Bundesministerium
für Verkehr,
Innovation und Technologie

NACHHALTIG wirtschaften
konkret

IEA Bioenergieprogramm 2010-2012
Task 42: Bioraffinerien

G. Jungmeier

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

30/2013

Dynamik mit Verantwortung

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

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
http://www.nachhaltigwirtschaften.at

IEA Bioenergieprogramm 2010-2012
Task 42: Bioraffinerien

Gerfried Jungmeier, Michael Mandl, Maria Hingsamer,
Kurt Könighofer, Johanna Pucker, Monika Adamek,
Anna Taferner
JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Reinhard Rauch
TU-Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik
und technische Biowissenschaften

Graz, Mai 2013

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie

IEA FORSCHUNGS KOOPERATION

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

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 Publikationsreiche und die entsprechende Homepage **www.nachhaltigwirtschaften.at** gewährleistet wird.

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

INHALTSVERZEICHNIS

1 Zusammenfassungen 7

1.1 Kurzfassung 7

1.2 Summary 9

2 Einleitung 11

2.1 Allgemeine Einführung in die Thematik 11

2.2 Ausgangssituation und Motivation des Projektes 14

2.3 Beschreibung des Standes der Technik in dem Forschungsgebiet 15

2.4 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema 17

2.5 Kurzbeschreibung des Aufbaus des Endberichtes 17

3 Hintergrundinformation zum Projektinhalt 18

3.1 Darstellung des Kooperationsprojektes und Aufgabenstellung des österreichischen Teilprojektes in der Task 42 18

3.2 Beschreibung der Kooperation 20

3.3 Beschreibung der verwendeten Methoden, Daten und Vorgangsweise 24

4 Ergebnisse des Projektes 24

4.1 Einleitung 24

4.2 Projektergebnisse 25

4.2.1 Weiterentwicklung des Bioraffinerie-Klassifikationssystems 25

4.2.2 Identifizierung der interessantesten Biomaterialien 37

4.2.3 Entwicklungspotentiale für Biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien 41

4.2.4 Entwicklungspotentiale für produkt-orientierte Bioraffinerien 54

4.2.5 Leitfaden für Nachhaltigkeitsbewertungen 61

4.2.6 Globale Perspektiven zu Bioraffinerien 71

4.2.7 Wissensverbreitung 75

4.2.8 Vernetzung und Stakeholder-Einbindung 80

4.2.9 Länderberichte 81

4.2.10 Bioraffinerie-Trainingskurse 82
4.3 Veröffentlichung der Ergebnisse 84
5 Detailangaben zur Forschungskooperation Internationale Energieagentur (IEA) 84
5.1 Österreichische Zielgruppen für die Projektergebnisse 84
5.2 Einbindung der relevanten Stakeholder 84
5.3 Relevanz und Nutzen der Projektergebnisse 85
5.3.1 Kompetenzaufbau 85
5.3.2 Konkrete Entwicklungen 85
5.3.3 Nutzen für Technologiebereiche in Österreich 86
5.3.4 Mehrwert und Nutzen der IEA Beteiligung 86
6 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen 87
6.1 Erkenntnisse für das Projektteam 87
6.1.1 Bioraffinerie-Klassifikationssystems 87
6.1.2 Beschreibung der interessantesten Biomaterialien 87
6.1.3 Entwicklungspotentiale für Biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien 87
6.1.4 Entwicklungspotentiale für produkt-orientierte Bioraffinerien 88
6.1.5 Nachhaltigkeitsbewertungen anhand von Fallbeispielen 88
6.1.6 Globale Perspektiven von Bioraffinerien 89
6.1.7 Publikationen, Vorträge und Aussendungen zu aktuellen Aspekten und Erkenntnissen zu Bioraffinerien in der Task 42 89
6.1.8 Österreichische Stakeholder mit deren Interessen und Bioraffinerie-Erfahrungen 89
6.1.9 Österreichischer Länderbericht zu Bioraffinerien 89
6.1.10 Dokumentation der Task 42 Meetings sowie der transnationalen Workshops 89
6.1.11 Bioraffinerie-Trainingskurse 90
6.2 Weiternutzung der Ergebnisse im Projektteam 90
6.3 Relevante Zielgruppen für die Projektergebnisse 90
7 Ausblick und Empfehlungen 90
7.1 Einleitung 90

7.2 Resümee hinsichtlich der Zielerreichung 91
7.3 Ausblick 93
8 Verzeichnisse 93
8.1.1 Literatur 93
8.1.2 Abbildungen 93
8.1.3 Tabellen 96
9 Anhang 96
Country Report Austria
IEA Bioenergy Task 42 Report, Triennium 2010-2012

1 Zusammenfassungen

1.1 Kurzfassung

Ausgangssituation und Motivation

Die Task 42 gibt es seit 2007 und derzeit nehmen 11 Länder teil - AUS, A, CA, DK, T, F, G, IR, I, NL und USA. Durch eine Gesamtkoordination der österreichischen Beteiligung an dieser Task wird eine weitere Vernetzung der österreichischen Aktivitäten im Bereich Bioraffinerie angestrebt, um einen bestmöglichen Informationsaustausch zwischen der nationalen und internationalen Ebene zu gewährleisten.

Inhalte und Zielsetzungen

Ziel ist, in der Arbeitsperiode 2010 - 2012 von IEA Bioenergy in der Task „Biorefineries“ als österreichischer Vertreter mitzuarbeiten und österreichische Beiträge einzubringen. Ausgehend von den energiewirtschaftlichen Zielen, den Anteil an erneuerbaren Treibstoffen zu erhöhen (z.B. 10% im Jahr 2020 nach der Europäischen Richtlinie für erneuerbare Energie) und die Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren sowie die vorhandenen Biomassepotentiale optimal stofflich und energetisch zu nutzen, werden international 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. Die Kernfrage hierbei ist, in welchem Ausmaß und mit welchen Technologien und Konzepten Biotreibstoffe und Biomaterialien z.B. Chemierohstoffe in Bioraffinerien nachhaltig erzeugt werden können, und welche Forschungsaktivitäten und Technologieentwicklungen hierfür kurz- und mittelfristig notwendig sind.

Methodische Vorgehensweise

Die Arbeiten wurden in enger Kooperation mit den internationalen Partnern der IEA Bioenergy Task 42 durchgeführt, wobei die folgenden zwei Arbeitsbereiche vorgesehen sind:

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

Wie schon in der Arbeitsperiode 2007 – 2009 wird die österreichische Mitarbeit von den Partnern JOANNEUM RESEARCH (Institut RESOURCES, Forschungsgruppe Energieforschung und Chemisch-Technische Pflanzennutzung) und TU-Wien (Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften) durchgeführt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Weiterentwicklung des Bioraffinerie-Klassifikationssystems: Ausgehend vom in Österreich entwickelten und von der IEA Bioenergy Task 42 übernommenen Klassifikationssystem für Bioraffinerien wurden Ansätze für einen Komplexitätsindex in Analogie zur Erdölraffination „Nelson complexity index“ sowie Grundlagen für ein einheitliches Schema zur Darstellung von Bioraffineriekonzepten erarbeitet und mit einschlägigen Experten diskutiert.

Identifizierung der interessantesten Biomaterialien: Es wurde eine Sammlung und Dokumentation der interessantesten Biomaterialien und Biochemikalien, die u. A. gemeinsam mit Biotreibstoffen in Bioraffinerien zur Maximierung des ökonomischen und ökologischen Nutzens erzeugt werden können, erstellt.

Entwicklungspotentiale für energie- und produkt-orientierte Bioraffinerien: Es wurden 14 „Biotreibstoff-orientierte" Bioraffineriekonzepte für die großvolumige Biotreibstoff-Erzeugung identifiziert und dokumentiert, die bereits heute oder bis 2025 besonders interessant sein könnten.

Leitfaden für Nachhaltigkeitsbewertungen: In der Task wurden grundlegende Informationen zur Nachhaltigkeitsbewertung von Bioraffinerien gesammelt und diskutiert, wobei der österreichische Beitrag die Umweltbewertung mit Lebenszyklusanalysen, insbesondere das Referenzsystem, umfasst. Hierzu wurde der methodische Rahmen und ein Fallbeispiel bearbeitet und dokumentiert.

Globale Perspektiven zu Bioraffinerien: In allen Aktivitäten der Task wurden die globalen Perspektiven zu Bioraffinerien diskutiert, wobei erwartet wurde, dass zukünftig Bioraffinerien in einer biobasierten Wirtschaft weiter an Bedeutung gewinnen werden, z.B. integrierte Nutzung von Biomasse für Nahrungs-, Futtermittel, Biomaterialien, Biochemikalien, Treibstoffe, Strom und Wärme.

Wissensverbreitung: fand bei folgenden Aktivitäten statt:

6 Task Meetings
3 Sessions zu Bioraffinerie bei internationalen Konferenzen
4 Stakeholder-Workshops
1 Experten-Workshop zu Grüner Bioraffinerie
29 Vorträge bzw. Beiträge bei (inter)nationalen Veranstaltungen
4 Bioraffinerie-Trainingskurse

Vernetzung und Stakeholder-Einbindung: Ergebnisse wurden bei Vorträgen und in Postern auf einschlägigen Veranstaltungen präsentiert, z.B. Poster „Innovative Biorefinery Concepts and their Assessment – Activities in IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery" beim Forum Economy 2011, (Linz, Nov. 2011). Ebenfalls wurden die österreichischen Stakeholder über das National Team eingebunden.

Länderbericht: Der österreichische Länderbericht zu Bioraffinerien wurde aktualisiert und in die im Rahmen der Task vorgesehene Struktur eingebracht.

Bioraffinerie-Trainingskurse: Beiträge in den Bereichen „Biofuel-driven Biorefinery Systems and Life Cycle Assessment" und „Grüne Bioraffinerie" bei den internationalen Bioraffinerie-Trainingskursen (Amsterdam 2010, Paris 2011, Wageningen 2012) und vier Fachbeiträge zu „Biorefining – Principles and Technologies" bei einem finnischen Bioraffineriekurs (Joennsuu 2012).

Ausblick

Österreich wird auch in der nächsten Arbeitsperiode (2013 – 2015) wieder an der IEA Bioenergy Task 42 „Biorefinery" mitarbeiten. Die Task 42 wird sich weiter mit der Analyse und Verbreitung von strategisch relevanter Information zu Bioraffinerie-Wertschöpfungsketten beschäftigen. Auf Basis dieser Information soll eine Unterstützung zur Umsetzung einer „BioEconomy" mit folgenden Schwerpunkten gewährleistet werden:

- Bewertung der wesentlichen Marktentwicklungsaspekte für integrierte Bioraffinerien,
- Unterstützung der Industrie bei der Positionierung in einer zukünftigen „BioEconomy",
- Analyse optimaler nachhaltiger Biomasse-Aufschließungsmethoden im Food- und Non Food-Bereich und
- Erarbeitung von Empfehlungen für die Politik zum Thema Realisierungserfordernisse.

1.2 Summary

Background and motivation
The Task 42 is active since 2007 and currently supported by 11 countries - AUS, A, CA, DK, T, F, G, IR, I, NL and USA. The participation of Austria in this task supports and stimulates the information exchange and the cooperation on national and international level.

Content and aims
The major goal of the project is the Austrian contribution to IEA Bioenergy Task 42 "Biorefinery" by Austrian representatives. The key drivers for biorefineries are the strategic goals in the energy sector e.g. reach the EU target of 10% market share for transportation biofuels in 2020 and the reduction of GHG-Emission by 20%. The optimised use of resources for the cogeneration of bioenergy and biomaterials is essential for the future development of biorefineries. Biorefinery development is focused not only on improving single processes but also on the optimised combination of these processes (e.g. chemical and thermo-chemical technologies)

Main question in this concern is which biorefinery technologies are most suitable to coproduce liquid and gaseous transportation biofuels and biomaterials in a sustainable way and which RTD activities are required in the short, medium and long term perspectives.

Methodological procedure
The activities will be performed in close cooperation with the other partners of IEA Bioenergy Task 42. The scope of the work consists mainly of the two following fields:

- Exchange of information: collection, compiling, assessing and discussing of information from the Austrian activities to achieve an industry and future oriented view for the implementation and development of biorefineries.
- Networking: Building a network on biorefineries in participating countries with industry, governments and researchers. Expand the focus to an European and global level, develop best practical guidelines, and test them regarding their ability to support the long term development.

As within the previous work period 2007- 2009 the task activities are shared between JOANNEUM RESEARCH and the Vienna University of Technology.

Results
Further development of the classification system for biorefineries: Based on the system developed in Austria and taken over by IEA Bioenergy Task 42 an approach for a complexity index for biorefineries in analogy to the „Nelson complexity index" is under development and discussed with different stakeholders. The basics for the common uniform scheme for designing biorefinery concepts were developed.

Identification of the most promising biomaterials: A collection and documentation of interesting biomaterials and biochemicals were made. These biomaterials and chemicals might be among others efficiently coproduced with transportation biofuels to maximize the economic and environmental benefits of biorefineries.

Future perspectives for the development of energy and product driven biorefineries: The 14 most interesting biofuel-driven biorefinery concepts for large-scale biofuel production were identified and documented. These concepts are already or might be of commercial interest until 2025.

Guidance document for sustainability assessment: In the task the basic knowledge for the sustainability assessment was collected and discussed, in which the Austrian contribution focused on the environmental assessment based on life cycle analyses and the reference system. The methodological framework and a case study were analysed and documented.

Global perspectives of biorefineries: In all task activities the global perspectives of biorefineries were discussed. It is generally expected that in future the relevance of biorefining in a biobased economy will further increase, e.g. the integrated use of biomass for food, feed, biomaterials, biochemicals, transportation biofuels, electricity and heat.

Knowledge dissemination:

6 task meetings
3 sessions on biorefinery at international conferences
4 stakeholder-workshops
1 expert-workshop on green biorefinery
29 presentations and contributions at (inter)national events
4 biorefinery training courses

Networking and stakeholder involvement: Presentations were given at relevant conferences, e.g. poster "Innovative Biorefinery Concepts and their Assessment – Activities in IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery" at the Forum Economy 2011, (Linz, Nov. 2011). Austrian stakeholder have been involved within the national team.

Country report: The Austrian country report was updated and brought into the report structure of the task.

Biorefinery training courses: Contributions on the topics of "Biofuel-driven Biorefinery Systems and Life Cycle Assessment" and "Green Biorefinery" at international training courses (Amsterdam 2010, Paris 2011, Wageningen 2012) and four contributions on „Biorefining – Principles and Technologies" at a Finish biorefinery course (Joennsuu 2012).

Outlook

Austria will participate in Task 42 in the next triennium 2013 – 2015. The main focus is to bring in the Austrian contributions to the international agreed key activities on biorefining. This also includes national information distribution and networking tasks, e.g. extension of the existing network of Austrian activities ("National Team") in the field of biorefineries to intensify a national and international information exchange. The IEA Bioenergy Task 42 "Biorefining" deals with the analysis and distribution of strategic relevant information of value chains of biorefineries. Based on this information the implementation of a BioEconomy should be supported, with a focus on:

- assessing the major market deployment aspects for integrated biorefineries,
- supporting the industry by setting their position in a future BioEconomy,
- analysing of optimal sustainable biomass valorisation approaches for food and non-food applications and
- preparing policy advices on needs for implementation.

2 Einleitung

2.1 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 Technologieentwicklung erläutert, um dann Entwicklungsperspektiven für integrierte Bioraffinerien aufzuzeigen.

Phasen der möglichen Technologieentwicklung:

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)

- 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 aus zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen sowie Biodiesel aus Ölpflanzen sowie Altspeiseölen und Tierfetten (FAME, FAEE). 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, FT-Diesel und Bio-SNG

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.

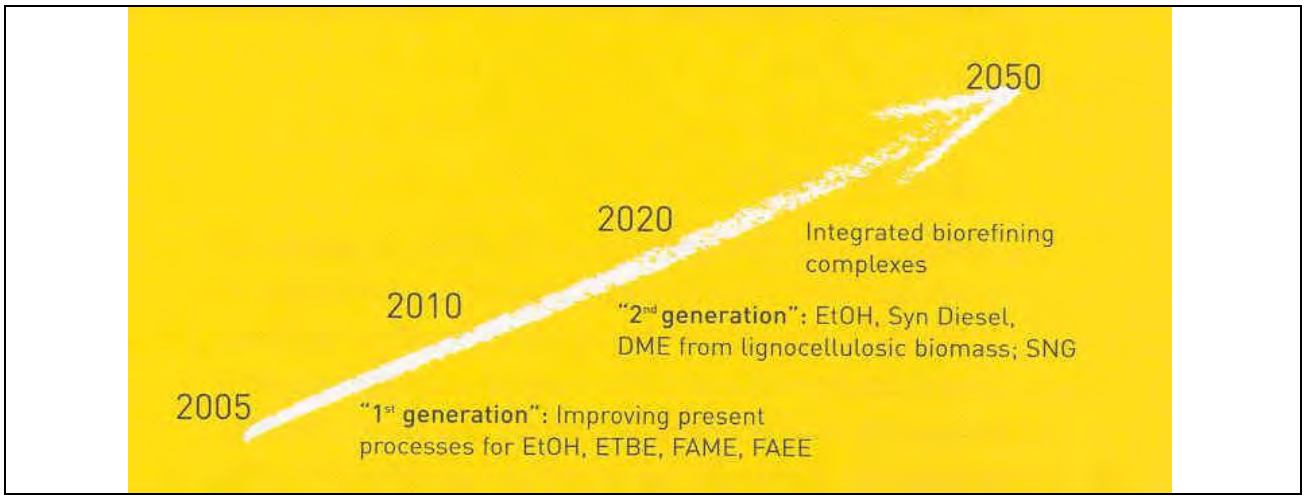


Abbildung 1: European Roadmap for Biofuels (EU 2006)

Die wesentlichen Merkmale einer Bioraffinerie sind (Abbildung *2*):

- Die gekoppelte Erzeugung von Bioenergie(trägern) (z.B. gasförmige oder flüssige Biotreibstoffe) und Biomaterialien (z.B. Chemikalien wie Glycerin, Nahrungs- und Futtermitteln)
- Eine Kombination mehrerer Verfahrensschritte (z.B. mechanisches Verfahren wie Pressen, thermochemisches Verfahren wie Vergasung), und
- die Nutzung unterschiedlicher Rohstoffe

Die in Task 42 entwickelte Definition einer Bioraffinerie ist in Abbildung 3 dargestellt.

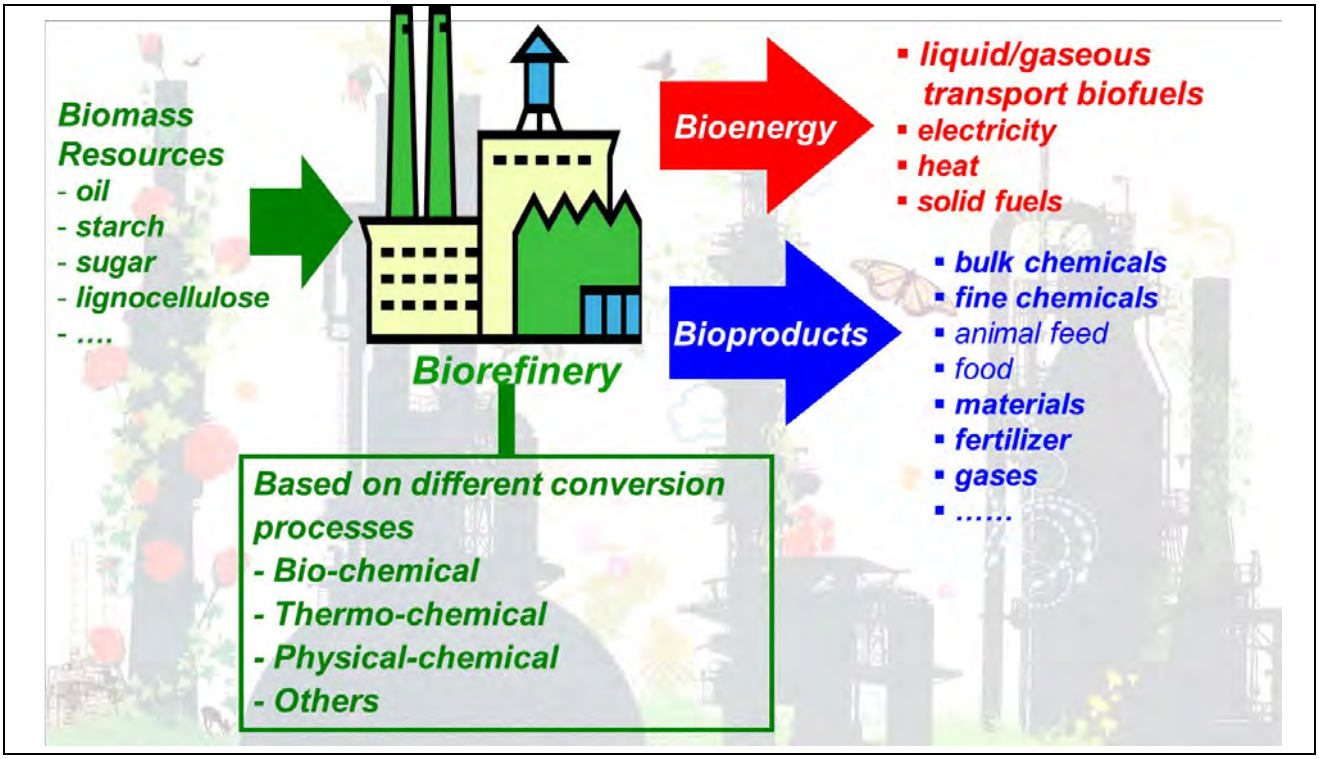


Abbildung 2: Merkmale einer Bioraffinerie

"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 energic and non-energic products**
- ***Marketable*: Present and forecasted (volume and prices)**
- ***Products*: both intermediates and final products (i.e. food, feed, materials, chemicals, fuels, power, heat)**

Abbildung 3: Definition einer Bioraffinerie in Task 42

Bei der Entwicklung und Realisierung von Bioraffinerien, gibt es grundsätzlich zwei unterschiedliche Motivationen (Abbildung 4), energie- und produkt-orientierte Bioraffinerien. Dies wird in der Task 42 folgendermaßen beschrieben:

"Both energy-driven biorefineries and product-driven biorefineries can be distinguished. In energy-driven biorefineries the biomass is primarily used for the production of secondary energy carriers

(biofuels, power and/or heat); process residues are sold as feed (current situation), or even better are upgraded to added-value bio-based products, to optimize economics and environmental benefits of the full biomass supply chain. In product-driven biorefineries the biomass is fractionized into a portfolio of bio-based products with maximal added-value and overall environmental benefits, after which the process residues are used for power and/or heat production, for both internal use and selling of the surplus to national grids."

Der wesentliche Schwerpunkt der IEA Bioenergy und der Task 42 liegt auf Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien.

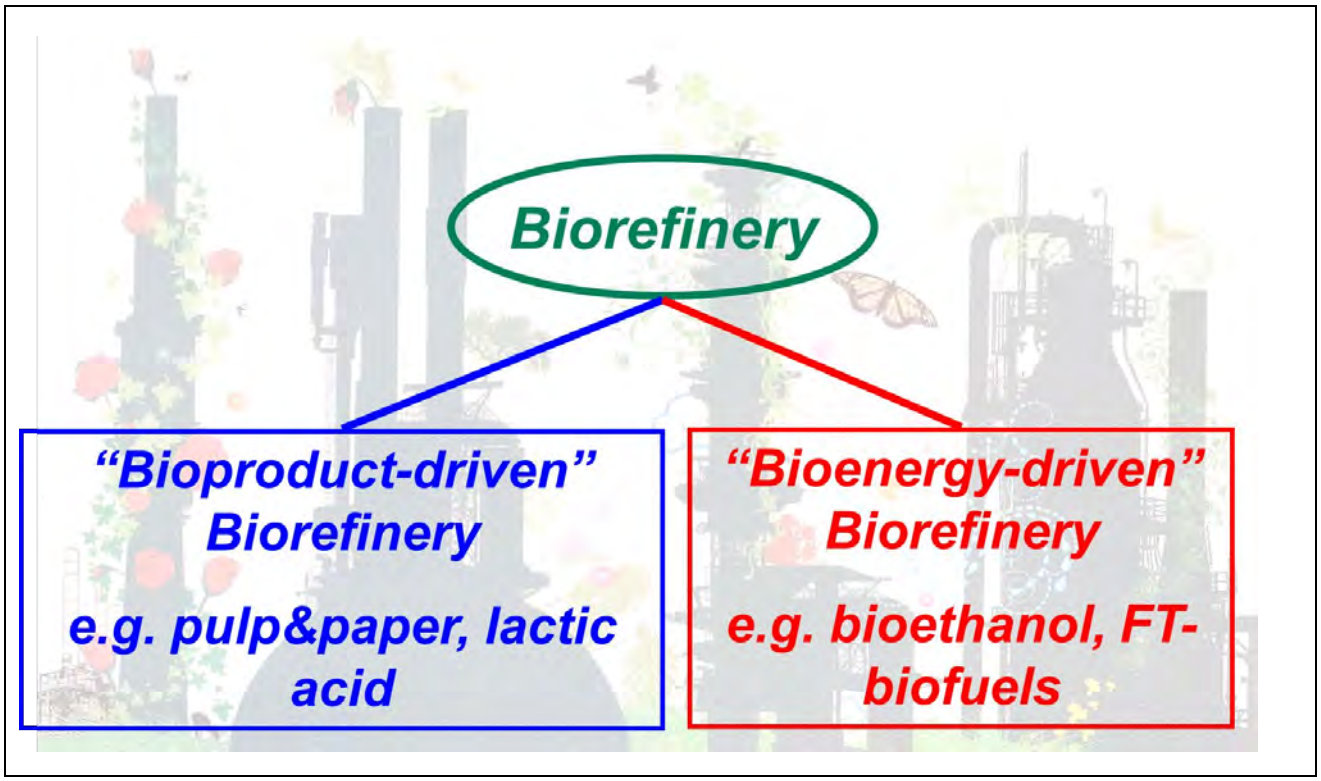


Abbildung 4: Energie- und produkt-orientierte Bioraffinerien

2.2 Ausgangssituation und Motivation des Projektes

Die Task 42 gibt es seit 2007 und derzeit nehmen 11 Länder teil - AUS, A, CA, DK, T, F, G, IR, I, NL und USA. Durch eine Gesamtkoordination der österreichischen Beteiligung an dieser Task wird eine weitere Vernetzung der österreichischen Aktivitäten im Bereich Bioraffinerie angestrebt, um einen bestmöglichen Informationsaustausch zwischen nationaler und internationaler Ebene zu gewährleisten.

2.3 Beschreibung des Standes der Technik in dem Forschungsgebiet

Das zukünftig erwartete Wachstum des Biotreibstoffmarktes und die Entwicklung neuer Produktionsprozesse für Biotreibstoffe machen es notwendig, neue integrierte Produktionskonzepte zu entwickeln, die als Bioraffinerien bezeichnet werden. Anlagen zur Umwandlung von Biomasse werden ähnliche Anlagenkonzepte wie heutige Chemieanlagen bzw. die heutige Raffination von Erdöl benötigen. Die Integration von neuen Bioraffineriekonzepten in bestehende Industriekomplexe scheint interessante Perspektiven zu haben, um z.B. die Kapitalkosten der Anlagen zur Produktion von Biotreibstoffen zu reduzieren und somit die Gesamtkosten der erzeugten chemischen und energetischen Produkte, vornehmlich Biotreibstoffe, zu reduzieren. Die optimale Integration muss folgende unterschiedliche Möglichkeiten berücksichtigen (Abbildung 5):

- Erzeugung eines großen Spektrums unterschiedlicher zukünftiger Treibstoffe und Nebenprodukte aus einer Vielzahl unterschiedlicher biogener Rohstoffe, die öl-, stärke-, zucker- und lignozellulosehaltige Materialien sind bzw. sein können. Im Vergleich hierzu sind die Produktionsanlagen für Biotreibstoffe nur auf einen Biotreibstoff konzentriert, z.B. Biodiesel, Bioethanol.
- In der Bioraffinerie werden biochemische und thermochemische Prozesse integriert und kombiniert. In Abbildung 6 ist ein Beispiel einer integrierten Bioraffinerie dargestellt, in dem biochemische und thermochemische Umwandlungsprozesse kombiniert werden.
- 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-Fraktionen in der Öl-Raffination zu marktfähigen Biotreibstoffen verarbeitet werden.
- Die optimale Integration von Bioraffinerien in bestehende Produktionsanlagen der Papier- und Zellstoff-Industrie, sowie in Zuckerfabriken ist auch eine Zukunftsoption, z.B. Vergasung der Ablauge in Zellstoffanlagen mit der Synthese von Biotreibstoffen und Chemikalien.
- In der Bioraffinerie können neben unterschiedlichen Biomassen und Erdöl auch Kohle, Erdgas und Biogas verarbeitet werden, um eine sehr hohe Rohstoff- und Produkt-Flexibilität zu haben, die rasche Reaktionen auf geänderte Marktbedingungen ermöglicht.

Derzeit gibt es schon einige Bioraffinerien, z.B. Zucker und Bioethanol-Anlagen, Anlagen zur Erzeugung von Pflanzenöl und Biodiesel, Zellstoffwerke, Biodieselanlagen integriert in Erdöl-Raffinerien. Zukünftig müssen weitere Möglichkeiten der Integration erforscht werden. Insbesondere die Umwandlung von Zwischen- und Nebenprodukten wie auch Reststoffen in

marktfähige Produkte ist Schwerpunkt in zukünftigen Bioraffineriekonzepten. Die gleichzeitige Erzeugung 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 Bioraffineriekonzepte 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.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es sehr unterschiedliche Biotreibstoffe gibt, die durch unterschiedlichste Prozesse erzeugt werden können. Langfristig werden sich jene Bioraffineriekonzepte im Wettbewerb durchsetzen, die Biotreibstoffe mit hoher Versorgungssicherheit und geringen Umweltauswirkungen zu marktfähigen Kosten produzieren können. Dies wird jedoch nur möglich sein, wenn auch hochwertige Wertstoffe gemeinsam mit Biotreibstoffen gewonnen werden können. Hierzu müssen die notwendigen technologischen, ökologischen, ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen analysiert und bewertet werden.

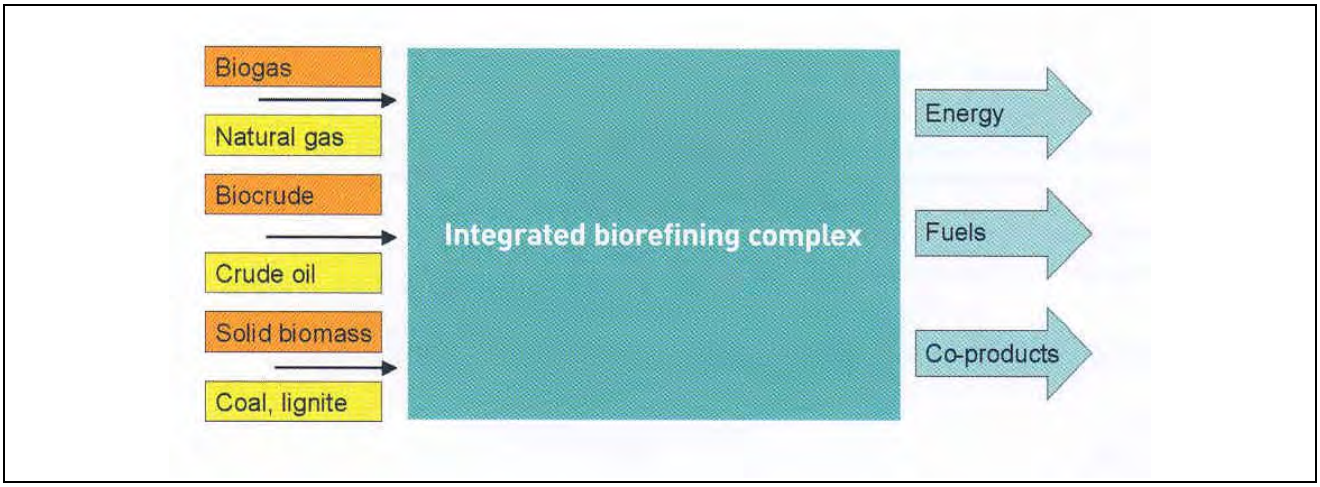


Abbildung 5: Example of an integrated biorefinery complex, co-processing different feedstock (EU 2006)

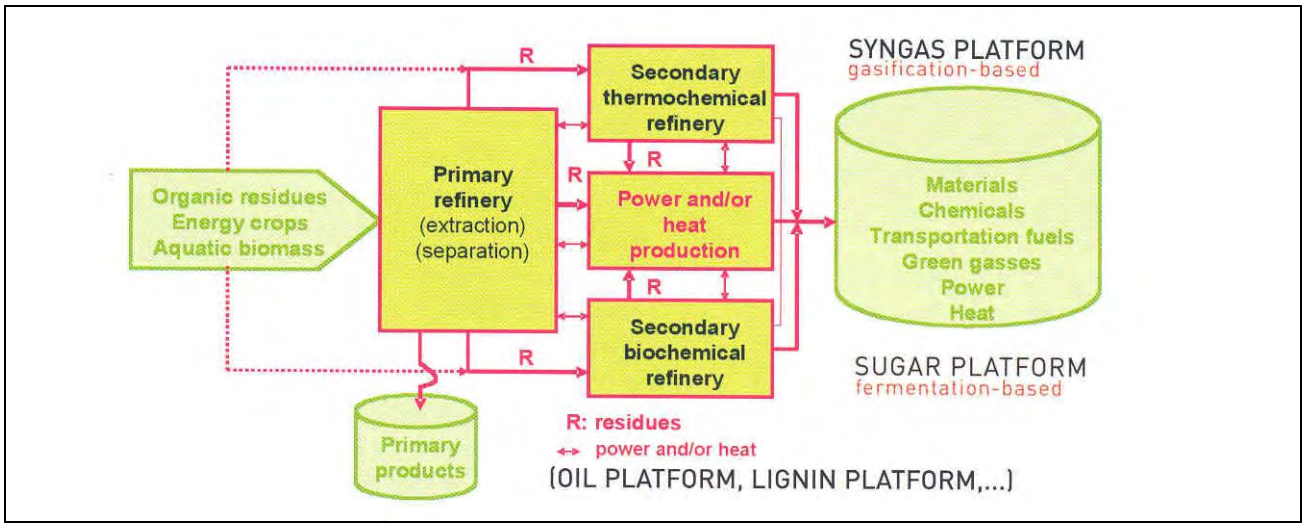


Abbildung 6: Biorefinery integrating biochemical and thermochemical transformation pathways, allowing energy-efficient use of a broad range of feedstock, and diversification of products (EU 2006)

2.4 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Die wesentlichen österreichischen Vorarbeiten der Projektpartner im Bereich der Klassifizierung von Bioraffineriesystemen, der Nachhaltigkeitsbewertung, der Grünen Bioraffinerie, Biotreibstoffe aus Holz, Stroh und Algen sowie der Synthesegas-Erzeugung wurden in die Task eingebracht und durch die internationale Diskussion und Vorarbeiten in anderen Ländern weiterentwickelt.

Diese Vorarbeiten stammen aus abgeschlossenen Projekten und Arbeiten aus den derzeit laufenden Projekten, die sich mit Biotreibstoffen (inkl. Wasserstoff aus Biomasse) und Analysen und Aspekten zu Bioraffinerien beschäftigen.

Durch die Vernetzung im National Team, in dem Vertreter aus Industrie, Verwaltung, Interessenverbänden und Forschung eingebunden sind, werden insgesamt die wesentlichen österreichischen Aktivitäten und Erfahrungen gebündelt und laufend in die internationale Zusammenarbeit eingebracht.

2.5 Kurzbeschreibung des Aufbaus des Endberichtes

Der Endbericht ist nach den folgenden Kapiteln aufgebaut:

1 Zusammenfassungen

2 Einleitung

3 Hintergrundinformation zum Projektinhalt

4 Ergebnisse des Projektes

5 Detailangaben zur Forschungskooperation Internationale Energieagentur (IEA)

6 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

7 Ausblick und Empfehlungen

8 Verzeichnisse

9 Anhang

Im Kapitel 4 wird auf die folgenden Projektergebnisse eingegangen:

- 4.2.1 Weiterentwicklung des Bioraffinerie-Klassifikationssystems
- 4.2.2 Identifizierung der interessantesten Biomaterialien
- 4.2.3 Entwicklungspotentiale für Biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien
- 4.2.4 Entwicklungspotentiale für produkt-orientierte Bioraffinerien
- 4.2.5 Leitfaden für Nachhaltigkeitsbewertungen
- 4.2.6 Globale Perspektiven zu Bioraffinerien
- 4.2.7 Wissensverbreitung
- 4.2.8 Vernetzung und Stakeholder-Einbindung
- 4.2.9 Länderberichte
- 4.2.10 Bioraffinerie-Trainingskurs

Da alle Arbeiten in der Task in englischer Sprache durchgeführt werden, werden die Abbildungen, Diagramme und Tabellen, die im Rahmen dieser internationalen Zusammenarbeit entstanden sind, in englischer Sprache übernommen.

3 Hintergrundinformation zum Projektinhalt

3.1 Darstellung des Kooperationsprojektes und Aufgabenstellung des österreichischen Teilprojektes in der Task 42

Die Arbeiten wurden in enger Kooperation mit den internationalen Partnern der IEA Bioenergy Task 42 durchgeführt, wobei die folgenden zwei Arbeitsbereiche vorgesehen sind:

1. Informationsaustausch: Sammlung, Aufbereitung und Auswertung von Informationen in Österreich, um die industrieorientierte und zukunftsweisende Entwicklungsperspektive für Bioraffinerien auszubauen.

2. Netzwerkaufbau: Ausbau eines internationalen Bioraffinerie Netzwerkes zwischen Industrie, Forschung und Politik bzw. Verwaltung, um eine internationale Vernetzung zur Entwicklung gemeinsamer mittel- und langfristiger Perspektiven zu unterstützen.

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

1) Weiterentwicklung des Bioraffinerie-Klassifikationssystems: Ausgehend vom in Österreich entwickelten und von der IEA Bioenergy Task 42 übernommenen Klassifikationssystems 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 produkt-orientierte Bioraffinerien: Basierend auf der Analyse der gesamten Wertschöpfungskette – vom Rohstoff zur Produktdienstleistung – werden die Entwicklungsperspektiven für energie- und produkt-orientierte 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 Biomasseeinsatzes 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" (Netzwerk Biotreibstoffe).

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.

3.2 Beschreibung der Kooperation

Die Kooperation erfolgte auf folgenden drei Ebenen:

1) Projektteam
2) National Team
3) Task 42 Team mit nationalen Vertretern aus den Mitgliedsländern

Projektteam:

Wie schon in der Arbeitsperiode 2007 – 2009 wurde die österreichische Mitarbeit von den Partnern JOANNEUM RESEARCH (Institut RESOURCES, Forschungsgruppe Energieforschung und Chemisch-Technische Pflanzennutzung) und TU-Wien (Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften) durchgeführt.

National Team:

Die Partner im „National Team“, welches nach dem Beitritt Österreichs im Jahr 2007 von JOANNEUM RESEARCH aufgebaut wurde, sind (Stand März 2013):

Industrie

OÖ-Energie AG (N.N.)

AGRANA (Makic, Mayer, Krüll, Windhagauer, Taufratzhofer, Watzenig)

Sappi (Hopf, Mahler, Winkler)

BDI (Stockinger, Pucher)

Andritz (Rebernik, Koller, Gronald)

Vogelbusch GmbH. (Schulze)

Anniki (Messner)

Austropapier (Dworak, Timmel, Groiss)

OMV (Böhme)

Münzer Bioenergie GmbH (Münzer, Dyczek)

Schweighofer Fiber GmbH vorm. Hallein AG (Struber)

Lenzing AG (Weber)

Wood k Plus (Stern, Ledl)

Biodiesel Kärnten GmbH (Rudolf)

EVN (Kinger)

Jungbunzlauer (Macho)

New Energies und Strategies (Pollak)

NEW ENERGY Capital Invest GmbH (Hinterberger)

Sustainable Innovation (Ahrer)

Forschung

TU-Wien (Hofbauer, Friedl, Rauch, Kranzl, Haas, Weiler, Schmoll, Srebotnik, Kubicek, Mach)

TU-Graz (Schnitzer, Narodoslawsky, Bauer, Siebenhofer, Obernberger)

Uni Linz (Steinmüller)

BOKU (Amon, Rosenau, Mattanovich, Neureiter)

FH Wels (Jäger, Kahr)

Institut für industrielle Ökologie (Windsperger)

Bioenergy 2020+ (Wörgetter, Bacovsky, Sonnleitner)

JOANNEUM RESEARCH (Mandl, Böchzelt, Könighofer)

ExCO Bioenergy (Spitzer)

IFA Tulln (Drosg, Bochmann)

FH Tulln (Herbinger)

IFZ - Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur (Rohracher)

BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH (Supancic)

Kompetenzzentrum Holz GmbH (Weber)

PROFACTOR Produktionsforschungs GmbH (N.N.)

FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier (Greimel)

IIASA (Kraxner)

Verwaltung/Verbände/Interessenvertretungen

BMVIT (Paula, Ammer, Zillner, Schwarz, Fahringer)

BMLFUW (Lamers, Spatny)

BMWFJ (Schintlmeister)

ARGE Biokraft (Thayer)

Agrar Plus (Breinesberger)

Landwirtschaftskammer (Bachler)

Biomasseverband (Liptay)

Austrian Energy Agency (Indinger, Tretter)

FFG - Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (Bürgermeister, Hollaus, Wach)

ECO plus (Bleier)

Sämtliche Partner im National Team verfügen über einschlägige Expertise und weitreichende Erfahrungen im Bereich der Bioraffinerien.

Task 42 Team mit nationalen Vertretern aus den Mitgliedsländern

Derzeit sind die in Tabelle 1 angeführten Partner im Task aktiv. Die Task wird von Rene van Ree (Task Leader, Holland) und von Ed de Jong (Assistant Task Leader, Holland) geleitet:

- Task Leader: Rene van Ree, Theme Leader Bioenergy & Biofuels, Wageningen UR, The Netherlands; Steering Committee Member European Biofuel Technology Platform; Task42 leader since 2010.
- Assistant Task Leader: Ed de Jong, Manager R&D Avantium Chemicals B.V., The Netherlands, Task42 leader 2007-2010

Tabelle 1: Liste der internationalen Task Mitglieder

Country	Name National Representatives	Organisation
Australia	Gill Garnier	Australasian Pulp and Paper Institute (APPI)
Austria	Gerfried Jungmeier	Joanneum Research, Energieforschung
Canada	Maria Wellisch	National Resources of Canada, CANMET
	Kirtsty Piquette	Alberta Agriculture and Rural Development
Denmark	Henning Jorgensen	University of Copenhagen
European Commission	Maria Georgiadou	European Commission, DG Research
France	Alba Departe	ADEME, Biomass Department
	Jean-Christophe Pouet	ADEME, Biomass Department
Germany	Thomas Willke, Heinz Stichnothe	Johann Heinrich von Thunen-Institute (vTI)
Ireland	Patrick Walsh	Energy Research Group, National University of Ireland
Italy	Isabella De Bari	ENEA C.R.
Netherlands	René van Ree (task coordinator)	Wageningen UR Bio-based Products
	Ed de Jong (ass. Task coordinator)	Avantium Technologies BV
	Kees Kwant (operating agent)	AgentschapNL
Turkey	Ozlem Atac	Tubitak Marmara Research Center – Energy Institute
United Kingdom	Jeremy Tomkinson	NNFCC, Biocentre York
United States	Melissa Klembara	U.S. DOE

3.3 Beschreibung der verwendeten Methoden, Daten und Vorgangsweise

Die Arbeit im Projekt war es, zu den oben angeführten Zielsetzungen österreichische Beiträge für die Task zu erarbeiten und in die Task einzubringen. Neben den einschlägigen Methoden für die fachliche Bearbeitung einzelner Zielsetzungen, wie z.B. Lebenszyklusanalyse, wurden die Beiträge durch die Vernetzung und Kooperation innerhalb des Projektteams, des National Teams und den Vertretern in der Task (siehe auch vorheriger Abschnitt) erarbeitet, diskutiert und dokumentiert.

4 Ergebnisse des Projektes

4.1 Einleitung

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

1) Weiterentwicklung des Bioraffinerie-Klassifikationssystems
2) Identifizierung der interessantesten Biomaterialien
3) Entwicklungspotentiale für energie- und produkt-orientierte Bioraffinerien
4) Leitfaden für Nachhaltigkeitsbewertungen
5) Globale Perspektiven zu Bioraffinerien
6) Wissensverbreitung
7) Vernetzung und Stakeholder-Einbindung
8) Länderberichte
9) Bioraffinerie-Trainingskurs

Im Folgenden werden die Projektergebnisse zu diesen Arbeitsschwerpunkten beschrieben.

4.2 Projektergebnisse

4.2.1 Weiterentwicklung des Bioraffinerie-Klassifikationssystems

Klassifikation von Bioraffinerien

Eine neue Klassifikationsmethode für Bioraffineriesysteme 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. 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 Bioraffineriekonzepte notwendig sind. Diese Beschreibungen werden auch zukünftig den neuen Anforderungen weiterer Bioraffineriekonzepte angepasst.

Im Folgenden wird diese Klassifikationsmethode kurz beschrieben, wie sie in der deutschen „Roadmap Bioraffinerien“ dokumentiert und im Folgenden zitiert wird (FNR 2012):

Unter dem Begriff der Bioraffinerie wird eine Vielzahl unterschiedlichster Konzepte zusammengefasst. Es gibt verschiedene Ansätze, Bioraffineriekonzepte zu systematisieren. Für die Klassifizierung von Bioraffinerien gab es bisher kein einheitliches Vorgehen. Je nach Betrachtungsweise wurde bei der Bezeichnung von verschiedenen Bioraffinerie-Typen mehr oder weniger systematisch auf unterschiedliche Aspekte fokussiert. Dabei wurden entweder

- *der Rohstoff (bspw. Getreide-Bioraffinerie, Gras-*
- *Bioraffinerie, Stroh-Bioraffinerie, Holz-Bioraffinerie, waldbasierte Bioraffinerie, Ganzpflanzen-Bioraffinerie, Algen-Bioraffinerie),*
- *die Intermediate (bspw. Synthesegas-Bioraffinerie, Lignocellulose-Bioraffinerie, Pflanzenöl-Bioraffinerie, Zwei-Plattform-Bioraffinerie),*
- *der Prozess (bspw. thermochemische Bioraffinerie, biotechnologische Bioraffinerie) oder*
- *das/die Produkt/e (bspw. Bioethanol-Bioraffinerie, Kraftstoffbioraffinerie) in den Mittelpunkt gestellt.*

Im Rahmen der IEA Task 42 wurden erstmals die Grundlagen für ein Klassifizierungssystem für Bioraffinerien mit einer Systematik und mit einem kontrollierten Vokabular entwickelt. Dieses Klassifizierungssystem stellt die Intermediate als Plattform der Bioraffinerie in den Mittelpunkt und orientiert sich damit an der Wertschöpfungskette der chemischen Industrie. Dies erlaubt eine Flexibilisierung bei der Zuordnung der Rohstoffe und Produkte und führt zu einer überschaubaren Anzahl von Plattformen.

Die Systematisierung erfolgt nach vier Strukturelementen:

1. *Rohstoff,*
2. *Plattform,*
3. *Produkte und*
4. *Prozesse.*

Zentrales Element der Systematik sind der/die Intermediat(e), die in der Primärraffination entstehen und als Plattform der Bioraffinerie für die Sekundärraffination fungieren. Dieser Plattform werden dann die Rohstoffe und Produkte zugeordnet. Verbindendes Element sind die Prozesse. Es handelt sich dabei um ein polyhierarchisches Klassifizierungsschema, das in der nachstehenden Abbildung 7 in modifizierter Form dargestellt ist. Die Untergruppen der vier Strukturelemente sind noch nicht abschließend fixiert; hier ist erst in Zukunft eine abschließende Einteilung zu erwarten. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die theoretischen Möglichkeiten, ohne auf die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit abzustellen.
Die grafische Umsetzung der Klassifizierung ergibt dann die in der Abbildung 8 gezeigte schematische Darstellung.

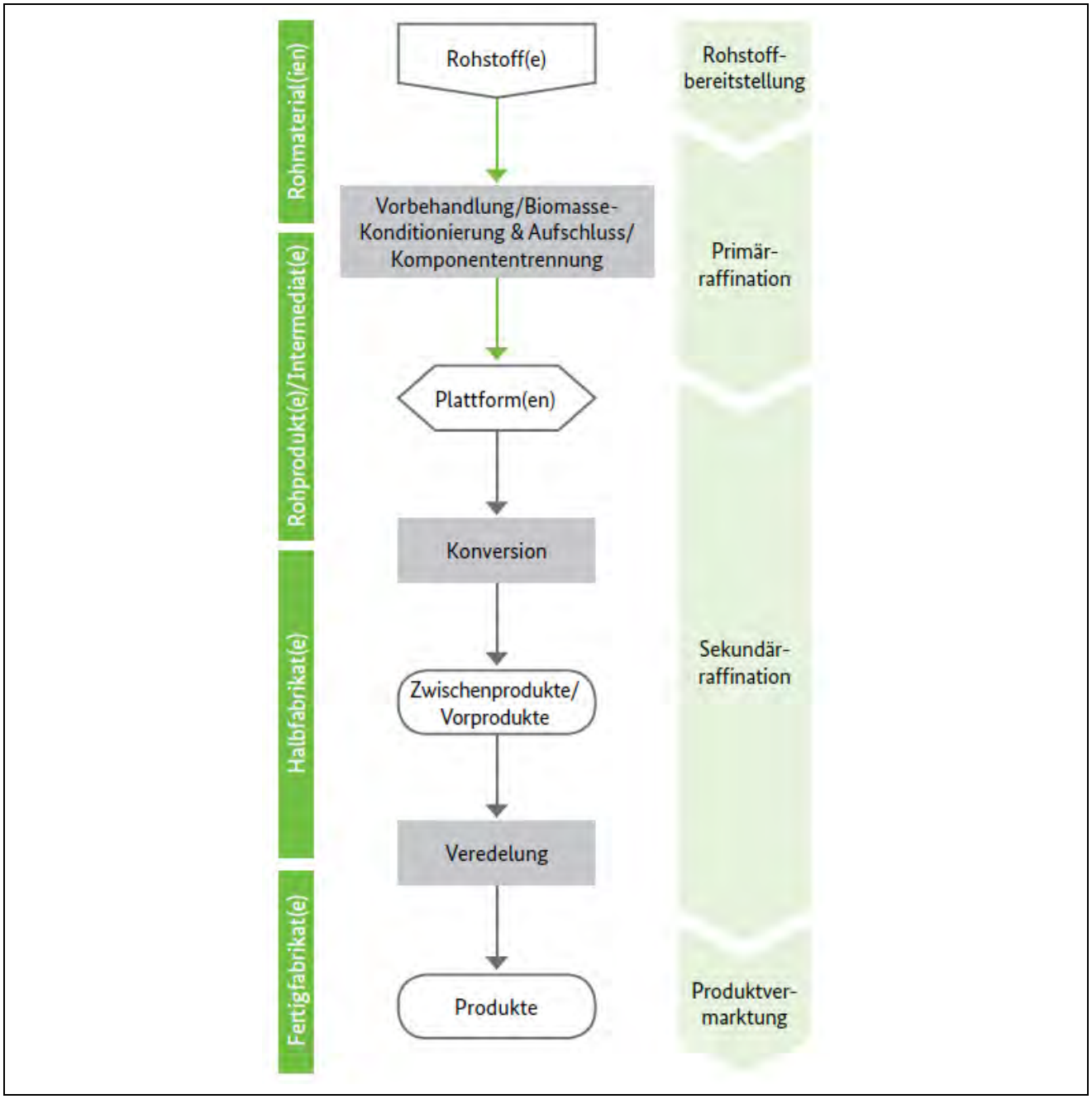


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Verfahrenskette der Bioraffinerie

Tabelle 2: Elemente der Klassifizierung von Bioraffinerien

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

* als Koppelprodukt

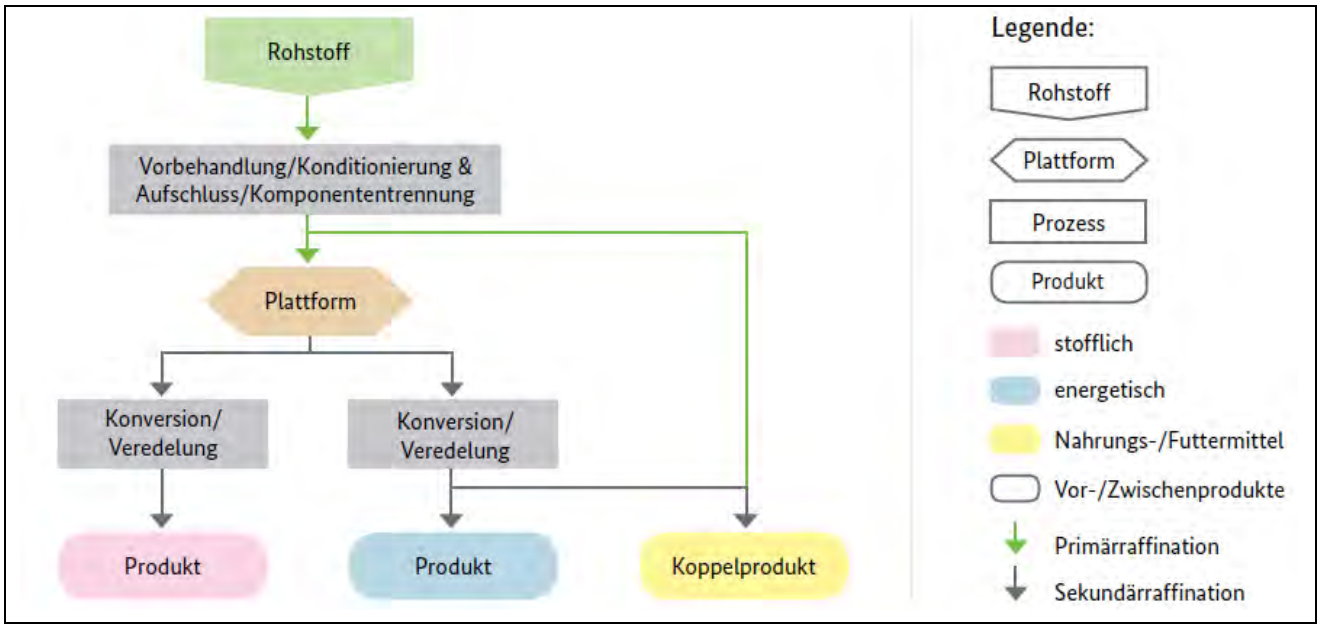


Abbildung 8: Schematische grafische Darstellung einer Bioraffinerie

Bei dieser Klassifizierung von Bioraffinerieanlagen werden zu deren Bezeichnung die Plattform und der Rohstoff angeführt, ggf. noch die Hauptproduktgruppegenannt, wenn entweder stoffliche oder energetische Produkte überwiegen. Diese ist in Abbildung 8 *beispielhaft erläutert und schematisch dargestellt. Die vier Hauptelemente (Rohstoff, Plattform, Produkte und Prozesse), die dem Klassifizierungsschema für Bioraffinerien zu Grunde liegen, werden nachfolgend näher erläutert und beschrieben. Die nachfolgenden Darstellungen für die Strukturelemente Rohstoffe, Produkte und Prozesse sind keine Besonderheit von Bioraffinerien, sondern gelten vollständig oder teilweise für andere Biomassekonversionspfade ebenso.*

Als Bioraffinerie-Plattform bezeichnet man die bei der Primärraffination entstehenden Intermediate, die Rohprodukt für die nachfolgende Sekundärraffination sind. Die Bioraffinerie-Plattform hat damit eine zentrale Stellung und ist somit das Hauptelement der Klassifizierung von Bioraffinerien. Das/die Intermediat(e) entsteht/entstehen durch direkte Umwandlung aus der Biomasse. Dabei erfolgt eine Trennung der Komponenten der Biomasse. In einigen Fällen entstehen diese Komponenten jedoch nur insitu und werden im selben Prozessschritt zu niedermolekularen Verbindungen abgebaut, die dann als Intermediate für weitere Konversionen im Rahmen der Sekundärraffination zur Verfügung stehen. Hier werden die Intermediate weiter modifiziert und/oder konvertiert. Dabei kann als erster Schritt auch die Konversion in ein oder mehrere Zwischenprodukte (bspw. Glucose, Fructose, Fettsäuren, Glycerin, Aminosäuren, Wasserstoff) erfolgen, die dann Vorprodukte für eine weitere nachfolgende Weiterveredelung sind.

Im Ergebnis einer oder mehrerer Sekundärraffinationsschritte ergeben sich dann Halb- oder Fertigfabrikate als Produkte zur Vermarktung. Rohprodukte, die prinzipiell als Intermediate aus der Primärraffination erhalten werden und eine Bioraffinerie-Plattform bilden können, sind in Tabelle 2 *aufgelistet. Jedoch sind aus technologischen und wirtschaftlichen Gründen sowie standörtlichen Gegebenheiten nicht immer alle Intermediate als Bioraffinerie-Plattform im Rahmen einer integrierten Verbundproduktion von Primär- und Sekundärraffination geeignet.*

Durch diese Klassifikationsmethode ist es möglich, die derzeit in Diskussion stehenden Bioraffineriesysteme und Konzepte eindeutig zu beschreiben, z.B. durch Produkte, Rohstoffe und Plattformen, wobei auch die für die Task 42 interessantesten Bioraffineriekonzepte 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 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 Bioraffineriesystems.

Einige Beispiele für Bioraffineriesysteme sind in Abbildung 9 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 9, auf die die Klassifikationsmethode und die Nomenklatur angewandt wird, die folgend kurz beschrieben werden:

- Example 1: C6 sugar platform biorefinery for bioethanol and animal feed from starch crops (corn);
- Example 2: oil platform biorefinery for biodiesel, animal feed and glycerine from oil crops (rape seeds);
- Example 3: syngas platform biorefinery for synthetic liquid biofuels (FT-diesel) and chemicals (alcohols) from lingo-cellulosic residues (straw);
- 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;
- 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).

