

# Chemie, Verfahrenstechnik und Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung

G. Braunegg, M. Narodoslawsky et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

## 32a/2006

## **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 Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>  
oder bei:

Projektfabrik Waldhör  
Währingerstraße 121/3  
1180 Wien

# Chemie, Verfahrenstechnik und Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung

Ao. Univ.-Prof. DI Dr. M. Narodoslawsky  
DI Dr. A. Niederl-Schmidinger, DI G. Povoden  
DI D. Sandholzer, A. Bruckner  
*Institut für ressourcenschonende  
und nachhaltige Systeme*

Univ.Prof. DI Dr. G. Braunegg  
Univ. Prof. Dr. P. Horvat, Mag. S. Gadocha  
*Institut für Biotechnologie und Bioprozesstechnik*

Graz, August 2005

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Homepage [www.FABRIKderZukunft.at](http://www.FABRIKderZukunft.at) und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

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



Kurzfassung.....	9
Kurzfassung (deutsch) .....	9
Kurzfassung (englisch).....	11
Kurzfassung (deutsch) .....	13
Kurzfassung (englisch).....	13
Einleitung.....	14
Ziel des Projektes CHEVENA.....	15
Inhalt und Ergebnisse des Projektes .....	16
Verwendete Methoden und Daten .....	16
Stand der Technik.....	18
Innovationsgehalt des Projektes .....	21
Methodischer Innovationsgehalt.....	21
Didaktische Innovationen .....	22
Beschreibung der Projektergebnisse .....	23
Workshop „Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ (6. und 7. November 2003, Schloss Seggau).....	23
CHEVENA Datenbank.....	24
SPlonEXCEL.....	26
Prozesssynthese für komplexe Nutzungskonzepte auf der Basis nachwachsender Rohstoffe .....	28
Zweck des Computerprogramms: .....	29
Didaktisches Konzept zur Qualifizierung von Akteuren in der Umsetzung von NAWARO Technologien.....	30
Verwertung der Ergebnisse des Projektes .....	32
Detailangaben zu den Zielen der „Fabrik der Zukunft“ .....	34
Beitrag zu den Gesamtzielen .....	34
Einbeziehung der relevanten Zielgruppen.....	35
Potentiale des Projektes.....	35
Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen .....	37
Fachliche Schlussfolgerungen.....	37
Weitere Verwertung der Ergebnisse des Projektes .....	38
Relevanz der Ergebnisse für weitere Zielgruppen.....	39
Ausblick und Empfehlungen.....	39
Chancen und Risiken für ein Demonstrationsprojekt.....	39
Weiterführender Forschungs- und Entwicklungsbedarf.....	40
Appendix A: Beiträge zum Workshop „Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ (6. und 7. November 2003, Schloss Seggau) .....	42
Appendix B: Kursankündigung für CHEVENA Kurse.....	43
Appendix C: Unterlagen der CHEVENA Kurse.....	44
Appendix D: Bedienungsanleitung Chevena Datenbank .....	79
Appendix E: Handbuch SPlonEXCEL .....	98



# Kurzfassung

## ***Kurzfassung (deutsch)***

Die Forschungsarbeiten in diesem Projekt waren darauf hin angelegt, die Grundlagen für eine technische Chemie und Verfahrenstechnik zu liefern, die in der Lage sind, den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung zu entsprechen. Diese Bereiche müssen in ihrer ökologischen ökonomischen und sozialen Dimension folgenden Anforderungen entsprechen.

- Ressourcenknappheiten vermeiden und dabei weitgehend auf nachwachsende Quellen zurückgreifen (ressourcenschonende Synthesewege und Technologien)
- Nachwachsende Ressourcen schonen, indem Kuppelprodukte und Abfallströme aus der Land- und Forstwirtschaft vorrangig Verwendung finden
- Die Prozesstechnik und Rohstofflogistik auf die Anforderungen nachhaltiger Entwicklung abstimmen, durch Mehrrohstoffkonzepte und Prozesstechniken, die den saisonal und regional gebundenen Anfall der Rohstoffe berücksichtigen
- Keine Produkte oder Nebenprodukte erzeugen, die sich in der Biosphäre anreichern oder anderswo Systemänderungen verursachen (Ozonloch, Klimaveränderung, Hormonhaushalte, Verminderung der Regenerationsfähigkeit,...)
- Keine Synthesewege verwenden, die problematische Zwischenprodukte, Katalysatoren oder Reaktionsmedien einsetzen (Chlorchemie, Schwermetalle,...)
- Trenn- und Aufarbeitungsmethoden verwenden, die faktoriell geringere Energieeinsätze verlangen und die nachhaltige Energiesysteme (Solarenergie, Biomasse, etc.) nutzen können
- Produkte herstellen, die nachhaltig weiterverwendet und recycelt werden können

Diese Herausforderungen erfordern jedoch neu methodische Ansätze in Planung und Umsetzung, sowohl direkt in der chemisch/verfahrenstechnischen Technologie als auch entlang des gesamten Lebenszyklus. Nur wenn es gelingt eine durchgängige methodische Basis zu entwickeln, die als Grundlage der Zusammenarbeit aller mit der Umsetzung nachhaltiger Technologien befasster Akteure dienen kann, ist die notwendige Neustrukturierung der Industrie in Richtung Nachhaltigkeit möglich.

Das Ziel des Projektes CHEVENA war es, ein solches Methodengerüst insbesondere für die frühe Planungsphase von nachhaltigen Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe zu entwickeln. In einem Workshop der unterschiedliche Akteure entlang des Lebenszyklus von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen einbezog, wurden in einem ersten Arbeitsschritt die wesentlichen methodischen Defizite identifiziert, die besonders für die frühe Konzeptphase von Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe bestehen. Entsprechend diesen Ergebnissen wurden Methoden zum systematischen Aufbau von Nutzungsketten für nachwachsende Rohstoffe, für die Konzeption und Optimierung von

Nutzungsnetzwerken zur effizienten Nutzung der Rohstoffe und zur umfassenden ökologischen Bewertung und Optimierung derartiger Nutzungsnetzwerke entwickelt.

Neben der Methodenentwicklung wurden jedoch gleichzeitig nutzerfreundliche Software-Tools geschaffen, die auf der Basis dieser Methoden die praktische Arbeit der wesentlichen Akteure in entscheidenden Bereichen direkt unterstützen können. Diese Tools sind insbesondere eine umfassende Prozessdatenbank, die dem Nutzer einen Überblick über mögliche Verwertungswege für nachwachsende Rohstoffe vermittelt sowie ein ökologisches Bewertungsprogramm, das komplexe Nutzungsnetzwerke, wie sie für die effiziente Verwertung nachwachsender Rohstoffe charakteristisch sind, ökologisch optimierbar macht.

Die Ergebnisse die während des Projektes gewonnen wurden und das bereits vorhandene Fachwissen dienten zur Erstellung eines didaktischen Konzeptes zur Vermittlung des notwendigen Wissens für die frühe Planungsphase von nachhaltigen Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Dieses didaktische Konzept gliedert die Wissensvermittlung in „Kursmodule“, die für unterschiedliche Zielgruppen zu Qualifizierungskursen individuell zusammengesetzt werden können. Die Organisation in Module erlaubt weiters den einfachen Einbau der in diesem Projekt erarbeiteten Grundlagen in Kurs- und Ausbildungssysteme anderer Institutionen. Für diese Kursmodule wurde im Rahmen des Projektes umfassendes Lehrmaterial erstellt.

Erste Kurse für Landwirte bzw. Techniker wurden bereits abgehalten. Die Rückmeldung der Teilnehmer bestätigten sowohl den Bedarf an solchen Qualifizierungskursen als auch die Qualität der erarbeiteten Unterlagen und Tools. Die Erfahrungen der ersten Staffel von Kursen wurde dabei zur Überarbeitung der Kursunterlagen genutzt.

Mit den Ergebnissen des Projektes CHEVENA liegt nun ein methodisches Fundament und eine didaktische Aufarbeitung der wesentlichen Wissensinhalte für die erste Phase der Planung nachhaltiger Prozesse auf der Basis nachwachsender Rohstoffe vor. Die Ergebnisse sind öffentlich über das Internet unter [www.scc.co.at/chevena](http://www.scc.co.at/chevena) bzw. unter [www.spionexcel.tugraz.at](http://www.spionexcel.tugraz.at) zugänglich.

## ***Kurzfassung (englisch)***

Scientific work during this project aimed to create basic principles for a technical chemistry and process engineering in order to accomplish sustainable development. These areas of engineering have to fulfil following requirements in economic, ecologic and social dimensions.

- Avoiding resource shortage and maximum usage of renewable resources (resource efficient syntheses and technologies)
- Protection of renewable resources due to primarily using co products and waste from agriculture and forestry.
- Adjusting process technology and resource logistics to requirements of sustainable development due to multi feedstock concepts and process technologies in regard of seasonal and regional changes in feedstock provision.
- Avoiding the production of products or co products that accumulate in biosphere or cause changes in natural systems (e.g. ozone layer, climate, hormone balance)
- No syntheses using problematic intermediates, catalysts or reaction medias (e.g. chlorine chemistry, heavy metals)
- Application of separation and reconditioning methods with lower energy demands that can be provided by sustainable energy systems (e.g. solar energy, biomass)
- Developing products that can be recycled or reused

These challenges however require new and/or adapted methodological approaches in planning and implementation, not only in the field of process engineering but also in other relevant sectors along the Life Cycle of products. Co-operation between actors is necessary to bring about the restructuring of industry to achieve sustainability. This co-operation however requires a consistent methodological base to which all the actors may refer in their work.

The goal of CHEVENA was to create such a methodological base for the early planning phase for processes on the base of renewable resources. The results of a workshop with relevant actors from industry, agriculture, regional planning and other fields linked to utilising renewable resources identified the main methodological gaps and thus directed the work within the project. According to these results, methods for a systematic identification of possible utilisation lines for biogenic raw materials, for the creation of optimised process networks for efficient utilisation of renewable resources and for ecological evaluation and optimisation of such networks have been developed.

Besides the development of methodological fundamentals user friendly software tools were generated in the project in order to support the practical work of relevant actors in the field. These tools comprise a process data bank to support systematic research into possible ways of utilising renewable resources and a program for ecological evaluation of process networks.

The results from the development of methods as well as existing knowledge have been combined to create a didactical concept to inform actors about the necessary knowledge for the first planning phase of such processes. This concept was

structured in “course modules” that allow to tailor courses to the requirements of different stakeholders that contribute to the development and implementation of processes to utilise renewable resources. The structuring in modules also facilitates the integration of the material generated in the project into the curricula and courses of other educational institutions. For all these modules course materials have been developed.

A first round of courses for agricultural experts and process engineers was held in order to test the course structure and materials. Feed-back from participants to these courses supported the relevance and quality of the courses and has been a source for improving the course material.

The results of the project offers a consistent methodological base as well as a didactical concept for disseminate the necessary knowledge for the first planning phase for processes on the base of renewable resources. These results are available on internet under [www.scc.co.at/chevena](http://www.scc.co.at/chevena) respectively [www.spionexcel.tugraz.at](http://www.spionexcel.tugraz.at).

### ***Kurzfassung (deutsch)***

Die Forschungsarbeiten in diesem Projekt waren darauf hin angelegt, die methodischen Grundlagen für eine technische Chemie und Verfahrenstechnik auf der Basis nachwachsender Rohstoffe zu schaffen, die den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung genügt. Der besondere Fokus des Projektes war dabei auf die frühe Planungsphase von Prozessen gerichtet.

Das Ziel der Arbeit war einerseits die Entwicklung von Schlüsselmethoden, insbesondere zur Gestaltung von Nutzungsnetzwerken auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Weiters wurden nutzerfreundliche Software-Tools, insbesondere eine umfassende Prozessdatenbank und ein ökologisches Bewertungsprogramm, geschaffen, die zur Unterstützung der praktischen Arbeit verschiedener Akteure im Bereich der Nutzung biogener Rohstoffe dienen soll. Schließlich wurde ein didaktisches Konzept zur Vermittlung notwendiger Kenntnisse für Akteure aus der Praxis entwickelt und die notwendigen Lehrunterlagen geschaffen.

Zusammenfassend kann das Ergebnis des Projektes als ein umfassendes wissenschaftlich aufgebautes und didaktisch verwendbares Werk gesehen werden, das die Grundlage für Qualifizierungskurse darstellt und der Industrie Methoden und Handwerkszeug für die Entwicklung von Prozessen zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe liefert. Die Ergebnisse sind öffentlich über das Internet unter [www.scc.co.at/chevena](http://www.scc.co.at/chevena) bzw. unter [www.spionexcel.tugraz.at](http://www.spionexcel.tugraz.at) zugänglich

### ***Kurzfassung (englisch)***

Scientific work during this project aimed to create a methodological base for process engineering in accordance with principles of sustainable development. The focus of the project was directed at the early planning stage for processes on the base of renewable resources.

The goal of the project was the development of key methods for process development, the creation of process networks and ecological evaluation of processes on the base of biogenic resources. Besides software tools were generated that support the practical work of relevant actors in panning and implementation of technologies on the base of renewable resources Finally a didactical concept and course material has been developed for the dissemination of necessary knowledge for the planning phase of sustainable processes on the base of renewable resources.

The result of the project can be seen as a comprehensive and scientific and didactical fundament for development and implementation of processes using renewable resources. These results are available on internet under [www.scc.co.at/chevena](http://www.scc.co.at/chevena) respectively [www.spionexcel.tugraz.at](http://www.spionexcel.tugraz.at)

## Einleitung

Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung erfordert eine tiefgreifende Veränderung der Rohstoffbasis für die Bereitstellung von Gütern und Dienstleistungen. Regenerierbare und nachwachsende Rohstoffe werden dabei eine viel höhere Bedeutung erlangen, als dies heute, in einer auf die Nutzung endlicher, fossiler Rohstoffe ausgerichteten Wirtschaft, der Fall ist. Nachwachsende Rohstoffe werden nicht mehr alleine für die Bereitstellung von traditionellen Produkten (Lebensmittel, Papier- und Zellstoff, etc), von Nischen- und Spezialprodukten (wie etwa im Bereich der Pharmaindustrie) Verwendung finden. Sie werden in Zukunft die Hauptlast der Bereitstellung von Gütern und Dienstleistungen für die Gesellschaft tragen.

Eine „neue“ Rohstoffbasis stellt aber auch neue Herausforderungen, insbesondere wenn die Nutzung nachwachsender Rohstoffe den Prinzipien nachhaltiger Entwicklung, wie sie in der Ausschreibung zum Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“ genügen sollen:

- Ressourcenknappheiten vermeiden und dabei weitgehend auf nachwachsende Quellen zurückgreifen (ressourcenschonende Synthesewege und Technologien)
- Nachwachsende Ressourcen schonen, indem Kuppelprodukte und Abfallströme aus der Land- und Forstwirtschaft vorrangig Verwendung finden
- Die Prozesstechnik und Rohstofflogistik auf die Anforderungen nachhaltiger Entwicklung abstimmen, durch Mehrrohstoffkonzepte und Prozesstechniken, die den saisonal und regional gebundenen Anfall der Rohstoffe berücksichtigen
- Keine Produkte oder Nebenprodukte erzeugen, die sich in der Biosphäre anreichern oder anderswo Systemänderungen verursachen (Ozonloch, Klimaveränderung, Hormonhaushalte, Verminderung der Regenerationsfähigkeit,...)
- Keine Synthesewege verwenden, die problematische Zwischenprodukte, Katalysatoren oder Reaktionsmedien einsetzen (Chlorchemie, Schwermetalle,...)

Diese Anforderungen müssen bereits in der Planung von Technologien, die nachwachsende Rohstoffe verarbeiten, beachtet werden. Dies stellt all jene Akteure, die mit der Umsetzung solcher Technologien und der damit verbundenen Rohstoffherzeugung, Logistik und dem Vertrieb der Produkte befasst sind, vor neue Herausforderungen. Um diese Herausforderungen zu meistern muss die methodische Basis der Arbeit aller Akteure, die sich mit der Implementation solcher Technologien beschäftigen, erweitert werden.

Ein wesentlicher Aspekt der Weiterentwicklung des methodischen Rüstzeuges für Umsetzung und Betrieb von Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe ist die starke Vernetzung der einzelnen Schritte der Nutzung biogener Rohstoffe: Die Qualität des bereitgestellten Rohstoffes ebenso wie die notwendige Rohstofflogistik und die am Markt nachgefragte Qualität der Produkte haben direkten Einfluss auf die einzusetzenden Technologien. Diese enge Verknüpfung der Nutzungsschritte bedeutet aber auch notwendigerweise eine enge Vernetzung der Akteure innerhalb der Nutzungsketten. Es ist daher erforderlich, Methoden zu entwickeln, die die

Zusammenarbeit der Akteure, von der Land- und Forstwirtschaft über die Logistik bis zu den Entwicklungsingenieuren der Technologien hin, zu unterstützen.

Ein weiterer Aspekt der Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist der vielfältige Eingriff in die natürliche, gesellschaftliche und wirtschaftliche Mitwelt. Sowohl die Rohstoffbereitstellung in der Land- und Forstwirtschaft als auch die Logistik und Verarbeitung, ebenso wie die „Entsorgung“ der Reststoffe und Produkte ergeben ein komplexes, ganzheitliches System, das nur in seiner Gesamtheit optimiert werden kann. Auch hier ist es notwendig, neue methodische Ansätze zu entwickeln, die eine solche ganzheitliche Optimierung akteursübergreifend zulassen.

Schließlich ist zu beachten, dass noch auf absehbare Zeit die Nutzung nachwachsender Rohstoffe in direkte Konkurrenz mit Prozessen auf der Basis fossiler Quellen tritt. Innovative Nutzungskonzepte nachwachsender Rohstoffe treffen damit am Markt auf weitgehend optimierte Prozesse auf fossiler Basis. Damit kommt der (ökonomischen und ökologischen) Effizienz der gesamten Nutzungskette biogener Rohstoffe besondere Bedeutung zu. Die Herausforderung besteht hier darin, solche Nutzungskonzepte herauszuarbeiten, die unter Berücksichtigung der Prinzipien nachhaltiger Entwicklung am Markt konkurrenzfähig sind und damit belastbare „Brücken“ zu einer generellen Umstellung der Stoffflusswirtschaft im Hinblick auf Nachhaltigkeit bauen.

Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen stellt das Projekt CHEVENA einen ersten Schritt zu einer umfassenden Methodenentwicklung für die Konzeption und Umsetzung innovativer Nutzungstechnologien nachwachsender Rohstoffe dar. Dabei wurden in wesentlichen Teilbereichen neue methodische Werkzeuge entwickelt und gleichzeitig in Kursform für die wichtigsten Akteursgruppen aufbereitet.

## **Ziel des Projektes CHEVENA**

Ziel des Projektes ist es, methodische Grundlagen zu schaffen, die es der Industrie erlauben, auf diese neuen Herausforderungen zukunftsfähige und wirtschaftlich tragfähige technische Antworten zu finden. Der besondere Fokus der Arbeiten im Rahmen des Projektes CHEVENA ist dabei die frühe Phase der Entwicklung von Prozessen für nachwachsende Rohstoffe: Die Phase, in der ausgehend von ökonomischen, gesellschaftlichen oder ökologischen Problemstellungen Prozesse konzipiert werden und erste technische Entscheidungen gefällt werden müssen. Es ist diese Phase, die im Besonderen für den Erfolg eines Nutzungskonzeptes entscheidet.

