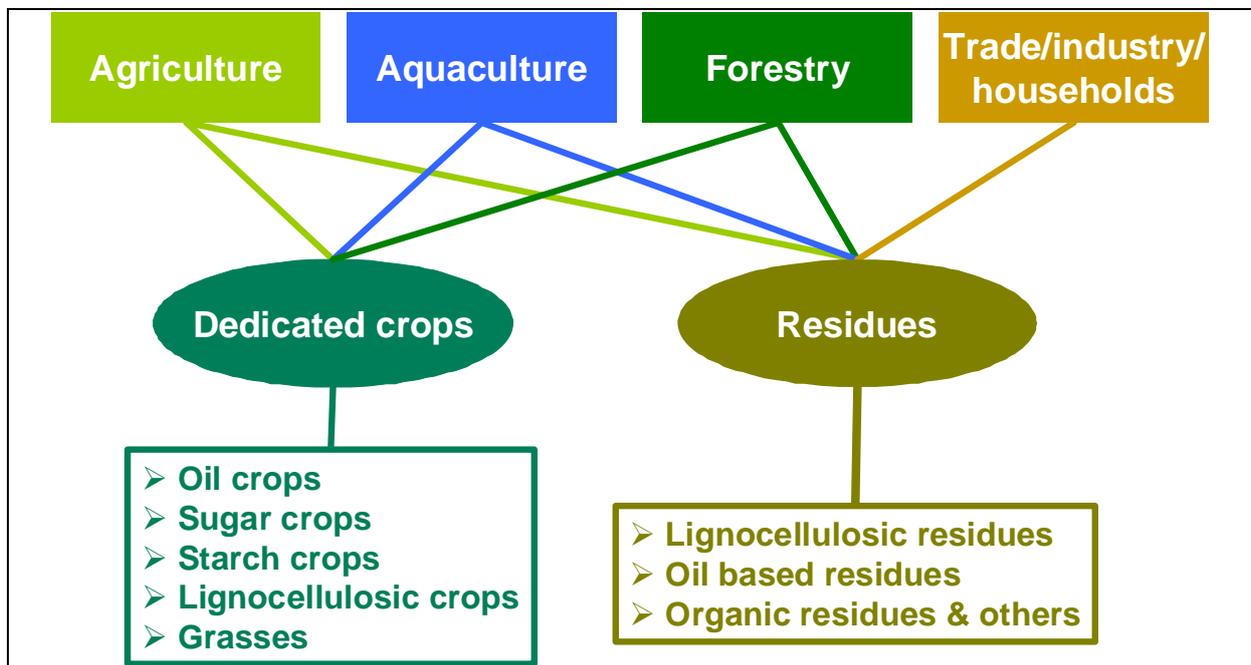


Abbildung 16: Die möglichen Rohstoffe für Bioraffinerien

Die möglichen Rohstoffe stammen aus der Land- und Forstwirtschaft oder aus Aquakultur (z.B. Ölfrüchte, lignozellulose Rohstoffe, Gräser) bzw. sind Abfälle aus Industrie, Handel und Haushalten (z.B. organische Abfälle).

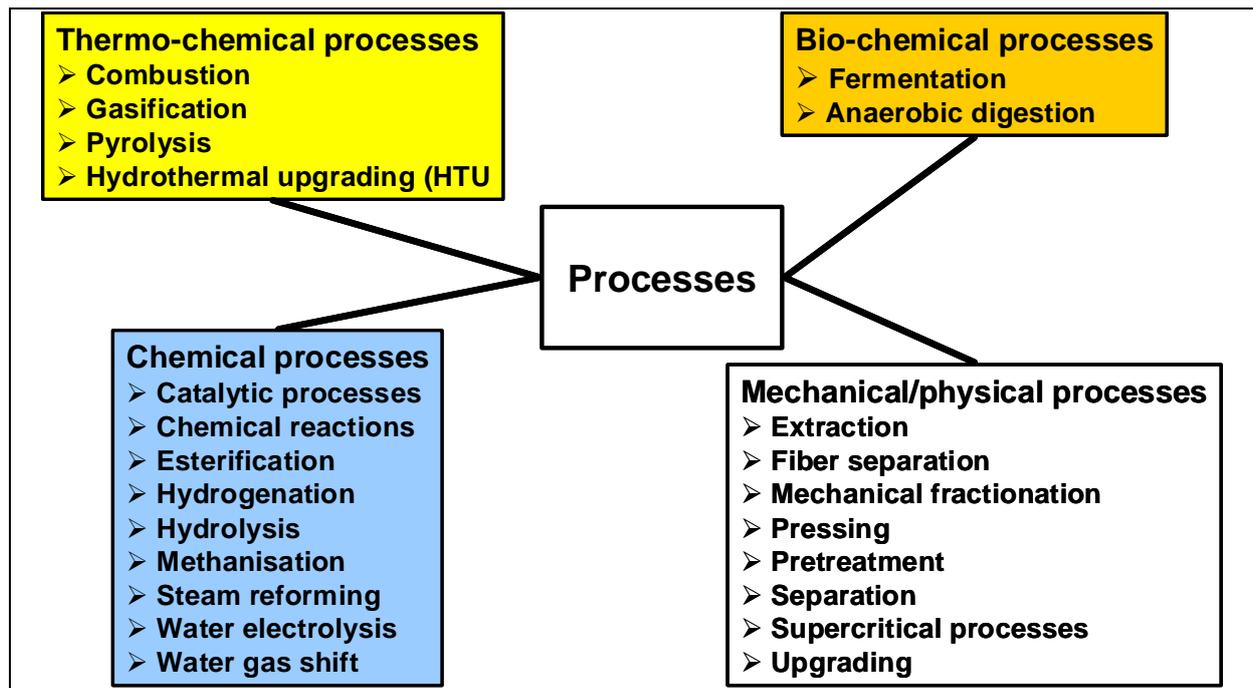


Abbildung 17: Die möglichen Prozesse in Bioraffinerien

Die Prozesse wurden eingeteilt in thermo-chemische Prozesse (Verbrennung, Vergasung etc.), bio-chemische Prozesse (z.B. Fermentation), mechanisch/physikalische Prozesse (z.B. Extraktion, Pressen) und chemische Prozesse (z.B. Katalyse, Dampfreformierung, Elektrolyse).

Die Plattformen, Produkte, Rohstoffe und Umwandlungsprozesse einer Bioraffinerie können in einem Klassifikationsschema kombiniert werden, um die Bioraffinerie eindeutig zu beschreiben. In Abbildung 18, Seite 28 ist ein derartiges generisches Klassifikationsschema dargestellt, d.h. vom Rohstoff über die Prozesse und Plattformen zu den Produkten. Jedes Bioraffinerie-System kann in einem Klassifikationsnetz dargestellt werden, womit es eindeutig festgelegt ist. Der Detaillierungsgrad kann flexibel den jeweiligen Anforderungen angepasst werden.

Beispiele für Bioraffinerie-Systeme sind in Abbildung 19, Seite 30 dargestellt, wobei auch eine einheitliche Nomenklatur zur Klassifizierung erarbeitet wurde. Die Nomenklatur beginnt mit der Plattform und den Produkten sowie den Rohstoffen, wobei ergänzend am Schluss noch die wesentlichen Prozesse angeführt werden können. Hier nun 5 Beispiele in Abbildung 19, Seite 30, auf die die Klassifikationsmethode und die Nomenklatur angewandt wird, die dann kurz beschrieben werden:

- Example 1: C6-sugar platform biorefinery for bioethanol and animal feed from starch crops (corn)  
(C6-Zucker Plattform Bioraffinerie für Bioethanol und Tierfutter aus stärkehaltigen Rohstoffen (Getreide))
- Example 2: oil platform biorefinery for biodiesel, animal feed and glycerine from oil crops (rape seeds)  
(Öl Plattform Bioraffinerie für Biodiesel, Tierfutter und Glycerin von ölhaltigen Rohstoffen (Rapssamen))
- Example 3: syngas platform biorefinery for synthetic liquid biofuels (FT-diesel) and chemicals (alcohols) from lingo-cellulosic residues (straw)  
(Synthesegas Plattform Bioraffinerie für synthetische Biotreibstoffe und Chemikalien aus lignozellulosen Reststoffen (Stroh))

- Example 4: (“Green Biorefinery”): biogas and organic solution platform biorefinery for biomethane, organic acids (lactic acid and amino acids), biomaterials (fiber products) and fertilizer from grasses  
 (“Grüne Bioraffinerie”, Biogas und organische Lösung Plattform Bioraffinerie für Biomethan, organischen Säuren (Milch- und Aminosäure), Biomaterialien (Faserprodukte) und Dünger aus Gras)
- Example 5: lignin/syngas, C5- and C6-sugar platform biorefinery for synthetic liquid biofuels (FT-Diesel), animal feed and bioethanol from ligno-cellulosic crops (switchgrass)  
 (Lignin/Synthesegas, C5- und C6-Zucker Plattform Bioraffinerie für synthetische Biotreibstoffe (FT-Diesel), Tierfutter und Bioethanol aus lignozellulosen Rohstoffen (Switchgrass))

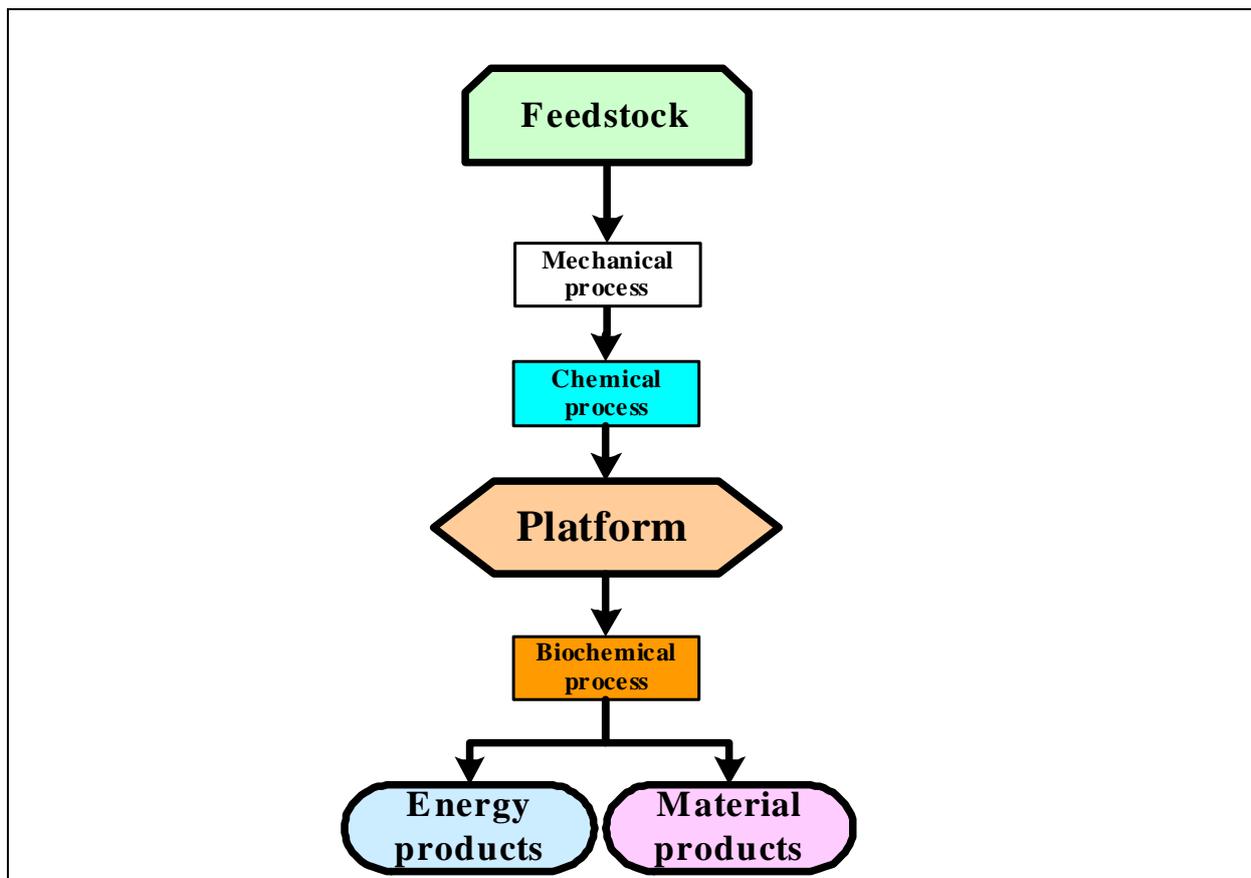


Abbildung 18: Generisches Klassifikationsschema zur Klassifizierung von Bioraffinerien

Example 1: C6-Zucker Plattform Bioraffinerie für Bioethanol und Tierfutter aus stärkehaltigen Rohstoffen (Getreide)

Dieses Beispiel beschreibt die konventionelle Bioethanol-Erzeugung aus stärkehaltigen Rohstoffen wie Weizen und Mais. Nach der Rohstoffaufbereitung wird die Stärke durch Hydrolyse in C6-Zucker übergeführt. Der C6-Zucker wird zu Bioethanol fermentiert und der Alkohol anschließend auf Treibstoffqualität destilliert. Die anfallende Schlempe wird getrocknet und zu Tierfutter, z.B. Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS), pelletiert.

Example 2: Öl Plattform Bioraffinerie für Biodiesel, Tierfutter und Glycerin von ölhaltigen Rohstoffen (Rapssamen)

Dieses Beispiel beschreibt die konventionelle Biodiesel-Erzeugung aus ölhaltigen Rohstoffen. Die Rapssamen werden zunächst gepresst, wobei Tierfutter (Rapskuchen) und Pflanzenöl erzeugt wird. Das Pflanzenöl wird dann zu Biodiesel umgeestert, wobei Glycerin als Nebenprodukt entsteht. Das Glycerin wird dann zu Pharmaglycerin aufbereitet.

Example 3: Synthesegas Plattform Bioraffinerie für synthetische Biotreibstoffe und Chemikalien aus lignozellulosen Reststoffen (Stroh)

Nach der Aufbereitung des Strohs wird mittels Vergasung ein Synthesegas - bestehend aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff - erzeugt. Durch Synthese bzw. chemische Reaktionen könne synthetische Biotreibstoffe, wie z.B. Fischer-Tropsch (FT)Treibstoff und Chemikalien erzeugt werden

Example 4: "Grüne Bioraffinerie", Biogas und organische Lösung Plattform Bioraffinerie für Biomethan, organischen Säuren (Milch- und Aminosäure), Biomaterialien (Faserprodukte) und Dünger aus Gras.

Das silagierte Grass wird gepresst, wobei eine organische Lösung und Fasern entstehen. Aus der organischen Lösung werden die organischen Säuren abgetrennt, und die Reststoffe werden zu Biogas fermentiert. Das Biogas wird zu Biomethan in Erdgasqualität aufbereitet, vor allem durch Abtrennung des Kohlendioxids. Die Gärreste werden als landwirtschaftlicher Dünger eingesetzt. Die Fasern werden zu Biomaterialien z.B. für Wärmedämmung weiterverarbeitet.

Example 5: Lignin/Synthesegas, C5- und C6-Zucker Plattform Bioraffinerie für synthetische Biotreibstoffe (FT-Diesel), Tierfutter und Bioethanol aus lignozellulosen Rohstoffen (Switchgrass)

Nach der Vorbehandlung des Strohs wird der Zellstoff, Hemizellulose und das Lignin getrennt. Aus dem Zellstoff und Hemizellulose werden Zucker erzeugt, die dann zu Bioethanol fermentiert werden. Die Schlempe aus der Aufbereitung des Bioethanols wird zu Tierfutter verarbeitet. Aus Lignin wird durch Vergasung ein Synthesegas erzeugt, das dann in der Synthese zu FT-Biotreibstoff umgewandelt wird.

Werden nun die Klassifikationsschemen einzelner Bioraffinerie-Konzepte miteinander verbunden, so entsteht ein Netzwerk der unterschiedlichen Bioraffinerie-Konzepte, wie es in Abbildung 20, Seite 31 dargestellt ist. In diesem Netzwerk sind nun die möglichen Schnittstellen bzw. Kombinationsmöglichkeiten von unterschiedlichen Bioraffinerie-Konzepten dargestellt, um z.B. Synergien bzw. Gegensätze zwischen unterschiedlichen Konzepten zu analysieren.

Diese in Österreich entwickelte Klassifikationsmethode wurde von IEA Bioenergy Task 42 angenommen und in der Task 42 Broschüre beschrieben (siehe Abschnitt 4.3.5). Diese Klassifikationsmethode wurde und wird auch im Umfeld der Task 42 bei den einschlägigen Stakeholdern bekannt gemacht, z.B. Poster und Präsentationen

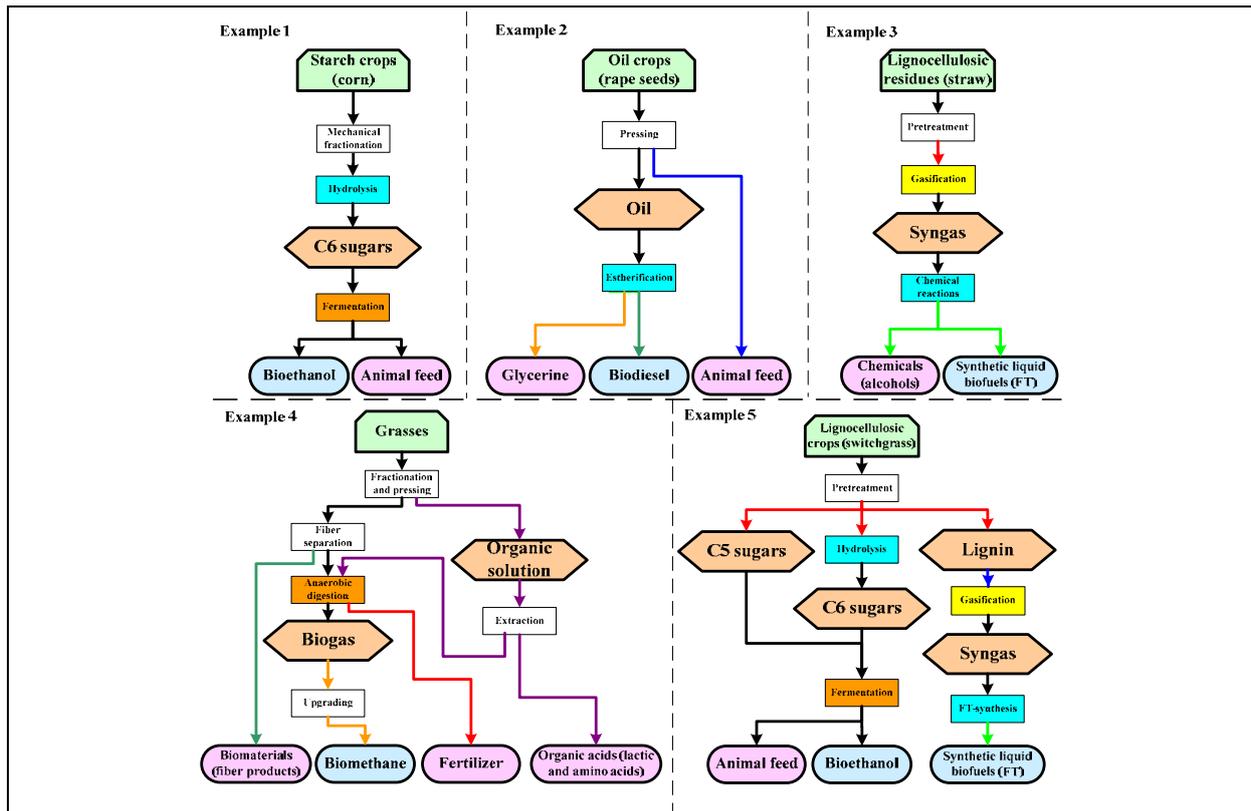


Abbildung 19: Beispiele zur Klassifikation einiger Bi Raffinerie-Systeme

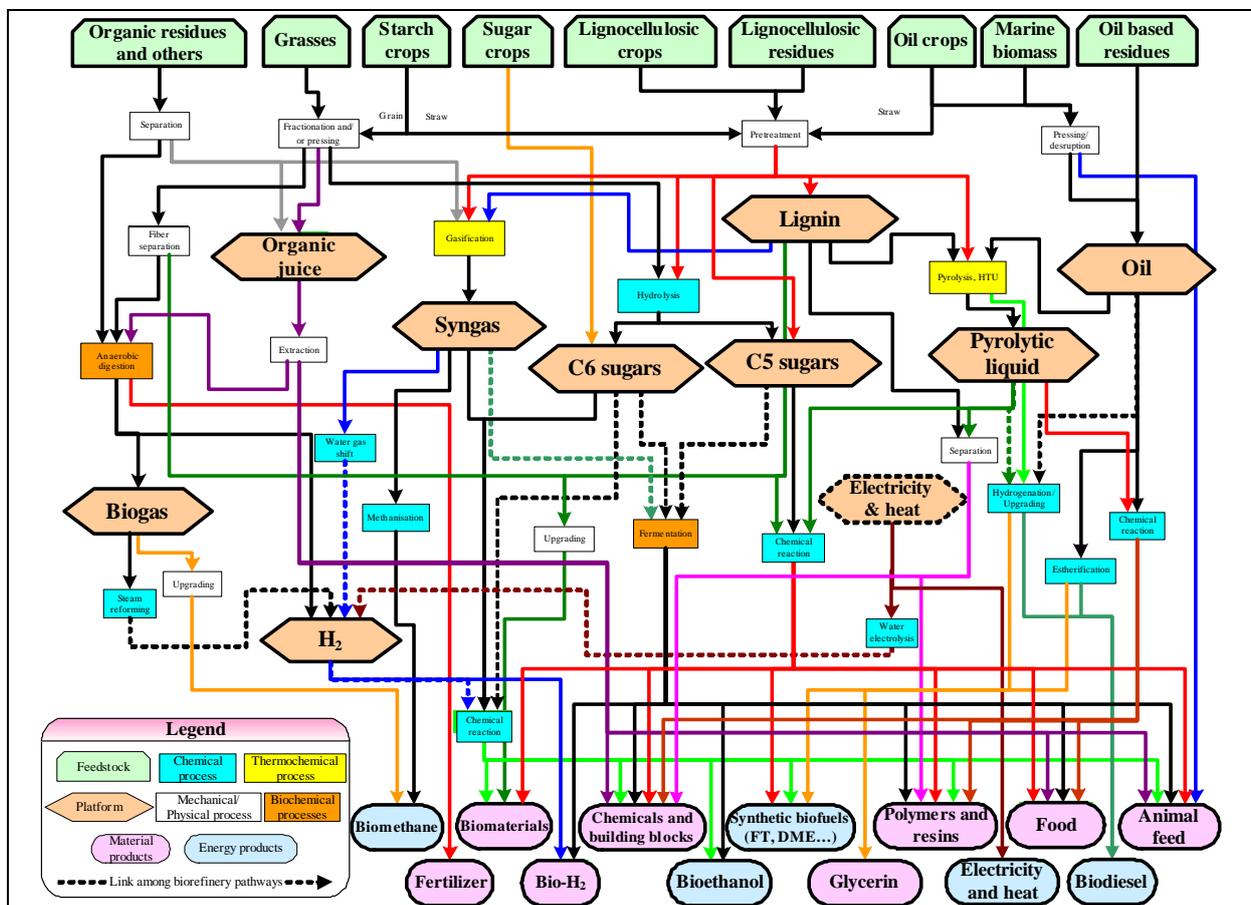


Abbildung 20: Netzwerk zur Klassifikation der Bi Raffinerie-Systeme

#### 4.3.4.2 Beispiele zur Klassifikation von Bioraffinerie-Systemen

Die Klassifikationsmethode wurde nun auf bestehende oder im Bau befindliche Bioraffinerien angewandt. Hierbei wurden die folgenden Beispiele aus Österreich, Norwegen und Dänemark ausgewählt, wobei zunächst in einer Abbildung die Bioraffinerie beschrieben wird und dann das Klassifikationsschema und die Nomenklatur dargestellt sind:

- Beispiel 1: Demonstration Plant IBUS Biorefinery Denmark (Abbildung 21, Seite 32; Abbildung 22, Seite 32): Der Rohstoff Stroh wird C5- und C6-Zucker (Zuckermoleküle mit 5 bzw. 6 Kohlenstoffatomen) umgewandelt. Daraus werden Bioethanol (C6-Zucker) und Tierfutter (C5-Zucker) erzeugt. Das verbleibende Lignin (aus C6-Zucker) wird verbrannt und daraus Strom und Wärme erzeugt.
- Beispiel 2: Concept M-real Hallein AG Biorefinery Austria (Abbildung 23, Seite 33; Abbildung 24, Seite 33): Aus lignozellulosen Rohstoffen (Holz, Abfälle aus der Industrie) wird in einer Vorbehandlungsstufe die Rinde separiert. Es werden C6-Zucker und über eine anaerobe Vergärung Biogas erzeugt. Dieses wird mit dem Lignin (aus C6-zucker) zur Strom- und Wärmeerzeugung verwendet. Neben Bioethanol wird Zellulose für die Papier- und Zellstoffherstellung erzeugt.
- Beispiel 3: Demonstration Plant „Green Biorefinery“ (Abbildung 25, Seite 34; Abbildung 26, Seite 34): Aus Grünlandbiomasse (wie Gras, Klee, Luzerne) werden in einer Vorbehandlung der Presskuchen (z.B. Grasfasern) vom Presssaft (flüssige Lösung) getrennt. Aus den Fasern werden Biomaterialien, Biomethan (aufbereitetes Biogas) und Dünger hergestellt. Aus dem Presssaft werden Milchsäure und Aminosäuren extrahiert (Details siehe Kapitel 4.3.6).
- Beispiel 4: Wood Biorefinery Borregaard Norway (Abbildung 27, Seite 35; Abbildung 28, Seite 35): Aus lignozellulosen Rohstoffen wird in einer Vorbehandlung C6-Zucker abgetrennt. Der C6-Zucker wird in C5-Zucker und Lignin sowie Bioethanol umgewandelt. Biomaterialien (Lignin und spezielle Zellulose) und Nahrungsmittelchemikalien werden aus Lignin gewonnen. Biogas wird durch anaerobe Vergärung aus C5-Zucker gewonnen und zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt.