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)

Dieses Beispiel beschreibt die konventionelle Bioethanol-Erzeugung aus stärkehaltigen Rohstoffen wie Weizen und Mais. Nach der Rohstoffaufbereitung wird die Stärke in C6 Zucker durch Hydrolyse 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: 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).

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: 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 von lignozellulosen Reststoffen (Stroh)

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

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, organische Säuren (Milch- und Aminosäure), Biomaterialien (Faserprodukte) und Dünger aus Gras).

Das sillagierte Gras 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. Wärmedämmung weiterverarbeitet.

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 von lignozellulosen Rohstoffen (Chinaschilf)

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

umgewandelt wird.

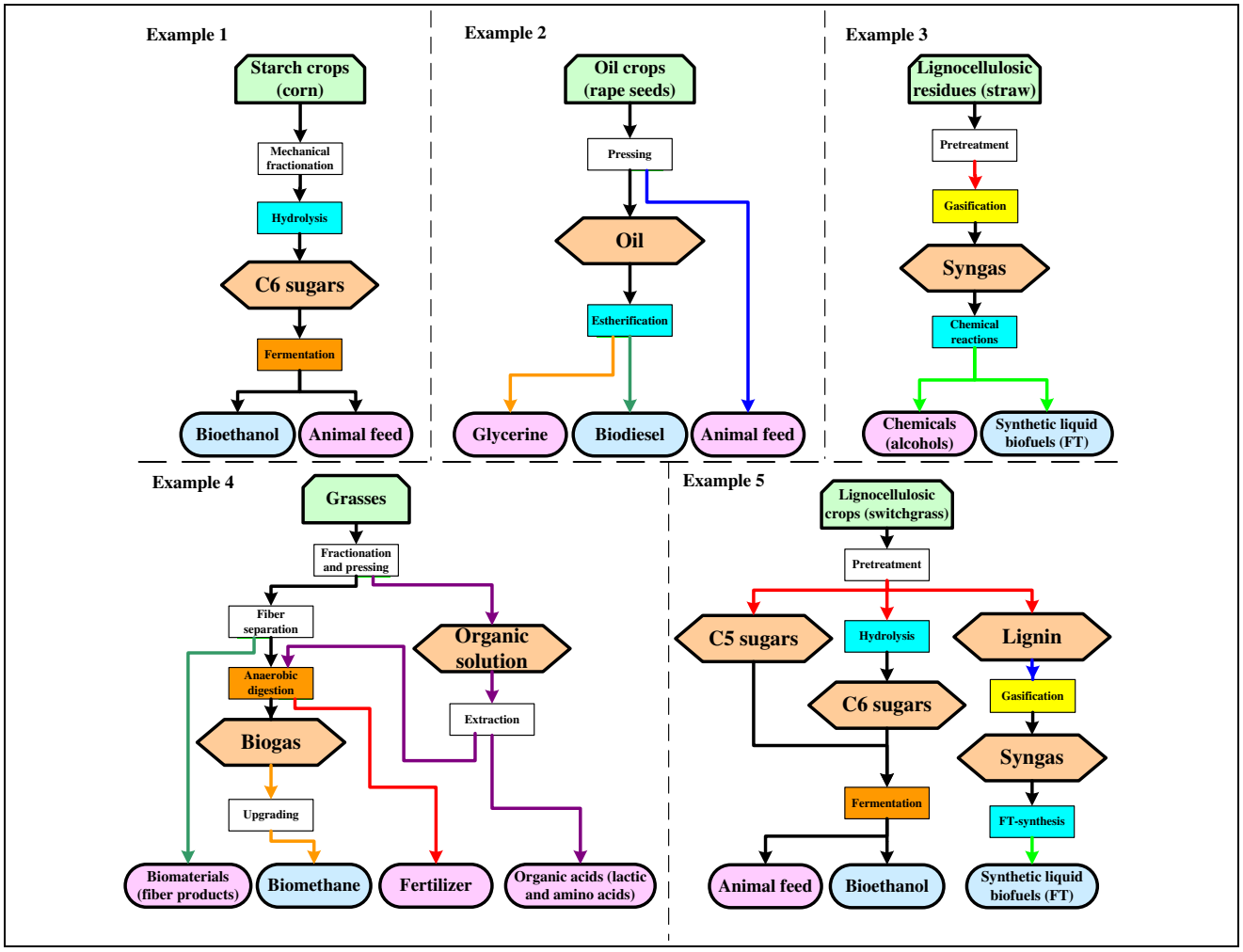


Abbildung 9: Beispiele zur Klassifikation einiger Bioraffineriesysteme

Werden nun die Klassifikationsschemen einzelner Bioraffineriekonzepte miteinander verbunden, so entsteht ein Netzwerk der unterschiedlichen Bioraffineriekonzepte, wie es in Abbildung 10 dargestellt ist. In diesem Netzwerk sind nun die möglichen Schnittstellen bzw. Kombinationsmöglichkeiten von unterschiedlichen Bioraffineriekonzepten dargestellt, um z.B. Synergien bzw. Gegensätze zwischen unterschiedlichen Konzepten zu analysieren.

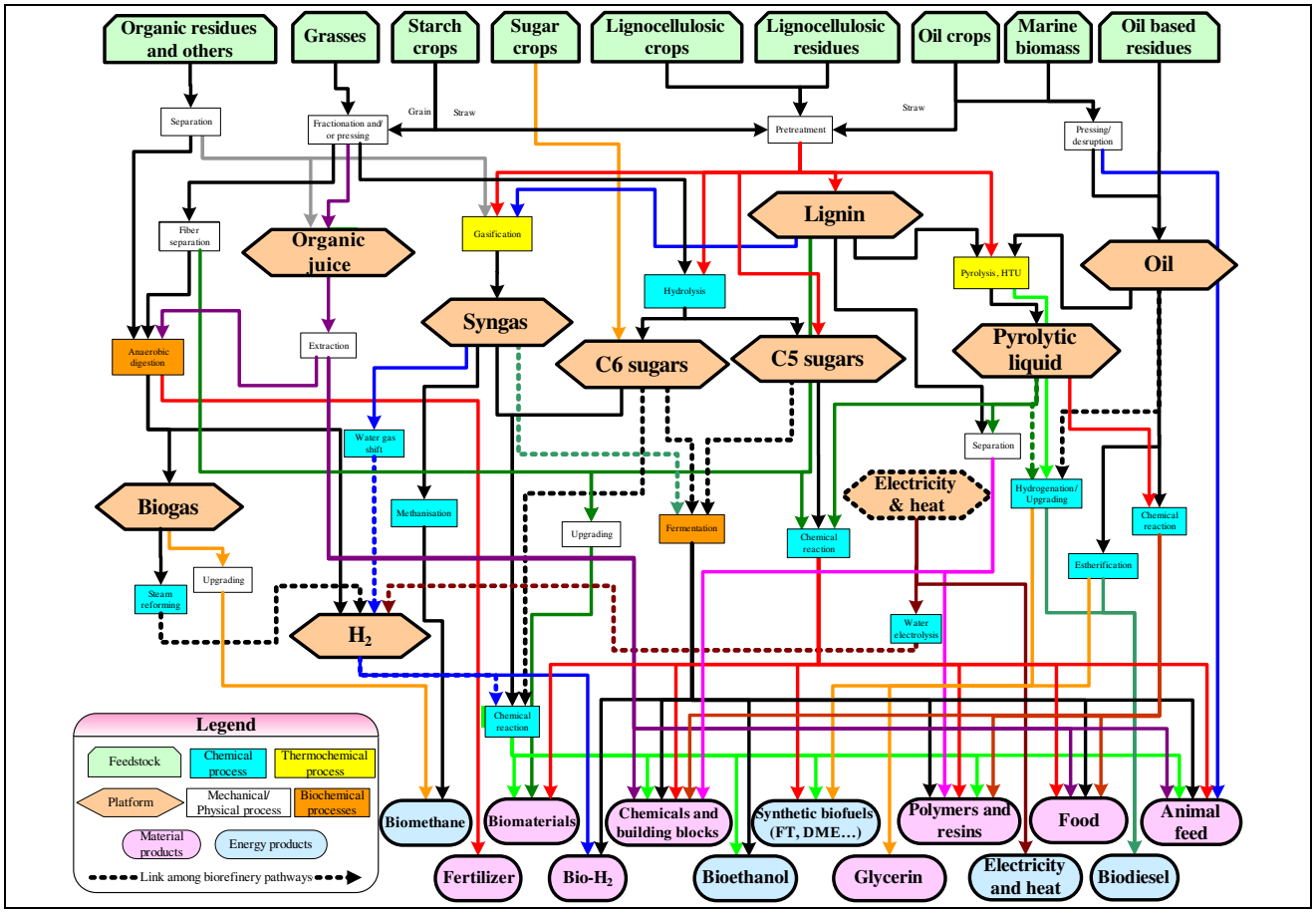


Abbildung 10: Netzwerk zur Klassifikation der Bioraffineriesysteme

Das in Österreich entwickelte und von der IEA Bioenergy Task 42 übernommene Klassifikationssystem für Bioraffinerien wird nun immer öfter auch außerhalb der Task 42 eingesetzt (Abbildung 11):

- Deutsche Roadmap Bioraffinerien (www.bmbf.de/pub/roadmap_bioraffinerien.pdf)
- Joint European Biorefinery Vision for 2030 (http://www.star-colibri.eu/files/files/vision-web.pdf)
- European Biorefinery Joint Strategic Research Roadmap for 2020 (http://www.star-colibri.eu/files/files/roadmap-web.pdf)
- Nach Super E10: Welche Rolle für Biokraftstoffe? (http://www.shell.de/content/dam/shell/static/deu/downloads/shell-biokraftstoffstudieeinzelseiten.pdf)

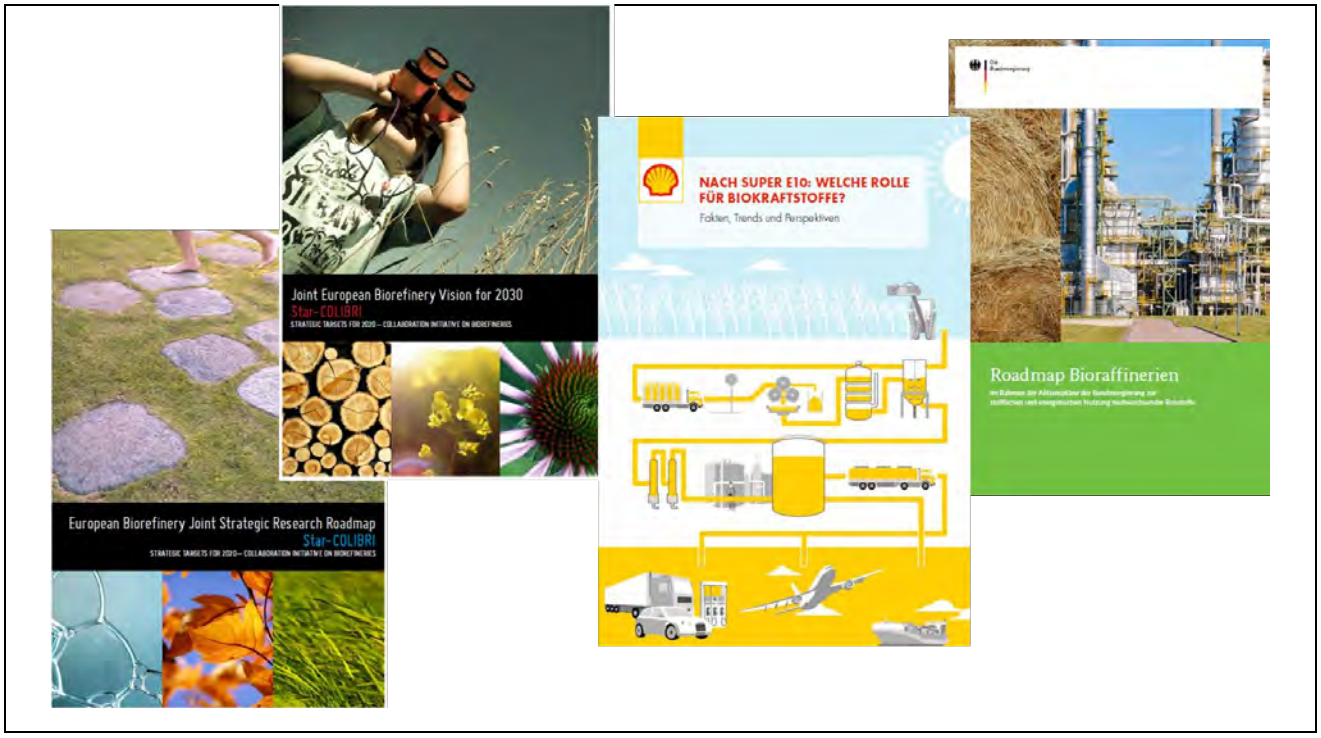


Abbildung 11: Anwendung des Klassifikationssystems für Bioraffinerien

Grundüberlegungen zum „Biorefinery Complexity Index“ und Anwendung auf erste Beispiele

Es wurde ein Konzept zur Ermittlung eines „Biorefinery Complexity Index“ erarbeitet und auf erste Fallbeispiele angewandt. Der „Biorefinery Index“ wurde in Anlehnung an den Nelson´s Complexity Index für Ölraffinerien entwickelt (Abbildung 12). In Abbildung 13 ist eine Beschreibung und der mögliche Nutzen eines „Biorefinery Complexity Index“ dargestellt.

In Abbildung 14 und Abbildung 15 ist die Ermittlung des „Biorefinery Complexity Index“ basierend auf den 4 Features des Klassifikationsschemas für Bioraffinerien dargestellt.

In Abbildung 16 und Abbildung 17 sind die Anwendung des „Biorefinery Complexity Index“ auf erste Fallbeispiele dargestellt, um die Komplexität unterschiedlicher Bioraffinerie Konzepte darzustellen. Es ist nun geplant, die Überlegungen zum „Biorefinery Complexity Index“ mit Stakeholdern zu diskutieren und weiter zu entwickeln. Erstmals wurde dieser „Biorefinery Complexity Index“ bei der IEA Bioenergy Task 42 Session in der Australischen Bioenergie-Konferenz präsentiert, wo es vor allem aus der Industrie ein sehr positives Feedback zum praktischen Nutzen gab. Bei der 20. Europäischen Biomasse-Konferenz im Jahr 2012 wurde der „Biorefinery Complexity Index“ im Konferenzbeitrag „Do We Need a Biorefinery Complexity Index? – A Critical Review in IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery” in einem breiten Expertenkreis präsentiert und diskutiert. In der Zusammenfassung der Konferenz wurde dieser Beitrag als Highlight im Topic „Biorefinery“ von den Vorsitzenden der Konferenz erwähnt und dokumentiert.

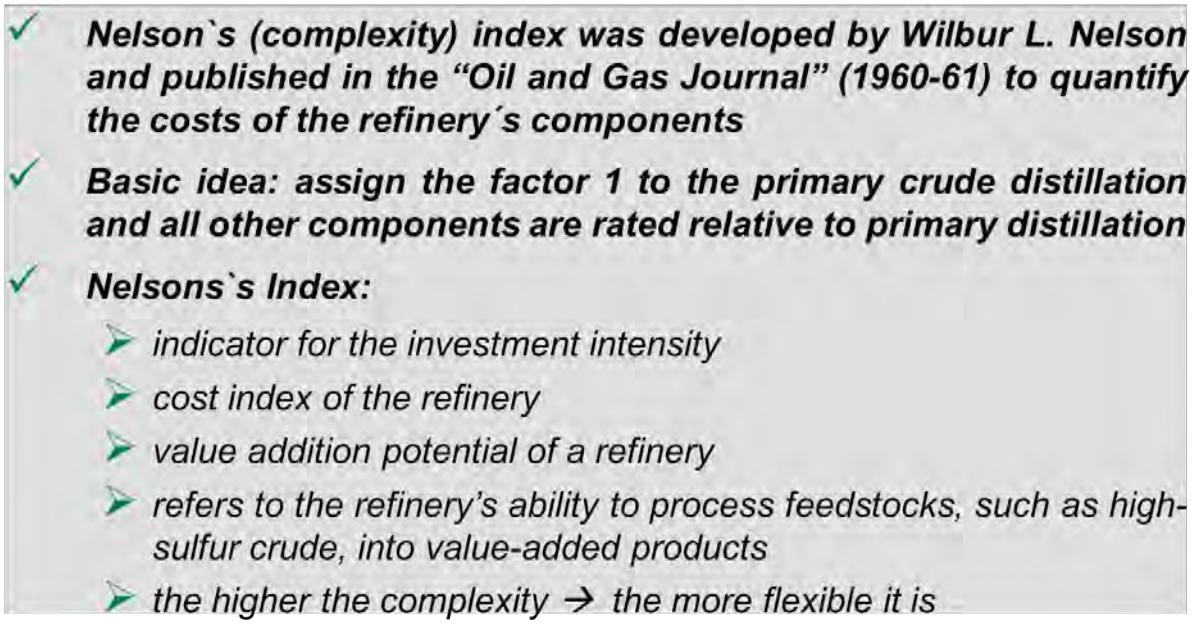


Abbildung 12: „Nelson´s Complexity Index" für Ölraffinerien

- Similar application as Nelson Complexity Index of oil refinery
- Indication for relative comparison of different biorefinery concepts and their development potential
- Index gives a benchmark of the "complexity" of a biorefinery in terms of involved platforms, feedstocks, processes and products
- The higher the biorefinery index the more advanced/beyond "state of the art" is the biorefinery
- **1st Focus: How many features are involved in a biorefinery and what is their state of technology**
- For index-development "Test-Application" to selected "biofuel driven" biorefineries

Abbildung 13: Beschreibung und möglicher Nutzen eines „Biorefinery Complexity Index"

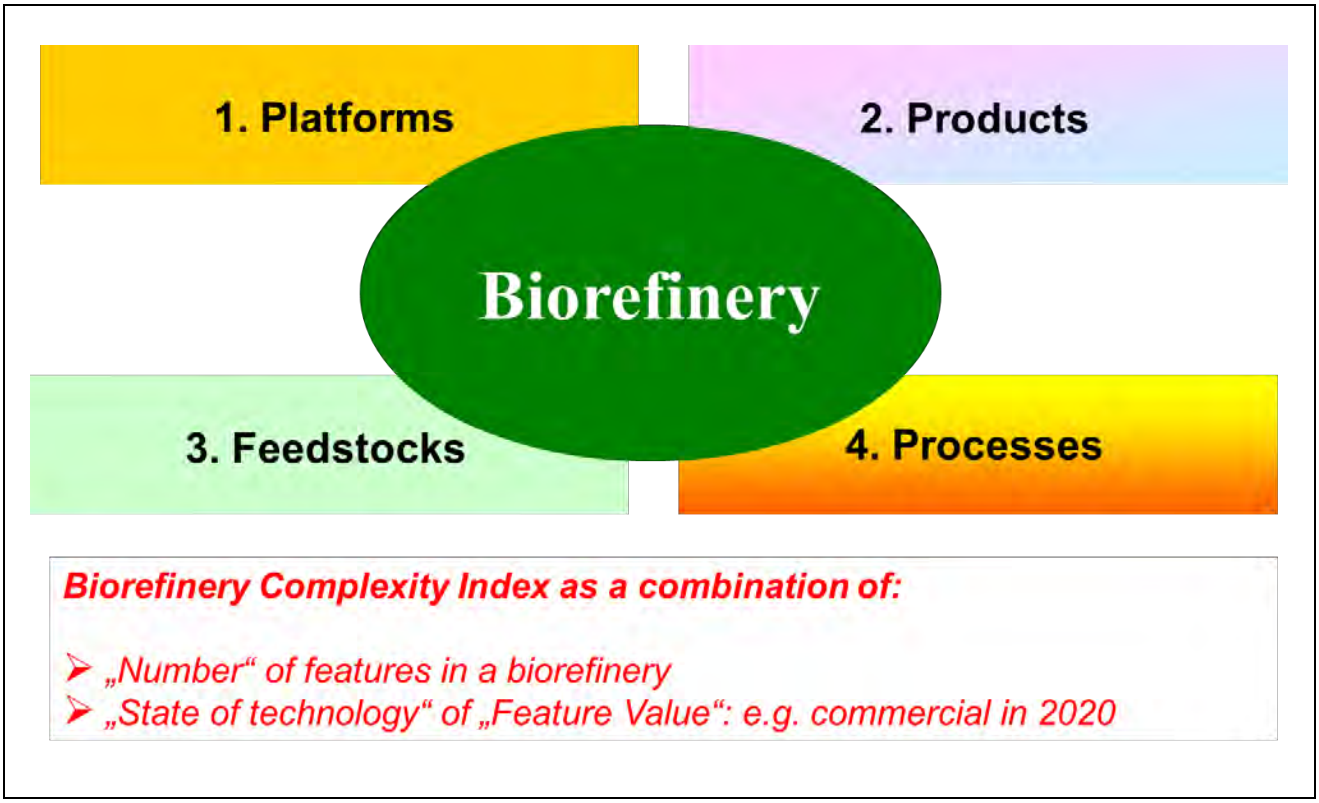


Abbildung 14: Ermittlung des „Biorefinery Complexity Index“ basierend auf den 4 Features des Klassifikationsschemas für Bioraffinerien

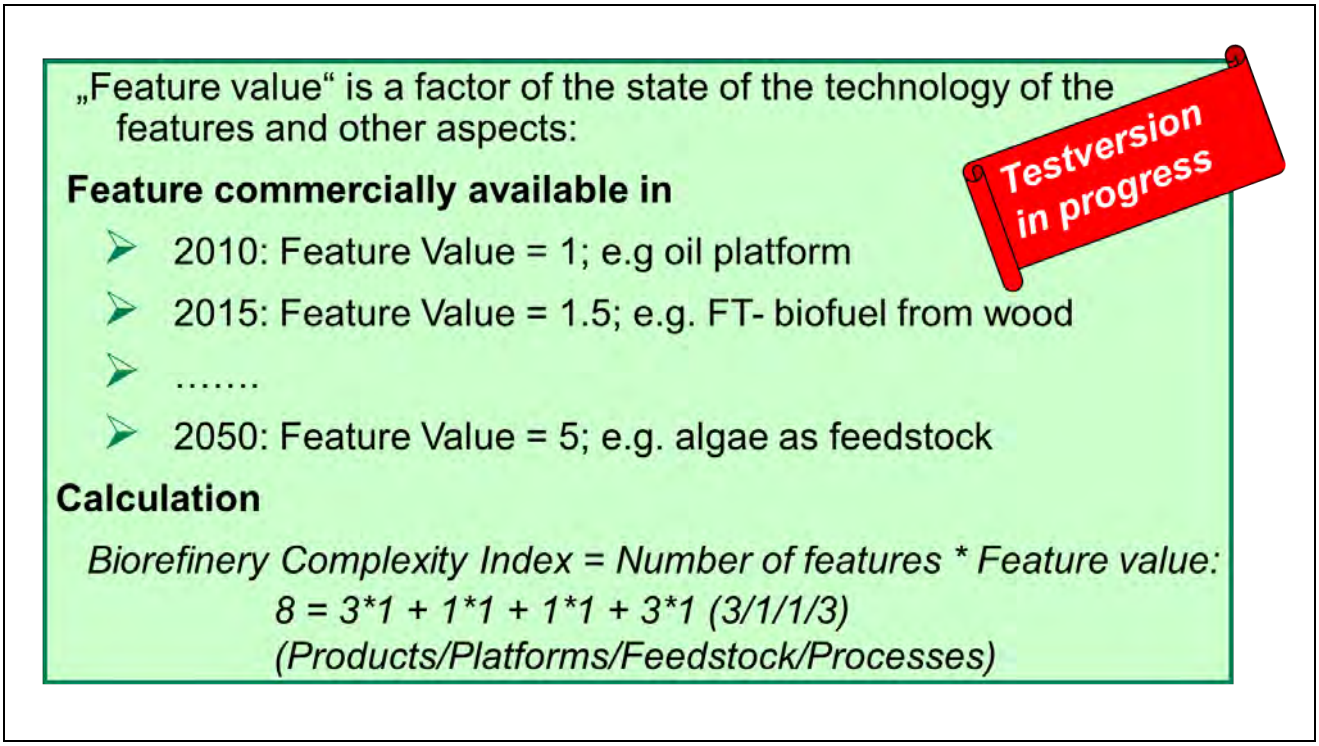


Abbildung 15: Grundlagen der Ermittlung des „Biorefinery Complexity Index“

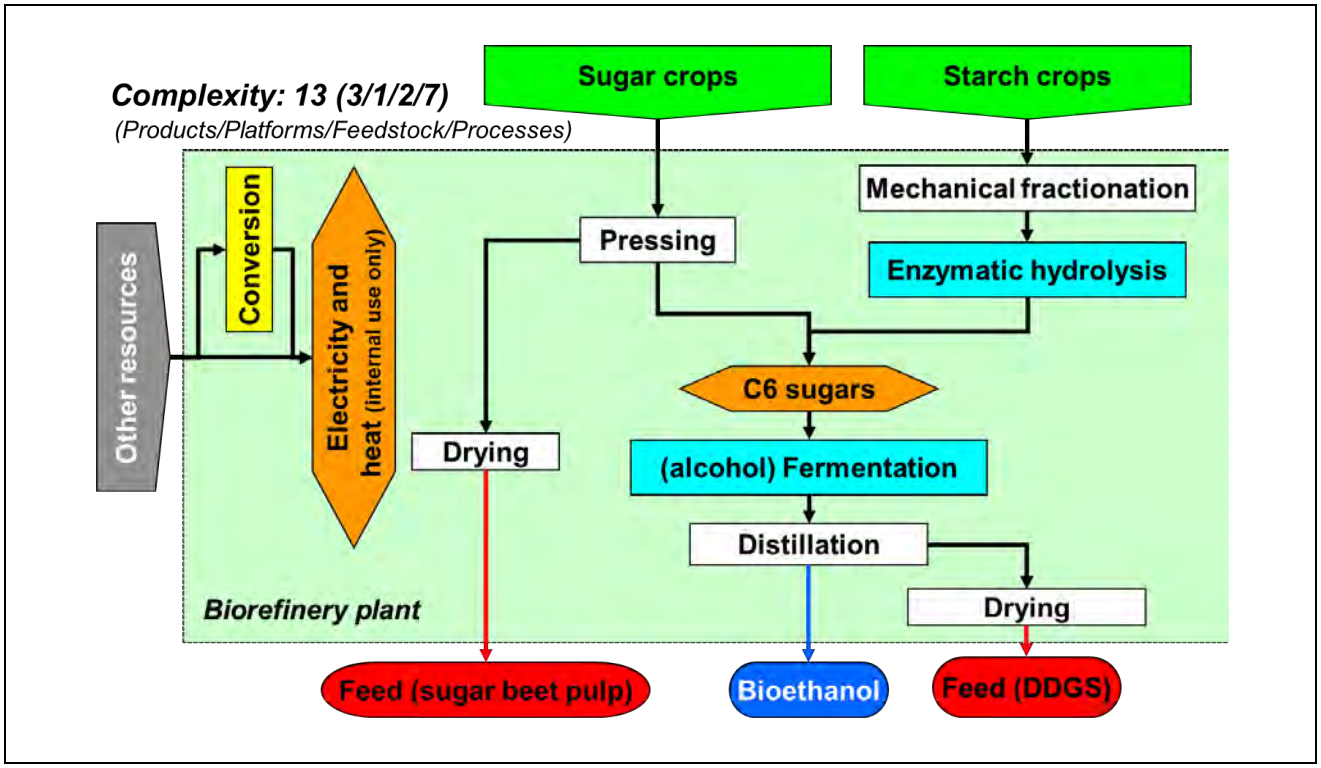


Abbildung 16: Anwendung des „Biorefinery Complexity Index“ auf das Fallbeispiel einer Bioethanol-Bioraffinerie

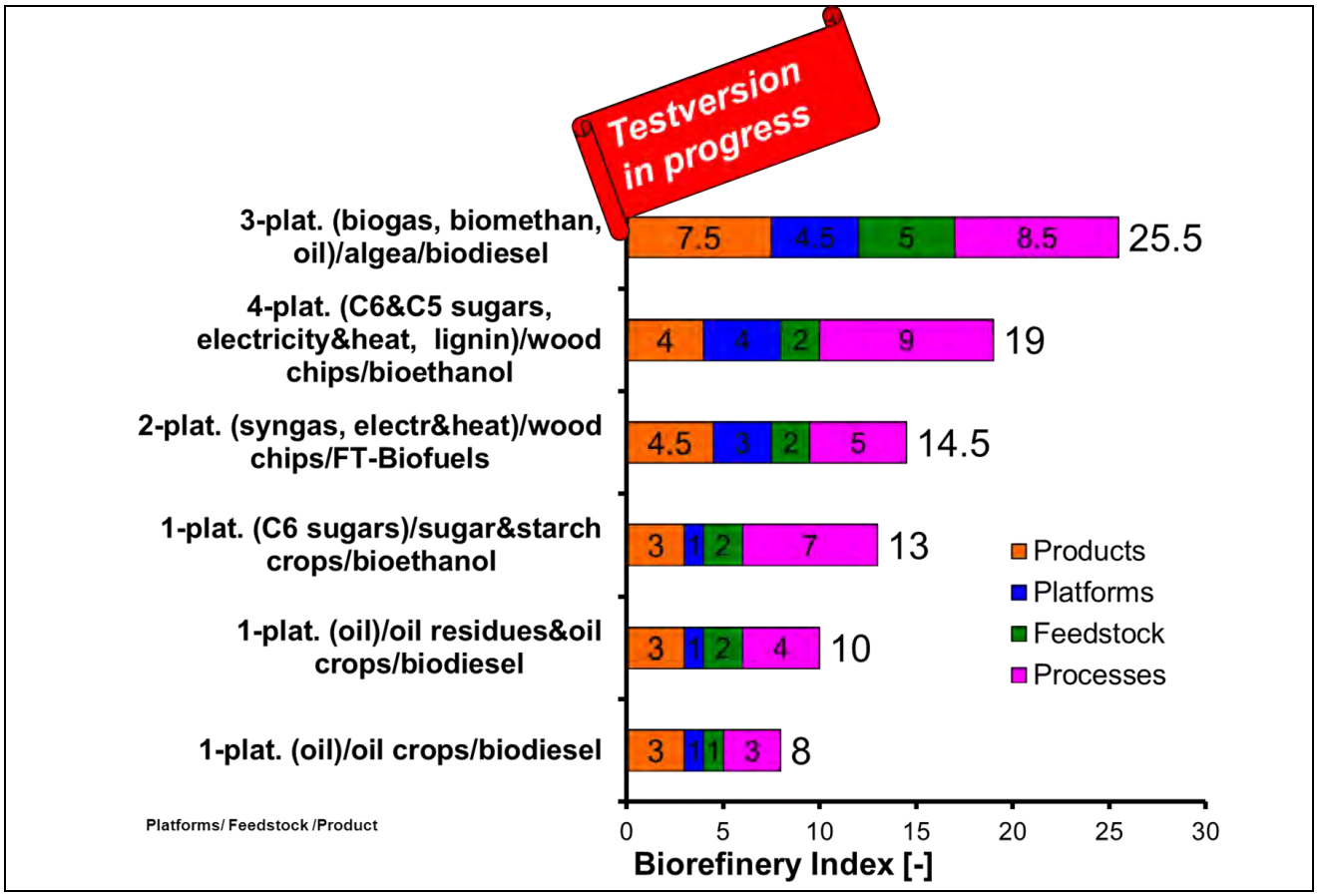


Abbildung 17: Anwendung des „Biorefinery Complexity Index“ auf erste Fallbeispiele

4.2.2 Identifizierung der interessantesten Biomaterialien

Die Task 42 hat im Jahr 2011 eine eigene 33-seitige Broschüre zum Themenbereich Biomaterialien mit dem Titel *Bio-based Chemicals - Value Added Products from Biorefineries* erstellt. An dieser Veröffentlichung haben die österreichischen Vertreter in der Task maßgeblich mitgearbeitet.

In dieser strategischen Publikation wurde das Thema biobasierte Chemikalien methodisch sehr gut strukturiert und übersichtlich aufgearbeitet. Ausgehend von einer Einführung in die entwickelte Klassifizierung von Bioraffinerien wurden danach die einzelnen Biorefinery Platforms wie Syngas, Biogas, Zucker (C6 und C5/C6 Zucker) Pflanzenöl, Öle aus Algen, Pyrolyse Öl, Lignin und Presssaft und deren Produktspektren kurz zusammengefasst.

Für die biobasierten Chemikalien sowie Bio-Polymere wurden anhand von ausgewählten Bespielprodukten das Marktpotential, die gegenwärtige Marktgröße sowie vorhandenen Marktprognosen dargestellt. Viele der in der IEA Broschüre dargestellten Detaildaten stammen aus der „Brew Studie", dem Endbericht des EU Projekts „*Medium and long-term opportunities and risks of the biotechnical production of bulk chemicals from renewable resources -The BREW project" (*Patel et al, 2006).

In der BREW Studie (Patel et al 2006) wurde das Marktsegment der biobasierten Chemikalien für das Jahr 2050 mit einem Marktvolumen von 113 Mio. t prognostiziert sowie eine durchschnittliche Wachstumsrate von 38% (CAGR) über diesen Zeitraum errechnet. Die auf Polymere spezialisierte Internetplattform *Plastemart.com* schätzte den „biorenewable market" in 2010 auf 2,4 Mrd. USD mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von etwa 14,8%. Wachstumsraten von über 20% werden bis 2015 im Bereich der biobasierten Chemikalien erwartet, wobei die wesentlichen Marktimpulse im Segment der Biopolymere vor allem bei PLA sowie in Zukunft vermehrt PHA und Bio-Ethylen erwartet werden.

In der Tabelle 3 sind biobasierte Chemikalien gelistet für die es Detailuntersuchungen bzw. Marktprognosen (aus Patel et al 2006) gibt.

Tabelle 3: Ausgewählte biobasierte Chemikalien mit der Referenzchemikalie fossilen Ursprungs für die Marktprognosen existieren

Biobasierte Chemikalie	Erölbasierte Chemikalie (Referenz)
Ethyllactate	Ethylacetat
Ethylen	Ethylen
Adipinsäure	Adipinsäure
Essigsäure	Essigsäure
n-Butanol	n-Butanol
PTT – Polytrimethylenterephthalat	Nylon 6
PHA - Polyhydroxyalkanoide	HDPE Polyethylen hoher Dichte
PLA – Polylactid	Polyethylenterephthalat PET bzw. Polystyrol PS
FDCA – Furan- 2,5 Dicarboxylat	Terephthalsäure
Bernsteinsäure	Maleinsäureanhydrid

Für die Abschätzung der zukünftigen Marktentwicklung der ausgewählten Chemikalien wurde in der *Brew Studie* (Patel et al 2006) ein einfaches 3-Stufenmodel definiert und der Analyse zugrunde gelegt. Die Marktpenetration von Produkten hängt grundsätzlich von einer Reihe von Faktoren ab wie beispielsweise die Entwicklung des Ölpreises, die Preisentwicklung erneuerbarer Rohstoffe sowie die Weiterentwicklung der Prozesse der biobasierten Chemikalien. Das 3-Stufenmodel beschreibt die Gesamtsituation im Zusammenspiel der verschiedensten fördernden oder hemmenden Faktoren am Markt.

- Szenario LOW: Die externen Marktfaktoren sind in Summe so, dass sie der Marktentwicklung der biobasierten Chemikalien hinderlich sind.
- Szenario MEDIUM: Die externen Marktfaktoren sind in Summe so, dass sie der Marktentwicklung der biobasierten Chemikalien weder hinderlich sind noch diese begünstigen.
- Szenario HIGH: Die externen Marktfaktoren begünstigen in Summe die Marktentwicklung der biobasierten Chemikalien.

Die Ergebnisse der Marktevaluation für die ausgewählten 10 biobasierten Chemikalien sind in Abbildung 18 dargestellt. Der Marktanteil der biobasierten Chemikalien bezieht sich auf den jeweiligen spezifischen Markt der gegenwärtig am etabliertesten erdölbasierenden Chemikalie.

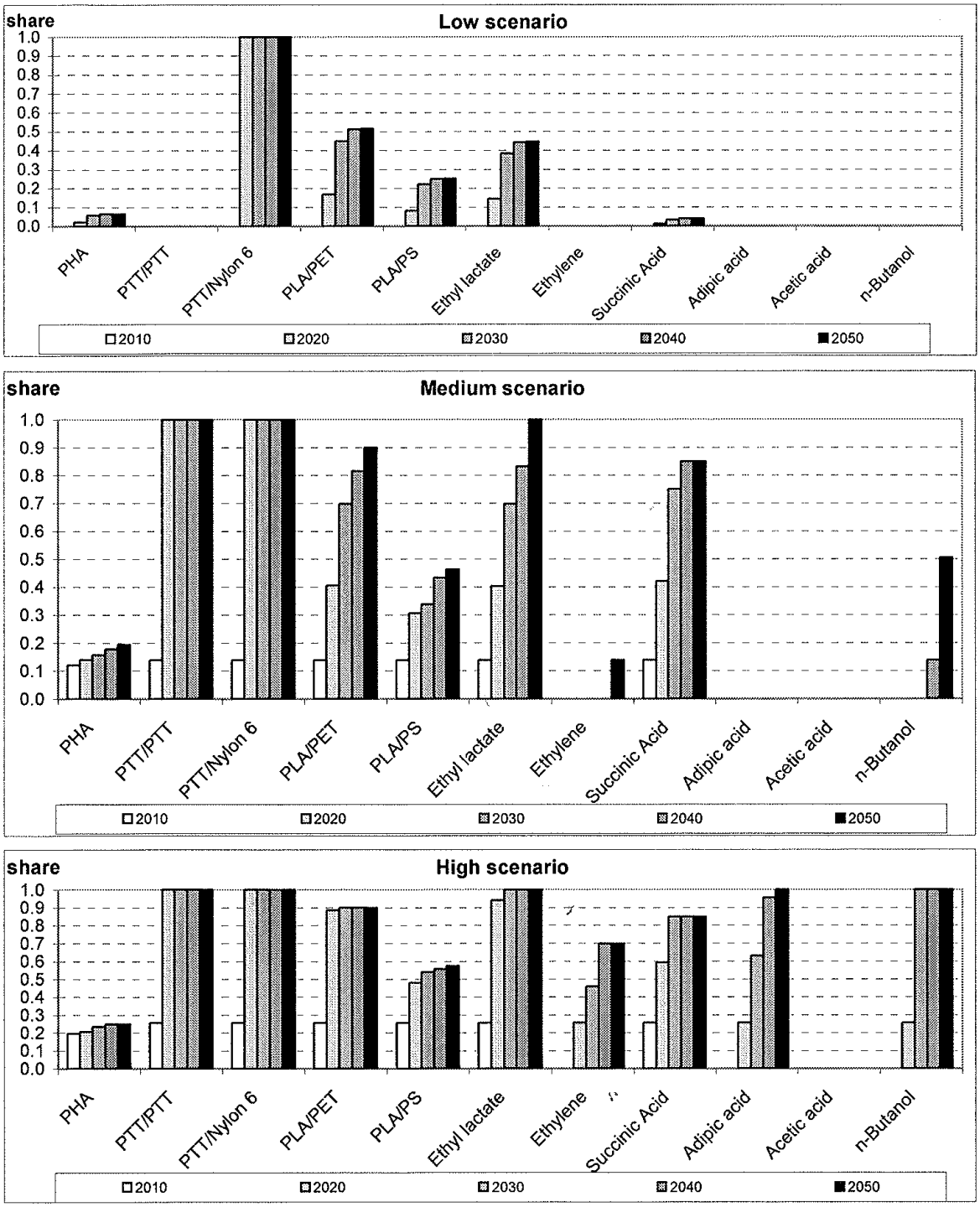


Abbildung 18: Anteil ausgewählter biobasierter Chemikalien im Verhältnis zum Markt der fossilen Referenzchemikalie für die drei Entwicklungsszenarien LOW, MEDIUM und HIGH für den Zeitraum 2010-2050 (Patel et al 2006)

Die Ergebnisse zeigen, dass bereits bei einer neutralen Ausgangsbedingung (Szenario Medium) eine starke, teilweise totale Substitution der entsprechenden fossilen Chemikalien möglich sein

kann. Dies betrifft die Biopolymere PTT, PLA sowie Bernsteinsäure sowie Ethyllactat. Im Szenario High wird diese Auswahl durch die Produkte Ethylen, n-Butanol und Adipinsäure ergänzt.

Es wurde eine Sammlung und Dokumentation der interessantesten Biochemikalien, die z.T. gemeinsam mit Biotreibstoffen in Bioraffinerien zur Maximierung des ökonomischen und ökologischen Nutzens erzeugt werden können, erstellt (Abbildung 19).

Cn	Chemical	Company	Potential
1	Methanol	BioMCN, Chemrec	Growth
	Formic acid	Maine BioProducts	Pipeline
	Methane	Many	Growth
	Syngas	BioMCN, Chemrec	Growth
2	Ethylene	Braskem, DOW/Mitsui, Songyuan Ji'an Biochemical	Growth
	Ethyl acetate	Zeachem	Pipeline
	Ethanol	Many	Growth
	Glycolic acid	Metabolic Explorer (Metex)	Pipeline
	Ethylene glycol	India Glycols Ltd, Greencol Taiwan	Growth
	Acetic acid	Wacker	Growth
3	Lactic acid	Purac, NatureWorks, Galactic, Henan Jindan, BBCA	Growth
	Acrylic acid	Cargill, Perstorp, OPXBio, DOW, Arkema	Pipeline
	Glycerol	Many	Growth
	3-Hydroxy propionic acid	Cargill	Pipeline
	Propylene	Braskem/Toyota Tsusho, Mitsubishi Chemical, Mitsui Chemicals	Pipeline
	Epichlorohydrin	Solvay, DOW	Growth
	1,3-Propanediol	DuPont/Tate & Lyle	Growth
	n-Propanol	Braskem	Pipeline
	Ethyl lactate	Vertec BioSolvents	Growth
	Isopropanol	Genomatica, Mitsui Chemicals	Pipeline
	Propylene Glycol (1,2-Propanediol)	ADM	Growth
4	n-Butanol	Cathay Industrial Biotech, Butamax, Butalco, Cobalt/Rhodia	Growth
	1,4-Butanediol	Genomatica/M&G, Genomatica/Mitsubishi , Genomatica /Tate & Lyle	Pipeline
	iso-Butanol	Butamax, Gevo	Growth
	Iso-butene	Gevo/Lanxess	Pipeline
	Methyl methacrylate	Lucite/Mitsubishi Rayon, Evonik/Arkema	Pipeline
	Succinic acid	BioAmber, Myriant, BASF /Purac, Reverdia (DSM/Roquette), PTT Chem / Mitsubishi CC	Growth
5	Furfural	Many	Growth
	Itaconic acid	a.o. Qingdao Kehai Biochemistry Co, Itaconix	Pipeline
	Xylitol	a.o. Danisco/Lenzing, Xylitol Canada	Growth
	Isoprene/ Farnesene	Goodyear/ Genencor, GlycosBio, Amyris	Pipeline
	Glutamic acid	a.o. Global Biotech, Meihua, Fufeng, Juhua	Growth
	Levulinic acid	Maine BioProducts, Avantium, Segetis, Circa Group	Pipeline
6	Sorbitol	a.o. Roquette, ADM	Growth
	Adipic acid	Verdezyne, Rennovia, BioAmber, Genomatica	Pipeline
	Lysine	a.o. Global Biotech, Evonik/RusBiotech, BBCA, Draths, Ajinomoto	Growth
	FDCA	Avantium	Pipeline
	Isosorbide	Roquette	Growth
	Glucaric acid	Rivertop renewables	Pipeline
	Citric acid	a.o. Cargill, DSM, BBCA, Ensign, TTCA, RZBC	Growth
	Caprolactam	DSM	Pipeline
n	PHA	Metabolic Explorer (Metex), Meridian plastics (103), Tianjin Green Biosience Co.	Growth
	Para-Xylene	Gevo, Draths*, UOP, Annellotech, Virent	Pipeline
	Dicarboxylic acids	Cathay Biotech, Evonik	Growth
	Fatty Acid derivatives	Croda, Elevance	Growth

* Draths is recently acquired by Amyris.

Abbildung 19: Identifizierung der interessantesten Biochemikalien (Auswahl)

Für eine Auswahl von biobasierten Chemikalien wird in der Broschüre auch ein theoretisches Einsparungspotential an klimarelevanten Emissionen aus Literaturzitaten dargestellt, welches auf der Annahme beruht, dass ein gänzlicher Ersatz der fossilen Referenzchemikalie durch die biobasierte Chemikalie stattfindet. Diese zitierten Analysen beinhalten zum Teil einen anderen methodischen Rahmen, als dieser in der Task 42 für Nachhaltigkeitsbewertungen erarbeitet wurde (siehe hierzu Kapitel 4.2.5). Weiters zeigt sich, dass bei der Analyse der möglichen Treibhausgas-Reduktion durch biobasierte Chemikalien meist aus den biogenen Reststoffen die Energie zur Erzeugung der biobasierten Chemikalien bereitgestellt wird. Dies würde aber dann auch bedeuten, dass die Treibhausgas-Emissionen der fossilen Referenzchemikalien durch den Einsatz von erneuerbarer Energie deutlich reduziert werden können. In anderen Worten: Die Treibhausgas-Reduktion bei der Erzeugung von biobasierten und fossilen Chemikalien wird maßgeblich durch die Art der Primärenergie im Herstellungsprozess bestimmt. Der wesentliche Vorteil von biobasierten Chemikalien ist daher die Nutzung von biogenem und erneuerbarem Kohlenstoff, der durch die Pflanzen durch Photosynthese aus der Luft gebunden wurde. Daher kann der biogene Kohlenstoff in den Chemikalien gebunden werden und wird erst nach einer energetischen Verwertung am Ende der Nutzungszeit wieder an die Atmosphäre abgegeben, womit der biogene Kohlenstoffkreislauf wieder geschlossen ist. Dies gilt jedoch analog auch für den fossilen Kohlenstoff in den erdölbasierten Chemikalien, der erst am Ende der Nutzungszeit bei energetischer Verwertung als Treibhausgas in die Atmosphäre gelangt. Vor diesem Hintergrund bekommt die stoffliche Verwertung von kohlenstoffhaltigen Chemikalien unter Nutzung von erneuerbarer Energie eine besondere Bedeutung: Biobasierte Chemikalien können dann mittel- und langfristig als Kohlenstoffspeicher zur Reduktion der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre beitragen; fossil basierte Chemikalien tragen vorerst zu keiner weiteren Erhöhung der CO_2-Konzentration bei, wenn der fossile Kohlenstoff mittel- und langfristig in der Chemikalie gebunden bleibt.

4.2.3 Entwicklungspotentiale für Biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien

In der Task 42 wurden „Biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien folgendermaßen beschreiben:

„A (road) transportation biofuel driven biorefinery aims to produce huge volumes of liquid and/or gaseous transportation biofuels co-producing (high value) bio-chemicals and biomaterials. The expectation is that the biochemicals and biomaterials give additional economic and environmental benefits to reduce production costs and environmental impacts of transportation biofuels. Optimisation strategies are necessary to trade-off between maximizing amount of transportation biofuels production and additional benefits from bio-chemicals and bio-materials is necessary".

Es wurden 14 „Biotreibstoff-orientierte“ Bioraffineriekonzepte für die großvolumige Biotreibstoff-Erzeugung identifiziert und dokumentiert, die bis zum Jahr 2025 besonders interessant sein könnten. Diese sind zusammenfassend in Abbildung 20 dargestellt.

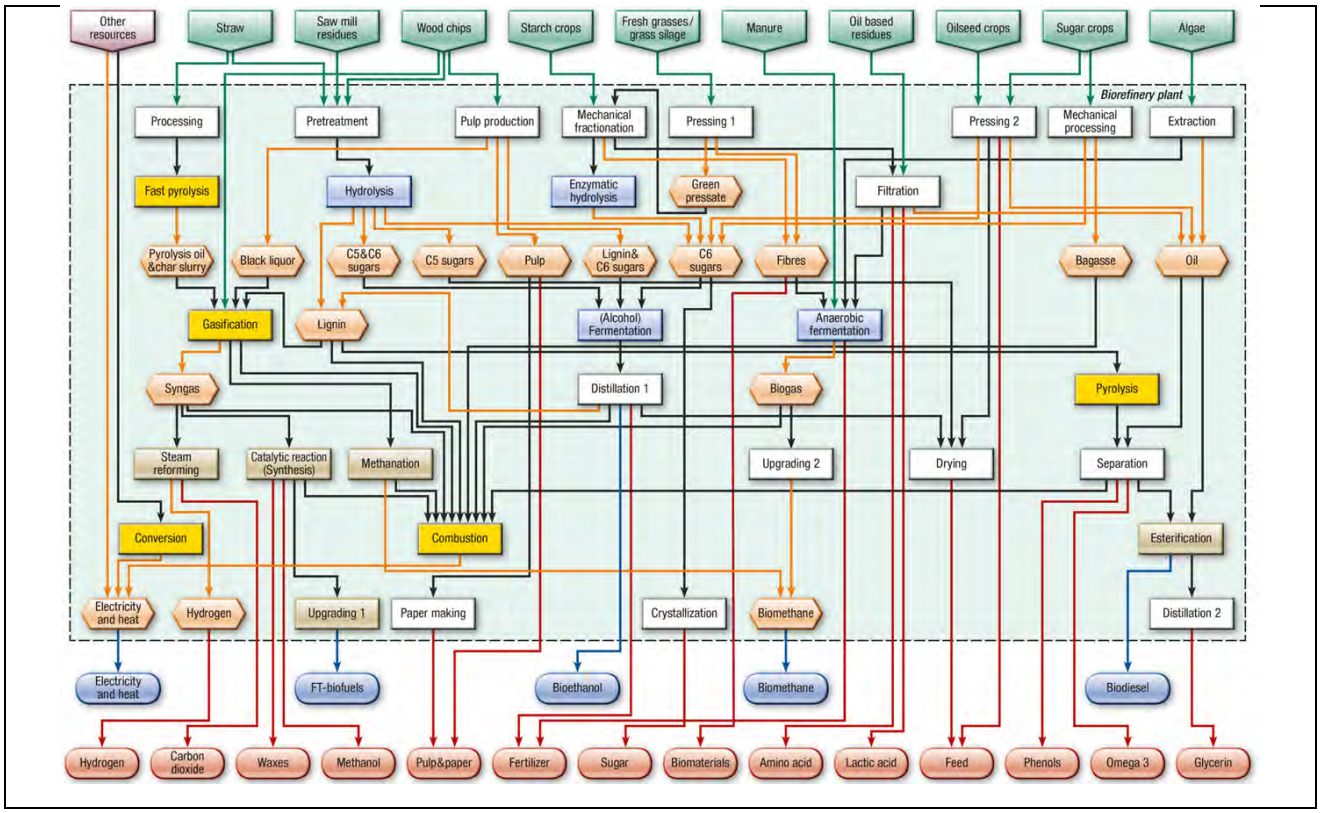


Abbildung 20: Auswahl der interessantesten Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien

Die Auswahl erfolgt in der Task basierend auf den internationalen Aktivitäten der Partner. Da in vielen Ländern die Erzeugung von Biotreibstoffen durch die politischen Vorgaben, z.B. EU-Renewable Energy Directive: 10% erneuerbare Treibstoffe im Verkehrssektor, die Entwicklungsaktivitäten zu Bioraffinerien vorantreibt, wurde der Schwerpunkt bei der Auswahl auf Biotreibstoffe für den Straßenverkehr gelegt. Aufgrund der kurz- und mittelfristig sehr guten Integrierbarkeit in die bestehende Infrastruktur, wie Tankstellen und Fahrzeuge, wurden folgende vier Biotreibstoffe ausgewählt:

1) Biodiesel (FAME - fatty acid methyl ester),
2) Bioethanol,
3) Fischer-Tropsch (FT)-Biotreibstoffe und
4) Biomethan aus Biogas und SNG (synthetic natural gas),

In einem nächsten Schritt wurden die Bioraffineriesysteme zur Erzeugung dieser Biotreibstoffe erstellt, von denen angenommen wird, dass sie spätestens bis 2025 kommerziell betrieben werden können. Aus diesen Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien wurden jene Produkte zusammengestellt, die gemeinsam mit diesem Biotreibstoffen erzeugt werden (können). Diese insgesamt 12 Produkte sind in folgender Liste dargestellt:

1) Tierfutter,
2) Glycerin,
3) Zucker,
4) Phenol,
5) Zellstoff und Papier,
6) Aminosäuren,
7) Milchsäuren,
8) Methanol,
9) Dünger,
10) Wachse,
11) Wasserstoff und
12) Kohlendioxid.

Weiters wurden die bis zum Jahr 2025 interessantesten Rohstoffe zur Erzeugung der o.g. Biotreibstoffe ausgewählt, womit sich die folgenden 10 biogenen Rohstoffarten ergeben haben:

1) ölhaltige Energiepflanzen,
2) öl- und fetthaltige Reststoffe,
3) zuckerhaltige Energiepflanzen,
4) stärkehaltige Energiepflanzen,
5) Hackgut,
6) Stroh,
7) Gras,
8) Sägenebenprodukte,
9) Algen und
10) Gülle bzw. Mist.

Aus diesen Bioraffineriekonzepten ergaben sich weiters insgesamt folgende 16 Plattformen:

1) Öl,
2) C6 Zucker,
3) C5 Zucker,
4) Bagasse
5) Lignin,
6) Lignin und C6 Zucker,
7) grüner Presssaft,
8) Fasern,
9) Biogas,
10) Biomethan,
11) Synthesegas,
12) Pyrolyse Öl und Slurry,
13) Wasserstoff,
14) (Sulfit)Lauge,
15) Zellstoff sowie
16) Strom und Wärme.

Insgesamt sind in den 14 Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien die folgenden Prozesse involviert:

1) thermo-chemische Prozesse: Verbrennung, Dampf- und Sauerstoff-Vergasung, Pyrolyse,
2) bio-chemische Prozesse: Fermentation, anaerobe Fermentation, Hydrolyse,
3) mechanische Prozesse: Pressen, Destillation, Filtration, Fraktionierung, Trocknung, Biogas-Aufbereitung, Hydrierung, Separation, Extraktion sowie
4) chemische Prozesse: Veresterung, Methanierung, Dampfreformierung, FT-Synthese, Methanol Synthese.

Die ausgewählten interessantesten Bioraffinerien haben einen sehr unterschiedlichen Entwicklungsstatus, daher werden die 14 Bioraffinerien in folgende drei Gruppen zum Stand der Technik eingeteilt:

- Kommerzielle biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien: Diese Bioraffinerien sind Stand der Technik und können großtechnisch und unter derzeitigen ökonomischen Randbedingungen kommerziell betreiben werden.
- Demonstrierte Biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien: Diese Bioraffinerien mit ihren wesentlichen Prozessen sind im technischen Maßstab an einem oder mehreren Standorten weltweit demonstriert. Diese Bioraffinerien benötigen allerdings weitere technische Optimierungen und können unter derzeitigen ökonomischen Randbedingungen nicht kommerziell und großtechnisch betrieben werden. Es wird erwartet, dass diese Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien spätestens bis zum Jahr 2025 kommerziell betreiben werden können.
- Konzeptionelle Biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien: Diese Bioraffinerien sind bisher im technischen Maßstab noch nicht demonstriert. Es wird aber erwartet, dass diese nach den entsprechenden technologischen Weiterentwicklungen in den nächsten Jahren im technischen Maßstab demonstriert werden. Weiters wird angenommen, dass diese Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien spätestens bis zum Jahr 2025 kommerziell betrieben werden können.

Die folgenden kommerziellen Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien wurden ausgewählt (es werden die englischen Bezeichnungen aus der Task übernommen):

- “1-platform (oil) biorefinery using oilseed crops for biodiesel, glycerin and feed“ (Abbildung 21)
- “1-platform (oil) biorefinery using oil based residues&oilseed crops for biodiesel, glycerin and feed“ (Abbildung 22)
- “1-platform (C6 sugars) biorefinery using sugar&starch crops for bioethanol and feed“ (Abbildung 23)
- “3-platform (C6 sugars, bagasse, electricity&heat) biorefinery using sugar cane for bioethanol, electricity, heat, sugar and fertilizer” (Abbildung 24)

Die folgenden demonstrierten Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien wurden ausgewählt:

- „4-platform (C6 sugars, C5 sugars, lignin, electricity&heat) biorefinery using straw for bioethanol, electricity, heat and feed“ (Abbildung 25)
- “3-platform (C5&C6 sugars, electricity&heat, lignin) biorefinery using wood chips for bioethanol, electricity, heat and phenols“ (Abbildung 26)

- “5-platform (biogas, biomethane, green pressate, fibers, electricity&heat) biorefinery using grass and manure for biomethane, amino acid, lactic acid, biomaterials and fertilizer“ (Abbildung 27)
- “4-platform (electricity&heat, hydrogen, biomethane, syngas) biorefinery using wood chips for biomethane (SNG), hydrogen and carbon dioxide“ (Abbildung 28)
- “5-platform (C6 sugars, C5&C6 sugars, lignin, syngas, electricity&heat) biorefinery using starch crops and straw for bioethanol, FT-biofuels, feed, electricity and heat“ (Abbildung 29)

Die folgenden konzeptionellen Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien wurden ausgewählt:

- “2-platform (electricity&heat, syngas) biorefinery using wood chips for FT-biofuels, electricity, heat and waxes with steam gasification“ (Abbildung 30)
- “3-platform (pyrolysis oil, syngas, electricity&heat) biorefinery using straw for FT-biofuels and methanol with oxygen gasification“ (Abbildung 31)
- “4-platform (pulp, syngas, electricity&heat) biorefinery using wood chips for FT-biofuels, electricity, heat and pulp“ (Abbildung 32)
- “5-platform (C6&C5 sugars, lignin&C6 sugars, electricity&heat) biorefinery using saw mill residues, wood chips and sulfite liquor for bioethanol, pulp&paper, electricity and heat“ (Abbildung 33)
- “4-platform (biogas, biomethane, oil, electricity&heat) biorefinery using algae for biodiesel, biomethane, electricity, heat and glycerin, omega 3 and fertilizer“ (Abbildung 34).