Diese generelle Zielsetzung wurde in die folgenden Teilbereiche gegliedert:

- a) Eine systematische Erhebung der notwendigen methodischen Grundlagen für die verstärkte Durchsetzung von Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe
- b) Die Erstellung eines Methodengerüsts zur technischen Entwicklung nachhaltiger Verfahren, unter Einbeziehung technischer, ökonomischer, ökologischer und sozialer Faktoren
- c) Die Aufbereitung des Methodengerüsts in didaktischer Form als Grundlage für die Qualifizierung für Wirtschaftsbetriebe im Bereich der Anlagenplanung und der Technologieentwicklung, der Produktion und der Rohstoff- und Produktlogistik

- d) Die Dissemination dieser Methodik im Rahmen von akteursorientierten Kursen
- e) Die Aufbereitung der Methodik für die Verwendung in der akademischen Lehre.

Diese Zielsetzungen wurden im Rahmen des Projektes CHEVENA erreicht. Im Rahmen des Projektes wurde dabei besonderer Wert auf die Entwicklung und didaktische Aufbereitung von Methoden gelegt, die der umfassenden Durchsetzung von Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe dienen. Damit konnte eine belastbare Grundlage und ein funktionstüchtiger Rahmen für die Qualifizierung von Akteuren in diesem Bereich geschaffen werden, die in der Folge weiter ausgebaut werden soll. Insbesondere gilt es, in Zukunft spezielle Methoden und Wissensinhalte in diesen Rahmen einzubauen, die für effiziente Nutzungsstrategien nachwachsender Rohstoffe wesentlich erscheinen.

Bereits in der derzeitigen Form sind die Ergebnisse des Projektes CHEVENA ein erster wichtiger Baustein für die umfassende Qualifizierung von Ingenieuren, Akteuren aus dem Bereich der Land- und Forstwirtschaft und Entscheidungsträgern für die Entwicklung des ländlichen Raumes. Die bisher durchgeführten Kurse haben bereits aufgezeigt, dass mit dem im Rahmen des Projektes entwickelten Methodenrahmen eine wesentliche Lücke für die systemische Entwicklung von Nutzungsstrategien und Technologien für nachwachsende Rohstoffe geschlossen werden konnte. Die hier entwickelten Kurse werden daher auch nach Ende des Projektes weitergeführt.

## **Inhalt und Ergebnisse des Projektes**

### ***Verwendete Methoden und Daten***

Das Projekt CHEVENA ging von der These aus, dass für die Umsetzung von Technologien und Nutzungssystemen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe aus strategischer Sicht vor allem methodische Grundlagen auf den folgenden Gebieten notwendig sind:

1. Systematische Sammlung des Wissens als Basis für die Entwicklung einer nachhaltigen Chemie und Verfahrenstechnik und
2. Prozessentwicklung und Prozessoptimierung für Nutzungssysteme auf der Basis nachwachsender Rohstoffe.

Um in diesen Bereichen eine effiziente Eingrenzung der methodischen Bedürfnisse zu erreichen, wurde bereits in der Anfangsphase des Projektes der Dialog mit Akteuren aus der Praxis gesucht. Diesem Zweck war der Workshop „Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ (6. und 7. November 2003, Schloss Seggau) gewidmet (Milestone 4 im Arbeitsplan, siehe Appendix A).

Aus den Ergebnissen dieses Workshops wurden insbesondere die Rahmenanforderungen für die methodischen Hauptprodukte des Projektes erarbeitet. Diese Hauptprodukte sind:

1. Eine umfassende, erweiterbare „Prozessdatenbank“, die es dem Nutzer erlaubt, Nutzungswege vom Rohstoff bis zum Endprodukt zu generieren (wobei sowohl der Rohstoff als auch die Endprodukte als Ausgangspunkt gewählt werden können). Aus den Ergebnissen des Workshops wurde abgeleitet, dass diese Datenbank vor allem folgende Informationen bieten soll:
  - a. Die Möglichkeit, die gesamte Nutzungskette zu bilanzieren und damit sowohl die erwartbaren Ausbeuten pro Mengeneinheit des Rohstoffes zu erkennen.

- b. Die notwendigen Mengen an Zusatzstoffen und etwaigen Reststoffen zu erkennen
- c. Information über den technischen Entwicklungsstand aller in der Nutzungskette verwendeten Technologien darzustellen und dem Nutzer die Quellen für weiterführende Informationen zugänglich zu machen.

Mit dieser Datenbank sollen Entscheidungsträger in die Lage versetzt werden, Nutzungsideen auf der Basis vorhandenen Wissens in einer frühen Entwicklungsphase kritisch zu hinterfragen.

Diese Datenbank konnte bisher mit über 200 Prozessen bestückt werden. Die Daten und Quellenangaben zu diesen Prozessen sind direkt in der Datenbank integriert. Die Datenbank ist über die website <http://www.scc.co.at/chevena> verfügbar.

2. Eine Methodik zur Generierung und Optimierung von Nutzungsnetzwerken auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Hier baut das Projekt auf den Erfahrungen der Prozesssynthese-Methoden, wie sie in der Verfahrenstechnik für Einzelverfahren bereits entwickelt wurden, auf. Konkret wurde der Weg einer kombinatorischen Prozesssynthese Methodik nach (Friedler et al 1992a, Friedler et al 1992b, Friedler et al 1993, Friedler et al 1995) gewählt. Der Vorteil dieser Methodik liegt in ihrer großen Flexibilität, der Sicherstellung, dass alle möglichen Nutzungswege betrachtet werden und in der Möglichkeit der umfassenden Optimierung der Nutzungsnetzwerke unter Einbeziehung logistischer Fragestellungen, die bei der Nutzung nachwachsender Rohstoffe besondere Bedeutung erlangen.

Mit dieser Methodik, die für die Anwendung auf nachwachsende Rohstoffe hin weiterentwickelt wurde, wird den Akteuren die Möglichkeit geboten, umfassende Nutzungskonzepte für nachwachsende Rohstoffe zu entwickeln und ökonomisch zu optimieren.

3. Eine Methodik zur ökologischen Bewertung von Prozessen, Prozessketten und Produkten, die den besonderen Anforderungen von Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe gewachsen ist. Hier wurde auf dem bereits bewährten Konzept des Sustainable Process Index (SPI) aufgebaut (Krotscheck & Narodoslawsky, 1995, Narodoslawsky & Niederl 2005). Dieses Bewertungskonzept hat bereits seine Eignung zum Vergleich zwischen Technologien auf fossiler und regenerativer Rohstoffbasis bewiesen (Krotscheck et. al, 2000). Diese Methode wurde dabei so weiterentwickelt, dass auf der Basis preliminärer Daten eine richtungssichere Bewertung entlang der ISO Norm (ISO 14.000 ff) für Life Cycle Analysen (LCA) ermöglicht wird (Niederl & Narodoslawsky, 2004).

Um Akteuren aus der Praxis die Möglichkeit zu einer effizienten ökologischen Bewertung von komplexen Nutzungsketten zu bieten, wurde diese Methode im Rahmen des Projektes in einem einfach bedienbaren Software-Tool zusammengefasst ( Sandholzer et al., 2005). Dieses Programm, „SPlonExcel“, erlaubt die ökologische Bewertung und Optimierung von Prozessen und Prozessketten, sowie den ökologischen Vergleich mit Prozessen auf fossiler Basis, die zu ähnlichen Produkten und Dienstleistungen führen. Das Programm ist auf der Website [www.SPlonExcel.tugraz.at](http://www.SPlonExcel.tugraz.at) zugänglich.

Zusätzlich zu den methodischen Entwicklungen erfordert die Zielsetzung des Projektes die didaktische Aufbereitung der methodischen Ergebnisse in einer Form, die für die Qualifizierung unterschiedlicher Akteure geeignet ist. Zu diesem Zweck

wurde im Rahmen von Workshops des Projektteams ein didaktisches Konzept erarbeitet, das einem modularen Kurssystem für

- Akteure aus der Landwirtschaft
- Entscheidungsträger aus Politik und Wirtschaft
- Ingenieure und Prozessentwickler

zu Grunde gelegt wurde (siehe Appendix B). Dieses Kurssystem soll den Teilnehmern eine Grundlage für die Entwicklung von Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe bieten, wobei auf dieser Grundlage weitere, spezialisiertere Kurse aufbauen sollen (die Kursunterlagen sind in Appendix C, zusammengefasst).

Der modulare Aufbau der Kurse, ebenso wie die Verknüpfung von theoretischen Kursinhalten und praktischen Übungen, machen eine einfache Integrierung der Kurseinhalte in die universitäre Ausbildung möglich. Die Kursunterlagen stellen damit ein Angebot für alle interessierten Bildungsinstitutionen dar, die im Rahmen des Projektes CHEVENA erarbeiteten methodischen und didaktischen Ergebnisse in das eigene Ausbildungsprogramm einzubauen. Die Unterlagen sind über die homepage <http://www.scc.co.at/chevena> zugänglich.

Um das entwickelte didaktische Konzept in der Praxis zu testen wurden zwei der drei Kurseinheiten (für Akteure aus der Landwirtschaft und für Ingenieure und Prozessentwickler) in einer ersten Staffel abgehalten. Die (durchwegs positiven) Rückmeldungen auf diese Kurse wurden zur Überarbeitung des Konzeptes und der Unterlagen herangezogen.

### ***Stand der Technik***

Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe erfordert in vielen Bereichen neue bzw. neu angepasste Methoden für die Ingenieursarbeit ebenso als Grundlage für die Entscheidungen von Akteuren aus Industrie, Landwirtschaft und Politik. Die generelle Zielsetzung des Projektes CHEVENA setzt dabei den Fokus insbesondere auf die frühe Phase der Entwicklung von Nutzungskonzepten für nachwachsende Rohstoffe. Gerade in dieser Phase ist eine grundsätzliche methodische Neuausrichtung besonders wesentlich (Narodoslawsky et al 2005): Nachwachsende Rohstoffe unterscheiden sich in

- Ihrer breiteren, nicht standardisierten Qualitätseigenschaften
- Ihrer Komplexität
- Ihrer häufig zeitlich begrenzten Verfügbarkeit (gebunden an Wachstums- und Erntezyklen)
- Ihrem dezentralen Anfall

von fossilen und mineralischen Rohstoffen. Eine logische Konsequenz aus diesen Eigenschaften ist, dass die Strukturen der Nutzungstechnologien wesentlich von bestehenden Technologien auf der Basis fossiler und mineralischer Rohstoffe abweichen. Die wesentlichsten Bereiche, die neue methodische Zugänge erfordern sind dabei:

- Die notwendige netzwerkartige Nutzungsstruktur, die aus der Komplexität und der Forderung nach vollständiger Nutzung des (relativ teuren) Rohstoffes folgt;
- Die Einbeziehung der Logistik in das Prozessnetzwerk, die aus der dezentralen Verfügbarkeit der Rohstoffe folgt;
- Die Einbeziehung von Lagertechnologien in die Prozessstruktur, die aus der meist zeitlich begrenzten Verfügbarkeit resultiert und

- Die Entscheidung über die optimale Anlagengröße bzw. die Entscheidung über zentrale und dezentrale Prozessschritte, die aus zeitlicher Verfügbarkeit und Dezentralität des Rohstoffanfalls folgt.

Zusätzlich zu den direkt aus den Eigenschaften der Rohstoffe und der Verfügbarkeit abgeleiteten methodischen Anforderungen ergeben sich zusätzliche methodische Erfordernisse aus dem direkten ökologischen Eingriff, der durch nachwachsende Rohstoffe entsteht. Dies bedeutet, dass eine ökologische Optimierung der Nutzungsketten, auch aus der Sichtweise nachhaltiger Entwicklung, bereits früh in die Prozessplanung eingebaut werden muss. Dieser Aspekt ist auch dadurch von besonderer Bedeutung, da ein wesentlicher Anstoß zum Umstieg auf nachwachsende Rohstoffe aus der Reduktion des ökologischen Druckes der Industrieproduktion, die durch die Forderungen nachhaltiger Entwicklung resultieren, gegeben ist.

Diese Anforderungen stellten den Ausgangspunkt für die Arbeiten im Rahmen des Projektes CHEVENA dar. Als Lösungsstrategie für diese Anforderungen wurden die drei methodischen Hauptprodukte des Projektes,

- a. Die Erstellung der Prozessdatenbank (insbesondere um Entscheidungshilfen für die Nutzung der komplexen Rohstoffe zu bieten)
- b. Die Weiterentwicklung des methodischen Instruments der Prozesssynthese (um die Anforderungen der Erstellung optimaler Nutzungsnetzwerke unter Einbeziehung der Logistik, der Lagerung und der Entscheidung zwischen zentralen und dezentralen Prozessschritten zu erfüllen) und
- c. Die Weiterentwicklung der ökologischen Prozessbewertung (um die Forderung nach möglichst früher Einbeziehung von ökologischer Nachhaltigkeit in die Prozessplanung zu erfüllen)

gewählt.

Zusätzlich zu diesen methodischen Entwicklungen wurde im Rahmen des Projektes auch noch bereits bestehende Informationen über Rohstoffqualität, die Rahmenbedingungen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe und Grundlagen der biotechnologische Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen didaktisch aufbereitet, um zu einem umfassenden Basiskurssystem zu gelangen.

Der Stand der Technik ist in diesen Bereichen differenziert zu sehen:

Ad a) Im Bereich nachwachsender Rohstoffe sind eine Reihe von Datenbanken bereits installiert und eingeführt. Die meisten dieser Datenbanken sind entweder den Qualitäten und Inhaltsstoffen von Rohstoffen gewidmet (etwa die Pflanzendatenbank von Joanneum Research, [www.pflanzendatenbank.at](http://www.pflanzendatenbank.at)) oder Datenbanken über Hersteller und Prozess-/Anlagenanbieter (etwa die Datenbank der Fachagentur nachwachsende Rohstoffe Deutschland, [www.nachwachsende-rohstoffe.de](http://www.nachwachsende-rohstoffe.de)). Zusätzlich zu diesen Datenbanken existieren bereits solche, die bestimmte Prozesse auf der Basis nachwachsender Rohstoffe stofflich und energetisch bilanzieren (etwa das Software-Tool GaBi der Universität Stuttgart, zugänglich unter [www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com), das insbesondere auch Ökobilanzen für etwa 100 Prozesse darstellt). Daneben existieren weitere Datenbanken zu spezielleren Themen (etwa die Datenbank SOFA [www.bagkf.de/html/sofa.html](http://www.bagkf.de/html/sofa.html) der deutschen Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL) über Fettsäuren, deren Vorkommen und Anwendungen). Die hier angesprochenen Datenbanken stellen dabei nur einen kleinen Ausschnitt aus einem großen Spektrum unterschiedlicher Datenbanken in diesem Bereich dar und sollen nur als Beispiel dienen.

Eine besondere Forderung für die Datenbank, die im Rahmen des Projektes zu entwickeln war, stellt die durchgängig (Stoff-) Bilanzierung der Prozessketten vom

Rohstoff bis zum Produkt dar. Damit soll gewährleistet werden, dass zu einem frühen Planungszeitpunkt bereits ein Bild über die möglichen Ausbeuten und damit über die wirtschaftlichen Potentiale der jeweiligen Nutzungsketten entstehen kann. Auch in diesem Bereich gibt es bereits entsprechende Softwarelösungen (etwa das Programmpaket SDRAW der Firma SC&C, [www.sdraw.com](http://www.sdraw.com)).

In der Fachliteratur und im Internet sind eine große Anzahl unterschiedlicher Prozesse auf der Basis nachwachsender Rohstoffe beschrieben. Allerdings sind die Angaben in diesen Quellen oft nicht ausreichend, um den Entwicklungszustand einerseits und die Stoffbilanzen der Prozesse andererseits ausreichend genau abschätzen zu können. Im Rahmen des Projektes konnten etwa 210 Prozesse jedoch ausreichend genau analysiert werden, um die Daten in die Datenbank aufnehmen zu können. Die Darstellung des Standes der Technik all dieser Prozesse sprengt jedoch den Rahmen dieses Endberichtes. Quellen und Angaben über den Stand der Technik sind jedoch für jeden einzelnen Prozess in der Datenbank direkt verfügbar.

Ad b) Die Methode der Prozesssynthese ist in der Prozesstechnik bereits gut entwickelt. Es existieren hier unterschiedliche methodische Ansätze, beginnend mit thermodynamisch basierten Methoden (etwa der Pinch-Methode, die insbesondere im Bereich der Wärmetauschernetzwerke und, mit Einschränkungen, auch im Bereich der Stoffaustauschernetzwerke seit Jahren erfolgreich eingesetzt wird) über heuristische Methoden (etwa Douglas, 1995 und Türkay & Grossmann 1998) bis hin zu den bereits erwähnten kombinatorischen Methoden (etwa Friedler et al., 1995). Eine vollständige Darstellung des umfassenden Literaturkörpers über dieses Fachgebiet ist jedoch im Rahmen dieses Endberichtes nicht möglich.

Aus dem reichen Angebot unterschiedlicher methodischer Zugänge eignen sich für die Anwendung im Bereich der Nutzung nachwachsender Rohstoffe insbesondere kombinatorische Methoden. Diese Methoden garantieren einerseits, dass die optimalen Nutzungsstrukturen sicher berücksichtigt werden und erlauben andererseits den Einsatz zu einem frühen Planungszeitpunkt, an dem kaum Heuristiken über die verwendeten Prozessschritte existieren. Aufbauend auf die existierende P-Graph Methode von Friedler wurde daher im Projekt eine für die Herausforderungen nachwachsender Rohstoffe geeignete Methodik der Prozesssynthese entwickelt.

Ad c) In diesem Bereich konnte ebenfalls auf umfangreiche Vorarbeiten zurückgegriffen werden. Für die Verwendung als Planungsinstrument zur technischen Optimierung von Prozessen und Prozessnetzwerken kommen hier insbesondere hochaggregierte Bewertungsmaße in Frage, da nur solche Instrumente einen Vergleich unterschiedlicher Prozessvarianten zulassen. Andererseits muss ein solches Maß auch den Vergleich zwischen Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe und fossiler Varianten zulassen, um ein entsprechendes Bild von möglichen ökologischen Vorteilen des Umstiegs auf regenerative Quellen zuzulassen.

Eine besondere Herausforderung in diesem Bereich stellt die Kompatibilität mit den in den ISO Normen 14.000 ff festgelegten Kriterien einer LCA dar. Dabei stellen insbesondere Fragen der Allokation besondere Problembereiche bei der Verwertung nachwachsender Rohstoffe in Nutzungsnetzwerken dar (Niederl & Narodoslowsky, 2004). Die Wahl der Ausgangsmethode fiel hier auf den Sustainable Process Index (SPI), da dieses Maß einerseits eine strikte Referenz auf ökologische Nachhaltigkeit aufweist und andererseits ökologisch problematische Teilprozesse klar identifizieren kann. Darüber hinaus wurde für diese Methode bereits eingehend bewiesen, dass sie für den Vergleich von Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe und

fossiler Rohstoffbasis geeignet ist (Krotscheck et al., 2000). Hier galt es insbesondere, die bestehende Methodik nutzergerecht in Form eines Software-Tools aufzubereiten und die didaktischen Grundlagen zur Vermittlung im Rahmen von Kursen zu legen.