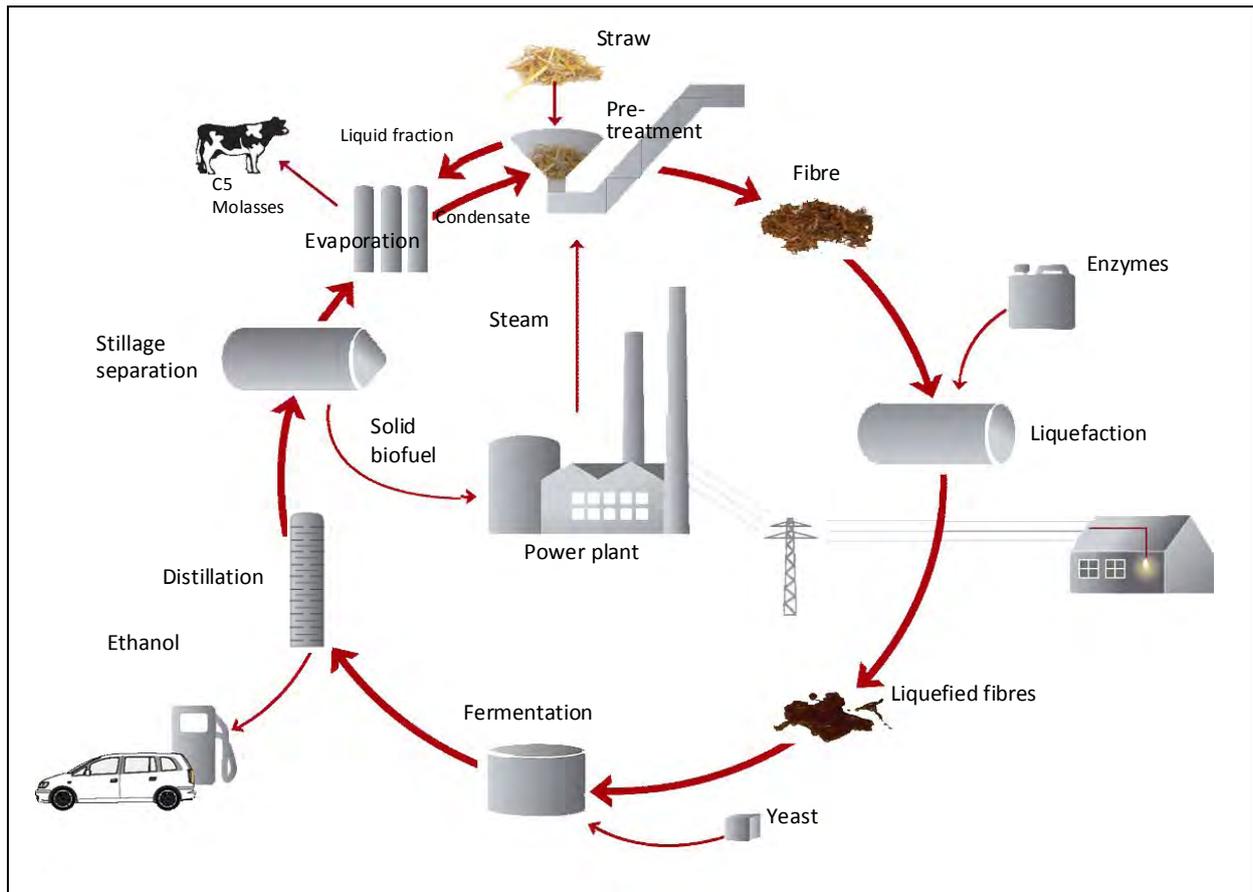


Abbildung 21: Beispiel 1: Demonstrationsanlage IBUS-Bioraffinerie in Dänemark

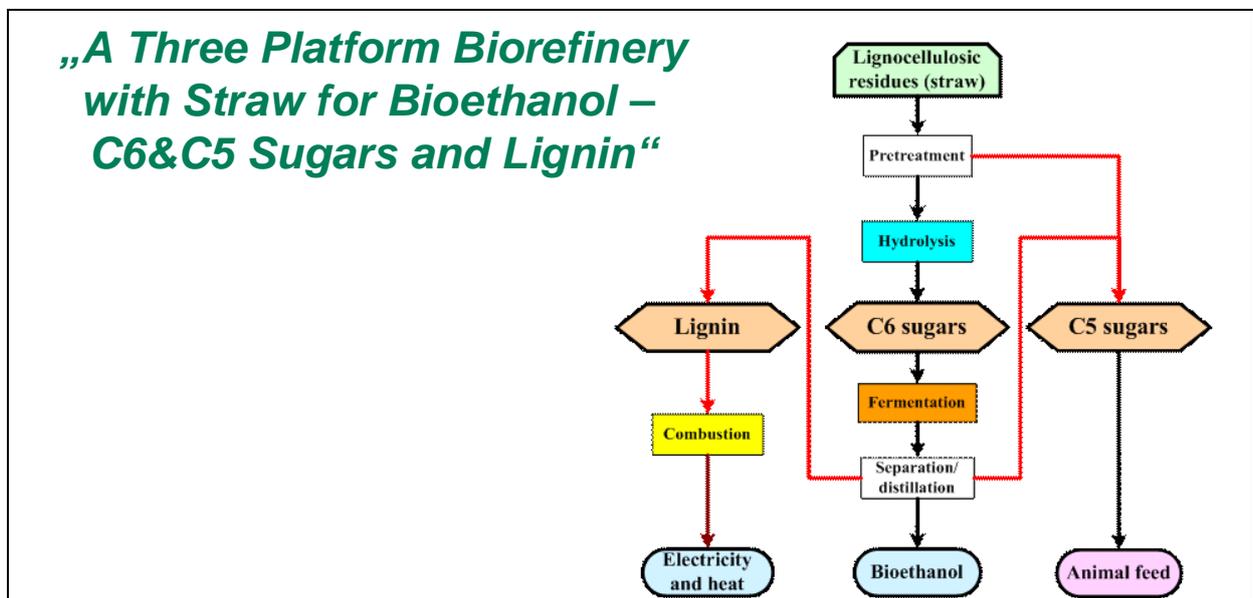


Abbildung 22: Beispiel 1: Klassifikation der IBUS Bioraffinerie in Dänemark

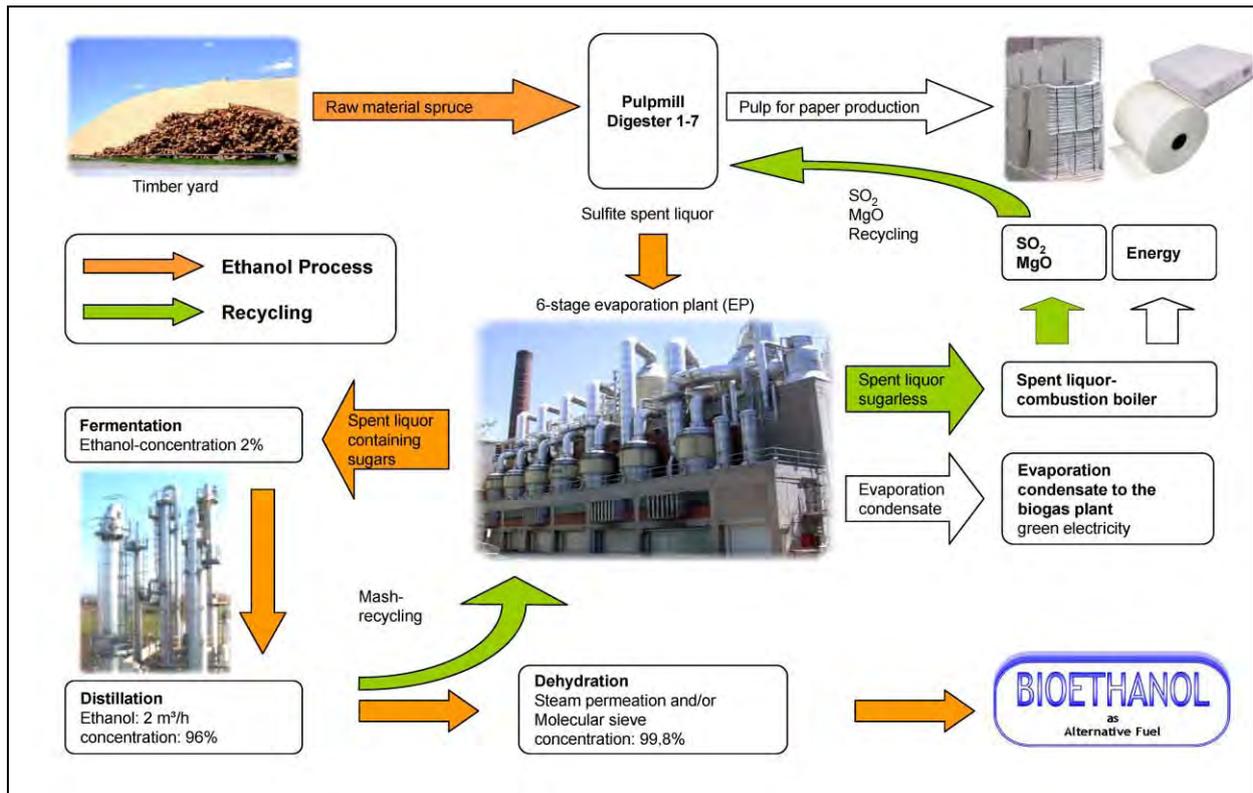


Abbildung 23: Beispiel 2: Bioraffinerie-Konzept der M-real Hallein AG in Österreich

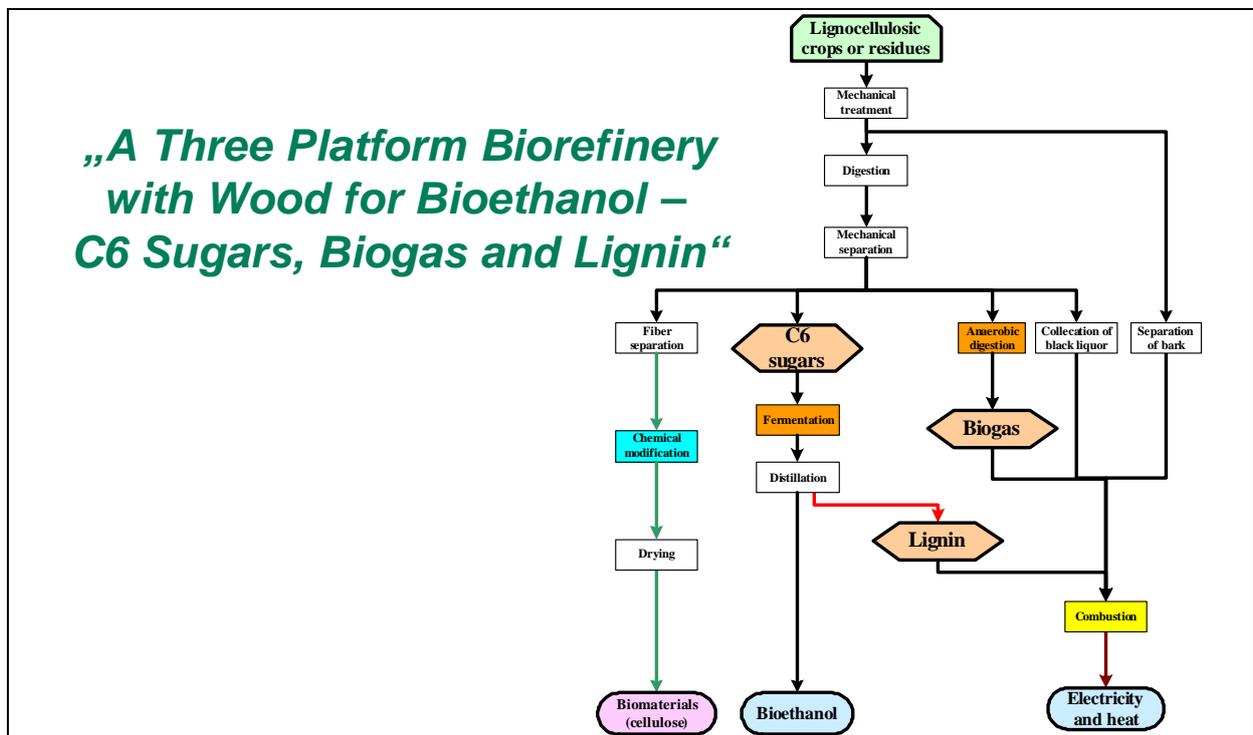


Abbildung 24: Beispiel 2: Klassifikation Bioraffinerie-Konzept der M-real Hallein AG in Österreich

### Upgrading of grass silage to

- lactic acid,
- amino acids and
- biogas (biomethan)

- ✓ Based on existing biogas plant with 500 kW<sub>e</sub>
- ✓ Capacity: Silage-processing of 100 ha with 10 t<sub>DM</sub>/(ha\*a)
- ✓ Start up: 2008



Pictures: cityfoto / Wiesler Martin

Abbildung 25: Beispiel 3: Demonstrationsanlage „Grüne Bioraffinerie“ in Österreich

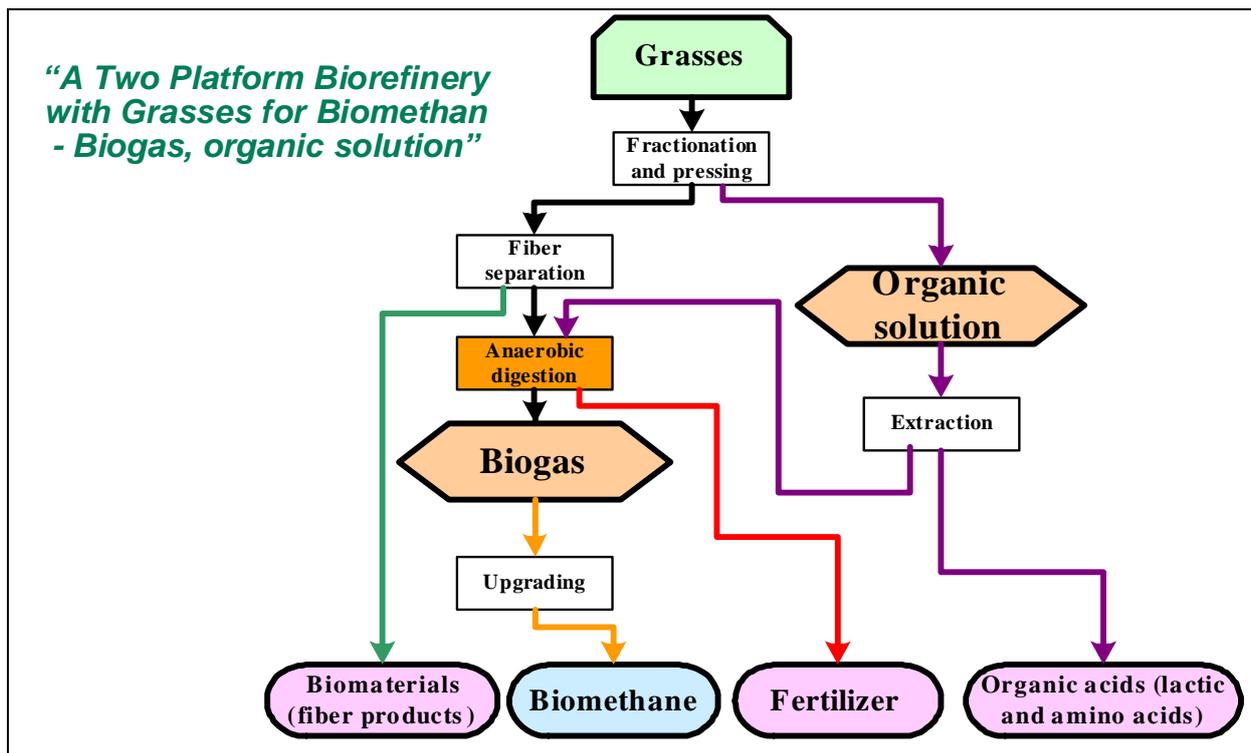


Abbildung 26: Beispiel 3: Klassifikation der „Grünen Bioraffinerie“ in Österreich

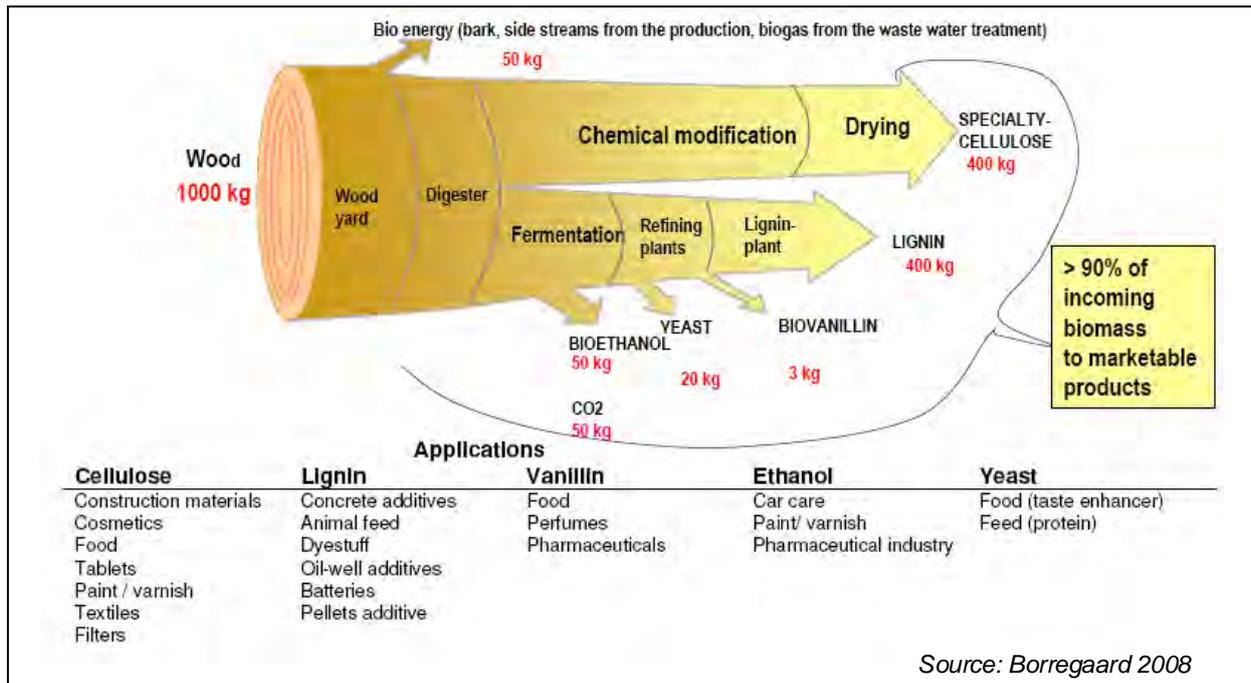


Abbildung 27: Beispiel 4: Holz-Bioraffinerie von Borregaard in Norwegen

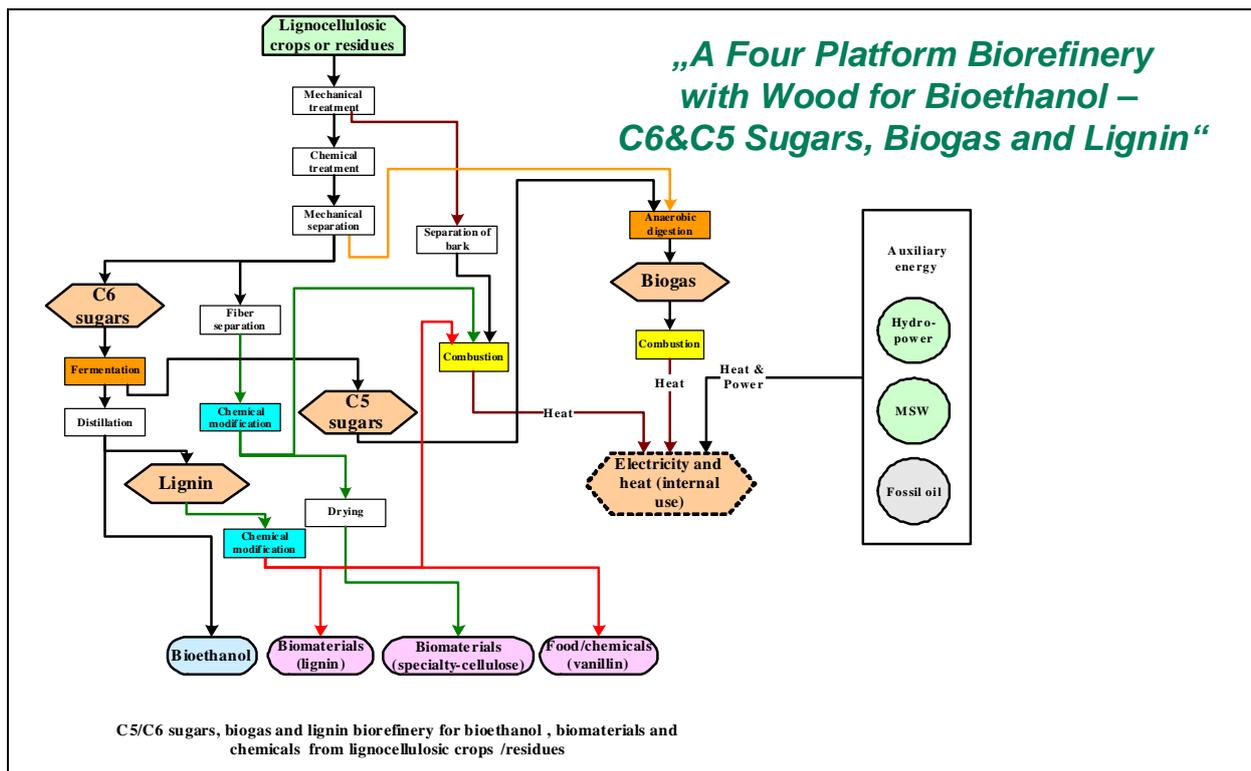


Abbildung 28: Beispiel 4: Klassifikation der Holz-Bioraffinerie von Borregaard in Norwegen

#### 4.3.5 Beiträge zur Broschüre der Task

Die folgenden Beiträge wurden von Österreich für die Task Broschüre (siehe [http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biorefinery/docs/Brochure\\_Totaal\\_definitief\\_HR\\_opt.pdf](http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biorefinery/docs/Brochure_Totaal_definitief_HR_opt.pdf)) gemacht:

- Beschreibung der Klassifikationsmethode (siehe Kapitel 4.3.4),
- Klassifikationsschemata für die ausgewählten Bioraffinerien (siehe Kapitel 4.3.4) und
- Beschreibungen der „Grünen Bioraffinerie“ (siehe auch Kapitel 4.3.6), der M-real Hallein AG (siehe auch Kapitel 4.3.4.2) und der Bioethanolproduktion aus Lauge in der Papierindustrie sowie der Bioraffinerie der Lenzing AG.

#### 4.3.6 Die Grüne Bioraffinerie Österreich

##### 4.3.6.1 Einleitung

Die grundlegende Konzeption der Grünen Bioraffinerie kann durchaus in Analogie zu einer Erdölraffinerie gesehen werden (siehe Anhang A). So soll aus einem Rohstoff eine Vielzahl von Produkten möglich werden. Auf Basis des Rohstoffs „Grünlandbiomasse“ (z.B. Gras, Klee, Luzerne, etc.) wird in einer einzigen Verarbeitungsanlage eine möglichst vollständige Ganzpflanzennutzung durchgeführt und eine Vielzahl verkaufbarer Produktgruppen produziert (siehe Abbildung 26).

Mögliche Produkte wären (1) Chemische Grundstoffe (z.B. organische Säuren wie Milchsäure, Lösungsmittel, Kunststoffmonomere), (2) Kraft- & Brennstoffe, (3) Nahrungs- & Futtermittel (z.B. Aminosäuren, Proteinkonzentrat, Peptide), (4) Faserprodukte (z.B. Faserplatten, Bio-Composites, Dämmstoffe), (5) Feinchemikalien (z.B. Aromen, Chlorophyll, Pigmente), (6) Biogas (=> Strom/Kraft + Wärme).

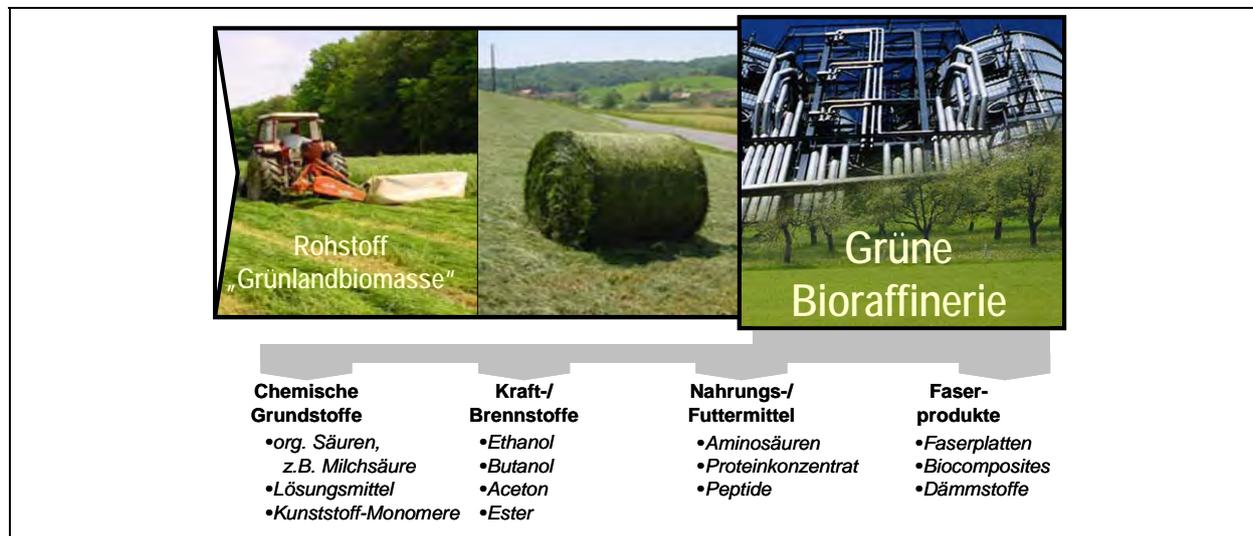


Abbildung 29: Prinzip einer Grünen Bioraffinerie mit möglichen Produktgruppen

Auf Basis der Grundidee der Bioraffinerie wurde von einem interdisziplinären Forscherteam das Technologiekonzept Grüne Bioraffinerie Österreich entwickelt. Das Konzept der Grünen Bioraffinerie Österreich unterscheidet sich von anderen derzeit auf internationaler Ebene entwickelten Bioraffinerie-Konzepten dadurch, dass es besondere Rücksicht nimmt auf die spezifischen Bedingungen österreichischer Regionen (z.B. kleine Betriebsgrößen, Verwertungsoption für gegenwärtige/zukünftige Grasflächen).

Der Prozessablauf in der Grünen Bioraffinerie kann wie in Abbildung 30, Seite 37 vereinfacht dargestellt werden.

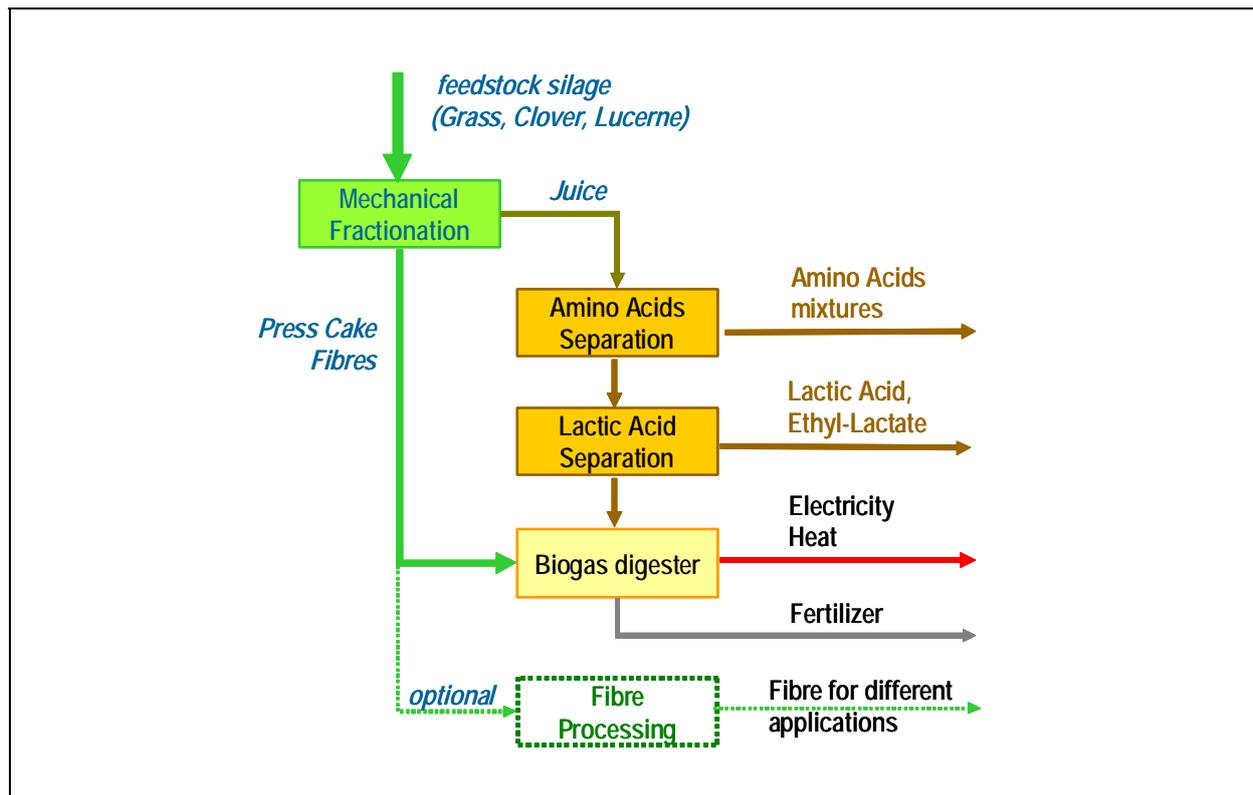


Abbildung 30: Schema Prozessablauf Grüne Bi Raffinerie Österreich; gemäß Demonstrationsanlage in Utzenaich

Aus dem Rohstoff Grünlandbiomasse wird in der Vegetationsperiode Silage erzeugt, welche lagerfähig ist und somit ganzjährig einem industriellen Prozess zugeführt werden kann. Durch eine mechanische Fraktionierung entstehen zwei Stoffströme: der Presssaft und der Presskuchen. Der Saft wird weiter aufbereitet und aus diesem die Wertstoffe Milchsäure und Aminosäuren abgetrennt. Dabei nicht genutzte Saftanteile werden in einer Biogasanlage verwertet. Der Presskuchen kann einerseits zu einer für die Industrie verwertbaren Faserfraktion aufbereitet und getrocknet werden, oder direkt in die Biogasanlage eingeschleust werden. Die Abtrennung von Feinchemikalien ist eine weitere zukünftige Verwertungsoption, welche gegenwärtig nicht entwickelt wird.

Die Schlüsselprodukte der Grünen Bi Raffinerie sind

- Bulkchemikalien und Milchsäure, die Ausgangsstoff für viele weitere Produkte sein kann (Biopolymere PLA, ökologisches Lösemittel (Ethylactat), Produkte im Food & Feed Segment allgemein etc.
- Aminosäuren: Hochwertige Aminosäuregemische für Lebensmittelergänzungen und Body-Care-Produkte
- Energie (Biogas und Verwertung in Kraft-Wärme-Kopplung) als Technologie zur Verwertung aller biogenen Restströme
- Naturfasern für allem für Materialien oder diverse Faserprodukte

Die Umsetzung des Technologiekonzepts einer Grünen Bi Raffinerie ist ein wichtiger Beitrag zur Erhaltung wertvoller Kulturlandschaften. Es wird dadurch wieder eine aktive Nachfrage nach dem Rohstoff Gras bzw. Silage geschaffen, der dazu beiträgt, dass Grünlandflächen nicht in Äcker umgewandelt werden, sondern dauerhaft erhalten werden können.

Grüne Bi Raffinerien haben das konkrete Potential, den ländlichen Regionen eine neue Form der Wertschöpfung zu eröffnen. Einerseits können bestehende landwirtschaftliche Betriebe abgesichert werden, andererseits entstehen im ländlichen Raum qualifizierte Arbeitsplätze im Bereich der Biotechnologie.