Einige dieser Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien lassen sich gut in die bestehende Infrastruktur integrieren:

- Zellstoff- und Papier-Produktion: Erzeugung von Bioethanol bzw. FT-Biotreibstoffen aus Lauge oder Holz integriert an bestehenden Standorten der Zellstoff- und Papier-Produktion.
- Bioethanol-Produktion: Die Erzeugung von Bioethanol aus Stroh kann sehr gut in die Bioethanol-Erzeugung aus Zucker bzw. Stärke integriert werden.
- Biomethan-Produktion: Die Erzeugung von Milchsäure kann gut in bestehende Biogasanlagen, die Gras nutzen, integriert werden.

Die vollständige englische Dokumentation - die federführend in der österreichischen Mitarbeit ausgearbeitet wurde - dieser Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien mit internationalen Beispielen sowie den Grundlagen zur Nachhaltigkeitsbewertung mit einem Fallbeispiel wurde im Februar

2013 als eigene Task 42 Broschüre veröffentlicht und ist auf der webpage als Download verfügbar.

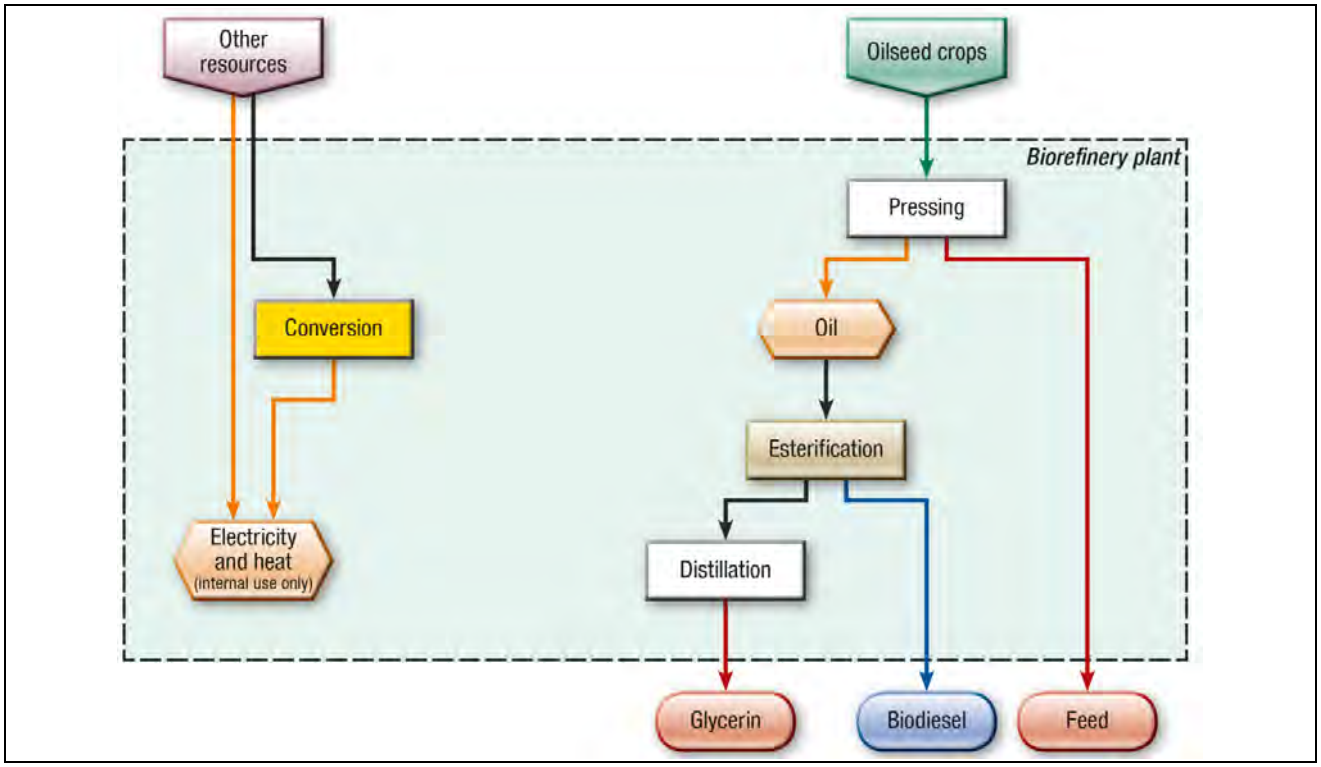


Abbildung 21: 1-platform (oil) biorefinery using oilseed crops for biodiesel, glycerin and feed

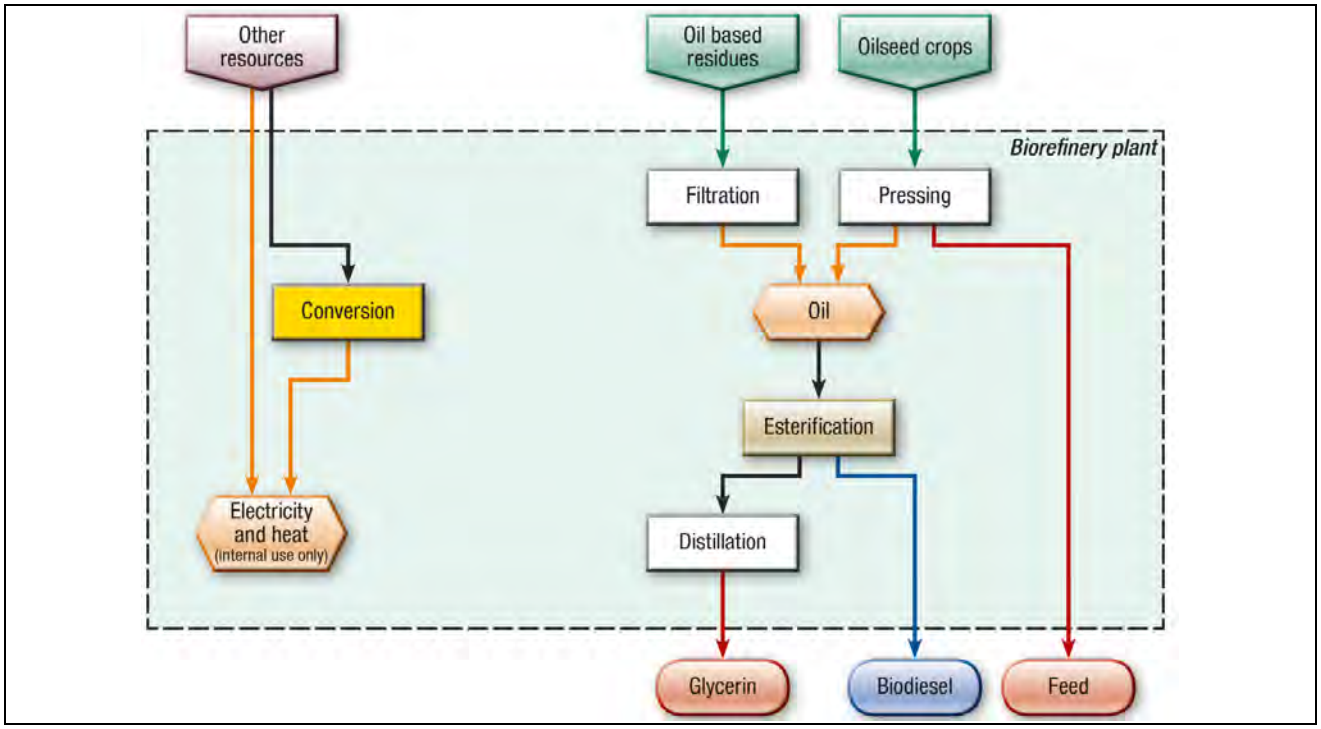


Abbildung 22: 1-platform (oil) biorefinery using oil based residues&oilseed crops for biodiesel, glycerin and feed

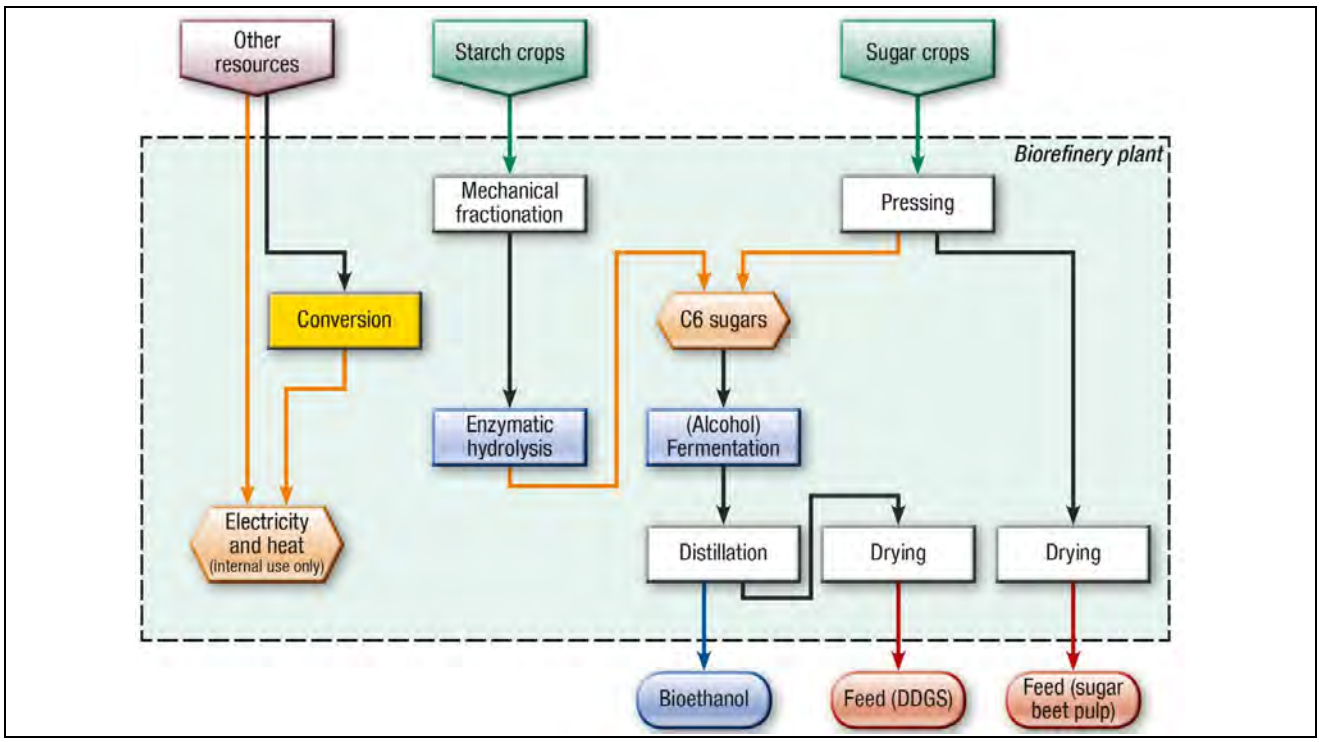


Abbildung 23: 1-platform (C6 sugars) biorefinery using sugar&starch crops for bioethanol and feed

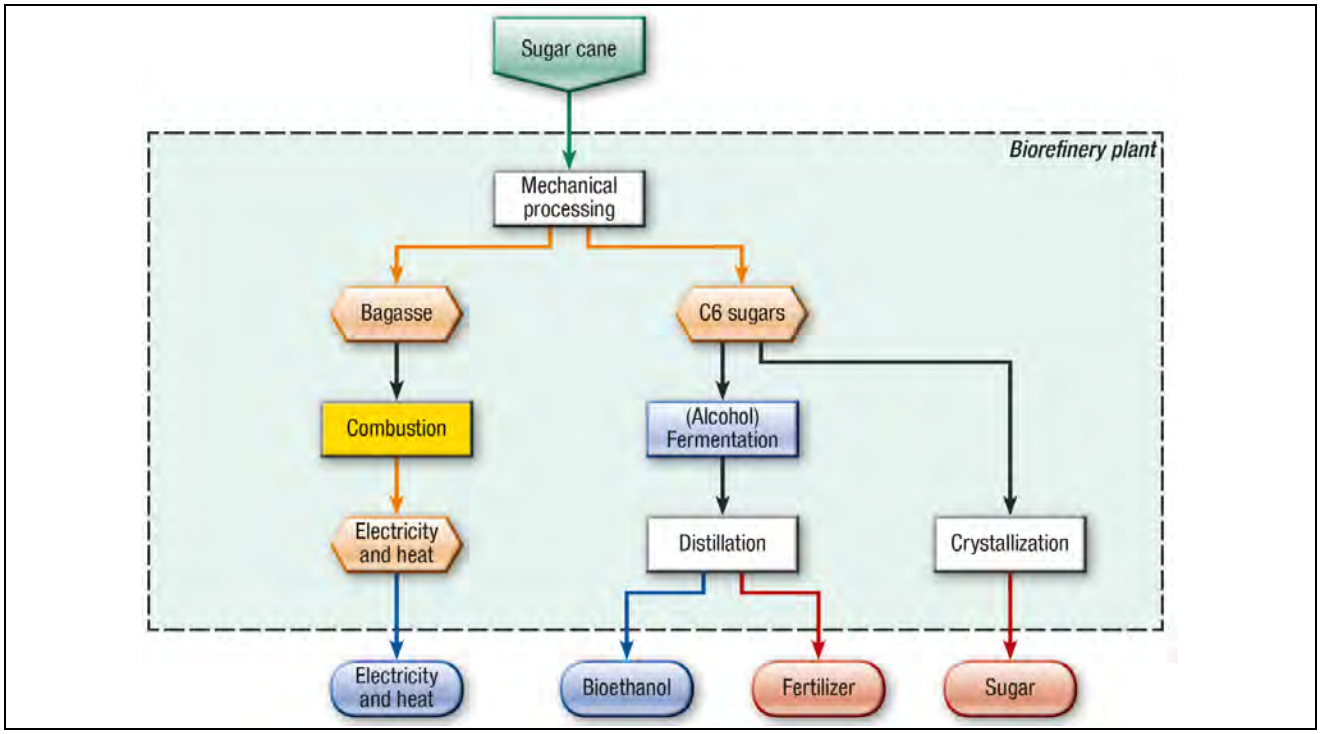


Abbildung 24: 3-platform (C6 sugars, bagasse, electricity&heat) biorefinery using sugar cane for bioethanol, electricity, heat, sugar and fertilizer

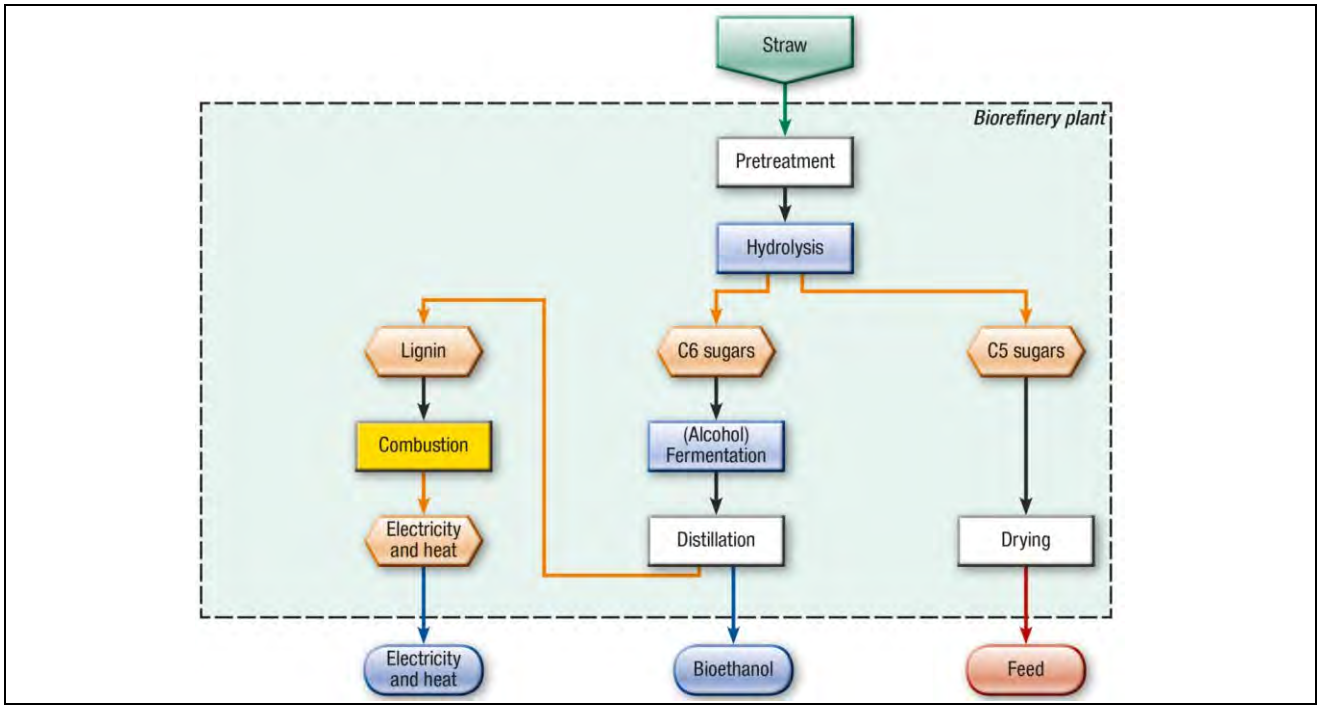


Abbildung 25: 4-platform (C6 sugars, C5 sugars, lignin, electricity&heat) biorefinery using straw for bioethanol, electricity, heat and feed

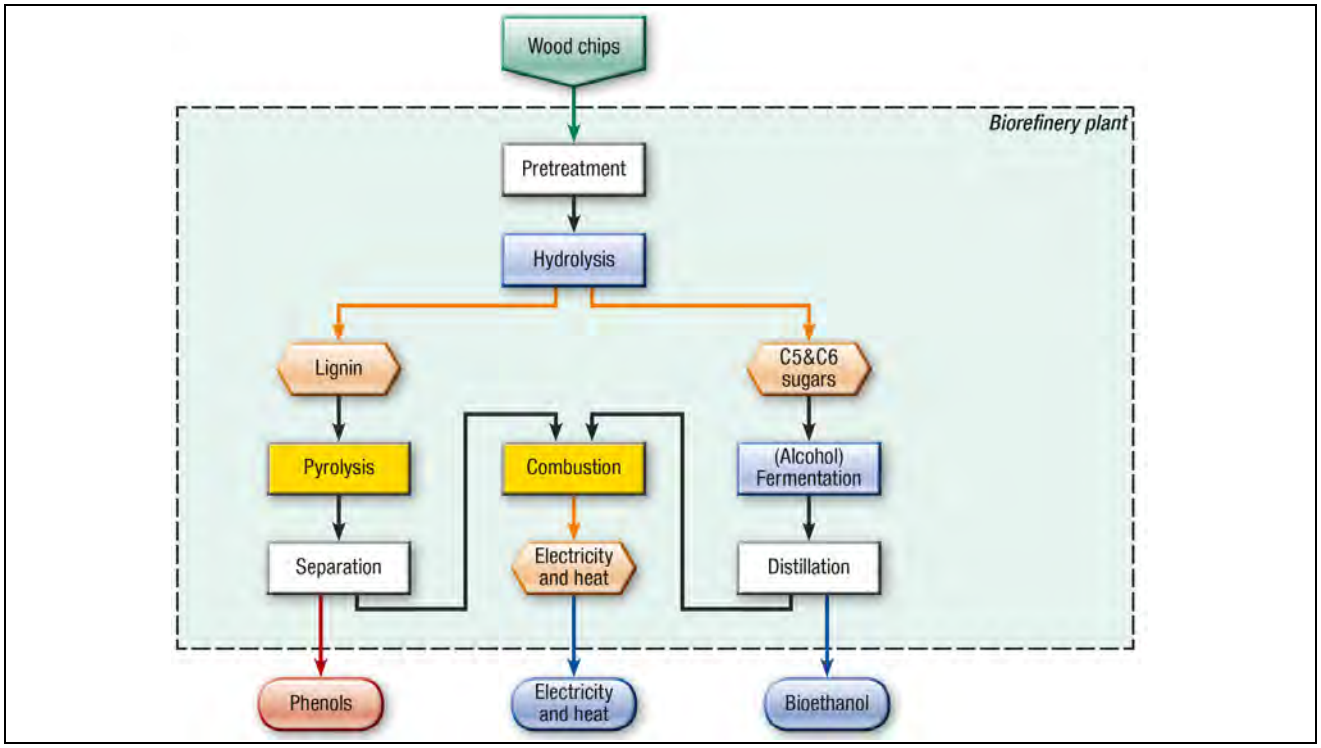


Abbildung 26: 3-platform (C5&C6 sugars, electricity&heat, lignin) biorefinery using wood chips for bioethanol, electricity, heat and phenols

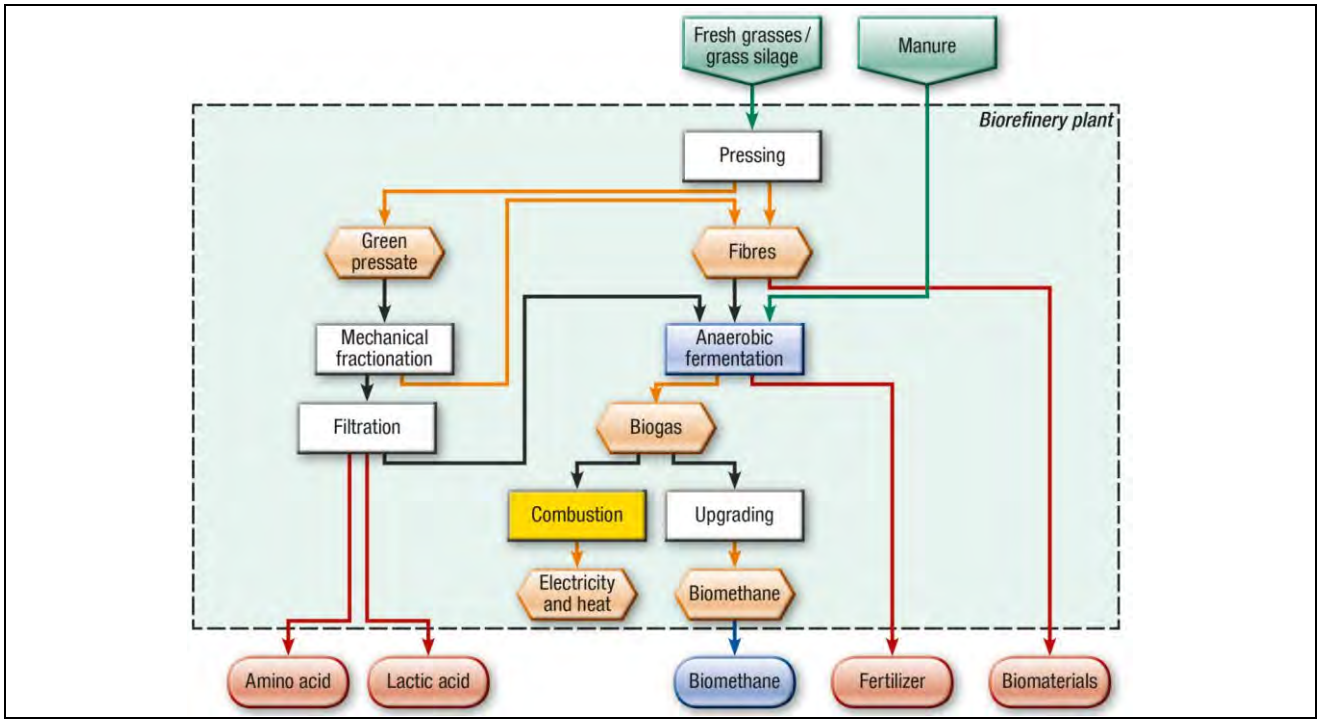


Abbildung 27: 5-platform (biogas, biomethane, green pressate, fibres, electricity&heat) biorefinery using grass and manure for biomethane, lactic acid, biomaterials and fertilizer

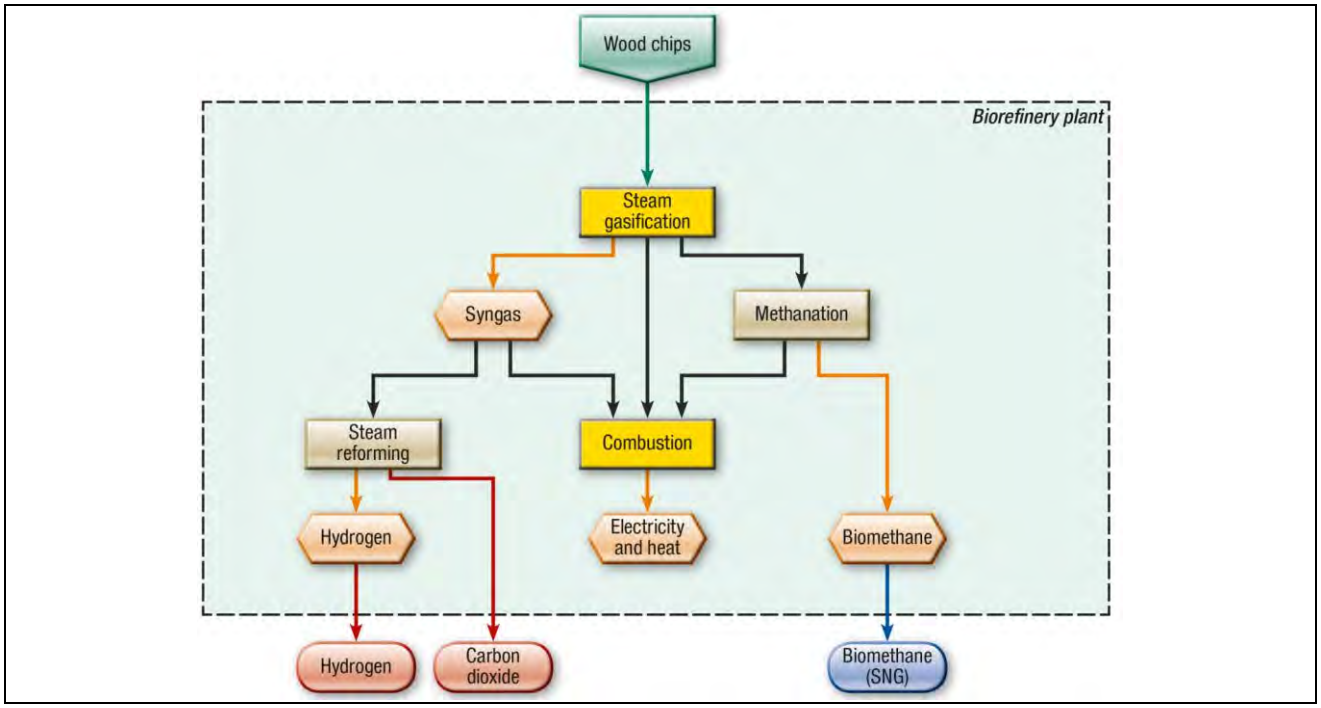


Abbildung 28: 4-platform (electricity&heat, hydrogen, biomethane, syngas) biorefinery using wood chips for biomethane (SNG), hydrogen and carbon dioxide

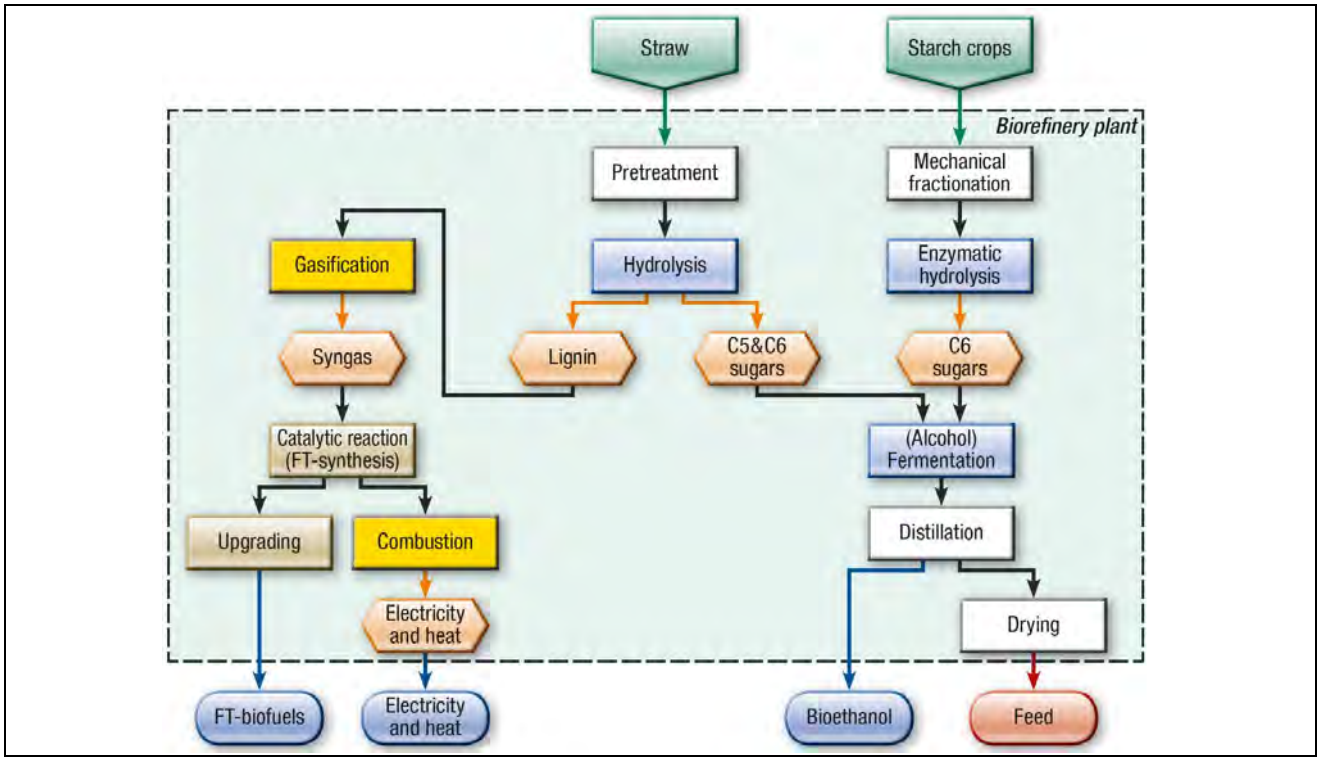


Abbildung 29: 5-platform (C6 sugars, C5&C6 sugars, lignin, syngas, electricity&heat) biorefinery using starch crops and straw for bioethanol, FT-biofuels, feed, electricity and heat

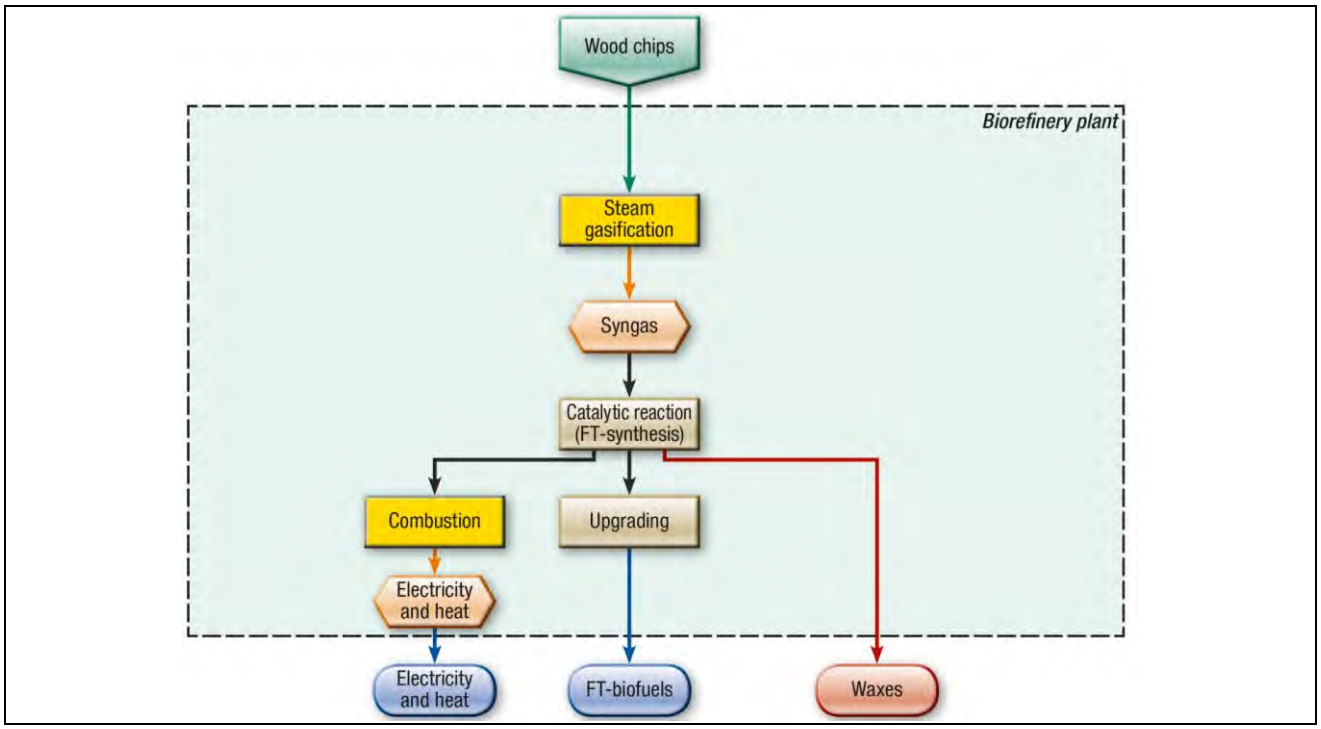


Abbildung 30: 2-platform (electricity&heat, syngas) biorefinery using wood chips for FT-biofuels, electricity, heat and waxes with steam gasification

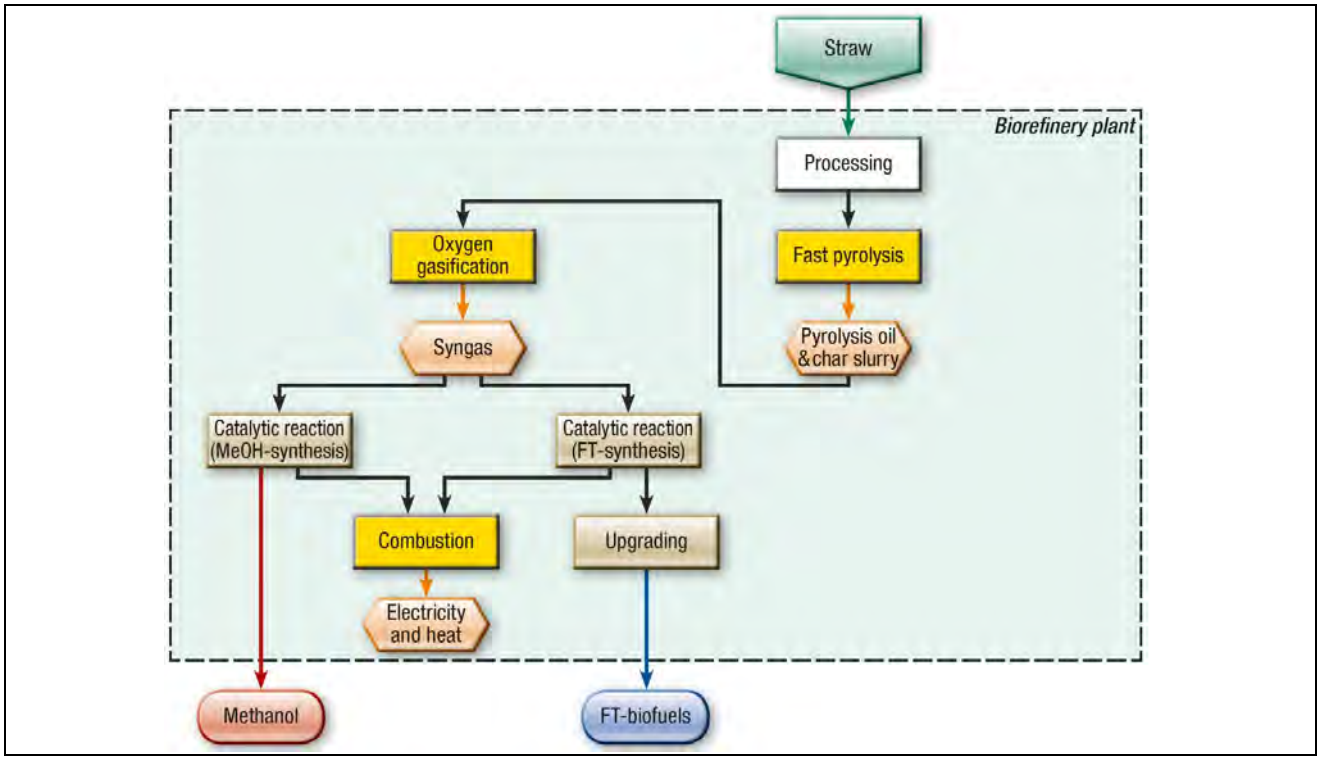


Abbildung 31: 3-platform (pyrolysis oil, syngas, electricity&heat) biorefinery using straw for FT-biofuels and methanol with oxygen gasification

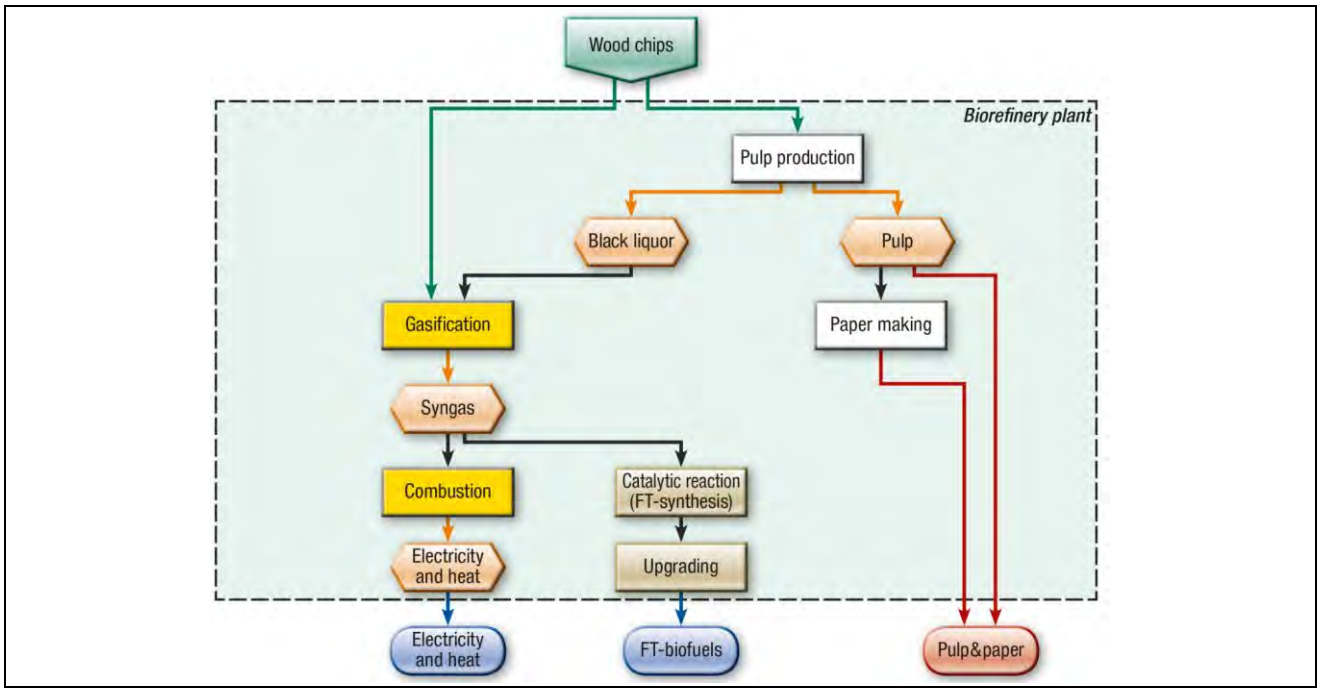


Abbildung 32: 4-platform (pulp, syngas, electricity&heat) biorefinery using wood chips for FT-biofuels, electricity, heat and pulp

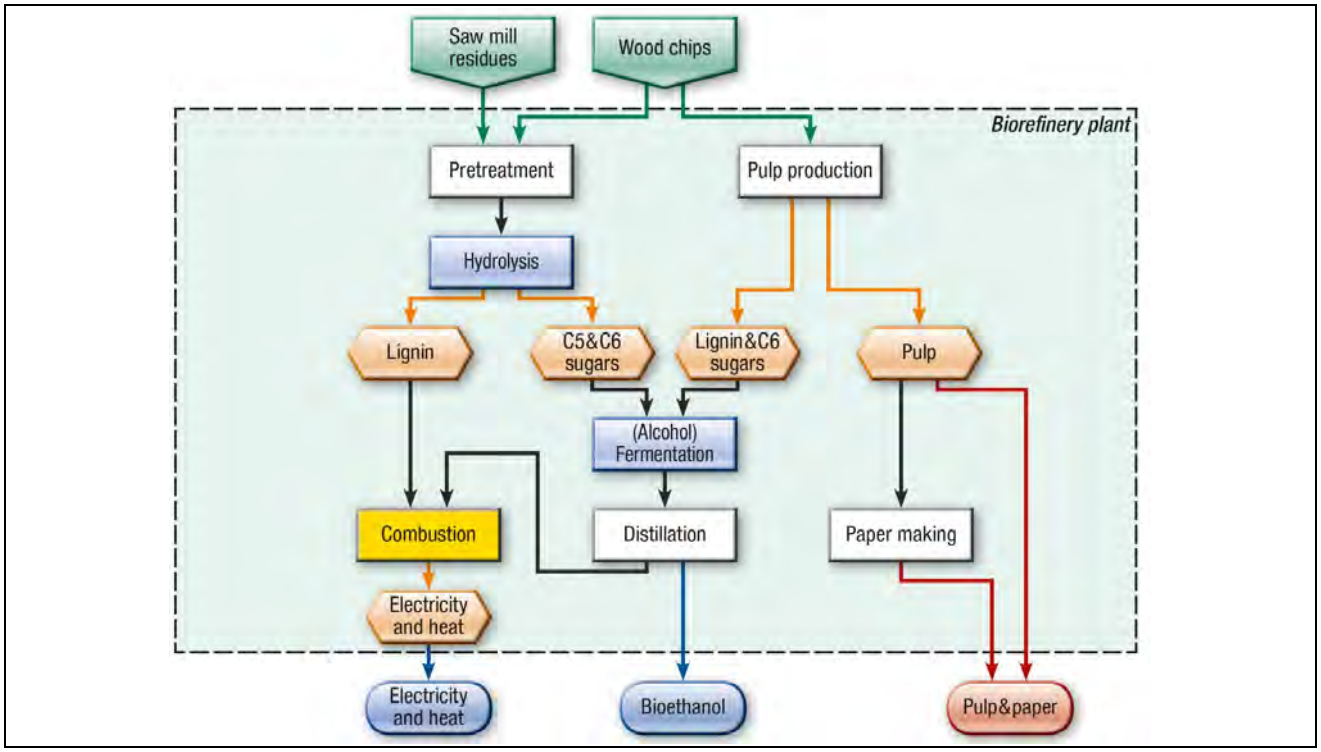


Abbildung 33: 5-platform (C5&C6 sugars, lignin&C6 sugars, electricity&heat) biorefinery using saw mill residues, wood chips and sulfite liquor for bioethanol, pulp&paper, electricity and heat

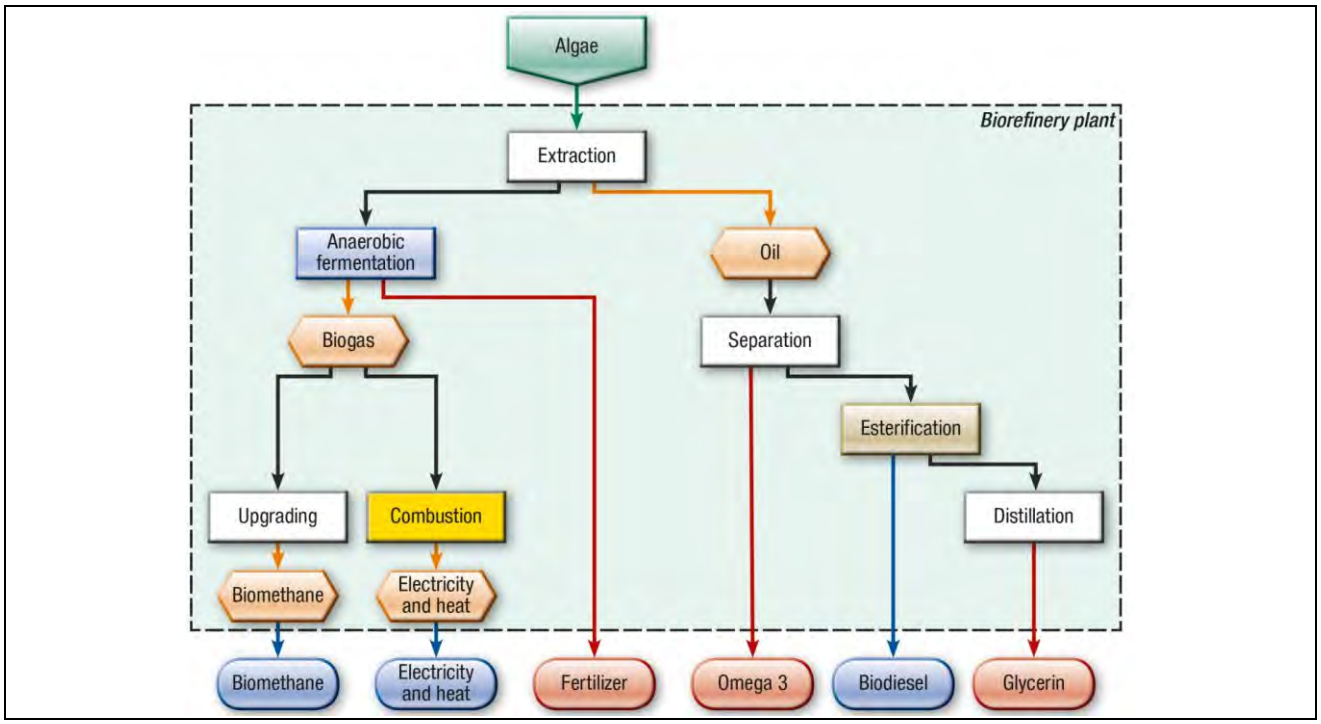


Abbildung 34: 4-platform (biogas, biomethane, oil, electricity&heat) biorefinery using algae for biodiesel, biomethane, electricity, heat and glycerin, omega 3 and fertilizer

4.2.4 Entwicklungspotentiale für produkt-orientierte Bioraffinerien

Einleitung

Auf der technologischen Ebene unterscheiden sich die auf „Bioproducts“ ausgerichtete Bioraffineriekonzepte nicht wesentlich von den auf Biotreibstoffe fokussierten Bioraffineriekonzepten. Allerdings kann durch die primäre Ausrichtung der Prozesstechnologie auf die Herstellung eines „Bioproducts“ (z.B. biobasierte Chemikalien, Bio-Ploymere, etc.) in bestimmten Fällen ein höherer Gesamterlös lukriert werden als vergleichsweise bei der Herstellung von erneuerbarer Energie oder bei Biotreibstoffen, jedoch stehen dem meist auch höhere Produktionskosten für biobasierte Chemikalien gegenüber. Von der Perspektive der Marktgröße stellt sich die Situation jedoch umgekehrt dar: Der Markt für Energie und insbesondere für nachhaltige Biotreibstoffe aus Bioraffinerien ist um ein Vielfaches höher als jener der „Bioproducts“ (Biochemikalien, Materialien…), auch wenn diese beispielsweise als „plattform chemicals“ bereits am Markt etabliert sind. Dies spiegelt sich auch bei der gegenwärtigen Raffination von Erdöl wider, wo die Rohstoffmengen für Energieträger (z.B. Treibstoffe) die Mengen an Chemikalien und anderen Wertstoffe um das 10 – 15 fache übersteigen.

Die Entwicklung und Etablierung produkt-orientierter Bioraffinerien wurde im Vergleich zu den Biotreibstoff-orientierten (insbesondere Biotreibstoffe) Bioraffinerien im Wesentlichen durch folgende Faktoren positiv beeinflusst:

1. Erlöspotential: Ein höherer Produkterlös z.B. für eine Bulk-Chemikalie macht zunächst ein Verwertungskonzept grundsätzlich interessanter, allerdings stehen dem z.T. deutlich höhere Produktionskosten gegenüber.
2. Politische Zielsetzungen: In den meisten Ländern z.B. in der EU 27 gibt es politische Zielsetzungen für den Energiesektor, wie z.B. verbindliche Anteile an erneuerbarer Energie (z.B. 20% im Jahr 2020 in EU 27), für Biotreibstoffe (z.B. 10% erneuerbare Treibstoffe in 2020 in EU 27) sowie Treibhausgas-Reduktion z.B. 20% im Jahr 2020). Dies fördert die Entwicklung von Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien. Für die Einführung von biobasierten Chemikalien gibt es solche verbindlichen Zielvorgaben bisher nicht, womit die produkt-orientierten Bioraffinerien nicht so sehr durch die Politik unterstützt wurden.
3. Markteintrittsrisiko: Der Markt für Bioprodukte aus Bioraffinerien ist im Vergleich zum Treibstoffstoffmarkt in der Regel viel kleiner strukturiert und nicht durch wenige große Akteure dominiert. Dies erscheint den Marktzutritt bzw. die Motivation mit bestehenden Marktteilnehmern in Wettbewerb zu treten grundsätzlich zu erleichtern. Jedoch gibt es für Biotreibstoffe durch die Politik vorgegebene Zielsetzungen, womit der Absatz am Markt relativ gesehen leichter ist.

4. Marketing und Kommunikation zum Endverbraucher: Die Auslobung mit den Produktattributen „*bio*“, „*erneuerbar*“ oder „*nachhaltig*“ scheint für Produkte generell leichter zu sein als für Treibstoffe. Auch die Bereitschaft der Endkonsumenten einen Preisaufschlag für ein nachhaltiges Alternativprodukt zu akzeptieren, ist im Segment Treibstoffe im Vergleich zu anderen Produktgruppen bis dato eher geringer.

Produkt-orientierte Bioraffinerien verfolgen in der Regel ein kaskadisches Nutzungskonzept, welches darauf abzielt, die hochwertigen Inhaltsstoffe nachwachsender Rohstoffe zuerst abzutrennen und aus den Rest- bzw. Beiprodukten der Prozesskette Biotreibstoffe, Strom oder Wärme herzustellen. Durch diesen Ansatz wird in der Regel die Syntheseleistung der Pflanze als Produkt abgeschöpft. Technologien, die auf die Zerlegung der pflanzlichen Rohstoffe in ihre grundlegenden Komponenten abzielen (z.B. Pyrolyse, anaerobe Vergärung) stehen deshalb am Ende der Technologiekette. Vor allem der Biogasprozess, welcher sich in besonderer Weise für die Nutzung biogener Abfallströme eignet, stellt eine wertvolle und unverzichtbare Technologie, quasi als letztes Glied einer Bioraffinerieprozesskette, dar. Zusätzlich kann durch den Biogasprozess auch eine Rückführung der Nähr- und Spurenelemente in die landwirtschaftliche Produktion leicht realisiert werden. Weitere Ansätze zur Verwertung von biogenen Reststoffen am Ende der Prozesskette stellen unter anderem die Hydrothermale Carbonisierung, die Pyrolyse zur Gewinnung von Biochar oder die Verbrennung dar.

In vielen Fällen lassen sich jedoch die Ansätze von energie- und produkt-orientierten Bioraffinerien kombinieren, z.B. wurden im Rahmen des EU Projekts BIOREF-INTEG zu diesem Thema Analysen durchgeführt.

So wurde eine „klassische“ Bioethanol Produktion auf Basis von Maisstärke im Modellansatz um eine integrierte Produktion von Milchsäure erweitert. Das Stärkehydrolysat wurde im Verhältnis 4:1 zu Ethanol und Milchsäure fermentiert. Die Ergebnisse dieser Modellstudie zeigten eine deutlich bessere Gesamtwirtschaftlichkeit. Dieses Resultat leitet sich im Grunde durch den deutlich höheren Erlös der Milchsäure ab, ist aber auch durch interne Synergien generiert, da beide Produkte aus der gleichen Glucoselösung fermentiert werden. Auch werden für die Herstellung ähnliche Prozesstechnologien (Fermentation und „Down stream processing“) benötigt. Ebenso interessant wäre die Verwertung des DDGS, welches bei der Herstellung von Bioethanol auf Basis von Getreide anfällt, zu anderen Produkten als Futtermittel zu untersuchen. Ein Ähnlicher Ansatz ist die Produktion von Biodiesel sowie die weitere Veredelung des beim FAME -Prozess anfallenden Glycerins beispielsweise zum Koppelproduktion von 1,3-Propandiol.

Dennoch ist die Erweiterung eines Bioraffineriekonzeptes keineswegs ein Patentrezept zur wirtschaftlichen Optimierung im Allgemeinen. Vielmehr ist eine sorgsame Analyse der

Gesamtprozesskette notwendig, um jene Produktbereiche bzw. Prozessverschneidungen zu identifizieren, die eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Gesamtkonzepts bewirken.

Entwicklungspotentiale

Die Entwicklungspotentiale werden an den Aktivitäten in Deutschland beispielhaft beschrieben. In Deutschland wurde im Rahmen der *Nationalen Aktionspläne zur Stofflichen und Energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe* die sogenannte "Roadmap Bioraffinerien" entwickelt. Diese Roadmap wurde in einem eigens eingerichteten Arbeitskreis erstellt, in welchem 29 Experten verschiedenster Fachbereiche vertreten waren. Zusätzlich war auch die Verwaltung mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in die Erstellung der Roadmap eingebunden. Die weitere Entwicklung von Bioraffinerien im Allgemeinen wird in dieser "Roadmap Bioraffinerien" der Bundesregierung Deutschlands wie folgt zusammengefasst (FNR 2012):

„Alle Biomassenutzungspfade werden zukünftig parallel im Fokus von Forschung und Entwicklung stehen. Ihre Vor- und Nachteile werden evaluiert, die Chancen und Risiken geprüft und wo es sinnvoll ist, werden Bioraffinerien oder andere Biomassenutzungspfade umgesetzt. Dabei darf nicht aus den Augen gelassen werden, dass auch Biomasse nicht unbegrenzt verfügbar ist. Damit müssen verschiedene Varianten der Biomassenutzung in den ökonomischen und ökologischen Wettbewerb treten. Nachhaltige Rohstoffversorgung bleibt eine grundsätzliche Herausforderung mit weiter zunehmender Bedeutung. Damit gewinnt die Frage nach einer Erschließung zusätzlicher Biomassequellen (u. a. Landschaftspflegeholz, Biomasse von Rekultivierungsflächen, Importe) ebenso an Bedeutung wie die Frage nach einer Effizienzsteigerung beim Einsatz von Biomasse (z. B. Leichtbau, Nutzungskaskaden nach dem Prinzip stofflicher vor energetischer Verwendung). Bioraffinerien bieten mit Blick auf die Intensivierung von Nutzungskaskaden interessante Perspektiven."

Dieses Zitat aus der "Roadmap Bioraffinerien" Deutschlands beschreibt, dass kein einzelner Entwicklungsfokus für Bioraffinerien empfohlen wird. Jedoch soll durch eine fachlich „breite" Stoßrichtung die Entwicklung und Umsetzung von Bioraffinerien als nachhaltige und konkurrenzfähige Ergänzung zu gegenwärtigen Produktionstechnologien vorangetrieben werden.

Die Entwicklungspotentiale der produkt-orientierten Bioraffinerien, die biobasierte Chemikalien aus Biomasse erzeugen, sind mannigfaltig. Es gibt eine Vielzahl von Prozessentwicklungen, welche auf die Substitution fossiler Grundchemikalien durch biobasierte Chemikalien abzielen. Dabei soll bei gleichem Produktnutzen zu konkurrenzfähigen Preisen eine deutlich bessere Umweltbilanz im Lebenszyklus der Produkte erzielt werden, z.B. steht hier die Nutzung von erneuerbarem Kohlenstoff statt fossilem Kohlenstoff im Vordergrund.

In diesem Zusammenhang kommt der erfolgreichen Einführung von Biopolymeren eine Schlüsselrolle zu. Die Substitution fossiler Polymere erscheint aber nur längerfristig erfolgreich möglich zu sein. Gerade im Segment der Polymere wurde über Jahrzehnte durch angewandte Forschung und Entwicklung ein breit gefächertes Spektrum an Kunststoffen mit speziellen Eigenschaftsprofilen für ganz spezifische Anwendungen bereitgestellt.

Die Entwicklung sogenannter „Drop-in" Anwendungen, unter welchen die unmittelbare Substitution einer fossiler Basischemikalie durch eine idente biobasierte Chemikalie verstanden wird, ist eine interessante Möglichkeit, die Nachhaltigkeit ganzer Produktbereiche bzw. Anwendungen zu verbessern. Aus diesem Grund zielen viele Entwicklungsarbeiten auf die Etablierung biobasierter Grundchemikalien ab, welche nicht nur einen geringeren fossilen Ressourcenverbrauch sowie geringere Emission haben sollen, sondern auch ökonomisch konkurrenzfähig sein können. Als wichtige Beispiele können die biobasierten Grundchemikalien Bioethylen, Milchsäure, Bernsteinsäure, Ethanol und Butanol genannt werden.

Die jüngsten Entwicklungen im Bereich der Fermentation von Bernsteinsäure zeigen auf, dass auch große Chemikalienhersteller einen Innovations- und Entwicklungsprozess eingeleitet haben. So haben einige internationale Vertreter der chemischen Industrie Entwicklungsarbeiten im Themenkomplex Bernsteinsäure aufgenommen, z.B. BioAmber, DSM in Kooperation mit Rochette, Mitsubishi Chemicals, Myriant, BASF in Kooperation mit Purac.

Die Erfahrung zeigt, dass grundlegende Innovationen und Entwicklungen meist nicht als „schneller Wurf" gelingen, sondern den „klassischen" Weg der Prozessentwicklung vom Labor-, Technikums- und Pilotmaßstab durchlaufen müssen bis eine erfolgreiche Demonstration gelingt. Jedoch auch nach erfolgter Technologiedemonstration ist es noch ein „weiter" Weg bis zur erfolgreichen und kommerziellen Etablierung neuer Verfahren und Produkte am Markt.