Zusätzlich zu diesen methodischen Aufgaben wurde im Rahmen des Projektes auch bereits bestehende Information im Hinblick auf allgemeine Rahmenbedingungen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe und biotechnologische Verwertung solcher Rohstoffe didaktisch neu aufbereitet. Die Grundlage dafür stellten bereits vorhandene Lehrveranstaltungen, die an der TU Graz angeboten werden, dar. Hier bestand die Aufgabe insbesondere in der Anpassung der Didaktik an die Anwendung von Kursen für Akteure aus der Praxis.

## ***Innovationsgehalt des Projektes***

### **Methodischer Innovationsgehalt**

Im methodischen Bereich bietet das Projekt CHEVENA folgende Innovationen:

#### **a. Bilanzfähige Prozessdatenbank zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe**

Die im Rahmen des Projektes erstellte Datenbank sammelt das Wissen über 210 Prozesse, die entweder direkt nachwachsende Rohstoffe verarbeiten oder die Zwischenprodukte und Nebenprodukte solcher Prozesse verwerten in systematischer Weise. Diese Datenbank ermöglicht es dem Nutzer, gesamte Prozessketten vom Rohstoff bis zu den Endprodukten zusammenzustellen. Für eine solche Prozesskette erhält der Nutzer folgende Informationen:

- Beschreibung der einzelnen Prozessschritte, inklusive technischen Entwicklungsstand (Konzept, Realisierung im Labor- oder Pilotmaßstab, industrieller Prozess) und Literaturquellen;
- Menge und Art der notwendigen Einsatz- und Hilfsstoffe;
- Produkte und Nebenprodukte des Prozessschrittes;
- Ausbeute des Produktes (bezogen auf den Einsatz an erneuerbaren Rohstoff) über die gesamte Prozesskette.

Dabei kann der Nutzer sowohl von Rohstoffen als auch von Produkten ausgehen und so einerseits Nutzungsbäume (ausgehend von einem bestimmten Rohstoff zu verschiedenen Produkten) und andererseits Produktionsbäume (Linien von unterschiedlichen Rohstoffen, die zum selben Produkt führen) erstellen.

Diese Datenbank soll insbesondere die Erstellung von Nutzungskonzepten, ausgehend von konkreten Fragestellungen (Rohstoffangebot oder Produktnachfrage) Anwendung finden. Durch das Feature der kettenübergreifenden Bilanzierung kann damit eine erste Abschätzung des ökonomischen Potentials bestimmter Nutzungsvarianten sehr früh im Planungsprozess erfolgen. Die Darstellung des Entwicklungsstandes der einzelnen Prozessschritte erlaubt darüber hinaus eine erste Abschätzung des technologischen Entwicklungsrisikos. Schließlich erlaubt die umfangreiche Quellenangabe weiterführende Recherchen über den derzeitigen Stand des Wissens.

Mit dieser Datenbank ist damit erstmals eine systematische Konzepterstellung zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe möglich. Wesentlich dabei ist, dass durch die durchgehende Bilanzierung ein „Überschätzen“ der ökonomischen Potentiale einzelner Nutzungswege verhindert wird und damit bereits sehr früh die eine Fokussierung auf aussichtsreiche Varianten erfolgen kann.

## **b. Kombinatorische Prozesssynthese für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe**

Erlaubt die Datenbank ein systematisches Suchen verschiedener Nutzungsvarianten, so ist der logische zweite Schritt die Generierung eines (wirtschaftlich optimalen) umfassenden Nutzungskonzeptes, das den jeweiligen Rohstoff bestmöglich nutzt bzw. das gewünschte Produkt am günstigsten herstellt. Diesem Schritt dient die Methode der Prozesssynthese. Entscheidend ist hier die Weiterentwicklung der bestehenden Methodik im Hinblick auf die Fragestellungen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Dies bedeutet einerseits die Einbeziehung logistischer „Prozessschritte“, andererseits die Optimierung der Anlagengrößen und die Antwort auf die Frage, welche Prozessschritte zentral (und damit groß) oder dezentral (und damit im kleineren Maßstab) ausgeführt werden sollen.

Im Rahmen des Projektes wurde das methodische Grundgerüst für die Behandlung von Prozessnetzwerken mit dem Instrument der Prozesssynthese gelegt. Dieses Grundgerüst wurde im Rahmen einiger praxisorientierter Fallbeispiele (Grüne Bioraffinerie mit Biogasnutzung, Nutzung von Tiermehl und Tierreststoffen) erprobt und verfeinert. Die Methodik ist damit soweit entwickelt, dass sie auf unterschiedliche Fragestellungen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe angewandt werden kann.

## **c. Ökologische Bewertung von Prozessnetzwerken zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe**

Aus der Sicht ökologischer Nachhaltigkeit müssen neue Nutzungskonzepte im Hinblick auf ihren ökologischen Druck überprüft bzw. mit anderen Konzepten und ihren fossilen „Konkurrenten“ verglichen werden. Die wesentliche Innovation durch das Projekt CHEVENA in diesem Bereich umfasst die Weiterentwicklung der bestehenden SPI Methode zur Anwendung auf Prozessnetzwerke und die Übersetzung dieser Methode in ein allgemein nutzbares Software-Tool, das einerseits die landwirtschaftlichen Vorketten erfasst und andererseits die Fragen der Allokation, die bei komplexen nachwachsenden Rohstoffen besonders schlagend werden, berücksichtigt. Dieses Software-Tool wurde ebenfalls an einer Reihe von Fallstudien erprobt und liefert Ergebnisse, die bereits zu einem frühen Planungszeitpunkt eine umfassende LCA abschätzen können.

Mit den Innovationen aus dem Projekt CHEVENA wurde daher die methodische Grundlage zur Unterstützung der frühen Planungsphase für die Erstellung von umfassenden Nutzungskonzepten auf der Basis nachwachsender Rohstoffe gelegt.

## **Didaktische Innovationen**

Das Projekt CHEVENA hatte nicht nur die Aufgabe, neue bzw. weiterentwickelte methodische Grundlagen für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu schaffen, sondern auch ein abgestimmtes didaktisches Konzept zur Vermittlung wesentlicher Wissensinhalte für unterschiedliche Akteure aus der Praxis zu entwickeln. Dies sollte naturgemäß die erarbeiteten methodischen Grundlagen enthalten, darüber hinaus aber die Basis für ein System von einführenden Kursen für Ingenieure, Akteure aus der Landwirtschaft sowie Entscheidungsträger aus Industrie und (Regional-) Politik legen.

Hier hat das Projektteam 10 unterschiedliche Kursmodule entwickelt, die von grundlegenden Inhalten (Warum nachwachsende Rohstoffe) über die didaktische Umsetzung der entwickelten Methoden (Datenbank, Prozesssynthese, ökologische Bewertung) bis zur Aufbereitung bestehenden Wissens (Rohstoff-Klassifizierung,

Grundlagen biotechnischer Produktion, Grundlagen mechanisch-chemisch-thermischer Verfahren) bis zu Erfahrungen und Ausblicken in die Zukunft reichen, wobei manche dieser Bereiche in unterschiedlicher Breite (je nach Zielpublikum) behandelt werden. Für alle diese Module wurden umfangreiche Kursunterlagen erstellt.

Diese Module wurden in drei verschiedene Kurse zusammengefasst:

- Ein eintägiger Kurs für Akteure aus der Landwirtschaft
- Ein eintägiger Kurs für Entscheidungsträger
- Ein dreitägiger Kurs für Techniker

Zwei dieser Kurse (für Akteure aus der Landwirtschaft und für Techniker) wurden im Mai 2004 abgehalten, wobei die Rückmeldungen zur Überarbeitung der Kursunterlagen herangezogen wurden.

Das Kursmaterial steht nunmehr anderen Institutionen zur Verfügung. Durch den modularen Aufbau ist eine einfache Integration dieser didaktischen Unterlagen in bestehende Kurse bzw. universitäre Lehrveranstaltungen einfach möglich.

## ***Beschreibung der Projektergebnisse***

### **Workshop „Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ (6. und 7. November 2003, Schloss Seggau)**

Eine der wesentlichen methodischen Grundlagen des Projektes CHEVENA stellt die enge Einbeziehung von Akteuren aus der Praxis von Anfang des Projektes an dar. Diesem Zweck diente der Workshop „Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ (6. und 7. November 2003, Schloss Seggau)

An dieser Veranstaltung nahmen über 40 Experten aus Wirtschaft, Verwaltung, Regionalentwicklung und Wissenschaft teil. Ziel des Workshops war, bereits früh im Projekt einen Überblick über die aktuellen Problemkreise in der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu erlangen, um daraus Hinweise auf methodische Defizite ebenso wie Richtlinien für Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen zu gewinnen. Innerhalb des Workshops wurden einerseits Impulsbeiträge zu aktuellen Fragestellungen geboten, diese Beiträge sind über Internet <http://rns.tugraz.at> abrufbar. Andererseits bot der Workshop eine Plattform für intensive Diskussionen.

Die Diskussionen im Rahmen dieses Workshops erbrachten in kurzer Form folgende Ergebnisse:

- Auf der Rohstoffseite liegt der Hoffungsmarkt für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe eindeutig bei der Nutzung von Nebenprodukten der Landwirtschaft, Überschussprodukten und biogenen Reststoffen aus Industrie und Landwirtschaft. Nur so ist mittelfristig die Konkurrenz zwischen den unterschiedlichen Nachfragen an biogene Rohstoffe aus den Bereichen Lebensmittel und Energie lösbar.
- Diese Rohstoffe liegen in ausreichender Menge vor, um eine neue Rohstoffbasis für die Prozessindustrie zu gewährleisten.
- Die bisherige Technologieentwicklung zur Nutzung biogener Rohstoffe hat hauptsächlich auf die Nutzung höherwertiger Agrarprodukte abgezielt. In diesem Bereich liegen hochentwickelte Verfahren vor, die jedoch nur in wenigen Fällen auf Massenproduktion von Schlüsselchemikalien ausgerichtet sind (etwa bei Ethanol und Milchsäure).
- Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe macht ein neues Prozessverständnis notwendig. Es geht hier um die Gesamtoptimierung

von Prozessketten, die teilweise nicht mehr an einem Produktionsstandort konzentriert sind und die durchaus auch verschiedene wirtschaftliche (und auch gesellschaftliche) Akteure umfassen. Weder die Generierung solcher Nutzungsnetzwerke noch deren Optimierung sind derzeit ausreichend methodisch abgesichert.

- Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe wirft neue methodische Fragen auf, wie etwa die Frage der zentralen und dezentralen Produktion oder der zeitlichen Anpassung der Prozesse an die diskontinuierliche Rohstoffbereitstellung.
- Die Nutzung von Nebenprodukten und Reststoffen macht einen neuen Akteur notwendig, nämlich eine Art „Stofffluss-Broker“. Die Aufgabe dieses Akteurs ist die Identifikation von Rohstoffpotentialen, die Verknüpfung von Rohstoff und Nutzungsprozess und die Optimierung im gesamten Nutzungsnetzwerk. Für diesen Akteur ist noch methodische Grundlagenarbeit nötig.
- Ein wesentliches Kennzeichen der derzeitigen Situation im Bereich der Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist das große Angebot an Projektideen. Es fehlen aber ausreichend sichere Heuristiken, die aus der Rohstoffsituation, der Marktsituation der Produkte und den technologisch realistischen Ausbeuten und Kostenstrukturen eine Abschätzung über die Sinnhaftigkeit der Weiterentwicklung solcher Ideen zulassen.
- Technologisch gibt es bereits hochentwickelte Prozesse im Bereich der biotechnologischen Konversion. Hier sind vor allem Fragestellungen der effizienten Nutzung von Nebenprodukten (insbesondere lignozellulosehaltige Rohstoffe) aber auch der Feststoff-Biotechnologie zu lösen.
- Im Bereich der Trennung und Reinigung der Produkte existieren Hochtechnologie-Lösungen im Bereich der Membran- und Chromatografieverfahren. Die Problemstellung hier ist insbesondere die Maßstabsvergrößerung.

Aus diesen Ergebnissen ergab sich sehr klar die Forderung nach methodischen Entwicklungen im Bereich der (ökonomischen wie auch ökologischen) Optimierung der komplexen Nutzungsnetzwerke ebenso wie nach einer neuen methodischen Herangehensweise zur Entscheidung über die optimale Struktur solcher Nutzungsnetzwerke. Ebenso aus den Ergebnissen des Workshops ablesbar war die Forderung aus der Praxis, möglichst sichere Entscheidungsgrundlagen für die Frage der Weiterentwicklung von Nutzungsideen zu erhalten.

Aus didaktischer Sicht wurde im Workshop klar, dass neben Prozessingenieuren auch Akteure aus der Land- und Forstwirtschaft, aber auch (und das war in dieser Klarheit neu) aus dem Bereich der Regionalentwicklung Schulungs- und Qualifizierungsbedarf haben, soll die Nutzung nachwachsender Rohstoffe tatsächlich auf breiter Front Erfolg haben.

### **CHEVENA Datenbank**

Die CHEVENA Datenbank hat die Aufgabe, die Entwicklung von Nutzungstechnologien für nachwachsende Rohstoffe vor allem in der Konzeptphase wirkungsvoll zu unterstützen. Wesentlich ist hier, dass dem Nutzer der Datenbank die Möglichkeit geboten wird, nicht nur einzelne Prozesse, sondern ganze Prozessketten, vom Rohstoff bis zum vermarktbaren Produkt, zu überblicken. Die Datenbank sammelt dabei das vorhandene Wissen in systematischer Sicht und stellt

es dem Nutzer in geordneter und übersichtlicher Form zur Verfügung, so dass wesentliche Entscheidungsparameter wie technische Reife der Prozesse in der Kette, aber vor allem auch die möglichen Ausbeuten über die ganze Kette hinweg sowie der Bedarf an wesentlichen Roh- und Hilfsstoffen bereits sehr früh in die Konzepterstellung einfließen können. Das Handbuch zu dieser Datenbank ist in Appendix D zusammengefasst, die Datenbank selbst ist auf der Website [www.scc.co/chevena](http://www.scc.co/chevena) zugänglich.

Grundsätzlich erlaubt die Datenbank vier Ausgangspunkte der Konzeption von Prozessketten:

- **Der Rohstoff der Prozesskette:**  
In dieser Anwendung erlaubt die Datenbank die Suche nach Prozessen, die einen bestimmten Rohstoff verarbeiten. Dabei werden auch solche Prozesse berücksichtigt, die den gewählten Rohstoff als „alternativen Rohstoff“ verwerten können, d.h. dass diese Prozesse grundsätzlich für einen anderen, ähnlichen Rohstoff entwickelt wurden, den gewünschten Rohstoff aber nach Adaptierung der Prozessparameter ebenso verarbeiten können.  
Die Datenbank ist dabei so aufgebaut, dass sie die notwendigen Rohstoffe, die erzeugten Produkte, die technische Reife und die Informationsbasis (Literaturstellen, Firmenkontakte, Internetseiten, etc.) zur Verfügung stellt. Kann ein Produkt aus einem bestimmten Prozess weiterverarbeitet werden, so kann dieser Stoff wieder als Rohstoff für einen anderen Prozess angesehen werden, über den die gleiche Information zur Verfügung gestellt wird. Damit kann der Nutzer Verwertungsketten von einem bestimmten Rohstoff ausgehend bis zu einem gewünschten Produkt aufbauen und wesentliche Informationen über die in dieser Kette integrierten Prozesse gewinnen.  
Zusätzlich dazu bilanziert die Datenbank auch die Stoffflüsse über die gesamte Kette hinweg, so dass eine erste Information über zu erwartende Ausbeuten und einzusetzende Rohstoffe generiert wird: Diese Information ist wesentliche Entscheidungshilfe bei der ersten Auswahl von Nutzungssystemen und damit eine Grundlage für die Erarbeitung erfolgreicher Konzepte zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe.
- **Das Produkt der Prozesskette**  
In vielen Fällen ist es interessant, sich die Frage nach der optimalen Herstellungskette eines bestimmten Produktes zu stellen. Um diese Frage zu beantworten, erlaubt die Datenbank die Suche auch von der Produktseite her aufzurollen und „Stammbäume“ zu identifizieren, die von verschiedenen Rohstoffen her zu einem Produkt führen.
- **Verwendete Mikroorganismen**  
Eine wesentliche Nutzungstechnologie für nachwachsende Rohstoffe stellt die Biotechnologie dar. Hier kann es mitunter von Interesse sein, jene Prozesse zu identifizieren, die auf der Basis des selben Mikroorganismus durchgeführt werden können. Auch dies erlaubt die Datenbank.
- **Verwendete Substanzen**  
Schließlich erlaubt die Datenbank auch die Identifikation von Prozessen, die eine bestimmte Substanz entweder als Rohstoff benötigen oder aus denen diese Substanz als Produkt hervorgeht.

Neben dem Aufbau eines wirkungsvollen Hilfsmittels zur Unterstützung in der Planungsphase von Prozessen zur Nutzung nachwachsender, ergab die systematische Informationssammlung auch einen Überblick über jene Trends, die derzeit die internationalen Anstrengungen auf diesem Gebiet kennzeichnen.

Im Sinne der „Technology Watch“ wurden im Rahmen der Informationssammlung vorerst die folgenden Technologieentwicklungsgebiete als international besonders relevant erkannt:

- Gewinnung von flüssigen Brennstoffen, die in heutigen Diesel-, bzw. Otto-Motoren angewendet werden können
- Herstellung von organischen Molekülen, die in der chemische Industrie als Rohstoff oder als Lösungsmittel verwendbar sind
- Gewinnung von Grundchemikalien und von Feinchemikalien für die Arzneimittelsynthese
- Entwicklung von Feststoffreaktoren und neuen Trennverfahren

Ebenso konnte festgestellt werden, dass die Forschung, Technologieentwicklung und Umsetzung in verschiedenen Ländern auf unterschiedlichen Rohstoffen aufsetzt:

- Kanada und Finnland forschen sehr stark auf dem Gebiet der chemischen Trennung der Cellulose, Lignin und Hemicellulose, auf der chemischen Hydrolyse der getrennten Holzkomponenten, und in der biotechnologischen Nutzung der Hydrolysate. In diesen Ländern arbeitet man auch an der biotechnologischen Zerlegung der Holzreste (mittels Cellulasen, Ligninasen, und Pilzen).
- Die Vereinigten Staaten und die EU sind sehr aktiv an der Verarbeitung von Maisstroh und anderem Getreidestroh, genauso wie an der Verwertung der Abfälle und Pflanzeninhaltsstoffe aus der Maisstärke-, und Kartoffelstärkeproduktion bzw. aus der Lebensmittelindustrie.
- Die Fernostländer konzentrieren sich auf die Verarbeitung der Reisreste, Palmölnussprodukte und Südobstreste.