Die Technologieentwicklung der Grünen Bioraffinerie ist weitgehend abgeschlossen. Die Pilotanlage wurde im Mai 2009 offiziell in Betrieb genommen und steht in unmittelbarer Nachbarschaft der bestehenden Biogasanlage in der Ortschaft Utzenaich (Oberösterreich). Dadurch können wertvolle Synergien genutzt werden.

Dieses Demonstrationsvorhaben wird durch die OÖ Bioraffinerie Forschung und Entwicklung GmbH getragen und seitens des Landes Oberösterreich sowie des Bundes (Programmlinie Fabrik der Zukunft des BMVIT) gefördert.

Das Pilotprojekt wird auch durch private Partner wie die Energie AG Oberösterreich, OÖ Ferngas AG, Rohöl-Aufsuchungs AG, Linz AG, sowie durch das Energie Institut an der Johannes Kepler University Linz gefördert.

Die Technologie der Grünen Bioraffinerie der in Österreich entwickelten Ausprägung setzt auf die Verwertung des Rohstoffs Grassilage auf (Klee gras, Gras-Luzerne Mischungen). Der Konservierungsschritt Silieren ist integraler Bestandteil der Prozesskette, da bei dieser Festbettfermentation eine essentielle biotechnologische Umwandlung erfolgt, sodass in Folge Milchsäure (aus den löslichen Zuckern) sowie Aminosäuren (als Abbauprodukt aus den langkettigen Proteinen) vorliegen. Insbesondere die Zusammensetzung der im Gras enthaltenen Aminosäuren ist besonders wertvoll, da alle essentiellen Aminosäuren vertreten sind.

Der Rohstoff Grassilage wird einer primären Fraktionierung unterzogen, sodass ein Presssaft mit hohem TS-Gehalt und ein Presskuchen generiert werden. Der Presssaft beinhaltet neben den Zielprodukten Milchsäure (LA) und Aminosäure (AA) auch eine Vielzahl anderer Komponenten [Restzucker, Aschen, feste kolloidal gebundene Partikel, mehrwertige Ionen, welche zu Komplexbildung neigen (P, Ca, Mg), sowie andere Stickstoffverbindungen]. Die in Österreich entwickelte Prozesskette ist eine Verschaltung von Ultra- und Nanofiltration, sowie die Abtrennung der LA durch einen Elektrodialyseprozess und die Separation von AA-Gemischen mittels Ionenaustauschchromatographie.

Abbildung 31, zeigt ein Schema des Verwertungskonzepts der Grünen Bioraffinerie.

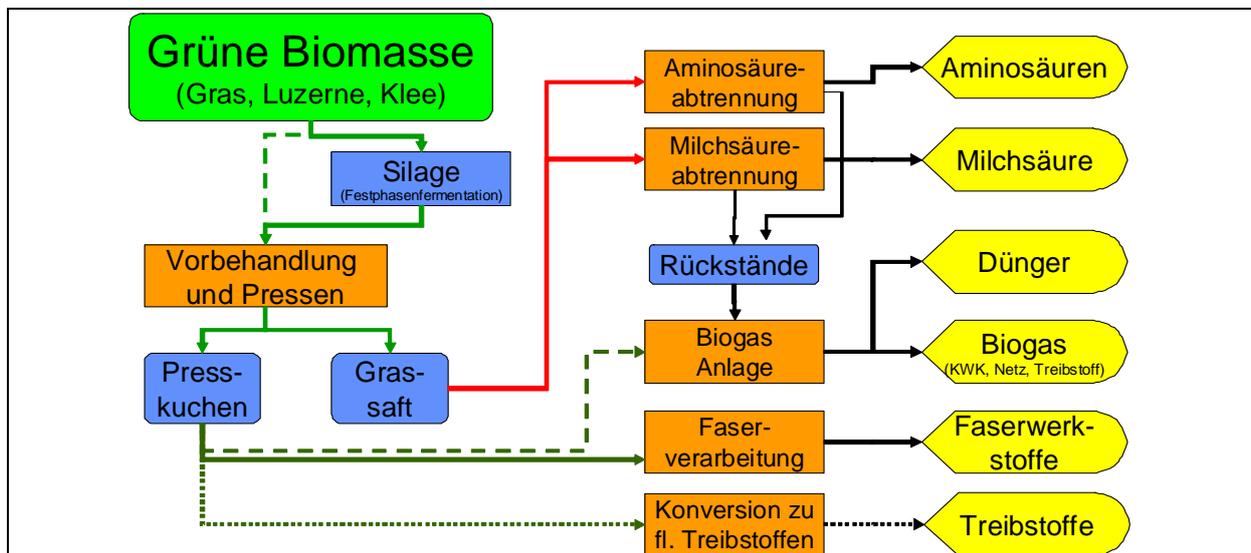


Abbildung 31: Schema der Grünen Bioraffinerie mit möglichen Produkten

In der Pilotanlage Utzenaich wurde die Prozesskette zur Gewinnung folgender Produkte umgesetzt:

- Aminosäuren (AA),
- Milchsäure (LA),

- Biogasverwertung mittels Kraftwärmekopplung (Strom/Wärme) sowie
- Dünger (Rückführung der Mineralstoffe und Nährstoffe).

Ziel dieser Pilotanlage ist ein zweifelsfreier Nachweis der technischen und ökonomischen Machbarkeit der Produkte, deren Qualitätseigenschaften, sowie die Leistungsfähigkeit der Gesamtprozesskette (Durchsätze und Zyklusstandzeiten etc.) und die Ermittlung spezifischer Betriebskosten.

Die Verwertung etwaiger Grasfaserfraktionen zu Faserwertstoffen ist noch in der Entwicklungsphase. Die optionale Nutzung des Presskuchens als Rohstoff für die Herstellung von flüssigen Treibstoffen (Bioethanol 2. Generation etc) ist ebenso Gegenstand von angewandten Forschungsprojekten.

In der weiteren Diskussion wird primär auf jene Produktpalette (Aminosäuren, Milchsäure und Biogas) der Pilotanlage eingegangen, da diese Technologie bereits in der finalen Entwicklungsphase ist.

#### 4.3.6.2 Ökonomische Aspekte

Die ökonomische Dimension der Grünen Bioraffinerie lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Die Verwertung von Gras „NUR“ über den Biogasprozess ist aus betriebswirtschaftlicher Perspektive nicht immer interessant genug. Dies liegt primär an den relativ hohen Rohstoffkosten für Gras bzw. Grassilage, da die Grünlandbiomasse im Regelfall mehrmals geerntet werden muss (3 bis 4-mal im Jahresgang). Die Gestehungskosten von Grassilage sind aufgrund des mehrmaligen Arbeits- und Maschineneinsatzes relativ hoch: ca. 65-80 €/t DM. Maisganzpflanzensilage kann in guten Anbaujahren bereits um Gestehungskosten von ca. 80-100 €/t DM produziert werden und hat im Vergleich eine weitaus höhere Biogasausbeute. Zusätzlich kann es bei einer Beimengung von hohen Grassilageanteilen in der Biogasanlage leicht zu Schwimmdeckenbildung kommen. Letzteres wird tunlichst vermieden und stellt bereits eine Betriebsstörung dar.

Durch eine Mehrfachnutzung des Rohstoffs (z.B. durch Abtrennung der löslichen Stoffe Milchsäure und Aminosäure) resultiert im Koppelnutzungsansatz ein weitaus geringerer Preis für die feste Fraktion Presskuchen, welche in die Biogasanlage eingeschleust wird.

Das Erlöspotential der möglichen stofflichen Produkte ist im Vergleich zu dem energetischen Produkt Biogas bzw. Strom und Wärme weitaus höher.

Hierzu folgendes Beispiel:

- Milchsäure in Lebensmittelqualität 1 €/kg
- Aminosäuren high grade 2-5 €/kg

Für die Grüne Bioraffinerie wurde ein Vergleichszenario für Koppelnutzungsansatz mittels Grüner Bioraffinerie mit einer reinen Biogasnutzung entwickelt, welches in folgende Tabelle zusammengefasst ist.

Für die Grüne Bioraffinerie wurde ein Vergleichszenario für das Erlöspotential (nur Biogasnutzung versus Grüne Bioraffinerie) entwickelt, wozu die Grunddaten in Tabelle 9, Seite 40 und das Erlöspotential in Tabelle 10, Seite 40 zusammengefasst sind. Es werden die Betriebsweisen „nur Biogas“ mit „Bioraffinerie“ (mit Koppelnutzung) verglichen. Als Input wurden folgende Erlöse für verschieden Produktgruppen zugrunde gelegt.

**Tabelle 9:** Grunddaten für die Erlöse der Produkte der Grünen Bioraffinerie

Ansätze Produkte	Erlös Min	Erlös Max	Einheit	Anmerkung
Milchsäure Produkt	650	1000	€/t	Food Grade
Aminosäuren Produkt	350	2500	€/t	min: Futtermittel; max: Segment Lebensmittelegänzung
Strom		0,145	€/kWh el	Ökostromgesetz
Wärme		0,02	€/kWh th	Tarif bei ganzjährige Wärmeauskopplung

**Tabelle 10:** Vergleich des Erlöspotentials von „nur Biogasnutzung“ und einer Koppelnutzung am Beispiel der Grünen Bioraffinerie

NUR Biogasnutzung			Grüne Bioraffinerie				
	Erlös €/t DM		Produkte	Ausbeute		Erlöse [€/t input]	
						Min	Max
Strom	195	***	Biogas	250- 320	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / DM input *	120	160
Wärme	23	****	Milchsäure Produkt	100	kg/t DM input **	65	100
			Aminosäuren Produkt	80	kg/t DM input **	28	200
<b>Summe Erlöse</b>	<b>218</b>		<b>Summe Erlöse</b>			<b>213</b>	<b>460</b>

\* Methanertrag ermittelt im Laborversuchen  
 \*\* konservative Annahme  
 \*\*\* Erlöse aus Praxisbetrieb Biogasanlage Utzenaich; Rohstoff überwiegend MAIS!  
 \*\*\*\* potentielle Erlöse bei 100% Wärmeenergienutzung

Die verwendeten Referenzerlöse für das Szenario „nur Biogas“ stammen aus der Biogasanlage Utzenaich. Es sind Werte, welche aus einem Betriebsergebnis abgeleitet wurden. Es ist anzumerken, dass die Biogasanlage überwiegend mit Mais betrieben wird, da dies Vorteile beim Gasertrag bringt. Die Erlöspotentiale für den Rohstoff Gras liegen etwas geringer, jedoch ist es unrealistisch, dass eine Biogasanlage nur mit Gras betrieben wird.

Für das Szenario „nur Biogas“ liegen die spezifischen Kosten pro Tonne DM (= Trockensubstanz) Input bei 195 €/t DM (Rohstoff 105 €/t DM, Betriebskosten inkl. Personal 28 €/t DM, Abschreibungen 62 €/t DM). Dies zeigt auf, dass ohne eine Veredelung bzw. Verkauf der Abwärme kein operativer Gewinn in der Biogasanlage erzielbar ist.

Der Vergleich zeigt, dass eine Bioraffinerie im Erlösszenario Minimum, welches die Verwertung der Aminosäuren im Massensegment Tierfutter sowie den Verkauf der Milchsäure deutlich unter dem Marktpreis vorsieht, keine wesentliche Verbesserung des Erlöspotentials zur Biogasanlage bringt. Das Szenario Maximum sieht die Verwertung der Aminosäuren (AA) als High-grade-Aminosäuren sowie einen Erlös für Milchsäure (LA) von 1,0 €/kg vor.

Hinsichtlich der Herstellungskosten für die Gewinnung der Koppelprodukte MS und AS in der Bioraffinerie liegen noch keine abgesicherten Ergebnisse aus der Pilotanlage Utzenaich vor. Die Bioraffinerie bei minimalem Erlöseinsatz ist aus gegenwärtiger Datenlage nicht betriebswirtschaftlich. Der Nachweis, dass die Koppelnutzung für das optimistische Erlöspotential wirtschaftlich durchgeführt werden kann, wird gegenwärtig anhand der Pilotanlage Utzenaich untersucht. In diesem Zusammenhang spielen die erzielbaren Produktqualitäten eine wesentliche Rolle.

Jedenfalls stehen im optimistischen Erlöspotential ca. 290 €/t DM für die Abtrennung der Produkte zur Verfügung (Betriebskosten inkl. Abschreibungen).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Grüne Bioraffinerie ein deutlich höheres Erlöspotential aus den Chemierohstoffen hat, als die reine Biogaserzeugung aus Gras.

#### 4.3.6.3 Koppelproduktion von Chemierohstoffen und Endenergieträgern

Die Darstellung der ökonomischen Rahmenbedingungen zeigt deutlich auf, warum eine Koppelproduktion für Gras angestrebt wurde. Dieser Koppelnutzungsansatz zur Abtrennung von Milchsäure und Aminosäuren wurde aus monetären Gründen weiterverfolgt, obwohl die Abtrennung von im Presssaft gelösten Substanzen aus technologischer Sicht als schwierig einzustufen ist.

Die Ausrichtung der Prozesskette der Grünen Bioraffinerie auf die Schlüsselprodukte Milchsäure und Aminosäuren erfolgte durch die Festlegung des Rohstoffs Grassilage, der im Vergleich zum Frischgras haltbar und lagerfähig ist. Im Silageprozess wird der im Gras vorhandene lösliche Zucker in Milchsäure und andere org. Säuren umgewandelt. Das Protein wird bei diesem Prozess ebenso umgewandelt und liegt dann in Einzelbausteinen den Aminosäuren vor.

Beide Schlüsselprodukte verfügen über ein entsprechendes Marktpotential und es gibt etablierte Märkte.

#### 4.3.6.4 Marktaspekte: Relevanz, Akzeptanz und Bewertung

Für die drei Schlüsselprodukte

- Biogas
- Milchsäure
- Aminosäuren

wird im Folgenden kurz eine Marktbewertung zusammengefasst.

##### Biogas

Das Marktpotential von Biogas bildet sich im strategischen Interesse an einer alternativen, auf biogenen Ressourcen basierenden Energieversorgung ab. Dabei stehen folgende Nutzungsaspekte im Vordergrund:

1. Stromproduktion auf Basis von erneuerbaren Ressourcen mittels BHKW
2. Substitution von Erdgas durch Aufbereitung von Biogas zu Erdgasqualität zur Netzeinspeisung
3. Nutzung des aufbereiteten Gases für Mobilität in Gasautos (Bio-CNG, Compressed Natural Gas).

Die Verstromung des Biogases wird durch den Ökostromtarif strategisch gefördert und befindet sich in der Implementierungsphase.

Für die Verwertungsschienen 2 und 3 gibt es nur Einzelumsetzungen, welche in Österreich in F&E-Projekten eingebunden sind.

Der Markt für einen alternativen gasförmigen Energieträger ist enorm, vor allem, wenn die Anbindung an bestehende Netze möglich wird.

##### Milchsäure.

Der gegenwärtige Markt für Milchsäure liegt bei ca. 400.000 t/a und ist im Steigen. Milchsäure wird als Bulk-Chemikalie der Zukunft gesehen, da sie als building block die Basis für eine Reihe von wertvollen Produkten und Anwendungen bildet.

PLA: Polymilchsäure als biologisch abbaubares Polymer

Ethyllactat: ein Lösemittel mit besonderen Eigenschaften

Für diese beiden Anwendungsbereiche wurde in einer amerikanischen Studie<sup>1</sup> die zukünftige Marktgröße für das Jahr 2020 wie folgt abgeschätzt:

- Jene Kunststoffe, die mittels PLA ersetzt werden können, würden im Jahr 2020 zu ca.30 % durch PLA substituiert.
- Ethyllactat hätte einen Marktanteil von 10 % aller Lösemittel auf dem US-Markt.

### Aminosäuren

Der Anwendungsbereich von Aminosäuren ist breit gefächert und erstreckt sich vom Futtermittelbereich, Lebensmitteladditiv (z.B. Färbung, Ansäuern) bis hin zu den High-grade-Anwendungen bei funktionalen Lebensmitteln, Nahrungsergänzungen sowie Pharmaanwendungen.

Gemäß der Reinheit des Aminosäuren-Produktes, der Zusammensetzung einer AA-Mischung oder sogar einer Einzelaminosäure ergibt sich ein spezifischer Marktwert. Wesentlicher Vorteil der in einer Bioraffinerie abgetrennten Aminosäuren ist, dass sie nicht klassisch hergestellt werden (chemische Synthese; biotechnologische mittels GMO (Genetically Modified Organism) veränderte Organismen etc). Vor allem in der Branche Bio-Produkte – und dies gilt auch für Bio-Futtermittel – ist diese Herstellungseinschränkung eine Bedingung. Es ist daher nachvollziehbar, dass die Aminosäuren-Gemische aus der Bioraffinerie am Markt ein gewisses Alleinstellungsmerkmal haben (werden), wobei vor allem bei geringer Implementierungsrate der Technologie ausgezeichnete Marktchancen identifiziert wurden. Die besten Verwertungsoptionen gibt es im Bereich der Nahrungsergänzungsmittel sowie AA für Bodycare-Produkte. Die technische Herausforderung besteht in diesen Segmenten in der Herstellung der richtigen Mischung.

Der größte Markt für Aminosäuren ist das Segment der Futtermittel, wobei hier insbesondere die Herstellung von Futtermitteln für Bio-Betriebe lukrativ ist.

Es sei in diesem Zusammenhang angemerkt, dass ab Herbst 2010 ein Substitut für die bis dato etablierten Methioninquellen im Bio-Futtermittelbereich für die Geflügelmast etabliert werden sollte, da die bisherigen Quellen nicht die Auflagen der Bio-Zertifizierung erfüllen.

Der allgemeine Futtermittelmarkt für Proteine und Aminosäuren ist in Europa sehr groß. Die Proteinversorgung erfolgt gegenwärtig primär über die Futterpflanze Soja, welche in großem Maß importiert wird. 2007 betrug der Import an SBM (SoyBean Meal) in die EU 27 ca. 22<sup>2</sup> Mio. t. Die Selbstversorgungsrate an Soja war in 2007 nur 2 %, d.h. 98 % wurden durch Importe abgedeckt. Die Abhängigkeit von Importen ist in diesem Bereich weit größer als in der Energieversorgung. Diese Zahlen zeigen deutlich auf, welchen Stellenwert eine eigene Versorgung (z.B. über die Grüne Bioraffinerie) von Proteinen oder Aminosäurenprodukten für Europa haben könnte. Die Erlöse, welche durch die Substitution des Sojaproteins durch Grasproteinkonzentrat entstehen könnten, sind allerdings gering, weshalb die Produktentwicklung primär nicht auf dieses Segment abgezielt hat.

Auf Basis des gegenwärtigen Technologiestandes wäre die Wirtschaftlichkeit eines Produktfolio Biogas kombiniert mit einem Protein bzw. Aminosäureprodukt für den allgemeinen Futtermittelmarkt für eine Grüne Bioraffinerie nicht gegeben. Dafür müssten wesentliche Einsparungen bei den Produktionskosten entlang der Prozesskette sowie beim Rohstoff selbst erfolgen.

Jedoch ist dieser Ansatzpunkt durchaus sinnvoll, da die Energieproduktion und der Futtermittelbereich für sich zwei riesige Märkte darstellen, die sich für die Koppelproduktion anbieten.

---

<sup>1</sup> M Paster et al. *Bioproduct today and tomorrow*

<sup>2</sup> Feed and Food, Statistical Yearbook 2007; European Feed Manufacturers Federation FEFAC

#### 4.3.6.5 Auswirkungen auf die ländliche Entwicklung und Arbeitsplatzeffekte

Eine wesentliche Motivation der Entwicklung der Prozesstechnologien der Grünen Bioraffinerie, war der Umstand, dass in Österreich eine nennenswerte Dauergrünlandfläche nicht mehr für die klassische Veredelungsschiene Milchwirtschaft/ Fleischproduktion verwendet wird. Der Grund dafür liegt in einer generellen Umstrukturierung im ländlichen Bereich, welche bereits über viele Jahre verfolgt werden kann. Herr Doz. Buchgraber (BAL Gumpenstein) bewertet den ungenutzten Grünlandanteil in Österreich mit mindestens 100.000 ha.

Die Entwicklung der Grünen Bioraffinerie wurde von Beginn an mit dem Ziel vorangetrieben, positive Impulse und Arbeitsplatzeffekte für den ländlichen Raum zu generieren.

Das Arbeitsplatzpotential einer Umsetzung der Grünen Bioraffinerie im Produktionsmaßstab (20.000-30.000 t DM (Trockensubstanz)/a Grassilage Input) wird mit ca. 20-25 Vollzeitbeschäftigten nur in der Verarbeitung der Biomasse abgeschätzt. Die Effekte für den Primärproduktionsbereich sind schwieriger zu quantifizieren, da die generierte Wertschöpfung auf eine Vielzahl von Landwirten aufgeteilt würde. Jedenfalls hätte die Schaffung eines Rohstoffmarktes für Grassilage auch weitere positive Auswirkungen. So ist es plausibel, dass die Grünbrache wieder vermehrt in die landwirtschaftliche Fruchtfolge etabliert würde, was weniger Kunstdünger und auch einen Beitrag zum Boden- und Grundwasserschutz bedeuten würde.

Die Marktreife der Technologie vorausgesetzt, wird in Österreich mittelfristig ein Potential für ca. zehn Grüne Bioraffinerie Produktionsanlagen gesehen.

#### 4.3.7 Ökologische Aspekte von Bioraffinerie-Systemen

##### 4.3.7.1 Methodenentwicklung

Der österreichische Beitrag zu den ökologischen Aspekten von Bioraffinerie-Systemen war die Methodenentwicklung zur ökologischen Bewertung, die von Österreich vorgeschlagen und in den Task Meetings präsentiert bzw. diskutiert wurde. Diese Methode wurde auch beim Bioraffinerie-Trainingskurs und auf einschlägigen Fachtagungen präsentiert und diskutiert (Jungmeier et al. 2009).

Diese Methodenentwicklung und deren aktueller Stand werden im Folgenden beschrieben.

Ein Schwerpunkt in der Task war die Analyse von möglichen Vorteilen von Bioraffinerie-Systemen im Vergleich zu konventionellen Systemen der Biomasse-Nutzung. Es wurden Ansätze für einen ökologischen Vergleich erarbeitet, die auf erste Fallbeispiele, z.B. Grüne Bioraffinerie, Holz-Bioethanol-Bioraffinerie, angewandt wurden.

Die Zunahme der Nutzung von Biotreibstoffen ist eine wesentliche Motivation zukünftig verstärkt Biotreibstoffe in Bioraffinerien sehr effizient zu erzeugen. Hierbei fallen auch nicht energetische Produkte an, z.B. Biomaterialien, Biochemikalien, die zusätzlichen ökonomischen und ökologischen Nutzen erwarten lassen.

Eine wesentliche Herausforderung ist es zu zeigen, dass eine Bioraffinerie als „Multi-Product-System“ wesentliche Vorteile im Vergleich zu „Single-Product-System“ hat. Diese möglichen Vorteile können grundsätzlich technische, ökonomische, ökologische und auch gesellschaftliche Aspekte betreffen.

In der IEA Bioenergy Task 42 "Biorefineries - Co-production of Fuels, Chemicals, Power and Materials from Biomass" wurde eine Methodenentwicklung begonnen, um ein erstes methodisches Gerüst für derartige Vergleiche und Analysen zu etablieren. Hierzu wurden auch die folgenden Fallbeispiele diskutiert:

1. Die Grüne Bioraffinerie
2. Bioethanol Bioraffinerie aus Stroh und Holz, sowie
3. Bioethanol und Phenole aus Holz.

Zunächst wurden die folgenden Definitionen erarbeitet, die für den Vergleich herangezogen werden:

- *Bioraffinerie oder "Multi-Produkt-System" ist die nachhaltige Umwandlung von Biomasse in ein Spektrum von vermarktbareren Produkten – Biotreibstoffe und Biomasse-basierte Materialien, wobei andere Energieträger (z.B. Strom) gekoppelt erzeugt werden können*
- *"Einzel-Produkt-Prozesse": Ein Einzel-Produkt-Prozess ist die Umwandlung von Biomasse in ein vermarktbares Produkt, das ein Energieträger oder ein Biomasse-basiertes Material sein kann, z.B. Holzpellets zur Heizung*
- *"Konventionelles System": ein konventionelles System ist die Umwandlung von Biomasse oder fossilen Rohstoffen in ein oder mehrere vermarktbare Produkte, die sowohl Energieträger als auch Materialien sein können. Diese konventionellen Prozesse sind bereits heute kommerziell verfügbar und im Einsatz, z.B. Biomasse zur Strom- und Wärmeerzeugung.*

Als die wesentlichen Eckpunkte für den Vergleich wurde Folgendes erarbeitet (Abbildung 33, Seite 46):

- Das Bioraffinerie-System und das konventionelle System müssen die selben Produkte bzw. Dienstleistungen im gleichen Umfang und Qualität bereitstellen, z.B. die selbe Transportdienstleistung mit Biotreibstoffen, die selbe Art und Qualität an Biomaterialien und Biochemikalien (Abbildung 32, Seite 45).
- Für beide Systeme muss die selbe Menge und Qualität an Biomasse-Rohstoff betrachtet werden, z.B. auch jene Biomasse, die vielleicht in einem der beiden Fälle nicht genutzt wird wie etwa Holz aus der Durchforstung, das im Wald verbleibt und natürlich abgebaut wird.
- In beiden Systemen muss die gleiche land- und forstwirtschaftliche Fläche berücksichtigt werden, die zur Produktion der Biomasse-Rohstoffe in einem der beiden Systeme gebraucht wird.
- In beiden Systemen muss die gesamte Wertschöpfungskette vom Biomasse-Rohstoff bis zur Dienstleistung betrachtet werden.

Diese Methode für den Vergleich von Bioraffinerien mit konventionellen Systemen kann für unterschiedliche Umweltwirkungen (z.B. Treibhausgas-Emissionen, fossiler Energieeinsatz) als auch für andere Bewertungsaspekte (z.B. Produktionskosten, Arbeitsplätze) angewandt werden.

Diese Methode für den Vergleich wurde in der Task auf drei Fallbeispiele angewandt und diskutiert, die im Folgenden kurz beschrieben werden. Für das dritte Fallbeispiel wurde durch die österreichische Mitarbeit auch ein quantitativer Vergleich durchgeführt, der im nächsten Abschnitt im Detail beschrieben ist.

In Abbildung 34, Seite 46 ist das Fallbeispiel „Die Grüne Bioraffinerie“ im Vergleich zu einem konventionellen System dargestellt, in der aus Gras Biomethan und Chemikalien erzeugt werden. Das konventionelle System ist die Biogaserzeugung aus Gras und die Erzeugung der Chemikalien für Kunststoffe aus Rohöl. Da angenommen wurde, dass bei der Grünen Bioraffinerie pro Tonne Gras weniger Biogas erzeugt werden kann, da der Presssaft zur Erzeugung von Chemikalien genutzt wird und daher nicht zur Biogaserzeugung zu Verfügung steht, wird bei der Grünen Bioraffinerie noch zusätzliches Erdgas beim Vergleich berücksichtigt.

In Abbildung 35, Seite 47 ist die IBUS Bioraffinerieanlage in Dänemark untersucht worden, in der aus Stroh Bioethanol, Strom, Wärme und Tierfutter erzeugt werden. Im konventionellen System wird das Stroh in einer KWK (Kraft-Wärme-Kopplung)-Anlage zur Strom- und

Wärmeerzeugung eingesetzt, das Tierfutter wird aus Getreide und der Treibstoff aus Benzin zur Verfügung gestellt. Da bei der Erzeugung von Bioethanol aus Stroh weniger Strom und Wärme erzeugt werden kann im Vergleich zur Erzeugung von Strom und Wärme in der KWK-Anlage, muss das Bioraffinerie System noch um eine zusätzliche Strom- und Wärmeerzeugung für den Vergleich ergänzt werden. In Dänemark wäre das die Strom- und Wärmeerzeugung aus Kohle. Das Getreide würde im Fall der Bioraffinerie nicht angebaut werden und die landwirtschaftliche Fläche würde still gelegt werden (Brache).

In Abbildung 36, Seite 47 ist das Fallbeispiel einer Bioraffinerieanlage zur Erzeugung von Bioethanol, Strom, Wärme und Phenolen aus Holz dargestellt. Im konventionellen System würde das Holz im Wald verbleiben und dort natürlich abgebaut werden. Der Strom würde aus Erdgas in einem GuD (Gas- und Dampf)-Kraftwerk erzeugt werden, die Wärme würde aus Heizöl kommen, der Treibstoff ist Benzin und das Phenol wird synthetisch aus Erdöl erzeugt.

Für diese Beispiele wurde als Ausgangsmenge 1 t Stroh bzw. 1 t Holz angenommen, die durch die Umwandlungsprozesse in die angeführten Mengen Endprodukte und Energien (Wärme und Strom) umgewandelt werden. Für diese Umwandlungsprozesse wurden die Informationen aus den bestehenden Pilotanlagen verwendet.