Die internationalen Entwicklungsaktivitäten haben natürlich auch für österreichische Akteure Relevanz bzw. sind nationale Akteure wesentliche Impulsgeber in internationalen Innovationsnetzwerken. Im Folgenden werden beispielhaft Themenbereiche produkt-orientierter Bioraffinerien sowie deren Produkte dargestellt, die aus der nationalen Perspektive interessant sind (Tabelle 4). Wie zu sehen ist, sind viele dieser Themenbereiche ident mit den Entwicklungen von Prozessen für Biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien zur Erzeugung von Treibstoffen, z.B. Algenöl für Biodiesel, Holz&Stroh für Bioethanol. Aus den Rohstoffen werden durch neue Prozesse Zwischenprodukte hergestellt, z.B. Plattform für Zucker, die dann sowohl zu Biotreibstoffen wie auch zu biobasierten Chemikalien weiter verarbeitet werden können.

Tabelle 4: Auswahl von Themenstellung für die Entwicklung von produkt-orientierten Bioraffinerien in Österreich

Rohstoff	**Substanz / Produkt**	**Anwendungen/ Produkt**	**Österreichischer Kontext**	**Technologie Weiterentwicklungspotentiale**
Algen	PUFAs in Algenölen (Poly unsaturated fatty acids), z.B. Omega 3 Fettsäuren Polysaccharide (Stärke u. Zucker) Protein Triglyceride in Algenölen Feinchemikalien	Omega 3 Öle für Nahrungsergänzungsmittel (Fischölersatz), Pharmazeutische Produkte Additive Tierfuttermittel (z.B. Fischfutter) für Stärkeindustrie und industrielle Hydrolyse zu Zucker für diverse Fermentationsprozess Protein für menschliche und tierische Ernährung Öle insbesondere gesättigte Triclyceride Sekundäre Stoffwechselprodukte (z. B. Pigmente)	Gegenwärtig wird in Bruck/Leitha eine industrielle Demonstrationsanlage für die Produktion von Omega3 Fettsäuren aus Algen errichtet	• Einbettung der Omega 3 Ölgewinnung in ein Gesamtnutzungskonzept mit den möglichen weiteren Produkten Protein (Futtermittel) und Biogas (aus Reststoffe) • Design und Umsetzung eines Bioraffineriekonzeptes auf Stärke produzierenden Algen mit Koppelprodukten Protein und Biogas • Anwendung der Prozesstechnologie des Co Fluid- Catalytic Crackings bzw. des Verfahrens der Hydrogenierung auf Algenöle • Entwicklung von Trennmethoden von ungesättigten und gesättigten Fettsäuren des Algenöls • Entwicklung einer Technologie zur Separation von Pigmenten aus Algen
Gras und proteinhaltige Einjahres-pflanzen	Aminosäurenkonzentrat Milchsäure, racemische Mischung $L^{(+)}$/ $D^{(-)}$	Funktionales Additiv für Tierfutter Lebensmittelergänzung Kosmetik Pharma Biopolymere Ethyllactat, Umweltfreundliches Lösemittel	Mögliche Produkte der Grünen Bioraffinerie	• Konkrete Testung • Entwicklung des Endprodukts • Testung von Amino-Acid-Mischungen in ersten Produkten • Abtrennen von speziellen Aminosäuren • Entwicklung von Polymerisationstechniken von D/L Milchsäure Mischungen • Reaktive Veresterung und Produktabscheidung
Stroh und Holz	Lignocellulose	Verzuckerung von Stroh oder anderen Lignocellulosen (z.B. Holz) zur Gewinnung von C5/C6 Zuckern als Fermentationsgrundlage	Know-how Partner im Bereich der Vorbehandlung sowie der enzymatischen Hydrolyse sind vorhanden	• Entwicklung von Fermentationstechnologien für biobasierte Chemikalien die auf C5/C6 Zuckern aussetzen: z.B. Milchsäure, Bernsteinsäure

Die Grüne Bioraffinerie

In Österreich wurde in den letzten Jahren ein Verfahren zur kombinierten wertstofflichen und energetischen Nutzung von Grassilage entwickelt und anhand einer Pilotanlage in Utzenaich in Oberösterreich demonstriert. Das Verfahren baut auf eine fest-flüssig Trennung des Rohstoffs auf. Der gewonnene Kuchen wird energetisch mittel des Biogasprozesses verwertet. Der Presssaft ist reich an den zwei Schlüsselkomponenten Milchsäure und Aminosäuren, welche in einem zweiten Schritt aus dem Silagesaft abgetrennt werden. Die Prozesskette kombiniert verschiedene Separationstechniken wie Ultrafiltration (UF) und Nanofiltration (NF), Enthärtung, Elektrodialyse (ED), Ionenaustausch (IE) sowie Verfahren zur Erhöhung Produktkonzentration wie Umkehrosmose (RO) sowie Evaporation (EP). Eine Schematische Übersicht des komplexen Produktabtrennungsprozesses ist in Abbildung 35 im sogenannten „Hybridprozess“ dargestellt.

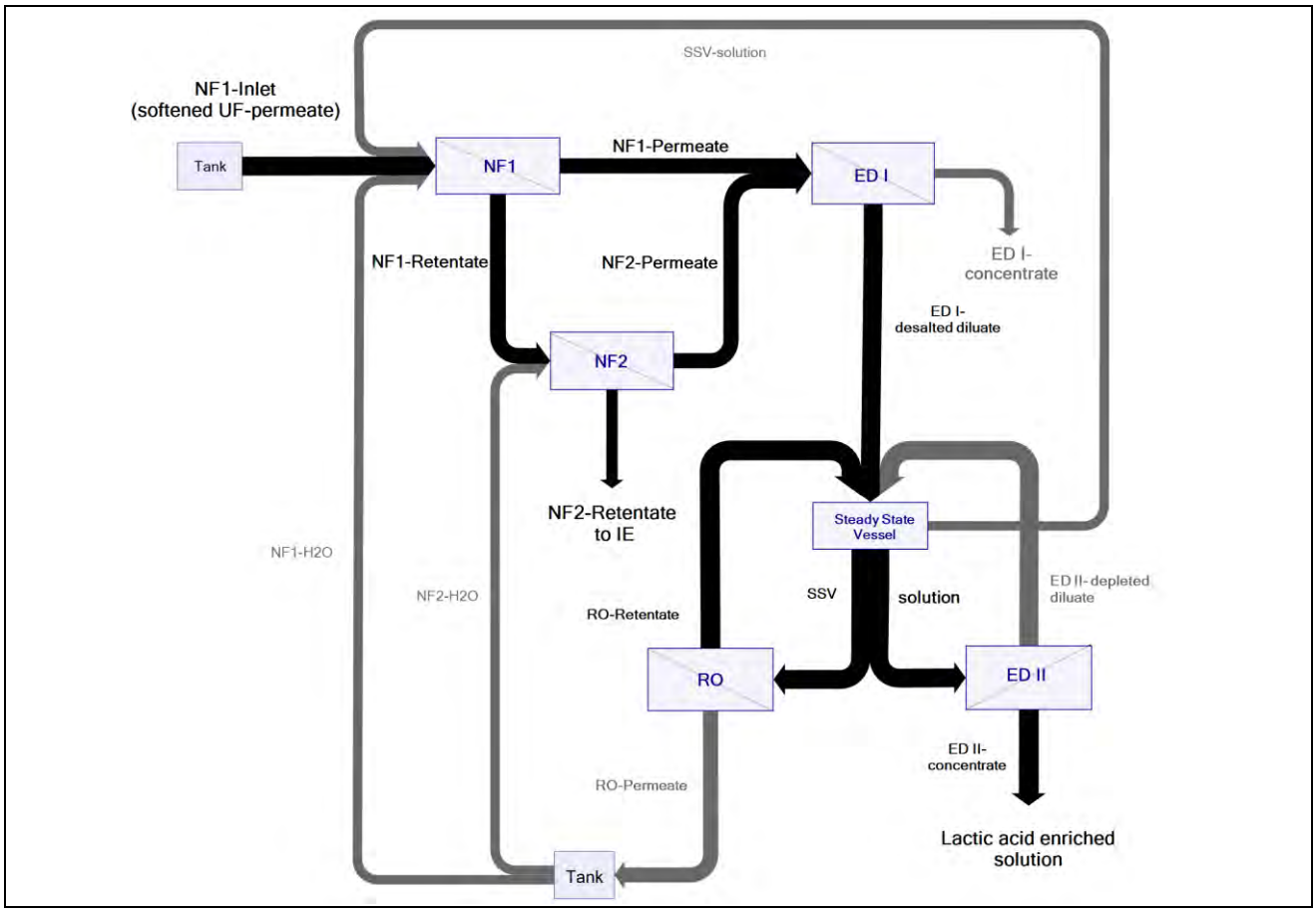


Abbildung 35: Mögliche Prozessverschaltung zur Produktabtrennung von Milchsäure und Aminosäuren aus Silagepresssaft in der Grünen Bioraffinerie

Die Kernaufgabe der Prozesstechnik ist die Gewinnung möglichst hochwertiger Aminosäurelösungen sowie eines Milchsäureprodukts, welches für die Lebensmittelanwendung geeignet ist.

Ziel dieser Pilotanlage war der Nachweis der technischen und ökonomischen Machbarkeit der Produkte, deren Qualitätseigenschaften sowie die Leistungsfähigkeit der Gesamtprozesskette (Durchsätze und Zyklusstandzeiten etc.). Zu diesem Zweck wurde auch ein eigenes Demonstrationsprojekt im Förderprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“ in der Förderschiene Fabrik der Zukunft durchgeführt. Die Arbeiten der Pilotphase wurden nun erfolgreich abgeschlossen. So konnte die gesamte Prozesskette im Up-scale technisch optimiert und validiert werden. Im Zuge dieses Prozesses konnten einige wesentlichen Verbesserungen und Vereinfachungen der Produktabtrenntechnologie erzielt werden. Parallel wurde eine ökonomische Bewertung des Gesamtprozesses durchgeführt und es wurden die Grenzkosten für die Produkte ermittelt. Durch begleitende Markterhebungen wurden mögliche Distributionswege zu Abnehmern erhoben und aufgezeigt.

Der weitere Weg zur Kommerzialisierung der Technologie ist die geplante Errichtung einer Produktionsanlage für welche mindestens ein Produktausstoß von 7.500 t/a Aminosäureprodukt angestrebt wird. Entsprechende Vorarbeiten dazu wurden weitestgehend abgeschlossen. Jedenfalls ist vor der Errichtung einer Produktionsanlage eine möglichst gesicherte Abnahme der Produkte zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang wird eine Kooperation zwischen Technologieentwicklern und Marktteilnehmern angestrebt, um die Etablierung dieser neuen Technologie am Markt sicherzustellen.

Im internationalen Kontext haben die österreichischen Akteure im Themenfeld Grüne Bioraffinerie eine Vorreiterrolle übernommen. Durch das österreichische Pilotprojekt wurde auch eine gewisse Aufbruchstimmung auf europäischer Ebene initiiert. So wurden bis dato in den Niederlande drei weitere Projektinitiativen zur Verwertung von Grass begonnen, welche primär auf die Verarbeitung von frischem Gras zu den Produkten (i) Proteinkonzentraten, (ii) Energie (Biogas oder „solid fuel“) sowie zu (iii) einer Faserfraktionen für die Papier und Zellstoffindustrie abzielt. Im letzteren Segment wurden in Holland auch ein konkretes Produkt - eine Gras-Karton-Box - auf den Markt gebracht.

Innerhalb der Projektlaufzeit wurde das EU Projektpropsal BIOBEST für EU Call KBEE 2009-3-7-01 unter Irischer Gesamtkoordination und 37 Partnern ausgearbeitet. Leider ist es aber bis dato nicht gelungen zum Thema *Green Biorefinery* eine Förderung aus dem 7. Rahmenprogramm zu lukrieren. Die internationale Vernetzung auf der Ebene der Task 42 hat jedenfalls für die österreichischen Akteure im Themenfeld wertvolle Kontakte und Kooperationsmöglichkeiten initiiert.

4.2.5 Leitfaden für Nachhaltigkeitsbewertungen

In der Task 42 wurden grundlegende Informationen zur Nachhaltigkeitsbewertung von Bioraffinerien gesammelt und diskutiert, wobei der österreichische Beitrag die Umweltbewertung mit Lebenszyklusanalysen, insbesondere das Referenzsystem, umfasst. Hierzu wurde der methodische Rahmen und ein Fallbeispiel bearbeitet und dokumentiert.

Es ist generell abgestimmt, dass die Basis für eine vergleichende Analyse zur Bewertung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekte immer die gesamte Wertschöpfungskette der Bioraffinerie im Vergleich zu konventionellen Systemen ist (Abbildung 36). Die Wertschöpfungskette einer Bioraffinerie beinhaltet alle Effekte vom Rohstoff-Anbau über die Nutzung der Produkte durch die KundInnen bis hin zur Entsorgung bzw. Wiederverwertung der Produkte am Ende der Nutzungsdauer. Diese Effekte umfassen ökonomische, ökologische und soziale Aspekte. Die folgenden Elemente in der Wertschöpfungskette müssen in jedem Fall bei der Nachhaltigkeitsbewertung von Bioraffinerien berücksichtigt werden (Abbildung 37):

- Rohstoff-Anbau/Sammlung der Reststoffe (production of feedstock/residues collection),
- Rohstoff-/Reststoff-Transport (transport of feedstock/residues),
- Verarbeitung der Rohstoffe/Reststoffe (processing of feedstock/residues into products in biorefinery plant),
- Verteilung der Produkte (distribution of products),
- Nutzung der Produkte (use of products) und
- Verwertung der Produkte am Ende der Nutzungszeit (“end of life” of products).

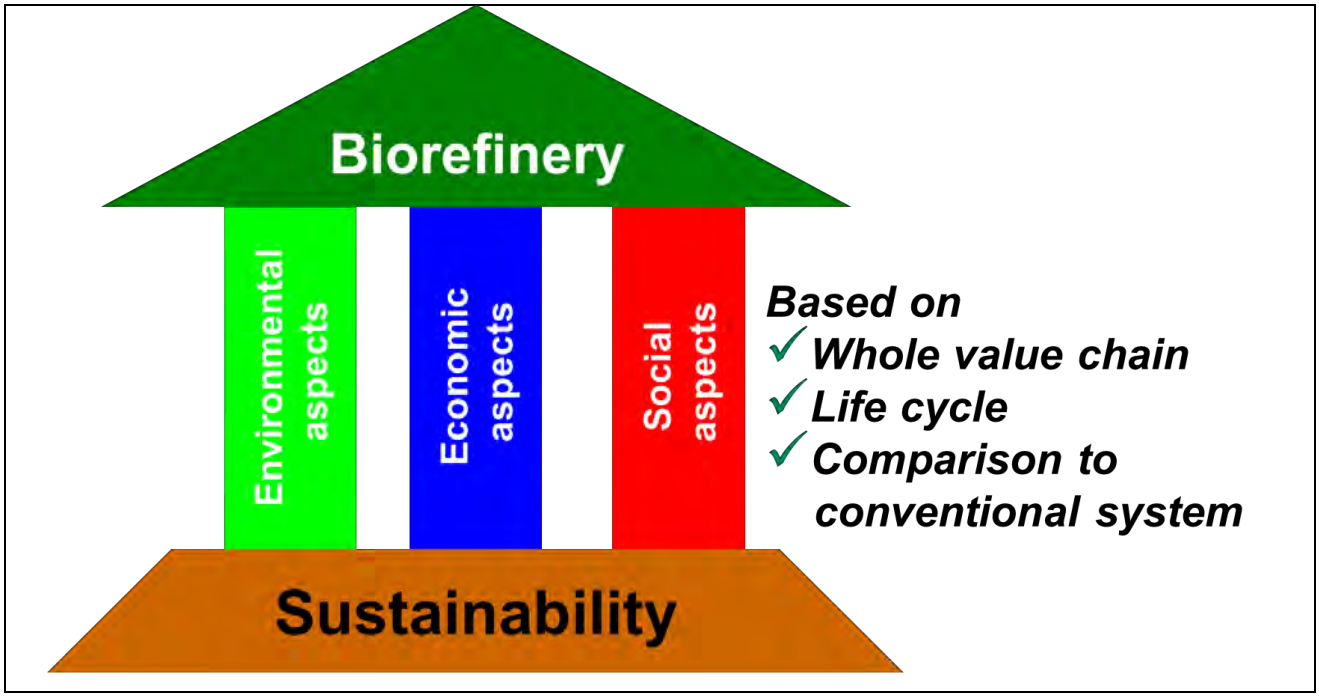


Abbildung 36: Grundlagen der Nachhaltigkeitsbewertung umfasst ökonomische, ökologische und soziale Dimension in der gesamten Wertschöpfungskette im Lebenszyklus der Produkte der Bioraffinerie

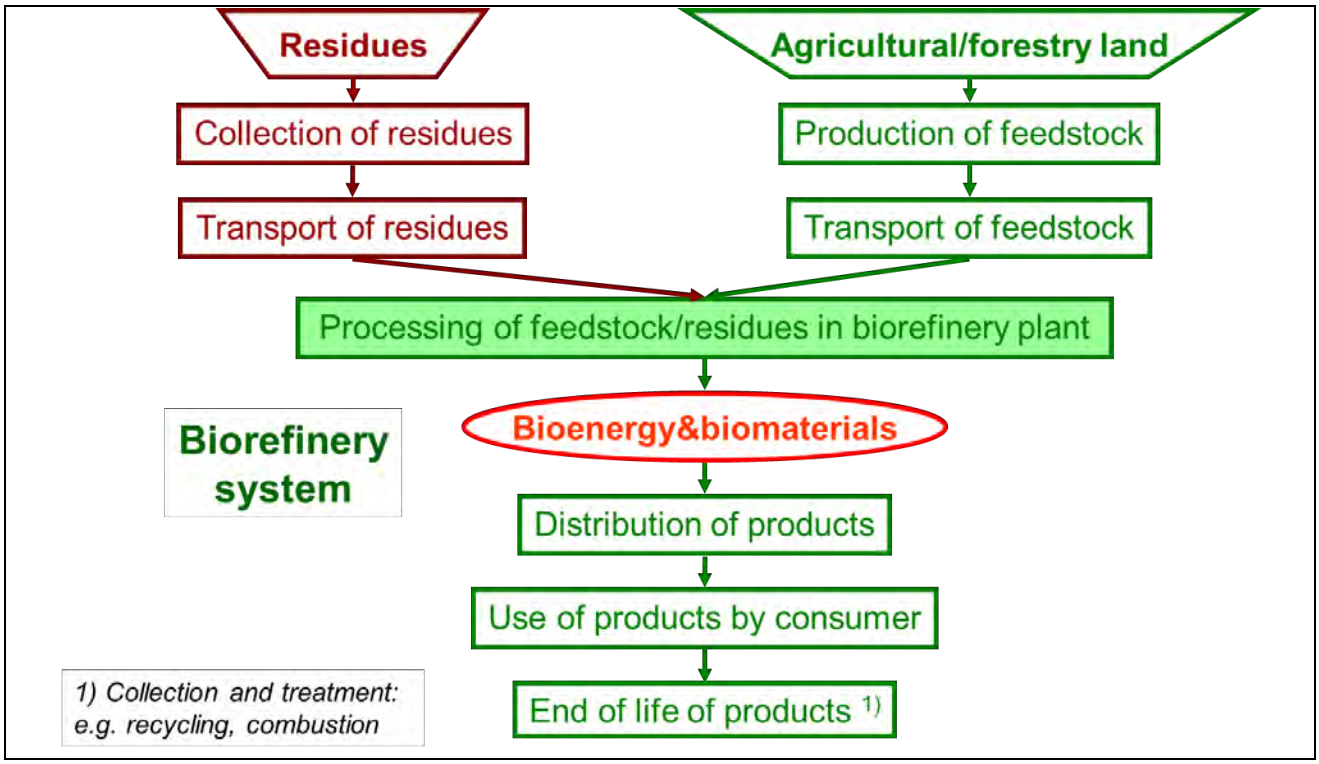


Abbildung 37: The value chain approach for biorefineries

Allgemeine Aspekte der Analyse und Bewertung von Bioraffinerien wurden in der deutschen „Roadmap Bioraffinerien“ dokumentiert, die auch durch die Aktivitäten in der Task belegt werden, und aus der im Folgenden zitiert wird (FNR 2012):

Wie in den vorangegangenen Ausführungen dargestellt, wird von der Entwicklung neuer Bioraffineriekonzepte eine sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteilhaftigkeit gegenüber fossil oder mineralisch basierten Wertschöpfungsketten, aber auch herkömmlichen Biomassenutzungen erwartet. Um mögliche Potenziale zu realisieren, sich auf dem Markt zu etablieren und auf breite gesellschaftliche Akzeptanz zu stoßen, bedarf es einer Charakterisierung und Einordnung der in Entwicklung befindlichen Konzepte hinsichtlich ökonomischer und ökologischer Aspekte. So können in einer frühen Entwicklungsphase Hinweise für eine nachhaltige Gestaltung der Verfahren gefunden, Daten für Investitionsentscheidungen bereitgestellt sowie Politik und Unternehmen bei der Identifizierung von besonders vielversprechenden Verfahren und des notwendigen Förderungsbedarfs unterstützt werden.

Ferner kann eine solche Analyse auch die Basis zur Bewertung, Kommunikation und Diskussion der Konzepte in der Öffentlichkeit liefern.

Aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums, in dem sich viele Bioraffineriekonzepte befinden, sind vielfach zu wenige Daten für detaillierte Betrachtungen vorhanden. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich die Aussagen zur Nachhaltigkeit nur schwer verallgemeinern lassen, da in der Realität aufgrund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen immer nur standortbezogen analysiert und bewertete werden können.

Für eine aussagekräftige ökologische, ökonomische und soziale Analyse und Bewertung von Produktions- und Verarbeitungsverfahren sind die gesamten Wertschöpfungsketten von der jeweiligen Rohstoffbereitstellung, Erst- und Weiterverarbeitung bis hin zur Letztbereitstellung von Produkten in entsprechenden Anlagen zu betrachten und hierbei auch Koppelprodukte sowie die Reststoffentsorgung einzubeziehen. Dies gilt für Bioraffineriekonzepte wie auch für alternative Herstellungsverfahren von bio-basierten und nicht-erneuerbaren Produkten gleichermaßen. Im Vergleich von stofflicher mit direkter energetischer Nutzung biogener Rohstoffe liegen wesentliche Unterschiede darin, dass bei der stofflichen Nutzung durch Recycling und Kaskadennutzung eine Verlängerung der Wertschöpfungskette möglich ist, an deren Ende eine energetische Verwertung stehen kann. Unter Berücksichtigung der methodischen Herausforderungen beim Vergleich unterschiedlicher Referenzkonzepte gilt es aber auch, die erwartete Vorteilhaftigkeit von Bioraffineriekonzepten gegenüber (teils etablierten) Anlagenkonzepten für die Erzeugung von Einzelprodukten zu validieren.

Die unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Konzepte sind in Analysen und Bewertungen von Bioraffinerien zu berücksichtigen. Dies kann sowohl Technologien betreffen, die sich zwischen Labor-/Technikumsmaßstab, Pilot-, Demonstrations-, Referenzanlage, als auch bis hin zu einem erfolgreichen Einsatz im kommerziellen Maßstab befinden können. Es kann aber auch für die Verwendung verschiedener Pflanzen gelten, die bislang vorwiegend auf hohe Erträge für eine

Verwendung als Nahrungs- und Futtermittel gezüchtet wurden. „Neue“ Pflanzen haben mitunter noch kein vergleichbares Zuchtniveau erreicht. Durch moderne Pflanzenzüchtung und die verantwortbare Nutzung biotechnologischer Verfahren im Hinblick auf die zu verwertenden Komponenten sind künftig weitere Verbesserungen möglich. Bei Kurzumtriebsplantagen (KUP) sowie Energiegräsern sind weitere Fortschritte erzielbar.

Auch im Hinblick auf Anbau- und Erntetechnik sind Weiterentwicklungen möglich und erforderlich.

Dies führt zu einer unterschiedlichen Verfügbarkeit, einem unterschiedlichen Detaillierungsgrad und unterschiedlicher Qualität der Daten und erschwert belastbare Vergleiche.

Von wesentlicher Bedeutung sind auch logistische Aspekte. Verschiedene Bioraffineriekonzepte sehen eine zeitliche und räumliche Entkopplung von Teilprozessen vor, die durch Kapazitätsausgleich oder Verringerung notwendiger Transportleistungen den Rohstoffspezifika wie etwa saisonalem Anfall oder geringer Transportwürdigkeit begegnen sollen und sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht Vorteile bieten können. Das Gleiche gilt für die Möglichkeit, eine Bioraffinerie „auf der grünen Wiese“ („green field“) in einem Top-down-Ansatz oder an einem bestehenden Industriestandort in einem Bottom-up-Ansatz zu etablieren (vgl. Abschnitt 4.2.6). Neben den allgemeinen Verbundvorteilen, die mit einer Integration in einen bestehenden Industriestandort verbunden sein können, eröffnet sich die Möglichkeit, entweder rohstoffseitig, z. B. bei Integration in ein Großsägewerk, oder produktseitig durch direkte Weiterverarbeitung von Produkten den Transportaufwand zu verringern.

Analyse- und Bewertungsprobleme können ferner durch Veränderungen in Bezug auf die Kalkulationsgrundlagen, etwa der zugrunde gelegten Daten für eine ökonomische Bewertung, auftreten. Neben anderen Faktoren beeinflussen hier die Konkurrenz verschiedener existierender, aber auch weiterer in Entwicklung befindlicher Biomassenutzungen um die teilweise gleichen Sortimente die Märkte, verknappen das Angebot und erhöhen die Preise. Umgekehrt können Sättigungseffekte und Verbesserungen der konventionellen Produkte zu einer Preisstabilisierung bei biogenen Rohstoffpreisen führen. Analog zu allen weiteren biobasierten Anwendungen sind für die Realisierung einer Bioraffinerie eine nachhaltige und langfristige Sicherung des Rohstoffbezugs in benötigter Menge und Qualität sowie eine kalkulierbare Preisbasis notwendig. Hilfsstoffe wie Enzyme und Katalysatoren werden weiter entwickelt und können neben der Erhöhung von bspw. Konversionsraten sowohl ökonomisch als auch ökologisch die Analyse- und Bewertungsergebnisse beeinflussen. Aufgrund der vollständigeren, und bisweilen hochwertigeren Verwertung der Rohstoffbestandteile und höheren Prozesseffizienzen können Vorteile von Bioraffineriekonzepten gegenüber anderen Konversionsverfahren biogener Rohstoffe dargestellt werden.

Das Angebot größerer Produktmengen kann die existierenden Absatzmärkte für diese Produkte stark beeinflussen. Bei existierenden Produkten ist zudem zu berücksichtigen, dass diese oft deutlich weiter in ihrer Entwicklung sind und entsprechend wirtschaftlicher hergestellt werden können. Für neue Produkte existieren vielfach noch keine belastbaren Abschätzungen zu Marktgrößen und erzielbaren Preisen. Bei einzelnen Bioraffineriekonzepten sind zudem die möglichen Zielprodukte noch nicht fixiert, existieren teilweise keine vergleichbaren Produkte bzw. ist eine Vergleichsbasis zunächst herzustellen, was eine Einordnung und Bewertung dieser Produkte deutlich erschwert.

Für die individuellen Investitionsentscheidungen spielen auch staatliche Förderungen eine Rolle, die in der ökonomischen Beurteilung von stofflichen Nutzungskonzepten zu deutlich anderen Einschätzungen führen, insbesondere im Vergleich mit rein energetischen Nutzungskonzepten.

Bei der ökologischen Analyse und Bewertung gibt es neben den bereits angesprochenen Punkten weitere methodische Herausforderungen. Dies betrifft insbesondere die Berücksichtigung der relevanten Umweltaspekte. Die Betrachtung von Klimawirkungen, Versauerung, Eutrophierung und Ressourcenverbrauch, etwa dem Flächenbedarf oder dem nichterneuerbaren kumulierten Energieverbrauch, ist häufige Praxis. Weitere wichtige Kriterien wie Ozonabbau und Sommersmog sind ihrer Bedeutung nach unumstritten und es gibt auch keine spezifischen methodischen Defizite in Bezug auf biobasierte Produkte. Es bestehen jedoch methodische Defizite hinsichtlich des Aspekts der Landnutzungsänderungen. Die direkten Landnutzungsänderungen (direct land use change, dLUC) und damit verbundene Umweltauswirkungen beispielsweise auf Biodiversität und Treibhausgasemissionen lassen sich in Abhängigkeit von Rohstoff- und Kapazitätswahl für einen Bioraffinerietyp i. d. R. vergleichsweise gut bestimmen. Für eventuelle indirekte Landnutzungsänderungen (indirect land use change, iLUC), die auf Verdrängungseffekte beim Biomasseanbau beruhen, wäre u. a. eine wissenschaftlich breit akzeptierte Bilanzierungsmethodik erforderlich. Zudem ist die vor allem regional relevante Wassernutzung ein wichtiger Punkt, die bislang in der ökologischen Analyse und Bewertung nur unzureichend berücksichtigt wird. Für die ökologische Analyse und Bewertung ist es zudem wichtig, geeignete funktionelle Einheiten zu wählen. Für einige Produkte der Bioraffineriekonzepte kann hierzu, in Analogie zur direkten energetischen Nutzung, der Energiegehalt herangezogen werden. Für verschiedene stoffliche Nutzungen ist dies jedoch nicht sinnvoll und es sind andere geeignete Größen zu definieren. Grundsätzlich ist hier der Vergleich mit Referenzsystemen sinnvoll, die das gleiche Produktspektrum einer Bioraffinerie in gleichen Mengen bereitstellen. Allgemein ist die Datenbasis in vielen Bereichen der ökonomischen und ökologischen Analyse und Bewertung von Bioraffineriekonzepten noch unzureichend und wenig validiert. Neben Daten zu Anbau und Bereitstellung der Rohstoffe und den technologischen Verfahren fehlen häufig belastbare Daten zu Katalysatoren und Enzymen. Zudem hängen die Umweltwirkungen des Biomasseanbaus und

von Bioraffinerien teilweise erheblich von lokalen Bedingungen wie etwa Klima, Wasserversorgung und Boden ab. Hier sind noch Anstrengungen zur Regionalisierung von Bewertungsmethoden notwendig.

Der österreichische Beitrag zu den ökologischen Aspekten von Bioraffineriesystemen 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 Bioraffineriesystemen im Vergleich zu konventionellen Systemen der Biomassenutzung. 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-Produkt-System“ wesentliche Vorteile im Vergleich zu „Einzel-Produkt-Systemen“ 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”: Eine Bioraffinerie oder „Multi-Produkt-System“ ist die nachhaltige Umwandlung von Biomasse in ein Spektrum von vermarktbaren 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 39):

- Das Bioraffineriesystem und das konventionelle System müssen dieselben Produkte bzw. Dienstleistungen im gleichen Umfang und in der gleichen Qualität bereitstellen, z.B. dieselbe Transportdienstleistung mit Biotreibstoffen, dieselbe Art und Qualität an Biomaterialien und Biochemikalien (Abbildung 38).
- Für beide Systeme muss dieselbe 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 Systeme 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 42 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 40 ist das Fallbeispiel „Die Grüne Bioraffinerie“, in der aus Gras Biomethan und Chemikalien erzeugt werden, im Vergleich zu einem konventionellen System dargestellt. 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 41 ist die IBUS Bioraffinerieanlage in Dänemark dargestellt, in der aus Stroh Bioethanol, Strom, Wärme und Tierfutter erzeugt werden. Im konventionellen System wird das Stroh in einer KWK-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, als bei der Erzeugung von Strom und Wärme in der KWK-Anlage, muss das Bioraffineriesystem 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 42 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-Kraftwerk erzeugt werden, die Wärme würde aus Heizöl kommen, der Treibstoff ist Benzin sowie das Phenol würde synthetisch aus Erdöl erzeugt werden.

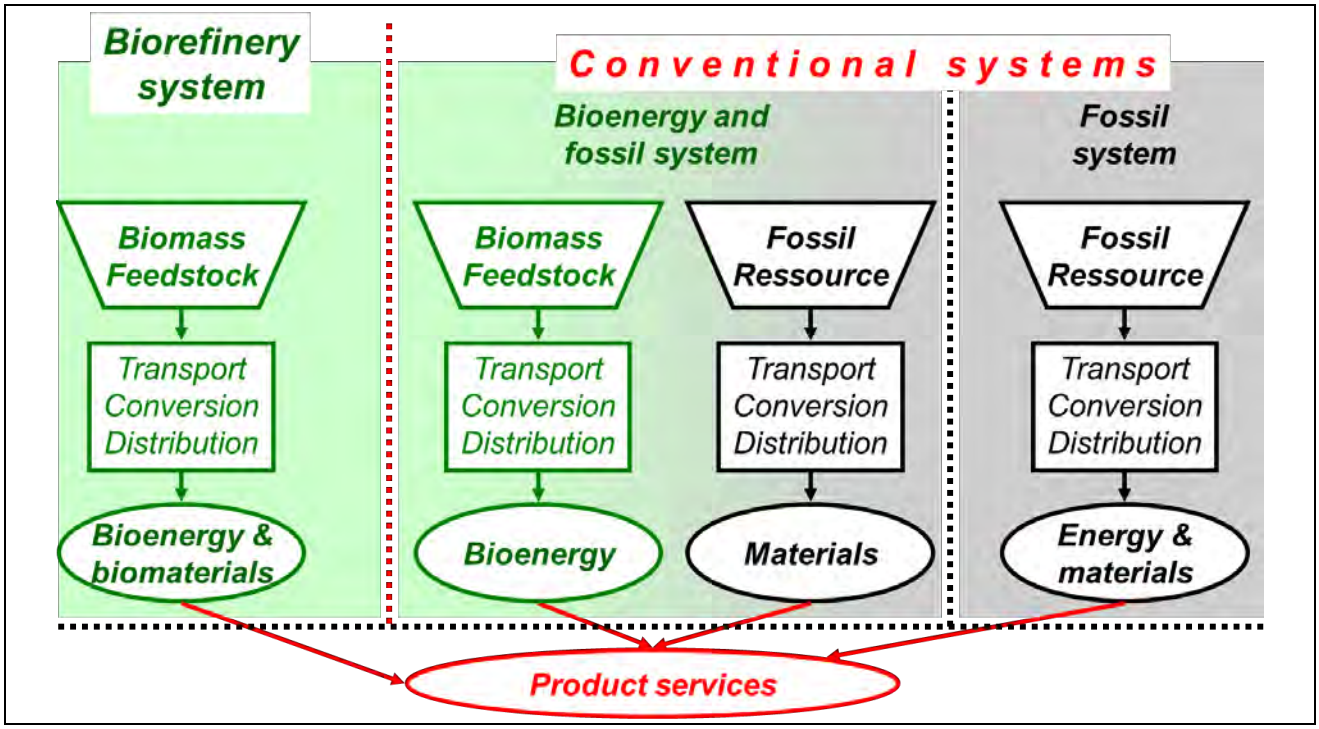


Abbildung 38: Bioraffinerie und konventionelle Systeme für die vergleichende Bewertung

✓ **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 39: Grundlagen für den Vergleich

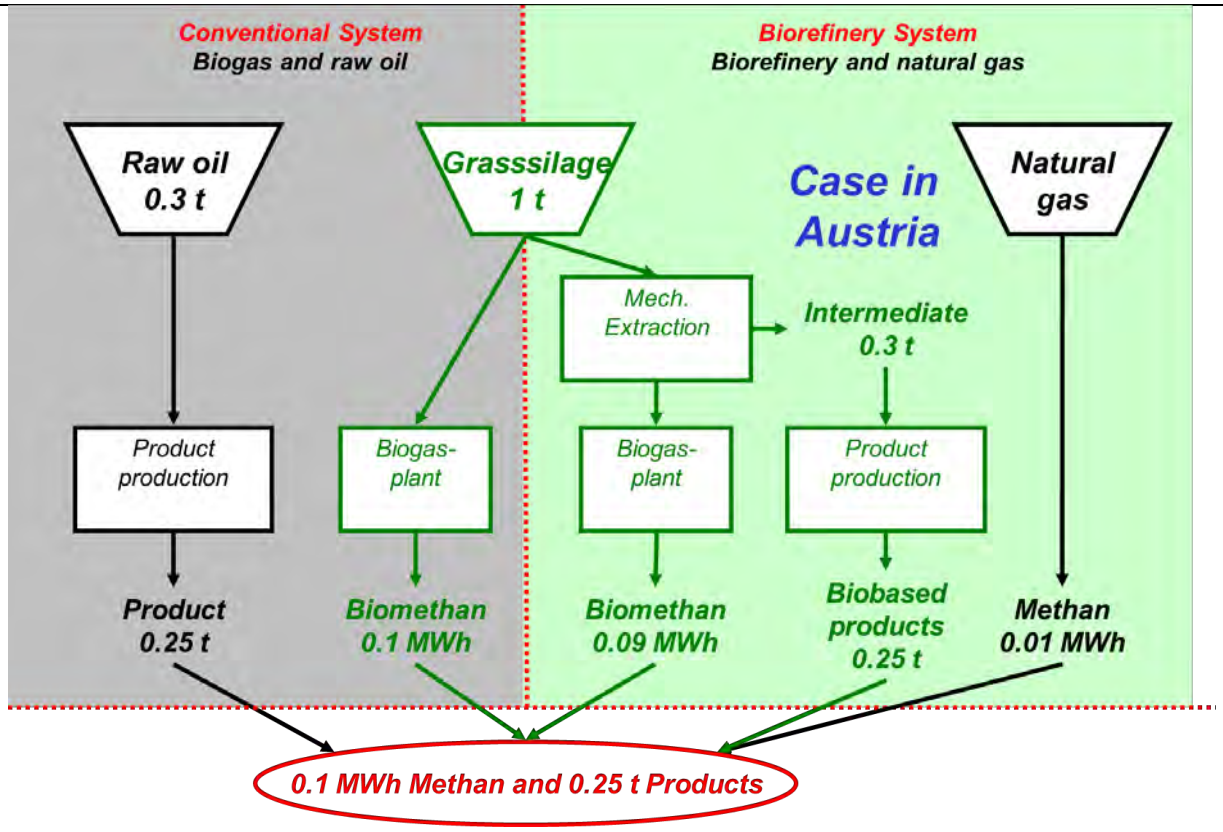


Abbildung 40: Beispiel 1: "Grüne Bioraffinerie" - 5-platform (biogas, biomethane, green pressate, fibres, electricity&heat) biorefinery using grass and manure for biomethane, lactic acid, biomaterials and fertilizer

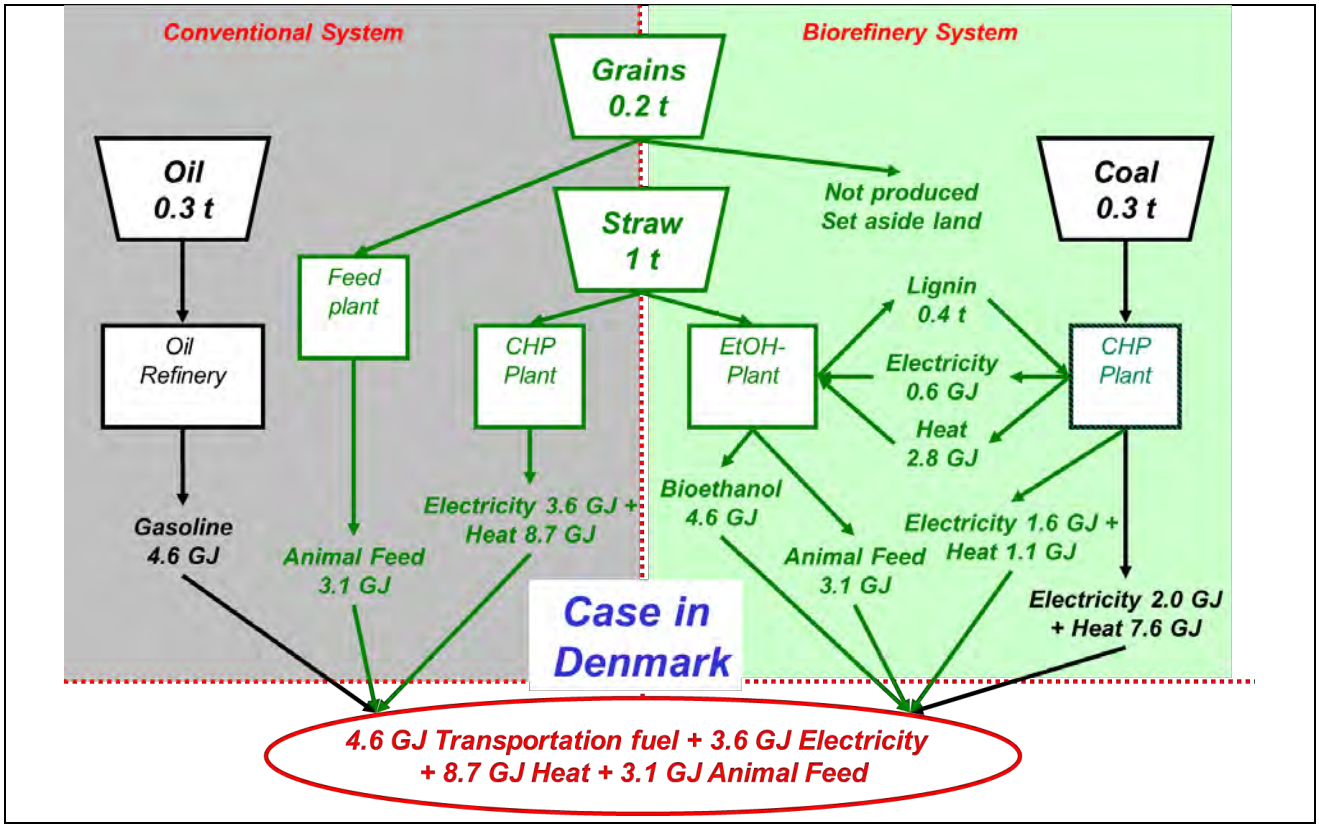


Abbildung 41: Beispiel 2: IBUS Bioraffinerie in Dänemark

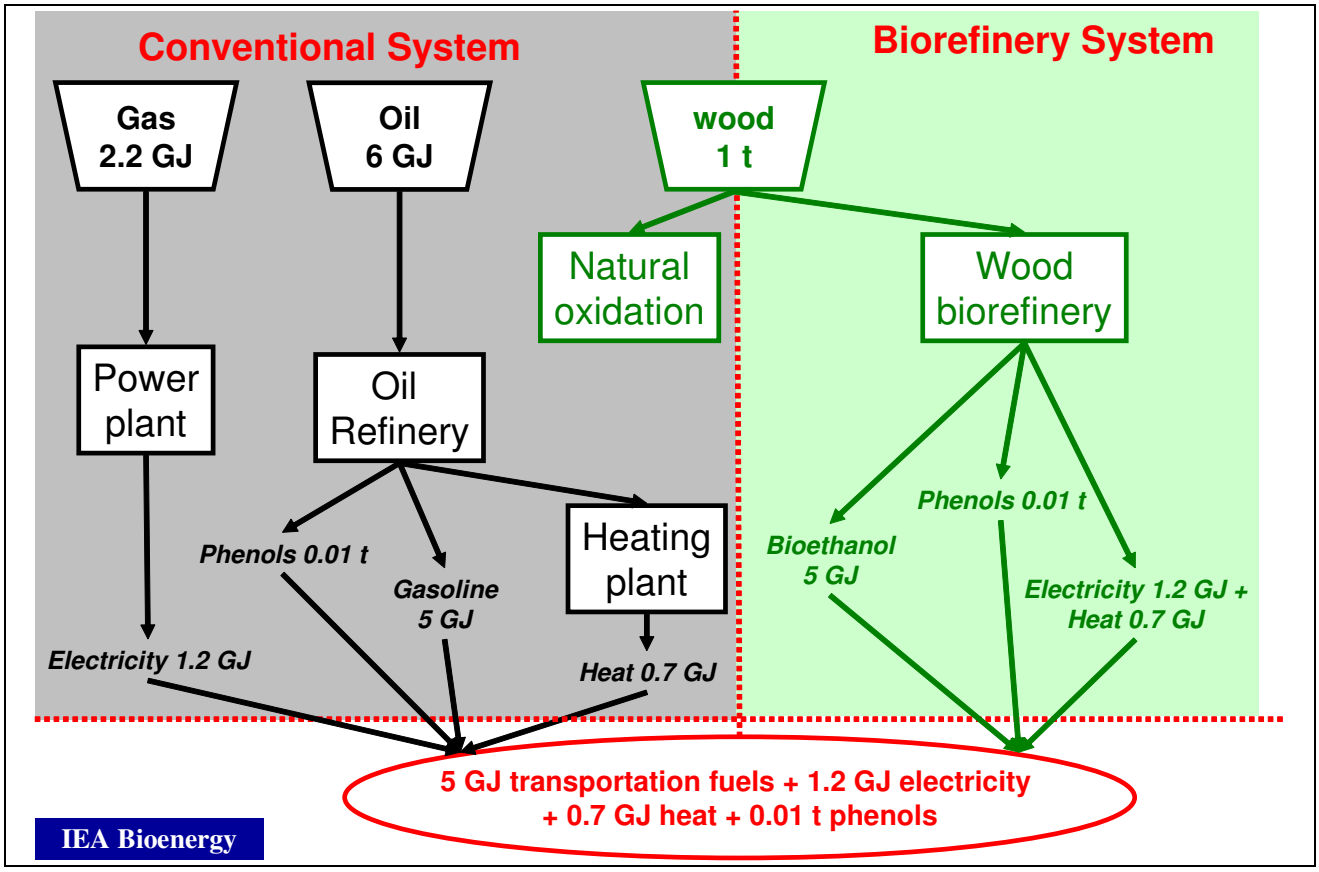


Abbildung 42: Beispiel 3: Holz-Bioraffinerie für Bioethanol und Phenole (Beispiel Österreich)

4.2.6 Globale Perspektiven zu Bioraffinerien

In allen Aktivitäten der Task 42 wurden die globalen Perspektiven zu Bioraffinerien diskutiert, wobei erwartet wurde, dass zukünftig die Bedeutung der Bioraffinerie in einer biobasierten Wirtschaft weiter an Bedeutung gewinnen wird, z.B. integrierte Nutzung von Biomasse für Nahrungs-, Futtermittel, Biomaterialien, Biochemikalien, Treibstoffe, Strom und Wärme. Ein wesentlicher Teil der Erkenntnisse hierzu, wurde in der deutschen „Roadmap Bioraffinerien" dokumentiert, aus der im Folgenden zitiert wird (FNR 2012):

Zur Umsetzung eines Bioraffineriekonzepts werden im Prinzip zwei grundlegende Ansätze verfolgt: Bottom-up und Top-down (Abbildung 43).

Bottom-up-Ansatz:

Handelt es sich um die Erweiterung einer bereits vorhandenen Biomasseverarbeitungsanlage (bspw. Zucker-, Stärke-, Zellstoffwerk, Ölmühle, Ethanolanlage), spricht man vom Bottom-up-Ansatz. Ziel ist es in dem Fall, durch Anknüpfung zusätzlicher Prozesse und Technologien in einer integrierten Primär- und Sekundärraffination eine erweiterte Produktpalette und/oder eine Ausweitung der einsetzbaren Biomassefraktionen zu erreichen.

Ein Beispiel für eine entsprechende Anlage ist die Stärke-Bioraffinerie basierend auf Getreide in Lestrem (Frankreich). Ursprünglich handelte es sich bei der Anlage um eine einfache Stärkefabrik, die später um eine Mais- und Weizenstärkeproduktion ergänzt wurde. Es folgte eine sukzessive Erweiterung des Produktspektrums (Stärkederivate und Stärkemodifikate, Chemikalien, Fermentationsprodukte).

Top-down-Ansatz

Im Gegenzug zum Bottom-up-Ansatz spricht man vom Top-down-Ansatz, wenn es sich um neu konzipierte, hoch integrierte Anlagen handelt, die für die Nutzung verschiedenster Biomassefraktionen und zur (abfallfreien) Erzeugung einer Vielfalt von Produkten für unterschiedliche Märkte ausgelegt sind. Dabei wird nicht an bestehende Prozesse der Konversion von Biomasse angeknüpft, sondern die Anlagen für Primär- und Sekundärraffination werden eigens auf Basis einer Bioraffinerieplattform zur Erzeugung unterschiedlicher Produkte entwickelt und errichtet.

Beispielhaft für diesen Ansatz ist die Synthesegas-Bioraffinerie auf Basis Holz in Güssing (Österreich). Es handelt sich dabei um eine Demonstrationsanlage, die einerseits kommerziell Strom und Wärme liefert und in der andererseits verschiedene Nutzungen von Synthesegas (bspw. Fischer-Tropsch-Synthese, Bio-SNG25-Synthese, Synthese von Alkoholen, Herstellung von Wasserstoff) erprobt werden.

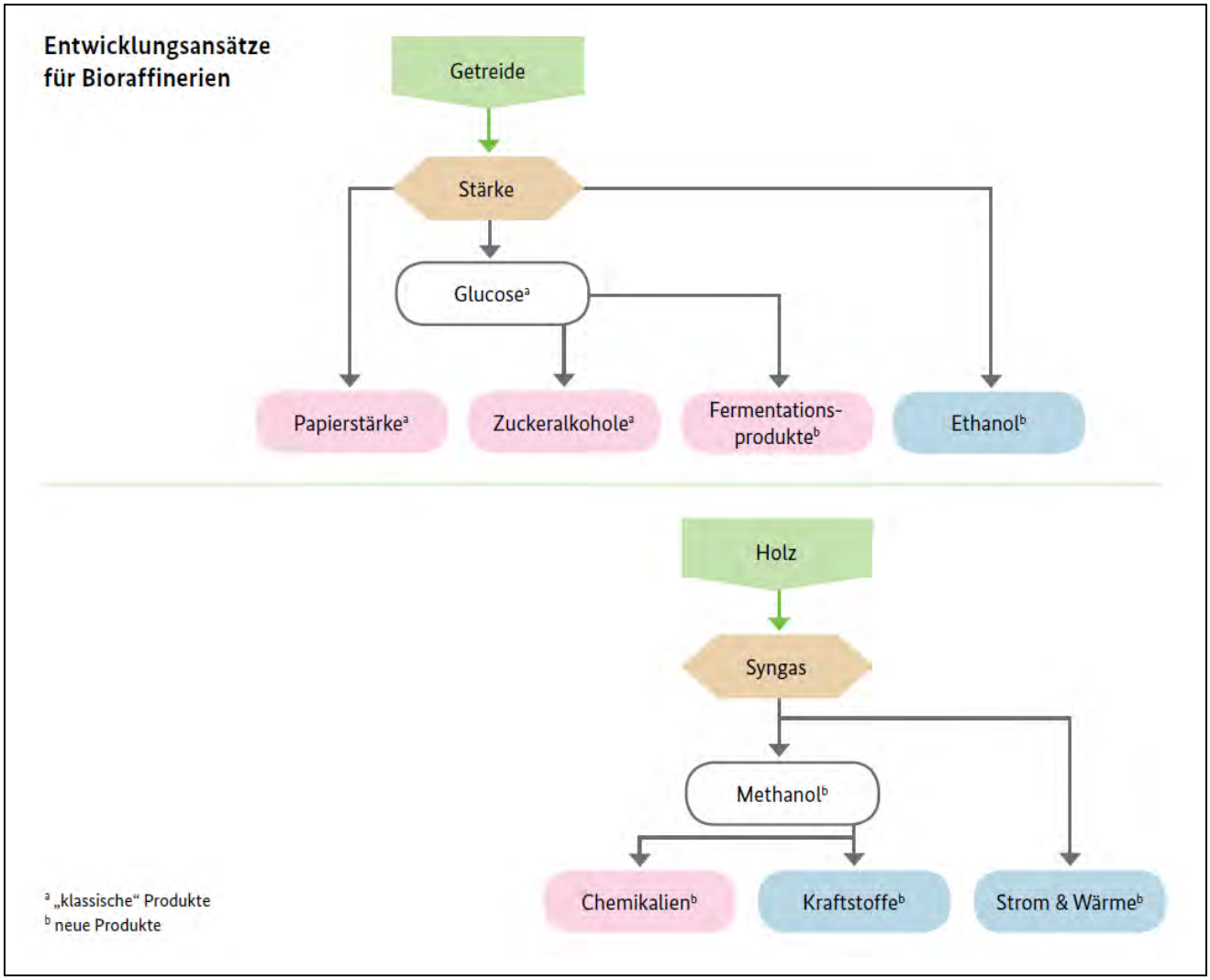


Abbildung 43: Beispiele für Entwicklungsansätze von Bioraffinerien: oben – Bottom-up, unten – Top-down (FNR 2012)

Sowohl der Bottom-up als auch der Top-down Entwicklungsansatz können zentralisiert an einem neuen Standort („green field") oder an einem bereits bestehenden Industriestandort („brown field") umgesetzt werden. Im letzteren Fall vorzugsweise durch Integration in einen bestehenden Industrie- oder Chemiepark bzw. als Weiterentwicklung bestehender Biomassekonversionsanlagen. Es ist aber auch denkbar, dass Komponenten der Primärraffination (bspw. die Biomassekonditionierung) dezentral organisiert sind, so dass eine gemischte Struktur entsteht.

In Bioraffinerien erfolgt eine Kopplung von verschiedenen energetischen und stofflichen Nutzungspfaden. Die Entwicklung einer Bioraffinerie wird jedoch i. d. R. entweder stofflich oder energetisch getrieben, d. h. dass entweder die Bioraffinerie hauptsächlich auf die Produktion von biobasierten, technischen Produkten oder hauptsächlich auf die Erzeugung von biobasierten Sekundärenergieträgern ausgerichtet ist. Darüber hinaus erfolgt der Auf- und Ausbau in der Regel

schrittweise. Oft wird neben der Primär- Entwicklungsansätze von Bioraffinerienraffination erst einmal die Sekundärraffination zu nur einem einzigen oder quantitativ deutlich überwiegenden Hauptprodukt implementiert und erst zeitlich nachfolgend erfolgt dann der Ausbau zu einer Bioraffinerie über die Integration weiterer Konversionsschritte innerhalb der Sekundärraffination Beispielhaft wird dieser Top-Down Entwicklungsansatz nachfolgend an einem Szenario für die Entwicklung einer Lignocellulose-Bioraffinerie auf Basis Stroh erläutert:

1a. Aufschluss von Stroh zur Komponententrennung in Cellulose/Hemicellulose und Lignin (Primärraffination) und Hydrolyse der Cellulose/Hemicellulose zu fermetierbaren Zuckern und deren Umsetzung zu Ethanol (Sekundärraffination). Vermarktung von Ethanol als Kraftstoffkomponente oder als Chemieprodukt.

1b. Energetische Nutzung von Lignin zur Gewinnung von Wärme und Strom als Prozessenergie.

1c. Herstellung von Futtermitteln und Kohlenstoffdioxid aus den Nebenprodukten der Ethanolfermentation.

2. Konversion von Ethanol zu chemischen Folgeprodukten und Vermarktung dieser Chemikalien.

3. Stoffliche Nutzung von Lignin als Quelle für Aromaten, die dann vermarktet werden.

Die Umsetzung von Bioraffineriekonzepten wurde nur für Bottom-up-Ansätze im industriellen Maßstab realisiert − wenn auch erst in wenigen Anlagenkomplexen. Beispiele sind die Stärke-Bioraffinerie auf Basis Getreide in Lestrem (Frankreich) und die Stärke-Bioraffinerie auf Basis Mais in Decatur, Illinois (USA) sowie die Lignocellulose-Bioraffinerie auf Basis Holz in Lenzing (Österreich) bzw. in Sarpsborg (Norwegen). Aber auch hier gibt es noch viel Forschungsbedarf. Bioraffineriekonzepte nach dem Top-down-Ansatz wurden noch nicht vollständig umgesetzt und befinden sich allesamt noch im Stadium von Forschung, Entwicklung und Demonstration. Erste Pilot- und Demonstrationsanlagen wurden und werden in Europa (einschließlich Deutschland), den USA sowie in anderen Ländern errichtet.

In Europa, den USA und einigen anderen Industrieländern erfolgt − überwiegend Technologie-getrieben − seit etwa zehn bis fünfzehn Jahren eine stetige Entwicklung zur Nutzung von Biomasse und in den letzten fünf Jahren zusätzlich auch zur Entwicklung von Bioraffinerien. Die nachfolgend beschriebenen Analysen beziehen sich auf Bioraffinerien im Sinne der explizit integrativen, multifunktionellen Konzepte für die nachhaltige, gekoppelte Erzeugung eines Spektrums unterschiedlicher Produkte (Chemikalien, Werkstoffe, Bioenergie, Nahrungs-/Futtermittel) aus Biomasse.

In Europa hat die Entwicklung von Bioraffinerien in den letzten fünf Jahren Fahrt aufgenommen. Während in einzelnen Ländern (bspw. Deutschland, Frankreich, Niederlande, Skandinavien) bereits seit einer Dekade Entwicklungen im Gange sind, ist man auf EU-Ebene erst seit etwa drei Jahren ernsthaft an der Thematik Bioraffinerien interessiert. Die hier vorgesehenen finanziellen Mittel sind jedoch vergleichsweise bescheiden, sowohl im Vergleich zu den nationalen Aufwendungen der Mitgliedstaaten als auch zu den Finanzmitteln außereuropäischer Akteure (bspw. den USA). Während im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm (FP6) und dessen Vorgängerprogrammen das Thema Bioraffinerie kaum eine Rolle spielte, werden im aktuellen 7. EU-Forschungsrahmenprogramm (FP7) erstmals explizit integrierte Bioraffineriekonzepte gemäß der erläuterten Definition umfassend mit einem Gesamtvolumen von über 70 Millionen Euro gefördert. Die Inhalte der explizit integrativen Bioraffinerie-Projekte sind sehr unterschiedlich und umfassen meistens die Entwicklung neuer Bioraffinerieprozesse und -produkte, die Optimierung und den Ausbau bestehender Konversionsprozesse und die Demonstration von Forschungsergebnissen im industriellen Maßstab. Darüber hinaus wurde mit „Star-COLIBRI − Strategic Targets for 2020 – Collaboration Initiative on Biorefineries“ auch ein umfangreiches Projekt im Bereich „Forschungskoordination“ gefördert. Das Ziel von Star-COLIBRI war, die Zusammenarbeit zwischen sich ergänzenden Forschungsprojekten auf europäischer Ebene anzuregen, um den Fortschritt auf diesem Gebiet voranzutreiben und der Fragmentierung von Forschungsaktivitäten und -ergebnissen entgegenzuwirken. Im Verlauf dieses Projektes wurden zudem Roadmap Bioraffinerien eine „Bioraffinerie-Forschungsagenda 2020“ und ein „Bioraffinerie-Vision-Dokument 2030“ angefertigt, die der europäischen Entwicklung des Bioraffineriebereiches einen Rahmen geben sollen. Über diese explizit integrativen FuE-Projekte hinaus wird auf EU-Ebene auch eine Fülle von Forschungsprojekten unterstützt, die sich mit einzelnen oder mehreren Aspekten oder potenziellen Komponenten des Themas Bioraffinerie beschäftigen bzw. die die Konversion von Biomasse zum Inhalt haben. Der Umfang wird sicher noch einmal die gleiche Größenordnung an Fördermitteln umfassen.