## **SPlonEXCEL**

Ökologische Bewertung muss für Prozesse auf der Basis nachwachsender Rohstoffe integraler Bestandteil des Planungs- und Entwicklungsprozesses sein. Dies nicht nur deshalb, weil ökologische Notwendigkeiten eine Haupttriebfeder zum Umstieg auf eine regenerative Ressourcenbasis der Industrie darstellen und damit die Argumentation mit ökologischen Vorteilen gerade für diese Prozesse eine wesentliche Hilfe bei der Durchsetzung in der Gesellschaft und am Markt darstellt. Prozesse auf der Basis nachwachsender Rohstoffe greifen viel mehr auch direkt in das Ökosystem ein: Da ihre Rohstoffe direkt und flächendeckend aus der Ökosphäre gewonnen werden, kommt den Akteuren, die solche Prozesse und Nutzungsketten umsetzen, eine besondere Verantwortung für die Mitwelt zu. Aus diesem Grund stellt das Projekt CHEVENA mit dem Programm SPlonEXCEL ein Hilfsmittel zur Verfügung, das bereits in einem frühen Stadium der Konzeptentwicklung eine richtungssichere Aussage über den ökologischen Druck, der von einem Nutzungskonzept auf der Basis nachwachsender Rohstoffe ausgeht, machen kann. Methodisch wurden bei der Entwicklung des Programms folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

- Richtungssicherheit  
Hier ist vor allem notwendig, dass eine ökologische Beurteilung eines Prozesses im frühen Entwicklungsstadium die Ergebnisse einer umfassenderen (und damit deutlich zeit- und ressourcenaufwendigeren) Life Cycle Analysis nach den ISO Normen 14.000 ff vorweg abschätzbar macht.
- Vergleichbarkeit zwischen fossilen und regenerativ basierten Prozessen  
Dies erfordert, dass die Bewertung der Rohstoffgenerierung auf eine durchgängige und vergleichbare Basis gestellt werden muss. Nur dann ist es möglich, unterschiedliche Rohstoffsysteme sicher zu vergleichen und damit

beurteilen zu können, ob ein bestimmter Prozess auf der Basis nachwachsender Rohstoffe tatsächlich ökologisch sinnvoller ist, als bestehende Prozesse, die dieselben Produkte oder Dienstleistungen bereit stellen.

- Entscheidungsunterstützung

Ein ökologisches Bewertungssystem kann nur dann Hilfsmittel im Planungsprozess sein, wenn es spezifisch auf jene Prozessschritte und jene Stoffströme hinweist, die besonderen ökologischen Druck ausüben. Dies ist nur dann möglich, wenn verschiedene ökologische Drücke vergleichbar gemacht werden und ein hochaggregiertes Maß Verwendung findet. Zusätzlich dazu muss die Aggregation (also der Vergleich verschiedener ökologischer Drücke auf der Basis eines gemeinsamen Maßsystems) so gestaltet sein, dass sie sowohl die grundlegenden Prinzipien nachhaltiger Entwicklung als auch die Erfordernisse der Richtungssicherheit erfüllt.

- Anwendbarkeit auf Prozessnetzwerke

Nachwachsende Rohstoffe sind grundsätzlich komplexe Rohstoffe mit vielen nutzbaren Komponenten. Effiziente Nutzungskonzepte führen daher zwangsläufig auf Prozessnetzwerke mit unterschiedlichen Produkten und mehreren Teilprozessen, die den Rohstoff vollständig verwerten.

Jedes ökologische Maß, das auf regenerative Rohstoffe und deren Verwertung abgestimmt ist, muss daher solche Prozessnetzwerke zu beurteilen im Stande sein. Dies erfordert einerseits die Möglichkeit, solche Netzwerke einfach zu generieren, andererseits aber auch die Möglichkeit, innerhalb dieser Netzwerke die ökologischen Drücke transparent auf den einzelnen Produkten zuzuordnen (zu „allokieren“).

Neben diesen methodischen Rahmenbedingungen muss ein solches Bewertungsprogramm auch noch nutzerfreundlich und übersichtlich gestaltet werden und muss auf herkömmlichen Softwaresystemen aufbauen. Nur dann wird eine breite Anwendung des Programms bei unterschiedlichen Akteuren möglich.

Die Basis für das Programm SPIONEXCEL bildet das Bewertungskonzept des Sustainable Process Index (SPI), das seit den frühen 90iger Jahren des vorigen Jahrhunderts für die Bewertung von Prozessen, Produkten, Dienstleistungen und Regionen aus der Sicht ökologischer Nachhaltigkeit verwendet wird. Dieses Bewertungskonzept gehört zur Familie des „ökologischen Fußabdruckes“ und aggregiert auf Fläche als Maß für den ökologischen Druck: Es misst die Fläche, die notwendig ist, um einen Prozess oder die Bereitstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung nachhaltig in die Ökosphäre einzugliedern.

Die Aggregation auf die Fläche hat dabei drei Vorteile:

1. Fläche ist ein allgemein verständliches Maß. Damit wird die grundsätzliche Akzeptanz des Bewertungsverfahrens unterstützt.
2. Fläche ist ein begrenztes Maß. Damit wird der Aspekt der Endlichkeit der natürlichen Ressourcen besonders hervorgehoben.
3. Fläche ist insbesondere für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe (die ja Fläche zu ihrer Bereitstellung benötigen) ein sehr adequates Maß.

Der SPI vergleicht grundsätzlich natürliche Stoffströme mit den Stoffströmen, die durch einen anthropogenen Vorgang zwischen der „Technosphäre“ und der Ökosphäre ausgetauscht werden. Damit ist der SPI unabhängig von normativen Grenzwerten, die sich (teilweise rasch) ändern. Darüber hinaus kann der SPI auf regionale Rahmenbedingungen der Ökosphäre (unterschiedliche Qualitäten der Umweltkompartimente, unterschiedliche Austauschvorgänge zwischen diesen Kompartimenten wie etwa unterschiedliche Niederschlagsraten) angepasst werden.

Eine umfassende Beschreibung des SPI sprengt den Rahmen dieses Berichtes, der Leser wird daher auf die bereits vorhandene umfassende Literatur über dieses Bewertungsmaß verwiesen (etwa Narodoslowsky & Niederl, 2005).

Um dieses Bewertungsmaß nutzerfreundlich und leicht einsetzbar in ein Software-Tool zu überführen wurde der Weg über die Programmierung von EXCEL-Makros gewählt. Damit ist es auch möglich, die notwendigen Daten direkt und leicht zugänglich in der Datenbasis mit einzubeziehen. Grundsätzlich stehen im Programm dem Nutzer die wesentlichen Daten für die Bewertung unterschiedlicher Prozesse auf regenerativer und fossiler Basis zur Verfügung, es besteht jedoch die Möglichkeit, die Datenbasis an eigene Erkenntnisse einfach anzupassen.

Das Programm ist in der Lage, ganze Prozessketten und Netzwerke zu bewerten. Dabei stehen dem Nutzer in der Datenbank Grunddaten über die Herstellung von unterschiedlichen Chemikalien, der Bereitstellung verschiedener nachwachsender Rohstoffe und der Bereitstellung von Energie zur Verfügung. Bei Kenntnis der Stoff- und Energiebilanzen der einzelnen Prozessschritte kann der Nutzer mit diesem Programm gesamte Nutzungsnetzwerke für nachwachsende Rohstoffe „von der Wiege bis zum Grabe“ ökologisch bewerten. Dabei wird sowohl der gesamte ökologische Druck des Netzwerkes, als auch der Druck jedes einzelnen Prozessschrittes errechnet.

Aus dem Ergebnis der Bewertung kann abgelesen werden

- welchen ökologischen Druck die gesamte Nutzungskette aufweist;
- wie sich der Umweltdruck auf die einzelnen Produkte und Nebenprodukte im Netzwerk aufteilt;
- wie sich dieser Druck auf die einzelnen Wirkkategorien (fossile/nachwachsende Rohstoffe, Energieerzeugung, Transport, Emissionen) aufteilt;
- welcher Prozessschritt den größten ökologischen Druck ausübt;
- Auf welches Umweltsystem dieser Druck ausgeübt wird;
- welcher Stofffluss den größten Beitrag zu dem jeweiligen zu diesem Umweltdruck beiträgt.

Mit diesen Informationen ist es möglich, nicht nur den ökologischen Druck einer bestimmten Technologie sehr umfassend abzuschätzen. Es ist darüber hinaus möglich, punktgenau jene Aspekte der Technologie zu identifizieren, die aus der Sicht ökologischer Nachhaltigkeit besonders kritisch sind. Damit kann die Entwicklung der Technologien gleich von Beginn an in Wege gelenkt werden, die geringen Umweltdruck bei optimaler Wertschöpfung garantieren.

Neben der Ausarbeitung des Programms selbst, das unter [www.SPIONExcel.tugraz.at](http://www.SPIONExcel.tugraz.at) verfügbar ist, wurden im Rahmen des Projektes auch einige Fallbeispiele didaktisch aufgearbeitet, sodass die Vermittlung in den Kursen entsprechend praktisch unterstützt werden kann. Das Handbuch für das Programm befindet sich in Appendix E.

## **Prozesssynthese für komplexe Nutzungskonzepte auf der Basis nachwachsender Rohstoffe**

Die Methode der Prozesssynthese gibt Antwort auf die Frage, wie die Struktur eines optimalen Nutzungsnetzwerkes beschaffen sein muss. Diese Frage steht am Anfang jeder Entwicklung von Technologiekonzepten. Gerade bei der Umsetzung von Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe bekommt diese Frage besonderes Gewicht, gilt es doch innovative Ideen zur Verwertung sehr komplexer Rohstoffe mit vielen möglichen Nutzungsschienen in die Realität umzusetzen.

In diesem Bereich musste innerhalb des Projektes wesentliche methodische Weiterentwicklung geleistet werden. Aus der chemischen Prozesstechnik ist die Methode der kombinatorischen Prozesssynthese bekannt (Friedler et al 1992a, Friedler et al 1992b, Friedler et al 1993, Friedler et al 1995). Diese Methode erlaubt die Identifikation des optimalen Produktionsnetzwerkes, das aus einem Rohstoff unterschiedliche Produkte herstellt, wobei an die bekannte Information über die einzelnen Prozessschritte nur geringe Anforderungen gestellt werden. Für die Anwendung dieser Methode bestand ein Software-Tool, das allerdings nur für Experten handhabbar ist.

Im Rahmen des Projektes wurde vorerst die Methode in wesentlichen Punkten erweitert. So wurde die Möglichkeit der Einbeziehung von Transportvorgängen in die Prozessstruktur geschaffen. Gleichzeitig wurde auch die Fragestellung unterschiedlicher Größen der einzelnen Prozessschritte (zentrale vs. dezentrale Verarbeitung) im Zusammenhang mit den Transporterfordernissen methodisch aufgearbeitet. Das bestehende Computerprogramm wurde auf die Anforderungen nachwachsender Rohstoffe hin adaptiert:

Zweck des Computerprogramms:

- I) Erzeugung der Maximalstruktur eines Netzwerkes (MSG = Maximum Structure Generation)
- II) Erzeugung von einer oder mehreren Lösungsstrukturen (SSG = Solution Structure Generation), z. B. „die besten 3 Lösungen“, oder die optimale Struktur.

Erzeugung der Maximalstruktur (MSG)

Die Maximalstruktur zeigt jenes Netzwerk von möglichen Prozessen auf, das von einem Rohstoff zu verschiedenen Produkten führt. Damit wird jener Raum der Möglichkeiten der Nutzung komplexer Rohstoffe aufgespannt, der den Rahmen für die Technologieentwicklung und der wirtschaftlichen Optimierung bildet.

Erzeugung der Lösungsstruktur

Entsprechend der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der regionalen Rohstoffproduktionsstrukturen wird aus dem Raum der Möglichkeiten, die die Maximalstruktur darstellt, das optimale Produktnetzwerk herausgefiltert. Durch einen speziellen Lösungsalgorithmus wird die Rechenzeit des Programms wesentlich verkürzt (ABB = accelerated branch and bound).

Für das Programm sind folgende Angaben notwendig:

- Obere Grenzen der Produktströme
- Kosten der Rohstoffe
- Preis der Produkte
- Variable Kosten der Operating Units
  - Für genauere Berechnungen besteht die Möglichkeit, sämtliche variablen und fixen Kosten zu berücksichtigen.

Ergebnis der Programmanwendung

- Darstellung des optimalen Nutzungsnetzwerkes
- Gesamtkosten
- Größe der einzelnen Prozessschritte, wobei insbesondere die Frage nach zentraler oder dezentraler Verarbeitung beantwortet wird.

Erzeugt wird ein Fließbild der optimalen Struktur(en), nach Kosten optimiert. Man kann nach folgenden zwei Grundtendenzen optimieren:

- a) Größter Profit (bei gegebenen Produktpreisen)
- b) Billigster Prozess (bei festliegender Produktmenge)

Dieses Programm wurde in seiner adaptierten Form auf eine Reihe von Fallbeispielen (Grüne Bioraffinerie, Nutzung von Tiermehl, Verwertung von Schlachtabfällen) angewandt, um die entsprechende empirische Basis für die Entwicklung einer Methode der Prozesssynthese für Prozesse auf regenerativer Rohstoffbasis zu schaffen. Dabei wurde besonderer Wert auf die frühe Entwicklungsphase derartiger Technologien gelegt.

Im Zuge der Anwendung wurde insbesondere klar, dass eine wesentliche Fragestellung die Sensitivität der Lösungsstrukturen gegenüber der Veränderung von Rahmenbedingungen (Produktpreise, Kosten der einzelnen Prozessschritte, etc.) ist. Kann diese Frage beantwortet werden, so kann schon sehr früh in der Entwicklung untersucht werden, welche (äußeren) Faktoren das Gelingen der Umsetzung eines Technologiekonzeptes besonders beeinflussen. Gleichzeitig kann die Frage beantwortet werden, ob die gewählte Nutzungsstrategie „robust“ gegenüber Veränderungen im Umfeld ist, eine wesentliche Erkenntnis vor allem auch für die Rechtfertigung von langfristigen Investitionen in die Entwicklung und Umsetzung von innovativen Technologien.

Um diese Fragen zu klären musste eine neue mathematische Methodik zur Analyse von Prozessnetzwerken erarbeitet werden (Halasz et al., 2005). Diese Methode stellt eine wichtige Neuerung im Bereich der Prozesssynthese allgemein dar. Sie ist aber im Besonderen für die Anwendung auf Prozesse zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe wesentlich, da hier die Frage nach langfristigen Entwicklungen und den entsprechenden Investitionen schlagend wird.

Insgesamt wurde durch das Projekt CHEVENA eine in sich geschlossene Methodik zur Erarbeitung von Prozessnetzwerken auf der Basis nachwachsender Rohstoffe geschaffen, die als Unterstützung für die Entwicklung von Technologiekonzepten dienen kann. Diese Methodik findet nicht nur die erfolgversprechendsten Netzwerkalternativen, sie beantwortet auch Fragen der Stabilität dieser Netzwerke in Hinsicht auf Änderungen im (ökonomischen) Umfeld und nach Zielvorgaben für die technische Entwicklung einzelner Prozessschritte in diesen Netzwerken. Diese Methodik wurde zusätzlich auch didaktisch aufbereitet, so dass sie über entsprechende Kurse wesentliche Akteure über diese Methode informiert werden können.

### **Didaktisches Konzept zur Qualifizierung von Akteuren in der Umsetzung von NAWARO Technologien.**

Die Herausforderung des Projektes CHEVENA lag aber nicht allein in der Erarbeitung von methodischen Werkzeugen zur Entwicklung von Konzepten und Prozessnetzwerken für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Zusätzlich dazu sollte auch ein didaktisches Konzept entwickelt werden, wie die notwendigen Wissensinhalte an Kernakteure herangetragen werden können.

Ziel der didaktischen Arbeiten im Projekt war es, ein Qualifizierungsangebot für Akteure aus der Praxis zu entwickeln, das

- die Grundlagen der Erstellung von Technologiekonzepten zum Inhalt hat;
- die Basis für darauf aufbauende speziellere Qualifizierungsangebote (insbesondere im Sinne der Vermittlung spezieller Technologien und Planungsmethoden, die für die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen wesentlich sind) bietet und

- auf einzelne Akteursgruppen abgestimmt ist.

Das entwickelte Konzept geht von „Kursmodulen“ aus. Ein Kursmodul stellt die didaktische Aufarbeitung eines bestimmten Themenkomplexes dar. Dabei können diese Themenkomplexe in unterschiedlicher Tiefe bearbeitet werden, je nach dem welche Zielgruppe angesprochen werden soll. Dabei wurden naturgemäß die im Projekt erarbeiteten methodischen Themen bearbeitet, aber auch solche Themen aufbereitet, die für ein umfassendes Grundkurssystem notwendig erschienen.

Insgesamt wurden 10 Kursmodule entwickelt:

- Warum nachwachsende Rohstoffe  
Dieser Modul stellt insbesondere eine Motivation für den Einsatz von NAWARO dar und bietet ein breites Angebot an Argumentationshilfen für NAWARO aber auch die Diskussion über die grundsätzlichen Problemkreise, die in der Umsetzung solcher Technologien in den nächsten Jahrzehnten anstehen werden.
- Rohstoffklassifikation  
Dieser Kursmodul beschäftigt sich insbesondere mit der Charakteristik und Klassifizierung von nachwachsenden Rohstoffen aus der Sicht der industriellen Verwertung.
- NAWARO Datenbank 1  
Dieser Modul beschäftigt sich mit der im Projekt CHEVENA entwickelten Datenbank und der Entwicklung von Nutzungsketten. Neben der theoretischen Erklärung der Datenbank geht dieser Modul auch auf die Analyse der Ergebnisse aus der Datenbank-Suche ein.
- NAWARO Datenbank 2  
Dieser Kursmodul geht anhand von Fallbeispielen auf die praktische Arbeit mit der Datenbank ein.
- Logistik und Prozesssynthese  
In diesem Kursmodul werden Fragestellungen der Logistik in Zusammenhang mit der Entwicklung der optimalen Struktur von Nutzungsnetzwerken behandelt. Dieser Modul behandelt die ökonomische Optimierung derartiger Netzwerke ebenso wie die Entscheidung zwischen zentralen und dezentralen Prozesseinheiten.
- Bewertung  
Dieser Modul geht auf allgemeine Bewertungsgrundsätze insbesondere im Hinblick auf die ökologische Bewertung von Prozessen und Prozessnetzwerken ein. Hier werden auch die wesentlichen Unterschiede in der ökologischen Bewertung von verfahren auf fossiler und regenerativer Basis diskutiert und ein kurzer Überblick über Bewertungswerkzeuge, insbesondere den SPI, geboten.
- Bewertung 2  
Dieser Kursmodul vermittelt die praktische Anwendung des im Rahmen des Projektes entwickelten Programms SPIonEXCEL. Die Funktion des Programms wird anhand von Fallbeispielen von den Teilnehmern praktisch erlernt.
- Grundlagen biotechnischer Produktion  
In diesem Modul werden wesentliche Grundlagen biotechnologischer Produktionsverfahren, soweit sie für das Verständnis der gesamten Nutzungskonzepte nachwachsender Rohstoffe wichtig sind, erklärt. Da die Biotechnologie eine der grundlegenden Verarbeitungstechnologien darstellt, sind Kenntnisse solcher Grundlagen für viele Akteure entscheidend für ihre praktische Arbeit.