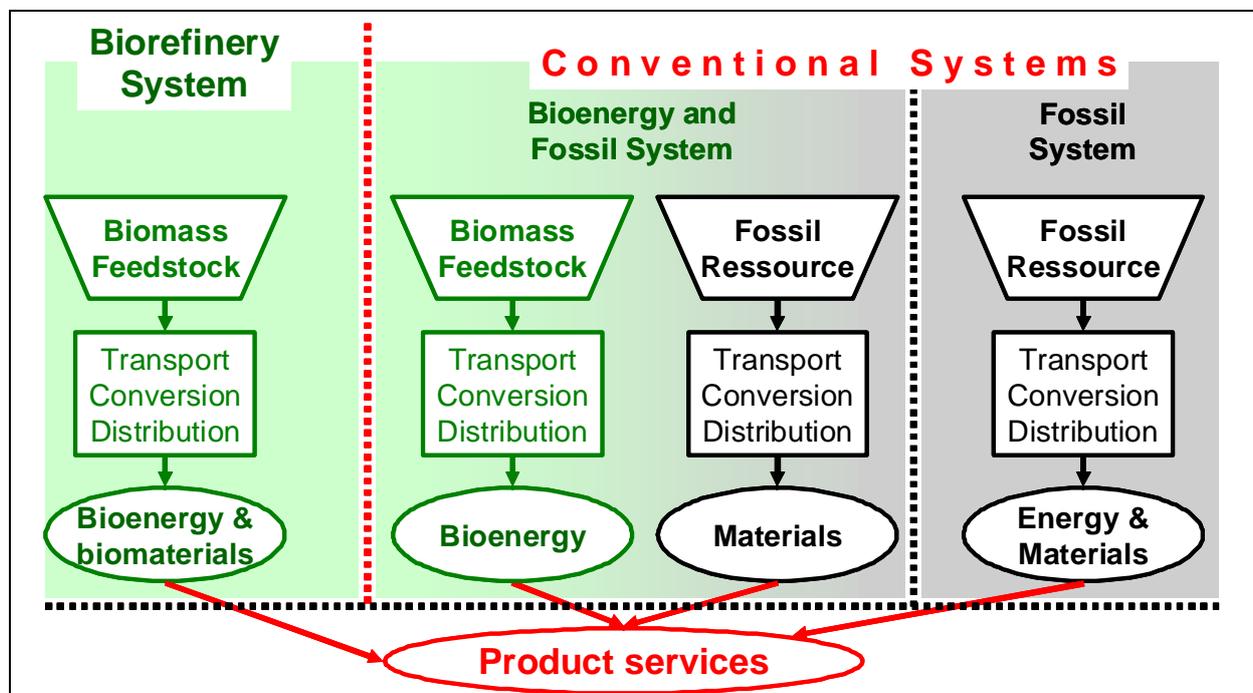


Abbildung 32: Was sind die konventionellen Systeme?

- ✓ Same amount of products with same services
- ✓ Same amount and type of biomass input
- ✓ Same amount of agricultural/forestry area used
- ✓ Whole chain approach e.g. life cycle, value chain

Abbildung 33: Grundlagen für den Vergleich

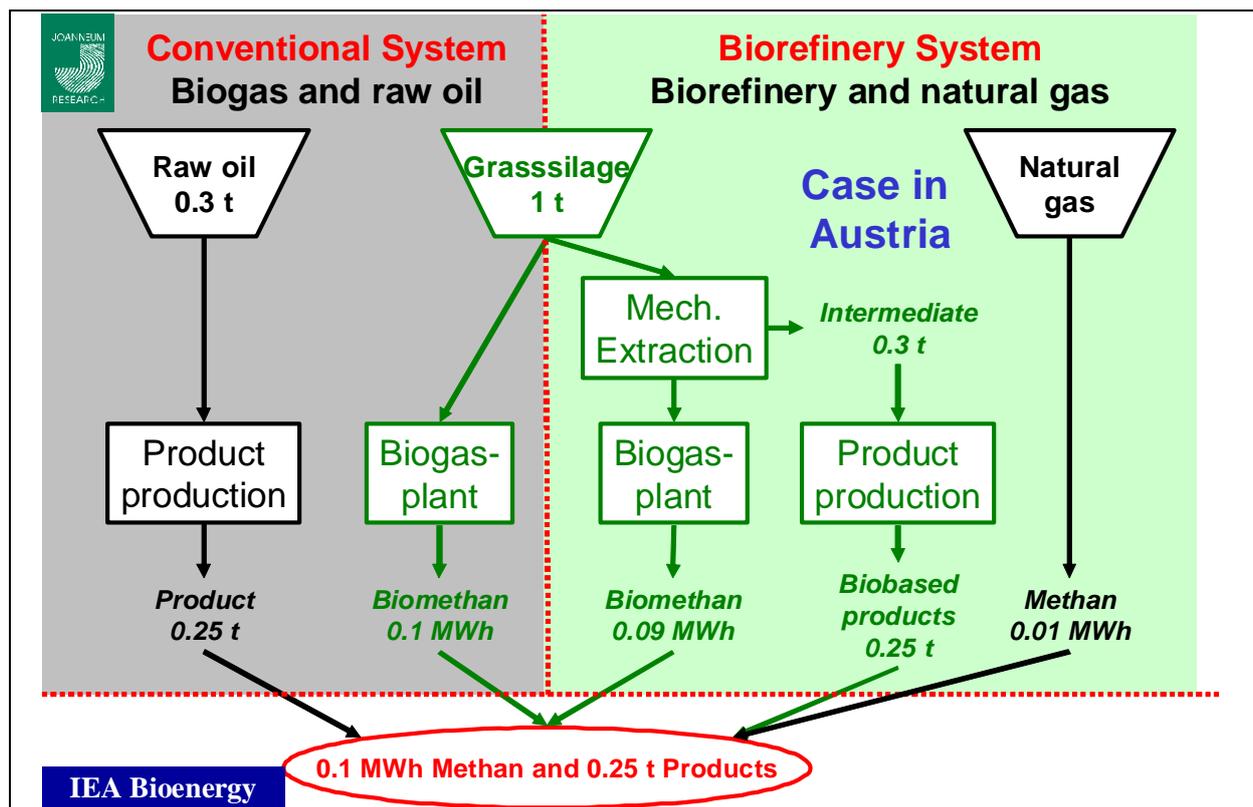


Abbildung 34: Beispiel Grüne Bioreffinerie

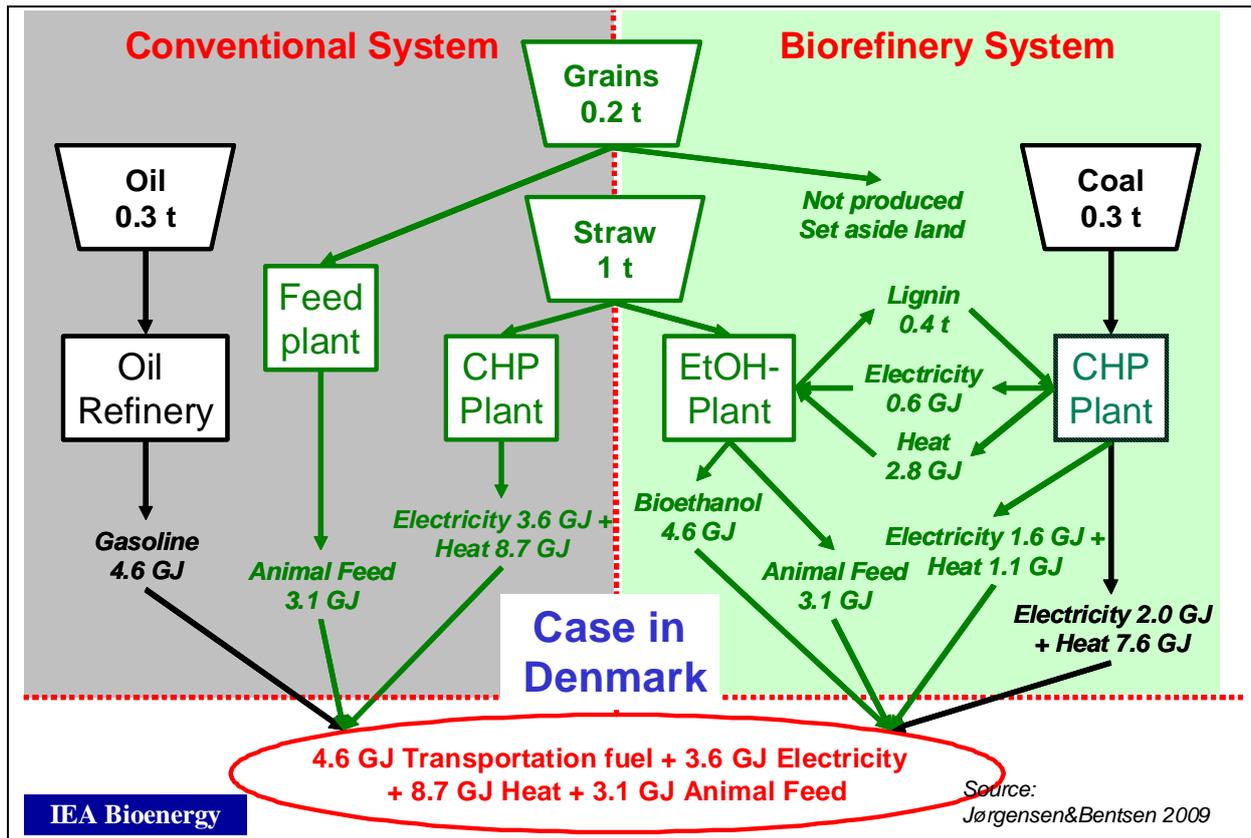


Abbildung 35: Beispiel 2: IBUS Bioraffinerie in Dänemark

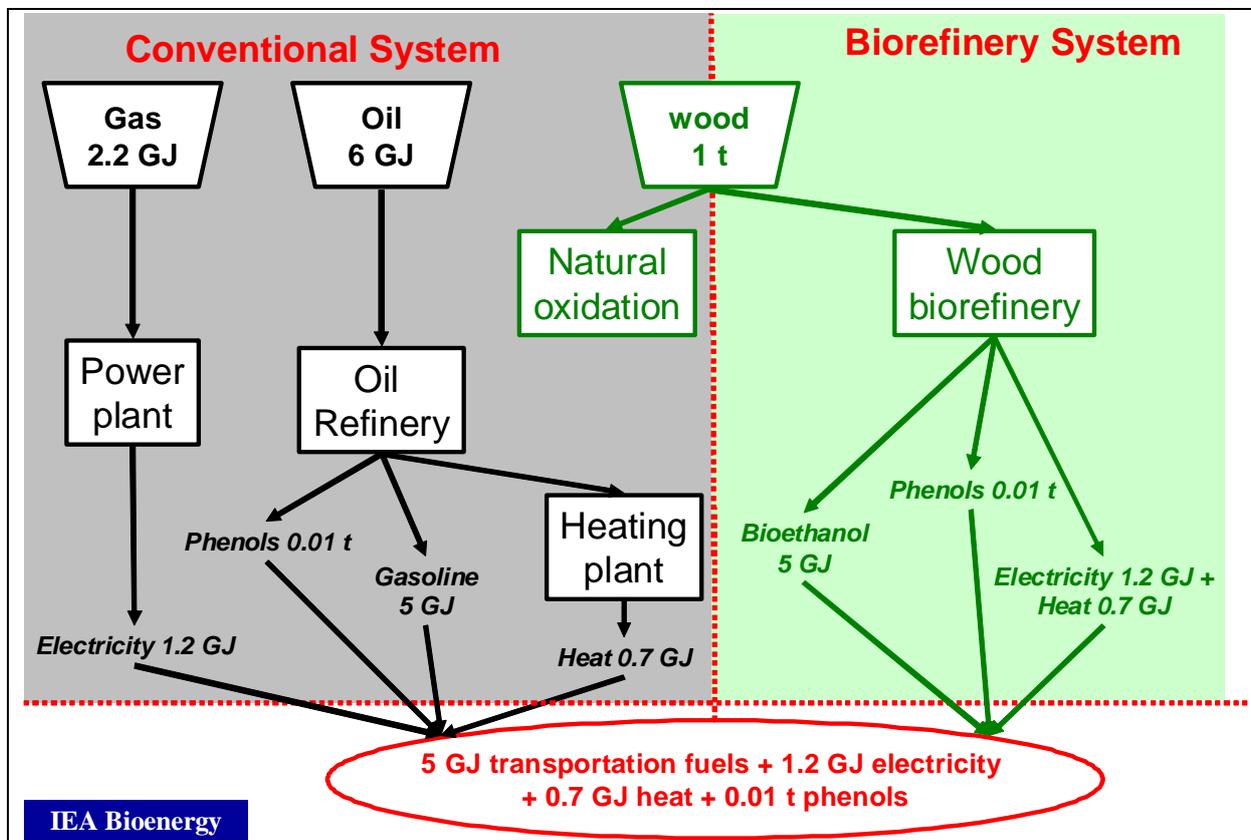


Abbildung 36: Beispiel 3: Holz-Bioraffinerie für Bioethanol und Phenole (Beispiel Österreich)

#### 4.3.7.2 Treibhausgas-Bewertung: Fallbeispiel „Holz-Bioethanol-Bioraffinerie“

Für die Bioraffinerie zur Erzeugung von Bioethanol, Strom, Wärme und Phenole aus Holz (siehe Abbildung 33, Seite 47) wurden mit der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Methode die Treibhausgas-Emissionen und der fossile Primärenergieaufwand im Vergleich zu unterschiedlichen konventionellen System untersucht. In Abbildung 37, Seite 49 ist das Konzept der Bioraffinerie dargestellt. Aus dem Hackgut wird in der Hydrolyse C5- und C6-Zucker erzeugt, der dann in der Fermentation zu Bioethanol umgewandelt wird. Das Lignin wird zum Teil zur Strom- und Wärmeerzeugung verbrannt und zum anderen Teil nach entsprechender Trocknung pyrolysiert. Aus dem dabei erzeugten Pyrolyseöl werden die Phenole abgetrennt und der Rest wird ebenfalls der Verbrennung zur Strom- und Wärmeerzeugung zugeführt. Die Phenole können z.B. zur Erzeugung von Harzen für die Plattenindustrie eingesetzt werden und dabei konventionelle Phenole ersetzen.

In Abbildung 38, Seite 49 sind die unterschiedlichen Referenzsysteme für den Vergleich dargestellt. Insgesamt sind vier unterschiedliche Referenzsysteme möglich, je nachdem, welche Produkte der Bioraffinerie aus Holz bzw. aus fossilen Energieträgern erzeugt werden: Referenzsystem Holzpolygeneration: Polygeneration mit Holz, konv. Phenole: Biotreibstoff, Strom und Wärme aus Holz, Phenole aus Erdöl.

Referenzsystem Holz KWK: Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit Holz, Benzin PKW, kon. Phenole: Strom und Wärme aus Holz, Treibstoff Benzin aus Erdöl, Phenole aus Erdöl.

Referenzsystem Holzheizung: Holzheizanlage, Erdgas GuD, Benzin PKW, kon. Phenole: Wärme aus Holz in einer Holzheizung, Strom erzeugt in einem Gas- und Dampfkraftwerk mit Erdgas, Treibstoff Benzin aus Erdöl, Phenole aus Erdöl.

Referenzsystem Ölheizung: Ölheizanlage, Erdgas GuD, Benzin PKW, kon. Phenole: Wärme aus Heizöl Leicht in einer Ölheizung, Strom erzeugt in einem Gas- und Dampfkraftwerk mit Erdgas, Treibstoff Benzin aus Erdöl, Phenole aus Erdöl.

Für alle diese Systeme wurde eine Lebenszyklusanalyse durchgeführt. In Abbildung 39, Seite 50 sind die Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus der Systeme dargestellt, wobei sich zeigt, dass das Bioraffineriesystem die geringsten jährlichen Treibhausgas-Emissionen hat (48.000 t/CO<sub>2</sub>-Äq./a). Im Vergleich zu Referenzsystem Ölheizung, welches die höchsten THG-Emissionen aufweist, ergibt sich damit eine Treibhausgas(THG)-Reduktion von 88 %. Das Referenzsystem Holzheizung hat um 10 % niedrigere THG-Emissionen und das Referenzsystem Holz KWK um 29 % reduzierte THG-Emissionen gegenüber Referenzsystem Ölheizung. Das Referenzsystem Holz Polygeneration weist um 86 % niedrigere TGH-Emissionen gegenüber dem Referenzsystem Ölheizung auf und erweist sich – aus Sicht der Reduktion von THG-Emissionen – als zweitbeste technologische Option.

In Abbildung 40, Seite 50 sind die spezifischen Treibhausgas-Reduktionen bezogen auf 1 Tonne Holz dargestellt, wobei sich zeigt, dass im Bioraffineriesystem mit 0,5 t CO<sub>2</sub>-Äq/t<sub>Holz</sub> die geringste spezifische Reduktion erreicht werden kann, bei Einsatz von Holz nur zur Wärmeerzeugung mit 0,93 t CO<sub>2</sub>-Äq/t<sub>Holz</sub> die höchste spezifische Reduktion.

In Abbildung 41, Seite 51 ist nun die spezifische Treibhausgas-Reduktion und die jährliche Treibhausgas-Reduktion aufgetragen, wobei zu erkennen ist, dass nur mit der Bioraffinerie die höchste jährliche Reduktion zu erreichen ist, allerdings zu den geringsten spezifischen Reduktionen bezogen auf eine Tonne Holz. Ist Holz eine knappe Ressource, dann bietet deshalb die Option Holz anstelle von Öl zur Wärmeerzeugung eine vorteilhafte Möglichkeit Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Für das Referenzsystem Ölheizung ergibt sich keine THG-Reduktion.

In Abbildung 42, Seite 51 ist der kumulierte Primärenergieaufwand im Lebenszyklus der untersuchten Systeme dargestellt. Die Holz Bioethanol Bioraffinerie hat den höchsten kumulierten Primärenergieaufwand, jedoch den geringsten fossilen kumulierten Primärenergieaufwand.

In Abbildung 43, Seite 52 ist die spezifische Reduktion des fossilen Primärenergieaufwandes pro Tonne Holz dargestellt, der wiederum für die Bioraffinerie am geringsten und für die Wärmeerzeugung aus Holz am höchsten ist, analog zu den oben dargestellten spezifischen Treibhausgas-Reduktionen. Für das Referenzsystem Ölheizung ergibt sich keine Reduktion des fossilen Primärenergieaufwandes.

Anhand dieses Fallbeispiels konnte gezeigt werden, wie komplex der Vergleich von Bioraffinerie-Systemen zu konventionellen Systemen sein kann, dass es jedoch methodisch gelöst ist, wie dieser Vergleich durchgeführt werden kann. Die Ergebnisse illustrieren, wie wichtig die Festlegung der konventionellen Systeme ist, und welcher Einfluss auf die Ergebnisse hierdurch erwartet werden kann.

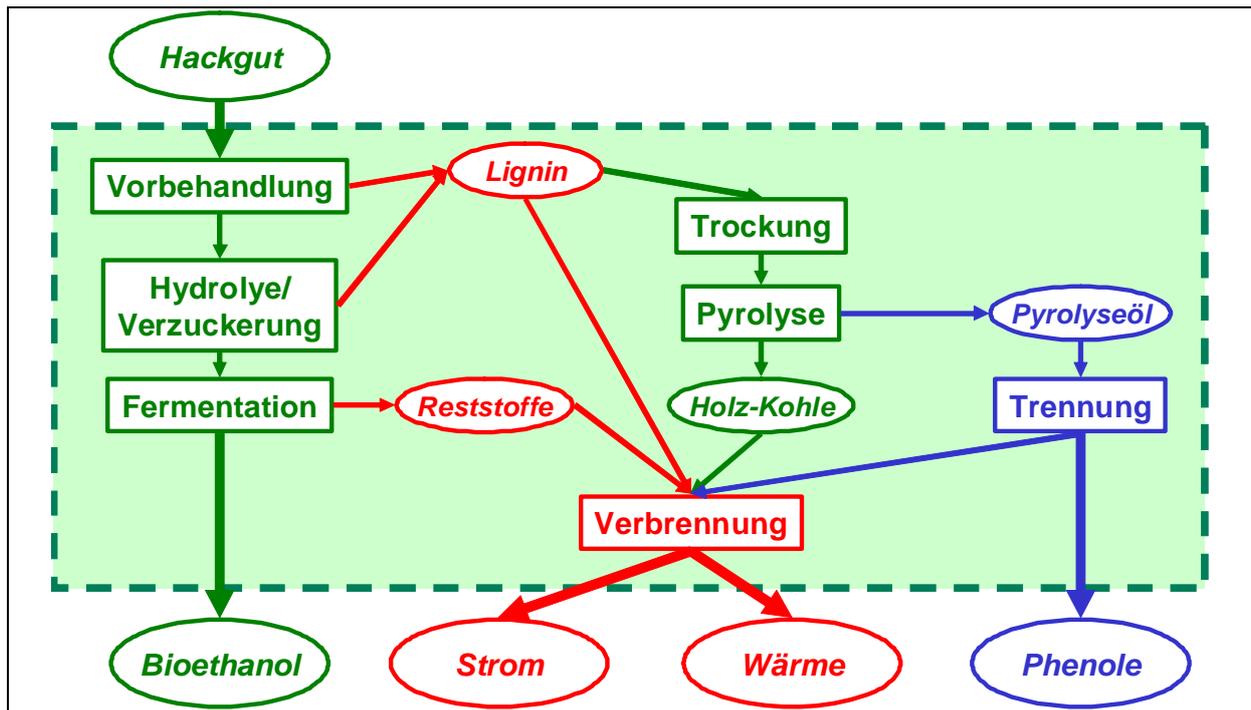


Abbildung 37: Konzept: Holz-Bioraffinerie für Bioethanol und Phenole

Systeme	Produkte			
	Wärme	Strom	Transport-Dienstleistung	Phenole
	110 GWh/a	175 GWh/a	1.000 Mio. km/a	5.600 t/a
Holz Bioethanol Bioraffinerie	Hackgut			
Holz Polygeneration, konv. Phenole	Hackgut			Erdöl
Holz KWK **, Benzin PKW, kon. Phenole	Hackgut		Benzin	Erdöl
Holzheizung, Erdgas GuD, Benzin PKW, kon. Phenole	Hackgut	Erdgas	Benzin	Erdöl
Ölheizung, Erdgas GuD, Benzin PKW, kon. Phenole	Heizöl	Erdgas	Benzin	Erdöl