In den USA wird mit hohem finanziellen Mitteleinsatz von mehreren Hundert Millionen US-Dollar für Forschung, Entwicklung und Demonstration unter der Überschrift „Bioraffinerien“ die Nutzung von Biomasse unterstützt, wobei jedoch die Mehrzahl der bisherigen Projekte keine explizit integrierten Bioraffineriekonzepte gemäß der erläuterten Definition waren. Die Förderung ist insbesondere auf den Bereich Cellulose-Bioethanol ausgerichtet. Mittlerweile beginnt hier in den USA die Errichtung erster Referenzanlagen im Produktionsmaßstab. In den letzten zwei Jahren hat eine Weiterentwicklung hinsichtlich der Nutzung von Biomasse stattgefunden. Der Bereich Biokraftstoffe - und hier besonders Cellulose-Bioethanol - wird zwar weiterhin intensiv vorangetrieben, jedoch rücken jetzt zusätzlich immer mehr biobasierte Chemikalien und Werkstoffe in den Mittelpunkt des Interesses. Hierfür sind im Wesentlichen zwei Gründe

maßgeblich: produkt-orientierteinerseits haben sich einige Prognosen der Vergangenheit im Biokraftstoffbereich der USA als unrealistisch erwiesen, andererseits wird von Forschern und Investoren zunehmend realisiert, dass biobasierte Werkstoffe und Chemikalien ein hohes Wertschöpfungspotenzial besitzen. Letzteres gilt sowohl für die singuläre Herstellung von biobasierten Chemikalien und Werkstoffen als auch für die zusätzliche integrierte Produktion von Biokraftstoffen. Insbesondere letzterer Aspekt führt direkt zur Entwicklung von (der o. g. Definition entsprechenden) Bioraffinerien, so dass zukünftig mit verstärkten Entwicklungsanstrengungen in den USA hin zu explizit integrierten Bioraffineriekonzepten gerechnet werden darf.

In den meisten Schwellen- und Entwicklungsländern ist die Entwicklung zur Nutzung von Biomasse hingegen Rohstoff-getrieben und führte zur Implementierung von zahlreichen Anlagen zur Konversion von Biomasse, die sich zukünftig in einigen Fällen auch zu Bioraffinerien weiterentwickeln werden. Die relativ gute Agrarstruktur und Wettbewerbsfähigkeit von Biomasse in einigen Schwellen und Entwicklungsländern (bspw. Brasilien, Indien, Thailand) hat dabei große Agrar-, Chemie- und Energieunternehmen aus den entwickelten Ländern angezogen. Hierbei spielen Kooperationen zwischen nationalen und internationalen Firmen eine entscheidende Rolle. Besonders nordamerikanische, britische, französische Firmen sind diesbezüglich

Die Forschung und Entwicklung von Bioraffinerien ist sehr komplex. Neben Forschungsvorhaben, die sich mit integrierten Bioraffineriekonzepten beschäftigen, gibt es darüber hinaus eine Vielzahl von Forschungsprojekten, die sich mit einzelnen oder mehreren Aspekten oder potenziellen Komponenten des Themas Bioraffinerie beschäftigen bzw. die grundlagenorientierte Forschungen zum Ziel haben, die für verschiedene Nutzungspfade von Biomasse von Bedeutung sind, die aber nicht nur Bioraffinerien betreffen. Hinzu kommt, dass eine Zuordnung der Grundlagenforschung (bspw. für Pflanzen oder die nachhaltige Agrarproduktion) zu den Anwendungsbereichen im Food- oder Non-Food-Sektor nicht möglich ist.

4.2.7 Wissensverbreitung

Die kontinuierliche Wissensverbreitung und Kommunikation der Ergebnisse an die Zielgruppen erfolgte über

- Projektworkshops,
- Konferenz-Sessions,
- Publikationen,
- Vorträge,

- Trainingskurse,
- Taskmeetings und
- Aussendungen an das National Team,

die in den folgenden Abschnitten zusammenfassend dargestellt sind.

Projektworkshops

Es fanden vier Projektworkshops statt:

1. „French Stakeholder Meeting“ (1/2 Tag) am 3. März 2010 in Lille, Frankreich
2. „Thermo-chemical Biorefinery“ (1/2 Tag) am 4. März 2010 in Lille, Frankreich
3. „US-DOE Biomass Program“ (1 Tag) am 4. Oktober 2010 in Chicago, USA
4. „Italian Stakeholder Meeting“ (1 Tag) am 4. April 2011 in Tortona, Italien

Im Bereich der produkt-orientierten Bioraffineriekonzepte wurde zum Themenbereich Grüne Bioraffinerie Produktpotentiale aus dem Rohstoff Gras ein internationaler Informationsaustausch initiiert und vorangetrieben. Wesentliches Ziel dieser Aktivitäten war ein Informationsaustausch zwischen den nationalen Akteuren der Länder Niederlande, Dänemark, Schweiz, Irland, Großbritannien und Österreich. Vom 27. bis 28. Mai 2010 fand der „1st International Green Biorefinery Expert Workshop“ in Utzenaich statt (35 Teilnehmer). Dies stellte eine fachlich hochwertige Vortragsreihe dar, mit dem Ziel eine Diskussion und einen Erfahrungsaustausch zum Thema Grüne Bioraffinerie einzuleiten. Eine Fortsetzung dieser Vernetzungsaktivitäten wurde beschlossen.

Wesentliche Inhalte dieses Workshops waren der Stand der Technik zur Abtrennung von Proteinfraktionen aus Gras, die Abtrennung von Milchsäure und Aminosäuren aus Grassilagesaft, die Fermentation von Milchsäure aus frischem Grassaft, die Veredelung von Grasfasern zu Dämmprodukten, die Fermentation von Lysin aus Grassäften, Potentiale der Grasfaser für Faserprodukte sowie der Einsatz der Grasfaser im Sektor Pulp&Paper.

Konferenz-Sessions

Es fanden drei Konferenz-Sessions statt:

1) „Co-Production of Fuels, Chemicals, Power and Materials from Biomass in a Biorefinery“ Biorefinery“ (1/2 Tag) am 27. November 2011 bei der “Australian Bioenergy Conference” in Sunshine Coast/Australien
2) “Biorefinery” (1/2 Tag) am 28. Februar 2012 bei der Konferenz “Advanced Biofuels in a Biorefinery Approach” (28. Februar – 1. März 2012) in Kopenhagen/Dänemark

3) “Biorefineries: Co-production of Energy and Materials from Biomass” am 13. November 2012 bei der “IEA Bioenergy Conference 2012” (13 – 15. November 2012) in Wien/Österreich

Publikationen

Wellisch M., Jungmeier G., Karbowski A., Patel M. K., Rodulska M. (2010) Biorefinery systems – potentials contributor to sustainable innovation, , Biofpr, published online January 28, 2010, www.interscience.wiley.com; DOI: 10.1002/bbb.217; Biofuels, Bioprod.Bioref. 4:275-286

Mandl M. G. (2010) Status of green biorefining in Europe,; published online March 18, 2010, www.interscience.wiley.com; DOI: 10.1002/bbb.217; Biofuels, Bioproducts and Biorefining. 4: 268-274

Jungmeier G., Mandl M., et al (2011) Identification and Assessment of Most Promising Biorefineries until 2020 in IEA Bioenergy Task 42 "Biorefinery". CD, 19th European Biomass Conference and Exhibition, Berlin, 06.-10.06.2011

Jungmeier G., et al (2012) Do We Need a Biorefinery Complexity Index? – A Critical Review in IEA Bioenergy Task 42 “Biorefinery”, CD, 20th European Biomass Conference, June 18 – 22, 2012 Milano, Italy

Jungmeier G., et al (2012) Activities of IEA Bioenergy Task 42 “Biorefinery” on Wood Based Bioenergy Driven Biorefineries - Classification, Sustainability Assessment, Complexity Index and International Perspectives until 2025, Northern Wood Biorefinery Conference, VTT Technology 53 (ISBN 978-951-38-7880-1), October 23 – 25, 2012, Helsinki, Finland

Weitere Veröffentlichungen:

Nachwachsende Rohstoffe - Mitteilungen der Fachbereichsarbeitsgruppe der FJ-BLT: Ausgabe März und Dezember 2010

http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr55.pdf

http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/mnawa/nr58.pdf

Präsentationen auf externen Veranstaltungen im Berichtszeitraum

Bei folgenden Veranstaltungen wurden Vorträge bzw. Beiträge zur österreichischen Mitarbeit bei der IEA Bioenergy Task 42 gehalten:

1. Towards a Common Approach for Comparing Biorefinery Systems to Conventional Systems – Findings of IEA Bioenergy Task 42 “Biorefineries”, 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. Wilke, (Germany), 18th European Biomass Conference, Lyon/France, May 3 – 7, 2010

2. Classification and Assessment of Biorefinery Concepts in IEA Bioenergy Task 42 “Biorefineries”, G. Jungmeier and the colleagues of IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries“, ICPS International Conference on Polygeneration Strategies with special Focus on Integrated Biorefineries, Leipzig/Germany September 7 - 9, 2010
3. Environmental Assessment of Biorefinery Systems – Life Cycle Analyses of Greenhouse Gas Emissions and Cumulated Primary Energy Consumption, Gerfried Jungmeier, Biorefinery Training Course of IEA Bioenergy Task 42 “Biorefinery”, “Biomass Valorization Congress”, Amsterdam, The Netherlands, September 13, 2010
4. Biorefineries for Eco-efficient Processing of Biomass – Classification and Assessment of Biorefinery Systems, G. Jungmeier, J. Pucker and the colleagues of IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries“, PTF BPI 2010, October 7, 2010, Kuchl, Austria
5. IEA Bioenergy Task 42 – Biorefinery: Skizzierung der Bioraffineriekonzepte und Ihrer Potenziale, Gerfried Jungmeier, Highlights der Bioenergieforschung - Nationale und internationale Ergebnisse zu den IEA Schwerpunkten „Technologiepfade der Bioraffinerie“, 2. Dezember 2010, Haus der Musik, Seilerstätte 30, 1010 Wien
6. Grüne Bioraffinerie – ein Verwertungskonzept für die stoffliche und energetische Nutzung von Gras, Michael Mandl, Highlights der Bioenergieforschung - Nationale und internationale Ergebnisse zu den IEA Schwerpunkten „Technologiepfade der Bioraffinerie“, 2. Dezember 2010, Haus der Musik, Seilerstätte 30, 1010 Wien
7. Status of Green Biorefining, M. Mandl, 20. Sept 2020; Presentation vor dem Bord des Competence Centres sowie Diskussion zum Themas strategischer Kooperation im Bereich Forschung und Entwicklung der Grünen Bioraffinerie sowie etwaiger Umsetzungsmöglichkeiten., Dublin.
8. Nutzungskaskade von NAWAROs am Beispiel der Grünen Bioraffinerie, M Mandl; Vortrag bei der Veranstaltung Zukunftsmarkt stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, 11. Mai 2010, Seggau
9. The Future of Biorefinery Evolution - How will Biorefinery Platforms fit in the Industry Sector?, Worldbiofuels Markets – Biorefinery Platforms, G. Jungmeier, Rotterdam, 22.–24.03.2011,
10. Die IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery, G. Jungmeier, Highlights der Bioenergieforschung Das IEA Energy Technology Network, 30 .- 31. März 2011, Wieselburg
11. Sustainable Chain Assessment of Biofuel-driven Biorefineries, G. Jungmeier, Italian Stakeholder Meeting, Tortona, Italy, 4.4.2011
12. Identification and Assessment of Most Promising Biorefineries until 2020 in IEA Bioenergy Task 42 "Biorefinery", G. Jungmeier, 19th European Biomass Conference and Exhibition, Berlin, 06.-10.06.2011

13. Biofuel-driven Biorefinery Systems and Life Cycle Assessment, G. Jungmeier, 1st European Summer School on Biorefining: Principles and Technologies, Paris 29th August – 1st September 2011
14. Innovative Biorefinery Concepts and their Assessment – Activities in IEA Bioenergy Task 42 „Biorefinery“, G. Jungmeier, Forum Econogy, Linz 8 – 9. 11. 2011
15. Bioenergy Driven Biorefinery Systems – Classification, Biorefinery Index and Sustainability Assessment, G. Jungmeier, Bioenergy Australia 2011, November 23 - 25, Queensland, Australia
16. Innovative Biofuel-driven Biorefinery Concepts and their Assessment – An Outlook until 2025 in IEA Bioenergy Task 42 „Biorefinery”, G. Jungmeier, Biorefinery Conference 2012 “Advanced Biofuels in a Biorefinery Approach”, February 28 – March 1, 2012, Copenhagen, Denmark
17. Whole Chain Assessment of Bioenergy Driven Biorefineries – Experiences of IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries“, G. Jungmeier, World Bioenergy 2012, May 29 – 31, 2012, Jönköping, Sweden
18. Do We Need a Biorefinery Complexity Index? – A Critical Review in IEA Bioenergy Task 42 “Biorefinery”, G. Jungmeier, 20th European Biomass Conference, June 18 – 22, 2012 Milano, Italy
19. Activities of IEA Bioenergy Task 42 “Biorefinery” on Wood Based Bioenergy Driven Biorefineries - Classification, Sustainability Assessment, Complexity Index and International Perspectives until 2025, G. Jungmeier, Northern Wood Biorefinery Conference, October 23 – 25, 2012, Helsinki, Finland
20. Bioenergy/Biofuel-Driven Biorefineries and their Environmental Assessment, G. Jungmeier, 2nd European Training School for Biorefining, October 29, 2012, Wageningen, The Netherlands
21. Green Biorefinery, M. Mandl, 2nd European Training School for Biorefining, October 29, 2012, Wageningen, The Netherlands
22. Identifying and Assessing the Most Interesting Biofuel-driven Biorefineries Until 2025, G. Jungmeier, IEA Bioenergy Conference 2012, November 13 – 15, 2012, Vienna, AUSTRIA
23. Aktivitäten der IEA Bioenergy Task 42 “Biorefinery”, K. Könighofer, G. Jungmeier, Workshop „Nachwachsende Rohstoffe als Grundstoffe für die Industrie“, Wien 20.11.2012
24. Sustainability Assessment, Classification and Perspectives of Bioenergy-driven Biorefineries - Activities of IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries“, G. Jungmeier, III Latin American Conference “Biorefineries – Ideas for a Sustainable World”; November 19 - 21, 2012, Pucon, Chile
25. Classification of Biorefineries - Examples for Bioenergy Driven Biorefineries, M. Hingsamer, G. Jungmeier, Finish Biorefinery Training School, 26. November 2012, Joennsuu, Finland

26. Method and a Case Study of the Environmental Assessment of Biorefineries with LCA, M. Hingsamer, G. Jungmeier, Finish Biorefinery Training School, 26. November 2012, Joennsuu, Finland
27. Biorefineries with Algae – Technological, Economic and Environmental Aspects & Perspectives, M. Hingsamer, G. Jungmeier, Finish Biorefinery Training School, 26. November 2012, Joennsuu, Finland
28. Integration of a Bioethanol Production in a Pulp and Paper Mill – International Perspectives Based on an Austrian Case Study, M. Hingsamer, G. Jungmeier, Finish Biorefinery Training School, 26. November 2012, Joennsuu, Finland
29. Transportation Biofuels are Reality – Current Status and Future Challenges in Austria, G. Jungmeier, 7th A3PS Conference Eco-Mobility 2012 - Strategies, Roadmaps and R&D Programs, December 11 – 12, 2012, Tech Gate Vienna

Taskmeetings

An den folgenden Taskmeetings wurde teilgenommen:

- 3.-4. März 2010: Lille, Frankreich (G. Jungmeier, R. Rauch)
- 4.-6. Oktober 2010, Chicago, USA (G. Jungmeier)
- 4.-6. April 2011: Tortona, Italien (G. Jungmeier, M. Mandl)
- 22. November 2011: Sunshine Coast, Australien (G. Jungmeier)
- 27. Februar 2012: Kopenhagen, Dänemark (G. Jungmeier, M. Mandl)
- 16. November 2012: Wien, Österreich (G. Jungmeier)

4.2.8 Vernetzung und Stakeholder-Einbindung

Bei den in Abschnitt 4.2.6 genannten Aktivitäten zur Wissensverbreitung erfolgte auch die nationale und internationale Vernetzung und Einbindung der Stakeholder.

Ergebnisse wurden bei Vorträgen und mittels Poster auf einschlägigen Veranstaltungen präsentiert, z.B. Poster „Innovative Biorefinery Concepts and their Assessment – Activities in IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery“ beim Forum Economy 2011, (Linz, Nov. 2011). Ebenfalls wurden die österreichischen Stakeholder über das National Team eingebunden.

4.2.9 Länderberichte

Der österreichische Länderbericht zu Bioraffinerien wurde aktualisiert und in die im Rahmen der Task vorgesehene Struktur eingebracht. Der österreichische Länderbericht findet sich im Anhang und beinhaltete folgende Schwerpunkte:

1 Country introduction

2 Energy production and consumption based on biomass

- 2.1 Current energy production and consumption
- 2.2 Current production renewable energy and energy from biomass
- 2.3 Import and export of biomass for bioenergy
- 2.4 Historical trends for energy consumption and use of biomass
- 2.5 Current bioenergy production a breakdown in areas
- 2.6 Biomass used for non-energy purpose
  - 2.6.1 Current use of biomass for non-energy purpose
  - 2.6.2 Examples of the production of specific materials or chemicals
  - 2.6.3 Current trends

3 Policy issues related to biomass, bioenergy and biorefineries

- 3.1 Policy targets for energy – renewable energy, bioenergy, biofuels
- 3.2 Policies regarding biomass production and use for bioenergy
- 3.3 Policies regarding biorefineries or biomass derived products

4 Biorefinery related funding programs

- 4.1 Current situation regarding funding programs for bioenergy and biorefineries
- 4.2 Specific programs for biorefineries

5 Running commercial biorefineries

6 Demo and pilot plants

7 Major RTD activities

8 Stakeholders

9 Annex: Tables and Figures

4.2.10 Bioraffinerie-Trainingskurse

Insgesamt wurden 4 Bioraffinerie-Trainingskurse von der Task 42 bzw. der österreichischen Mitarbeit (mit)gestaltet:

1. „Biorefinery Training Course" der IEA Bioenergy Task 42 "Biorefinery", im Rahmen von "Biomass Valorization Congress", Amsterdam, Niederlande, 13. September 2010
2. "1st European Summer School on Biorefining", Paris, Frankreich, Aug./Sept. 2011
3. "2nd European Summer School on Biorefining", Wageningen, Niederlande, Okt./Nov. 2012
4. "Finish Biorefinery Training School", Joennsuu, Finnland, 26. November 2012

Biorefinery Training Course

In Amsterdam fand am 13. September 2010 ein Bioraffinerie-Trainingskurs statt, an dem etwa 75 Teilnehmer waren.

Der Beitrag aus der österreichischen Mitarbeit war " Environmental Assessment of Biorefinery Systems".

1st European Training Course on Biorefining 2011

In Paris fand vom 29. August bis 1. September 2011 der erste Europäische Trainingskurs zu Bioraffinerien statt. Der Trainingskurs umfasste die folgenden vier Tagesblöcke:

1) Giving value to the sustainable processing of biomass – biorefinery
2) An integrated multiproduct biorefinery complex
3) Supplying and operating a ligno-cellulosic biorefinery
4) In-depth view of underpinning technologies

Der 1. Tag "Giving value to the sustainable processing of biomass – biorefinery" wurde von der Task 42 organisiert und hatte folgende Schwerpunkte:

Biorefinery concepts

Biorefining, the bioeconomy and the business strategy

Der Beitrag aus der österreichischen Mitarbeit war "Biofuel-driven Biorefinery Systems and Life Cycle Assessment".

Insgesamt nahmen etwa 120 TeilnehmerInnen teil. Nähere Infos hierzu unter: http://www.inra.fr/cepia-eng/News/Biorefiningschool2011.

2nd European Training Course on Biorefining 2012

In Wageningen fand vom 28. Oktober bis 1. November 2012 der zweite Europäische Trainingskurs zu Bioraffinerien statt. Der Trainingskurs umfasste die folgenden vier Tagesblöcke:

1) International activities on Biorefinery - lecture programme organised by IEA Bioenergy Task42
2) Full day excursion
3) In-depth training programme I: feedstock, lingo-cellulosic material, biotechnology and thermo-chemical conversion, downstreaming
4) In-depth training programme II: design and optimisation, wastewater and residues, analytical techniques, multi-criteria sustainability assessment

Der 1. Tag wurde von der Task 42 organisiert und hatte folgende Schwerpunkte:

1) Biorefining as Driver for a Future Bio(based) Economy
2) Sustainable Biomass Supply Chain Development – Biomass Availability vs. Biomass Use
3) Upgrading of Existing Industrial Infrastructures to Integrated Biorefineries
4) Considerations for Including Biorenewable Feedstocks in Petroleum Refinery Processes
5) US Efforts in Advanced Biofuels and Refinery Opportunities
6) US Government R&D Strategy for bio-oil integration in petroleum refineries
7) Lignocellulosic Feedstock Biorefinery
8) Algae Biorefinery
9) Green Biorefinery
10) Value Added Products from Biorefineries – Bio-Based Chemicals
11) Bioenergy/Biofuel-Driven Biorefineries

Die Beiträge aus der österreichischen Mitarbeit waren „Green Biorefinery“ und „Bioenergy/Biofuel-Driven Biorefineries“. Insgesamt nahmen etwa 75 TeilnehmerInnen teil. Nähere Infos hierzu unter: www.fbr.wur.nl/uk/about/biorefinerytrainingschool.

Finish Biorefinery Training School

Es wurde der 1. Tag der 5-tägigen Finish Biorefinery Training School zum Thema „Biorefining – Principles and Technologies“ mit folgenden 4 österreichischen Beiträgen gestaltet:

1. Classification of Biorefineries - Examples for Bioenergy Driven Biorefineries
2. Method and a Case Study of the Environmental Assessment of Biorefineries with LCA

3. Biorefineries with Algae – Technological, Economic and Environmental Aspects & Perspectives
4. Integration of a Bioethanol Production in a Pulp and Paper Mill – International Perspectives Based on an Austrian Case Study

Insgesamt nahmen etwa 35 TeilnehmerInnen teil.

4.3 Veröffentlichung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Task 42 werden laufend veröffentlicht. Zum einen werden die Ergebnisse auf der Task webpage - www.IEA-Bioenergy.Task42-Biorefineries.com – veröffentlicht, wie z.B. die Broschüre zu den biobasierten Chemikalien; zum anderen werden die in den vorhergegangen Abschnitten dargestellten Präsentationen und Publikationen über die einschlägigen Veranstaltungen veröffentlicht. Durch diese unterschiedlichen Wege werden die Task 42 Ergebnisse somit einem großen und vielfältigen Fachkreis bekannt und nutzbar gemacht.

5 Detailangaben zur Forschungskooperation Internationale Energieagentur (IEA)

5.1 Österreichische Zielgruppen für die Projektergebnisse

Die Einbindung der Zielgruppen erfolgte in Österreich über das National Team, die über Aussendungen und persönliche Kontakten bei einschlägigen Veranstaltungen eingebunden wurden. Über die Task wurden auch die Zielgruppen in den anderen Task Ländern eingebunden, z.B. Stakeholder-Workshops.

5.2 Einbindung der relevanten Stakeholder

Die kontinuierliche Kommunikation der Ergebnisse an die Zielgruppen erfolgte über

- Projektworkshops,
- Konferenz-Sessions,
- Publikationen,
- Vorträge,
- Trainingskurse,

- Task Meetings und
- Aussendungen an das National Team,

die in den vorherigen Abschnitten zusammenfassend dargestellt sind.

5.3 Relevanz und Nutzen der Projektergebnisse

5.3.1 Kompetenzaufbau

Die kontinuierliche Einbindung der Zielgruppen und Stakeholder in die Aktivitäten und Ergebnisse der Task 42, wie dies zuvor beschrieben wurde, ermöglicht diesen, die aktuellen internationalen Erkenntnisse zu Bioraffinerien und deren Entwicklungsaktivitäten für den Kompetenzaufbau zu nutzen. Zum einen werden Kompetenzen zum Entwickeln von Einzelprozessen, wie z.B. Nutzung von Synthesegas, auf- und ausgebaut, zum anderen werden die Schnittstellen zu anderen Prozessen in Bioraffinerien identifiziert. Wesentlich wird der Kompetenzaufbau auch durch die Integrations-Überlegungen und –Anstrengungen der Einzelprozesse zu gesamten Bioraffinerien durch die österreichische Mitarbeit Task 42 unterstützt. Die Zusammenarbeit in multidisziplinären und internationalen Teams gibt auch neue Erkenntnisse in der gesamthaften Bewertung von Bioraffinerien in den drei Zieldimensionen der Nachhaltigkeit – ökonomische, ökologische und soziale Aspekte - die zum Kompetenzaufbau wesentlich beitragen.

5.3.2 Konkrete Entwicklungen

Da in Bioraffinerien entsprechend den Potentialen der unterschiedlichen Rohstoffe sowohl Bioenergie als auch Biomaterialien gemeinsam effizient erzeugt werden können, können auch die unterschiedlichen Bedürfnisse der Gesellschaft nachhaltig gedeckt werden, z.B. Transportdienstleistung, Strom, Nahrungs- und Futtermittel, Chemierohstoffe. Durch die Produkte der Bioraffinerie, die aus erneuerbaren Rohstoffen erzeugt werden, werden Produkte aus fossilen Rohstoffen z.B. Diesel, Kunststoffe ersetzt. Hierzu kommt es zu einer Reduktion der Treibhausgas-Emissionen (z.B. CO_2 aus der Verbrennung fossiler Energie). Der Einsatz erneuerbarer Rohstoffe und Energien in Bioraffinerien sichert die Steigerung des Anteils an erneuerbarer Energie. Die gekoppelte Erzeugung von Energieträgern und Materialien erschließt die Eigenschaften und Produktpotentiale der Rohstoffe und trägt damit zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz bei. Die Verlängerung der Wertschöpfungskette – vom biogenen Rohstoff zu energie- und stoffbezogenen Dienstleistungen - erweitert das Einkommen und sichert hochwertige Arbeitsplätze in allen Sektoren dieser Wertschöpfungskette z.B. Land- und Forstwirtschaft, Industrie, Handel. Durch die Entwicklung und Anwendung innovativer

Technologien im Bereich der Bioraffinerien wird heimische Wertschöpfung gesichert sowie der Export von nachhaltigen Produkten und Technologien stimuliert, um auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit Österreichs weiter auszubauen.

5.3.3 Nutzen für Technologiebereiche in Österreich

Durch die österreichische Teilnahme an Task 42 „Biorefineries“ wird sichergestellt, dass die nationalen Forschungsanstrengungen im Bereich der Technologieentwicklung z.B. Vergasung, Grüne Bioraffinerie, Bioethanol aus Holz&Stroh durch internationalen Wissens- und Erfahrungsaustausch gestärkt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass international vorhandenes Know-how in die nationalen Bemühungen zur Technologieentwicklung für Bioraffinerien eingebunden werden kann, bzw. Doppelarbeiten vermieden werden. Hieraus werden sich jene Bereiche kristallisieren, in denen Österreich schon heute Technologieführer ist. Diese Technologieführerschaft kann dadurch auch international noch besser sichtbar und bekannt gemacht werden, z.B. Demoanlage „Grüne Bioraffinerie“ in Oberösterreich, um zukünftig auch internationale Anwendungsbereiche österreichischer Bioraffinerie-Technologie zu erschließen, z.B. in Irland besteht großes Interesse und Potential für die Errichtung „Grüner Bioraffinerien“.

5.3.4 Mehrwert und Nutzen der IEA Beteiligung

Basierend auf dem zukünftig großen Bedarf an biogenen Kraftstoffen (z.B. EU-Ziel 10% in 2020 nach der aktuellen Richtlinie der EU) in Österreich, der EU und weltweit, haben Bioraffinieren mittelfristig ein sehr großes Marktpotential. Durch die gekoppelte Erzeugung von Biotreibstoffen und hochwertiger Biomaterialien werden die Rohstoffpotentiale optimal ausgenutzt, wobei durch die Biomaterialien bzw. Biochemikalien die Wertschöpfungskette erweitert werden kann, um am Energiemarkt konkurrenzfähige Biotreibstoffe anbieten zu können.

Die in Österreich bestehenden Unternehmen, die schon heute im großen Umfang biogene Rohstoffe nutzen, wie z.B. Papier- und Zellstoff-Industrie, Biodiesel- und, Bioethanol-Industrie, Zucker-, Nahrungs- und Tierfuttermittel-Industrie können zukünftig zu Bioraffinieren weiterentwickelt werden. Durch neue Produkte der zukünftigen Bioraffinerien, die aus konventionellen Unternehmen weiter entwickelt werden, können neue Marktbereiche angesprochen werden. Die Nachfrage nach nachhaltigen Rohstoffen wird gesteigert, womit ein schrittweiser Entwicklungsweg in Richtung einer „Biomasse basierten Wirtschaft“ eingeleitet werden kann. Diese Trends werden in aktuellen Analysen und Gesprächen mit österreichischen Unternehmen bestätigt, z.B. AGRANA, Papier- und Zellstoff-Industrie, Biotreibstoff-Industrie.

6 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

6.1 Erkenntnisse für das Projektteam

Es werden im Folgenden die wesentlichen Erkenntnisse für das Projektteam anhand der einzelnen Projektergebnisse beschrieben.

6.1.1 Bioraffinerie-Klassifikationssystems

Das vom Projektteam entwickelte Klassifikationssystem für Bioraffinerien wurde von der Task 42 übernommen und gemeinsam weiterentwickelt. Dieses Klassifikationssystem wurde international sehr interessiert aufgenommen und wird nun nach und nach in einschlägigen Arbeiten angewandt. Durch dieses Klassifikationssystem ist es nun möglich, die Diskussionen zu den sehr unterschiedlichen Bioraffineriekonzepten sehr strukturiert zu führen, da die vereinheitlichte Darstellung der Konzepte auf Basis des Klassifikationssystems die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den einzelnen Konzepten deutlicher darstellt. Ausgehend von diesem Klassifikationssystem wurden auch erste Überlegungen zur Ermittlung eines „Biorefinery Complexity Index“ in Anlehnung an den Nelson Complexity Index für Ölraffinerien angestellt. Erst weiterführende Arbeiten können zeigen, ob dieser Ansatz zur Komplexität von Bioraffinerien für die Entwicklung und den Betrieb von Bioraffinerien Bedeutung erlangen kann.

6.1.2 Beschreibung der interessantesten Biomaterialien

Wie erwartet hat sich gezeigt, dass eine große Bandbreite unterschiedlicher Biomaterialien in Bioraffinerien erzeugt werden können. Das industrielle und wirtschaftliche Interesse an den einzelnen Biomaterialien ist sehr unterschiedlich und die möglichen zukünftigen Marktvolumina lassen sich derzeit z. T. nur schwer abschätzen. Heute scheinen vor allem Biomaterialen, die sich aus öl- und zuckerhaltigen Ausgangsstoffen (bzw. Plattformen) erzeugen lassen, recht interessant zu sein, zukünftig werden jedoch weitere Ausgangsstoffe an Bedeutung gewinnen.

6.1.3 Entwicklungspotentiale für Biotreibstoff-orientierte Bioraffinerien

Die bis 2025 interessantesten Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien zeigen auf, dass gerade jene Biotreibstoffe (Biodiesel, Bioethanol, Biomethan, synthetische Biotreibstoffe), die gut mit der derzeitigen Infrastruktur für fossile Treib- bzw. Brennstoffe kompatibel sind, auch in den nächsten Jahren am bedeutendsten sein werden. Grund hierfür ist die einfache Markteinführung dieser

Biotreibstoffe, z.B. Beimischung zu Benzin, Diesel oder Erdgas, und damit der einfache Zugang zum Absatz auf dem Energiemarkt. Die bei der Erzeugung anfallenden Biomaterialien können wesentlich zur Verbesserung der Erlössituation beitragen und nutzen die unterschiedlichen Bestandteile der biogenen Rohstoffe optimal. Zukünftig werden vor allem lignozellulose Rohstoffe an Bedeutung gewinnen, wie auch andere Biomaterialien, die vor allem aus öl- und stärkehaltigen Rohstoffen erzeugt werden können. Die zukünftige Optimierung der Nutzung der Rohstoffe für Bioenergie und Biomaterialien wird weiter an Bedeutung gewinnen. Diese Bedeutung hängt neben den politischen Rahmenbedingen auch von den zu erzielenden Marktpreisen für Energie und Materialien ab.

6.1.4 Entwicklungspotentiale für produkt-orientierte Bioraffinerien

Die produkt-orientierten Bioraffinerien stehen nicht so sehr im Mittelpunkt der Aktivitäten der IEA Bioenergy Task 42, da sich die IEA generell die sichere, effiziente und kostengünstige Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern aus Biomasse zum Ziel gesetzt hat. Jedoch können vor allem die Reststoffe aus den produkt-orientierten Bioraffinerien, die nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand zur stofflichen Nutzung weiterverarbeitet werden können, eine sehr interessante Ausgangsbasis zur Erzeugung von Energie sein.

6.1.5 Nachhaltigkeitsbewertungen anhand von Fallbeispielen

Es gelingt zunehmend, die Nachhaltigkeitsbewertungen von Bioraffinerien auf einem international anerkannten methodischen Grundrahmen aufzubauen. Neben der Analyse der ökonomischen, ökologischen und sozialen Dimensionen der Nachhaltigkeit sowie der Zugrundelegung der gesamten Wertschöpfungskette – vom Rohstoff über die Verarbeitung in der Bioraffinerie und der Nutzung bis hin zur Entsorgung – ist vor allem die Festlegung des Referenzsystems eine besondere Herausforderung. Es zeigt sich, dass eine Bewertung der Nachhaltigkeit von Bioraffinerien immer nur anhand konkret ausgewählter Bioraffinerien bzw. Konzepte möglich ist, eine Verallgemeinerung von einzelnen Beispielen auf Bioraffinerien insgesamt ist nicht möglich. Daher kann auch aus Sicht der Nachhaltigkeit keine generelle Aussage getroffen werden, ob die energie- oder produkt-orientierte Bioraffinerie günstiger zu bewerten ist. Sehr wohl kann die Nachhaltigkeit jedoch für einzelne Rohstoffe und deren unterschiedliche konkrete Nutzungskonzepte bewertet werden. Ein erstes Set an Nachhaltigkeitskriterien liegt vor und wird zukünftig weiter entwickelt.

6.1.6 Globale Perspektiven von Bioraffinerien

Aufgrund der Notwendigkeit zukünftig verstärkt erneuerbare Rohstoffe und Energie zu nutzen sowie der begrenzten Verfügbarkeit nachhaltiger biogener Rohstoffe zeigt sich, dass zukünftig die Bedeutung von Bioraffinerien stark zunehmen wird. Da Bioraffinerien das Potential haben, die biogenen Rohstoffe für ein breites Spektrum an Produkten optimal zu nutzen – Nahrungs-Futtermittel, Biotreibstoffe, Biochemikalien, Biomaterialen, Strom und Wärme – wird die Bioraffinerie in einer zukünftigen „biobased economy“ weltweit eine zentrale Rolle spielen.

6.1.7 Publikationen, Vorträge und Aussendungen zu aktuellen Aspekten und Erkenntnissen zu Bioraffinerien in der Task 42

Durch die umfangreichen Tätigkeiten ist es gelungen, die Aktivitäten der Task 42 sowie die österreichischen Stärkefelder im Bereich der Bioraffinerie (inter)national darzustellen. Die dabei entstandenen Diskussionen und Gesprächen haben dazu beigetragen, weitere Ideen und Anregungen sowie auch kritische Rückmeldungen in den laufenden Arbeiten zu berücksichtigen.

6.1.8 Österreichische Stakeholder mit deren Interessen und Bioraffinerie-Erfahrungen

Der kontinuierliche Wissens- und Erfahrungsaustausch mit den Stakeholdern ermöglicht es, das breite und multidisziplinäre Bioraffinerieumfeld optimal „auszuleuchten“, um ein gemeinsames und abgestimmtes Vorgehen bei der Entwicklung und Umsetzung von Bioraffinerien zu unterstützen.

6.1.9 Österreichischer Länderbericht zu Bioraffinerien

Der österreichische Länderbericht zu Bioraffinerien zeigt, dass Österreich im Bereich der Bioraffinerie im internationalen Vergleich gut aufgestellt ist. Es gibt bereits einige unterschiedliche Bioraffinerien, die in Österreich kommerziell betrieben werden. Eine ganze Reihe von erfolgreichen Demonstrationsanlagen von Bioraffinerien zeigt zukünftige Entwicklungspotentiale in Österreich auf. Schon die heute genutzten biogenen Rohstoffe sind in Zukunft ein idealer Ansatzpunkt, um weitere Bioraffineriekonzepte zu realisieren.

6.1.10 Dokumentation der Task 42 Meetings sowie der transnationalen Workshops

Die Dokumentation der Meetings und Workshops stellen einerseits den internationalen Wissens- und Diskussionsstand zu Bioraffinerien dar, andererseits kann im Laufe der Jahre verfolgt werden,

wie neue bzw. andere Aspekte in den Vordergrund der internationalen Bemühungen und Forschungsaktivitäten im Bereich der Bioraffinerie rücken, z.B. „Teller-Tank-Diskussion“, Algen.

6.1.11 Bioraffinerie-Trainingskurse

Die Bioraffinerie-Trainingskurse zeigen, dass das Interesse an Bioraffinerien von jungen ForscherInnen, StudentenInnen sowie der Wirtschaft und Industrie stetig zunimmt. Durch die internationalen Trainingskure gelingt es, diesem Wissens- und Informationsbedarf adäquat zu begegnen. Es zeigt sich, dass die spezifischen österreichischen Erfahrungen und Forschungsbemühungen mit großem Interesse aufgenommen werden

6.2 Weiternutzung der Ergebnisse im Projektteam

Das Projektteam wird die Ergebnisse in Zukunft für die Weiterentwicklung von Bioraffineriekonzepten nutzen, die u. a. im Rahmen von (inter)nationalen Forschungs- und Demonstrationsprojekten vorangetrieben werden. Weiters werden die Ergebnisse zukünftig genutzt, um die österreichische Industrie und Wirtschaft beim Aufbau einer „biobased economy“ zu unterstützen. Mit den Ergebnissen können zukünftig die eigenen Stärkefelder noch besser positioniert und ausgebaut werden.

6.3 Relevante Zielgruppen für die Projektergebnisse

Die Zielgruppen in Österreich sind im Wesentlichen durch die Mitglieder im National Team abgedeckt, die aus der Industrie, der Forschung, der Verwaltung, und von Verbänden sowie Interessenvertretungen kommen. Dies sind jene Stakeholder, die derzeitig und zukünftig in Österreich die Bioraffinerie-Aktivitäten maßgeblich vorantreiben und gestalten.

7 Ausblick und Empfehlungen

7.1 Einleitung

Die Task 42 der IEA Bioenergie ist ein Expertengremium, welches die unterschiedlichen nationalen Zugänge, Expertisen und Erfahrungen zum Thema Bioraffinerie zusammenfasst und welches sich in besondere Weise dazu eignet, eine Fachdiskussion im größeren Kontext auf einer übergeordneten, internationalen Ebene durchzuführen. Wesentliche Inputs kommen in diesem

Zusammenhang auch aus Mitgliedsstatten außerhalb Europas (z.B. USA, Kanada, Australien sowie in Zukunft auch aus den neuen Taskmitgliedern Japan und Neuseeland). Somit ist die Task 42 auch in der Lage, Grundlagen für die Entwicklung von Strategien bzw. Empfehlungen aus der globalen Perspektive zu liefern. Dieses Potential als „global and strategic policy advior“ könnte zukünftig ausgebaut werden. Die IEA Bioenergy Task 42 könnte sich zukünftig in diesem Zusammenhang stärker als international anerkannter, kompetenter Expertenrat positionieren, welcher auch proaktive Empfehlungen für Politik und Wirtschaft der Task 42 Mitgliedsstaaten und darüber hinaus erarbeitet.

7.2 Resümee hinsichtlich der Zielerreichung

Als Resümee hinsichtlich der angestrebten Zielerreichung kann folgendes konkludiert werden:

- Durch eine Gesamtkoordination der österreichischen Beteiligung an dieser Task wurde eine weitere Vernetzung der österreichischen Aktivitäten im Bereich Bioraffinerie erreicht und ein bestmöglicher Informationsaustausch zwischen nationaler und internationaler Ebene gewährleistet.
- In der Arbeitsperiode 2010 - 2012 von IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries“ haben österreichische Vertreter mitgearbeitet und österreichische Beiträge wurden eingebracht
- Die methodische Vorgehensweise hat sich bewährt: Die Arbeiten wurden in enger Kooperation mit den internationalen Partnern der IEA Bioenergy Task 42 durchgeführt, wobei die folgenden zwei Arbeitsbereiche vorgesehen waren:
    1. Informationsaustausch: Sammlung, Aufbereitung und Auswertung von Informationen in Österreich, um die industrieorientierte und zukunftsweisende Entwicklungsperspektive für Bioraffinerien auszubauen.
    2. Netzwerkaufbau: Ausbau eines internationalen Bioraffinerie Netzwerkes zwischen Industrie, Forschung und Politik bzw. Verwaltung, um eine internationale Vernetzung zur Entwicklung mittel- und langfristiger gemeinsamer Perspektiven zu unterstützen.
- Wesentliche Ergebnisse und Schlussfolgerungen in folgenden Bereichen wurden erzielt:
    1. Weiterentwicklung des Bioraffinerie-Klassifikationssystems: Ausgehend vom in Österreich entwickelten und von der IEA Bioenergy Task 42 übernommenen Klassifikationssystems für Bioraffinerien wurden Ansätze für einen Komplexitätsindex in Analogie zur Erdölraffination „Nelson complexity index“ sowie Grundlagen für ein einheitliches Schema zur Darstellung von Bioraffineriekonzepten erarbeitet und mit einschlägigen Experten diskutiert.
    2. Identifizierung der interessantesten Biomaterialien: Es wurde eine Sammlung und Dokumentation der interessantesten Biomaterialien und Biochemikalien, die u. A.

gemeinsam mit Biotreibstoffen in Bioraffinerien zur Maximierung des ökonomischen und ökologischen Nutzens erzeugt werden können, erstellt.

3. Entwicklungspotentiale für energie- und produkt-orientierte Bioraffinerien: Es wurden 14 „Biotreibstoff-orientierte“ Bioraffineriekonzepte für die großvolumige Biotreibstoff-Erzeugung identifiziert und dokumentiert, die bereits heute oder bis 2025 besonders interessant sein könnten.
4. Leitfaden für Nachhaltigkeitsbewertungen: In der Task wurden grundlegende Informationen zur Nachhaltigkeitsbewertung von Bioraffinerien gesammelt und diskutiert, wobei der österreichische Beitrag die Umweltbewertung mit Lebenszyklusanalysen, insbesondere das Referenzsystem, umfasst. Hierzu wurde der methodische Rahmen und ein Fallbeispiel bearbeitet und dokumentiert.
5. Globale Perspektiven zu Bioraffinerien: In allen Aktivitäten der Task wurden die globalen Perspektiven zu Bioraffinerien diskutiert, wobei erwartet wurde, dass zukünftig die Bedeutung der Bioraffinerie in einer biobasierten Wirtschaft weiter an Bedeutung gewinnen wird, z.B. integrierte Nutzung von Biomasse für Nahrungs-, Futtermittel, Biomaterialien, Biochemikalien, Treibstoffe, Strom und Wärme.
6. Wissensverbreitung: fand bei folgenden Aktivitäten statt:
   - 6 Task Meetings
   - 3 Sessions zu Bioraffinerie bei internationalen Konferenzen
   - 4 Stakeholder-Workshops
   - 1 Experten-Workshop zu Grüner Bioraffinerie
   - 29 Vorträge bzw. Beiträge bei (inter)nationalen Veranstaltungen
   - 4 Bioraffinerie-Trainingskurse
7. Vernetzung und Stakeholder-Einbindung: Ergebnisse wurden bei Vorträgen und in Postern auf einschlägigen Veranstaltungen präsentiert, z.B. Poster „Innovative Biorefinery Concepts and their Assessment – Activities in IEA Bioenergy Task 42 Biorefinery“ beim Forum Economy 2011, (Linz, Nov. 2011). Ebenfalls wurden die österreichischen Stakeholder über das National Team eingebunden.
8. Länderbericht: Der österreichische Länderbericht zu Bioraffinerien wurde aktualisiert und in die im Rahmen der Task vorgesehene Struktur eingebracht.
9. Bioraffinerie-Trainingskurse: Beiträge in den Bereichen „Biofuel-driven Biorefinery Systems and Life Cycle Assessment“ und „Grüne Bioraffinerie“ bei den internationalen Bioraffinerie-Trainingskursen (Amsterdam 2010, Paris 2011, Wageningen 2012) und vier Fachbeiträge zu „Biorefining – Principles and Technologies“ bei einem finnischen Bioraffineriekurs (Joennsuu 2012).

7.3 Ausblick

Österreich wird auch in der nächsten Arbeitsperiode (2013 – 2015) wieder an der IEA Bioenergy Task 42 „Biorefinery“ mitarbeiten. Die Task 42 wird sich weiter mit der Analyse und Verbreitung von strategisch relevanter Information zu Bioraffinerie-Wertschöpfungsketten beschäftigen. Auf Basis dieser Information soll eine Unterstützung zur Umsetzung einer „BioEconomy“ mit folgenden Schwerpunkten gewährleistet werden:

- Bewertung der wesentlichen Marktentwicklungsaspekte für integrierte Bioraffinerien,
- Unterstützung der Industrie bei der Positionierung in einer zukünftigen „BioEconomy“,
- Analyse optimaler nachhaltiger Biomasse-Aufschließungsmethoden im Food- und Non Food-Bereich und
- Erarbeitung von Empfehlungen für die Politik zum Thema Realisierungserfordernisse.

8 Verzeichnisse

8.1.1 Literatur

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, Brussel 2006

FNR 2012: Roadmap Bioraffinerien der Deutschen Bundesregierung Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, www.bmbf.de/pub/roadmap_bioraffinerien.pdf, Mai 2012

Patel et al. 2006: Patel, M., Crank, M. Dornburg, V., Hermann, B., Roes, L., Hüsing, B., van Overbeek, L., Terrangni, F., Recchia, E. 2006. Medium and long-term opportunities and risks of the biotechnical production of bulk chemicals from renewable resources . The BREW project. Accessable http://www.projects.science.uu.nl/brew/programme.html

8.1.2 Abbildungen

Abbildung 1: European Roadmap for Biofuels (Quelle: Final report of the Biofuels Research Advisory Council 2006) 12

Abbildung 2: Merkmale einer Bioraffinerie 13

Abbildung 3: Definition einer Bioraffinerie in Task 42 13

Abbildung 4: Energie- und produkt-orientierte Bioraffinerien 14

Abbildung 5: Example of an integrated biorefinery complex, co-processing different feedstock (Quelle: Final report of the Biofuels Research Advisory Council 2006) 16

Abbildung 6: Biorefinery integrating biochemical and thermochemical transformation pathways, allowing energy-efficient use of a broad range of feedstock, and diversification of products (Quelle: Final report of the Biofuel Research Advisory Council 2006) 17

Abbildung 7: Schematische Darstellung der Verfahrenskette der Bioraffinerie 26

Abbildung 8: Schematische grafische Darstellung einer Bioraffinerie 27

Abbildung 9: Beispiele zur Klassifikation einiger Bioraffineriesysteme 31

Abbildung 10: Netzwerk zur Klassifikation der Bioraffineriesysteme 32

Abbildung 11: Anwendung des Klassifikationssystems für Bioraffinerien 33

Abbildung 12: „Nelson´s Complexity Index“ für Ölraffinerien 34

Abbildung 13: Beschreibung und möglicher Nutzen eines „Biorefinery Complexity Index“ 34

Abbildung 14: Ermittlung des „Biorefinery Complexity Index“ basierend auf den 4 Features des Klassifikationsschemas für Bioraffinerien 35

Abbildung 15: Grundlagen der Ermittlung des „Biorefinery Complexity Index“ 35

Abbildung 16: Anwendung des „Biorefinery Complexity Index“ auf das Fallbeispiel einer Bioethanol-Bioraffinerie 36

Abbildung 17: Anwendung des „Biorefinery Complexity Index“ auf erste Fallbeispiele 36

Abbildung 18: Anteil ausgewählter biobasierter Chemikalien im Verhältnis zum Markt der fossilen Referenzchemikalie für die drei Entwicklungsszenarien LOW, MEDIUM und HIGH für den Zeitraum 2010-2050; Quelle: Brew Study, 2006 39

Abbildung 19: Identifizierung der interessantesten Biomaterialien (Auswahl) 40

Abbildung 20: Auswahl der interessantesten Biotreibstoff-orientierten Bioraffinerien 42

Abbildung 21: 1-platform (oil) biorefinery using oilseed crops for biodiesel, glycerin and feed 47

Abbildung 22: 1-platform (oil) biorefinery using oil based residues&oilseed crops for biodiesel, glycerin and feed 47

Abbildung 23: 1-platform (C6 sugars) biorefinery using sugar&starch crops for bioethanol and feed 48

Abbildung 24: 3-platform (C6 sugars, bagasse, electricity&heat) biorefinery using sugar cane for bioethanol, electricity, heat, sugar and fertilizer 48

Abbildung 25: 4-platform (C6 sugars, C5 sugars, lignin, electricity&heat) biorefinery using straw for bioethanol, electricity, heat and feed....49

Abbildung 26: 3-platform (C5&C6 sugars, electricity&heat, lignin) biorefinery using wood chips for bioethanol, electricity, heat and phenols....49

Abbildung 27: 5-platform (biogas, biomethane, green pressate, fibres, electricity&heat) biorefinery using grass and manure for biomethane, lactic acid, biomaterials and fertilizer....50

Abbildung 28: 4-platform (electricity&heat, hydrogen, biomethane, syngas) biorefinery using wood chips for biomethane (SNG), hydrogen and carbon dioxide....50

Abbildung 29: 5-platform (C6 sugars, C5&C6 sugars, lignin, syngas, electricity&heat) biorefinery using starch crops and straw for bioethanol, FT-biofuels, feed, electricity and heat....51

Abbildung 30: 2-platform (electricity&heat, syngas) biorefinery using wood chips for FT-biofuels, electricity, heat and waxes with steam gasification....51

Abbildung 31: 3-platform (pyrolysis oil, syngas, electricity&heat) biorefinery using straw for FT-biofuels and methanol with oxygen gasification....52

Abbildung 32: 4-platform (pulp, syngas, electricity&heat) biorefinery using wood chips for FT-biofuels, electricity, heat and pulp....52

Abbildung 33: 5-platform (C5&C6 sugars, lignin&C6 sugars, electricity&heat) biorefinery using saw mill residues, wood chips and sulfite liquor for bioethanol, pulp&paper, electricity and heat....53

Abbildung 34: 4-platform (biogas, biomethane, oil, electricity&heat) biorefinery using algae for biodiesel, biomethane, electricity, heat and glycerin, omega 3 and fertilizer....53

Abbildung 35: Mögliche Prozessverschaltung zur Produktabtrennung von Milchsäure und Aminosäuren aus Silagepresssaft in der Grünen Bioraffinerie....59

Abbildung 36: Grundlagen der Nachhaltigkeitsbewertung umfasst ökonomische, ökologische und soziale Dimension in der gesamten Wertschöpfungskette im Lebenszyklus der Produkte der Bioraffinerie....62

Abbildung 37: The value chain approach for biorefineries....62

Abbildung 38: Was sind die konventionellen Systeme?....68

Abbildung 39: Grundlagen für den Vergleich....69

Abbildung 40: Beispiel 1: Grüne Bioraffinerie....69

Abbildung 41: Beispiel 2: IBUS Bioraffinerie in Dänemark....70

Abbildung 42: Beispiel 3: Holz-Bioraffinerie für Bioethanol und Phenole (Beispiel Österreich)....70

Abbildung 43: Beispiele für Entwicklungsansätze von Bioraffinerien: oben – Bottom-up, unten – Top-down (FNR 2012) 72

8.1.3 Tabellen

Tabelle 1: Liste der internationalen Task Mitglieder 23

Tabelle 2: Elemente der Klassifizierung von Bioraffinerien 27

Tabelle 3: Ausgewählte biobasierte Chemikalien mit der Referenzchemikalie fossilen Ursprungs für die Marktprognosen existieren 38

Tabelle 4: Auswahl von Themenstellung für die Entwicklung von produkt-orientierten Bioraffinerien in Österreich 58

9 Anhang

Country Report Austria

IEA Bioenergy Task 42 Report, Triennium 2010-2012

JOANNEUM RESEARCH

Annex

Figures and Tables

08.09.2011

1 Table of figures

Figure A 1 : Austrian total primary energy supply in 2008 (IEA, 2010) A-3
Figure A 2 : Renewable Energy Fuels in 2009 (Lebensministerium, 2009) A-4
Figure A 3 : Total primary energy supply including electricity in 2008 (STATISTIK AUSTRIA, 2010) A-5
Figure A 4 : Total primary energy supply excluding electricity trade 2008 (IEA, 2010) A-5
Figure A 5 : Share of total primary energy supply in 2008 excludes electricity (IEA, 2010) A-6
Figure A 6 : Predictions for 2020 (BMWFJ, 2010) A-7
Figure A 7 : Details of the renewable energy production and gross inland consumption on the renewable energy in Austria (BMWFJ, 2010) A-7
Figure A 8 : Gross inland consumption 2009 (Basisdaten, 2011) A-8
Figure A 9 : Gross inland consumption - renewable energy (Basisdaten, 2011) A-8
Figure A 10 : Gross inland consumption - Bioenergy 2009 (Basisdaten, 2011) A-10
Figure A 11 : Sources of the heat production in Austria in 2008 (IEA, 2010) A-10
Figure A 12 : Trend of installation of biomass furnaces (Basisdaten, 2011) A-11
Figure A 13 : Trend of installation of biomass furnaces <100kW for federal countries (LWKNÖ, 2010) A-12
Figure A 14 : Map of Austria showing the location of the heat power plants in 2010 (LWKNÖ, 2010) (Austrian Energy Agency, 2011) (Basisdaten, 2011) A-12
Figure A 15 : Power in Austria 2009 (Basisdaten, 2011) A-15
Figure A 16 : Green power in Austria 2010 (Basisdaten, 2011) A-15
Figure A 17 : Electricity from biomass CHP and renewable fraction of the total CHP electricity (Energy Agency). A-16
Figure A 18 : Heat from biomass CHP and renewable fraction of the total CHP-district heating (Energy Agency). A-16
Figure A 19: Requirement on fuels for Biomass-CHPs in Austria (Austrian Energy Agency, 2011) A-17
Figure A 20 : Biofuels in tons (Basisdaten, 2011) A-18
Figure A 21 : Demand for biofuels and alternative fuels in accordance with plans (Nationaler Biomasseaktionsplan , 2010) A-19
Figure A 22 : The size of the biogas plants, “Ökostrombericht” (E-Control, 2010) A-19
Figure A 23 : Trends of installation of green power plants, “Ökostrombericht” (E-Control, 2010) A-20
Figure A 24 : Biodiesel plants in Austria 2009 (ARGE, 2011) A-20
Figure A 25 : Biofuels production in Austria 2003-2010 (Basisdaten, 2011) A-21
Figure A 26 : Consumption of oil products in Austria (IEA, 2010) A-21
Figure A 27 : Production of petroleum refined product in Austria (IEA, 2002) A-22
Figure A 28 : Final energy consumpion for the transport sector (Basisdaten, 2011) A-22

2 List of tables

Table A 1 : Austrian total primary energy supply in 2008 (IEA, 2010) A-3
Table A 2 : Overview of total energy supply for national consumption in 2008 (STATISTIK AUSTRIA, 2010) A-4
Table A 3 : Final energy consumption - useful energy - 2009 by fuels (STATISTIK AUSTRIA, 2010) A-6
Table A 4 : Renewable energy fuels 2008-2009 (STATISTIK AUSTRIA, 2010) A-7
Table A 5 : Renewables and Waste in Austria in 2008 (IEA, 2010) A-9
Table A 6 : Sources of the heat production in 2008 (STATISTIK AUSTRIA, 2010) A-11
Table A 7: Assessment of wood demand according development forecasts for the heat, green electricity and biofuels (Nationaler Biomasseaktionsplan , 2010) A-12
Table A 8 : Electric generation mix for Austria 2008 (IEA, 2010) A-13
Table A 9 : Final energy consumption in Austria (Basisdaten, 2011) A-14
Table A 10 : Gross and net requirements (Lebensministerium, 2009) A-17
Table A 11 : Biomass plants (LWKNÖ, 2010) A-18
Table A 12 : Renewable energy (Nationaler Biomasseaktionsplan , 2010) A-21
Table A 13 : Domestic oil production by company (IEA, 2002). A-22
Table A 14 : Primary energy consumption in Austria (BP, 2010) A-23
Table A 15 : Indigenous Production of Crude Oil, NGL and Refinery Feedstocks (Includes Non-Crude) – 2009 - 2011 (IEA, 2010) A-23
Table A 16 : Net Deliveries in OECD Countries – 2009 - 2011 (IEA, 2010) A-23
Table A 17 : Closing Stock Levels : Total Oil 2011 (IEA, 2010) A-24
Table A 18 : Closing Stock Levels: Crude, NGL and Refinery Feedstocks 2011 (IEA, 2010) A-24
Table A 19 : Closing Stock Levels: Total Products 2011 (IEA, 2010) A-24
Table A 20 : Closing Stock Levels: Total Gasoline 2011 (IEA, 2010) A-24
Table A 21 : Closing Stock Levels: Residual Fuel Oil 2011 (IEA, 2010) A-24