- Grundlagen mechanisch-chemisch-thermischer Verfahren  
Hier wird ein Überblick über verfahrenstechnische Aspekte der Nutzung nachwachsender Rohstoffe gegeben. Ziel ist dabei nicht die umfassende Wissensvermittlung sondern vielmehr das Verständnis für die verfahrenstechnischen Besonderheiten, die aus der Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe resultieren, zu wecken.
- Erfahrungen und Ausblick  
Dieser Modul stellt die Abrundung der jeweiligen Kurse dar und behandelt einerseits Rahmenbedingungen der Umsetzung von Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Andererseits werden in diesem Modul allgemeine Erfahrungen aus der Umsetzung erfolgreicher Projekte in diesem Bereich diskutiert.

Der Vorteil der Gliederung in Kursmodule liegt insbesondere darin, dass aus diesen Modulen Inhalte für aktueursspezifische Kurse sehr einfach zusammengestellt werden können. Damit können mit einer einheitlichen und gut fundierten didaktischen Grundlage viele unterschiedliche Zielgruppen bedient werden.

Ein weiterer Vorteil der Modulgliederung ist die Möglichkeit, die didaktischen Unterlagen aus dem Projekt flexibel in andere Qualifizierungsmaßnahmen und vor allem die akademische Lehre zu integrieren. Da jeder Modul ein für sich abgeschlossenes Thema behandelt, können diese Module einfach in bestehende Lehrveranstaltungen eingegliedert werden.

#### Die CHEVENA Kurse und Kursunterlagen

Für alle hier genannten Module wurden durch das Projektteam umfangreiche Kursunterlagen erarbeitet (siehe Appendix F, zugänglich auch über die Werbsite [www.scc.co.at/chevena](http://www.scc.co.at/chevena)).

Um das didaktische Konzept und die Kursunterlagen einem Test in der Praxis zu unterziehen wurde eine erste Staffel von aktueursspezifischen Kursen entwickelt und im Mai 2005 abgehalten. Die Kurse wurden für

- a) Akteure in der Landwirtschaft
- b) Entscheidungsträger aus Wirtschaft und Regionalmanagement
- c) Techniker in der Verarbeitung

aufgebaut (siehe die Kursankündigung in Appendix G). Kurse a) und c) wurden abgehalten, wobei in diesen beiden Kursen alle entwickelten Module zum Einsatz kamen. Kurs b) kam auf Grund zu geringer Teilnehmerzahl nicht zustande. Im Kurs c) wurde zusätzlich zu den bereits dargestellten Kursmodulen auch eine Einheit durchgeführt, in der die Teilnehmer Probleme aus ihrem direkten Umfeld zur Diskussion stellen konnten. Darüber hinaus wurde auch eine Fachexkursion (zu einer Biodieselproduktionsanlage) in den Kurs integriert.

Die Rückmeldungen der Teilnehmer an den Kursen waren sowohl im Hinblick auf den thematischen Umfang als auch bezüglich der Qualität der Unterlagen und Vorträge sehr gut.

### ***Verwertung der Ergebnisse des Projektes***

Die Ergebnisse des Projektes CHEVENA wurden (und werden auch weiterhin) auf drei Ebenen verwertet:

- a) die Ebene der wissenschaftlichen Veröffentlichung
- b) die Ebene der praktischen Kurstätigkeit
- c) die Ebene der Dissemination der entwickelten Software-Tools

ad a) Die Ergebnisse des Projektes stellen in vielen Bereichen wichtige Neuerungen/Erweiterungen des wissenschaftlichen Methodengerüsts zur Entwicklung von Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe dar. Diesem

Umstand entsprechend wurden die wissenschaftlichen Erkenntnisse aus dem Projekt bereits während der Laufzeit des Projektes auf einer Reihe von wissenschaftlichen Tagungen vorgestellt bzw. in Fachjournalen und Buchbeiträgen veröffentlicht. Die wesentlichen Veröffentlichungen, die aus diesem Projekt bis jetzt resultierten, sind dabei:

*SPIonExcel – fast and easy calculation of the Sustainable Process Index via computer*

Sandholzer, D.; Niederl, A.; Narodoslowsky, M.  
Chemical Engineering Transactions (2005), 7 (2), 443-446

*Ecological Evaluation of Processes based on By-products or Waste from Agriculture – Life Cycle Assessment of Biodiesel from Tallow and Used Vegetable Oil;*

Niederl, A.; Narodoslowsky, M.  
Feedstocks for the Future, Chapter 18 (2004), Ed: Bozell, J.; Patel, M.; ACS symposium series Vol. 921

*Process Synthesis as a Means for Technology Development*

Niederl, Anneliese; Halasz, Laszlo; Narodoslowsky, Michael  
Abstracts of Papers, 7th Conference “Process integration, modelling and optimization for energy saving and pollution reduction”, Prague, Czech Republic, August 22nd-26th, 2004 (2004)

*Life cycle assessment of the production of biodiesel from tallow and used vegetable oil*

Niederl, A.; Narodoslowsky, M.  
Abstracts of Papers, 227th ACS National Meeting, Anaheim, CA, United States, March 28-April 1, 2004 (2004)

*Process synthesis for renewable resources*

Niederl, A.; Halasz, L.; Narodoslowsky, M.  
Abstracts of Papers, 227th ACS National Meeting, Anaheim, CA, United States, March 28-April 1, 2004 (2004)

*Sensitivity Analysis of Network Synthesis Models – the Case of Animal Residue Utilization*

Niederl, A.; Halasz, L.; Nagy, A.  
Chemical Engineering Transactions (2005), 7 (2), 489-494

*CheVeNa: A new approach for implementing renewable resources in industries*

Sandholzer, D.; Niederl, A.; Braunegg, G.; Narodoslowsky, M.  
Abstracts of Papers, 229th ACS National Meeting, San Diego, CA, United States, March 13-17, 2005 (2005)

*Sustainable Process Index*

Narodoslawsky, M.; Niederl, A.  
Renewable-Based Technology: Sustainability Assessment, Chapter 10 (2005), Ed: Dewulf, J.; van Langhove, H., John Wiley & Sons

*Wissenschaft unterstützt Industrie bei der Umstellung auf nachwachsende Rohstoffe*  
Bericht in Korso – Das Informationsmagazin für die Steiermark, April 2005

[http://www.korso.at/korso/oekoland/oekothesmen\\_0405.htm#wiss](http://www.korso.at/korso/oekoland/oekothesmen_0405.htm#wiss)  
mit Inserat (siehe Inserat\_Korso.pdf)

*Life Cycle Assessment as an engineer's tool*

Niederl, A.; Narodoslowsky, M.

Journal of Cleaner Production, submitted

*Utilizing renewable resources economically – new challenges and changes for process development*

Narodoslowsky, M.; Niederl, A.; Halasz, L.

Journal of Cleaner Production, submitted

*Ecological Evaluation and Comparison of Polyhydroxyalkanoates from Whey*

Sandholzer, D.; Niederl, A.; Braunegg, G.; Narodoslowsky, M.

Chemical Monthly, submitted

*Life Cycle Assessment of Polyhydroxyalkanoates from whey - calculated with SPionExcel*

Sandholzer, D.; Niederl, A.; Narodoslowsky, M.

Oral presentation PACHIFCHEM 2005 (15-20 Dec.) Honolulu, Hawaii

Neben diesen Veröffentlichungen im Rahmen internationaler wissenschaftlicher Veranstaltungen oder wissenschaftlicher Zeitschriften und Bücher wurde im Rahmen der FdZ Workshops die Ergebnisse des Projektes mehrmals vorgestellt.

ad b) Die erste Staffel von Kursen hat bewiesen, dass das didaktische Konzept des Projektes CHEVENA bei Akteuren aus der Praxis sehr gut ankommt. Dieser Weg der Kurse soll daher auch in Zukunft weiter beschritten werden. Damit ist auch gewährleistet, dass die methodischen Entwicklungen, die im Projekt durchgeführt wurden, effizient ihren Weg in die Praxis finden.

Die CHEVENA Kurse können eine wichtige Basis für die Qualifizierung unterschiedlicher Akteure, die für die Umsetzung von Technologien nachwachsender Rohstoffe in Österreich relevant sind, darstellen. Mit diesen Kursen kann daher ein Beitrag dazu geleistet werden, die Industrie in Österreich auf die Herausforderungen nachhaltiger Entwicklung vorzubereiten.

ad c) Im Rahmen des Projektes wurden zwei Software-Tools erstellt, die nun im Internet frei verfügbar sind: Die CHEVENA Datenbank und das Programm SPionEXCEL. Beide Tools sind Hilfsmittel für verschiedene Akteure, die in der Konzeption von komplexen Nutzungssystemen auf regenerativer Rohstoffbasis involviert sind. Die freie Verfügbarkeit dieser Tools erlaubt dabei eine möglichst weite Verbreitung. Das Projektteam wird dabei auch in Zukunft diese Tools warten. Mit dem Projekt CHEVENA konnte damit ein funktionierendes Set von Hilfsmitteln für die Praxis geschaffen werden.

## ***Detailangaben zu den Zielen der „Fabrik der Zukunft“***

### **Beitrag zu den Gesamtzielen**

Das Projekt CHEVENA konnte in vielen Bereichen Beiträge zu den Leitprinzipien der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ leisten. Es trifft zentral das „Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen“ indem es wichtige methodische Ansätze insbesondere für

die Konzepterstellung von Nutzungssystemen auf der Basis regenerativer Rohstoffe entwickelt hat. Diese methodischen Ansätze sind instrumental für den Aufbau einer nachhaltigen chemischen und stoffumwandelnden Industrie auf breiter Basis.

Das „Effizienzprinzip“ ist dabei integraler Bestandteil der Methodik. Gerade die Methodik der Prozesssynthese erlaubt die Planung von Nutzungssystemen, die nachwachsende Rohstoffe vollständig verwerten. Das entwickelte Bewertungssystem stellt darüber hinaus sicher, dass die Optimierung der Nutzungskonzepte aus der Sicht ökologischer Effizienz ermöglicht wird. Das „Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit“ wird ebenso durch die Vorgabe der vollständigen Nutzung der Ressourcen und der damit verbundenen kaskadischen Nutzung innerhalb der Produktionsketten verfolgt, die durch die Prozesssynthese methodisch wirkungsvoll unterstützt wird. Das „Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit“ ist durch die Notwendigkeit der regionalen Einpassung und Adaption der Technologien, gegeben. Die Einpassung wird dabei durch das Bewertungs-Tool SPIONEXCEL methodisch unterstützt. Das „Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge“ wird ebenso dadurch erfüllt, dass ökologische und ökonomische Technikfolgenabschätzung integraler Teil der entwickelten Methodik zur Auswahl von geeigneten Technologien und Prozessnetzwerken ist. Schließlich wird auch dem „Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität“ zentrales Augenmerk gewidmet, da die Einpassung in die regionalen ökonomischen Systeme unter ausdrücklicher Berücksichtigung des Aspektes der Schaffung qualifizierter Arbeit, aber auch unter strikter Berücksichtigung kurlandschaftlicher Belange in den entwickelten Kursmodulen angesprochen wird.

### **Einbeziehung der relevanten Zielgruppen**

Das Projekt CHEVENA war seiner Konzeption nach stark auf die Einbeziehung relevanter Akteure ausgerichtet. Der Workshop „Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ hat dabei gleich in der Anfangsphase des Projektes dazu gedient, die tatsächlichen Bedürfnisse der Praxis zu identifizieren und darauf die Zielrichtung der methodischen Entwicklung im Projekt auszurichten. Während der Sammlung der Informationen für die CHEVENA Datenbank wurde darüber hinaus sehr reger Kontakt zu Firmen gehalten, um ihre Erfahrungen mit in die Datenbasis zu integrieren.

Eine zweite Linie der Einbeziehung der relevanten Zielgruppen erfolgte in den Kursen: Einerseits wurden hier für die einzelnen Zielgruppen spezifische Kurse entwickelt. Andererseits diente die erste Staffel der Kurse auch dem Zweck, Feedback über die Inhalte und Vermittlungsform in den Kursmodulen zu erhalten. Mit diesem Feedback konnte eine noch genauere Anpassung der Inhalte der Kursmodule an die Erfordernisse der Praxis erreicht werden.

### **Potentiale des Projektes**

Das Projekt CHEVENA hat eine belastbare Basis für ein umfassendes Qualifizierungssystem für Akteure aus der Praxis im Bereich der Nutzung nachwachsender Rohstoffe gelegt. Bereits die erste Staffel der Kurse hat gezeigt, dass diese Qualifizierungsmöglichkeit von vielen Akteuren gut angenommen wird. Es hat sich weiters gezeigt, dass weder auf nationaler noch internationaler Ebene bisher ähnlich breit und umfassend angelegte Kurssysteme, die sich ausschließlich der Nutzung nachwachsender Rohstoffe widmen, verfügbar sind.

Das Potential des Projektes muss in drei Dimensionen bewertet werden:

- Der Marktdimension (Wer kann Nutznießer solcher Qualifizierungssysteme sein?)

- Der fachlichen Dimension (Welche Inhalte können auf der Basis von CHEVENA aufbauen?)
- Der internationalen Dimension (Welche Rolle kann Österreich im internationalen Vergleich spielen?)

Betrachtet man vorerst die Marktdimension, so ist das Spektrum der möglichen Teilnehmer an zukünftigen CHEVENA Kursen relativ breit, da das System der Kursmodule einen zielgerichteten Zuschnitt der Kurse auf sehr unterschiedliche Zielgruppen zulässt. Vorerst wurden Kurse für drei Zielgruppen entwickelt, die ihrerseits in Österreich zumindest einige Hundert Mitglieder aufweisen. Es ist jedoch durchaus möglich, auch andere Zielgruppen (etwa Personen aus der öffentlichen Verwaltung, Investoren, etc.) mit den bereits entwickelten Kursmodulen (möglicherweise unter geringfügiger Erweiterung des Angebotes) zu bedienen. Damit ergibt sich bereits für die bisher entwickelten Kursmodule ein umfangreiches Potential an möglichen Adressaten, das sicherlich für einige Jahre den Kursbetrieb sichern kann.

Fachlich stellen die Ergebnisse des Projektes ebenfalls nur eine erste Basis dar. Grundsätzlich haben sich die Arbeiten des Projektteams darauf beschränkt, die frühe Phase der Planung methodisch und didaktisch zu unterstützen. Darauf aufbauend können nun sowohl methodische als auch didaktische Entwicklungen erfolgen, die spezielle Technologien (etwa die Biotechnologie, die Trenn- und Reinigungstechnologie u.ä.) oder spezielle Fragestellungen der Implementation (etwa die regionalwirtschaftliche Optimierung von Nutzungssystemen, die optimale Koppelung zwischen stofflicher und energetischer Nutzung, die Organisation von Nutzungsnetzwerken u.ä.) zum Thema haben. Mit dem Projekt CHEVENA wurde hier sowohl ein Qualitätsstandard der Ausarbeitung der Themen als auch ein didaktisches Konzept als auch eine Grundstruktur der Vermittlung (wissenschaftliche Beiträge über methodische Neuerungen, frei zugängliche Software-Tools und aus Modulen aufgebaute zielgruppenspezifische Kurse) geschaffen, auf die in weiterer Folge aufgebaut werden kann.

Im internationalen Vergleich stellt das Projekt CHEVENA bisher ein österreichisches Alleinstellungsmerkmal dar. Es besteht daher ein bedeutendes Potential, diese Kurse auch international anzubieten. Dabei eignet sich insbesondere der südosteuropäische Raum, da hier einerseits Staaten mit hoher Agrarquote liegen und andererseits sehr gute Beziehungen zu möglichen Partnern für die Ausbildung von Kernakteuren bestehen.

## **Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen**

### **Fachliche Schlussfolgerungen**

Die Arbeit am Projekt CHEVENA hat die grundlegende Hypothese des Projektteams gefestigt, dass für die Umsetzung von Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe eine wesentliche Erweiterung des Methodengerüsts der chemischen, biochemischen und verfahrenstechnischen Ingenieurdisziplinen notwendig ist. Die Änderung der Rohstoffbasis weg von fossilen und hin zu regenerativen Quellen führt für sich bereits zu neuen Prozessstrukturen, für deren Konzeption und technische Umsetzung die bestehenden Methoden entweder nicht ausreichen oder zu suboptimalen Lösungen führen.

Zusätzlich zu den methodischen Herausforderungen einer Änderung der Rohstoffbasis auf breiter Front treten weitere Anforderungen an die technologischen Entwicklungsmethoden, die aus der Forderung nachhaltiger Entwicklung resultieren. Gemeinsam werden diese neuen Rahmenbedingungen zu einer erheblichen Veränderung der praktischen Arbeit der nächsten Generation von Ingenieuren führen, für deren methodische Basis heute die Fundamente gelegt werden müssen. Das Projekt CHEVENA hat einen ersten Beitrag zu diesen neuen Fundamenten geleistet.

Neben der Aufbereitung der Methoden für eine nachhaltige Chemie und Verfahrenstechnik für die nächste Generation von Ingenieuren ist es jedoch dringend erforderlich, Entscheidungsträger in der Industrie und auch in allen anderen Sektoren, die von der Umsetzung nachhaltiger Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe betroffen sind, auf diese neuen Herausforderungen vorzubereiten. Derzeit herrscht die Phase der beginnenden Neuorientierung, die durch steigende Rohölpreise ebenso wie durch Vermeidungsanstrengungen im Hinblick auf den globalen Klimawandel gekennzeichnet ist. In dieser Anfangsphase des industriellen Strukturwandels besteht dringender Bedarf an strategischen Entscheidungen, für die Handlungsverantwortliche in unterschiedlichen Bereichen methodisch "nachgeschult" werden müssen. Die Rückmeldungen der Teilnehmer an den Kursen haben hier eindeutig den Bedarf an solchen Qualifizierungskursen bestätigt. Diese Erkenntnis, die insbesondere aus dem Workshop "Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe" gewonnen werden konnte, hat zur grundlegenden Ausrichtung des Projektes auf Methoden für die Konzeptphase der Entwicklung von Nutzungsnetzwerken geführt und wurde durch die Rückmeldungen der Teilnehmer an den Kursen bestätigt.