Abbildung 38: Mögliche konventionelle Vergleichssysteme für die Umweltbewertung

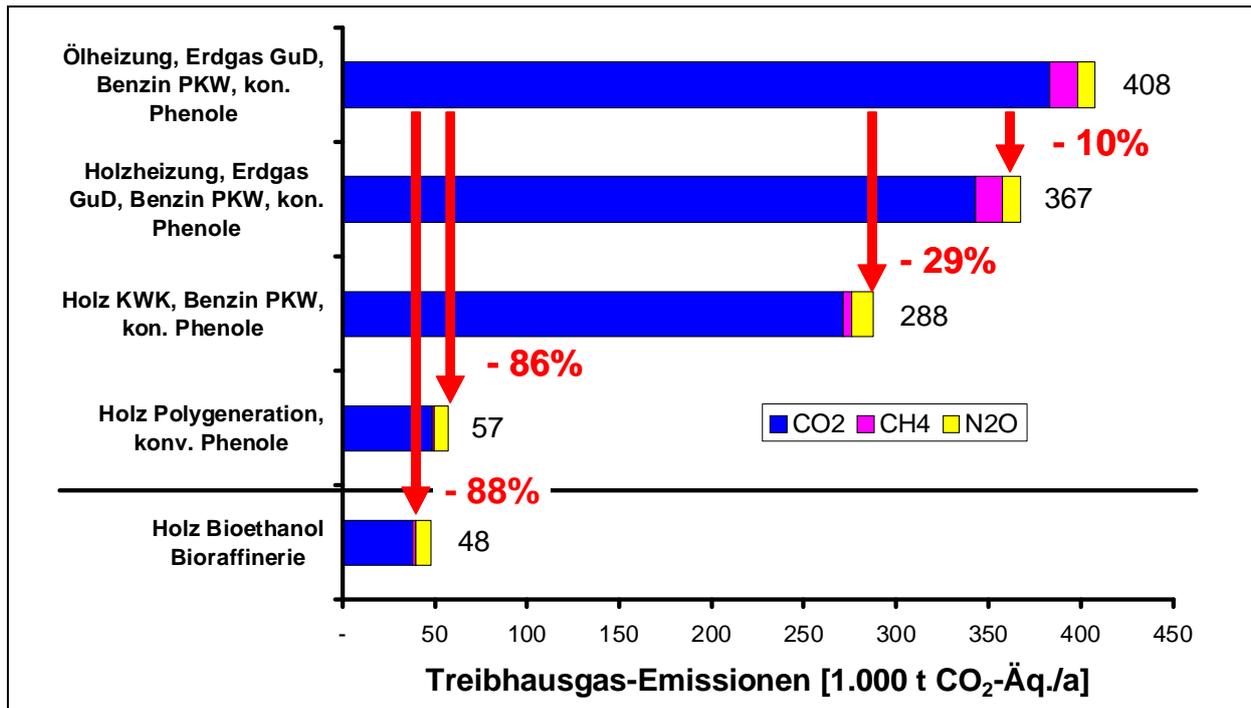


Abbildung 39: Treibhausgas-Emissionen

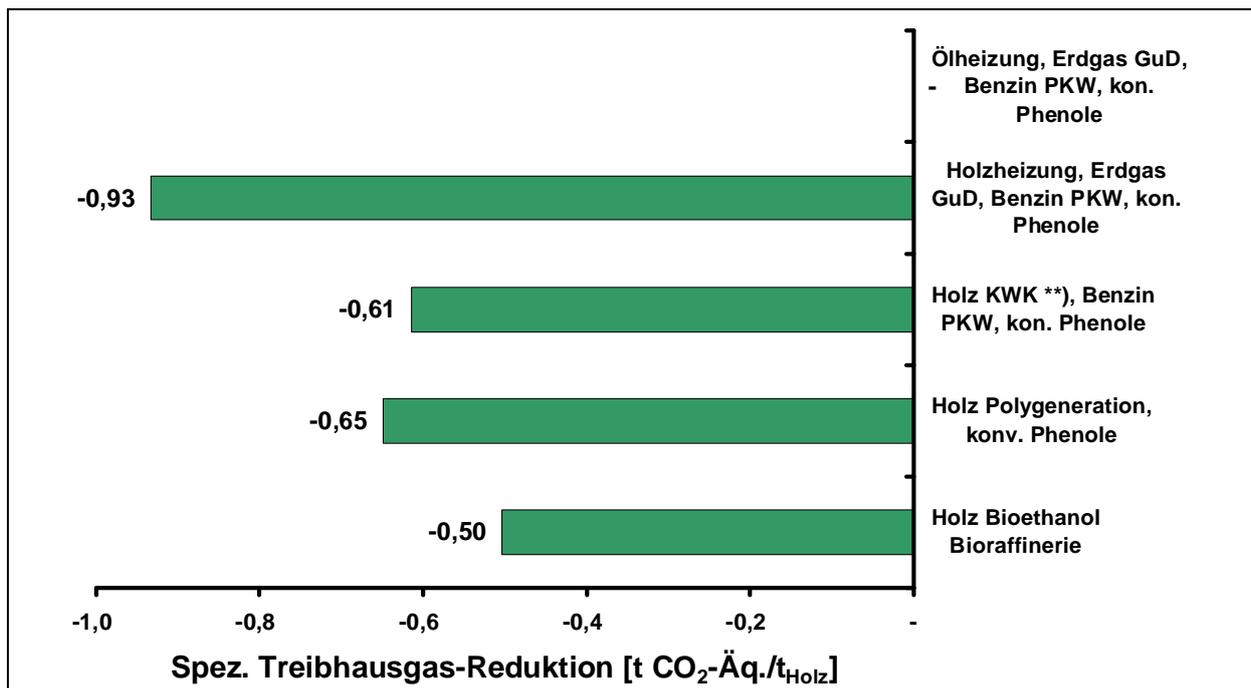


Abbildung 40: Spezifische Treibhausgas-Reduktion pro Tonne Holz

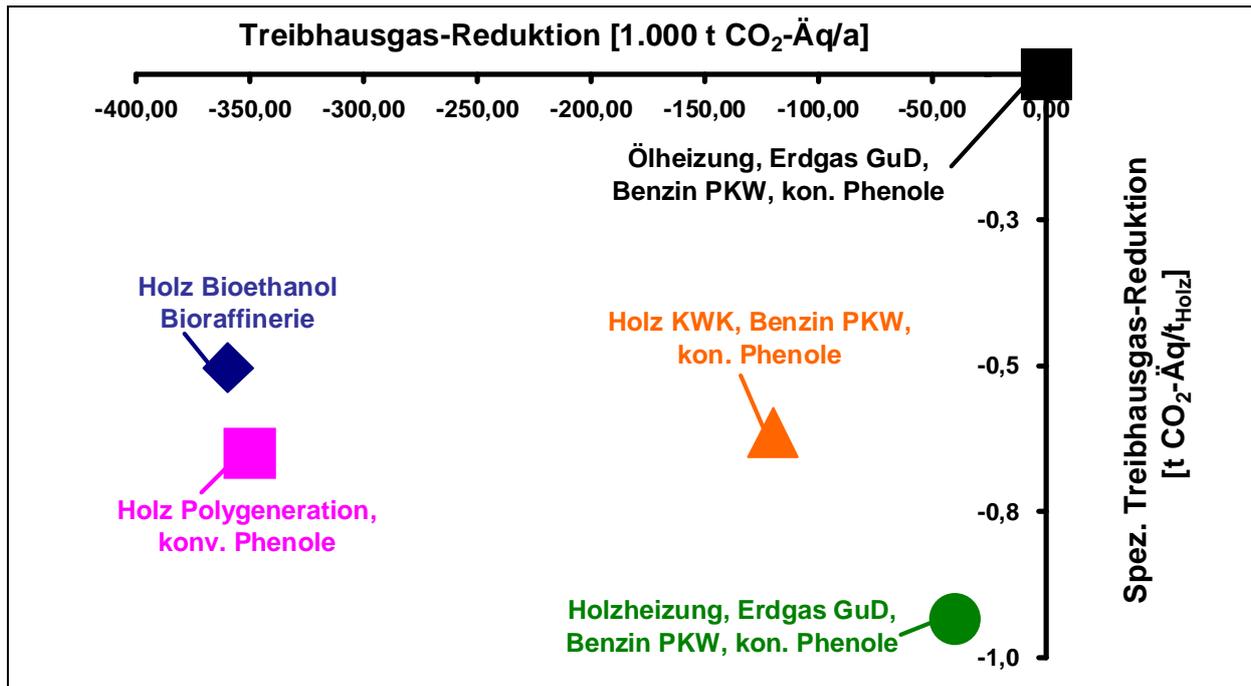


Abbildung 41: Spezifische und gesamte Treibhausgas-Reduktion

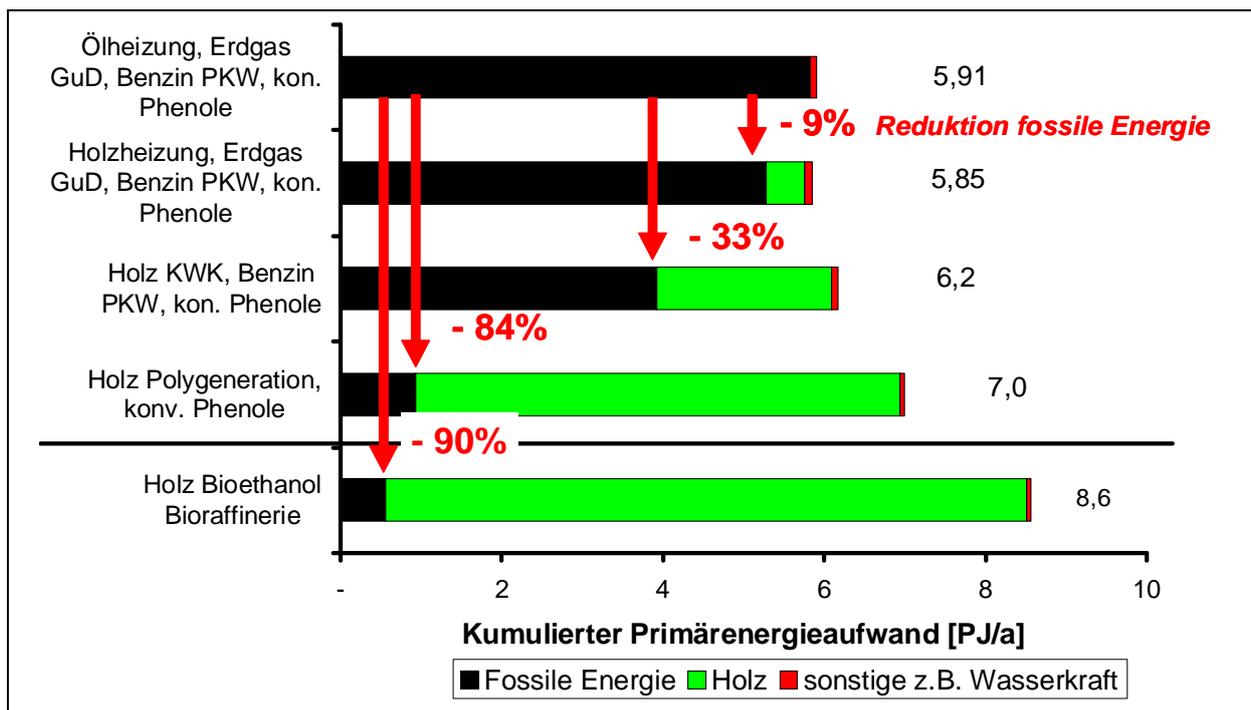


Abbildung 42: Kumulierter Primärenergieaufwand

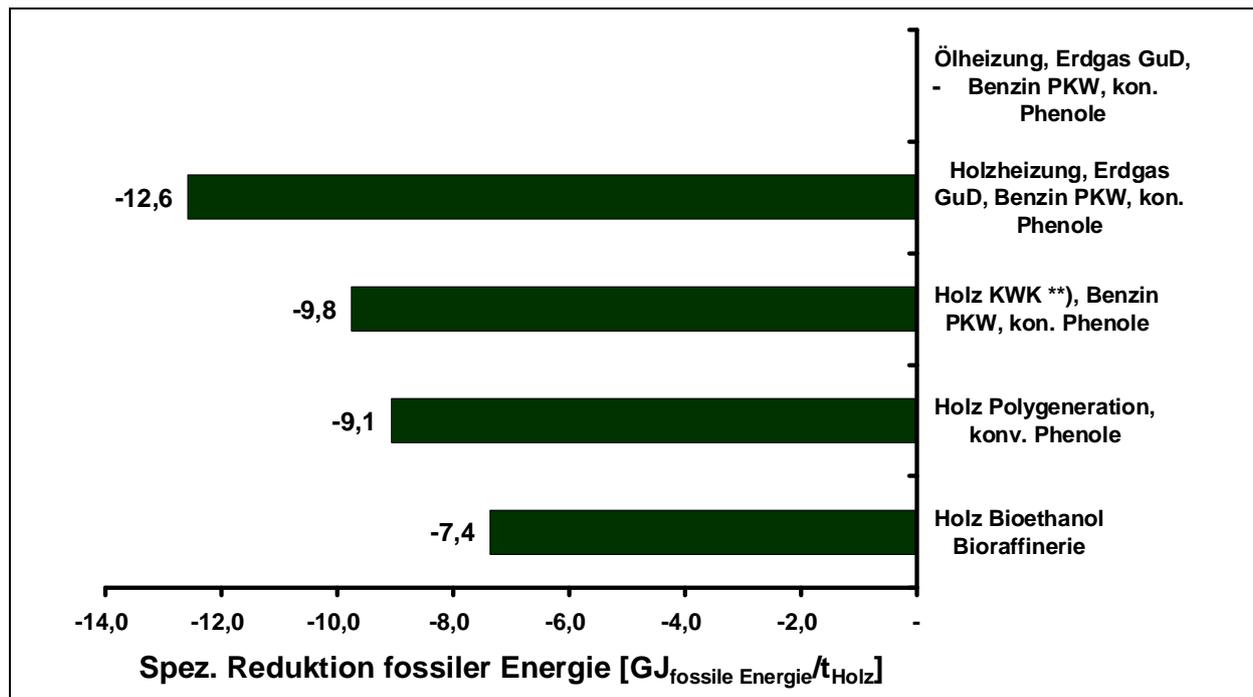


Abbildung 43: Spezifische Reduktion des fossilen Primärenergieaufwandes

## 5 Know-how-Transfer

In der Zeitschrift "Nachwachsende Rohstoffe" wird in enger Zusammenarbeit mit M. Wörgetter (FJ-BLT Wieselburg) im Sonderteil IEA Bioenergy regelmäßig über die österreichischen Aktivitäten in IEA Bioenergy berichtet. Abwechselnd werden die aktuellen Arbeiten in den einzelnen Tasks präsentiert. Ergänzend wird über Österreich relevante Inhalte von IEA Bioenergy informiert wie Ergebnisse aus den ExCo-Meetings oder Ankündigung von Workshops und Meetings sowie neue Publikationen (siehe <http://blt.josephinum.at/index.php?id=342>).

Beim Netzwerktreffen des BMVIT „Österreichische Aktivitäten im Technologieprogramm der IEA“ am 2. Oktober 2007 wurde über die Task „Biorefineries“ in IEA Bioenergy vom National Team Leader berichtet. Das Programm und die Vorträge sind auf der Internetseite „energytech.at“ verfügbar (siehe [http://energytech.at/\(de\)/results.html?id=5036](http://energytech.at/(de)/results.html?id=5036)).

Beim Netzwerktreffen am 24. November 2009 berichtete J. Spitzer über die Organisation und Ausrichtung von IEA Bioenergy (neuer „Strategic Plan 2020-2016“), die österreichische Beteiligung ab 2010, über Technologieentwicklungen und politische Diskussionen zu Biotreibstoffe und Landnutzungsänderungen. Das Programm und die Vorträge sind als download verfügbar (siehe [http://energytech.at/\(de\)/results/id5793.html](http://energytech.at/(de)/results/id5793.html)).

Zur Vernetzung der Aktivitäten in Österreich wurde als Start für den Aufbau und die Etablierung einer Stakeholder-Plattform ein Workshop „Biorefinery – Austrian Activities and IEA Bioenergy Task 42“ am 4. Oktober 2007 in Wien gemeinsam mit Task 42 abgehalten, bei dem die österreichischen Stakeholder teilgenommen haben. Aus den etwa 40 Teilnehmern wurde das österreichische „National Team“ gebildet, das in den Informationsaustausch der Task 42 eingebunden ist. Die Mitglieder des National Teams sind aus der Industrie, Forschung und Verwaltung. Im Rahmen von zwei Workshops in Österreich von Task 38 und Task 39 wurden Vorträge zu den Aktivitäten der Task 42 gehalten, um die Information zu Task 42 bekannt zu machen und mit den Aktivitäten der anderen IEA Bioenergy Task abzustimmen und zu vernetzen.

Wie vorgesehen hat die IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries“ auch einen Trainingkurs „Adding Value to the Sustainable Utilisation of Biomass“ zu Bioraffinerien abgehalten, der am

12. Juni 2009 in Genth, Belgien stattgefunden hat. Das Programm dieses Kurses ist in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt. Von den insgesamt sechs Vorträgen waren die folgenden drei der Beitrag der österreichischen IEA Beteiligung:

1. Definition & Classification
2. Green Biorefinery
3. Sustainability Assessment – LCA

An dem Bioraffinerie-Trainingskurse haben etwa 50 TeilnehmerInnen mitgemacht.

Der gesamte Trainingskurs ist verfügbar auf der Homepage von Task 42 unter (<http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42/training-course/>).

**Tabelle 11: Programm des Bioraffinerie-Trainingskurses in Genth im Juni 2009**

	Subject	Lecturer
13.00 – 13.30	Registration and Welcome	René van Ree
13.30 – 14:00	General Introduction on Biorefinery	Prof.dr. Johan Sanders (NL)
14.00 – 14.25	Definition & Classification	Dr. Gerfried Jungmeijer (AT)
14.25 – 15.00	Lignocellulosic Feedstock Biorefinery – BioSynergy and beyond	Dr. Hans Reith (NL)
15.00 – 15.25	Green Biorefinery	Dr. Michael Mandl (AT)
15.25 – 15.55	Coffee Break	All
15.55 – 16.20	Marine Biorefinery	Dr. Maria Barbosa (NL)
16.20 – 16.45	Sustainability Assessment - LCA	Dr. Gerfried Jungmeijer (AT)
16.45 – 17.00	Final discussion and closing remarks	René van Ree

Auf der Internetseite Nachhaltig Wirtschaften wird IEA Bioenergy präsentiert, über die jeweilige Task berichtet und Veröffentlichungen zum Download zur Verfügung gestellt. Zu Task 42 finden sich die Informationen: <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/results.html/id4958>. Ergänzend werden Veranstaltungen im Rahmen von IEA Bioenergy-Tasks angekündigt und Präsentationen bzw. Publikationen stehen als download zur Verfügung (siehe <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/veranstaltungen/index.html>).

Die Veröffentlichungen von IEA Bioenergy (wie der „IEA Bioenergy Newsletter“, der „Annual Report“ 2007 bis 2009, das „IEA Open Energy Technology Bulletin“, Veröffentlichungen aus den Workshops der ExCo-Meetings, Veröffentlichungen aus den IEA Series „Energy Technology Essentials“, der „IEA Secretariat Report“, siehe <http://www.ieabioenergy.com/>) und Informationen aus den Task 42 (wie Ankündigung von Veranstaltungen, Publikationen, siehe <http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42/>) wurden an die Interessenten im In- und Ausland per Email-Aussendungen verteilt.

In folgenden Präsentationen im Zeitraum 2007 bis 09 wurde auch auf die IEA Task 42 Bezug genommen:

- Green biorefinery research in Austria- an overview Michael Mandl, Stefan Kromus, IEA Task 42 Biorefinery Workshop Vienna; Okt. 2007
- Bioraffinerien- Technologiekonzept der Zukunft? Michael Mandl, Hans Schnitzer, Master Class Course Renewable Energy; FH Eberswalde, 22.- 26.Okt 2007
- Bioraffinerie eine kaskadische Nutzung von Ressourcen Michael Mandl, Energy und Umweltmanagement; Weiz, 15. April 2008
- Green Biorefinery-Designing highly integrated and sustainable process chains for selected types of biomass; M. Mandl, Edwin Keijers, 5th BMBF Forum for

Sustainability and 12. European Roundtable on Sustainable Consumption and Production (erscp2008), Sep. 23<sup>rd</sup> - 25<sup>th</sup> 2008

- Green Biorefinery; IEA Biorefinery Course Michael Mandl; Genth, 12th June 09
- How to Classify Biorefinery Systems? – The Approach in IEA Bioenergy Task 42 “Biorefineries”, Gerfried Jungmeier and Francesco Cherubini, in Cooperation with M. Dohy, E. de Jong, H. Jørgensen, M. Mandl, C. Philips, J.C. Pouet, I. Skiadas, R. Van Ree, P. Walsh, M. Wellisch and T. Willke; IEWT 2009, Energie, Wirtschaft und technologischer Fortschritt in Zeiten hoher Energiepreise, 11. – 13. Februar 2009, Wien, Österreich
- Classification Systems of Biorefinery Systems in IEA Bioenergy Task 42 “Biorefineries”, Gerfried Jungmeier and Francesco Cherubini in Cooperation with E. de Jong, R. Van Ree, M. Wellisch, T. Willke, M. Dohy, H. Jørgensen, C. Philips, J.C. Pouet, I. Skiadas, P. Walsh, M. Mandl; 17th European Biomass Conference, Hamburg/Germany, June 29 – July 3, 2009
- Comparing Biorefinery Systems to Conventional Processes – Towards a Methodological Approach of IEA Bioenergy Task 42 “Biorefinery”, G. Jungmeier, Joanneum Research, Graz, Austria N. S. Bentsen, H. Jørgensen, I. Skiadas (Denmark); M. Mandl, F. Cherubini (Austria); R. Van Ree, E. de Jong (The Netherlands); M. Dohy (France); P. Walsh (Ireland); M. Wellisch (Canada); T. Willke, (Germany), Biofuels & Bioenergy - A Changing Climate, August 23 – 26, 2009, Vancouver, Canada
- Biorefinery Status Austria, Gerfried Jungmeier, Francesco Cherubini and Michael Mandl, National Irish Stakeholder meeting, Dublin, Ireland, March 25, 2009
- Biorefinery Status 2009 Green Biorefinery Technology, Economy & Environmental issues; Michael Mandl JOANNEUM RESEARCH, Austria; National Irish Stakeholder meeting, Dublin, Ireland, March 25, 2009
- Definition and Classification of Biorefinery Systems? – The Approach in IEA Bioenergy Task 42 “Biorefineries”, Gerfried Jungmeier and Francesco Cherubini in Cooperation with M. Dohy, E. de Jong, H. Jørgensen, M. Mandl, C. Philips, J.C. Pouet, I. Skiadas, R. Van Ree, P. Walsh, M. Wellisch and T. Willke; Biorefinery Course “Adding Value to the Sustainable Utilisation of Biomass”, RRB5 satellite event; Genth, Belgium, 12 June 2009
- Sustainability Assessment of Biorefinery Systems – Life Cycle Analyses of Greenhouse Gas Emissions and Cumulated Primary Energy Consumption; Gerfried Jungmeier, Francesco Cherubini, Angelika Lingitz; Biorefinery Course: “Adding Value to the Sustainable Utilisation of Biomass”, RRB5 satellite event, Genth, Belgium, 12 June 2009

## **6 Schlussfolgerungen und Ausblick**

### **6.1 Schlussfolgerungen**

Ausgehend von der EU-Direktive zu Biotreibstoffen und der österreichischen Kraftstoffverordnung wird in den nächsten Jahren im Transportsektor angestrebt, Biotreibstoffe als Alternativen zu Benzin und Diesel verstärkt einzusetzen, z.B. 2008: 5,75% Biotreibstoffe, 2020: 10% Biotreibstoffe. Die zukünftigen Treibstoffe sind unter anderem Biodiesel, Bioethanol, Biomethan und synthetische Biotreibstoffe und können mittel- und langfristig in Bioraffinerien erzeugt werden, wobei in der Bioraffinerie neben den Treibstoffen auch andere Energieträger wie z.B. Strom, Wärme und Brennstoffe sowie Chemierohstoffe erzeugt werden. Die Kernfrage hierbei ist es, in welchem Ausmaß und mit welchen

Technologien und Konzepten Biotreibstoffe und Chemierohstoffe in Bioraffinerien nachhaltig erzeugt werden können, und welche Forschungsaktivitäten hierfür kurz- und mittelfristig erforderlich sind.

Österreich hat deshalb erstmalig im Triennium 2007-2009 an der IEA Bioenergy Task 42 „Biorefinery“ teilgenommen. Das Projektziel war die österreichische Mitarbeit bei der IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries“ für das Triennium 2007–2009 ([www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42](http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42)), sowie der österreichische Informationsaustausch und Vernetzung der Aktivitäten im Bereich Bioraffinerie. Derzeit nehmen insgesamt neun Länder und die EU an Task 42 teil: NL, G, CA, DK, A, F, IR, I und AUS.

Es wurde die schrittweise Erarbeitung österreichischer Perspektiven im internationalen Kontext zu möglichen Entwicklungen von Bioraffinerien eingeleitet. Hierbei stand die Identifizierung spezieller Bereiche mit hohem österreichischen Entwicklungspotential bzw. langfristigen Marktchancen im Vordergrund. Diese sind insbesondere

- die Vergasung von Biomasse zu Produkt- und Synthesegas und deren Weiterverarbeitung zu Produkten,
- Grüne Bioraffinerie
- Bioethanol aus Holz und Stroh sowie deren Nebenprodukte aus Lignin
- Bioraffinerie in der Papier- und Zellstoff-Industrie

Eine wichtige Rolle werden dabei einerseits der für Österreich wichtige Rohstoff Holz und andererseits die vorhandene F&E-Kapazität und deren Weiterentwicklung spielen. Speziell Bioraffinerie-Konzepte zur Erzeugung von synthetischen Biotreibstoffen und Bioethanol aus Holz wie auch die grüne Bioraffinerie werden im Detail betrachtet, um mittel- und langfristige Einsatzpotentiale und österreichische Perspektiven aufzuzeigen.

Österreich hat zu folgenden Themen bzw. Aktivitäten in Task 42 Beiträge geliefert:

#### 1. Definition Bioraffinerie

Die Definition von einer Bioraffinerie wurde in der Task erarbeitet, wobei Österreich vor allem den Bezug zur großvolumigen Produktion von Biotreibstoffen in Bioraffinerien eingebracht hat: „Biorefinery is the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable products“ (siehe Task 42 Homepage

<http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biosynergy/user/docs/DefinitionClassification-Jungmeier.pdf>)

#### 2. Country Reports der Ländern der Task 42

Österreich hat die Daten zu den Country Reports der Mitgliedsländer gesammelt und ausgewertet sowie in einer Dokumentation zusammengefasst (siehe Anhang A und <http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42/country-reports/>).

#### 3. Klassifikation von Bioraffinerie-Systemen

Eine neue in Österreich entwickelte Klassifikationsmethode für Bioraffineriesysteme wurde der Task 42 vorgeschlagen, die nach Diskussion mit den Partnern von der Task 42 übernommen wurde. Durch diese Klassifikationsmethode, die mit der Task 42 gemeinsam in „Biofpr – Biofuels, Bioproducts and Biorefining“ im Herbst 2009 publiziert wurde, ist es möglich, die derzeit in Diskussion stehenden Bioraffinerie-Systeme und Konzepte eindeutig durch Plattformen, Produkte, Rohstoffe und Prozesse zu beschreiben.

#### 4. Broschüre der Task 42

Für die Task 42 Broschüre wurden neben der schematischen Darstellung der Klassifikation der einzelnen Bioraffinerien Kurzbeschreibungen folgender österreichischer Bioraffinerien bzw. –Konzepte eingebracht: „Grünen Bioraffinerie“ in Oberösterreich, Lenzing AG und Hallein AG. Die Broschüre steht auf der Task webpage zur Verfügung (siehe <http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biosynergy/user/docs/DefinitionClassification-Jungmeier.pdf>).

## 5. Die Grüne Bioraffinerie

Für „Die Grüne Bioraffinerie“ wurden die österreichischen Erfahrungen aufbereitet und zu den einzelnen Arbeitspunkten der Task eingebracht und diskutiert, z.B. ökonomische Aspekte, Marktrelevanz, Auswirkungen auf die ländliche Entwicklung (siehe <http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biosynergy/user/docs/GreenBiorefinery-Sanders.pdf>).

## 6. Ökologische Aspekte von Bioraffinerie-Systemen

Der österreichische Beitrag zu den ökologischen Aspekten von Bioraffinerie-Systemen war die Methodenentwicklung zur ökologischen Bewertung, die von Österreich vorgeschlagen wurde und in den Task Meetings präsentiert und diskutiert wurde. Diese Methode für den Vergleich von Bioraffinerie-Systemen und konventionellen Systemen wurde in der Task auf drei Fallbeispiele angewandt und ein österreichisches Fallbeispiel zur Erzeugung von Bioethanol und Phenol aus Holz wurde im Detail auf Basis einer Lebenszyklusanalyse für die Treibhausgas-Emissionen und den kumulierten Primärenergieaufwand für die Task untersucht. Diese Methode für den Vergleich von Bioraffinerien mit konventionellen Systemen kann für unterschiedliche Umweltwirkungen (z.B. Treibhausgas-Emissionen, fossiler Energieeinsatz) als auch für andere Bewertungsaspekte (z.B. Produktionskosten, Arbeitsplätze) angewandt werden (siehe <http://www.biorefinery.nl/fileadmin/biosynergy/user/docs/SustainabilityAssessment-Jungmeier.pdf>).

## 7. Bioraffinerie-Trainingskurs

Die Task 42 hat einen Trainingskurs „Adding Value to the Sustainable Utilisation of Biomass“ am 12. Juni 2009 mit etwa 50 Teilnehmern in Genth, Belgien abgehalten, in dem von den sechs Vorträgen die folgenden drei Beiträge der österreichischen IEA Beteiligung waren: „Definition & Classification“, „Green Biorefinery“ und „Sustainability Assessment – LCA“ (siehe <http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42/training-course/>).

Zur Vernetzung der Aktivitäten in Österreich wurde als Start für den Aufbau und die Etablierung einer Stakeholder-Plattform ein Workshop „Biorefinery – Austrian Activities and IEA Bioenergy Task 42“ am 4. Oktober 2007 in Wien gemeinsam mit Task 42 abgehalten, bei dem die österreichischen Stakeholder teilgenommen haben. Aus den etwa 40 Teilnehmern wurde das österreichische „National Team“ gebildet, das in den Informationsaustausch der Task 42 eingebunden ist. Im Rahmen von zwei Workshops in Österreich von Task 38 und Task 39 wurden Vorträge zu den Aktivitäten der Task 42 gehalten, um die Information zu Task 42 bekannt zu machen und mit den Aktivitäten der anderen IEA Bioenergy Task abzustimmen und zu vernetzen.

## 6.2 Ausblick

Die IEA Task 42 „Biorefineries“ wird im nächsten Trienium 2010–2012 fortgesetzt, wobei Österreich wieder teilnimmt.

Folgende Inhalte und Ergebnisse der IEA Task 42 in der Arbeitsperiode 2010–2012 werden angestrebt, in denen die österreichischen Beiträge eingebracht werden:

- 1) Weiterentwicklung des Bioraffinerie-Klassifikationssystems: Ausgehend vom in Österreich entwickelten und von der IEA Task 42 übernommenen Klassifizierungssystem für Bioraffinerien werden weitere Merkmale von Bioraffineriesystemen erarbeitet, wie z.B. Komplexitätsindex in Analogie zur Erdölraffination „Nelson complexity index“.
- 2) Identifizierung der interessantesten Biomaterialien: Es werden die interessantesten Biomaterialien, die gemeinsam mit Biotreibstoffen in Bioraffinerien zur Maximierung des ökonomischen und ökologischen Nutzens erzeugt werden können, identifiziert. Diese Biomaterialien können Nahrungs- und Futtermittel, Grundstoffe, Plattform- und Spezialchemikalien, für die zukünftig attraktive Marktchancen bestehen, sein.
- 3) Entwicklungspotentiale für energie- und produktorientierte Bioraffinerien: Basierend auf der Analyse der gesamten Wertschöpfungskette – vom Rohstoff zur

Produktdienstleistung – werden die Entwicklungsperspektiven für energie- und produktorientierte Bioraffinerien untersucht, wobei zwei Schwerpunkte gesetzt werden: Bioraffinerien für die großvolumige Biotreibstoff-Erzeugung und Algen als Rohstoff.

- 4) Leitfaden für Nachhaltigkeitsbewertungen: Vorgangsweise zur Bewertung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten von Bioraffinerien anhand von Fallbeispielen.
- 5) Globale Perspektiven zu Bioraffinerien: Erstellung eines Strategiepapiers zur Darstellung des globalen Nutzens des nachhaltigen Biomasseinsatzes in Bioraffinerien.
- 6) Wissensverbreitung: International mit den teilnehmenden Länder und mit den anderen IEA Bioenergy Tasks, national mit dem bereits aufgebauten Interessentenkreis („National Team“) und des im Aufbau befindlichen Austria Biofuel Production Network.
- 7) Vernetzung und Stakeholder-Einbindung: Österreichische Beiträge zum Ausbau und zur weiteren Etablierung einer Plattform mit den unterschiedlichen Stakeholdern, um die komplexen Aspekte von Bioraffinerie zu diskutieren.
- 8) Länderberichte: Aktualisierung der länderspezifischen Aktivitäten zu Bioraffinerien nach den im Rahmen der IEA Task entwickelten Mapping-Strukturen.
- 9) Bioraffinerie-Trainingskurs: Entwicklung eines Trainingskurses durch Sammlung und Aufbereitung der entsprechenden Unterlagen und Abhaltung dieses Kurses in einem der Mitgliedsländer.

Wie schon in der Arbeitsperiode 2007–2009 werden die österreichische Mitarbeit von den Partnern JOANNEUM RESEARCH (Institut für Energieforschung, Institut für nachhaltige Techniken und Systeme) und TU Wien (Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften) durchgeführt.