Table A 1 : Austrian total primary energy supply in 2008 (IEA, 2010)

Energy	TPES (ktoe)	TPES (ktoe)	%
	2008	**2004**	
Coal and peat	3,637	3,964	11%
Crude oil	9,311	9,003	28%
Petroleum products (gasoline, diesel…)	3,398	5,258	10%
Natural gas	7,470	7,618	23%
Hydro	3,263	3,132	10%
Biomass and waste	5,415	3,749	17%
Other renewables	330	198	1%
Total	32,824	32,922	
Electricity	418		
Heat	4		

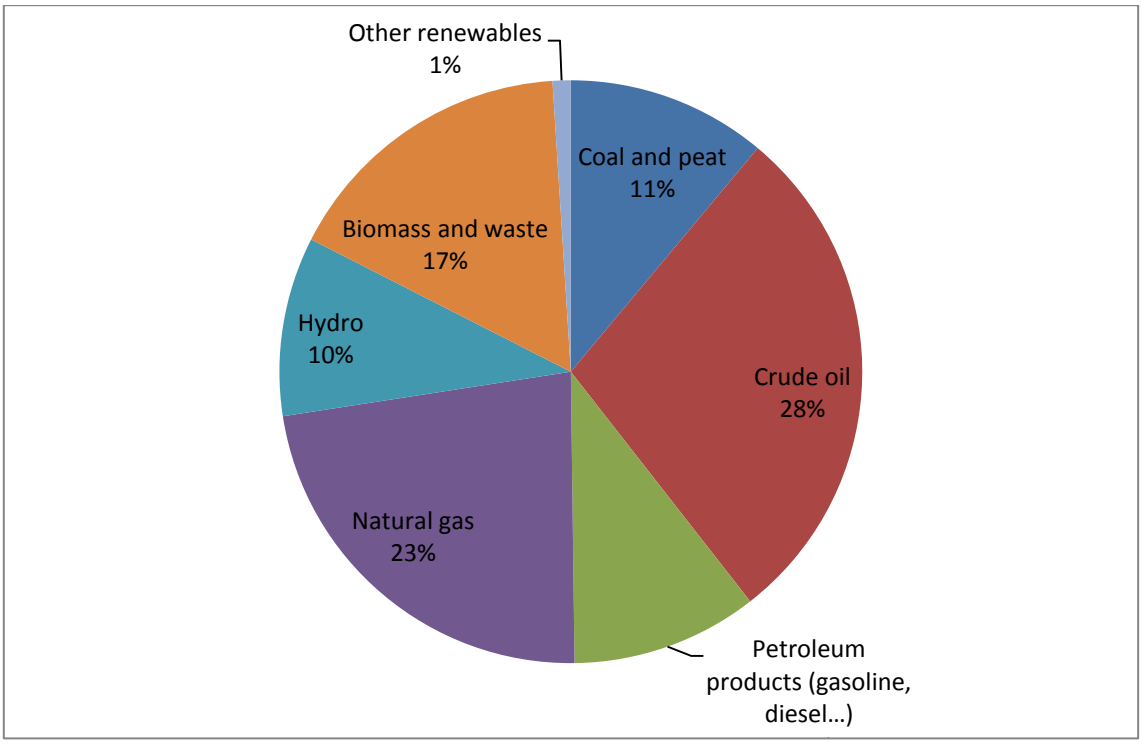


Figure A 1 : Austrian total primary energy supply in 2008 (IEA, 2010)

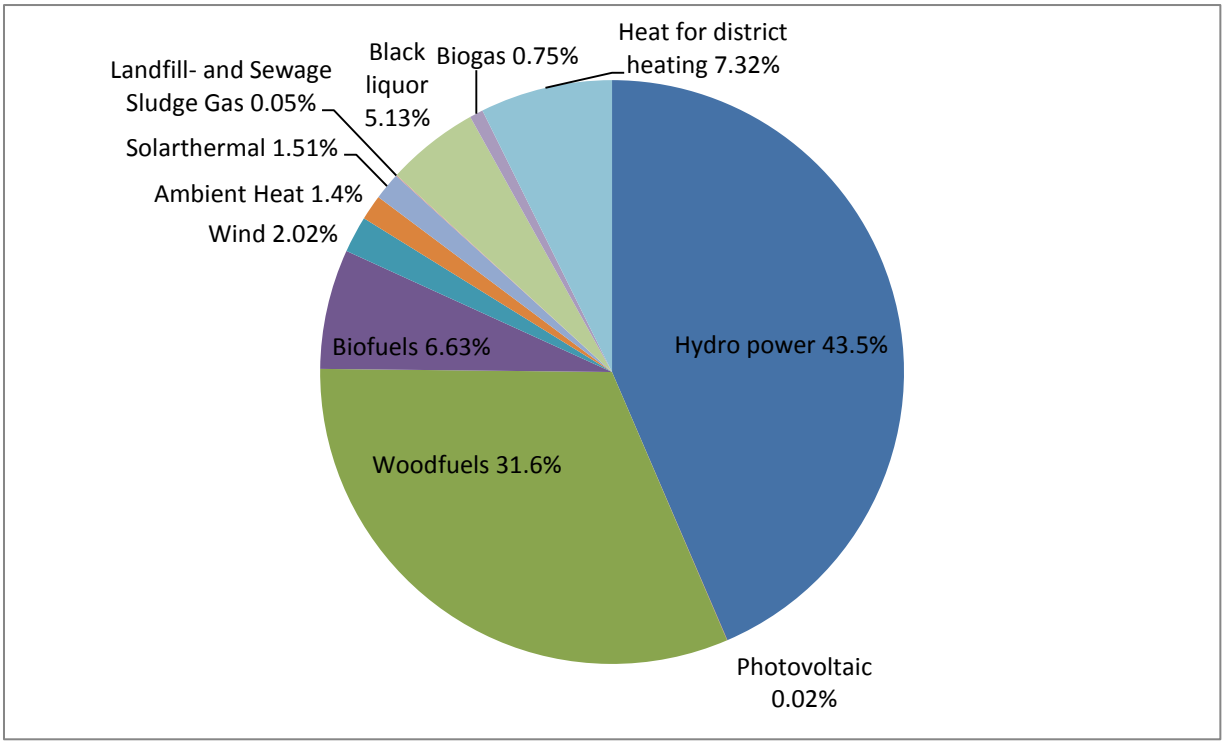


Figure A 2 : Renewable Energy Fuels in 2009 (Lebensministerium, 2009)

Table A 2 : Overview of total energy supply for national consumption in 2008 (STATISTIK AUSTRIA, 2010)

Fuels	**Gross inland consumption**	**Final energy consumption**
	PJ	
Hard coal	111.5	8.8
Lignite	2.6	2.6
Coke oven coke	37.9	9.9
Crude Oil	377.2	-
Refinery Feedstock	17.2	-
Gasoline	3.5	75.9
Kerosene	11.0	31.6
Diesel	120.8	247.2
Gas oil	29.0	71.2
Fuel oil	1.8	14.0
LPG	3.4	6.9
Other Oil Products	-1.3	1.2
Refinery Gas	-	-
Natural gas	315.9	188.8
Blast Furnace Gas	-	-
Coke oven gas	-	3.1
Waste	27.0	13.7
Fuel wood	63.5	63.5
Biofuels	136.1	67.3
Ambient heat and solar heat	10.1	9.3
Heat for district heating	-	62.2
Hydro power	136.6	-
Wind and Photovoltaic	7.4	-
Electricity	17.5	211.4
Total	**1,428.8**	**1,088.5**

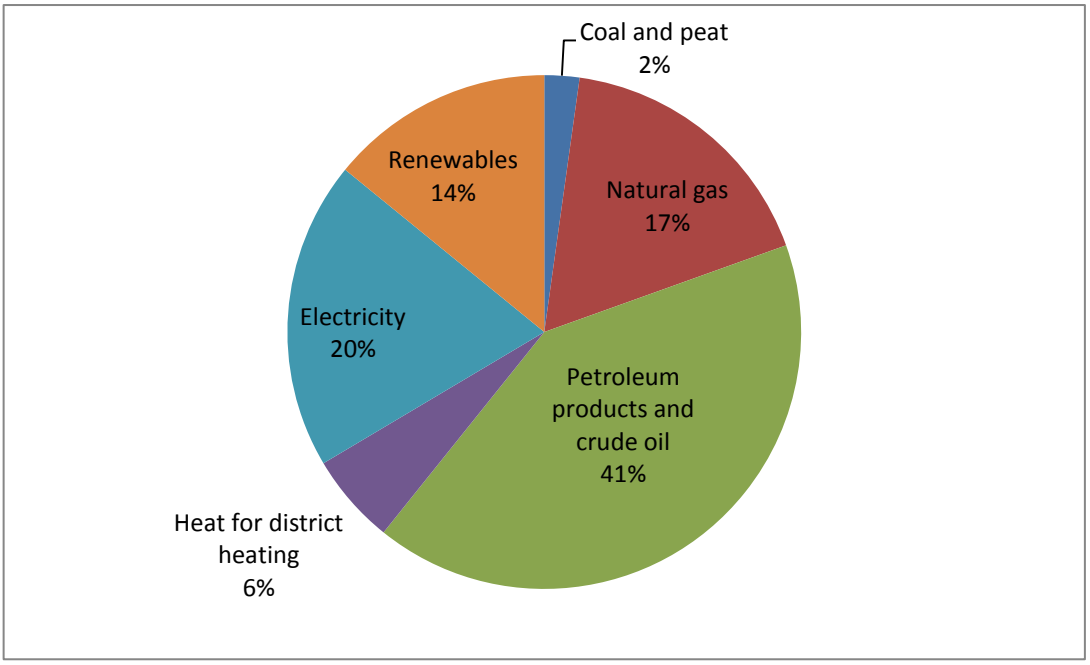


Figure A 3 : Total primary energy supply including electricity in 2008 (STATISTIK AUSTRIA, 2010)

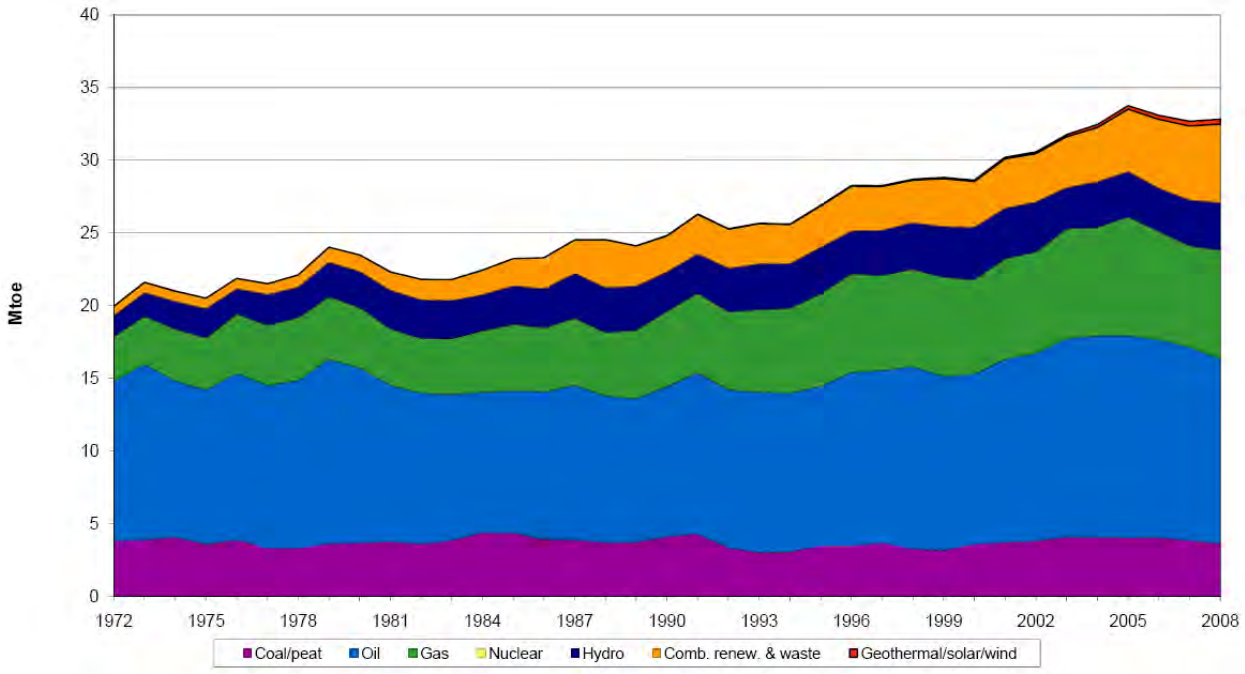


Figure A 4 : Total primary energy supply excluding electricity trade 2008 (IEA, 2010)

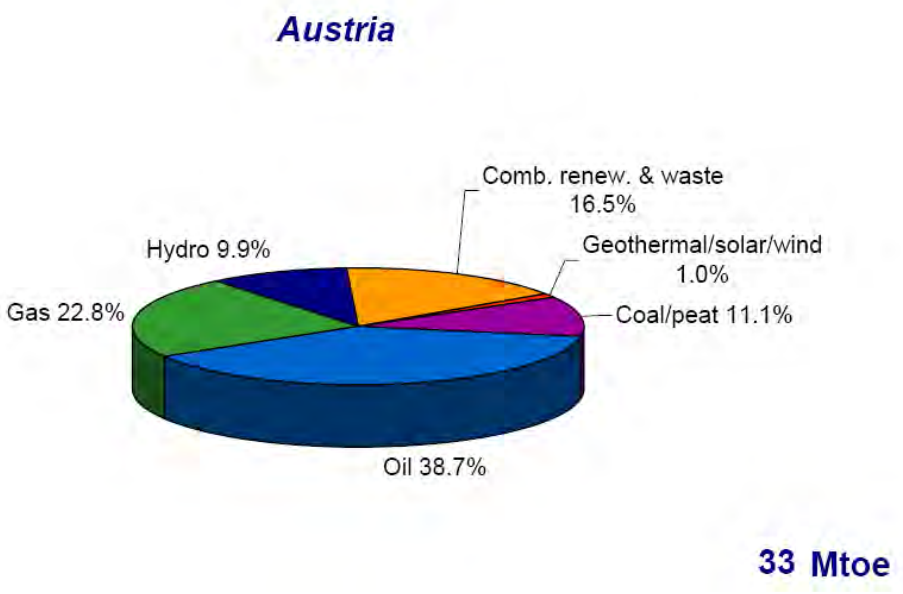


Figure A 5 : Share of total primary energy supply in 2008 excludes electricity (IEA, 2010)

Table A 3 : Final energy consumption - useful energy - 2009 by fuels (STATISTIK AUSTRIA, 2010)

Fuels	**Final energy consumption**
	PJ
Hard coal	8.3
Lignite	2.4
Coke oven coke	8.4
Petrol Coke	1.0
Fuel oil	11.0
Gas oil	63.3
Diesel	237.4
Gasoline	75.7
Kerosene	27.6
LPG	6.6
Natural gas	175.2
Electricity	208.4
Heat for district heating	63.5
Fuel wood	62.8
Biofuels	78.8
Waste	14.0
Ambient heat and Solar heat	10.2
Blast furnace gas	0
Coke oven gas	2.7
Peat	4
Total	**1,057.3**

Figure A 6 : Predictions for 2020 (BMWFJ, 2010)

Table A 4 : Renewable energy fuels 2008-2009 (STATISTIK AUSTRIA, 2010)

Fuels	2008	2009
Renewable heat in final energy consumption	130,595	129,251
Renewable power	160,053	162,972
Renewable heat for district heating	24,922	25,007
Biofuels	17,841	22,504
Total renewables	333,411	339,734
Gross inland consumption	1,192,327	1,128,532

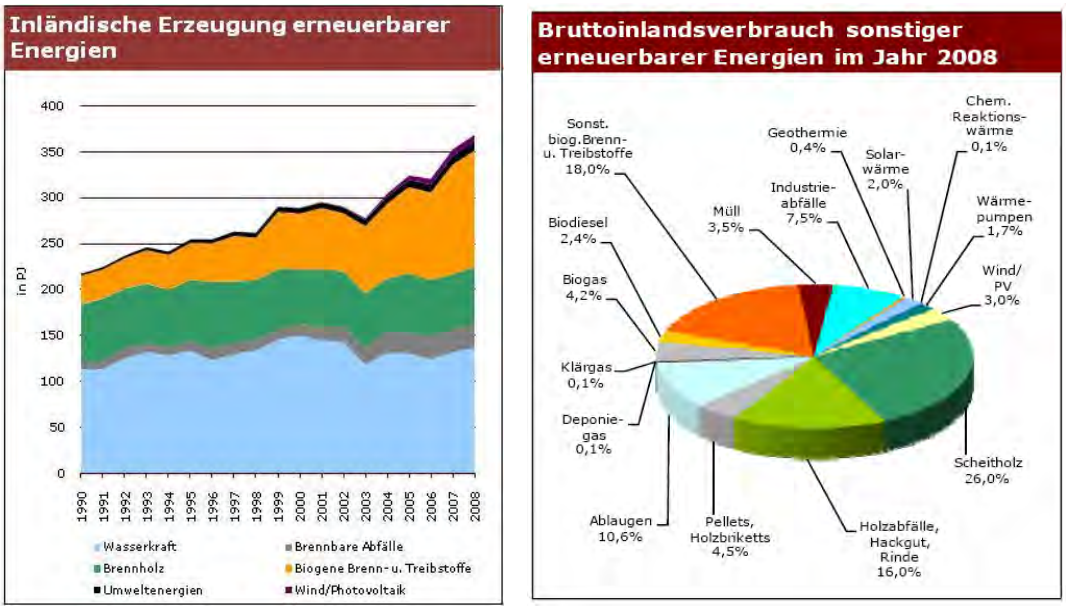


Figure A 7 : Details of the renewable energy production and gross inland consumption on the renewable energy in Austria (BMWFJ, 2010)

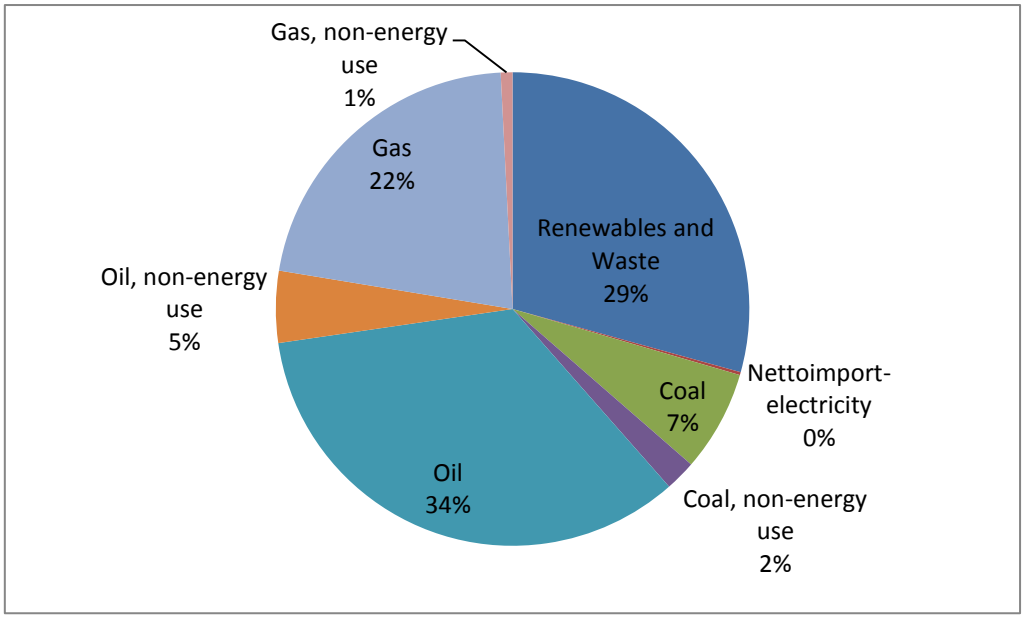


Figure A 8 : Gross inland consumption 2009 (Basisdaten, 2011)

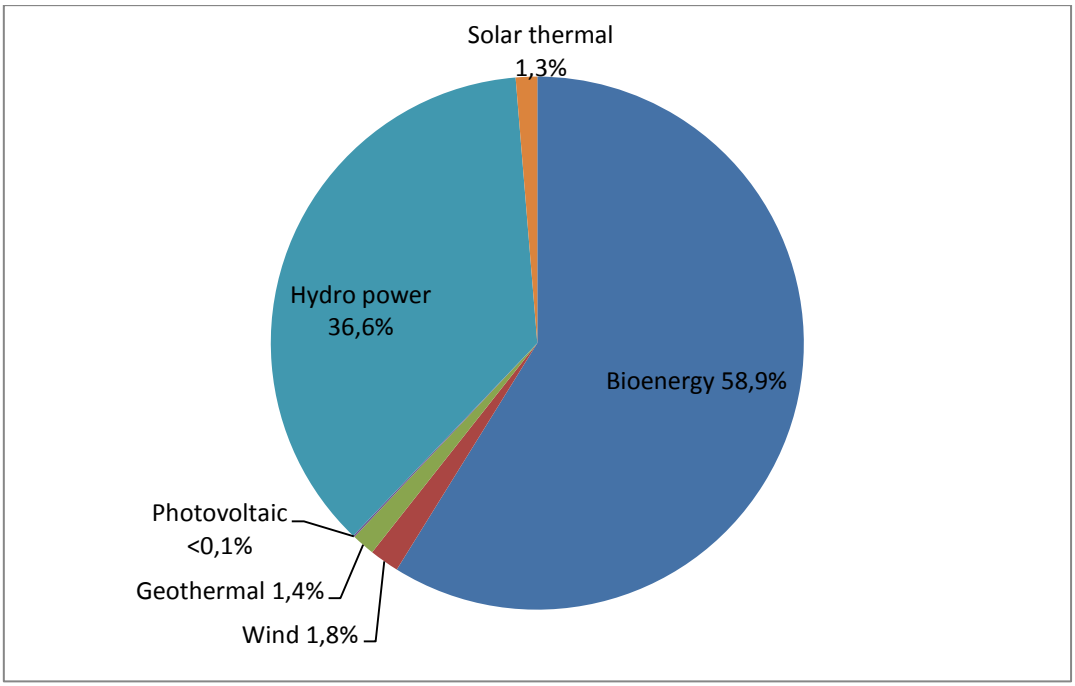


Figure A 9 : Gross inland consumption - renewable energy (Basisdaten, 2011)

Table A 5 : Renewables and Waste in Austria in 2008 (IEA, 2010)

	Gross Elec. Generation	Gross Heat Production	Percentage from Gross Elec. Generation	Percentage from Gross Heat Production
	GWh	*PJ*	*%*	*%*
Municipal Waste	363	3.5	0.8	11.5
Industrial Waste	390	0.6	0.8	2.1
Primary Solid Biomass	3,259	24.8	6.8	82.1
Biogas	968	0.4	2.0	1.3
Liquid Biofuels	37	0.3	0.1	0.8
Geothermal	2	0.7	0.0	2.2
Solar Thermal	0	0	-	-
Hydro	40,678		85.2	-
Solar thermal Photovoltaic	28		0.1	-
Tide, Wave, Ocean	0		-	-
Wind	2,014		4.2	-
Total	47,739.0	30.3	100.0	100.0

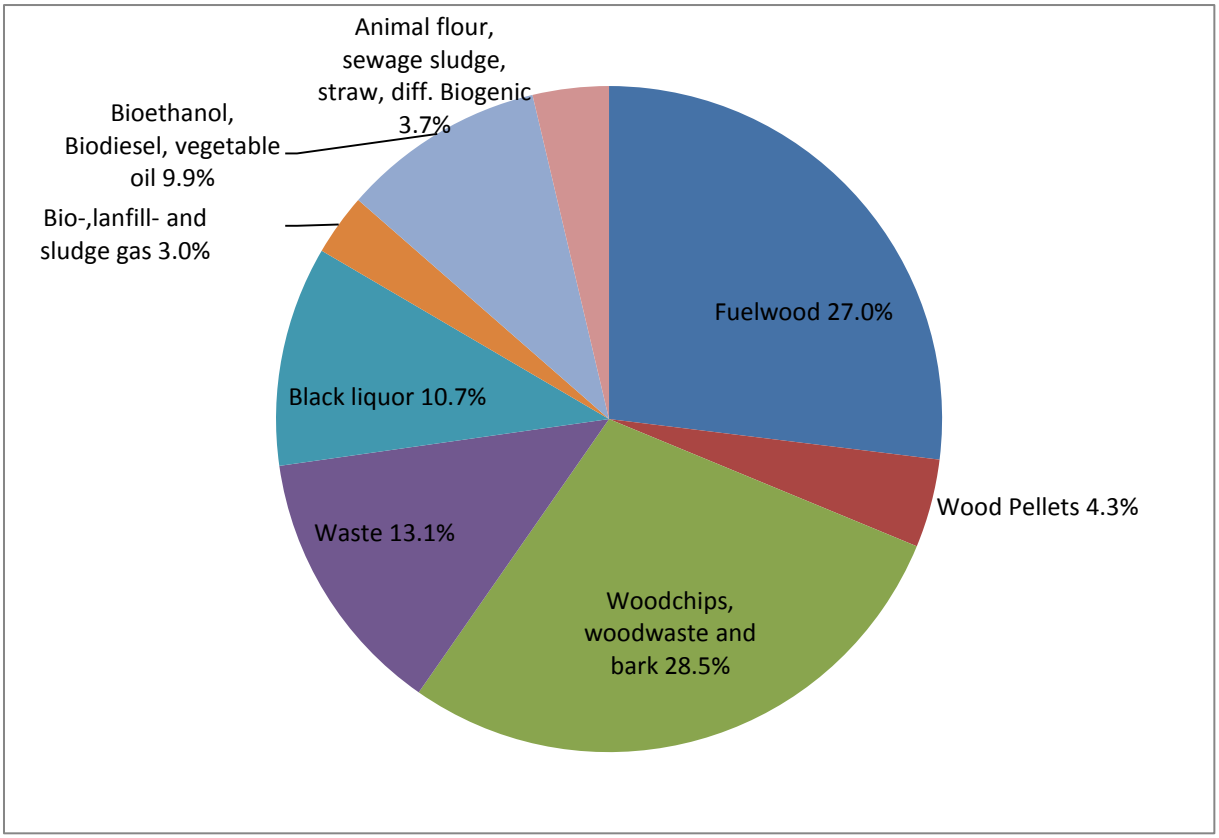


Figure A 10 : Gross inland consumption - Bioenergy 2009 (Basisdaten, 2011)

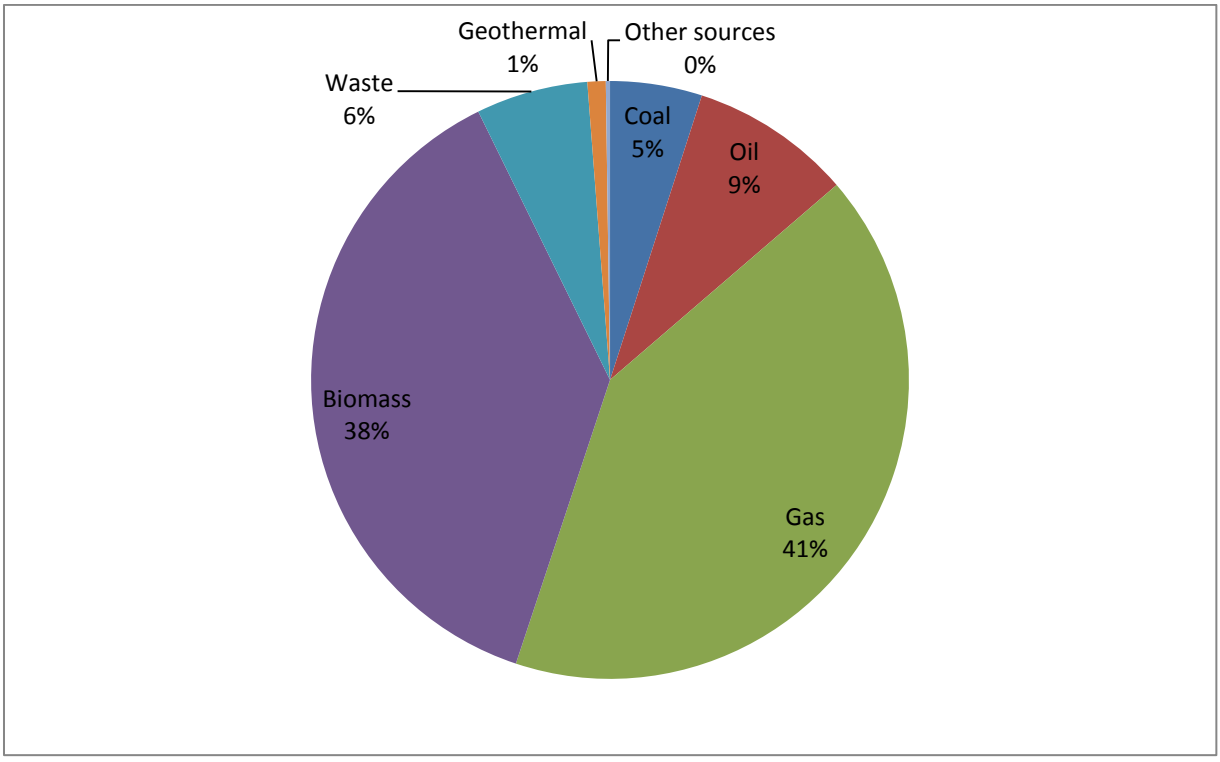


Figure A 11 : Sources of the heat production in Austria in 2008 (IEA, 2010)

Table A 6 : Sources of the heat production in 2008 (STATISTIK AUSTRIA, 2010)

Production from:	Heat	
	PJ	**%**
Coal	3.4	5.0
Oil	5.9	8.7
Gas	28.0	41.4
Biomass	25.5	37.6
Waste	4.1	6.1
Nuclear	0	0
Hydro	n.n.	n.n.
Geothermal	0.7	1.0
Solar PV	n.n.	n.n.
Solar thermal	0	0
Wind	0	0
Tide	0	0
Other sources	0.2	0.2
Total Production	**67.8**	**100**

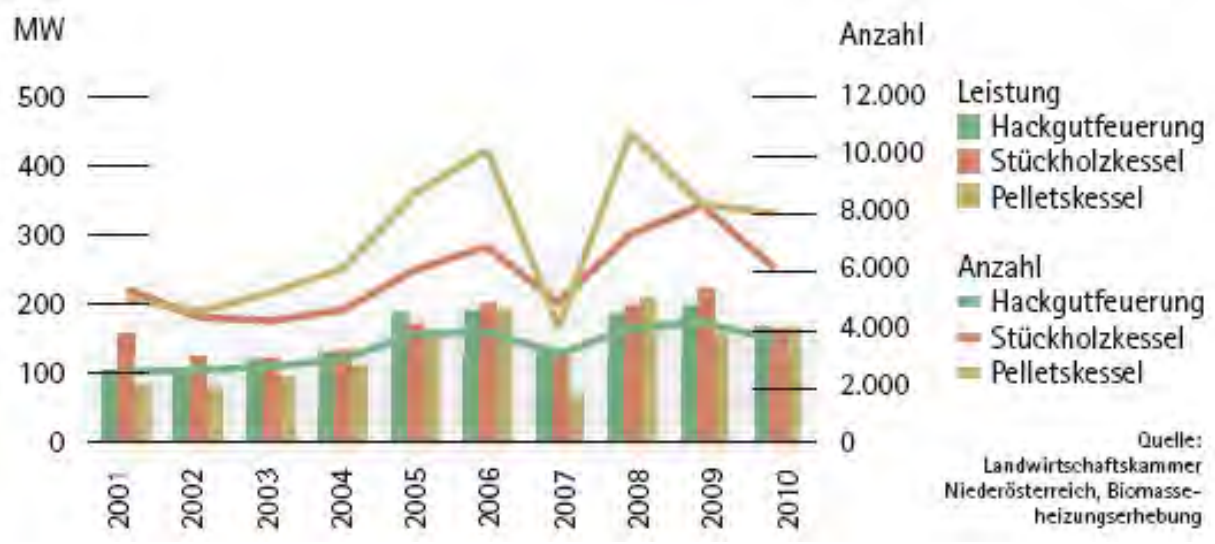


Figure A 12 : Trend of installation of biomass furnaces (Basisdaten, 2011)

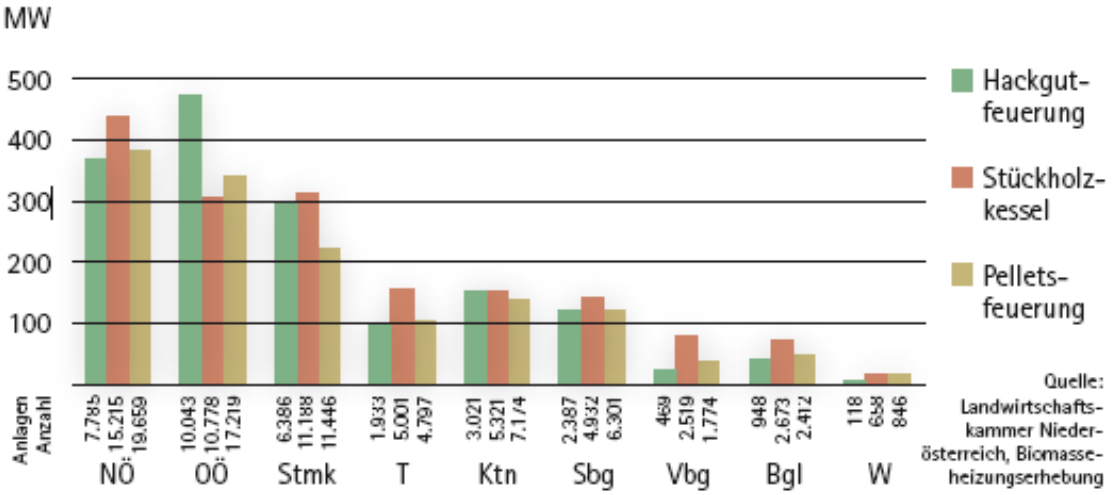


Figure A 13 : Trend of installation of biomass furnaces <100kW for federal countries (LWKNÖ, 2010)

Table A 7: Assessment of wood demand according development forecasts for the heat, green electricity and biofuels (Nationaler Biomasseaktionsplan , 2010)

			Forecast		Difference to 2004	
PJ	2002	2004	2010	2020	2010	2020
Heat	81.3	93.6	115.3	130	21.7	36.4
Green electricity	1.6	2.1	29.2	35.5	27.1	33.4
Biofuels	0	0	0	7.9	0	7.9
Total	82.9	95.7	144.5	173.4	48.8	77.7

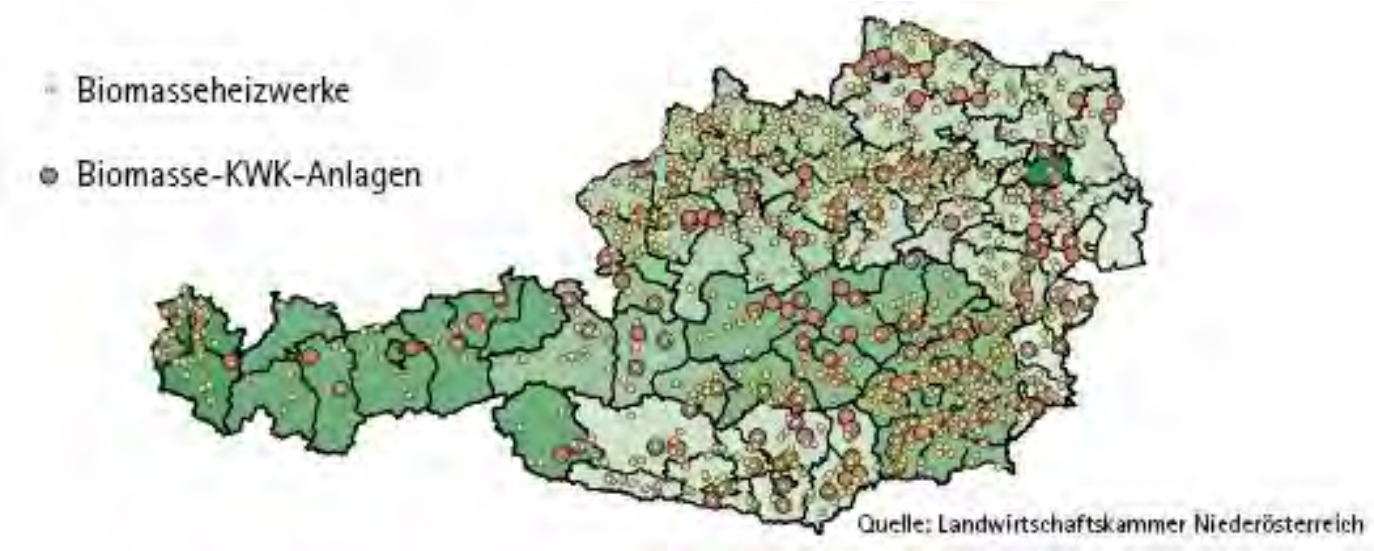


Figure A 14 : Map of Austria showing the location of the heat power plants in 2010 (LWKNÖ, 2010) (Austrian Energy Agency, 2011) (Basisdaten, 2011)

.

Table A 8 : Electric generation mix for Austria 2008 (IEA, 2010)

Source	GWh	%
Coal	6,898	10.28%
Oil	1,243	1.85%
Natural gas	11,204	16.70%
Biomass	4,264	6.35%
Waste	753	1.12%
Hydropower	40,678	60.62%
Solar PV	28	0.04%
Geothermal	2	0.003%
Wind	2,014	3.00%
Others	17	0.03 %
Total	67,101	

Table A 9 : Final energy consumption in Austria (Basisdaten, 2011)

	2005	2009	Potential 2015	Potential 2020
HEAT	PJ	PJ	PJ	PJ
Wood-based	97.2	95.4	103.9	110.9
Black liquor	15.6	17.5	18.4	19.0
Sewage Sludge Gas	0.3	0.3	0.3	0.3
Biogas	0.5	0.4	2.8	4.8
Other solid biofuels	2.2	5.5	6.5	7.4
Bioheat – single biomass combustion	**115.8**	**119.1**	**131.8**	**142.4**
Municipal Waste renewable	1.2	1.9	1.9	1.9
Wood-based	10.4	20.6	26.1	30.7
Biogas	0.2	0.4	1.0	1.4
Liquid biofuels	0.3	0.3	0.3	0.3
Black liquor	0.0	0.3	0.3	0.3
Other solid biofuels	0.6	0.9	2.5	3.8
Bioheat – Heat for the district heating	**12.7**	**24.5**	**32.1**	**38.4**
Heat from biomass - total	***128.5***	***143.5***	***163.9***	***180.9***
POWER	PJ	PJ	PJ	PJ
Municipal Waste renewable	1.0	1.1	1.1	1.1
Wood-based	2.6	7.3	8.4	9.3
Biogas	1.1	2.3	3.6	4.7
Liquid biofuels	0.2	0.1	0.1	0.1
Black liquor	4.0	4.0	4.4	4.6
Other solid biofuels	0.3	0.6	0.7	0.8
Power from biomass – total	***9.3***	***15.5***	***18.3***	***20.7***
BIOFUELS	PJ	PJ	PJ	PJ
Biofuels pure	**0.9**	**5.0**	**6.2**	**8.0**
Bioethanol - addition	0.0	2.7	4.9	5.3
Biodiesel - addition	1.4	14.9	17.6	22.3
Biofuels - addition	**1.4**	**17.5**	**22.5**	**27.7**
Biofuels total	***2.3***	***22.5***	***28.7***	***35.7***
TOTAL BIOENERGY	**140.2**	**181.5**	**210.9**	**237.2**

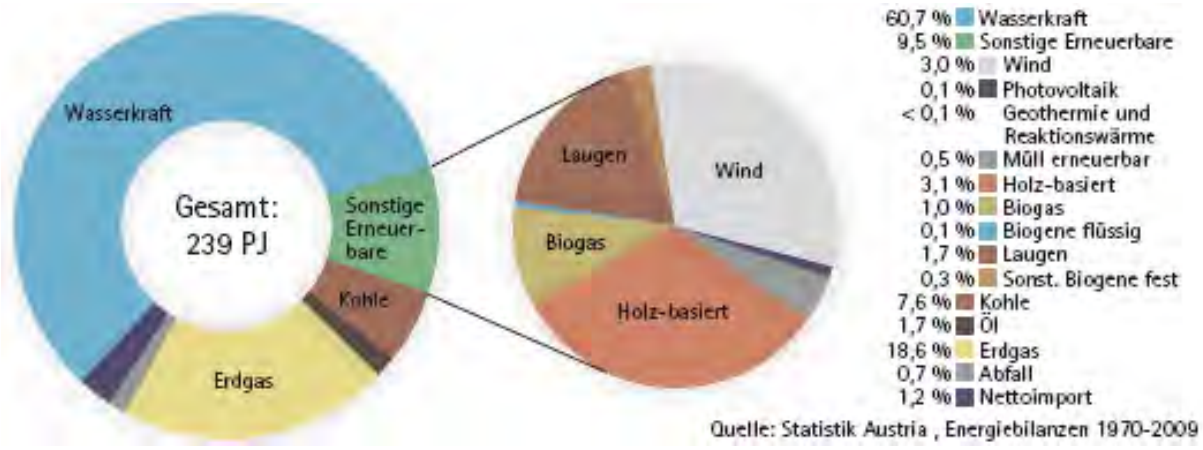


Figure A 15 : Power in Austria 2009 (Basisdaten, 2011)

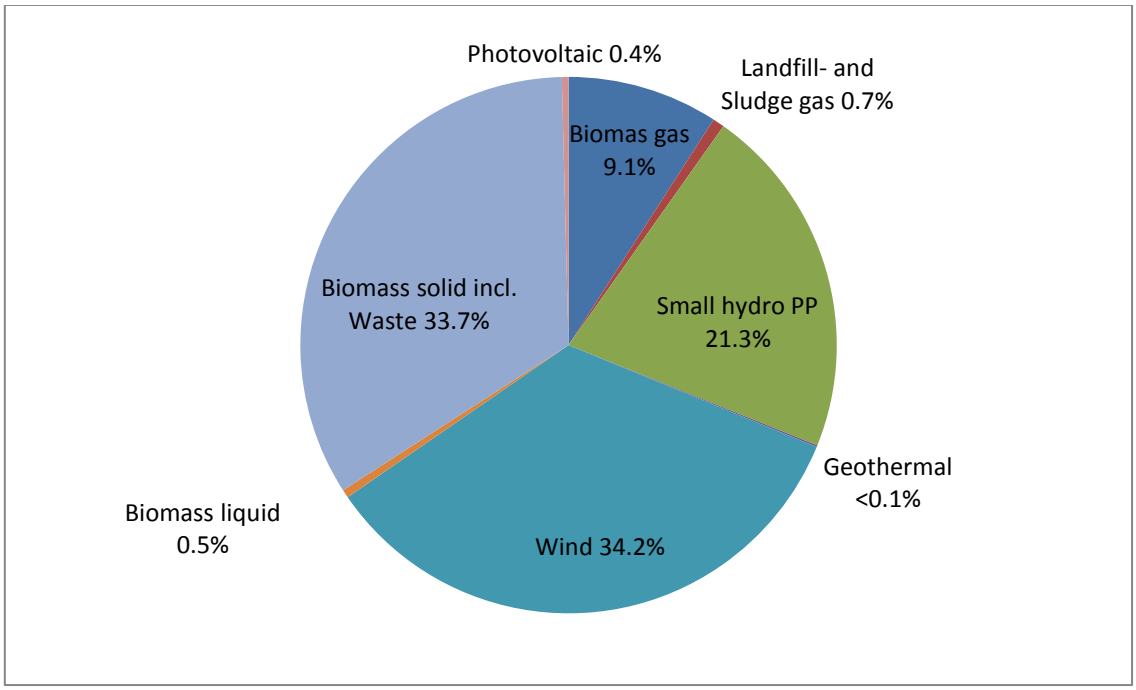


Figure A 16 : Green power in Austria 2010 (Basisdaten, 2011)

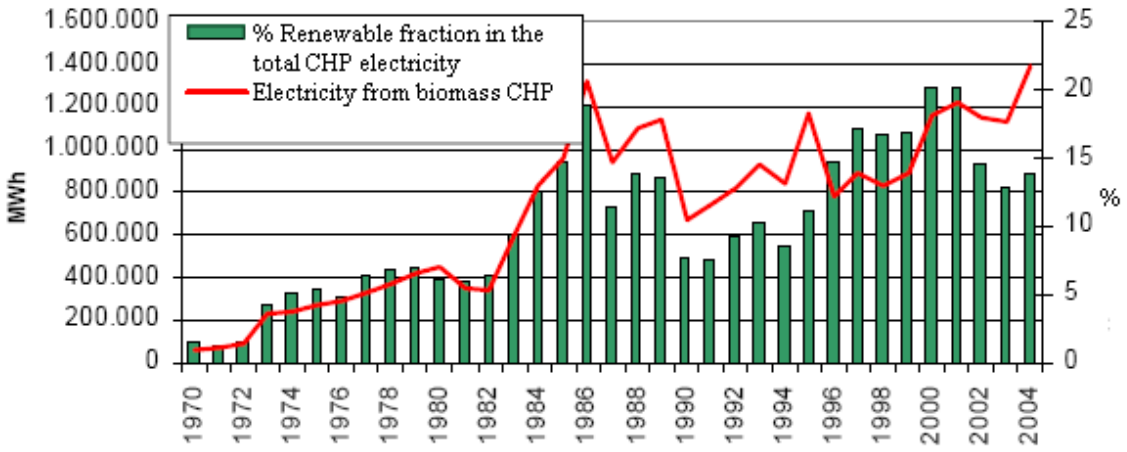


Figure A 17 : **Electricity from biomass CHP and renewable fraction of the total CHP electricity (Energy Agency).**

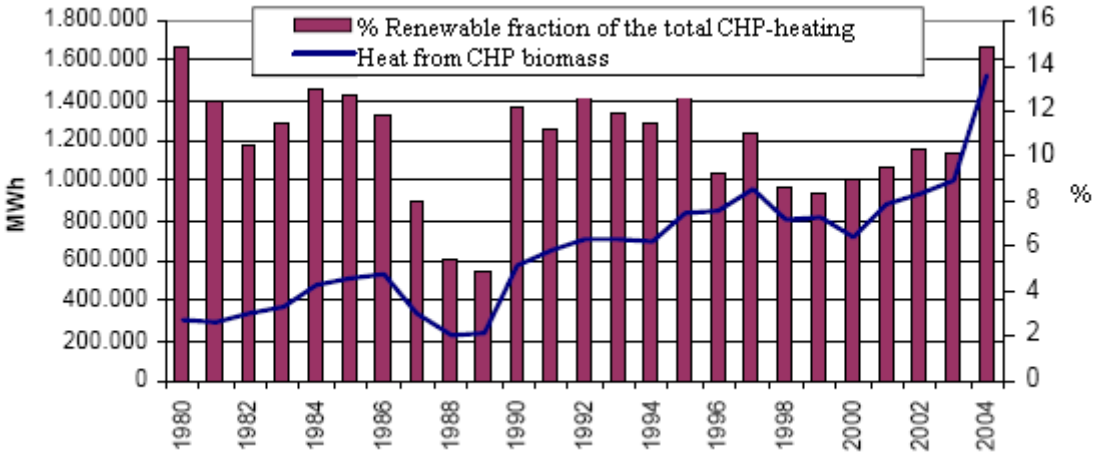


Figure A 18 : Heat from biomass CHP and renewable fraction of the total CHP-district heating (Energy Agency).

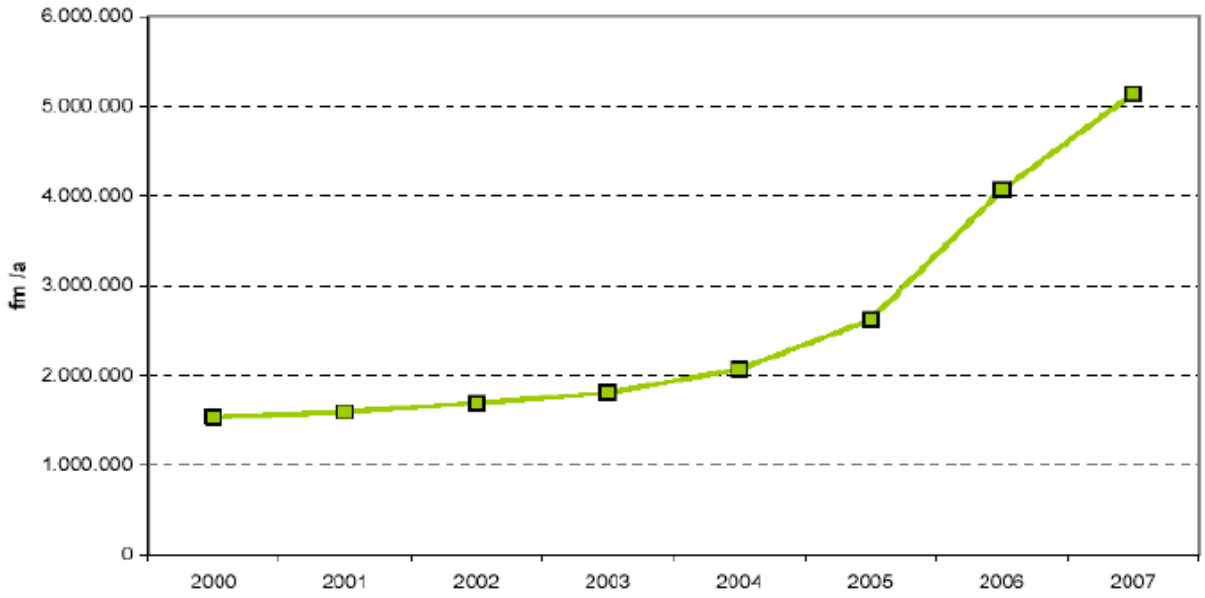


Figure A 19: Requirement on fuels for Biomass-CHPs in Austria (Austrian Energy Agency, 2011)

Table A 10 : Gross and net requirements (Lebensministerium, 2009)

	Gross requirements			Net requirement		
	2004	2010	2020	2004	2010	2020
	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ
Biomass solid	5.6	40.9	48.5	2.6	34	41.5
Therefrom wood for energy	5.1	36.1	42.4	2.1	29.2	35.5
Biomass gas	1	6.8	9	1	6.8	9
Biomass liquid	0.2	1.2	1.3	0.2	1.2	1.3
Landfill- and Sludge-Gas	1.1	1.9	1.9	1.1	1.9	1.9
Total	7.9	50.8	60.7	4.9	43.9	53.7
Therefrom electricity	3.9	20.2	21.5	2.4	17.4	19.1
Therefrom heat	4	30.6	39.2	2.5	26.5	34.6

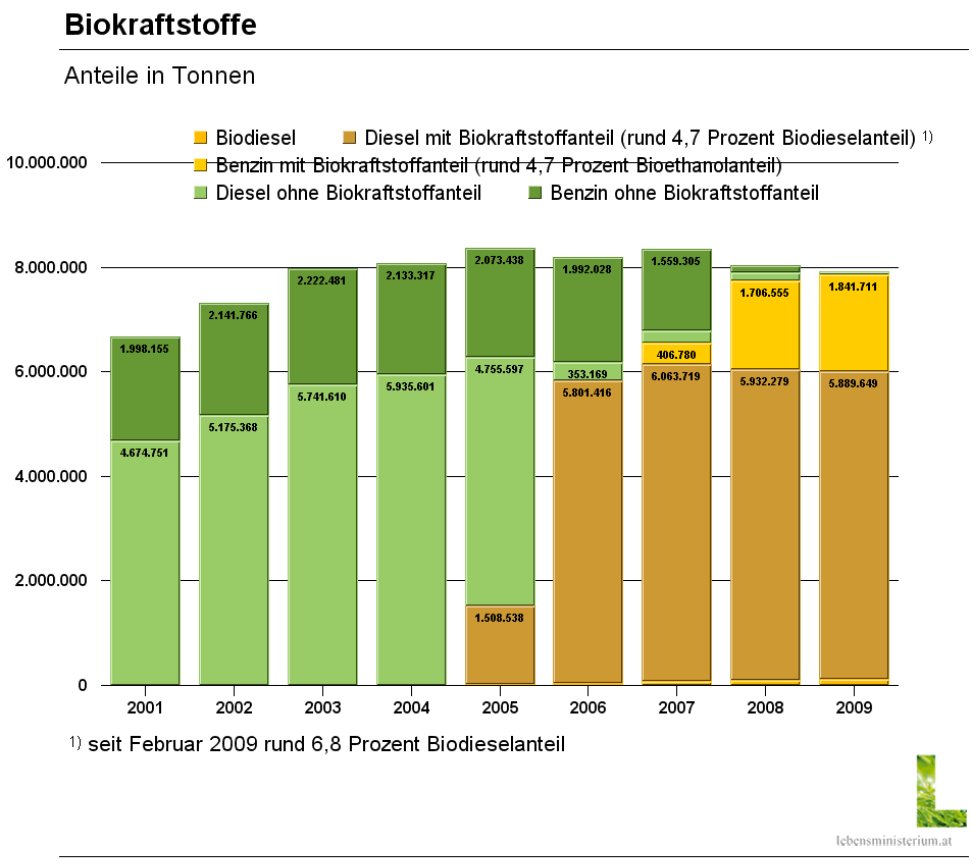


Figure A 20 : Biofuels in tons (Basisdaten, 2011)

Table A 11 : Biomass plants (LWKNÖ, 2010)

Biomass plants	2006	2007	2008
Small plants <100 kW			
Number of woodchips and pellet furnaces (plants)	14,416	6,971	15,197
Power in megawatts	397	217	411
Medium plants 101-1000 kW			
Number of woodchips furnaces (plants)	777	522	639
Power in megawatts	227	158	195
Big plants >1000 kW			
Number of woodchips and bark furnaces (plants)	82	88	57
Power in megawatts	320	198	106

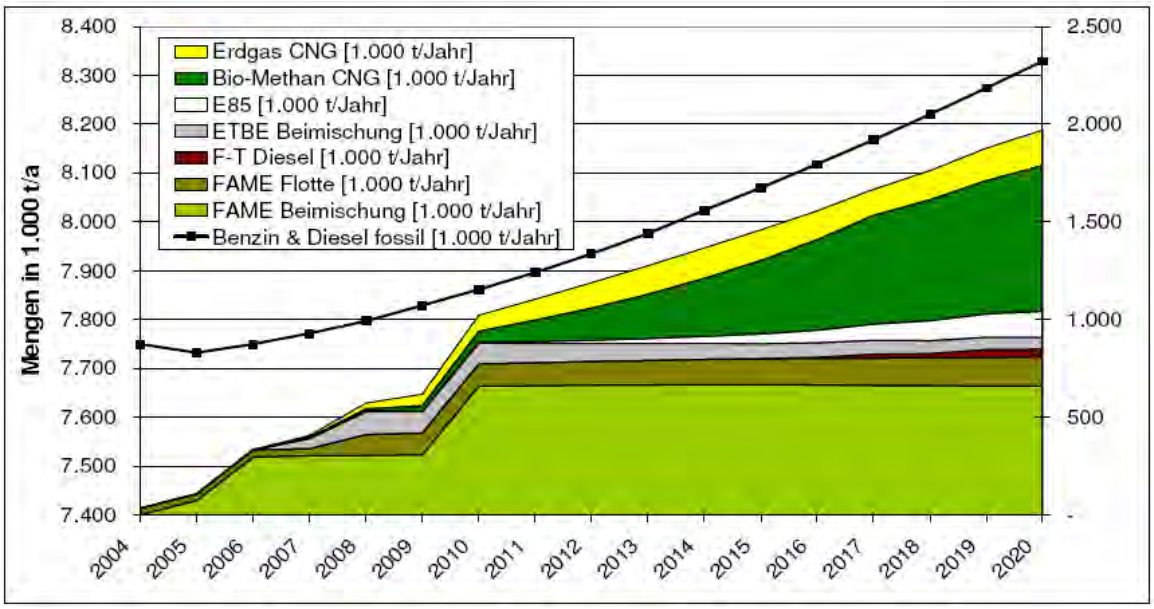


Figure A 21 : Demand for biofuels and alternative fuels in accordance with plans (Nationaler Biomasseaktionsplan , 2010)

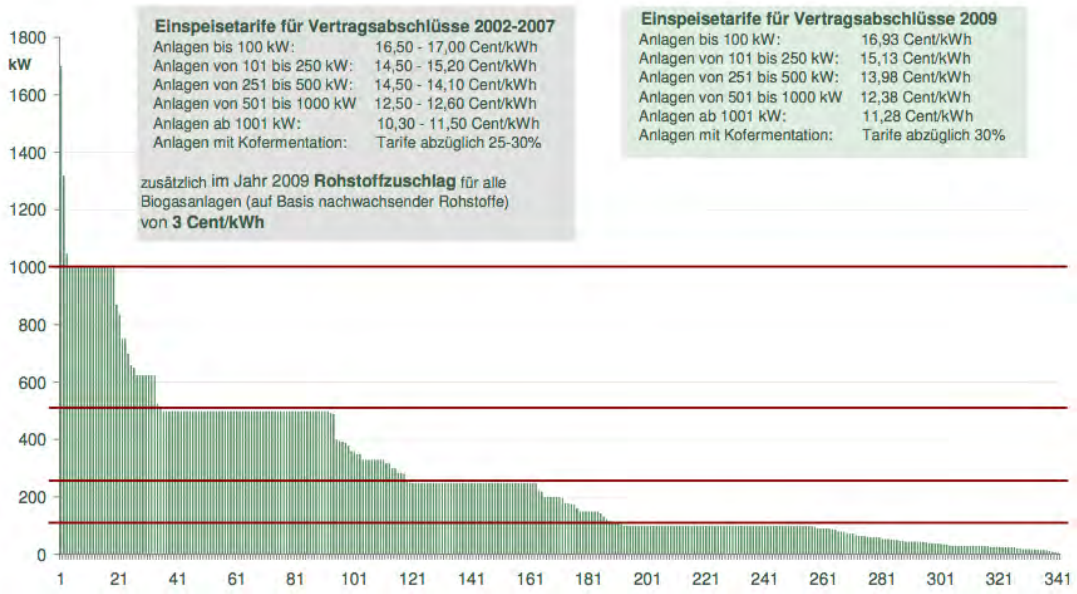


Figure A 22 : The size of the biogas plants, "Ökostrombericht" (E-Control, 2010)