Die Natur der Bereitstellung nachwachsender Rohstoffe, aber auch die Problemstellung nachhaltiger Entwicklung, erfordern ein verstärktes Zusammenspiel von Akteuren, die bisher in der Technologieentwicklung und der Implementation industrieller Prozesse nicht oder nur in geringerer Intensität zusammengearbeitet haben. Dies betrifft insbesondere das Wechselspiel zwischen Industrie und Landwirtschaft, aber auch die Wechselwirkung zwischen industrieller Entwicklung und der Entwicklung in Regionen. Hier ist es dringend erforderlich, dass Akteure im gesamten Nutzungsnetzwerk eng zusammenarbeiten. Dies ist nur dann möglich, wenn ein sektorüberschreitendes einheitliches Methodengerüst verfügbar ist und Akteure aus unterschiedlichen Disziplinen und Sektoren mit diesen Methoden vertraut sind. Dies erfordert verstärkte Anstrengungen in der Qualifizierung unterschiedlicher Akteure und damit zielgruppenspezifische Kurssysteme.

Aus methodischer Sicht hat das Projekt CHEVENA vor allem die folgenden Erkenntnisse erbracht:

- ❖ Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe erfordert eine grundsätzliche Erweiterung des Prozesssystems. Industrielle Prozesse müssen sowohl die Rohstoffbereitstellung als auch Lagerung, Logistik und auch die Wiedereingliederung der Reststoffe in die Ökosphäre umfassen. Sie sind damit meist auch räumlich verteilt.
- ❖ Die Komplexität der Rohstoffe bringt eine neue "Prozessgeometrie" zum tragen: Produktionsketten werden zunehmend von Prozessnetzwerken abgelöst. Die Methode der Prozesssynthese geht insbesondere auf diese beiden Problemkreise ein.
- ❖ Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe wird in absehbarer Zeit zu einem Innovationsschub im industriellen Bereich führen. Die frühe Identifikation von Chancen und Risiken unterschiedlicher Nutzungsstrategien für bestimmte Rohstoffe bzw. der Bereitstellung von Schlüsselchemikalien aus unterschiedlichen Rohstoffen ist eine wesentliche Herausforderung in dieser Innovationsphase. Die im Rahmen des Projektes entwickelte Datenbank soll diesen Prozess methodisch unterstützen.
- ❖ Neben den geänderten strukturellen Rahmenbedingungen erfordert die Nutzung nachwachsender Rohstoffe auch die Integration von Technologien in den Kernbereich der Prozessindustrie, die heute noch eher geringe Bedeutung haben. Dies ist der Grund für die starke Betonung der Biotechnologie in den bisher durchgeführten Kursen, da dies eine Schlüsseltechnologie in der Konversion nachwachsender Rohstoffe sein wird.
- ❖ Das Zusammenspiel "neuer" Akteurskonstellationen aber auch eine Neubewertung der "Economy of Scale" aus dem Gesichtspunkt dezentraler Rohstoffquellen und der größeren Lager- und Logistikanforderungen, die aus der Verderblichkeit vieler Nachwachsender Rohstoffe resultiert, wird zu neuen "Entwicklungsheuristiken" für die Entwicklung und Umsetzung industrieller Prozesse führen.
- ❖ Die Anforderungen nachhaltiger Entwicklung führen dazu, dass die ökologische Optimierung von industriellen Prozessen integraler Bestandteil der Prozessentwicklung werden muss. Diesem Problemkreis ist das ökologische Bewertungsprogramm SPIONEXCEL gewidmet.

### **Weitere Verwertung der Ergebnisse des Projektes**

Die im Projekt entwickelten Methoden der Prozesssynthese, die Datenbank und das Software-Tool SPIONEXCEL werden in der Forschungsarbeit des Projektteams bereits jetzt intensiv genutzt. Durch die Bereitstellung dieser Tools am Internet können diese Tools nun auch von einer breiteren Öffentlichkeit genutzt werden, wobei die Lehrtätigkeit der Projektteilnehmer, die nationalen und internationalen Kontakte, aber vor allem auch die Kurstätigkeit zur Verbreitung dieser Tools beitragen wird.

Das Projektteam ist sich der Verantwortung, die aus der Ausarbeitung der Kursmaterialien erwächst, bewusst. Es wird daher, nach der "ersten Staffel" der Kurse im Rahmen des Projektes diese Kurse weiterführen und auch an andere Zielgruppen als die bisher angesprochenen anpassen. Dabei werden Partner für diese Kurse gesucht, insbesondere Bildungseinrichtungen für Schlüsselakteure (wie etwa LFI und BFI).

Die Verfügbarkeit der Kursmaterialien am Internet erlaubt es auch anderen Bildungseinrichtungen, die im Projekt erarbeiteten didaktischen Materialien zu nutzen und in ihre Bildungsangebote einzubauen.

## **Relevanz der Ergebnisse für weitere Zielgruppen**

Die im Projekt erarbeiteten methodischen Grundlagen sind von wissenschaftlichem Interesse. Die intensive Veröffentlichungsaktivität des Projektteams hat diese methodischen Werkzeuge bereits bisher in die internationale wissenschaftliche Diskussion eingebracht. Hier erwartet das Projektteam in den nächsten Jahren eine wesentliche Intensivierung der methodischen Weiterentwicklung und damit auch der Relevanz der hier verarbeiteten Methoden.

Die Kurse haben bisher bereits Akteure aus dem landwirtschaftsnahen Bereich und Ingenieure erreicht, wobei hier die Weiterführung der Kurse zu einer weiteren Verbreitung beitragen soll. Zusätzlich dazu werden vom Projektteam Anstrengungen unternommen auch Akteure in der Regionalentwicklung und der Entwicklung des ländlichen Raumes anzusprechen und mit den Ergebnissen des Projektes vertraut zu machen.

Eine besonders wichtige zusätzliche Zielgruppe stellen höhere Bildungsinstitutionen (Universitäten, Fachhochschulen) dar. Die Aufnahme der im Projekt CHEVENA erarbeiteten Methoden und didaktischen Materialien in die Ausbildung von Ingenieuren aber auch Regionalplanern und Agraringenieuren ist ein wichtiger Beitrag dazu, die nächste Generation von Entscheidungsträgern in den relevanten Bereichen auf die Herausforderungen nachhaltiger Technologien vorzubereiten.

Im Rahmen der eigenen Lehrtätigkeit des Projektteams an der TU Graz (und auch der Universität Zagreb) wird das hier erarbeitete didaktische Material in den nächsten Jahren einfließen. Die Strukturierung des Materials in Form von Modulen sowie die weitere Wartung der Website des Projektes stellen die Grundlage einer möglichen Übernahme von Lehrinhalten durch andere Institutionen dar. Darüber hinaus wird das Projektteam Anstrengungen unternehmen, die Bekanntheit dieser Lehrinhalte über die eigene Institution hinaus zu erhöhen.

## ***Ausblick und Empfehlungen***

### **Chancen und Risiken für ein Demonstrationsprojekt**

Das Projekt CHEVENA hat erst einen, wenn auch wichtigen, Startpunkt für ein methodisches und didaktisches Gerüst zur Umsetzung nachhaltiger Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe gesetzt. Von diesem Startpunkt ausgehend besteht nun die Möglichkeit, einen "Bildungsleuchtturm" als Leitprojekt aufzubauen: Eine "Akademie für nachwachsende Rohstoffe", die sich zur Aufgabe stellt, methodische Grundlagen und spezifische Lehrinhalte zur Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe bereitzustellen. Eine solche Akademie, die sich zu gleichen Teilen sowohl in der akademischen Ausbildung (in Kooperation mit bestehenden Institutionen) als auch der Qualifikation von Akteuren aus der Praxis widmet, wäre auch international ein wichtiger Beitrag im europäischen Forschungs- und Bildungsraum.

Die wesentliche Chance für eine solche Akademie besteht insbesondere im zu erwartenden Innovationsschub, der durch die notwendige Neuausrichtung der europäischen Industrie auf regenerative Ressourcen und nachhaltige Technologien in den nächsten Jahrzehnten ausgelöst werden wird. Die mögliche Bündelung des in Österreich bereits vorhandenen umfangreichen Wissens einerseits, die durch den Bologna-Prozess eingeleitete Umstrukturierung der akademischen Bildungslandschaft in Österreich und Europa andererseits lassen den Zeitpunkt der Einrichtung und die Ausrichtung einer solchen Akademie stellen gemeinsam ein "window of opportunity" dar.

Das wesentlichsten Risiken für die Umsetzung eines solchen Vorhabens stellen einerseits die Zersplitterung der österreichischen Forschungs- und Bildungslandschaft auf diesem Sektor dar. Andererseits muss die teilweise noch fehlende Motivation der (insbesondere österreichischen) Wirtschaft für eine strategische Ausrichtung auf nachwachsende Rohstoffe überwunden werden, um die an einer solchen Akademie erarbeiteten Angebote auch wirklich für die Praxis relevant zu machen. Beide Faktoren stellen zwar mögliche Hindernisse dar, die jedoch durch die Realisierung eines solchen "Bildungsleuchtturmes" selbst mit überwunden werden können.

### **Weiterführender Forschungs- und Entwicklungsbedarf**

Die Ergebnisse des Projektes bilden in Inhalt und Form eine geeignete Grundlage für den weiteren Aufbau eines solchen Bildungsleuchtturmes. Allerdings müssen in methodischer und didaktischer Hinsicht noch wesentliche weitere Anstrengungen unternommen werden, um hier zu einem umfassenden und belastbaren Qualifizierungssystem insbesondere auch für Akteure aus Industrie und allen anderen relevanten Sektoren zu gelangen.

Aus methodischer Sicht sind weitere Grundlagen unter anderem zur effizienten Entwicklung von satzweise arbeitenden Prozessen, zur Integration von regenerativen Energiesystemen in industrielle Prozesse und zur ökonomischen und organisatorischen Realisierung von Prozessnetzwerken notwendig. Weiters sind die Ausarbeitung von belastbaren didaktischen Grundlagen zu Betrieb und Auslegung von Schlüsseltechnologien (Membranverfahren, Chromatografie, Feststoff-Biotechnologie, Extraktion von Wertstoffen, Reaktionstechnik von Naturstoffen etc.) sowie von neuen Technologien (Stichwort Mikroverfahrenstechnik) und ihrer Anwendung im Bereich nachwachsender Rohstoffe nötig. darüber hinaus sind spezielle technologische Entwicklungen (Entwicklung von Biopolymeren, Bereitstellung von Biokraftstoffen, etc.) notwendig.

Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg einer solchen Akademie stellt die notwendige Internationalität dar. Dazu müssen einerseits die erarbeiteten didaktischen Materialien auch in englischer Sprache vorliegen und weitere internationale Partner für die Entwicklung und Verbreitung der Methoden und Lehrmodule gewonnen werden.

## Literatur:

Douglas, J. M. (1995). "Synthesis of separation system flowsheets," American Institute of Chemical Engineers Journal, 41:2522-2536

Friedler, F., J. B. Varga, and L. T. Fan, Decision-Mapping: A Tool for Consistent and Complete Decisions in Process Synthesis, Chem. Engng Sci., 50, 1755-1768 (1995).

Friedler, F., K. Tarjan, Y. W. Huang, and L. T. Fan, Combinatorial Algorithms for Process Synthesis, Computers Chem. Engng, 16, S313-320 (1992a).

Friedler, F., K. Tarjan, Y. W. Huang, and L. T. Fan, Graph-Theoretic Approach to Process Synthesis: Axioms and Theorems, Chem. Engng Sci., 47, 1973-1988 (1992b).

Friedler, F., K. Tarjan, Y. W. Huang, and L. T. Fan, Graph-Theoretic Approach to Process Synthesis: Polynomial Algorithm for Maximal Structure Generation, Computers Chem. Engng, 17, 929-942 (1993).

Halasz, Povoden, G., M. Narodoslawsky, M. Process Synthesis for Renewable Resources. PRESS03 Hamilton/Kanada 2003

Krotscheck Ch., M. Narodoslawsky (1995): The Sustainable Process Index – A New Dimension in Ecological Evaluation, Ecological Engineering, 6: 241-258

Krotscheck Ch., F. König, I. Obernberger: Ecological Assessment of Integrated Bioenergy Systems Using the SPI, Biomass& Bioenergy, 18 (2000); 349-368

Narodoslawsky, M.;A. Niederl, L. Halasz: Utilizing renewable resources economically – new challenges and changes for process development  
Journal of Cleaner Production, (2005) in press

Narodoslawsky, M.; A. Niederl: Renewable-Based Technology: Sustainability Assessment, Chapter 10 (2005), Ed: Dewulf, J.; van Langhove, H., John Wiley & Sons

Niederl, A.; M. Narodoslawsky: Ecological Evaluation of Processes based on By-products or Waste from Agriculture – Life Cycle Assessment of Biodiesel from Tallow and Used Vegetable Oil, Feedstocks for the Future, Chapter 18 (2004), Ed: Bozell, J.; Patel, M.; ACS symposium series Vol. 921

Niederl, A.;L. Halasz;A. Nagy: Sensitivity Analysis of Network Synthesis Models – the Case of Animal Residue Utilization, Chemical Engineering Transactions (2005), 7 (2), 489-494

Sandholzer, D.;A. Niederl, M. Narodoslawsky: SPIONExcel – fast and easy calculation of the Sustainable Process Index via computer; Chemical Engineering Transactions (2005), 7 (2), 443-446

Türkay, M. and Grossmann, I. E. (1998). "Structural flowsheet optimization with complex investment cost functions," Computers and Chemical Engineering, 22:673-686.

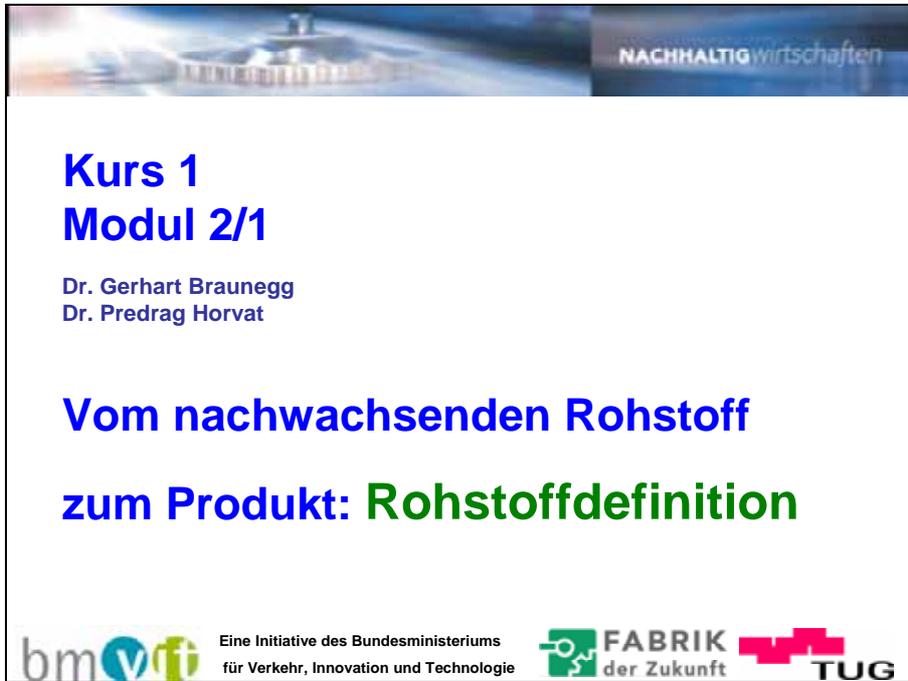
## **Appendix A: Beiträge zum Workshop „Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ (6. und 7. November 2003, Schloss Seggau)**

Der Appendix A wurde als Tagungsband unter dem Titel „Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ in der Schriftenreihe mit der Nummer 32b/2006 veröffentlicht und ist unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at> oder bei der Projektfabrik Waldhör, Währingerstraße 121/3, 1180 Wien, zu beziehen.

## **Appendix B: Kursankündigung für CHEVENA Kurse**

## Appendix C: Unterlagen der CHEVENA Kurse

Siehe Dateien in Ordner *Kursunterlagen CHEVENA*



**Kurs 1**  
**Modul 2/1**

Dr. Gerhart Braunegg  
Dr. Predrag Horvat

**Vom nachwachsenden Rohstoff**  
**zum Produkt: Rohstoffdefinition**

bm vti Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie FABRIK der Zukunft TUG

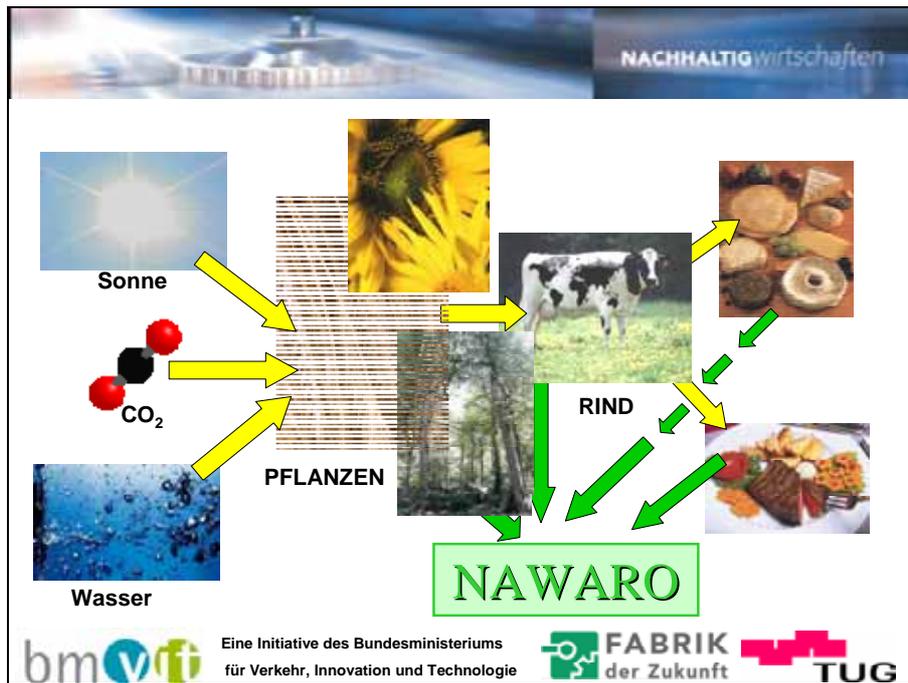


**Nachwachsende Rohstoffe-Definition**

„Nachwachsende Rohstoffe sind Stoffe, die aus **lebender Materie** stammen und vom Menschen zielgerichtet für Zwecke außerhalb des Nahrungs- und Futtermittelbereiches verwendet werden“.

"Nachwachsende Rohstoffe sind **land- und forstwirtschaftlich erzeugte Produkte**, die einer Verwendung im Nichtnahrungsbereich zugeführt werden"

bm vti Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie FABRIK der Zukunft TUG



**NAWARO-Aufteilung (herkunftsmäßig):**

**Pflanzlich:**  
 Industrielle-, Futter-, Forst-, Wiesenpflanzen

**Tierisch:** Gewebe, Drüsen, Knochen

**Aus Mikroorganismen:**  
 Biomasse, Kapseln, Organellen, Enzyme, Cytosol-,  
 Wand- und membranbildende Verbindungen

Logos at the bottom include 'bm vti', 'Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie', 'FABRIK der Zukunft', and 'TUG'.

NACHHALTIGwirtschaften

**NAWARO-Aufteilung (inhaltsmäßig):**

Zuckerpolymerhaltige:  
Getreide, Kartoffel, Topinambur...