## 7 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Europäische Roadmap für Biotreibstoffe (EU 2006) .....	2
Abbildung 2: Beispiel eines integrierten Bioraffinerie-Komplexes zu Verarbeitung unterschiedlicher Rohstoffe (EU 2006) .....	3
Abbildung 3: Bioraffinerie mit der Integration von bio- und thermo-chemischen Prozessen zur Erreichung hoher Energieeffizienz bei der Verarbeitung unterschiedlicher Rohstoffe zu einer Bandbreite unterschiedlicher Produkte (EU 2006) .....	3
Abbildung 4: Übersicht von potentiellen Rohmaterialien und Produkten von Bioraffinerien ....	5
Abbildung 5: Die Bioraffinerie zur gekoppelten Erzeugung von Bioenergieträgern (insbesondere Biotreibstoffen) sowie Biomaterialien und Biochemikalien .....	14
Abbildung 6: Definition „Bioraffinerie“ in der IEA Bioenergy Task 42 .....	14
Abbildung 7: Bioenergie in den teilnehmenden Ländern (2005) .....	16
Abbildung 8: Treibstoffbedarf in den teilnehmenden Länder (keine Daten von Holland verfügbar) .....	17
Abbildung 9: Produktpalette am Standort Lenzing (Quelle Lenzing).....	21
Abbildung 10: Güssing – erzeugte Produkte aus Synthesegas .....	23
Abbildung 11: Güssing – Überblick der bestehenden Anlagen .....	23
Abbildung 12: Hartberg Versuchsanlage Grasbioraffinerie .....	24
Abbildung 13: Die 4 Haupteigenschaften zur Klassifizierung von Bioraffineriesystemen .....	26
Abbildung 14: Die möglichen Plattformen von Bioraffinerien .....	26
Abbildung 15: Die möglichen Produkte von Bioraffinerien .....	27
Abbildung 16: Die möglichen Rohstoffe für Bioraffinerien.....	27
Abbildung 17: Die möglichen Prozesse in Bioraffinerien.....	28
Abbildung 18: Generisches Klassifikationsschema zur Klassifizierung von Bioraffinerien.....	29
Abbildung 19: Beispiele zur Klassifikation einiger Bioraffinerie-Systeme.....	31
Abbildung 20: Netzwerk zur Klassifikation der Bioraffinerie-Systeme .....	31
Abbildung 21: Beispiel 1: Demonstrationsanlage IBUS-Bioraffinerie in Dänemark.....	33
Abbildung 22: Beispiel 1: Klassifikation der IBUS Bioraffinerie in Dänemark.....	33
Abbildung 23: Beispiel 2: Bioraffinerie-Konzept der M-real Hallein AG in Österreich .....	34
Abbildung 24: Beispiel 2: Klassifikation Bioraffinerie-Konzept der M-real Hallein AG in Österreich.....	34
Abbildung 25: Beispiel 3: Demonstrationsanlage „Grüne Bioraffinerie“ in Österreich .....	35
Abbildung 26: Beispiel 3: Klassifikation der „Grünen Bioraffinerie“ in Österreich.....	35
Abbildung 27: Beispiel 4: Holz-Bioraffinerie von Borregaard in Norwegen .....	36
Abbildung 28: Beispiel 4: Klassifikation der Holz-Bioraffinerie von Borregaard in Norwegen .....	36
Abbildung 29: Prinzip einer Grünen Bioraffinerie mit möglichen Produktgruppen .....	37
Abbildung 30: Schema Prozessablauf Grüne Bioraffinerie Österreich; gemäß Demonstrationsanlage in Utzenaich.....	38
Abbildung 31: Schema der Grünen Bioraffinerie mit möglichen Produkten .....	39

Abbildung 32: Was sind die konventionellen Systeme? .....	46
Abbildung 33: Grundlagen für den Vergleich .....	47
Abbildung 34: Beispiel Grüne Bioraffinerie.....	47
Abbildung 35: Beispiel 2: IBUS Bioraffinerie in Dänemark.....	48
Abbildung 36: Beispiel 3: Holz-Bioraffinerie für Bioethanol und Phenole (Beispiel Österreich) .....	48
Abbildung 37: Konzept: Holz-Bioraffinerie für Bioethanol und Phenole .....	50
Abbildung 38: Mögliche konventionelle Vergleichssysteme für die Umweltbewertung .....	50
Abbildung 39: Treibhausgas-Emissionen.....	51
Abbildung 40: Spezifische Treibhausgas-Reduktion pro Tonne Holz .....	51
Abbildung 41: Spezifische und gesamte Treibhausgas-Reduktion .....	52
Abbildung 42: Kumulierter Primärenergieaufwand.....	52
Abbildung 43: Spezifische Reduktion des fossilen Primärenergieaufwandes .....	53

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Mitglieder des National Teams .....	12
Tabelle 2: Kennzeichen der teilnehmenden Länder.....	15
Tabelle 3: Biomasseproduktion in den teilnehmenden Ländern für stoffliche Anwendungen 16	
Tabelle 4: Kennzeichen der Öl-Raffinerien in den teilnehmenden Ländern.....	16
Tabelle 5: Biotreibstoffproduktionsanlagen in den teilnehmenden Ländern.....	18
Tabelle 6: Bestehende Bioraffinerien und interessante Biomasse-Industrie .....	19
Tabelle 7: Bioraffinerie-Pilotanlagen (Auszug) .....	20
Tabelle 8: Status Biomasse-Vergasungsanlagen (Überblick) .....	22
Tabelle 9: Grunddaten für die Erlöse der Produkte der Grünen Bioraffinerie .....	41
Tabelle 10: Vergleich des Erlöspotentials von „nur Biogasnutzung“ und einer Koppelnutzung am Beispiel der Grünen Bioraffinerie .....	41
Tabelle 11: Programm des Bioraffinerie-Trainingskurses in Genth im Juni 2009 .....	54

## 8 Literaturverzeichnis

Cherubini et al. 2008: Francesco Cherubini, Gerfried Jungmeier, Maria Wellisch, Thomas Willke, Ioannis Skiadas, René Van Ree, Ed de Jong: Country Report

Cherubini et al. 2009: Francesco Cherubini, Gerfried Jungmeier, Maria Wellisch, Thomas Willke, Ioannis Skiadas, René Van Ree, Ed de Jong: Towards a common classification approach for Biorefinery Systems, Biofpr – Biofuels, Bioproducts and Biorefining, BBB 172, 2009

EU 2006: Biofuels in the European Union – A vision for 2030 and beyond, final report of the Biofuels Research Advisory Council,  
[http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/biofuels\\_vision\\_2030\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/biofuels_vision_2030_en.pdf), Brussel 2006

Jungmeier et al. 2009: G. Jungmeier, N. S. Bentsen, H. Jørgensen, I. Skiadas, M. Mandl, F. Cherubini, R. Van Ree, E. de Jong, M. Dohy, P. Walsh, M. Wellisch, T. Willke: Comparing Biorefinery Systems to Conventional Processes – Towards a Methodological Approach of IEA Bioenergy Task 42 “Biorefinery”, Biofuels & Bioenergy - A Changing Climate, August 23 – 26, 2009, Vancouver, Canada

IEA Bioenergy Veröffentlichungen <http://www.ieabioenergy.com/Library.aspx>

### /1/ Jahresberichte

- IEA Bioenergy Annual Report 2006  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5429>
- IEA Bioenergy Annual Report 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5761>
- IEA Bioenergy Annual Report 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6124>

### /2/ Newsletter

- Bioenergy News Volume 19 Nr. 1, July 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5572>
- Bioenergy News Volume 19 Nr. 2, December 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5729>
- Bioenergy News Volume 20 Nr. 1, June 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5572>
- Bioenergy News Volume 20 Nr. 2, December 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6075>
- Bioenergy News Volume 21 Nr. 1, July 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6327>
- Bioenergy News Volume 21 Nr. 2, December 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6487>

### /3/ Berichte, Präsentationen etc.

- MAIN REPORT “Bioenergy - a sustainable and reliable energy source. A review of status and prospects“, December 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6479>
- Workshop: Algae - the Future for Bioenergy?, October 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=6436&ret=lib>

- Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source (Executive Summary), August 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6362>
- Workshop: The Impact of Indirect Land Use Change (ILUC), May 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=6214&ret=lib>
- Workshop: Planning for the New Triennium 2010-2012, May 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=6213&ret=lib>
- Good Practice Guidelines: Bioenergy Project Development and Biomass Supply, March 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6119>
- Workshop: Energy from Waste: summary and conclusions, March 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6115>
- Synergies and Competition in Bioenergy Systems, February 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6103>
- Workshop: Biofuels for Transport: Part of a Sustainable Future? - summary and conclusions, December 2008,  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6068>
- Workshop: Innovation in Bioenergy Business Development: summary and Conclusions, November 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6054>
- Gaps in the Research of 2nd Generation Transportation Biofuels, July 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5955>
- Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles, June 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5919>
- Workshop: The Availability of Biomass Resources for Energy: Summary and Conclusions; March 2008  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5796>
- Black Liquor Gasification – Summary and Conclusions, September 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/MediaItem.aspx?id=5609>
- Potential Contribution of Bioenergy to the World's Future Energy Demand, September 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=5584>
- Workshop: The Biorefinery Concept, May 2007  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=5476>
- IEA Bioenergy Strategic Plans; July 2009  
<http://www.ieabioenergy.com/DocSet.aspx?id=6338&ret=lib>

## Österreich

Zeitschrift Nachwachsende Rohstoffe <http://blt.josephinum.at/index.php?id=342>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 43 – März 2007, <http://www.blb.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr43.pdf>

Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 44 – Juni 2007, <http://www.blb.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr44.pdf>

- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 45 – September 2007, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr45.pdf>
- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 46 – Dezember 2007, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr46.pdf>
- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 47 – März 2008, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr47.pdf>
- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 48 – Juni 2008, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr48.pdf>
- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 49 – September 2008, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr49.pdf>
- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 50 – Dezember 2008, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr50.pdf>
- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 51 – März 2009, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr51.pdf>
- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 52 – Juni 2009, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr52.pdf>
- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 53 – September 2009, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr53.pdf>
- Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppen, Nr. 54 – Dezember 2009, <http://www.bl.t.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr54.pdf>



# IEA Bioenergy

**IEA Bioenergy Task 42 on Biorefineries:  
Co-production of fuels, chemicals, power and materials from biomass**

## **IEA Bioenergy Task 42 – Countries Report**

*Francesco Cherubini, Gerfried Jungmeier, Michael Mandl (AUSTRIA)*

*Connie Philips, Maria Wellisch (CANADA)*

*Henning Jørgensen, Ioannis Skiadas (DENMARK)*

*Leonard Boniface, Maurice Dohy, Jean-Cristophe Pouet (FRANCE)*

*Thomas Willke (GERMANY)*

*Patrick Walsh (IRELAND)*

*René van Ree, Ed de Jong (THE NETHERLANDS)*

**Abstract:**

This report has been developed by the members of IEA Bioenergy Task 42 on Biorefinery: Co-production of Fuels, Chemicals, Power and Materials from Biomass ([www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42](http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42)). IEA Bioenergy is a collaborative network under the auspices of the International Energy Agency (IEA) to improve international co-operation and information exchange between national bioenergy RD&D programs. IEA Bioenergy Task 42 on Biorefinery covers a new and very broad biomass-related field, with a very large application potential, and deals with a variety of market sectors with many interested stakeholders, a large number of biomass conversion technologies, and integrated concepts of both biochemical and thermochemical processes.

This report contains an overview of the biomass, bioenergy and biorefinery situation, and activities, in the Task 42 member countries: Austria, Canada, Denmark, France, Germany, Ireland, and the Netherlands. The overview includes: national bioenergy production, non-energetic biomass use, bioenergy related policy goals, national oil refineries, biofuels capacity for transport purposes, existing biorefinery industries, pilot and demo plants, and other activities of research and development (such as main national projects and stakeholders). Data are provided by National Task Leaders (NTLs), whose contact details are listed at the end of the report.

## Content

1. Background.....	5
2. Aim of the report.....	6
3. IEA Bioenergy Task 42: participating countries.....	7
4. National biomass energy use.....	8
5. Non energy national biomass use.....	12
6. Biomass related national policy goals.....	13
7. National oil refinery.....	16
8. Bioethanol, biodiesel and biogas: production and capacity.....	17
9. Existing biorefinery industries.....	20
10. Pilot and demonstration plants.....	21
11. Activities of research and development (national projects and stakeholders).....	27
12. IEA Bioenergy Task 42: National Task Leaders.....	37

## List of Figures

<u>Figure 1.</u> Bioenergy production in Task 42 countries (2005).....	10
<u>Figure 2.</u> Origin of the bioenergy production in Austria and Denmark.....	10
<u>Figure 3.</u> Bioenergy production in the Netherlands (2007).....	11
<u>Figure 4.</u> Consumption gasoline and diesel.....	17

## List of Tables

<u>Table 1.</u> Characteristics of the participating countries.....	8
<u>Table 2.</u> National main production of biomass for non-energetic purposes.....	12
<u>Table 3</u> Characteristics of oil refinery. ....	16
<u>Table 4.</u> Characteristics of biofuel production in IEA Bioenergy Task 42 countries.....	19
<u>Table 5</u> Existing biorefinery and non conventional biomass industries. ....	20
<u>Table 6</u> Biorefinery pilot plants in Austria, Canada, Denmark and France.....	21
<u>Table 7</u> Biorefinery pilot plants in Germany and the Netherlands. ....	23
<u>Table 8</u> Biorefinery demo plants in IEA Bioenergy Task 42 countries.....	25
<u>Table 9</u> Main national projects on biorefinery in Austria and Canada. ....	29
<u>Table 10</u> Main national projects on biorefinery in Denmark and France. ....	30
<u>Table 11</u> Main national projects on biorefinery in Germany.....	31
<u>Table 12</u> Main national projects on biorefinery in Ireland and the Netherlands. ....	32
<u>Table 13</u> Main national stakeholders on biorefinery in Austria and Canada.....	34
<u>Table 14</u> Main national stakeholders on biorefinery in Denmark, France and Germany. ....	35
<u>Table 15</u> Main national stakeholders on biorefinery in Ireland and the Netherlands. ....	36

## 1. Background

A large fraction of worldwide energy carriers and material products (especially high value chemicals) come from fossil fuels, mainly from oil refinery. Due to the on-going price increase of fossil resources, the uncertain availability, their environmental concerns, and the fact that they are not a renewable resource, the feasibility of their use is predicted to decrease in the near future. Therefore, alternative solutions able to reduce fossil fuel consumption and subsequent pollution should be promoted. Electricity and heat can be provided by a variety of renewable alternatives (wind, sun, water, biomass, and geothermal), whereas the fossil resource alternative for the production of fuels and chemicals depends mainly on biomass, the only renewable C-containing material source available on the Earth.

As a consequence, the term of “biorefinery” is raising importance in the scientific community and the concept embraces a wide range of technologies able to separate biomass resources (wood, grasses, corn...) into their building blocks (carbohydrates, proteins, fats...), which can be converted to value-added products (chemicals/materials) and energy (biofuels, power, heat). In the near future, new biomass feedstocks are predicted to breed other desired compounds that could be easily extracted or separated.

A biorefinery can be defined as a facility that optimizes the integrated production of heat, power, transportation fuels, materials, chemicals, feed and food from biomass. By producing multiple products, a biorefinery can maximize the value derived from biomass feedstocks.

A biorefinery definition has been recently formulated by the IEA Bioenergy Task 42 on Biorefineries:

*“Biorefining: the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable products and energy”.*

*Biorefinery:* concepts, facilities, plants, processes, clusters of industries.

*Sustainable:* maximising economics, - social aspects, minimising environmental impacts, fossil fuel replacement, closed cycles.

*Processing:* upstream processing, transformation, fractionation, thermo-chemical and biochemical conversion, catalytic processes, extraction, separation, downstream processing.

*Biomass:* wood & agricultural crops, wood, straw, organic residues, forest residues, aquatic biomass.

*Spectrum:* multiple energetic and non-energetic outlets.

*Marketable:* a current market exists or a future market is expected to become available, taking into consideration both market volumes and prices.

*Products:* both intermediates and final products, i.e. food, feed, materials and chemicals.

*Energy:* fuels, power and heat.

IEA Bioenergy Task 42 on Biorefineries covers a new and very broad biomass-related field with a very large application potential. To open up the biorefinery-related potential, international research and technology development together with industry is a necessity.

In contrast to most of the other IEA Bioenergy Tasks, Task 42 on Biorefineries covers a variety of market sectors (e.g. transport sector, chemical sector, power sector, agricultural and forestry sector) with a variety of different stakeholders, a large number of biomass conversion technologies, and integrated biorefinery concepts of both biochemical and thermochemical conversion technologies.

## **2. Aim of the report**

The aim of this report is to provide an overview of the currently existing situation concerning biomass use in the 7 countries – Austria, Canada, Denmark, France, Germany, Ireland, The Netherlands – participating in IEA Bioenergy Task 42. This information is the starting point/framework for all the activities performed within this Task 42.

This report deals with an overview of biomass and bioenergy related infrastructures, and provides information concerning other biorefinery-related aspects in IEA Bioenergy Task 42 countries.

Each National Task Leader (NTL) provided data for the respective country and can be directly contacted in order to get more detailed information or data sources (a full list of NTLs with their contact details is reported at the end of this report).

The report starts in chapter 3. with a presentation of IEA Bioenergy Task 42 participating countries by means of some generic information about: total area, population, agricultural and forest land. In chapter 4. the national biomass energy use is illustrated in terms of Mtoe and % of TPES (Total Primary Energy Supply). The non-energetic biomass use, i.e. biomass which is not used for energy purposes, is reported in chapter 5.; particular attention is paid here to those biomass resources which may play a major role in the future development of biorefinery concepts (such as forest products, starch and sugar industries). Chapter 6. presents the biomass-related national policy goals, with information concerning the expected production in the near future of bioenergy, biofuel and bioelectricity; targets are provided for all IEA Bioenergy Task 42 countries. In chapter 7. the national oil refineries (places/capacities) are depicted (total production of oil and derivatives), as well as national consumption of gasoline and diesel, are shown. The national production capacity of bioethanol, biodiesel and biogas, and the already existing biorefinery industries, are presented in chapters 8., 9., and 10. In chapter 11., the national activities of research and development are shown, reporting: the pilot and demo plants, the national projects, and the main national stakeholders in the biorefinery area. This overview includes the most important companies, projects and stakeholders.

### **3. IEA Bioenergy Task 42: Participating Parties and Countries**

The 8 participating parties (7 countries and the European Commission) to IEA Bioenergy Task 42 (full task name: Biorefineries: Co-production of Fuels, Chemicals, Power and Materials from Biomass; website: [www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42](http://www.biorefinery.nl/ieabioenergy-task42)) are: Austria, Canada, Denmark, France, Germany, Ireland and the Netherlands, plus the European Commission.

Table 1. reports basic information about the involved countries, such as: total area, population, utilized agricultural area and forest land.

Table 1. Characteristics of the participating countries.

	<b>Total area</b>	<b>Population</b>	<b>Utilized Agricultural area</b>	<b>Forest land</b>
	[10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> ]	[10 <sup>6</sup> ]	[10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> ]	[10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> ]
<b>Austria</b>	83.9	8.27	33.7	32.0
<b>Canada</b>	9985	31.6	675	4021
<b>Denmark</b>	43.1	5.43	26.4	5.35
<b>France</b>	544	61.9	294	155
<b>Germany</b>	357	82.4	170	111
<b>Ireland</b>	70.3	4.21	43.7	7
<b>The Netherlands</b>	41.5	16.3	19.2	3.49

Since plants are the origin of biomass, the available land for agriculture and forestry is an important parameter for drawing the potential supply of feedstock for biorefineries. However, it should be taken into account that this land primarily has to provide vital ecosystem services and meet the food and feed demand, and secondly can be used for the production of raw materials for bio-based products related biorefineries and bioenergy industries. For instance, Canada has 4,021•10<sup>3</sup> km<sup>2</sup> of forest land but the area considered to be potentially available for commercial forest activities is about 2,948• 10<sup>3</sup> km<sup>2</sup>. Besides the use of biomass crops, also industrial process residues can be used as raw materials for biorefinery purposes. The supply of raw materials for biorefineries potentially can be further increased by import of densified biomass and/or biomass-derived intermediates to countries with a lack of national available raw materials, but with a very good logistical (harbours) and (petro)chemical infrastructure. An example of such a country is The Netherlands, which potentially makes this country the potential Bio-HUB for Europe. Care should be taken that the total biomass-to-products value chain remains sustainable.

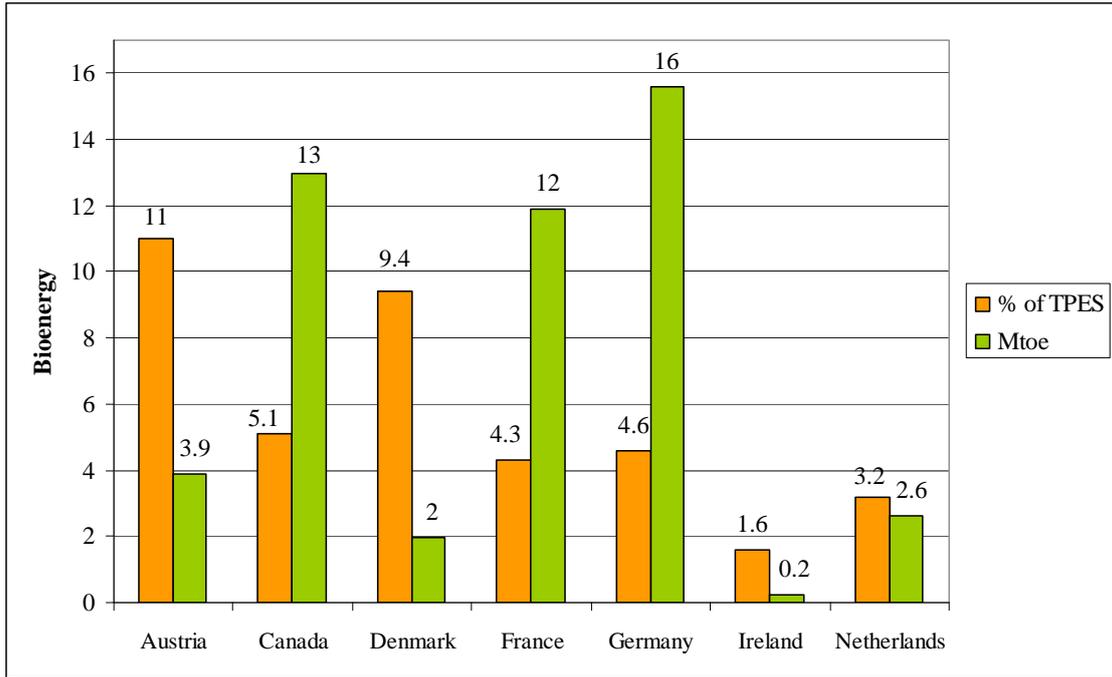
#### **4. National biomass use for energy**

A wide range of biomass sources can be used to produce bioenergy in a variety of forms. For instance, process residues from food, fiber, animal feed and wood industries; energy crops, and agricultural residues and wastes from the agricultural sector; forest residues from forest management; municipal solid waste, and organic industrial residues, can be utilized to generate power, heat, CHP, and gaseous/solid/liquid biofuels.

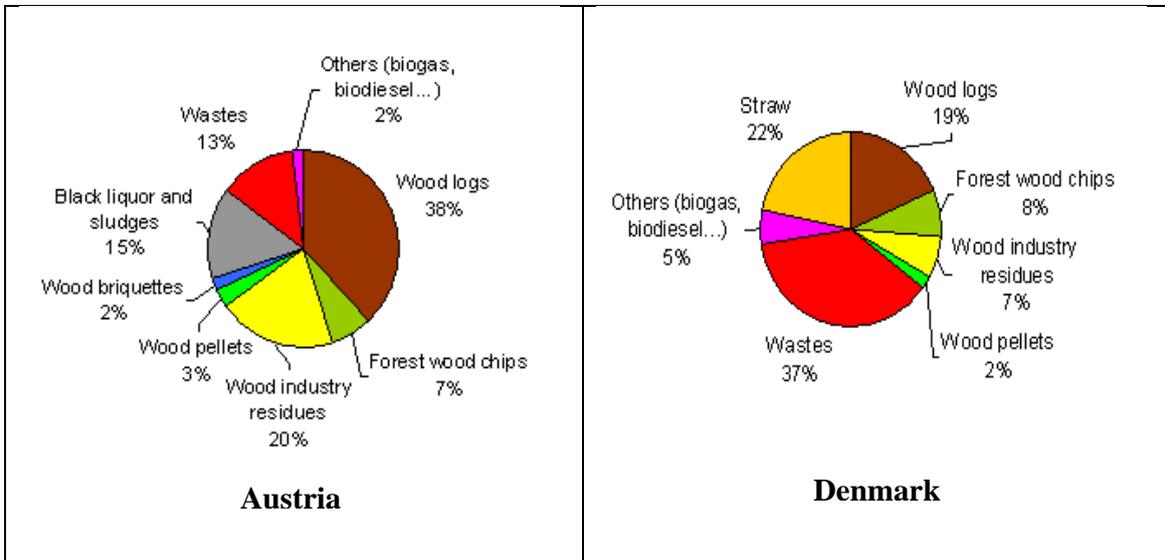
Bioenergy provides today about 10% of the world's total primary energy supply (47.2 EJ of bioenergy in 2005) and most of this is used in the residential sector for heating and cooking purposes (IEA database). Traditional bioenergy use (fuelwood and charcoal, often used with low efficiency) dominates in developing countries where up to 95% of national energy consumption relies on biomass. Contrarily, in developed countries, such as the Task 42 members, an efficient biomass use is becoming more important, as a low carbon, distributed, renewable component of national energy systems. In fact, utilization of modern bioenergy applications is growing in OECD countries; especially co-firing of biomass with coal, the use of gasification technologies, and biofuel production for transport (mainly bioethanol and biodiesel).

The national biomass energy use of the investigated countries is shown in Figure 1. It is expressed both as a percentage of the Total Primary Energy Supply (TPES) and in terms of Mega Tonnes of Oil Equivalent (Mtoe). Even if Germany, Canada and France produce the largest quantities of bioenergy (15.6, 12.98 and 11.91 Mtoe respectively), their shares to the national TPES is in the range of 4-5%; while countries such as Austria and Denmark, despite a lower bioenergy production (3.91 and 1.97 Mtoe respectively), meet higher shares of their TPES (11% and 9.4%). For the specific Dutch situation, the total amount of biomass use for energy purposes was only 2.4% avoided fossil fuel use in 2007. This was even less than the 2005 data given in figure 1., mainly caused by a 50% decrease in biomass cofiring in coal-fired power stations, caused by i) a declining green power subsidy by the Dutch government and ii) required maintenance stops of some of the power plants.

Figure 2. reports two examples of national bioenergy breakdowns per source: Austria and Denmark. In both countries, wood logs, wastes and wood industry residues play the biggest role, while upgraded wood solid fuels (such as wood chips, briquettes and pellets) and transportation biofuels (bioethanol, biodiesel and biogas) cover lower percentages. In Austria, the high concentration of pulp and paper industries makes the production of a wide fraction of bioenergy from black liquor and sludges possible; while Denmark benefits of strategies devoted to energy recovery from straw.

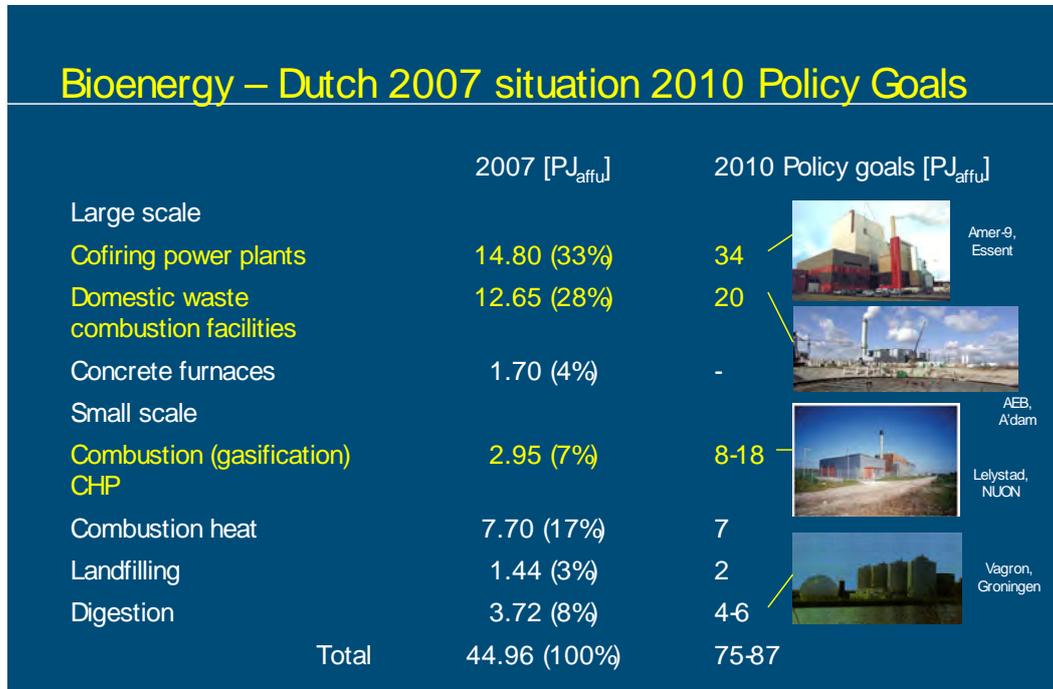


**Figure 1.** Bioenergy production in Task 42 countries (2005).



**Figure 2.** Origin of the bioenergy production in Austria and Denmark.

The Dutch use of biomass for energy purposes, in 2007, and the policy goals for 2010, are shown in Figure 3.



**Figure 3.** Bioenergy production in The Netherlands (2007).

As can be seen from the data given in Figure 3., a lot of effort is necessary to meet the 2010 policy goals, especially within the fields of direct/indirect cofiring, domestic waste combustion, and small-scale combustion/gasification for CHP production.

Concerning biofuels for transport, in 2006 67 million litres (2000 TJ) were sold in The Netherlands (38 Ml ethanol/ETBE, 29 Ml biodiesel), corresponding to about 0.4% (energy basis) of the total gasoline and diesel sold on the Dutch market (2005: 0.02%).

In 2007 the total biofuel for transport contribution was 13  $PJ_{\text{th, affu}}$ , corresponding to about 13.6% of the total Dutch renewable energy production capacity (95.9  $PJ_{\text{th, affu}}$ ).

European policy goals are: 2% in 2005, 5.75% in 2010, and 10% in 2020. To meet these EU policy goals a lot of effort is necessary in the Netherlands.

The main national focus to meet these goals will be on the implementation of advanced (2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> generation) biofuel production facilities, viz. sustainable production facilities that i) do not compete with food/feed concerning their raw material use (a.o. ligno-cellulosic biomass) and ii) have a large overall greenhouse gas emission reduction potential over the full biomass-to-products chain. These plants likely will be some kind of biorefinery facilities, co-producing added-value bio-based products with the biofuels for transport (a.o. by upgrading process residues), to maximise overall process economics and to minimise the environmental impact.