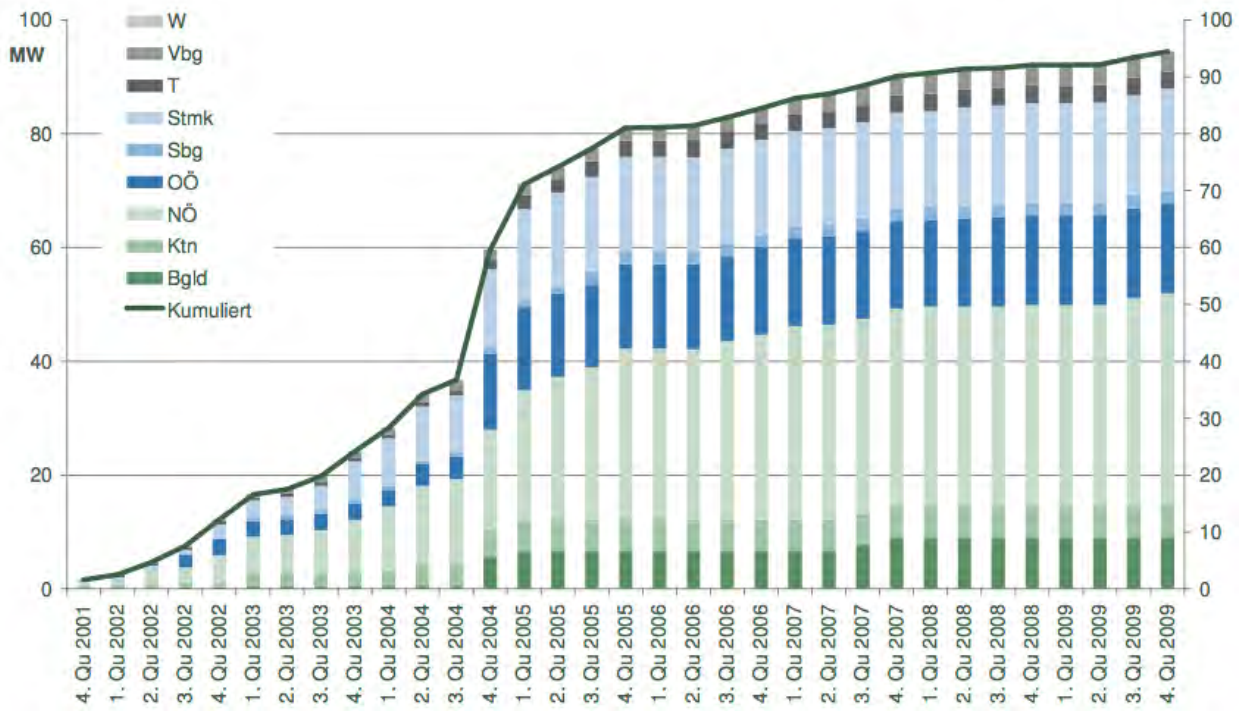


Figure A 23 : Trends of installation of green power plants, "Ökostrombericht" (E-Control, 2010)

Figure A 24 : Biodiesel plants in Austria 2009 **(ARGE, 2011)**

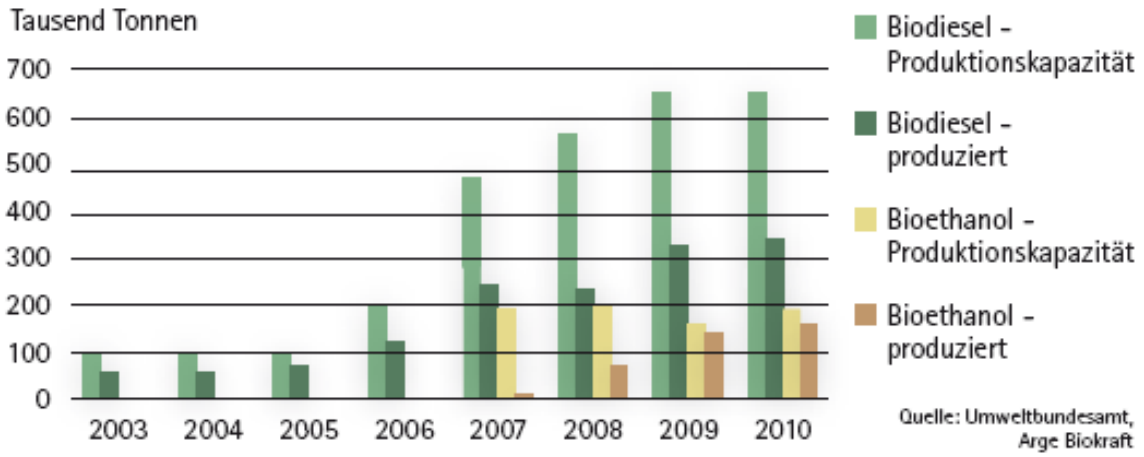


Figure A 25 : Biofuels production in Austria 2003-2010 **(Basisdaten, 2011)**

Table A 12 : Renewable energy (Nationaler Biomasseaktionsplan , 2010)

	2005	2010	2013	2015	2017	2020
	%	%	%	%	%	%
Heat and cooling energy	24,3	30,5	30,8	31,2	31,7	32,6
Electricity	60,8	69,3	70,7	71,2	71,4	70,6
Transport sector (incl. electricity)	2,3	6,8	7,2	7,7	8,5	11,4
Renewables on gross inland consumption	24,4	30,9	31,6	32,1	32,8	34,2

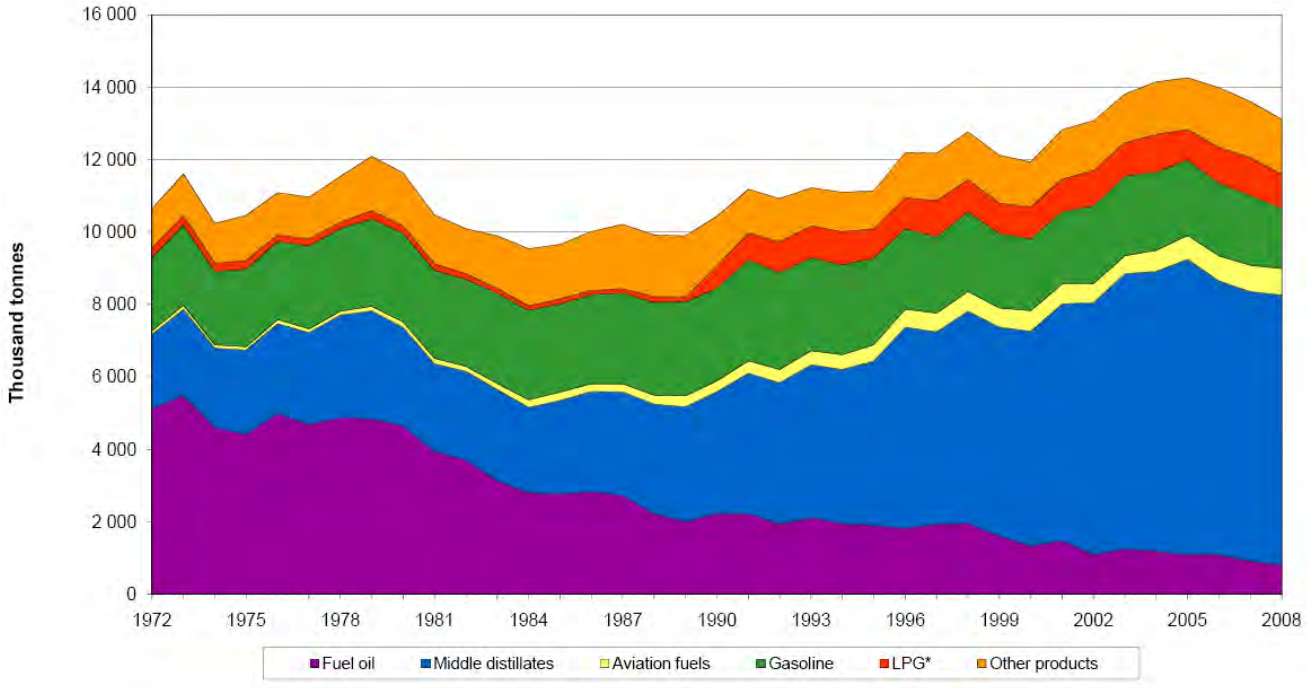


Figure A 26 : Consumption of oil products in Austria (IEA, 2010)

Table A 13 : Domestic oil production by company (IEA, 2002).

Company	*Production (tonnes)*	*Share of Total*
OMV	855 855	88.5 %
RAG	98 199	9.5 %
Van Sickle	19 354	2.0 %

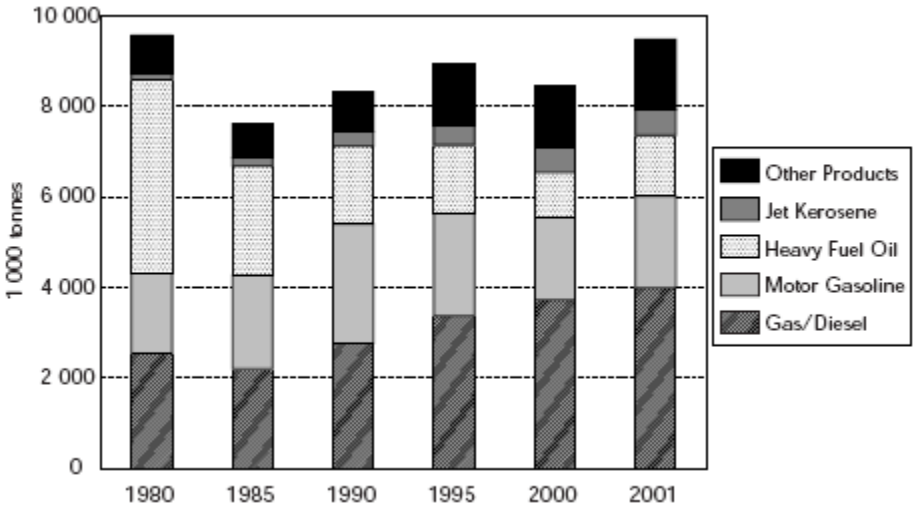


Figure A 27 : **Production of petroleum refined product in Austria (IEA, 2002).**

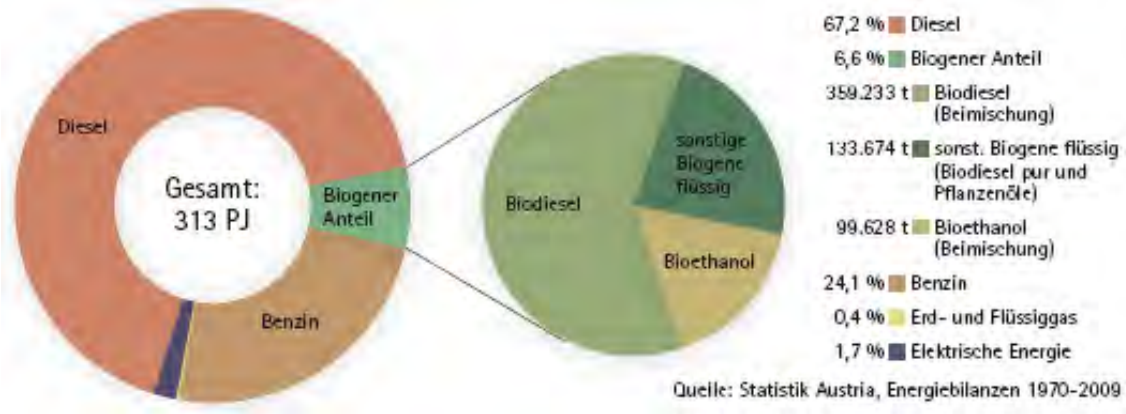


Figure A 28 : Final energy consumpion for the transport sector (Basisdaten, 2011)

Table A 14 : Primary energy consumption in Austria (BP, 2010)

		2009	2010
Oil consumption*	*Thousand barrels daily*	267	269
Oil consumption**	*Million tonnes*	13	13
Natural gas consumption	*Billion cubic metres*	9,3	10,1
Natural gas consumption	*Million tonnes oil equivalent*	8,4	9,1
Coal comsumption	*Million tonnes oil equivalent*	2,2	2
Nuclear energy	*Million tonnes oil equivalent*	0	0
Hydroelectricity	*Million tonnes oil equivalent*	8,2	7,8
Renewable energy	*Million tonnes oil equivalent*	1,4	1,4
Biofuelsproduction	*Thousand tonnes oil equivalent*	354	383
Primary energy consumption	*Million tonnes oil equivalent*	33,1	33,3

Table A 15 : Indigenous Production of Crude Oil, NGL and Refinery Feedstocks (Includes Non-Crude) – 2009 - 2011 (IEA, 2010)

2009	2010	2Q2010	3Q2010	4Q2010	1Q2011	May2011	Current Month	Year to Date
Thousand metric tons								
1048	1012	255	254	252	242	78	-10,3	-5,0

Table A 16 : Net Deliveries in OECD Countries – 2009 - 2011 (IEA, 2010)

	2009	2010	2Q2010	3Q2010	4Q2010	1Q2011	May2011	Current Month	Year to Date
Thousand metric tons									
Liquefied Petroleum Gases	144	162	37	41	44	38	12	-7,7	-4,7
Naphta	750	777	190	191	204	205	8	-88,4	-13,9
Total Gasoline	1841	1819	467	524	433	381	151	-0,7	-2,8
Total Kerosene	632	683	171	190	170	167	61	3,4	8,7
Gas/Diesel Oil	7441	7675	1840	2016	2056	1711	612	-2,2	-4,0
Residual Fuel Oil	658	715	124	117	208	185	20	-45,9	-33,8
Other Products	1964	1988	413	519	478	353	132	-6,4	-31,4
Total Products	20302	20535	4379	4854	5544	5197	1695	18,9	-0,6

Table A 17 : Closing Stock Levels : Total Oil 2011 (IEA, 2010)

2009	2010	2Q2010	3Q2010	4Q2010	1Q2011	May2011
Thousand metric tons						
3455	3178	3246	3089	3178	3063	3071

Table A 18 : Closing Stock Levels: Crude, NGL and Refinery Feedstocks 2011 (IEA, 2010)

2009	2010	2Q2010	3Q2010	4Q2010	1Q2011	May2011
Thousand metric tons						
1626	1541	1507	1341	1541	1405	1396

Table A 19 : Closing Stock Levels: Total Products 2011 (IEA, 2010)

2009	2010	2Q2010	3Q2010	4Q2010	1Q2011	May2011
Thousand metric tons						
1829	1637	1739	1748	1637	1658	1675

Table A 20 : Closing Stock Levels: Total Gasoline 2011 (IEA, 2010)

2009	2010	2Q2010	3Q2010	4Q2010	1Q2011	May2011
Thousand metric tons						
324	283	253	244	283	320	279

Table A 21 : Closing Stock Levels: Residual Fuel Oil 2011 (IEA, 2010)

2009	2010	2Q2010	3Q2010	4Q2010	1Q2011	May2011
Thousand metric tons						
733	606	664	714	606	516	532

3 References

AGRANA. (2009). http://www.aquagris.org/docs/workshop/vienna/07_Residues_from_sugar_and_starch_production_19_06_09_01.pdf

Lebensministerium. (2009). www.lebensministerium.at

LWKNÖ. (2010). Landwirtschaftskammer Niederösterreich.

BioKraft. (2010). www.biokraft-austria.at

BMWFJ. (2010). Bundesministerium für Wirtschaft, Jugend und Familie: www.bmwfj.gv.at

BP. (2010). British Petrol.

E-Control. (2010). /www.e-control.at

IEA. (2010). International Energy Agency: www.iea.org

(2010). *Nationaler Biomasseaktionsplan* .

Oil surveys. (2010). http://www.iea.org/stats/surveys/oilsurv.pdf

OMV. (2010). www.omv.at

STATISTIK AUSTRIA. (2010). http://www.statistik.at/

Algenproduktion. (2011). http://www.see-o-2.com/article6.htm

ARGE. (2011). www.biokraft-austria.a t

Austrian Energy Agency. (2011). Von www.energyagency.at abgerufen

Basisdaten. (2011). www.biomasseverband.at

Biogas. (2011). http://www.kompost-biogas.info

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. (2011). www.bmvit.gv.at (2011).

EEG. Erneuerbare Energien Gesetz, .

Fabrik der Zukunft. (2011). http://www.fabrikderzukunft.at/highlights/bioraffinerie/

IEE/TU Graz. (2011). www.tugraz.at

Nachhaltigwirtschaften. (2011). www.nachhaltigwirstschaften.at

JOANNEUM RESEARCH

IEA Bioenergy Task 42

Country Report Austria

08.09.2011

Gerfried Jungmeier
Vanja Subotić

JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH
Leonhardstrasse 59
8010 Graz
Austria

Web: www.joanneum.at

Summary

1 Country introduction 2
2 Energy production and consumption based on biomass 3
2.1 Current energy production and consumption 3
2.2 Current production renewable energy and energy from biomass 5
2.3 Import and export of biomass for bioenergy 7
2.4 Historical trends for energy consumption and use of biomass 8
2.5 Current bioenergy production a breakdown in areas 12
2.6 Biomass used for non-energy purpose 15
2.6.1 Current use of biomass for non-energy purpose 15
2.6.2 Examples of the production of specific materials or chemicals 15
2.6.3 Current trends 16
3 Policy issues related to biomass, bioenergy and biorefineries 17
3.1 Policy targets for energy – renewable energy, bioenergy, biofuels 17
3.2 Policies regarding biomass production and use for bioenergy 17
3.3 Policies regarding biorefineries or biomass derived products 19
4 Biorefinery related funding programs 19
4.1 Current situation regarding funding programs for bioenergy and biorefineries 19
4.2 Specific programs for biorefineries 19
5 Running commercial biorefineries 21
6 Demo and pilot plants 21
7 Major RTD activities 22
8 Stakeholders 24
9 Table of figures 27
10 List of tables 27
11 References 27

Annex: Figures and Tables

1 Country introduction

The Republic of Austria is a landlocked federal country comprising nine states. It has a total area of 83,850 km2 with a population of about 8.4 million. Utilized agricultural area takes about 38% (31.8·103 km2) and forest land takes about 40% (33.5·103 km2) of the total land area.That means a large potential for production of biomass, that might be used for heat, electricity, and products related biorefineries and bioenergy industries.

The energy sector is mainly based on fossil resources (38% oil, 11% coal and 23% natural gas). On the second place is renewable energy with 28 %, which makes the use of large scale hydropower and biomass in Austria one among the highest in Europe. The fossil fuels are also used for the non-energy use and it takes a part on the gross inland production together with the fossil fuels for the energy-use. If this part was subtracted, the percentage of the renewable energy was 31.7%.

The current government program forces an increase of the share of renewable energy in primary energy supply to 45% until 2020. One main element of this strategy is an offensive biomass strategy. The activities for the energy use of biomass are based on the National Biomass Action Plan for Austria. The National Biomass Action Plan shows that an increase of 256 PJ (6,144 Mtoe) is possible, which is 2.5 higher compared with 2004.

2 Energy production and consumption based on biomass

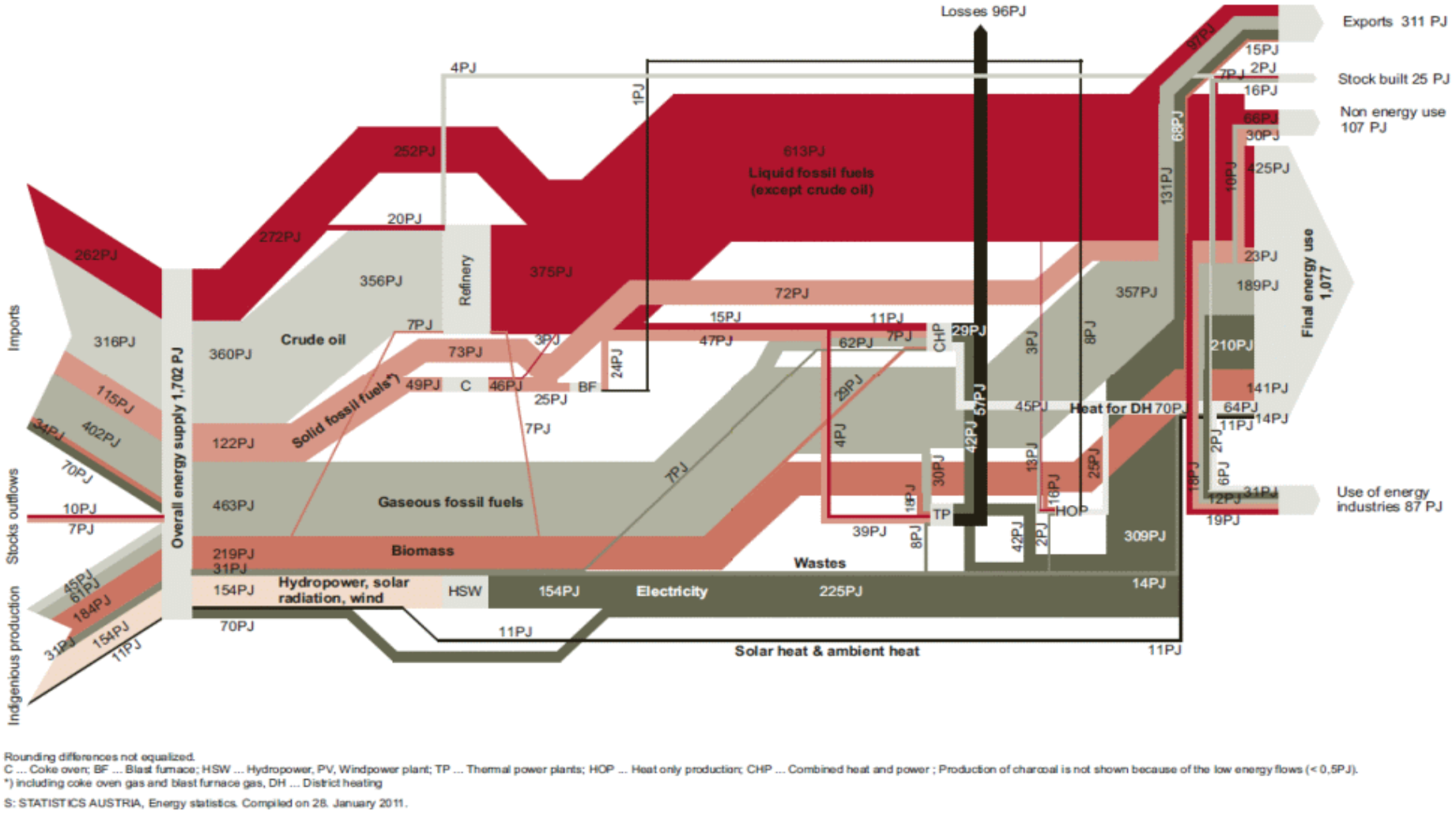
2.1 Current energy production and consumption

In Table 1 is shown the energy balance in 2009. The Figure 1 shows the energy flow chart for Austria in 2009.
Total gross inland energy consumption increased from 19.1 Mtoe (797 PJ) in 1970 to 36.5 Mtoe (1,073 PJ) in 2009.

Table 1 : Energy balances in 2009 (STATISTIK AUSTRIA, 2010)

Fuels	Gross inland consumption	Final energy consumption	Imports	Indigenious production
	PJ			
Hard coal	94.4	8.3	90.6	0
Lignite	1.7	1.7	2	0
BKB and Peat	0.8	0.8	0.8	0
Coke oven coke	25.1	8.4	23.6	0
Crude Oil	358.3	0	315.5	44.9
Refinery Feedstock	25.1	0	20.5	0
Gasoline	1.8	75.7	31.8	0
Kerosene	13.9	27.6	10	0
Diesel	107.6	237.4	142.7	0
Gas oil	28	63.3	30.2	0
Fuel oil	-4.024	11	4.4	0
LPG	4.2	6.6	4.5	0
Other Oil Products	-5.2	1	17.7	0
Refinery Gas	0	0	0	0
Natural gas	303.1	175.2	402.1	60.6
Blast Furnace Gas	0	0	0	0
Coke oven gas	0	2.7	0	0
Waste*	30.6	14	0	0
Fuel wood	63	63.8	7.2	56.7
Biofuels	140	78.8	27.3	127.1
Ambient heat and solar heat	9.9	9.9	0	9.9
Heat for district heating	0	63.6	0	0
Hydro power	145	0	0	145.1
Wind and Photovoltaic	7.2	0	0	7.2
Electricity	2.9	208.4	70.4	0
Total	**1,353.4**	**1,058.2**	**1,201.3**	**451.5**

*includes industrial waste, municipal waste non-renewable, municipal waste renewable and other waste



Rounding differences not equalized.
C ... Coke oven; BF ... Blast furnace; HSW ... Hydropower, PV, Windpower plant; TP ... Thermal power plants; HOP ... Heat only production; CHP ... Combined heat and power ; Production of charcoal is not shown because of the low energy flows (< 0,5PJ).
*) including coke oven gas and blast furnace gas, DH ... District heating

S: STATISTICS AUSTRIA, Energy statistics. Compiled on 28. January 2011.

Figure 1 : Energy flow chart for Austria in 2009 (STATISTIK AUSTRIA, 2010)

2.2 Current production renewable energy and energy from biomass

The share of renewables in gross inland consumption in 2009 was 31.7%. Gross inland consumption of renewable energy (mainly bioenergy and hydropower) has more than tripled since 1970 - from 3.0 Mtoe (124 PJ) to 9.5 Mtoe (397 PJ) in 2009. Of the total amount of renewables, bioenergy had the share of 58.9%. The bioenergy with 58.9% has a leader position among the renewable energy. That means there is a higher consumption on the bioenergy (biomass – solid, liquid and gas) than all other renewables together (wind, geothermal, solar thermal, photovoltaic, hydro power). The hydro power represented in 2009 about 37 %, but depends year to year on the water supply of the rivers. In recent years, there were relatively high increases in the range of solar thermal, photovoltaic and geothermal.

According to recent data, the amount of total final energy produced from renewable energy is 2.277 Mtoe (94,871 TJ) and the share of the biomass (solid, liquid, gas), without biofuels, in it is 32%. The share of biomass in power generation is 5% and in the heat generation about 65%.

This share of the biomass in final energy supply from renewables is shown in Table 2 and also in Figure 2.

Table 2 : Final energy supply from renewables (EEG, 2011)

	2010	2010	Percentage on the total final energy
POWER	GWh	PJ	%
Hydro power	41,267	148.6	43.5
Biomass (liquid, solid, gas)	2,566	9.2	2.7
Wind	1,915	6.9	2.0
Photovoltaic	21	0.1	0.02
Geothermal	2	0.01	0.002
Total power	45,771	164.8	48.2
HEAT			
Biomass	28,206	101.5	29.7
Heat for district heating	6,946	25.0	7.3
Black liquor	4,866	17.5	5.1
Solar thermal	1,429	5.1	1.5
Ambient heat	1,324	4.8	1.4
Geothermal	78	0.3	0.1
Total heat	42,849	154.3	45.2
BIOFUELS			
Biodiesel	4,127	14.9	4.4
Bioethanol	738	2.7	0.8
Other liquid biofuels	1,386	5.0	1.5
Total Biofuels	6,251	22.5	6.6
Total final energy from renewable energy	94,871	341.5	100

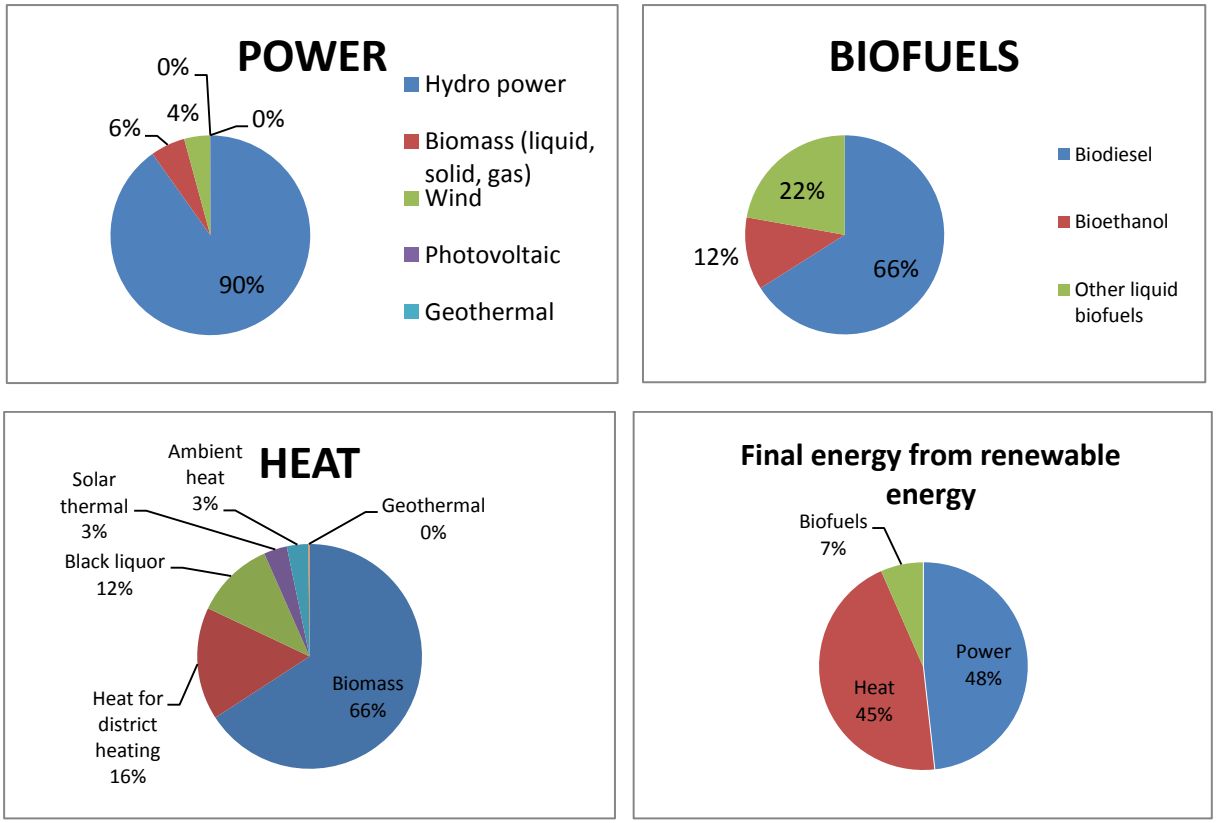


Figure 2 : Final energy supply from renewables (EEG, 2011)

The biomass in Austria is mostly used for the heat. The share of biomass in the total heat production in 2008 was 37.6%, actually 0.61 Mtoe (25,489 TJ) and the share of the waste was 6%. In comparison with gas (41%), coal (4%), oil (8%) and all other energy sources the biomass was with 37.6% on the second place.

In 2009, total 2.858 Mtoe (119.1 PJ) of bioheat were produced from single furnaces, 0.588 Mtoe (24.5 PJ) of bioheat district heating were used, what amounts to a total 3.444 Mtoe (143.5 PJ) of the bioheat. These values could increase in 2015 to 3.934 Mtoe (163.9 PJ), or in 2020 to 4,342 Mtoe (180.9 PJ).

Biomass takes the share of 4,264 GWh, actually 0.367 Mtoe or 6.35% in total electricity generation and waste takes 1.12% or 0.06 Mtoe (753 GWh). In 2009 was consumed 0.372 Mtoe (15.5 PJ) of electricity generated from biomass. The share of biomass in primary energy used for electricity production can rise from 0.058 Mtoe (2.4 PJ) in 2004 to 0.46 Mtoe (19 PJ) in 2020.
The Number of plants for the production of green electricity, or electricity from biomass is 719, including 362 plants using biomass gas, 195 using biomass solid including waste, 94 using biomass liquid and 68 using landfill and sewage gas.
Total bioenergy share in 2009 was 4.356 Mtoe (181.5 PJ), and it is expected to be 5.062 Mtoe

2.3 Import and export of biomass for bioenergy

Solid biomass
The import and export of biomass for bioenergy in 2009 was the following (EEG, 2009):

- Fuelwood: import 0.173 Mtoe (7.2 PJ), export 0.2 Mtoe (1 PJ)
- Pellets and wood briquettes: import 0.28 Mtoe (11.8 PJ), export 0.23 Mtoe (9.6 PJ)
- Bioethanol: import 0.03 Mtoe (1.4 PJ), export 0.02 Mtoe (1 PJ)
- Biodiesel: import 0.28 Mtoe (11.7 PJ), export 0.04 Mtoe (1.5 PJ)
- Biofuels: import 0.65 Mtoe (27.3 PJ), export 0.34 Mtoe (14.2 PJ)
- Other biofuels liquid: import 0.05 Mtoe (2 PJ), export 0.05 Mtoe (2.2 PJ)

The trade with cereals, wood, oilseed and vegetable and animal oils and fats in Austria depends mostly on Europe countries. America and Asia takes the share of about 5% in imports of oilseed and oleaginous fruits and in export of cork and wood has the Asia the share of 8.5%.
In 2009 there were 503,726 t of fuelwood imported and the main countries for import were the Czech Republic, Slovakia, Hungary, Russia and Germany. 95% were exported to Italy. From importance is that the biggest part of the demand for fuel wood is covered by domestic forests. In relation to the overall consumption of fuel wood, the volume of international trade is very low.
Wood chips have been imported, mainly from Germany (80%) and the Czech Republic (12%). (EEG, 2009)

Transportation biofuels

With a production of 449,033 t in 2009, Austria is one of the most important pellet exporters in Europe. The most important import countries are Germany, Czech Republic and Romania. In 2009 Austria imported 680,563 t and exported 552,532 t of pellets, and it is actually net import 128,031 t.

Austria has one bioethanol plant where bioethanol is produced from wheat, corn and sugar beet syrup from mainly Austrian production.

Austria is net importer of biodiesel; In 2009 318,182 tonnes of biodiesel were imported, and 40,076 tonnes were exported. The main feedstock for the production of biodiesel in Austria is rapeseed oil. In the last years, there was a strong increase in the import of rapeseed from the following most important countries: Hungary, Slovakia and the Czech Republic. Until 2005 Austria has been an exporter of rapeseed oil, but since 2005 the situation has completely changed. 50% is imported from Germany, 8% from Slovenia, 7.5% from Serbia, 6% from Romania, 5.5% from the Czech Republic and 5.5% from Poland. (EEG, 2009)

2.4 Historical trends for energy consumption and use of biomass

In Figure 3 is shown the wood flow diagramm in Austria. The number of biomass plants is shown in Table 3.

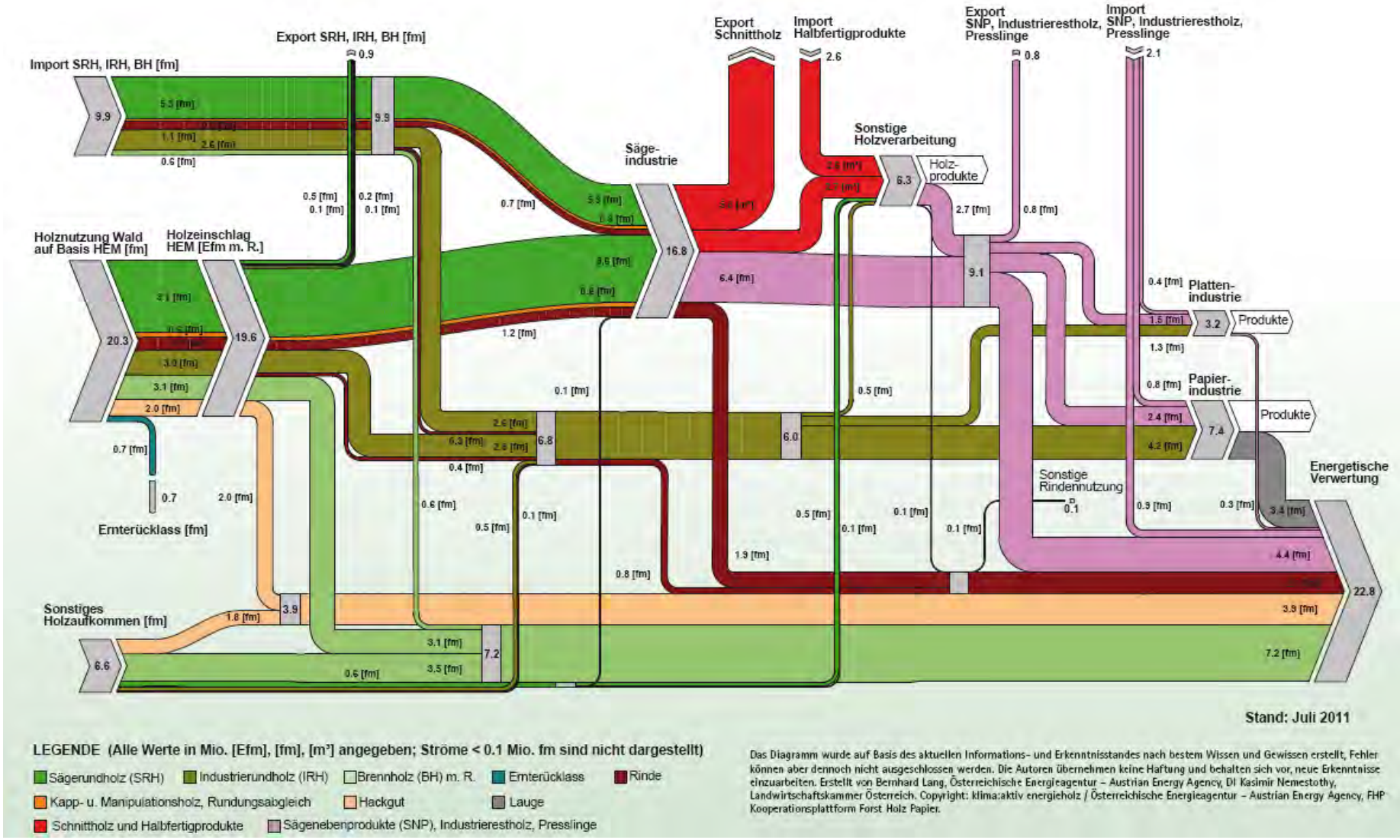


Figure 3 : Wood flow diagram in Austria (BiomasseVerband, 2011)

Table 3 : Number of biomass plants (BiomasseVerband, 2011)

Fuels	MW_{el}	Number
Biomass gas	104.1	362
Biomass solid incl. Waste	436.4	195
Biomass liquid	25.4	94
Landfill- and Sewage Sludge gas	29.8	68
Subtotal Bioenergy	585.7	719

Solid biomass for heating

In the period 1997-2008 there were 62,393 pellets furnaces installed. Between 2004 and 2008, 61,554 biomass plants (around 3.716 MW) were rebuilt, of which 58,246 were small plants. In 2008, 15,197 small plants (wood chip and pellet central heating furnaces (boilers) up to 100 kW) with a capacity of 411,478 kW were installed. Because of that, after a slump of 51% in 2007, sales of small plants (wood chip and pellet central heating furnaces (boiler) up to 100 kW) reached a record high. The share of the heat generation from biomass (single furnace, central heating, biomass heating plants and green power CHP) in primary energy consumption should increase from 2.3064 Mtoe (96.1 PJ) to 3.96 Mtoe (165 PJ) by 2020. 20.74% of households used fuelwood and wood pellets for heating in 2008.

CHP plants

The number of biomass CHPs increased in recent years, and according to data from 2009 there are 9 big biomass CHPs (> 30 MW) in Austria. The biggest biomass CHP in Austria is located in Vienna and has a capacity of 50 MW. It produces the heat for 12,000 households and the electricity for 48,000 households. Particularly of the importance is that this CHP reduces CO2 emissions by 14,000 tons per year. There are also about 10 medium size CHPs with 10-30 MW of capacity and about 50 smaller CHPs (<10 MW). The amount of heat generated from CHPs increases each year.

The total production of the green electricity from biomass was 3.2 TWh in 2010 and in the same year was generated 5.6 TWh of useful heat from biomass. It can be assumed that about 20% or 1.1 TWh was used for the district heating sector, actually 6% for the total district heating demand in 2010. For the 2020, it was assumed that biomass plants, which are established after the end of the funding period 2006-2011 and under the new framework, must have annual efficiency of 70%. Heat efficiency should increase from about 40% in 2010 up to 47% in 2020.

Biogas

Before 2002 in Austria there were about 120 small biogas plants, which mainly used liquid manure and wastes. Stimulated by the “Ökostromgesetz” (Green Electricity Act) in 2002, the number of biogas plants increased significantly up to 341 biogas plants in 2009 with a total capacity of 94.5 MW. In the first quarter of 2011, 362 biogas plants with a capacity of 104.1 MW were in operation. The average size of a biogas plant is 277 kW. The majority (90%) of biogas plants has a capacity of less than 500 kW, but they produce with about 67% of the total biogas energy. Only three plants are larger than 1 MW. The average capacity of newly

constructed biogas plants increased between 2004 and 2008 from 30 kWel to 250 kWel. In 2009 in Austria about 0.1419 Mtoe (5,913 TJ) of biogas were produced. The trend of installation of biogas plants is shown in Figure 4.

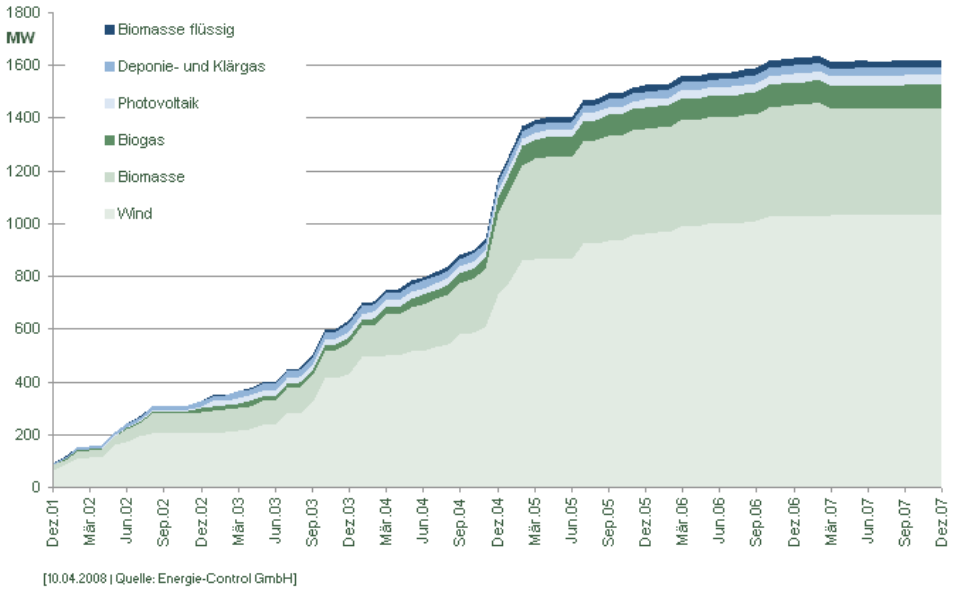


Figure 4 : Trends of installation of biogas plants (E-Control, 2010)

Transportation biofuels

The largest increase is visible by biofuels: from 0.03 Mtoe (1.2 PJ) in 2004 to 0.82 Mtoe (34 PJ) in 2010, and probably 1.73 Mtoe (72 PJ) by 2020.

Biodiesel is mainly made from (used) vegetable oils and animal fats. Biodiesel has been produced industrially since 1990s. In 1991 one of the first industrial biodiesel production plants became operative in Aschach/Upper Austria.

In Austria 2010 there are 14 biodiesel production facilities which have produced around 650,500 t/a. The production strongly increased in the period 2005 to 2008. The Austrian producer of biodiesel "ARGE biofuels" produced totally 336,654 tons of biodiesel in 2010. In 2006 there were 121,665 t – and it is an increase of 177 percent. (BioKraft, 2010). At all Austrian filling stations, around 96% of the diesel fuel contains a biodiesel additive of approximately 7 vol-%.

In Austria, bioethanol has been added to petrol since 1 October 2007. Bioethanol has been 100% imported till 2008. The production of bioethanol in Pischelsdorf started in 2008 with an annual production capacity of nearly 200,000 t, so the the total national demand for bioethanol can be satisfied. (Basisdaten, 2011). In 2010 the bioethanol production was 156,860 t.

2.5 Current bioenergy production a breakdown in areas

Table 4 shows the current bioenergy production.

Table 4 : Current bioenergy production breakdown in areas (E-Control, 2010)

Use	Year	Unit	Amount	% of total bioenergy	Feedstock(s)	Number of plants
Power	2010	Mtoe (GWh)	0.22 (2,599)	n.p.	Biomass	719 ** (31.03.2011)
Heat	2010	Mtoe (GWh)	2.43 (28,206)	n.p.	Biomass	
CHP*		Mtoe	n.p.	n.p.		70
Bioethanol	2010 2011	Mtoe (GWh) (t)	0.10 (738) (156,860)	n.p.	Sugar beet, starch, wheat, corn	1
Biodiesel	2010 2011	Mtoe (GWh) (t)	0.30 Mtoe (4,127) (336,654)	n.p.	Waste, animal fat and plant oil	14 (2010)
Biogas	2009	Mtoe (TJ)	0.14 (5913)	n.p.	Manure, corn	362 (2011)
Other	2011	Mtoe (GWh)	0.12 (1,368)	n.p.	Other liquid biofuels	-

* If no figures for separate heat and power report the combined use as CHP
** Details see Table 3
n.p. …..not possible to quantify

Table 5 shows the breakdown of national biomass energy uses on feedstock.

Table 5 : Breakdown of national biomass energy use on feedstock – gross inland consumption (STATISTIK AUSTRIA, 2010)

Source	Year	Unit (Mm^3 or kton)	Amount	% of biomass energy reported above
Round wood	2009	kton	4,396	n.p.
Forest wood chips	2009	kton	other	n.p.
Wood industry residues	2009	kton	6,820	n.p.
Wood pellets/briquettes	2009	kton	577	n.p.
Black liquor and sludge	2009	kton	2,943	n.p.
Wastes (organic fraction)	2009	kton	719	n.p.
Straw/agricultural residues	2009	kton	n.p.	n.p.
Sugar beet/sugar cane	2009	kton	3,000	n.p.
Cereals (grain, corn)	2009	kton	600	n.p.
Other	2009	kton	6,315	n.p.

*Other: woodchips, woodwaste, bark, black liquor, biogas, landfill gas, sludge gas, sewage sludge, oil biodiesel, animal flour and –fat
n.p. …..not possible to quantify

Wood is, with a share of 27% in bioenergy, the most important biogenic source of energy. In 2009, there was provided the first time more primary energy by wood chips, bark and wood

waste. Woodchips and woodwaste are mainly used by the saw/wood manufacturing (in the wood processing industry), in CHPs and district heating plants, while wood pellets, in an increasing amount, by household heating systems. Black liquor and sludge from paper industry and also bark are used by the paper and pulp industry for the generation of electricity and process heat. In 2009, there was 503,726 tons (7.209 PJ = 0.173 Mtoe) imported fuelwood, which represents 11% of the gross inland consumption and 3,961,449 tons (56.692 PJ = 1.361 Mtoe) was produced in the country. 680,563 tons (11.763 PJ = 0.2823 Mtoe) of pellets and wood briquettes were imported, while Austrian production was 449,033 tons (7.761 PJ = 0.1863 Mtoe). An amount of 552,532 tons (9.550 PJ = 0.2292 Mtoe) was exported. Consumption of wood waste and black liquor was 100% based on inland production. Municipal renewable waste with 718,572 tons (7.219 TJ = 0.1733 Mtoe) and combustible waste with 2,440,878 tons (30.508 PJ = 0.7322 Mtoe) were neither imported nor exported.

There are 13 pellets production units in Austria, 13 small-scale (< 30,000 tons/year), 8 medium-scale (about 40,000 - 50,000 tons/year) and 4 large-scale (> 50,000 tons/year).

.

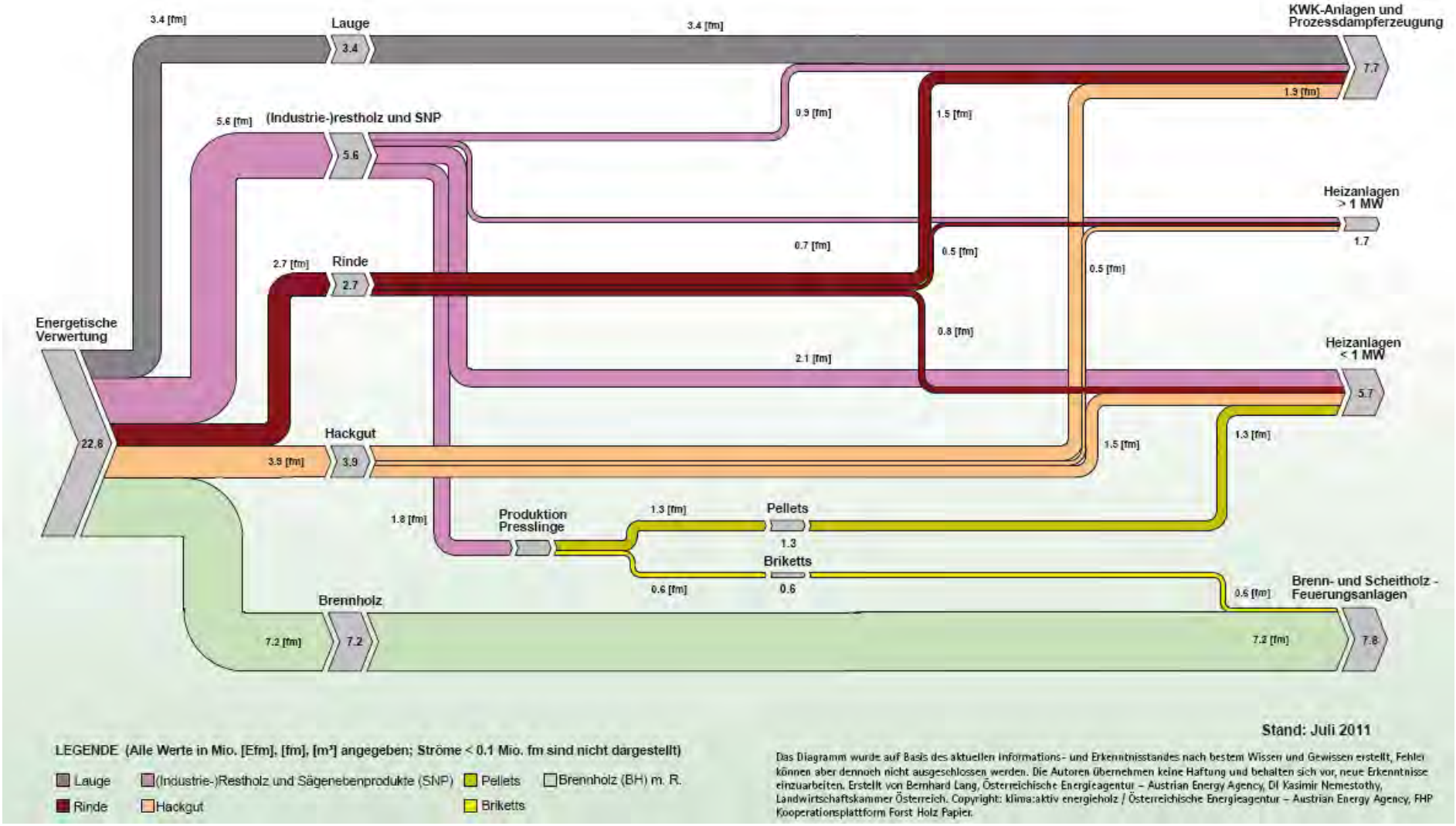


Figure 5 : Wood flows in Austria (BioKraft, 2010)

2.6 Biomass used for non-energy purpose

2.6.1 Current use of biomass for non-energy purpose

The following table shows the use of biomass for non-energy purpose.

Table 6 : Use of biomass for non-energy purpose (AGRANA, 2009) (Lebensministerium, 2009) (STATISTIK AUSTRIA, 2010) (Trading Economics, 2010) (UNdata, 2009)

Use*	Year	Unit	Amount
Wood for particle boards	2009	10^6 ton	1.2
Wood for pulp and paper	2009	10^6 ton	2.3
Wastes from pulp and paper	2008	10^3 ton	1.5
Chemicals from biomass	2009	10^6 ton	0.78
Cereal production	2009 / 2010	10^6 ton	5.1 / 4.5
Sugar production	2009	10^6 ton	0.44
Starch production	2009	10^6 ton	0.3
Oilseed production	2009	10^6 ton	0.3
Algae production	2009	10^6 ton	-

The cereal production in Austria was reported at 5,756,843 t in 2008, according to the World Bank. In 2010 was produced around 4,485,000 tons of cereal.
In 2010 was also produced 3,500 tons of organic sugar from 30,000 tons of organic sugar beet.
Up to now, Austria is a net exporter of wheat. In 2008 the domestic production of wheat was 1,346,124 tons and the domestic demand was 1,023,165 tons. The most important grain in Austria is corn. In 2008 was produced almost 2 million tons of corn. In the same year the domestic demand for corn was almost same like the domestic production.
Domestic production of repeseed in 2008 was 144,706 t.

2.6.2 Examples of the production of specific materials or chemicals

Example Green Biorefinery for utilizing grass

The use of grass silage as feedstock for a multi-product utilisation has been developed in Austria over the last years. Key products for this processing are the recovery of high grade amino acids, lactic acid and biogas form liquid and solid residues. The technology is at present implemented and intensively tested in a green biorefinery pilot plant in Utzenaich, Upper Austria. Further valorisation technologies and products applications for the grass press cake are currently in developed and cover a wide range of applications such as insulation materials, fibres for composites, fibre boards, horticulture substrates… and energetic valorisation by combustion . It is expected that the green biorefinery concept will experience a further boost if a linkage to the lignocelluloses biorefinery concepts will be accomplished. This is currently under development and will allow to expand significantly the array of products towards many products generated via fermentation such as most prominently 2nd

generation biofuel or lactic acid at high enantiopurity (e.g. used as PLA precursor or for medical applications).

Example of new technology integrations for the sugar and starch industry

The production of sugar and starch is building a stronger cooperation towards other product segments such as energy and biofuels. In Austria the company AGRANA an international player in the sugar and starch sector has also started business in the field of bioethanol (AGRANA bioethanol GmbH, Pischelsdorf). The co-generation of waste streams such as spent fermentation broth is also evaluated and under discussion as appropriate feedstock for anaerobic digestion.

The linkage of the sugar and starch industry with the feed industry for further valorisation of residues streams was already existing (use of beet pulp as feed). A more specialized valorisation concept is the separation of high value food additives such as amino acids out of molasses.

Example of using algae as raw material for various process routes

Algae are discussed as future raw materials for various products intensively. Due to very high biomass growing rates they are seen an interesting non food resources for biorefinery set-ups. The production of biofuels out of algae strains containing high amount of lipids is currently under evaluation and development in many RDT projects. However, the separation of PUFA (poly unsaturated fatty acids) such as omega 3 fatty acids mainly for food and feed additives products is able to generate a much higher revenue potential compared to biofuels. In Austria an initiative managed by the company ecoduna is performing a demonstration project for the cultivation of micro-algae in industrial scale photo-bioreactors in order to generate algae biomass for PUFA extractions. All biomass side streams are further valorised for products such as a protein recovery and the co-generation of biogas. The availability of a reliable cheap cultivation technology is seen as a key for establishing algae biorefineries to deliver a wide range of products.

Example of co-processing of waste streams of food processing for additional products

Process technologies for the separation of special food compounds from food processing wastes or wine industry such as the separation of polyphenoles have been developed but are at present not implemented at lager scale.

2.6.3 Current trends

There is a trend visual towards lactic acid (LA) as a bulk chemical especially as precursor for PLA.

The industrial player Jungbunzlauer announced to enter the market of lactic acid and its salts for the start of 2012. From the beginning several grades of L (+)-lactic acid, sodium lactate and potassium lactate will be produced in an industrial scale factory in Marckolsheim, France, where also gluconates and the sweetener ERYLITE® are produced. LA-Blends will be introduced soon thereafter. Lactics samples are already available from mid of November 2011.

It is expected that lactic acid fermentation is to build on lignocelluloses feedstock in the future due to the high volatility of prices for starch and sugar they two main currently used raw materials for lactic acid fermentation.

3 Policy issues related to biomass, bioenergy and biorefineries

3.1 Policy targets for energy – renewable energy, bioenergy, biofuels

Austria has committed under the EU to a 13% reduction of its greenhouse gas emissions by 2010. As emissions have risen in the 90s, the use of fossil fuels had to decrease by 2010 by more than 3 Mtoe to 18.5 million t. An increase in the share of renewable energy in total energy consumption from 25% in 2002 to 33% by 2010 should provide the compensation. The share of agriculturally important bioenergy should increase from 11.4% (2000) up to this point to 18%.

The marketing of biofuels has been in Austria since October 2005, primarily through the blending of biodiesel to diesel, and since October 2007 also by blending bioethanol to gasoline. Until the beginning of 2009, approx. 4.7 vol% biodiesel and bioethanol were blended. In January 2009 increased the possibility of the addition of biodiesel to a maximum of 7% by volume.

The structure of the heating of the Austrian households between 2003/04 and 2009/10 shows an obvious decline in coal-heated households from 67,831 to 24,048. A significant decline was registered by oil and LPG-heated households, whose number was reduced in the same period by almost 170,000 to 738,666, natural gas and electric power remained in this period almost unchanged. The number of fossil heated households (natural gas, fuel oil, liquefied petroleum gas, coal, cokeoven coke) was reduced from 55% to 47%.
The following table shows the future bioenergy targets.