Lignocellulosehaltige:  
Holz, Stroh, Energiegras...

Zuckerhaltige: Zuckerrübe, Zuckerrohr...


 Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Verkehr, Innovation und Technologie
 


NACHHALTIGwirtschaften

**NAWARO-Aufteilung (Inhaltsmäßig) :**

Farbstoffhaltige:

Wiesenflockenblume,  

 Saflor,  

 Königskerze...  



 Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Verkehr, Innovation und Technologie
 


NACHHALTIGwirtschaften

## NAWARO-Aufteilung (Inhaltsmäßig) :

**Arzneipflanzen:**  
 (Wurzeln, Blätter, Blüten, Samen)...

Ringelblumenblüten,  Kamillenblüten,  Nachtkerze... 

 Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Verkehr, Innovation und Technologie
 


NACHHALTIGwirtschaften

## NAWARO-Aufteilung (technologische Behandlung) :

**Primäre:** in Natur vorkommende oder  
gezüchtete Pflanzen und Tiere...

**Sekundäre:**  
Ausgangsstoffe die mit  
**einfachen** technologischen Verfahren aus  
primären NAWARO-s gewonnen werden...

**Tertiäre:**  
die durch **chemische** bzw. **intensive**  
**physikalische** Behandlung der  
sekundären NAWARO-s hergestellt werden..

 Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Verkehr, Innovation und Technologie
 




NACHHALTIGwirtschaften

**Beispiele: Physikalische Vorbehandlung**



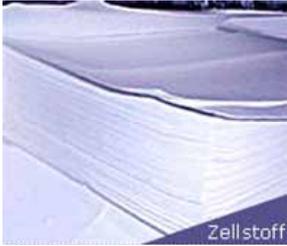

**Strohwand**                      **Spanplatten**

bm vti Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie FABRIK der Zukunft TUG

NACHHALTIGwirtschaften

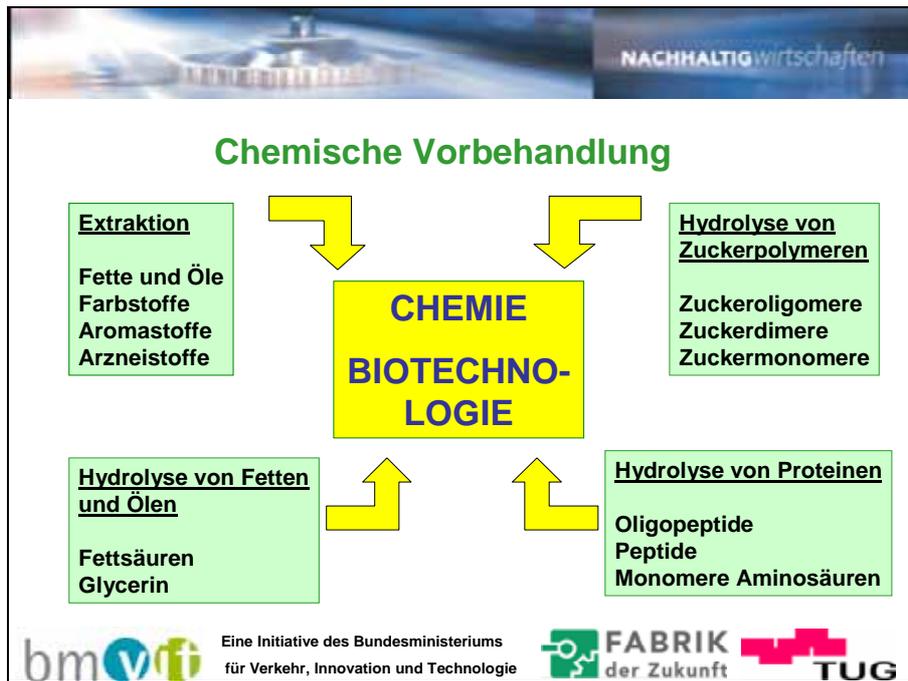
**Beispiele: Chemische Vorbehandlung**

**Zellstoff**                      **Collagen Folie**




Zellstoff

bm vti Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie FABRIK der Zukunft TUG



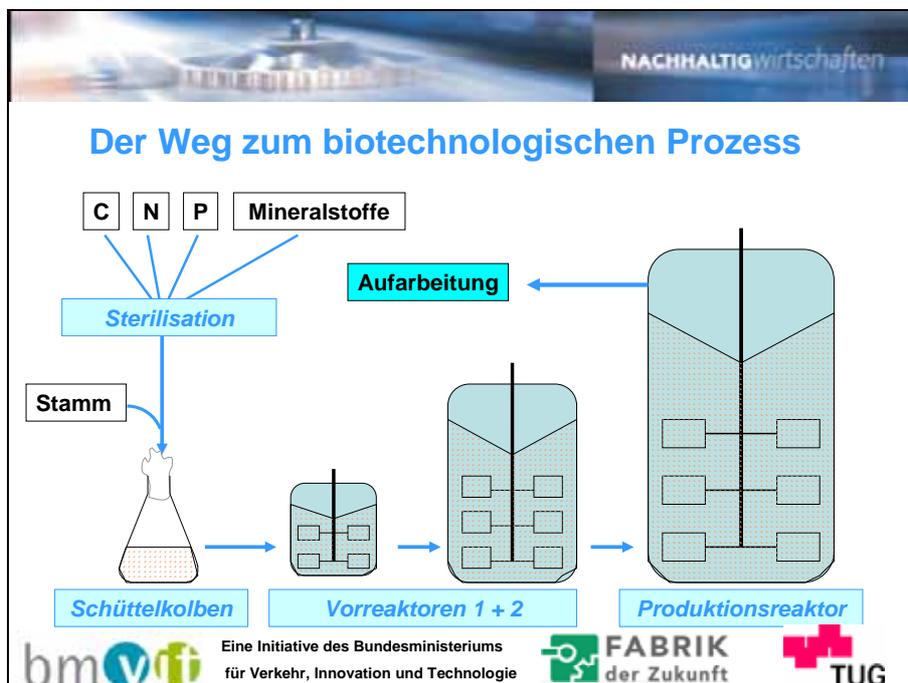
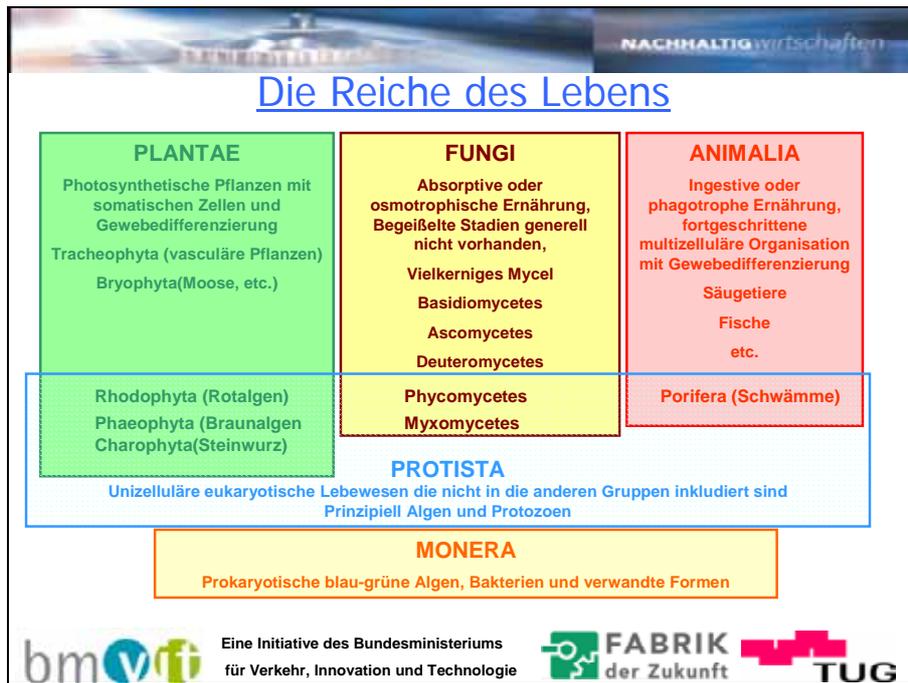
NACHHALTIGwirtschaften

## Kurze Definition der Biotechnologie

**Biotechnologie ist die integrierte Anwendung von (Mikro)Biologie, Biochemie, und Verfahrenstechnik um mit Mikroorganismen, Enzymen, oder Teilen davon der Herstellung von Produkten zu dienen.**

**Biotechnologie ist kein Synonym für Gentechnik, sehr wohl können aber gentechnische Methoden in biotechnologische Verfahren integriert sein!**

Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 FABRIK der Zukunft
TUG



NACHHALTIGwirtschaften

## Vom Laborreaktor zur Pilotanlage

Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

NACHHALTIGwirtschaften

## Lignocellulose

- Nadelbäume
- Laubbäume
- Stroh
- Miscanthus, Energiegras

Cellulose      Hemicellulose  
                     Lignin

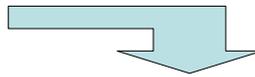
Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

# Lignocellulosehaltige Pflanzen

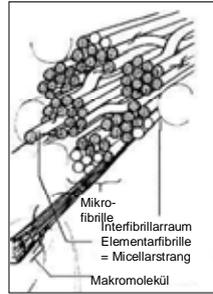
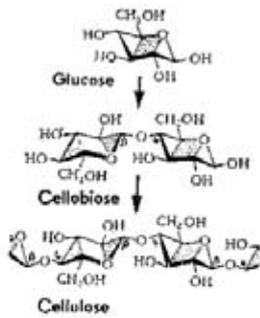
Cellulose



Cellobiose



Glucose



Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Lignocellulosehaltige Pflanzen (%)

Cellul.      Hemicellul.      Lignin

- **Maiskolben-**

**granulat**      69\*      12      20 (Ts)

- **Spindel**      42-45      33-35      10-15

- **Stengel**      35      25-38      35



Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



NACHHALTIGwirtschaften

## Lignocellulosehaltige Pflanzen (%)

	Cellul.	Hemicellul.	Lignin
• Holz	50*	25	25 (Ts)
• Weizenstroh	33-47	22-30	13-19
• Energiegras	42-48	23-26	18-23
• Hanf	44-45	19-21	20-22

 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 


NACHHALTIGwirtschaften

**Cellulose ist die Basis für folgende Produkte:**

**Naturfasern** ..... aus Faserpflanzen u.a.

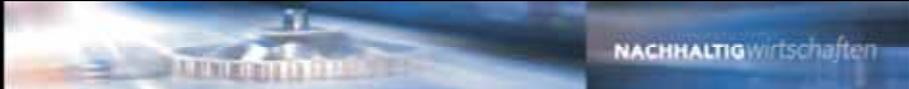
**Zellstoff, Papier**.....aus Holz, Stroh, Leinen, Hanf

**Baustoffzusatz**.....aus Holzresten

**Celluloseester** (Textilien, Thermoplasten, Explosivstoffe und Lacke).....aus Zellstoff



 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 

**Weiters....**

**Celluloseether** (Hilfsmittel für die Waschmittel-, Kosmetik-, Textil- und Bohrindustrie ).....aus Zellstoff

**Regenerate** (technische und textile Folien, Filme, Viskosefasern ).....aus Zellstoff

**Glucose** (Hydrolyse).....aus Zellstoff


 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 




**Zellstoff, Papier..... Holzaufschlussverfahren**

1. **Sulfatverfahren, Kraftaufschluss** (80 % der Verf.)  
Alkalisch, 4 h, 4 atü, 170 °C, Natriumsulfid  $\text{Na}_2\text{S}$
2. **Sulfitaufschluss, Kalksteinverfahren** (20 % der Verf.)  
Sauer, 10 h, 5 atü, 145 °C, Hydrogensulfit (Kalkstein/ $\text{SO}_2$ )
3. **ASAM-Verfahren**  
180 °C, hoher Druck, 2-3 h, 15-30 % Methanol und  $\text{NaHSO}_3$ , Anthrachinon
4. **Acetosolverfahren**  
Sauer, 1 h, 110 °C, Normaldruck, Wasser, konz. Essigsäure,  $\text{HCl}$


 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 




**Zellstofffasern..... Holzaufschlussverfahren**

**5. Lyocell Verfahren:**  
 erh.Temperatur, Wasser, N-Methylmorpholin-N -oxid (NMMO)

**6. Enzymatische Hydrolyse:**

- Aus Maisstroh mittels cellulolytischen und xylolytischen Enzymen (Fusarium oxysporum)
- Aus Sonnenblumenstängeln zu Ethanol (T.reesei)
- Aus Stroh und Holzresten zu Ethanol, IOGEN
- Aus Maisstroh zu Ethanol durch komb. Hydrolyse mittels Z. mobilis (NREL und Harris Group Design)
- Zitronensäureproduktion mit Aspergillus niger ausgehend von Maisspindeln

 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 




**Celluloseester**

**-O-CO-CH<sub>3</sub> Celluloseacetat, Acetatseide**

**-O-NO<sub>2</sub> Cellulosenitrat (Celluloid, Sprengstoffe)**

**Celluloseether**

**-O-CH<sub>3</sub> Methylcellulose**

**-O-CH<sub>2</sub>-COONa Carboxymethyl(CM)-Cellulose**

 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 


## Verwendung der Cellulosebegleitstoffe: NACHHALTIGwirtschaften

### 1 Lignin und Ligninsulfonsäure

Kunststoff- und Klebstoffherstellung, Spanplattenherstellung, Zementzusatz, Tenside, Spurenelementdünger, Pflanzenschutz, Wasseraufbereitung, Aromastoffen (Vanillin)

### 2. Harzsäuren

Abietinsäure und Harzseifen, Leimung von Papier, Kolophonium

### 3. Terpentin (öl)

Lösemittel, Aromastoffe

### 4. Tallöl

Fettsäuren, Tenside, Polyester, Schmelzkleber

### 5. Hemicellulose, Pentosane

Zuckeralkoholen, Ethanol (Futtermittel NP), Furfural

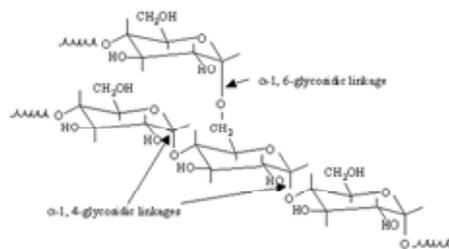
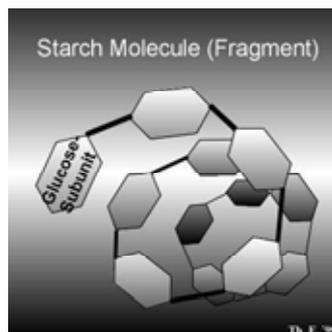


Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## NACHHALTIGwirtschaften

**STÄRKE =**  
Amylose + Amylopectin



Stärke besteht aus langen, schraubenförmigen Molekülen,...

...die manchmal verzweigt sind.

Th. F. '98



Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Stärkehaltige Pflanzen (t/ha)

	Produkt	Nebenpr.	Pr/NPr
• <b>Mais</b>	10-13; (5)	6-8	(1,7-1):1
• <b>Weizen</b>	5,6-8; (2,3)	5-6	(2-0,4):1
• <b>Roggen</b>	2,9-6	1,7-5	(1,4-0,5):1
• <b>Hafer</b>	3-7	2,5-4	(1,3-1):1
• <b>Gerste</b>	4-9,5	3-4	(1,4-1):1
• <b>Kartoff.</b>	25-40	-	-

 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 


## Stärkehaltige Pflanzen

Ausgangsmaterial für:

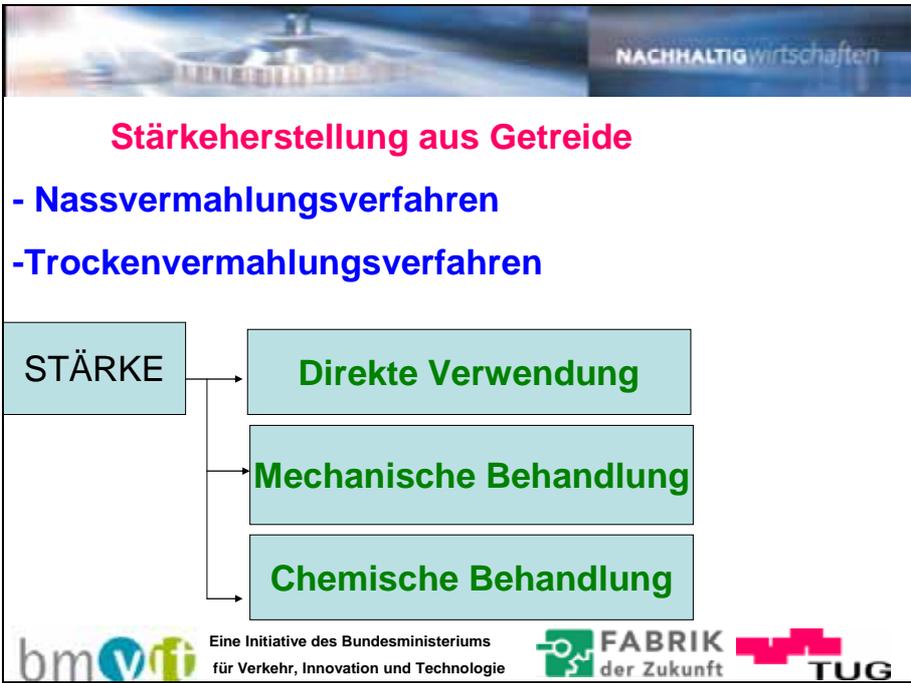
• <b>KORN</b>	Stärke Glucose, Fructose
• <b>KNOLLEN</b>	Eiweiß
• <b>STÄNGEL</b>	Zellstoff Lignin Xylose, Xylit, Arabinose

 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 


## Körner, Knollen (%)

	Stärke/ (CH <sub>2</sub> O) <sub>x</sub>	Eiweiß	Fett	H <sub>2</sub> O
• <b>Mais</b>	60-70	8-10	4-5	ca. 13
• <b>Weizen</b>	70	11-12	1-2	ca. 16
• <b>Kartoff.</b>	17	0,5	0,1	ca. 75
• <b>Sonnenbl.</b>	8,3	15-26	40-50	
• <b>Raps</b>	22	20-25	40-45	
• <b>Soja</b>	11,1	33-40	17-21	


 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 



STÄRKE	<b>Direkte Verwendung</b>
--------	---------------------------

**Papier**

**Lebensmitteltechnologie (Eindicker, Sirup..)**

**Klebstoff**

**Textiltechnologie**

**Thermoplastik**

**Flokkulationsmittel**

bm vfi

Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK der Zukunft

TUG



STÄRKE	<b>Chemische Behandlung</b>
--------	-----------------------------

<b>Modifizierung</b>
----------------------

- Oxydation
- Veresterung
- Veretherung
- Kreuzverzweigung
- (Degr.of subst. DS:0,2-2,4)
- Superabsorbentpolymer (SAP)
- Glucosan
- Cyclodextrine

bm vfi

Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK der Zukunft

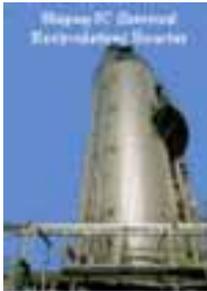
TUG

NACHHALTIGwirtschaften

STÄRKE	<b>Chemische Behandlung</b>
--------	-----------------------------

Biotechnologische Verwertung

- Zitronensäure
- Itaconsäure
- Milchsäure
- Ethanol
- Dextrine
- PHB
- Erythritol