## 5. Non energy national biomass use

This section provides an overview of the most important non-energetic national biomass uses in the member countries. Table 2. focuses on those biomass feedstocks which are currently used for production of forest products, food and animal feed, and can be of relevance for the future deployment of biorefinery industries and infrastructures. One of the targets of IEA Bioenergy Task 42 is to promote the integration of the biorefinery concept within existing biomass production chains and facilities. Table 2. provides information concerning: national wood resources destined to particle board production, and to pulp and paper industries (together with their waste streams); national agricultural production of cereals (wheat, corn, barley, oats and rye); sugar from sugar beet; starch from crops; and oilseeds from rapeseed, sunflower, soybeans, canola and flax seed.

**Table 2.** National main production of biomass for non-energetic purposes.

Country	Unit/a	Austria	Canada	Denmark	France	Germany	Ireland	Netherlands <sup>*</sup>
Wood for particle boards	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4.1	12.4	n.a	5.8	17.4	0.91	0.015
Wood for pulp & paper	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	7.3	111	n.a	8.4	9.8	n.a	n.a.
Wastes from pulp and paper	10 <sup>3</sup> ton	1.35	n.a.	n.a	n.a	n.a	n.a.	n.a
Cereal production	10 <sup>6</sup> ton	4.46	47.8	8.22	59.3	42.3	2.0	1.3
Sugar production	10 <sup>6</sup> ton	0.46	0.87	2.26	4.14	3.9	n.a	0.76
Starch production	10 <sup>6</sup> ton	n.a.	n.a.	1.70	2.91	1.51	0.40	0.4
Oilseed production	10 <sup>6</sup> ton	0.29	12.1	0.59	6.1	5.6	0.02	0.0078

<sup>\*</sup>Specific production data 2007. NL Wood for particle boards – production: 0.015, import: 1.24, export: 0.343, use: 0.912. Raw materials paper industry – recycled paper: 2.73, use: 2.31. Production paper and cardboard – production: 3.219, import: 3.535, export: 3.649, use: 3.105. Oil seeds production (2002): 7.8 ktonnes; total processing capacity, mainly from imported oil seeds and for feed production: 4942 ktonnes (2002).

Besides existing biomass production chains, also residues from existing facilities are interesting raw materials to be upgraded by the biorefinery approach. For example, Rabou et al. (2006) calculated the 2000 Gross Dutch biomass production ((import-export) + production): 42.3 Mt or about 742 PJ<sub>th</sub>. The 2030 projected Dutch biomass availability for non-food applications is: 6 Mt d.b. primary byproducts (100 PJ<sub>th</sub>), 12 Mt d.b. secondary byproducts (200 PJ<sub>th</sub>), and about 0-9 Mt d.b. energy crops (0-150 PJ<sub>th</sub>). Totally: 18-27 Mt d.b. or about 300-450 PJ<sub>th</sub>. It was concluded that 60-80% of the biomass needed to meet the 2030 policy goals will have to be imported from outside The Netherlands. In case the aquatic biomass (algae, seaweeds) potential is also taken into account, the import requirement is reduced to about 50%.

## **6. Biomass related national policy goals**

In each country, there are different national guidelines and targets concerning national future production of bioelectricity, bioenergy and transportation biofuels. Biomass, together with other renewable sources, is expected to meet increasing share of the future electricity demand, while it plays a fundamental role for achieving the targets related to the transportation sector and for renewable heat production, since they can just rely on biomass. The European Union aims to use 5.75% in 2010, and 10% in 2020 biofuel in road transport (calculated on energetic basis). Many member states promoted plans to implement these European targets.

The national targets for IEA Bioenergy Task 42 countries are the following:

- **Austria:** Concerning bioenergy, 250 PJ is expected to be produced in 2010, while, for 2020, 45% of the total primary energy supply should come from renewable sources (hydropower, biomass, wind...). Austria has been able to meet and anticipate the European goals for biofuels: the target of producing 2.5% of the total transportation fuel from biomass (mainly biodiesel) was completely achieved in 2005 and outperformed. In fact, in 2008, Austria also met the 2010 EU-target of 5.75% of biofuels in the transportation sector.

Further, Austria estimates targets of 10% in 2010, and 20% in 2020. Similarly, in 2005 the target of 2% of “new renewable” electricity production (renewable electricity to be added to large hydropower) has been successfully met. The next targets are 4% in 2008 and 10% in 2010. In addition, 78.1% of the total electrical consumption in 1997 (202 PJ) must be covered from renewables (including large hydropower). Currently, around 144 PJ of electricity come from renewable, and the total electricity generation from renewable sources should be equal to 80% in 2010 and to 85% in 2020 (of the total national electricity demand).

- **Canada:** There are no renewable energy targets at a national level, although several provinces have renewable energy strategy plans with targets and goals. Regarding transportation biofuels, national strategies aim at a target of 5% of renewable fuels in transport sector to be achieved by blending gasoline with bioethanol in 2010. In 2012, 2% of the energy content of conventional diesel and heating oil is expected to be produced from renewable sources (e.g. biodiesel).
- **Denmark:** The Danish bioenergy targets forecast to meet, by means of renewable energy sources, the 20% of the total primary energy supply in 2011 and the 30% in 2025. In the transportation sector, the country follows the European targets of 5.75% in 2010 and 10% in 2020.
- **France:** Renewable energy targets estimates in 2020 to produce 37 Mtoe (1549 PJ) of energy from renewable energy sources (20% of the total), of which 20/25 Mtoe (850-1050 PJ) from biomass. France also made a prediction concerning the future bioenergy markets in 2020: 19 Mtoe (795 PJ) of biomass solid fuel (it was 9.5 Mtoe (398 PJ) in 2006), 4 Mtoe (167 PJ) of biofuels (0.7 Mtoe (29 PJ) in 2006) and 0.7 Mtoe (29 PJ) of biogas are expected to be produced. Concerning national targets for biomaterials and biochemicals, France expects a production of 1 Mtoe (42 PJ) of bioproducts in 2020 (the production in 2006 was 0.08 Mtoe (3 PJ)).
- **Germany:** Several targets have been established. Targets for bioenergy are 4.2% in 2010 and 18% in 2020 of the TPES. The renewable energy fraction in the total primary energy supply is expected to be of 20% in 2020 (6% electricity and 14% for heat supply).

The target for electricity predicts that 12.5% in 2010 and up to 30% in 2020 of the total electricity production will be produced from renewable sources (hydro, biomass, wind, solar...). Considering the transportation sector, the biofuel share was 7.3 % in 2007. Targets are 6.25% in 2014 and 12 – 14 % in 2020 (change to a GHG reduction target in transport fuels).

- **Ireland:** An amount of 28 PJ in 2010 and 60 PJ in 2020 of bioenergy are estimated to be produced. A fraction of 16% of the total primary energy supply will be covered by renewable sources in 2020, with a production of electricity from biomass equal to 800 MW<sub>e</sub> (CHP).

Targets for biofuel shares in transport sector follow the European guidelines of 5.75% (of which 6.9 PJ diesel and 4.7 PJ gasoline) in 2010 and 10% (of which 14 PJ diesel and 8.2 PJ gasoline) in 2020.

- **The Netherlands:** In the Netherlands there exists for some years a general policy goal of 10% renewable energy in 2020 (5% in 2010). Further, 9% of the electricity use in the NL should be provided by renewables in 2010. In 2007 new very ambitious policy goals were defined within the programme “Schoon en Zuinig”, viz.: 20% renewable energy in 2020, 2% energy saving a year till 2020, and 30% CO<sub>2</sub>-reduction in 2020. Concerning biofuels The Netherlands will try to comply to the the European policy goals mentioned. Further, in the NL a long-term Vision has been developed that in 2030 30% (energy basis) of the raw materials and fuels used for both industrial and energy purposes should be bio-based. To meet this long-term Vision, all available domestic biomass resources should be made available, incl. the full use of the aquatic biomass potential. Even then, about 50% of the biomass requirements should be covered by import of densified raw materials and/or biomass-derived intermediates. This huge import of biomass is no problem for the NL with the available Rotterdam, Amsterdam, Delfzijl and Terneuzen harbours; it even offers the NL the opportunity to become the Bio-HUB for Europe; i.e. importing huge amounts of biomass, giving added-value to these streams in available industrial infrastructures, and exporting these intermediate/final products to other EU-27 countries.

## 7. National oil refinery

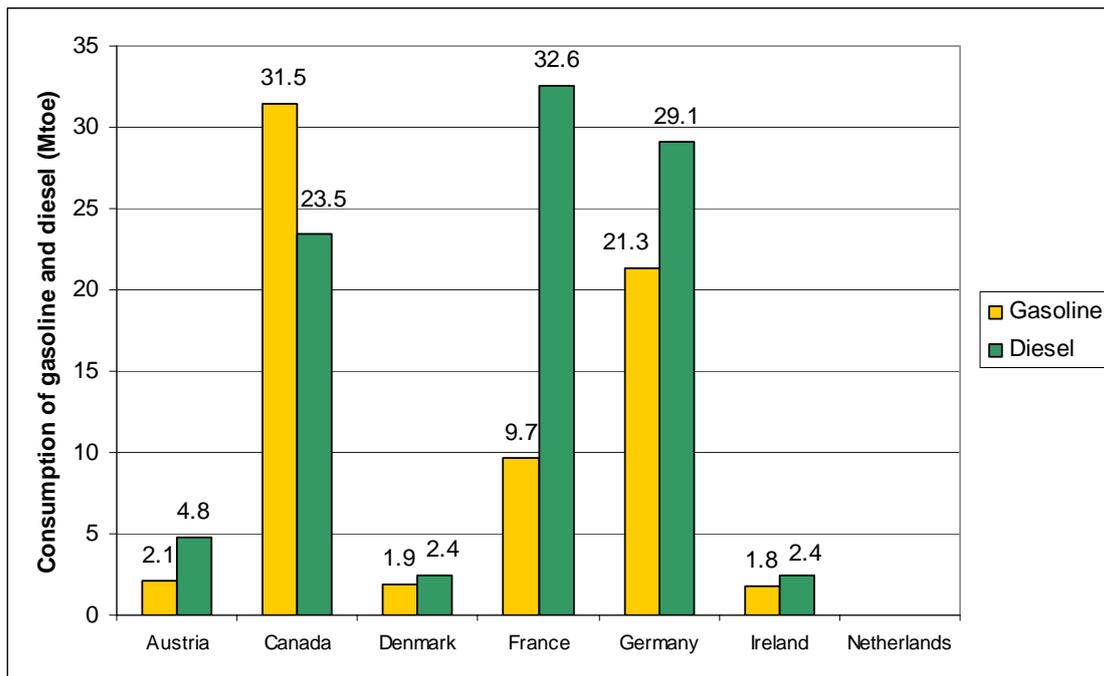
This section provides an overview of the oil refinery situation in the seven IEA Bioenergy Task 42 countries. The crude oil is a mixture of many different organic hydrocarbon compounds, and the first step of oil refinery is to remove water and impurities, then distill the crude oil into its various fractions as: gasoline, diesel fuel, kerosene, lubricating oils and asphalts. Then, these fractions can be chemically changed further into various industrial chemicals and final products. Unlike petroleum, biomass composition is not homogeneous, because the biomass feedstocks might be made of grains, wood, grasses, biological wastes, and so on, and the elemental composition is a mixture of C, H and O (plus other minor components, such as N, P and other mineral compounds). This compositional variety constitutes the major constraint for the integration of bio-based intermediates into the already existing oil refinery facilities. The shift to a bio-based chemical and material industry will alter the technological basis of the industry.

Table 3. shows the oil refinery capacity of the countries, the shares of the products of the national oil refineries, and the number of refineries. National consumption of gasoline and diesel is reported in Figure 4.

**Table 3** Characteristics of oil refinery.

Oil product (Mtoe/a)	Austria	Canada	Denmark	France	Germany	Ireland	Netherlands
Diesel	3.5	25	3.36	20.7	29.0	1.10	14.4
Gasoline	1.7	33	2.08	15.8	21.3	0.68	10.7
Heavy oil	1.0	9	1.43	7.6	6.1	0.95	13.6
Jet Kerosene	0.5	15	-	5.9	8.8	-	6.7
Other (mainly light oil)	0.1	-	0.63	28.6	36.6	0.24	45.4
Total	6.8	83	7.50	78.5	101.8	2.97	88.9
Reference year	2005	2007	2006	2006	2007	2005	2007
Number of refineries	2	18	2	13	14	1	5*

\*NL: Pernis Shell Refinery: 416000 bbl/day, Botlek Exxon/Mobile Refinery: 195000 bbl/day, Vlissingen Total/DOW Refinery: 160000 bbl/day, Europoort BP Refinery: 400000 bbl/day, Rozenburg Q8 Refinery: 80000 bbl/day.



**Figure 4.** Consumption of gasoline and diesel.

NL (2003): 7016 MI diesel; 5431 MI gasoline

## 8. Bioethanol, biodiesel and biogas: production and capacity

One of the main driving factors for the future development of biorefinery is the production of liquid transportation biofuels able to increase the biofuel shares in the transportation sectors, in order to meet the previously reported targets. The transportation sector is growing steadily and in the same way grows the demand for fuels.

As already mentioned above, Europe aims at a share of 10% biofuel in 2020, and IEA and IPCC expect a significant contribution of biofuels on the transportation market in 2030 (10 – 20%). As a consequence, the main driver for the development of biorefinery is seen by IEA Bioenergy Task 42 – from an energy point-of-view – in the efficient and cost effective production of transportation biofuels, whereas for the coproduced biomaterials and biochemicals additional economic, environmental and social benefits might be gained. Table 4. reports data and information concerning production of the 1<sup>st</sup> generation biofuels bioethanol, biodiesel and biogas. For each of them, effective production, estimated capacity, feedstocks and number of installation plants are specified.

Biodiesel is the main biofuel in European countries, while bioethanol dominates the biofuel market in Canada (and the US). The production of biogas is diffused in all the countries, and in the last few years it has been strongly implemented in countries with high feed in tariffs for electricity generation from biogas (especially European countries). In Germany and Austria, biogas is also used as transportation biofuel, after upgrading to biomethane. Straight vegetable oil is mainly used in Germany, with an annual production of 800 ktonnes. Another type of biofuel, Ethyl Tert-Butyl Ether (ETBE, derived from ethanol), is produced in France (4 production plants, 250 ktonnes capacity), Germany (500 ktonnes capacity), and The Netherlands (2 production plants, 755 ktonnes capacity). ETBE is commonly used as an oxygenate gasoline additive.

**Table 4.** Characteristics of biofuel production in IES Bioenergy Task 42 countries.

Country	Year	Production	Estimated capacity	Feedstock	Number of plants	Application
<b>Austria</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	442	1,248	Waste, animal fat and plant oil	18	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	15.0	15.0	Wheat, corn, sugar beet	1	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2007	118	n.a.	Manure, corn	332	Electricity/heat, Tr. Fuel
<b>Canada</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	n/a	92.4	Tallow, Canola, Yellow Grease	8	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	646	684	Corn and wheat	10	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2007	488	n.a.	Landfill gas, sewage, manure	110	Electricity/heat
<b>Denmark</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	98.0	130	Rapeseed, animal waste	2	Exported
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2007	93.5	n.a.	Manure, slaughterhouse	51	Electricity/heat
<b>France</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	1,300	n.a.	Rapeseed and sunflower	18	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	426	n.a.	Sugar beet, wheat	18	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2007	55	n.a.	Landfill, sewage	200	Electricity/heat, Tr. Fuel
<b>Germany</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	2,900	5,010	Rapeseed, soya and palm oil	n.a.	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	357	766	Sugar beet, wheat, molasses	7	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2006	1,923	1300M <sub>w<sub>e,h</sub></sub>	Landfill, sewage, starch	3500	Tr. fuel, Electricity/heat
<b>Ireland</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2006	4.00	n.a.	RVO, Rapeseed Soya	7	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2006	34.7	n.a.	Landfill, sewage, starch	n.a.	Electricity/heat
<b>Netherlands*</b>						
Biodiesel (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	0.253	1.5-4.5	Waste fats/oils, rapeseed	10**	Transportation fuel
Bioethanol (10 <sup>3</sup> t/y)	2007	0.132	0.5	Sugar beet, molasses	3**	Transportation fuel
Biogas (10 <sup>3</sup> toe/y)	2008	-	100 Mm <sup>3</sup>	Landfill, sewage, starch	>	CHP, transport

\* In the NL the current (2008) known biodiesel production capacity is about 750 - 1500 ktonnes/year. Additional production capacity of about 1500 ktonnes per year is in the start-up phase; whereas another 1500 ktonnes/year initiatives is in the idea phase [info SenterNovem GAVE website, December 2008]. For the time being there is only little production capacity available to produce bioethanol for transport purposes; however, there exists a production capacity of about 755 ktonnes ETBE. There is a bioethanol production capacity in the start-up and idea phase of about 750 Ml. Besides biodiesel, bioethanol and biogas, there are some small-scale PPO production facilities, and an 800 ktonnes/year biomethanol production facility. \*\* Only running plants, and start-up initiatives, being taken into account.

## 9. Existing biorefinery industries

This section presents a list of the most important existing biorefinery and non conventional biomass industries which are running in IEA Bioenergy Task 42 countries (Table 5). Note that the conventional biomass uses (i.e. agricultural production, wood industry, pulp and paper industry and CHP applications) and 1<sup>st</sup> generation transportation biofuel production (i.e. biodiesel and bioethanol) are not included. These existing biorefineries are already competitive in the market.

**Table 5** Existing biorefinery and non conventional biomass industries.

Country	Feedstock	Products	Description
<b>Austria</b>			
Lenzing AG	Fibre and pulp	Furfural, acetic acid, sodium sulfate, potassium-lignin-sulfate	Separation of chemicals as a co-product of fibre and pulp processes. CHP from lignin
Danisco	Wastewater of pulp and paper industry	Xylose	Separation of xylose out of wastewater
<b>Canada</b>			
Ensyn	Agricultural and wood residues	Bio-oil, charcoal, food flavors, adhesive resins, green gasoline, diesel and jet fuels.	Rapid pyrolysis produces bio-oil that can be used for power generation, renewable transportation fuels and a range of chemicals.
Tembec	Pulp mill biomass	Ethanol, acetic acid, phenol-formaldehyde resins and lignosulfonates	Conversion of cellulose wastes to ethanol and fine chemicals
Dynamotive	Waste sawdust / recycled lumber	Bio-oil, char	Rapid pyrolysis to produce bio oil and char
Nexterra/Tolko	Wood residue	Heat energy	Gasification to syngas
<b>Denmark</b>			
Agroferm	Green juices	Lysin for animal feed	Production of lysin for animal feed by fermentation of green juices from green pellet production
Dangront	Grasses	Green pellets and green juices	Production of green pellets and juices from grasses
<b>France</b>			
Novance	Vegetable oil	Oleochemistry for non-food markets	Production of solvents, lubricants, biodiesel, resins
DRT	Terpen, resins	chemicals from paper and pulp industry by-products	Resin, gum rosin, resin, fine chemicals, tall oil derivatives, surfactants
Roquette	Wheat, potato, maize, pea	Starch, food, feed, bulk and fine chemicals, succinic acid, ethanol...	Physical, chemical and fermentation processes
ARD, Cristal Union, Chamtor	Wheat, sugar beet,	Food, feed, ethanol, succinic acid, cosmetics, electricity	Physical, chemical and fermentation processes
Tembec, Smurfit...	Wood	Cellulose, paper, tall oil, lignosulfonates, electricity, steam	Production of products and energy

<b>Germany</b>			
Südzucker	Sugar, grain	Sugar, palatinose, food additives, feed, ethanol biogas, electricity	Logistics, sugar/starch-refinery, palatinose plant, CropEnergy for Ethanol and Byproducts
Zellstoff Stendal	Wood	Cellulose, paper, tall oil, MeOH, turpentine, electricity, steam	Production of products and energy from wood by cooking, bleaching, drying, power plant waste water treatment
Biowert	Grass	Biogas, insulation material, biocomposites	Production of fibres and juice from grasses
CropEnergies	Sugar, grain	Ethanol, DGGS, electricity	See Südzucker
<b>Ireland</b>			
none operational			
<b>Netherlands</b>			
Bio MCN	Glycerin	Methanol	Upgrading of the biodiesel byproduct glycerin to biomethanol for transport
Biowert			
Vierhouten Vet	Waste oils/fats	Biodiesel	Waste plant oils and animal fats used in the food industry are upgraded to biodiesel
Ecoson/Vion	Waste meat industry	Biogas, CHP, Biodiesel	Integrated production of biogas, fats and biodiesel from meat waste
Biowert	Waste oils/fats	Biodiesel, fuel additives	Integrated production of biodiesel, and fuel additives from glycerin fraction
Ten Kate Vetten	Raw animal fats	Consumable fats, aromas & flavours, gelatine, CHP	Integrated production of food and CHP
Food industry	Various	various	Various

## 10. Pilot and demonstration plants

Bioethanol, biodiesel and biogas represent the so called biofuels of 1<sup>st</sup> generation, while the 2<sup>nd</sup> generation is still under development in different research activities and pilot/demo plants but are not yet on the market. The term 2<sup>nd</sup> generation biofuels refers to those biofuels which are produced from lignocellulosic materials (such as wood and straw) or other feedstocks which do not compete with the food and feed industries. [Table 6](#) and [7](#) report a list of the biorefinery pilot plants, while the demo plants are reported in [Table 8](#).

**Table 6** Biorefinery pilot plants in Austria, Canada, Denmark and France.

Country	Feedstock	Products	Description	Status
<b>Austria</b>				
Güssing	Lignocellulose	SNG and FT-fuels	Gasification of forest wood chips and conversion to FT-fuels	Pilot plant
Utzenaich	Grass silage	Amino acids, lactic acid, biogas	Green biorefinery: production of amino acids, lactic acid and biogas from grasses	Pilot plant

Hartberg	Grass silage	Amino acids, lactic acid, biogas, fiber boards	Green biorefinery: production of amino acids, lactic acid, biogas and fiber boards from grasses	Pilot plant
<b>Canada</b>				
IMUS, Vegreville, AB	Manure for biogas; wheat for ethanol and DDGS	Biogas, electricity, fertilizers, ethanol and DDGS	Hydrolysis & fermentation of wheat into ethanol & DDGS fed to cattle producing manure; anaerobic digestion of manure	Pilot plant
Iogen, Ottawa, ON and Saskatchewan	Straw	Cellulosic ethanol, byproducts: lignin, power	Fractionation, enzymatic hydrolysis & ethanol fermentation; ON: 40kt→2.5ML SK: 750kt→90ML	Pilot plant
Enerkem and Greenfield Ethanol	Selected Municipal Solid Waste	Alcohols	Gasification & catalytic synthesis of alcohols; 36 ML ethanol from 100 kt MSW	Pilot plant
Enerkem and industry partners	Utility poles, forest residues, selected MSW	Alcohols	Gasification & catalytic synthesis of alcohol fuels; 50 ML/a, 8.2 M\$	Under development
Enerkem, Kruger, CRB, and University of Sherbrooke's	Forest & agricultural residues	Pentose derivatives, lignin derivatives & cellulosic fibre pulp or ethanol	Deconstructing & disaggregation of the lignocellulosic matrix, fractionation & depolymerization of the constitutive fractions ("FIRST")	Pilot plant
Sun Opta	Wheat straw, oat hulls and wood chips	Cellulosic ethanol and butanol, Xylitol and fibre	Pretreatment of biomass for subsequent enzymatic hydrolysis to produce fermentable sugars.	Pilot plant
Advanced Biorefinery Inc.	Wood residues and animal manure	Bio-oil and charcoal, wood alcohol, acetone and acetic acid	Rapid pyrolysis to produce charcoal and bio oil, chemicals.	Pilot plant
NovaGreen	Straw, wood chips and agricultural residues	Cellulosic ethanol, xylitol, lignin	Steam explosion and fermentation technology to produce cellulosic ethanol, xylitol and lignin.	Pilot plant
Woodland Biofuels Inc.	Wood and agriculture residues, pulp sludge	Cellulosic ethanol, acetic acid, vinyl acetate monomers and formaldehyde	Gasification technology to convert biomass into fuels and chemicals	Pilot plant
Atlantec Bioenergy Corp	Sugar beets	Ethanol, fertilizer, electricity	Anaerobic digestion, genset, and nutrient refinery	Pilot plant
BioTerre	Manure	Biogas	Anaerobic digestion	Pilot plant
Vider Biomass	Wheat straw	Pellets, CHP	Vitrification, 2-stage combustion	Pilot plant
Great Northern Power	Wood waste	CHP	Gasification	Pilot plant
<b>Denmark</b>				
Inbicon	Wheat straw	Ethanol, solid fuel, animal feed	Production of bioethanol and solid fuel from wheat straw	Pilot plant
Technical University of Denmark /BioGasol	Lignocellulose	Bioethanol, hydrogen, biogas	Integrated production of bioethanol, hydrogen and biogas from biomass	Pilot plant
<b>France</b>				
Procethol 2G	Wheat straw	Bioethanol	Production of cellulosic ethanol on the existing sugar-beet and wheat biorefining site of Bazancourt	Pilot plant

**Table 7** Biorefinery pilot plants in Germany and the Netherlands.

Country	Feedstock	Products	Description	Status
<b>Germany</b>				
Agrar-genossenschaft Bergland Clausnitz e.G.	Biomass	Biogas (5.000 t/a, 175 kWel)	Solid state fermentation, slurry free, tub reactor, bioleaching	Pilot plant
CUTEK-Institut GmbH, Clausthal-Zellerfeld	Biomass	Biofuels (1 l/h)	Artfuel process, gasification, FT-Synthesis, BtL	Pilot plant
Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe	Biomass	Biofuels (500 kg/day)	Bioliq-process Dentralized (flash-) pyrolysis of biomass, centralized gasification, Methanolsynthesis, BtL fuel synthesis	Pilot plant
Fraunhofer Pilot Plant Center (PAZ) at Schkopau ValuePark	Various feedstocks	Biopolymers, Biomaterials	Polymer synthesis & processing	Pilot plant
Fraunhofer Institute for Chemical Technology, Pfingsttal	Various feedstocks	Biopolymers, Biomaterials	Chemical biomass conversion. Several units and arrays for polymer engineering & processing, Microwave arrays, units for membrane technology, units for processing in supercritical fluids	Pilot plant
Fraunhofer Institute for Environmental, Safety and Energy Technology, Oberhausen,	Renewable Resources	Adsorbents made from renewable resources	Rotary kiln pilot plant for the development and sample production of specific high-performance adsorbents made from renewable resources.	Pilot plant
Fraunhofer Institute for Environmental, Safety and Energy Technology, Oberhausen,	Renewable Resources	Biopolymers	Biodegradable plastics, polymers from renewable resources, nanocomposites, pilot and small-scale series production	Pilot plant
Fraunhofer-Institute for Environmental, Safety and Energy Technology, Oberhausen	Wood chips	500 kW: 150 kW electricity, 250 KW heat	Gasification, circulating fluidised bed gasifier for wood chips, gas motor generator plant, biomass feedstock pre-treatment	Pilot plant
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Bornim	Rye (starch)	Lactic acid (10 t/a)	Green biorefinery for a continuous production of lactic acid Feedstock pre-treatment, fermenter, nanofiltration, elektrolyse, product separation & refining	Pilot plant
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Bornim	Hemp fibre	Fibre-pulping process (300 kg/h)	Feedstock pre-treatment,	Pilot plant
Sauerkraut- und Gemüseverarbeitungs-GmbH, Ritschenhausen	Algae	Fatty acids, lipids, carotenoids (6 t/a)	Photobioreaktor to produce microalgal species	Pilot plant
Subitec GmbH, Stuttgart	Microalgae from polluted water and CO2	Fatty acids, lipids, carotenoids, (1,5 t/a) Feed, food, pharmacy and cosmetics	Marine biorefinery: high value products from microalgae	Pilot plant
Technische Universität Hamburg-	Flax fibre	Fibre-pulpe	Feedstock pre-treatment, fibre-pulping process	Pilot plant

Harburg, Hamburg				
Uhde Inventafischer GmbH, Berlin	Lactic acid	Biopolymers, PLA, (50 kg/d)	Miniplant, polymerisation of lactic acid to PLA, downstream operations	Pilot plant
<b>Netherlands</b>				
Agrologistiek	Arable crops	Bioethanol, feed, biogas, CO <sub>2</sub>	Small-scale bioethanol from arable crops	Pilot plant
Bioport R'dam	Import	2 <sup>nd</sup> generation biofuels + value-added bio-based products	Lignocellulosic feedstock biorefinery	Pilot initiative
Biorefinery Cluster	Process residues	Various	Multi-industrial biorefinery	Pilot initiative
Grass refinery (Courage)	Grass	Green juice and pressed fibres	Grass refinery: from grasses to value added products	Pilot plant
Nedcalco	Lignocellulosic residues	Bioethanol	Bioethanol from lignocellulosic materials	Pilot plant
NUON	Multi-fuels	Power and syngas	Thermo-chemical conversion (HT gasification)	Demo
TNO	Wet organic streams	Biocrude, fuels, chemicals	Hydro Thermal Conversion	Pilot plant
WUR BBP	Aquatic biomass	Various bio-based products and bioenergy	Growing and fractionation of microalgae	Pilot plant
ECN	Aquatic biomass	Various bio-based products and bioenergy	Growing and fractionation of seaweeds	Pilot plant