Table 7 : Bioenergy targets

	2005	Estimate 2010	Estimate 2020
Bioenergy	125 PJ[a]	Double	
Biofuels	2,50%	10% (5,75% from 2008)	20% (EU:10%)
Electricity from biomass	2,8%	10%[b]	85% from renewable
Renewable energy	22%	Double from 6% (1990) to 12%	45% (EU: 20%)

[a] Without waste and sludges from paper industries
[b] Moreover: 78,1% from renewable, ÖSG (basis = 56,1 TWh); 80% from renewable, ÖBR

3.2 Policies regarding biomass production and use for bioenergy

"According to estimates by the Austrian Energy Agency greenhouse gas emissions can be reduced in 2020 by 12 million tons and with a full utilization of biomass potential. There

could be managed in the period from 2005 until 2020 € 8.6 billion capital and 32,000 new jobs per year. A key challenge in implementing of a national biomass action plan is t¬o¬¬ mobilize the untapped potential of biomass from agriculture and forestry and help to ensure a regional supply. At the same time, ambitious and demand-side measures should be set. The increased use of biomass is towards the steady growth of energy consumption. Therefore, as part of a biomass action plan, some actions should be appropriate. Even klima:aktiv, climate protection initiative of the Lebensministerium, is trying to increase efficiency on the supply- and demand-side." (Nationaler Biomasseaktionsplan , 2010)

The Austrian government entered an energy agreement in the Government Program. The purpose of the agreement was to reduce the dependence of fossil fuel and reduce the emission of carbon dioxide, or actually the share of the energetic use of biomass to increase by 75% until 2010. There is also a long-term plan for 2020: The share of renewable energy sources in total energy consumption in Austria should increase from 23% in 2004 to 45% in 2020.
The main challenge is to mobilize untapped biomass potential, especially in agriculture and forestry. This requires cooperation of actors in the different sectors like energy, agriculture, forestry and environmental technology. To support such cooperative, there is for example, the klima: aktiv program "Wood energy" from the Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management.
By the sustainable use of biomass potential, the Austrian biomass use could theoretically increase to 256 PJ until 2020. In relation to possible applications, the expected situation:

- The highest increase is for biofuels from 1.2 PJ in 2004 to 34 PJ in 2010 and 72 PJ in 2020.
- The primary energy use of biomass for power generation increases from 2.4 PJ in 2004 to 17 PJ by 2010 and 19 PJ in 2020
- By the heat generation from biomass (single ovens, central heating, biomass heating plants and eco-CHP) is predicted an increase of primary energy use of 96.1 PJ to 142 PJ by 2010 and 165 PJ by 2020

Through the shown use of biomass from 2004 to 2020 following effects are expected:

- Reduction of greenhouse gas emissions by 7 million tons in 2010 and 12 million tons in 2020
- Investments of around 3.2 billion € (2005-2010) and 8.6 billion € (2005-2020)
- 32,000 new jobs per year (average 2005-2020)
- Added value of € 7 billion (2005-2010) and 20 billion € (2005-2020)

A key challenge in implementing of a national biomass action plan is to secure sufficient quantities of domestic biomass. For example, in 2020 should be used 23 million fm of wood for the production of power, heat and biofuels. In the sector biofuels production should be available enough agricultural raw materials (rapeseed, corn, grass, etc.) and the corresponding secure sources of supply at home and abroad for biofuel production.

3.3 Policies regarding biorefineries or biomass derived products

In Austria there are no policies currently existing or in the pipeline which target on the integrated production of materials and chemicals in a biorefinery context. However, this issue is important since more attractive incentives for multi-products setups – such as biorefineries – could make quite some difference in stimulating implementation.

In that concern the “green power remuneration system” in Austria, especially concerning the “feed in tariffs” for power generated from CHP from biogas could make a real boost in implementing biorefineries in Austria. Up to now discussion on that topic has not yet started.

4 Biorefinery related funding programs

4.1 Current situation regarding funding programs for bioenergy and bio-refineries

4.2 Specific programs for biorefineries

"Factory of the Future".

The most important program in the field of biorefineries in Austria is "Factory of the Future". The program "Factory of the Future" by the Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology (bmvit) has the target within the next five years to develop demo and pilot projects in sustainable technology development. Examples could be innovative production processes, future-oriented examples etc. The basic principle is to create a sustainable resource base for the manufacture of innovative products through innovative technology concepts for the utilization of surplus grassland biomass. The aim is to enable a continuous operation during the year. Therefore, not only fresh meadow grass is processed, but also of silage, which is preparing in the growing season and stored in the silo. As part of the program "Factory of Tomorrow" should be developed an economically viable model of a Green Biorefinery in Austria.

FTI Initiative Intelligent Production

The Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology has launched the new FTI initiative "Intelligent Production". This initiative complements the recent areas of bmvit in the fields environmental / energy, information and communication technology and mobility. The Budget for 2011 is 14 million € and for specific topics are 7 million EURO for every topic available.

Neue Energien 2020 (New energies 2020)

The program has focus on three basic approaches: more efficient use of energy, renewable energy and intelligent energy systems. Ambitious ideas and concepts with long-term perspective should be realized through fundamental research, technological research and development work and with the pilot and demonstration projects aimed at market. Social issues and knowledge for long-term planning processes should be acquired. The budget of this program for 2011 amounts € 30 million.

Nachhaltigwirtschaften.at

The Research Forum is a quarterly free publication series of the Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology (bmvit), which provides information on selected projects in research, development and implementation projects. This media is devoted to recent results from technology priorities and programs of the pulse energy and environmental technologies sector. With particular reference to the orientation of sustainable development selected areas should be promoted.

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

The FFG is the central institution for research funding in Austria. It has more than 30 different funding programs and supports research and development projects, as well as international cooperation projects and utilized the research results.

Austrian Energy Agency - The Austrian Energy Agency is a national competence center for energy with a focus on energy efficiency and renewable energies. The Austrian Energy Agency is involved together with the FFG, the BMVIT and also organizations (sponsors, energy agencies) and government departments from seven other countries in the project ERA NET Bioenergy. The project started in autumn 2004. The 11 projects were funded with over € 5.3 million. Current projects include micro CHP - through the use of micro-CHP and mini-CHP available energy as efficient and environmentally friendly as possible to use.

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (Federal Ministry of Economy, Family and Youth)

demands increasing the share of renewable energies in electricity consumption and tries to increase the share of 68% to around 85% by 2020. Federal Ministry invests annually 10 million € to biomass and biogas.

Other programs are forced from the Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management.

5 Running commercial biorefineries

Table 8 shows the examples of the most representative existing biorefineries.

Table 8 : Examples of the most representative existinf biorefineries

Company	Feedstock	Products	Description	Size
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	

6 Demo and pilot plants

Table 9 shows the examples of the most representative demo and pilot plants in Austria.

Table 9 : Examples of the most representative demo and pilot plants

Company	Feedstock	Products	Description	Status (demo/pilot)
Güssing	Lignocellulose	SNG and FT-fuels	Gasification of forest wood chips and conversion to FT-fuels	Pilot
Utzenaich	Grass silage	Amino acids, lactic acid, biogas	Green biorefinery: production of amino acids, lactic acid and biogas from gasses	Pilot
Bruck a d Leitha	CO2, nutrients	Omega 3 fatty acids, protein and biogas as co-product	Algae biorefinery: Production of algae at industrial scale for the recovery of high value products such as omega 3 fatty acids; side products: proteins and biogas	Demo plant under construction

7 Major RTD activities

The following table shows the list of the major RTD activities.

Table 10 : Major RTD activities

Name of project	Type of project	National coordinator	Description	Duration	Size (€s, US$)
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	2006 - 2010	n.p.
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	2005 - 2009	n.p.
Austrian Green Biorefinery Initiative; various thematic sub-projects	National	Joanneum Research, Biorefinery Systems	Primary processing and utilization of fibres from green biomass. Development of downstream processing for separation technology for lactic acid and amino acids from silage juice at technical scale; research on utilizing grass fibres for various product applications	-2009	n.p.
Pilot plant Green Biorefinery	National	Oö Bioraffinerie Forschung und Entwicklung GmbH	Engineering, construction and operation of a pilot plant for separation of high grade amino acids and food grade lactic acid from silage grass and valorisation of grass lignocelluloses for anaerobic digestion in Utzenaich, Upper Austria	2009-2011	3,3 Mio€
Green Biorefinery	EU- SUSPRISE	Joanneum Research	Technical, economic and ecological optimization of value chains by the introduction and efficient use of sustainable raw materials. Evaluated feedstock: maize silage , fresh grass, agricultural residues	2009-2011	n.p.
Cross Border Bioenergy	EU	Österreichischer Biomasse-Verband	The Cross Border Bioenergy project develops a _racticeable tool for bioenergy companies to assess the attractiveness of European markets for cross-border investments, thereby making them less dependent on fluctuating domestic market conditions and strengthening the whole bioenergy industry.	2011-2013	n.p.

			www.crossborderbioenergy.eu		
Bioethanol from wood and straw	national	Joanneum Research	Perspectives for the production of bioethanol from wood and straw in Austria	2008 - 2011	n.p.
Integration of Bioethanol production in the pulp and paper industry	national	Joanneum Research	Perspectives for the production of bioethanol in the Austrian pulp and paper industry	2008 - 2011	n.p.
Algae for Energy in Austria	national	Joanneum Research	Perspectives for the production and energetic use of algae in Austria	2020 - 2012	n.p.
Agri for Energy I und II	EU	Österreichischer Biomasse-Verband	Aims at connecting stakeholders from the supply & demand sides and fostering new bioenergy businesses in three specific sectors: bioheat, pure vegetable oil and biogas/bio-methane. Project activities are going on in the regions of Austria, Italy, Slovenia, Germany, Bulgaria, Finland and Sweden. www.agriforenergy.com		n.p.
Strawhydrolyses	national	FH Oberösterreich	Integrated concept to utilize straw and other annual lignified plants to different energy products (Ethanol, Biodiesel, Biogas) as well as other products produced via fermentation	–2008 – 2013	np
PHOBIOR	EU- Eco Innovation	Ecoduna productions GmbH	Engineering, construction and operation of an industrial scale photo-bioreactor for the production of omega 3 fatty acids, and side products	2010-13	np
Photochem	national	ARENA	Micro algae for the production of chemicals- breeding and downstream processing	2009-12	np
Biogas and cogeneration	National/ international	various stakeholders	Optimization of CHP integration at biogas plants; purification of biogas (e.g. via membranes) for BioCNG, integration of access heat; pretreatment of feedstock for biogas yield enhancement ….	ongoing	np
In the pilpeline					
100% yield green refinery	national	OÖ Biorafinerie Forschung und Entwicklung GmbH	Development of a processing technologies for utilising silage grass press cake as feedstock for hydrolosis and consequently fermentation of lactic acid (LA); further processing of LA for ethyl lactate in separation and purification technology	2012-2015	np
High grade additive	national	Joanneum Research	Developing a separation and purification technology for of single amino acids out of mixtures	2012-2014	Np

np….not public

8 Stakeholders

The list of the major stakeholders in Austria is shown in the following table.

Table 11 : Major stakeholders in Austria

Name	Short Description
Industry	
Lenzing AG	Producer of pulp and paper. Provides the global textile and nonwovens industry with high-quality cellulose fibers. Business units : pulp, textile fibers, nonwoven fibers, energy, engineering, plastics, filaments www.lenzing.com
OMV	Oil refinery company and the oil sector's largest commercial player in Austria. It produces nearly 90% of domestic crude oil, owns and operates the country's only refinery and has a 20% market share in retail filling stations. www.omv.at
AGRANA	Producer of bioethanol www.agrana.at
Energie AG Oberösterreich	Power company www.energieag.at
New Energy Capital Investment	Investment company www.energyinvest.at
BDI BioEnergy-International AG	Engineering and construction of biodiesel and biogas plants; http://www.bdi-bioenergy.com/
Biodiesel Mureck - Seeg reg. Gen.m.b.H.	
Biodiesel Kärnten GmbH	www.biodiesel-kaernten.com
Die Südsteirische Energie- und Eiweiß-erzeugungsgenossenschaft (SEEG reg.Gen.m.b.H.)	http://www.seeg.at/seeg.php
EuroBioFuels AG	www.eurobiofuels.ag
Energy Holding	http://www.energyholding.at/cms/website.php
HPF Biokraft Hirtl GmbH	http://www.hpf-biokraft.at/
Biodiesel Enns GmbH	http://www.biodiesel-enns.at
PPM-Energie aus nachwachsenden Rohstoffen GmbH	http://www.ppm-biodiesel.com/kontakt_de.php
BIO-Diesel Krems GmbH	http://www.biodieselkrems.at/
Bio Oil Development GmbH	http://www.bio-oil.biz/de/
Münzer Bioindustrie- Division Biodiesel	http://www.muenzer-gruppe.at/bdv/

RME-Alternativtreibstoff Starrein	http://blt.josephinum.at/index.php?id=541
Research Institutes	
Joanneum Research	www.joanneum.at
Institute of Industrial Ecology	www.indoek.noe-lak.at
Bioenergy 2020+	The purpose of the Competence Centre is the research, development and demonstration in the "Energetic use of Biomass" sector. www.bioenergy2020.eu
Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz	www.energieinstitut-linz.at
Universities	
University of Technology Vienna	www.tuwien.ac.at
University of Technology Graz	www.tugraz.at
University of Graz	www.uni-graz.at
University of Linz	www.jku.at
University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna	www.boku.at
Department of Agrobiotechnology, IFA Tulln	http://www.ifa-tulln.ac.at/
University of Applied Sciences (FH) Wels	http://www.fh-ooe.at/campus-wels/
Governmental Organisations	
FJ-BLT Wieselburg	blt.josephinum.a
Ministry of Innovation and Technology	www.bmvit.gv.at
Ministry of Forestry, Agriculture, Water and Environment	www.lebensministerium.at
Ministries for Economic Affairs	www.bmwfj.gv.at
National and Regional Energy Agencies	www.energyagency.at
Non-governmental Organisations (NGOs)	
ARGE Kompost und Biogas	http://www.kompost-biogas.info/
Landwirtschaftskammer Österreich	http://www.pklwk.at/
Austrian National Support Group Forest based Sector Technology Platform	http://www.forstholzpapier.at
Others	
Andritz AG	Producer of pulp and paper. www.andritz.com
Repotec	Company for the biomass gasification, CHP www.repotec.at
Vogelbusch	Producer of sugar and starch bioethanol www.vogelbusch.com
BDI (biodiesel)	Producer of biodiesel www.bdi-bioenergy.com
VTU (biotechnology)	Company developing biotechnologies www.vtu.com
Bioenergie Mureck	Producer of biodiesel, bioheat and bioelectricity www.seeg.at

ARGE Biokraft	www.biokraft-austria.a
ecoduna	www.ecoduna.com; Producer of photobioreactors for industrial alage production
OÖ Biorafinerie Forschung & Entwicklung GmbH	Operator of the Green Biorefinery for Grass in Utzenaich, Upper Austria;

9 Table of figures

Figure 1 : Energy flow chart for Austria in 2009 (STATISTIK AUSTRIA, 2010) 4
Figure 2 : Final energy supply from renewables (EEG, 2011) 6
Figure 3 : Wood flow diagram in Austria (BiomasseVerband, 2011) 9
Figure 4 : Trends of installation of biogas plants (E-Control, 2010) 11
Figure 5 : Wood flows in Austria (BioKraft, 2010) 14

10 List of tables

Table 1 : Energy balances in 2009 (STATISTIK AUSTRIA, 2010) 3
Table 2 : Final energy supply from renewables (EEG, 2011) 6
Table 3 : Number of biomass plants (BiomasseVerband, 2011) 10
Table 4 : Current bioenergy production breakdown in areas (E-Control, 2010) 12
Table 5 : Breakdown of national biomass energy use on feedstock – gross inland consumption (STATISTIK AUSTRIA, 2010) 12
Table 6 : Use of biomass for non-energy purpose (AGRANA, 2009) (Lebensministerium, 2009) (STATISTIK AUSTRIA, 2010) (Trading Economics, 2010) (UNdata, 2009) 15
Table 7 : Bioenergy targets 17
Table 8 : Examples of the most representative existinf biorefineries 21
Table 9 : Examples of the most representative demo and pilot plants 21
Table 10 : Major RTD activities 22
Table 11 : Major stakeholders in Austria 24

11 References

AGRANA. (2009). http://www.aquagris.org/docs/workshop/vienna/07_Residues_from_sugar_and_starch_production_19_06_09_01.pdf
Lebensministerium. (2009). www.lebensministerium.at
UNdata. (2009). http://data.un.org
BioKraft. (2010). www.biokraft-austria.at
Bundesministerium für Wirtschaft, Jugend und Familie. (2010). www.bmwfj.gv.at
E-Control. (2010). /www.e-control.at
E-Control. (2010). /www.e-control.at
IEA. (2010). www.iea.org
(2010). *Nationaler Biomasseaktionsplan* .
Oil surveys. (2010). http://www.iea.org/stats/surveys/oilsurv.pdf
OMV. (2010). www.omv.at
STATISTIK AUSTRIA. (2010). http://www.statistik.at/
STATISTIK AUSTRIA. (2010). http://www.statistik.at/
Trading Economics. (2010). www.tradingeconomics.com
Algenproduktion. (2011). http://www.see-o-2.com/article6.htm
Austrian Energy Agency. (2011). www.energyagency.at
Basisdaten. (2011). www.biomasseverband.at
Biogas. (2011). http://www.kompost-biogas.info

BiomasseVerband. (2011). www.biomasseverband.at
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. (2011). www.bmvit.gv.at
(2011). *EEG.* Erneuerbare Energien Gesetz, .
Fabrik der Zukunft. (2011). http://www.fabrikderzukunft.at/highlights/bioraffinerie/
Getreideproduktion. (2011). http://www.risk.boku.ac.at/OPAL/WP/?page_id=7
Nachhaltigwirtschaften. (2011). www.nachhaltigwirstschaften.at
Biomasseaktionsplan. (2009).
EEG, T. (2009). *IEA Bioenergy Task 40.*

TASK 42

Biorefineries: Co-production of Fuels, Chemicals, Power and Materials from Biomass

A C6 sugars, C5 sugars and lignin biorefinery for bioethanol and animal feed from Arundo Donax, miscanthus, switchgrass, and agricultural waste straws [Beta Renewables, Italy]

Final Task Report, Triennium 2010-2012

ExCo71
Cape Town, South Africa
May 2013

Prepared by
Drs.ing. René van Ree (Task Leader)
Dr. Ed de Jong (Assistant Task Leader)

In close co-operation with Ir. Kees Kwant, SenterNovem
and the Ministry of Economic Affairs of the Netherlands (Operating Agent)

INTRODUCTION

Currently, biomass is mainly used for human food, animal feed and the production of bioenergy (fuels, power and/or heat). Within a future Bio-Economy, however, biomass will be used for the sustainable and synergetic production of food, feed, bioenergy (power, heat, CHP and biofuels for transport) and bio-based products (chemicals, materials). The relatively scarce raw material availability requires the development and implementation of high-efficient biomass conversion technologies to maximise valorisation and the overall environmental benefits of the full biomass supply chains.

It is expected that current biomass supply chain expertise and facilities available in the energy sector will be used as starting point for the development of more sustainable multi-product and multi-stakeholder based biomass implementation strategies. In the short-term this approach potentially could improve the overall economics of business cases in the energy sector by valorisation of currently available agro and process residues to added-value bio-based products (i.e. biofuels for transport potentially could be produced in a market competitive way in case residues are optimally valorised); whereas in the longer-term the energy sector will become an integral part of full biomass refining strategies, i.e. using a variety of primary, secondary and tertiary organic residues as raw materials for their processes.

Biorefining, i.e. the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable bio-based products (food, feed, chemicals, and/or materials) and bioenergy (biofuels, power and/or heat) [IEA Bioenergy Task 42] is the main driver for large-scale implementation of biomass within the different market sectors of the global economy.

To open up the biorefinery application potential, technology and full chain development of multi-stakeholder consortia still is a necessity. Joint international priorities and RD&D-programmes between industry, research institutes, universities, governmental bodies and NGOs are necessary; whereas identification of market introduction strategies together with industry will be inevitably for the creation of a proper RD&D-framework.

The major objective of IEA Bioenergy Task 42 for 2010 – 2012 is to assess the worldwide position and potential of the biorefinery field, and to gather new insides that will indicate the possibilities to come to new breakthrough, competitive, sustainable, safe and eco-efficient processing routes for the simultaneous manufacture of transportation fuels, (CH)power, food, feed, and added-value bio-based products (chemicals, materials).

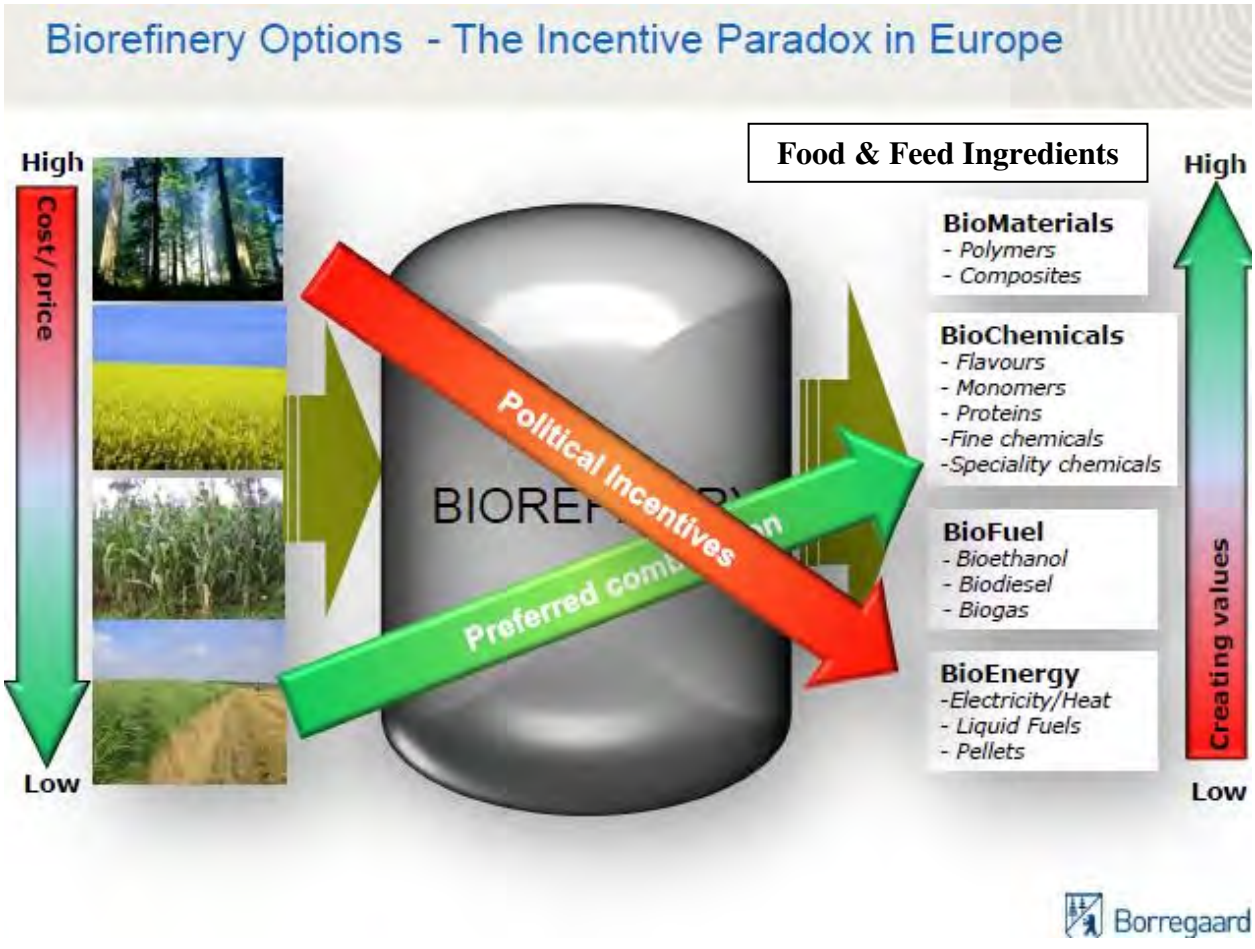
The information provided can be used by national and international governmental organisations to develop bioenergy-related policies, industrial stakeholders for focusing their RTD and deployment strategies on the most promising (i.e. sustainable) biomass value chains, NGOs to be included into their renewable energy scenarios, and research institutes and universities to focus their applied and strategic research programmes.

CONTENTS

Background – page 4
Report on Task's objectives – page 5
Success stories – page 14
Conclusions and recommendations – page 15
Attachments – Page 16

BACKGROUND

In a future Bio-Economy sustainable production and valorisation of biomass to both Food and Non-food applications will be the framework of operation. Sustainably produced biomass (crops, algae, residues) has to be used as efficient as possible - using bio-cascading and biorefining approaches – to meet future demands of Food, Feed, Bio-based Products (chemicals, materials) and Bioenergy (fuels, power, heat). Biorefineries are already applied for ages in for example the food industry. Large-scale implementation of biorefineries for Non-food (incl. Bioenergy) applications, however, is still lacking. Major reasons for this are that: some of the key technologies (fractionation & product separation) being part of integrated biorefinery plants are still not mature enough for commercial market implementation; there is still no level-playing-field for sustainable biomass use for Food and Non-food applications; market sectors that should co-operate (food, feed, agro, chemistry, energy, fuels, logistics, ...) for the development and commercialisation of full sustainable biomass value chains, including high-efficient biorefinery processes, are often still not working together, and there is still lack of knowledge/expertise on the advantages of biorefinery processes for optimal sustainable biomass use at both industrial, SME, (regional) governmental level.



Work programme

1. Further developing the Biorefinery Classification System (BCS), and related Biorefinery Complexity Index (BCI).
2. Identifying the most promising bio-based products – i.e. food, feed, added-value materials and chemicals – to be co-produced with bioenergy.
3. Assessing the current status and development potential of both Energy-driven Biorefineries (incl. biofuels) and Product-driven Biorefineries based on a Full Value Chain approach.
4. Providing a review of approaches and developing a guidance document for sustainability assessment, including economic, environmental and social acceptance aspects of biorefineries.
5. Preparing a Biorefinery Summarizing Paper to be used by national/international governmental organisations for their policy developments.
6. Organising bi-annual Task Meetings, workshops inviting national stakeholders, and visits to running pilot/demo and commercial facilities. External knowledge dissemination in general will be done by: i) set-up and management of the Task website, including linkage to many other national/international websites, and ii) preparation and distribution of a Task newsletter. Internal knowledge dissemination will be done by means of an intranet-site coupled to the Task website.
7. Updating of the Country Reports on Biorefinery Mapping and Biorefinery-related RD&D Programmes to help national governments to define their national biorefinery policy goals and related programmes.
8. Developing and delivering a broad Biorefinery Training Course to enable students, policy makers and industrial stakeholders to become familiar with the integral concept-thinking of biorefineries.

REPORT ON THE TASK'S OBJECTIVES

Biorefinery Classification System and Complexity Index

Task42 developed a **Biorefinery Classification System** (scheme, see figure 1.), based on raw materials used, platforms (intermediate biomass-derived products), and final products and secondary energy carriers produced, with the main goal to make the often complex biorefinery processes more understandable for interested stakeholders (industry, SMEs, policy makers, NGOs, ...).

Classified naming biorefineries

A [names platforms] platform biorefinery for the production of [names products and energy carriers] from [names raw materials]

A start was made with the development of a **Biorefinery Complexity Index (BCI)**, with the main goal to give an indication on the complexity of the biorefinery facility, i.e. on the time-to-market, the amount of stakeholders to be involved, the initial investment and final operational costs, ... A high BCI has the disadvantage that the initial investment costs will be high and that a variety of stakeholders will be involved, potentially increasing the time-to-market. However, advantages are that when an implementation decision is taken, that it will be clearly possible to co-produce significant amounts of Bio-based Products and Bioenergy in a profitable way. The BCI will be further developed in 2013 and beyond at a low-profile level with a few countries (AT, NL, ...) involved. For the time being there is no consensus in the Task on the added-value or potential disadvantages of this BCI-methodology on biorefinery market deployment.

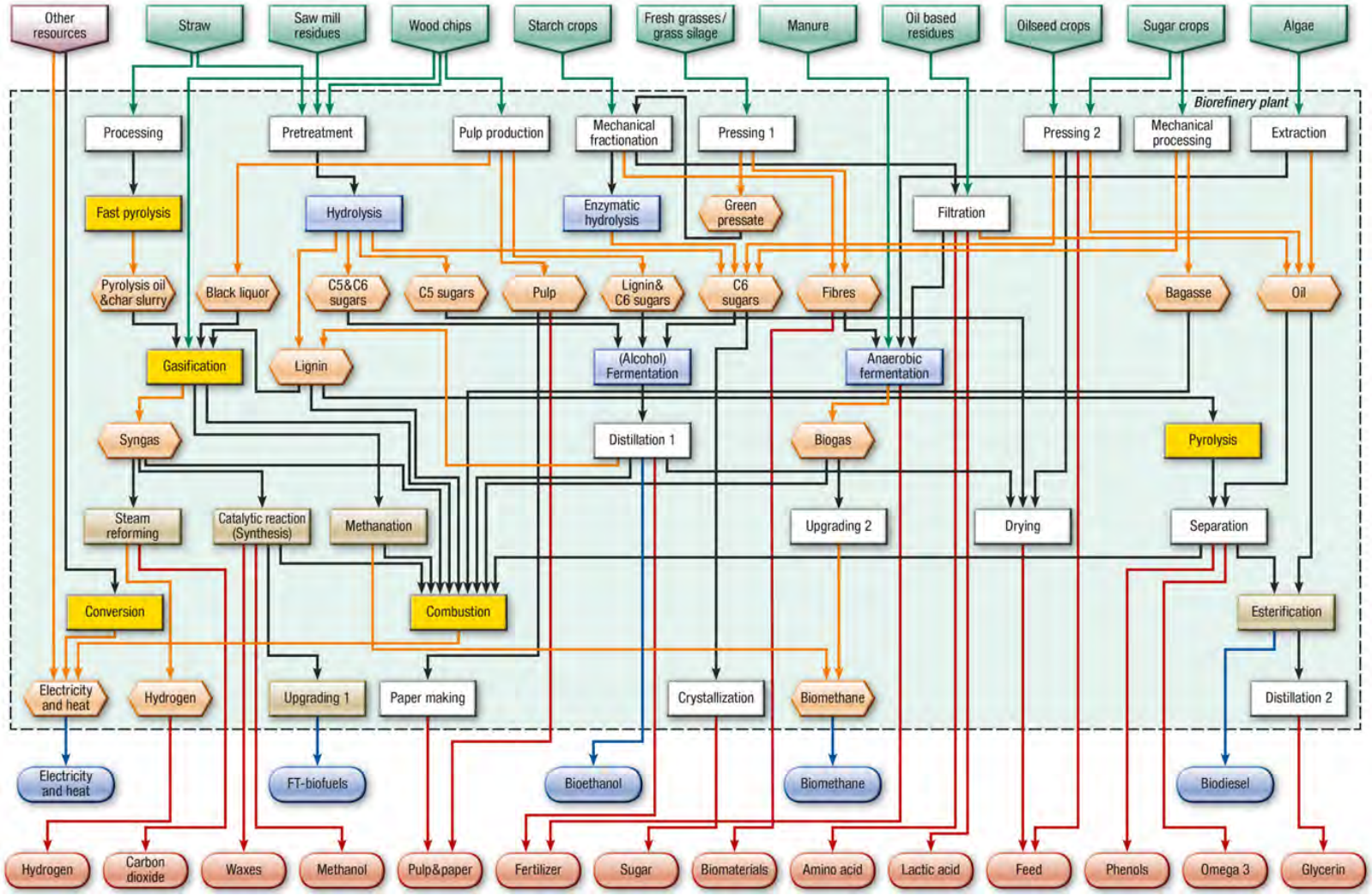
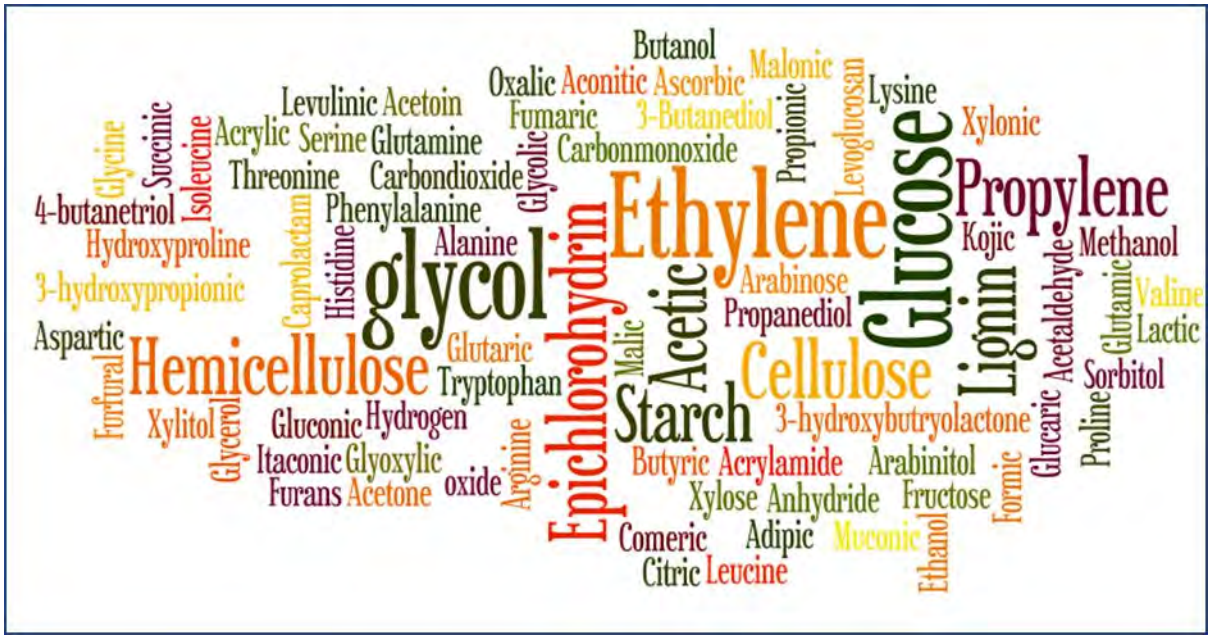


Figure 1. Biorefinery Classification Scheme [IEA Bioenergy Task42]

Bio-based products to be co-produced with bioenergy

A report has been published in February 2012 on "Value Added Products from Biorefineries – Bio-based Chemicals" (see success stories). This report was published as a glossy Task Report in Q1 2012, and is available for downloading at the Task42 website (www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com). This report will be expanded and updated in the 2013-2015 period.



A start was made with the set-up of a second report, viz.: "Value Added Products from Biorefineries – Proteins for Food and Non-food Applications". During the triennium was decided by the Task partners to prepare this report instead of a report on Product-driven Biorefineries with the main reason that the results will be more directly applicable for the energy/fuel sector, the main sector dealt with within IEA Bioenergy. This report is currently being finalised, and will published, and available on the Task42 website, by the end of Q2 2013.

Current status and development potential energy-driven biorefineries

A report has been published in February 2013 on "Biofuel-driven Biorefineries – A selection of the most promising biorefinery concepts to produce large volumes of road transportation biofuels by 2025". This report gives an overview of both commercial-scale, demonstration-scale and more conceptual biofuel-driven biorefineries in the participating countries, with a link to the Task42 classification system, to make the description of the biorefineries more understandable for the public.

The report also contains the results of the environmental assessment of a C6, C5, lignin platform biorefinery for the production of bioethanol, phenols, power, heat and CO_2 from wood (see figure 2a). The environmental assessment showed that the wood-based biorefinery system had the lowest annual greenhouse gas emissions [t CO_2-eq/year] (figure 2b); however, the highest cumulated primary energy demand [PJ/year] (figure 2c), compared to other system alternatives to produce the same amount of end-products. The economics were not assessed in this report. .

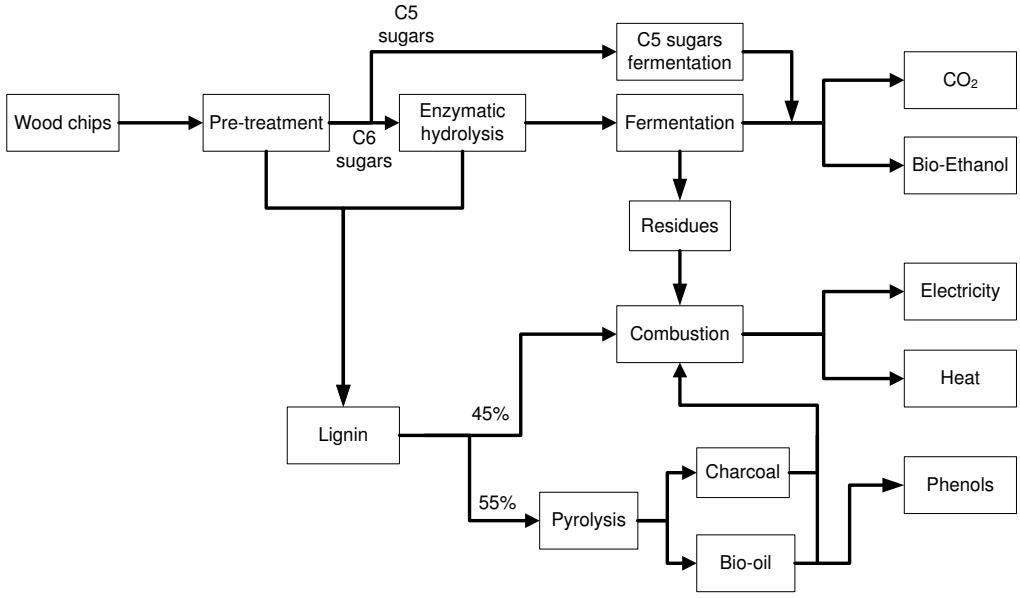
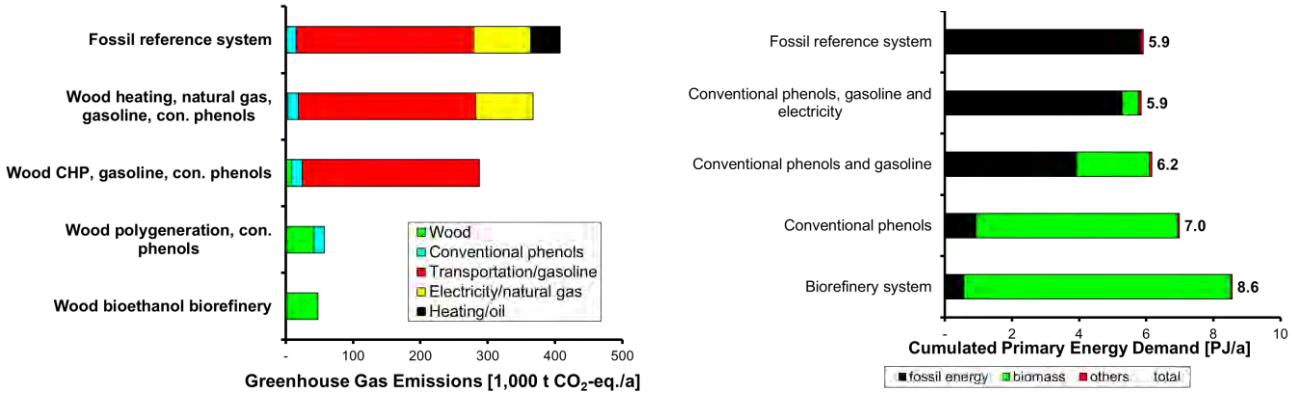


Figure 2a. C6, C5, lignin platform biorefinery for the production of bioethanol, phenols, power, heat and CO_2 from wood



Figures 2b Greenhouse gas emissions and 2c Cumulated energy demand wood biorefinery vs. alternative production systems

The full report is available for downloading at the Task42 website (www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com).

Sustainability assessment on biorefineries

A draft set-up of a guidance document for biorefinery-related sustainability assessments was made in 2012. This document was finalised in Q1 2013, and is available on the Task42 website. The biorefinery-related sustainability activities will be continued in the 2013-2015 period with both specific Task42 activities (i.e. PROSUITE sustainability toolbox testing for some selected biofuel-driven biorefineries) and some joint Tasks activities (i.e. mobilising sustainable biomass supply chains, future demand for sustainable biomass from the broad Bio-Economy perspective).

National and international policy development support
Two types of activities have been performed within this framework, viz.: 1) the preparation of a new glossy Task42 Brochure, covering all Task results so far, and 2) the preparation of separate National Country Reports on biorefinery mapping and RD&D programmes, and an Integrated Report for all Task42 partnering countries, summarising the major efforts in all countries.

Concerning the **new glossy Task42 brochure**, a draft 60 pages version is available covering the following issues: biorefining – global status, future challenges, and country specific challenges; vision and contribution IEA Bioenergy Task42; biorefineries – definition and classification; sustainability issues biofuel-driven biorefineries; value-added products from biorefineries: food & feed ingredients – pharmaceuticals, chemicals & materials – fuels, power & heat; training activities, website, biorefinery status in participating countries (A4-page examples commercial facilities, demos and pilots, some examples see figure 3.); activity plan 2013-2015. This draft brochure will be finalised in Q2 2013, including data and examples of new partner countries, and will be disseminated both as hardcopies and electronically via the Task website before 30 June 2013.

A pulp, off-gas, electricity & heat Biorefinery for the production of Kraft pulp, biomethanol, electricity and heat from wood chips [Alpac Forest Products Inc., Canada]

A bioliqSynCrude and syngas biorefinery pilot-plant for the production of customised fuels and chemicals from ligno-cellulosic residues [Bioliq, Germany]

A C6 sugars, C5 sugars, lignin and electricity & heat biorefinery for bioethanol, feed, electricity and heat from straw [Inbicon, Denmark]

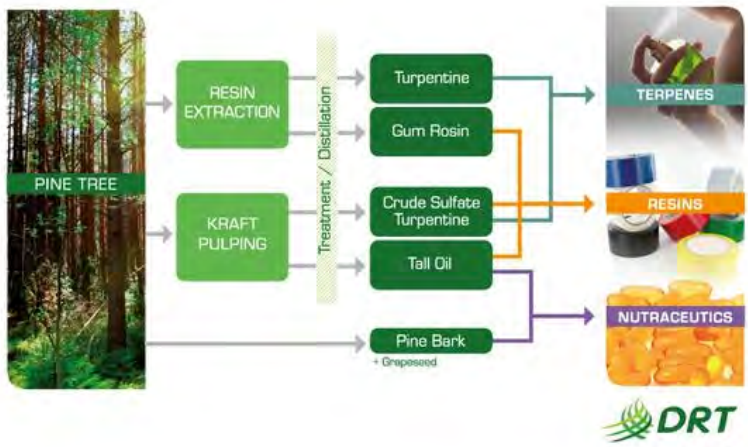
Figure 3. Some example biorefineries that are in operation in the participating counties [IEA Bioenergy Task42 Brochure, June 2013]

A whey biorefinery for ethanol and protein-based food products from milk [Edgecumbe Milk Processing Plant, Fonterra Cooperative Group, New Zealand]

A sugar residue biorefinery sugar, bioethanol and animal feed from sugar beets [Konya Seker San, Turkey]

A sugars, lignin and syngas biorefinery for bioethanol, power and heat from renewable biomass and MSW [INEOS New Planet Bioenergy (USA)

Figure 3 (continued). Some example biorefineries that are in operation in the participating counties [IEA Bioenergy Task42 Brochure, June 2013]



A turpentine, gum rosin, crude sulfate turpentine and tall oil biorefinery for terpenes, resins and neutraceutics from co-products paper industry and pine trees [Dérivés Résiniques et Terpéniques, (DRT) France]

An oil production and refinery pilot-plant for Omega-3, fuels, chemicals from microalgae [Wageningen UR, the Netherlands]

A biogas, bio-methane, green pressate, fibres, electricity & heat biorefinery for bio-methane, lactic acid, biomaterials and fertilizer from grass and manure [Utzenaich, Austria]

The Mackay Renewable Biocommodities Pilot Plant for bio*ethanol, lignin, various chemicals from sugarcane bagasse, corn stover, ...[Queensland University of Technology, Australia]*

Figure 3 (continued). Some example biorefineries that are in operation in the participating counties [IEA Bioenergy Task42 Brochure, June 2013]

The **Country Reports** on biorefinery mapping and RD&D programmes in partnering countries include the following info per partnering country: current biomass use for both energy (power, heat, CHP, fuels) and non-energy (food, feed, materials, chemicals) applications, biorefinery-related policy goals and funding programmes, overview running commercial biorefineries, demonstration & pilot plants, major R&D-projects, and stakeholders involved (industry, SMEs, institutes, universities, GOs, NGOs). Both Canada and Ireland were not able to provide a Country Report because the data asked for could not be provided without significant efforts required (Canada) and because no biorefineries were in operation (Ireland). Also an Integrated Countries Report has been prepared by the Danish Team. Both the separate Country Reports and the Integrated Countries Report are available at the Task-website.

Knowledge dissemination

External dissemination of Task42 results was done by the set-up and management of a Task42 website: www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com, the preparation of several conference papers and reports, giving lectures at several national/international conferences, seminars and workshops, organising bi-annual industrial stakeholder events; further specification see attachment "participation in major events & deliverables". Internal knowledge dissemination was done by means of a password protected intranet-site (document sharing) and by organising bi-annual Task42 meetings. During this triennium Task42 meetings have been organised in:

- 7th Task42 meeting, main organiser ADEME, Lille, France 4 March 2010, including a Thermochemical Biorefinery Session organised by the Austrian Team. This Task meeting was coupled to both a French industrial stakeholder meeting, an excursion to Roquette on 3 March 2010.
- 8th Task42 meeting, main organiser DOE, Chicago, Illinois, 4-6 October 2010. This event included a U.S. stakeholder event on 4 October, a Task42 progress meeting on 5 October, and excursions to both UOP and GTI/Haldor Topsoe on 6 October 2010.
- 9th Task42 meeting, main organisers ENEA/CHEMTEX (part of M&G), Tortona, Italy, 4-6 April 2011. This meeting consisted of an Italian stakeholder meeting on 4 April, an excursion to the Polibre and other demo-plants on 5 April, and a Task42 progress meeting on 5/6 April 2011.
- 10th Task42 meeting, main organiser Bioenergy Australia, Twin Waters Resort, Queensland, Australia, 22-25 November 2011. This event included: a Task42 progress meeting on 22 November, a technical tour on 23 November, and a Task42-contribution to the Bioenergy Australia Conference on 24/25 November 2011.
- 11th Task42 meeting, main organiser University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark, 27 February 2012. This meeting included: a Task progress meeting on 27 February, a Task42-contribution to the Conference Advanced Biofuels in a Biorefinery Approach on 28/29 February 2012, and an excursion on 1 March 2012.
- 12th Task42 meeting, main organiser Joanneum Research, Vienna, Austria, 16 November 2012. This meeting was coupled to the End of Triennium IEA Bioenergy Conference in Vienna, Austria, 12-15 November 2012.
- 13th Task42 progress meeting will be organised by Wageningen UR in Wageningen, the Netherlands on 11 April 2013 coupled to the International Biomass for Food, Fuels & Materials Symposium (BFF-2013).

Training

Task42 has developed and implemented a M.Sc. level Biorefinery Training (Summer) Course to familiarise students with the concept of biorefineries and the underpinning logic.

- A first ½--day course was organised as part of the 5th International Conference on Renewable Resources & Biorefineries RRB5, Ghent, Belgium, 12 June 2009.
- A second full-day course was organised as part of an International Biomass Valorisation Congress in Amsterdam, the Netherlands on 13 September 2010. With about 70 Participants this event was very successful.
- A 4-days Training Course "1st European Training Course on Biorefining Principles and Technologies" was developed together with INRA (F), and successfully (about 120 participants) given in Paris, France, 28 August – 1 September 2011.
- The 2nd European Training Course on Biorefining Principles and Technologies" was developed together with INRA (F), and successfully (about 75 participants) given in Wageningen, the Netherlands, 3-6 June 2012.
- The 3rd European Training Course on Biorefining Principles and Technologies" is planned to be given in Galway, Ireland, August 2013.

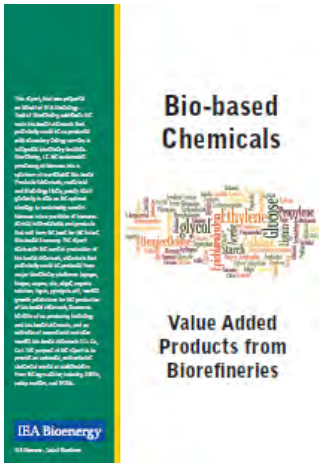
SUCCESS STORIES

Biorefinery Classification System

The Biorefinery Classification System that was developed by Task42, clarifying what is happening in often complicated biorefinery processes, has been adopted by several countries and the EC in the preparation of their policy related documents, vision documents and Strategic Research Agendas. Some recent examples can be found in the European Biorefinery Joint Strategic Research Roadmap for 2020 (Star-COLIBRI, 2011) and the German Biorefineries Roadmap – part of the German Federal Government action plans for the material and energetic utilisation of renewable raw materials (2012).

Reports on Bio-based Chemicals & Biofuel-driven Biorefineries

The report Bio-based Chemicals: Value Added Products from Biorefineries was a first-of-a-kind report giving an overview of: the current production of bio-based chemicals (including global stakeholders involved), the potential production from bio-based intermediates, market growth predictions, economic benefits from co-production, commercial and near-market bio-based chemicals (C1-C6, Cn). More than 1000 hardcopies of this report have been disseminated all over the world, and a lot more were downloaded from the Task-website. A lot of positive response has been received from the market. This report will be updated and further expanded in the next (2013-2015) triennium.



The Biofuel-driven Biorefineries report that was finalised by the end of 2012 and printed in Q1 2013 gives an overview of both commercial-scale, demonstration-scale and more conceptual biofuel-driven biorefineries in the participating countries, with a link to the Task42 classification system, to make the description of the biorefineries more understandable for the public. The report also contains the results of the environmental assessment of a C6, C5, lignin platform biorefinery for the production of bioethanol, phenols, power, heat and CO_2 from wood. Also this report will be distributed as hardcopy in significant amounts all over the world, and is downloadable from the Task-website from Q1 2013.

European Training School on Biorefining

The Biorefining Training School that was started with a ½ day event in Amsterdam in 2009 has been expanded to the major 4-day Biorefining Training Event in Europe. The extended course was successfully organised in both Paris, France (2011) and Wageningen, the Netherlands (2012), and will be the major annual biorefining training event in Europe in the next triennium (2013: Galway, Ireland, August 2013).

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Conclusion

The information (reports, Task and stakeholder meetings) that came available in this triennium in the participating countries showed that biorefining is becoming more and more the standard for the sustainable use of biomass for the production of bioenergy an bio-based Products.. Market implementation is progressing, specifically in the bio transportation fuel sector, where chain and process residues are upgraded more and more to added-value bio-based products (both chemicals and feed ingredients), improving the overall production process economics. However, still some technical and non-technical critical success factors have to be solved before large-scale and optimal biomass use as base for the Bio-based Economy can be guaranteed.

Recommendations

- The circular Bio-Economy (zero-waste: re-use of water, minerals, ...) – synergetically co-producing human food, animal feed, bio-based products (chemicals, materials) and bioenergy (fuels, power, heat) – should be the framework for the sustainable worldwide production and use of biomass. Bioenergy will be a relatively low-value but essential link in the full biomass valorisation strategy, being the implementation driver in the short-term and the linking pin in the longer-term. Optimal sustainable biomass valorisation approaches for Food and Non-food (incl. energy/fuels) applications within a market-pull approach should be assessed.
- Contractibility and supply of sustainable biomass resources, including: the use of agro residues, process residues, post-consumer residues, and new crops (incl. aquatic biomass) still needs additional attention to be sure that enough biomass of the right quality will become available at the right locations to feed both current and future various biorefinery facilities.
- New – potential disruptive and game changing technologies – will be developed over time. Identification of these new technologies and dissemination of knowledge about them potentially will shorten the time-to-market of high-efficient sustainable biomass valorisation chains including these technologies.
- The advantages and disadvantages of decentral (regional) (pre) processing (relatively low initial investment, regional stakeholder support and development, social acceptability) vs. central processing making use of economy-of-scale should be further assessed..
- Support of industrial/SME stakeholders finding their position in a future BioEconomy.

ATTACHMENTS

Participation in major events

- Co-organisation together with EC FP7 projects StarColibri, Biocore, Suprabio and Eurobioref a Biorefinery Network Event in the Renewable Energy House, Brussels, Belgium, 7 February 2011.
- Chairing the Biorefinery Platform Day, incl. 2 presentations of IEA Bioenergy Task42 at World Biofuels Markets 2012, Rotterdam, the Netherlands, 22-24 March 2012.
- Presentation IEA Bioenergy Task42 at the European Expert Forum on Biorefineries, Budapest, Hungary, 12/13 April 2011.
- Towards a Common Approach for Comparing Biorefinery Systems to Conventional Systems – Findings of IEA Bioenergy Task 42 "Biorefineries", 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. Wilke, (Germany), 18th European Biomass Conference, Lyon/France, May 3 – 7, 2010.
- Classification and Assessment of Biorefinery Concepts in IEA Bioenergy Task 42 "Biorefineries", G. Jungmeier and the colleagues of IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries", ICPS International Conference on Polygeneration Strategies with special Focus on Integrated Biorefineries, Leipzig/Germany September 7 - 9, 2010.
- The Future of Biorefinery Evolution - How will Biorefinery Platforms fit in the Industry Sector?, World Biofuel Markets – Biorefinery Platforms, G. Jungmeier, Rotterdam, March 22.–24 2011.
- Identification and Assessment of Most Promising Biorefineries until 2020 in IEA Bioenergy Task 42 "Biorefinery", G. Jungmeier, 19th European Biomass Conference and Exhibition, Berlin, June 06-10 2011.
- Bioenergy Driven Biorefinery Systems – Classification, Biorefinery Index and Sustainability Assessment, G. Jungmeier, Bioenergy Australia 2011, November 23 - 25, Queensland, Australia.
- Innovative Biofuel-driven Biorefinery Concepts and their Assessment – An Outlook until 2025 in IEA Bioenergy Task 42 „Biorefinery", G. Jungmeier, Biorefinery Conference 2012 "Advanced Biofuels in a Biorefinery Approach", February 28 – March 1, 2012, Copenhagen, Denmark.
- Whole Chain Assessment of Bioenergy Driven Biorefineries – Experiences of IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries", G. Jungmeier, World Bioenergy 2012, May 29 – 31, 2012, Jönköping, Sweden.
- Do We Need a Biorefinery Complexity Index? – A Critical Review in IEA Bioenergy Task 42 "Biorefinery", G. Jungmeier, 20th European Biomass Conference, June 18 – 22, 2012 Milano, Italy.
- Activities of IEA Bioenergy Task 42 "Biorefinery" on Wood Based Bioenergy Driven Biorefineries - Classification, Sustainability Assessment, Complexity Index and International Perspectives until 2025, G. Jungmeier, Northern Wood Biorefinery Conference, October 23 – 25, 2012, Helsinki, Finland.
- Sustainability Assessment, Classification and Perspectives of Bioenergy-driven Biorefineries - Activities of IEA Bioenergy Task 42 „Biorefineries", G. Jungmeier, III Latin American Conference "Biorefineries – Ideas for a Sustainable World"; November 19 - 21, 2012, Pucon, Chile.
    - Classification of Biorefineries - Examples for Bioenergy Driven Biorefineries, M. Hingsamer, G. Jungmeier, Finish Biorefinery Training School, 26. November 2012, Joennsuu, Finland.

Deliverables (conference papers, seminar proceedings, technical notes, newsletters, Industry Days, scientific publications, books, etc.), including website address or reference of the publication

- A printed version of a glossary IEA Bioenergy Task42 Biorefinery Brochure, including: biorefinery definition, biorefinery classification system, biorefinery mapping data, and examples of both running biorefineries and biorefineries has been made available both as hardcopy and electronically via the Task-website at the start of 2010.
- Cherubini, F., Jungmeier, G., Wellisch, M., Willke, T., Skiadas, I., van Ree, R. and de Jong, E. (2009). Toward a common classification approach for biorefinery systems. Journal Biofuels, Bioproducts & Biorefining (Biofpr) 3(5):534-546.
- Bio-based Chemicals: Value Added Products from Biorefineries, Task42-report, February 2012.
- National Country Reports have been prepared by Australia, Austria, Denmark, France, Germany, Italy, the Netherlands, Turkey, the UK, and the U.S.
- A Summarising Countries Report has been prepared by the University of Copenhagen
- Biofuel-driven Biorefineries: A selection of the most promising biorefinery concepts to produce large volumes of road transportation biofuels by 2025, Task42-report, February 2013.

All deliverables can be found for downloading at the Task42 website:
www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com

A deliverable that is still in progress is the preparation of the glossy information brochure "Adding value to the Sustainable Utilisation of Biomass at a Global Scale – BIOEFINING". This paper will include all relevant Task42 results of the last 6 years (2007-2012) showing the economic, ecological and social advantages of co-production of Bioenergy and Bio-based Products for sustainable biomass use in a future BioEconomy.

Co-ordination with other Tasks within IEA Bioenergy

- Conference Advanced Biofuels – Sustainable Production using the Biorefinery Approach, Copenhagen, Denmark, 27-29 February 2012; co-operation University of Copenhagen, Task 39 and Task42.
- Contribution to set-up strategic fund joint Tasks project "Sustainable bioenergy supply chains". Coordination: Task43; participation Tasks: 42, 40, 39, 38, and 29. This project will be executed in 2013 and 2014.
- Contribution to the set-up of a joint Task activity with Task40 on "Future market demand for biomass from the broader BioEconomy Perspective". Coordination: Task40; Task42 will bring in specific expertise on (types of) biorefineries.

Co-ordination with other bodies outside of IEA Bioenergy, e.g. other Implementing Agreements; and other organisations – FAO

- Mr. Shoji Yamaguchi (Mitsubishi Chemical Corporation), as co-leader of the International Council of Chemical Association (ICCA), participated in the Task42 meeting in Tortona, Italy, 4-6 April 2011.

Industry participation: How was the industry involved in the Task activities? How did it influence the work carried out by the Task? Which industries participated and what activities did they participate in?

The industry was involved in Task42 by participation in the bi-annual industrial stakeholder meetings and by providing data on both running commercial, demo and pilot biorefinery plants for the assessment work and reports delivered.