**Table 8** Biorefinery demo plants in IEA Bioenergy Task 42 countries.

Country	Feedstock	Products	Description	Status
<b>Canada</b>				
Lignol	Wood and agriculture residues	cellulosic ethanol, lignin, acetic acid, furfural and xylose	Organosolve-based fractionation & hydrolysis, enzymatic saccharification and fermentation.	Demo Plant
Syntec Biofuels	Wood and agriculture residues	Methanol and ethanol	Gasification and catalytic synthesis, and steam reforming	Under development
Growing Power Hairy Hill	Manure for biogas; wheat for ethanol and DDGS	Ethanol, electricity	Integrated biogas and ethanol plant	Demo plant
Highmark	Manure for biogas; wheat for ethanol and DDGS	Ethanol, electricity	Integrated biogas and ethanol plant	Demo plant
<b>Denmark</b>				
Inibicon	Wheat and straw	Bioethanol, solid fuel, feed	Integrated production of bioethanol, solid fuel and feed from wheat and straw	Demo plant (from 2009)
Biogasol	Wet biomass	Bioethanol, pellets, biogas	Conversion of wet biomass into bioethanol, pellets and biogas	Demo plant (from 2009)
<b>France</b>				
CEA	Biomass	FT-fuels	Gasification of biomass and FT-fuel production	Demo plant (from 2009)
Solvay	Glycerine	Epichlorhydrin	Production of epichloridrin from glycerine	Demo plant
SICA Atlantique	Fats	FAEE	Production of Fatty Acid Ethyl Esters (FAEE)	Demo plant
<b>Germany</b>				
Aufwind Schmack Betriebs-GmbH & Co, München	Biomass	Biogas (920 Nm <sup>3</sup> /h)	Conditioning and injection of biogas into the gas distribution system	Demo plant
Biogas-Brennstoffzellen GmbH, Leonberg	Biowaste	Biogas, electricity (250 kWel)	Fermentation, conditioning and use of biogas in fuel cell "hot module"	Demo plant
Bioprodukte Prof. Steinberg GmbH, Klötze	Micoalgae	Fatty acids, lipids, carotenoids (130 t/a)	Photobioreaktor to produce microalgal species	Demo plant
Brandenburg	Alfalfa and wild mix grass (30kt/yr)	high valuable proteins, Amino acids, lactic acid, fodder	Green biorefinery: production of green juice for high valuable proteins and lactic acid	Demo plant
CHOREN Industries GmbH, Freiberg	Wood	FT/BtL-biofuels (15.000 t/a)	Carbo-V process, feedstock pre-treatment, gasification, FT-synthesis, BtL (sundiesel)	Demo plant
Emsland-Stärke GmbH, Wietzenorf	Whole crop biorefinery (potato starch & biogas), (demonstration & commercial)	Integrated unit for bioproducts and bioenergy	Private, Public (federal funding)	Demo plant
Kreiskrankenhaus Wolgast, Wolgast	Rapeseed oil	240 kW electricity, 310 KW heat, 258 kW for cooling	gas motor with alternative fuel generator plant, co-generation heat/power and cooling energy	Demo plant
Landwirtschaftszentrum Eichhof, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bad Hersfeld	Biomass	Biogas, electric power (35 kWel)	Use of biogas in a microgasturbine	Demo plant
Nordhanf GmbH Rosenow	Hemp fibre	Fibre-pulpe (10.000 t/a)	Feedstock pre-treatment, Fibre-pulping	Demo plant

Postdam	Lignocellulose	Bioethanol	Bioethanol from lignocellulosic feedstock	Demo plant
PYTEC GmbH Thermochemische Anlagen, Lüneburg	Biomass	Biofuels (6 t/day)	Ablative flash pyrolysis	Demo plant
Schornbuscher Biogas GmbH & Co KG, Euskirchen	Energy Plants	Biogas, electricity (500 kWel)	Slurry free fermentation of energy plants	Demo plant
Stadtwerke Düsseldorf AG, Holzvergaser- anlage Arnsberg- Wildshausen	Biomass	270 kW electricity, 410 KW heat	Gasification, gas motor generator plant, biomass feedstock pre- treatment	Demo plant
Vattenfall Europe AG, Biomasse- HKW Sellessen	Wood	2,5 MW electricity, 3,5 MW heat biomass-fuels, woody-feedstocks	Steam generator plant, biomass firing, feedstock pre-treatment	Demo plant
<b>Ireland</b>				
County Mayo	Biomass	Bioethanol, lactic acid, polylactide	Production of bioethanol and platform chemical from biomass	Demo plant
<b>Netherlands</b>				
Bio MCN	Glycerine	Biomethanol	Production of green biomethanol from glycerine	Demo plant
Biovalue	Vegetable oil	Biodiesel, glycerine, pharmaceutical acetates	Production of biodiesel, glycerine (to fuel additive) and pharmaceutical acetates	Demo plant
NUON	Multi fuels	Power and syngas	HT gasification	Demo plant
DBI*	various	various	various	Demo plant

In the NL in 2009 the Dutch Biorefinery Initiative (DBI) will be implemented. The DBI is a Research, Development and Demonstration Programme within the biorefinery field. Within the DBI framework several biorefinery pilot and demo plants will be implemented within the following fields: domestic crops (grass, beets, maize, .....), aquatic biomass (algae, seaweeds), imported biomass (thermochemical and/or (bio)chemical conversion lignocellulosic biomass; upgrading of biofuel process residues), upgrading of defined and undefined process residues in multi-industrial initiatives. The pilot/demo initiatives are selected based in specific strengths in The Netherlands, such as: strong agrocluster, chemical sector, and energy sector; advantageous position in the European market (Bio-HUB for Europe), and strong Knowledge Infrastructure (plant breeding, white biotechnology, concept development, offshore engineering, .....).

## **11. Activities of research and development (national projects and stakeholders)**

A key driver for the development and implementation of biorefineries is the growth in demand for energy, fuels, and chemicals. Accordingly, the aim of research is in developing new technologies and creating novel processes, products, and capabilities to ensure the growth is sustainable from economic, environmental and social perspectives. The most relevant national biorefinery projects for IEA Bioenergy Task 42 countries are listed in Tables 9 – 12. For each project, it's type (European, national or international), the national coordinator, a short description and the website (where possible) are given.

Further research and technology adoption will indicate which new products and processes contribute to more sustainable performances compared to conventional fossil based systems. The term itself of sustainability needs an agreement on a common definition and criteria for its evaluation. This will be necessary for communication with non-governmental organizations (NGOs), the general public, regulators and policy makers about, for example, CO<sub>2</sub> reductions.

IEA Bioenergy Task 42 addresses a new and very broad biomass-related field with a very large application potential. Releasing this potential will require collaboration between industry, the knowledge infrastructure (KIS) both institutes and universities, government and NGOs to identify appropriate R&D priorities and programmes as well as commercialization and market introduction strategies. Joint international priorities and RD&D-programs among industry, research institutes, universities, governmental bodies and NGOs are therefore necessary. Tables 13 – 15 report a list of the most relevant national stakeholders who are actively involved in biorefinery concepts. The numerous different stakeholders are grouped in four groups:

1. Knowledge Infra Structure (KIS) – both institutes and universities
2. Industry-producing companies
3. Governmental organizations
4. Other (e.g. non-governmental organization, plant constructors and engineering, associations and land owners).



**Table 9** Main national projects on biorefinery in Austria and Canada.

Country	Name of project	Type of project	National Coordinator	Description	Website
Austria	Biosynergy	EU	Joanneum Research	Biomass for the market competitive and environmental friendly synthesis of bioproducts and secondary energy carriers through the biorefinery approach	www.biosynergy.eu
	Bioenergy NOE - Network of Excellence	EU	Joanneum Research	The network aims at growing its joint research activities into a Virtual R&D Bioenergy Centre that can spearhead bioenergy research in Europe.	www.bioenergy-noe.com
	RENEW	EU	TUV	The aim of the project is to develop a production process for liquid biofuels from biomass (sunfuel)	www.renew-fuel.com
	REFUEL	EU	Joanneum Research	The refuel project is designed to encourage a greater market penetration of biofuels, by developing a biofuels road map (consistent with EU biofuel policies)	www.refuel.eu
	Austrian Green Biorefinery Initiative	National	Joanneum Research	Primary processing and utilization of fibres from green biomass	n.a.
	Green Biorefinery (SUSPRISE)	International	Joanneum research	Technical, economic and ecological optimization of value chains by the introduction and efficient use of sustainable raw materials	n.a.
Canada	Canadian Triticale Biorefinery Initiative (CTBI)	International	Agriculture and Agri-Food Canada (Lethbridge, Alberta)	Fully integrated program for crop development, processing technology, conversion technology and downstream product development for chemicals and materials	n.a.
	Natural Fibres for a Green Economy (NAFGEN)	National	Flax 2015	Fully integrated program for sustainable crop development, processing technology, conversion technology and downstream product development for high value materials and chemicals for oilseed flax and industrial hemp	Na
	Hemicellulose utilization from kraft pulp mills	National	FPIinnovations & universities associated under 'PAPIER'	Recovery of biofuels and chemicals from hemicellulose	n.a.
	FPIinnovations & Universities associated under 'PAPIER'	National	Natural Resources Canada, Canadian Forest Service	Numerous Projects	Na
	Biofixation of Co2 Through Microalgae	National	Innoventures Canada	Biofixation of carbon dioxide via microalgae growth, integrated with biodiesel and cellulosic ethanol production	n.a.
	13 networks	National	Agriculture and Agri-Food Canada, Agricultural Bioproducts Innovation Program	Designed to support new & existing research networks and the development of clusters for the advancement of a sustainable and profitable Canadian bioeconomy. Develop new economic opportunities for agriculture in the areas of bioproducts and bioprocesses such as biofuels, other forms of bioenergy, biochemicals, biopharmaceuticals, etc.	www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1195569629682&lang=e

**Table 10** Main national projects on biorefinery in Denmark and France.

Country	Name of project	Type of project	National Coordinator	Description	Website
Denmark	From sugar to polyester	National	Novozymes	Use of biomass for production of chemicals	n.a.
	2 <sup>nd</sup> generation biofuels for future cars	National	DONG Energy	Optimization of bioethanol production from biomass and integration of processes	www.Inbicon.com
	Renescience - waste to fuel and energy	National	DONG Energy	Flexible process for production of heat, power and liquid fuel from biomass and waste	www.Inbicon.com
	Bio.REF	National	Technical University of Denmark	Biorefinery for sustainable reliable economical fuel production from energy crops	n.a.
	Biotroll	EU	University of Copenhagen	Integrated biological treatment and agriculture reuse of live mill effluents with the concurrent recovery of energy sources	n.a.
	Biopack	EU	Technical University of Denmark	Proactive biobased cheese packaging	n.a.
	Europectin	EU	Danisco	Upgrading of sugar beet pectins by enzymatic modification and molecular farming	n.a.
	Enhance	EU		Green chemicals and biopolymers from rapeseed meal with enhanced end-performances	n.a.
	IBUS	EU	DONG Energy	Integrated biomass utilization for production of biofuels	www.Inbicon.com
	Biocomp	EU	Risoe National Laboratory	New classes of engineering composite materials from renewable resources	www.biocomp.eu.com
	Nanobiosaccharides	EU	Danisco	Nanotechnologies for Bio-inspired polysaccharides: biological decoys designed as knowledge based, multifunctional biomaterials	www.nanobiosaccharides.org
	Ecobinders	EU	University of Copenhagen	Eco-friendly, emission-free, moisture resistant and 100% renewable binders	www.ecobinders.net
	Sustainpack	EU		Innovation and sustainable development in the fibre based packaging value chain	www.sustainpack.com
	Flexfuel	EU	VE-Organisation Ærø	Demonstration of a flexible plant processing organic waste, manure and/or energy crops to bioethanol and biogas for transport	n.a.
France	BioHub	National	Roquette	The program aims at getting the most out of agricultural resources by developing new chemical and biochemical processes to synthesize chemical products from Isosorbide	<a href="http://www.biohub.fr">www.biohub.fr</a>
	Osiris	National	Soufflet	Development of biofuels, food, feed and biological crops protection products from cereals	n.a.
	Nile	EU	IFP	Cost effective production of clean bioethanol from lignocellulosic biomass	<a href="http://www.nile-bioethanol.org/">www.nile-bioethanol.org/</a>
	Biorefinery Euroview	EU	Industries and Agro-Resources Cluster	This project aims at preparing for future RTD activities	<a href="http://www.iarpolefr.nexenservices.com/biorefinery/public/index2.html">www.iarpolefr.nexenservices.com/biorefinery/public/index2.html</a>

**Table 11** Main national projects on biorefinery in Germany.

Name of project	Type of project	National Coordinator	Description	Website
Agrobiogas	Eu		An integrated approach for biogas production with agricultural waste	<a href="http://www.dgs.de/1693.html">http://www.dgs.de/1693.html</a>
Bee	EU	University of Freiburg, Germany	Biomass Energy Europe - harmonising biomass resource assessments, focusing on the availability of biomass for energy in Europe and its neighbouring countries.	<a href="http://www.eu-bee.net/">http://www.eu-bee.net/</a>
BioEnergie 2021	National		Upcoming program: BioEnergie 2021 - Forschung für die Nutzung pflanzlicher Biomasse	<a href="http://www.fz-juelich.de/ptj/bioenergie2021">www.fz-juelich.de/ptj/bioenergie2021</a>
BioHub	EU	Roquette, France	Development of cereals-based chemical products to the point that they are sustainable substitutes for fossil-origin products.	<a href="http://www.biohub.fr">www.biohub.fr</a>
BioLog	National	CUTEC-institute	: Development, Evaluation, testing and demonstration of new logistic concepts for Biofuel	<a href="http://www.cutec.de/thermische_biolog.php">http://www.cutec.de/thermische_biolog.php</a>
Biomass methanisation	National		Joint research Optimization of anaerobic biomass degradation for methane production	<a href="http://www.fnr.de">www.fnr.de</a>
Biopol	EU	WUR	Assessment of biorefinery concepts and the implications for agriculture and forestry policy	<a href="http://www.biorefinery.nl/biopol">http://www.biorefinery.nl/biopol</a>
Ecobinders	EU	WUR	Eco-friendly, emission-free, moisture resistant and 100% renewable binders	<a href="http://www.ecobinders.net">www.ecobinders.net</a>
Epobio	EU	WUR	Bioproducts from non-food crops	<a href="http://www.epobio.net/epobio.htm">http://www.epobio.net/epobio.htm</a>
ERA-IB	EU		ERA-Net Industrial Biotechnology -First Call "Industrial biotechnology for Europe: an integrated approach"	<a href="http://www.era-ib.net/default.asp?cid=96">http://www.era-ib.net/default.asp?cid=96</a>
Field grass for Biogas	National		Breeding and use of field grass for biogas production	<a href="http://www.fnr.de">www.fnr.de</a>
Glyfinery	EU	Technical University of Denmark	Sustainable and integrated production of liquid biofuels, bioenergy and green chemicals from glycerol in biorefineries	n.a.
IG-Biotech	International	Fraunhofer WKI	Biotechnological conversion of raw glycerol to high value products for polymer chemistry	<a href="http://www.wki.fraunhofer.de/publikat/pm_ig-biotech_07-07.html">http://www.wki.fraunhofer.de/publikat/pm_ig-biotech_07-07.html</a>
Lignocellulose-Biorefinery	National	DECHEMA	Joint research project: Preparation of cellulose, glucose, hemicellulose, xylose and lignin as well as testing of carbohydrates for fermentation processes	<a href="http://www.ft.uni-karlsruhe.de/FORDAT/PROJEKTE/ka11445.htm">www.ft.uni-karlsruhe.de/FORDAT/PROJEKTE/ka11445.htm</a>
Metaglyc	National		Joint research project: functionalized Glycerol derivatives	<a href="http://www.fnr.de">www.fnr.de</a>
Nanobiosaccharides	EU	WWU Münster, Germany	Nanotechnologies for Bio-inspired polysaccharides: biological decoys designed as knowledge based, multifunctional biomaterials	<a href="http://www.nanobiosaccharides.org">www.nanobiosaccharides.org</a>
New Enzymes	National	Dechema	Joint research project: new enzymes and enzyme systems for the degradation of lignocellulose for fine chemicals	<a href="http://www.fnr.de">www.fnr.de</a>
Nile	EU	IFP, France	Cost effective production of clean bioethanol from lignocellulosic biomass	<a href="http://www.nile-bioethanol.org/">www.nile-bioethanol.org/</a>
Propanenergy	EU	TUHH, Germany	developing an integrated bioprocess to convert technical glycerine from biodiesel production into biogas and two value-added products 1,3-propanediol (PDO) and fertilizer in a biorefinery approach.	<a href="http://www.propanergy.eu/cms/">http://www.propanergy.eu/cms/</a>
Sustainpack	EU	STFI-Packforsk, S	Innovation and sustainable development in the fibre based packaging value chain	<a href="http://www.sustainpack.com">www.sustainpack.com</a>
Thermoplastic elastomers	National		Joint research project: Development and production of thermoplastic elastomers from olefines	<a href="http://www.fnr.de">www.fnr.de</a>

Other projects dealing with partial aspects of biorefineries available at [www.fnr.de](http://www.fnr.de)

**Table 12** Main national projects on biorefinery in Ireland and the Netherlands.

Country	Name of project	Type of project	National Coordinator	Description	Website
Ireland	Carbolea	National	University of Limerick	Evaluate Biorefining Technologies and Feedstocks for Ireland Design and Operate a Pyrolysis/Gasification Unit	n.a.
	FP5 BESUB EU	EU			n.a.
Netherlands*	Biocoup	EU	UT	Co-processing of upgraded bio-liquids in standard refinery units	www.biocoup.eu
	Biopol	EU	WUR	Assessment of biorefinery concepts and the implications for agriculture and forestry policy	www.biorefinery.nl/biopol
	Biosynergy	EU	ECN/WUR	Biomass for the market competitive and environmental friendly synthesis of bioproducts and secondary energy carriers through the biorefinery approach	www.biosynergy.eu
	Epobio	EU	WUR	Bioproducts from non-food crops	www.epobio.eu
	Bioref-Integ	EU	WUR	Development of advanced biorefinery schemes to be integrated into existing industrial (fuel) producing complexes	www.bioref-integ.eu
	Sustoil	EU	WUR	Focus on biodiesel sector	www.sustoil.eu
	Green biorefinery (SUSPRISE)	International	WUR	Technical, economic and ecological optimization of value chains by the introduction and efficient use of sustainable raw materials	-
	BBASIC	National	TUD	Process development for biomass conversion into chemicals using biocatalysts as micro-organisms and enzymes	www.b-basic.nl
	CATCHBIO	National	NIOK	Fuels, chemicals and pharmaceutical from biomass	www.catchbio.com
	Biobutanol	National	WUR	Production of butanol from biomass	www.biobutanol.nl
	Coraf	National	TU/BTG	Co-refining of biomass in existing refineries	-
	LignoValue	National	WUR	High grade valorization of lignin for optimal biorefinery of lignocellulose to energy carriers and products	www.biobutanol.nl/lignovalue
	N-Ergy	National	WUR	Micro-biological co-production of N-chemicals and ethanol from biomass fractions	www.vpp.wur.nl

	Pectin Challenge	National	Nedalco	Pectine valorization	<a href="http://www.nedalco.nl">www.nedalco.nl</a>
	Furabeet	National	Avantium/Cosun	Furanics production from side streams	<a href="http://www.avantium.com">www.avantium.com</a>
	Hyvolution	EU	WUR	Bio-H2	<a href="http://www.hyvolution.eu">www.hyvolution.eu</a>
	Optimal lignocellulose hydrolysis	National	WUR	Maximizing the bioenergy potential of lignocellulose biomass by mitigating the effect of hydrolysis inhibitors	<a href="http://www.ete.wur.nl">www.ete.wur.nl</a>

The Dutch Biorefinery Initiative (DBI) RD&D-programme will run from 2009 – 2015, and will cover a variety of both strategic/fundamental and applied biorefinery research projects.

**Table 13** Main national stakeholders on biorefinery in Austria and Canada.

Country	KIS	Industry-producing companies	Governmental Organisation	Other
Austria	University of Technology Vienna and Graz	Lenzing Ag (pulp and paper)	FJ-BLT Wieselburg	Andritz AG (pulp and paper)
	University of Linz and Graz	OMV (oil refinery company)	Ministry of Innovation and Technology	Repotec (biomass gasification)
	Joanneum Research	AGRANA (bioethanol)	Ministry of Forestry, Agriculture, Water and Environment	Vogelbusch (sugar and starch bioethanol)
	Institute of industrial ecology	Energie AG Oberösterreich (electricity)	Ministries for economic affairs	BDI (biodiesel)
		New Energy capital investment (investment company)	National and regional energy agencies	VTU (biotechnology)
Canada	McGill University	Iogen (Ottawa, ON)	Natural Resources Canada - Canadian Biomass Innovation Network (CBIN) - <i>R&amp;D program</i>	Shell, Petro-Canada (stakeholders in Iogen)
	University of Sherbrooke, Industrial Research Chair on Cellulosic Ethanol	Lignol (Burnaby, BC)	Sustainable Development Technology Canada - <i>program</i>	Canadian Renewable Fuels Association
	Queen's University	Ensyn (Ottawa, ON)	Agriculture and Agri-Food Canada - research, programs, policies	BIOTECCanada
	University of Guelph	Sun Opta (Toronto, ON)	National Research Council - research institutes and Industrial Research Assistance Program (IRAP)	Canadian Bioenergy Association (CANBIO)
	University of Western Ontario and its Bio-Industrial Innovation Centre in Sarnia	Enerkem (Sherbrooke, QC)	Natural Resources Canada - Energy Technology and Programs Sector (bioenergy and biofuels) - research, programs, policies	Forest Products Association of Canada
	University of Saskatchewan	Greenfield Ethanol (Toronto, ON)	Natural Resources Canada - Canadian Forest Service - research, programs, policies	AgWest Bio (Saskatchewan)
	University of Alberta	Tembec (Temiscaming, ON)	Environment Canada - policies and regulation	Québec Centre for the Valorisation of Biotechnologies
	Network on Advanced Foods and Biomaterials	Woodland Biofuels (Mississauga, ON)	Industry Canada - programs and policies	Ontario Chemical Value Chain Initiative
	Network on Sustainable Forest Management	Nova Green Refining (Vegreville, AB)	Ontario Ministry of Research and Innovation	
	National Research Council	Syntec Biofuels (Vancouver, BC)	Québec Ministry of Natural Resources & Fauna	
	Centre de recherche industrielle du Québec	Chemical Industry Cluster (Sarnia, ON)	British Columbia Innovation Council	
	Alberta Research Council		Other provincial ministries of economic development, natural resources and agriculture	
	Saskatchewan Research Council			
FPIInnovations & 'PAPIER'				

**Table 14** Main national stakeholders on biorefinery in Denmark, France and Germany.

Country	KIS	Industry-producing companies	Governmental Organisation	Other
<b>Denmark</b>	University of Copenhagen	Novozymes	Danish Energy Authority	Danish Agriculture Association
	Technical University of Denmark/Riso	Danisco/Genecor	Ministry of Food, Agriculture and Fisheries	Danish Forest Association
	University of Southern Denmark	DONG Energy/Inbicon	Energynet.dk	Confederation of Danish Industries
	Aarhus University	Vattenfall	The Danish Agency for Science, Technology and Innovation	Innovation Center for bioenergy and environmental technology
	Danish Technological Institute	Xergi		Danish Biomass Association
		Haldor Topsoe		Danish Biogas Association
		Biogasol		
		Daka		
	CP Kelco			
<b>France</b>	National center for scientific research (CNRS)	DG enterprise	French innovation agency	French petroleum institute (IFP)
	National institute for agronomic research (INRA)		SME development agency	
			National research agency	
			French environment and energy management agency	
			French atomic energy commission (CEA)	
<b>Germany</b>	Leibniz institutes	Mineral Oil Industry (Shell, BP)	Ministries (BMELV, BMBF, BMU)	DECHEMA, DBU
	Universities	Automotive Industry (VW, Ford, Daimler)	Agencies (FNR, PTJ, CARMEN, EnergieAgentur NRW)	Several Regional Biorefinery Networks,
	vTI (whole chain from feedstock to chemicals/materials)	Chemical Industries (Südzucker, Evonik, BASF, Henkel, Cognis, Bayer, Südchemie, Wacker, Dow)		Biovision 2030 group
	Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum GmbH, Leipzig (DBFZ)	Engineering Industry (Uhde, Linde, BMA, Sauter)		Ufop,, LAB
	Helmholtz institutes	Primary sector		Dt. Bauernverband (DBV)
	Fraunhofer institutes			Dt. Forstverein, AGDW, DHWR, DFWR

**Table 15** Main national stakeholders on biorefinery in Ireland and the Netherlands.

Country	KIS	Industry-producing companies	Governmental Organisation	Other
Ireland	University of Limerick	Biofine	Teagasc	Biorefinery Ireland
	University College Galway	Recycled Products Ltd	The Department of Communications, Energy and Natural Resources	Ecology Foundation
		Maxol Ltd	Sustainable Energy Ireland	Combined Bioenergy Ireland
		Conoco Phillips		
		Greyhound Recycling & Recovery Ltd		
		Eco Ola		
		Biogreen Energy Products Ltd		
		Kilkenny Cereals Ltd		
		Eilish Oils Ltd		
Netherlands	WUR A&F BBP	DOW Europe	SenterNovem	Biorefinery.nl
	WUR-PRI	Avantium	Ministries	ACTS
	ECN	Avebe	GAVE	Rabobank
	TNO	Eneco		NIOK
	University of Leiden	Meneba		KCPK/VNP
	University of Delft	Royal Nedalco		Greenpeace
	University of Twente	Shell		MVO
	University of Eindhoven	ADM		VNPI
	University of Groningen	Akzo Nobel		WWF
	University of Utrecht	Albermarle Cat.		VNCI
		BTG		DSTI
		Cargill		
		Cosun		
		DSM		
		Ports		
		Unilever		
		AquaPhyto		
		CCL		
		Campina		
		Sabic		
	Sasol			
	BASF (Engelhard)			

## 12. IEA Bioenergy Task 42 on Biorefineries: National Task Leaders



### AUSTRIA

#### Gerfried Jungmeier

Joanneum Research  
Elisabethstraße 5, 8010 Graz, Austria  
Phone: +433168761313; fax: +4331687691313  
gerfried.jungmeier@joanneum.at

#### Michael Mandl

Joanneum Research  
Elisabethstraße 16, 8010 Graz, Austria  
Phone: +433168762953; fax: +433168762955  
michael.mandl@joanneum.at



### CANADA

#### Connie Phillips

Bio-industrial Technologies Division, Alberta  
Agriculture and Rural Development,  
Building F-83, 6004 118<sup>th</sup> Street,  
Edmonton, AB T6H 2V8, Canada  
Phone: +17806448124; Fax: +17804924346  
connie.phillips@gov.ab.ca

#### Maria Wellisch

Natural Resources Canada,  
580 Booth Str., Ottawa, Ontario, Canada  
Phone: +16139966195  
[mwellisc@NRCan.gc.ca](mailto:mwellisc@NRCan.gc.ca)



### DENMARK

#### Henning Jørgensen

Danish Center for Forest, Landscape and  
Planning, University of Copenhagen,  
Rolighedsvej 23  
1958 Frederiksberg C, Denmark  
Phone: + 4535331704  
hnj@life.ku.dk

#### Ioannis Skiadas

Institut 18 - Sek. for Bioteknologi  
University of Aalborg  
2750 Ballerup, Denmark  
Phone: +459940 2588  
ivs@bio.aau.dk



### FRANCE

#### Jean-Cristophe Pouet

ADEME, Bioresource Department,  
20, avenue du Grésillé –  
BP 90406, 49004 ANGERS Cedex 01, France  
Phone: +33(0)241204327  
jean-christophe.pouet@ademe.fr

#### Léonard Boniface

ADEME, Bioresource Department,  
20, avenue du Grésillé – BP 90406,  
49004 ANGERS Cedex 01, France  
Phone: +33(0)241204326  
[leonard.boniface@ademe.fr](mailto:leonard.boniface@ademe.fr)



### GERMANY

#### Thomas Wilke

Institute of Agricultural Technology and  
Biosystems Engineering (AB)  
Johann Heinrich von Thunen-Institut (vTI)  
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany  
Phone: +495315964124; fax: +495315964199  
thomas.wilke@vti.bund.de



### IRELAND

#### Patrick Walsh

Galway Mayo Institute of Technology  
Dublin Rd, Galway, Ireland  
Tel: +353(0)91742237  
[patrick.walsh@gmt.ie](mailto:patrick.walsh@gmt.ie)



### THE NETHERLANDS

#### René Van Ree

WUR - AFSG / Bio-based Products  
P.O. Box 17, 6700 AA Wageningen, The  
Netherlands  
Phone: +31317480710; fax: +31317483011  
rene.vanree@wur.nl

#### Ed de Jong (Task Coordinator)

Catalytic Biomass Conversion  
Avantium Technologies BV, Zekeringstraat 29,  
1014 BV, Amsterdam, The Netherlands  
Phone: +31205868000; fax: +31205868085  
ed.dejong@avantium.com



### EUROPEAN COMMISSION

#### Maria Georgiadou

EUROPEAN COMMISSION  
DG Research - K.3 New and Renewable Energy  
Sources  
CDMA 5/170 B-1049 Brussels  
Tel: +3222959846; fax: +3222994991  
maria.georgiadou@ec.europa.eu