Wasser-PC (Dünnschicht-Extraktions-Säure)

Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK der Zukunft TUG

NACHHALTIGwirtschaften

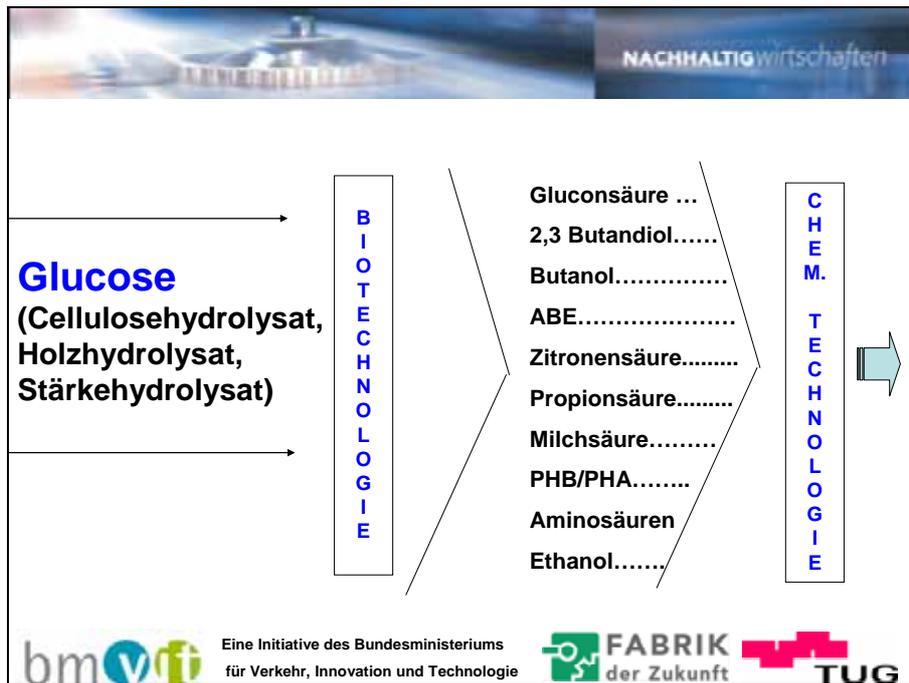
STÄRKE	<b>Chemische Behandlung</b>
--------	-----------------------------

Hydrolyse

- Maltose.....>Maltitol
- Maltodextrine.....>Polycarboxylate
- Glucose.....>Mannose, Fructose, Sorbitol, Glucoside, Gluconate, Glucarate, Ethanol, Aminosorbitol, Butanol, Aminosäuren, Antibiotika, Organische Säuren...

Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK der Zukunft TUG



NACHHALTIGwirtschaften

### Eingeschaftsbestimmende Fettsäuren:

<u>Gesättigte FS.</u>	<u>Ungesättigte FS.</u>
Talg	Rapsöl
Schweinsfett	Sonnenbl.öl
Geflügelfett	Sojaöl
	Maiskeimöl
	Kürbiskernöl
	Leinöl

Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

NACHHALTIGwirtschaften

Öle		Rapsöl	Sonnenbl.öl	Sojaöl	Leinöl
<b>Fettsäure</b>		%	%	%	%
Palmitoleinsäure	C 16:1		0,2	9-13	0,88
Palmitinsäure	C 16:0	3,3 - 6	5,2 - 7,4		6,1
Stearinsäure	C 18:0	1 - 2,5	3,0 - 6,3	3-5	4,11
Ölsäure	C 18:1	52 - 67	14,2 - 39	17-20	18,1
Linolsäure	C 18:2	16,1 - 24,8	48,5 - 73,5	45-48	19,2
Linolensäure	C 18:3	6,0 - 15,0	0,2	5-11	52,3
Arachinsäure	C 20:0	0,2 - 0,8	0,4		0,83
Gadoleinsäure	C 20:1	0,1 - 3,4			
Behensäure	C 22:0	max 0,5	1		
Erucasäure	C 22:1	max 2			

Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



Fette		Rindertalg	Schweinefett	Hühnerfett
<b>Fettsäure</b>		%	%	%
Palmitoleinsäure	C 16:1	3	2-3	3,5-4,5
Palmitinsäure	C 16:0	25	23-26	20-23
Stearinsäure	C 18:0	19	12-15	5-7
Ölsäure	C 18:1	40	37-47	37-40
Linolsäure	C 18:2	4	6-19	26-30
Linolensäure	C 18:3	1	0,5-2	2-3
Arachinsäure	C 20:0			
Gadoleinsäure	C 20:1			
Behensäure	C 22:0	1		

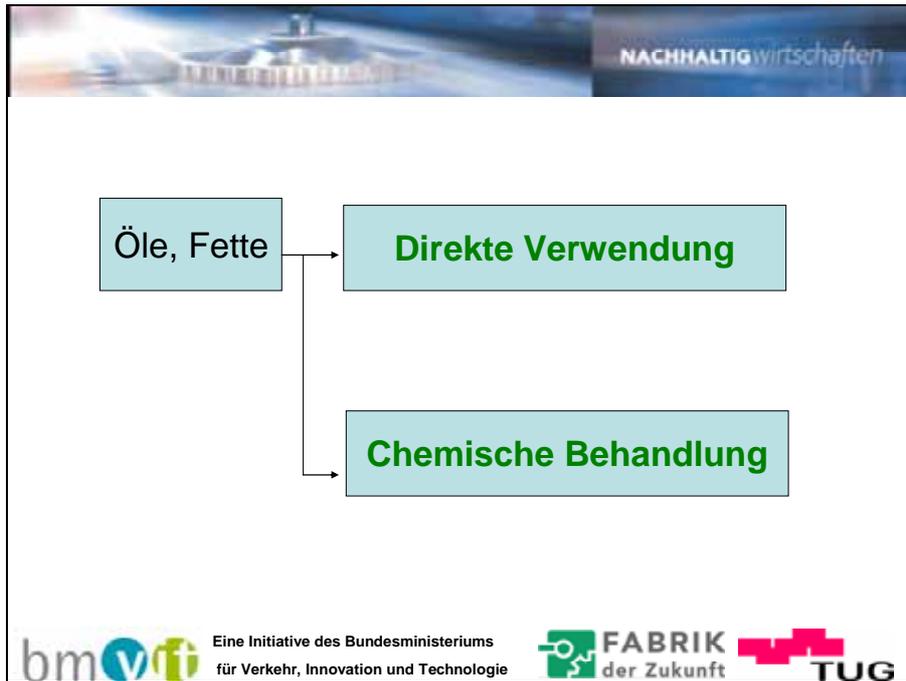
 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 



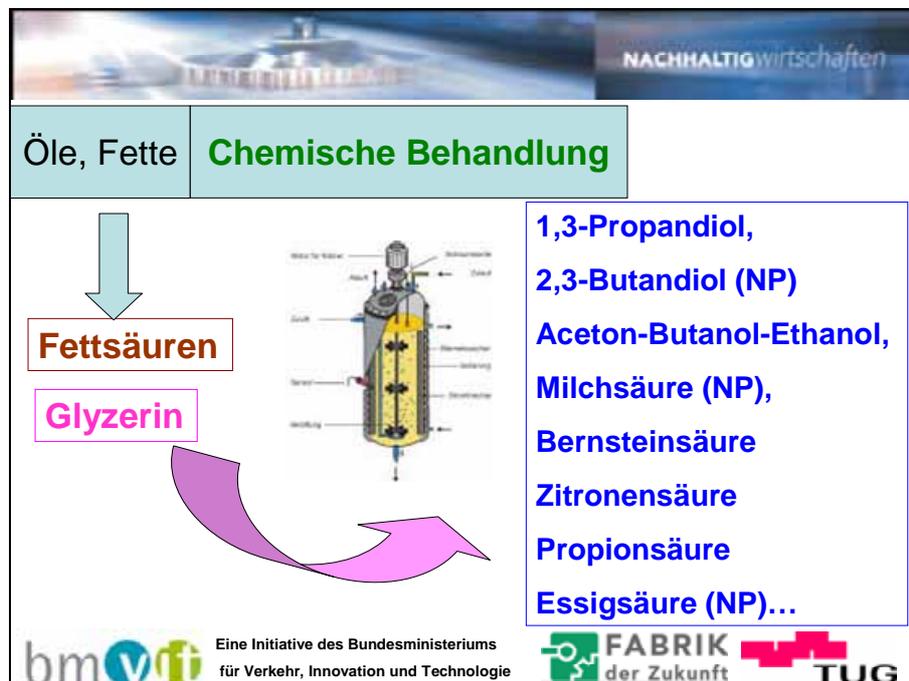
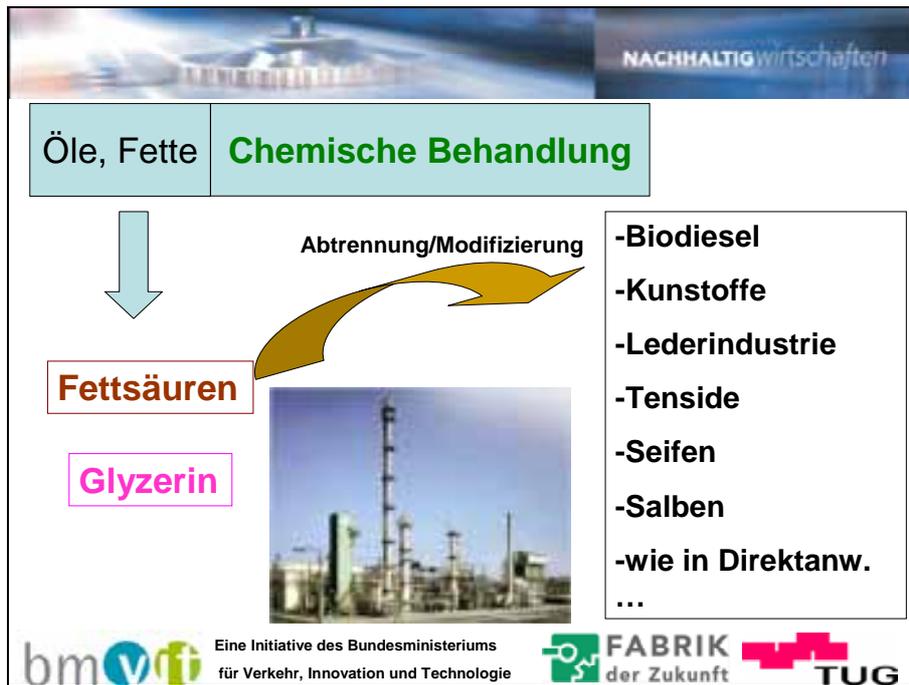

**Mikroorganismen:**

- Glycolipide
- Lipopeptide (z.B. Surfactin)
- Polymere Lipopolysaccharide (z.B., Emulsan)
- Lipoproteine
- Phospholipide
- Mono- and Diglyceride
- Fettsäuren

 Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 

- 
- NACHHALTIGwirtschaften
- Öle, Fette
- Direkte Verwendung
- Schmiermittel (Öle und Fette)
    - Hydraulische Öle
      - Motoröle
        - Kühlschmierstoffe
          - Farben und Lacke
            - Bauschalöle
- bm vfi Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie FABRIK der Zukunft TUG



## PROTEINE

**Klebstoffe und Adhesive**

**Folien und Verpackungsmaterialien**

**Detergentien**

**Kosmetika**



Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Verkehr, Innovation und Technologie



**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**



Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Verkehr, Innovation und Technologie





# Warum nachwachsende Rohstoffe

Eine Einführung und Motivation  
M. Narodoslawsky

bm  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

 FABRIK der Zukunft



# Was erwartet Sie?

- Warum dieser Kurs?
- Motivation für nachwachsende Rohstoffe
- Argumentationshilfen
- Zukunftsaussichten und Risiken
- Techniken

bm  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

 FABRIK der Zukunft

NACHHALTIGwirtschaften

## Warum dieser Kurs?

- Nachwachsende Rohstoffe sind ein „Thema“ geworden
- Breite **technologische Entwicklung** läuft an

**ABER**

- Entwicklung erfordert **Zusammenspiel vieler Akteure** (Landwirtschaft, Industrie, Technik, Regionalentwicklung)
- Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe haben **eigene Regeln**
- Die **Übergangszeit** von einer fossil geprägten Industrie zu einer Industrie auf Basis nachwachsender Rohstoffe **birgt besondere Gefahren**

**Wir wollen Sie auf diese Übergangszeit vorbereiten!**

bm Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK der Zukunft

NACHHALTIGwirtschaften

## Die Umweltmotivation-der globale Kohlenstoffzyklus

In  $10^9$  t C/a

Lager: Fossile Rohstoffe 4000  
Mineralien und Sedimente 66.000.000

bm Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK der Zukunft

NACHHALTIGwirtschaften

## Die Lehren daraus:

- Riesige Reservoirs, aber minimale Flüsse in diese Langzeitspeicher (Sediment und fossile Lager)
- Flüsse gegenüber mittelfristigen Speichern (Ozeane) 200 mal kleiner
- Haupttransfer Kompartiment (Atmosphäre) hat im Verhältnis zu anderen Speichern sehr kleines Speichervermögen
- Flüsse gegenüber Langzeitspeicherung sehr groß (etwa Faktor 1000)
- Menschlicher Einfluss gegenüber Gesamtflüssen etwa im Rahmen von 3%
- Menschlicher Einfluss gegenüber Fluss in die Langzeitspeicher **um Faktor 30-40 höher**

bm Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK der Zukunft

NACHHALTIGwirtschaften

## Die Folgen: Eine veränderte Atmosphäre...

CO<sub>2</sub> Concentration in Ice Cores and Atmospheric CO<sub>2</sub> Projection for Next 100 Years

680 ppm ————— Projected (2100)

370 ppm ————— CO<sub>2</sub>-Konzentration 2001

280 ppm

180 ppm

Legend:

- Vostok Record
- Law Dome Record
- Muna Loa Record
- IPCC IS92a Scenario

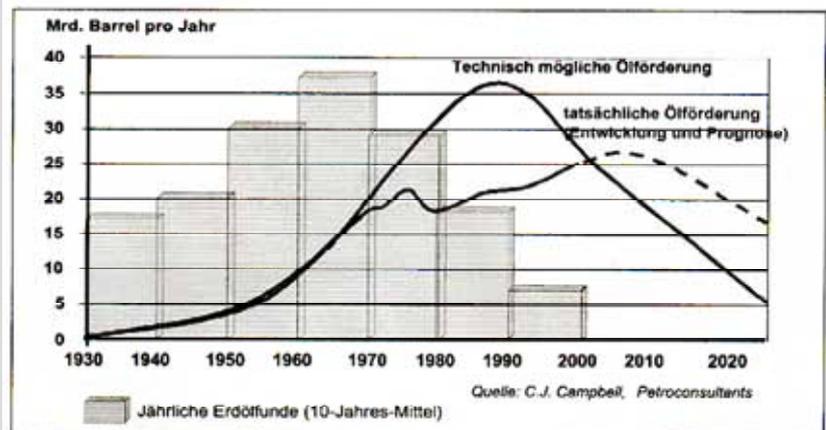
Source: C. D. Keeling and T. P. Whorf, Science (1993); Barnola et al., (1997); Keeling, (2002)

Challenges of a Changing Earth – July 2007

bm Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

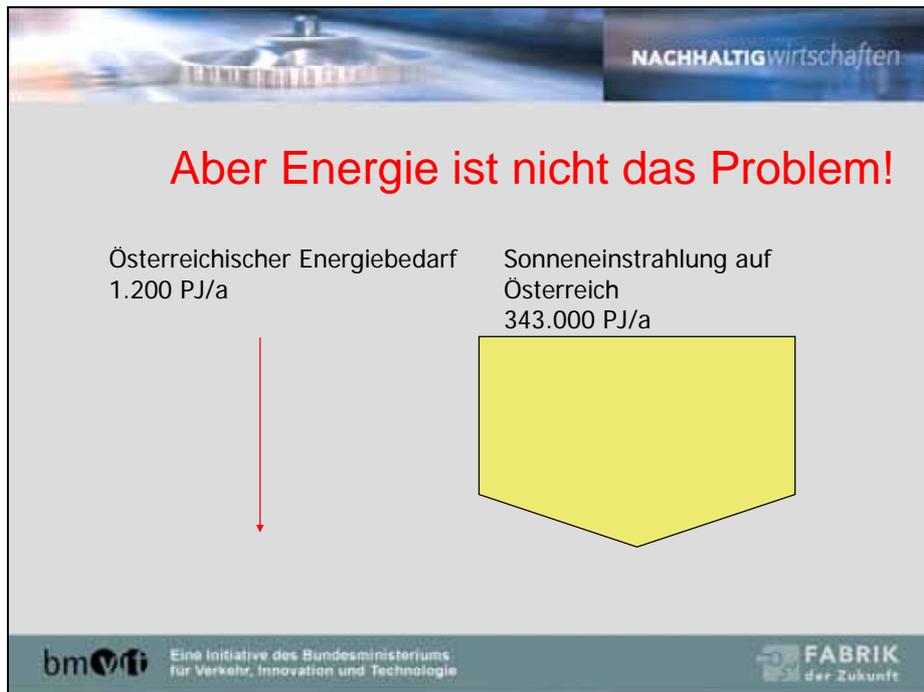
FABRIK der Zukunft

## Die Wirtschaftsmotivation- das Ende des Ölzeitalters



## Die Folgen der Öl-Erschöpfung

- **Instabile Märkte** in den nächsten Jahren
- **Steigende politische Abhängigkeit** (OPEC-Anteil wird größer)
- **Druck auf „schnelle Lösungen“**
  - Erdgas (aber das ist etwa 20-30 Jahre später erschöpft)
  - Kohle (aber das hat massive Auswirkungen auf das Klima)
  - Atomenergie (aber das ist risikoreich und kapitalintensiv)
- **Steigende Energiepreise über einen langen Zeitraum**



- 
- NACHHALTIGwirtschaften
- ## Die Regionalentwicklungs-Motivation
- Nachwachsende Rohstoffe **fallen dezentral an**
  - Ihre **Nutzung wirkt** daher auf die **regionale**
    - Wirtschaft
    - Umwelt
    - Gesellschaft
  - Nutzung nachwachsender Rohstoffe gibt damit **regionale Impulse**
- bm Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Verkehr, Innovation und Technologie
- FABRIK  
der Zukunft
- The slide features a header with the text 'NACHHALTIGwirtschaften' and a background image of a modern building at night. The main title is 'Die Regionalentwicklungs-Motivation'. Below the title, there is a bulleted list of three points. The first point is 'Nachwachsende Rohstoffe fallen dezentral an'. The second point is 'Ihre Nutzung wirkt daher auf die regionale', followed by a sub-list: '– Wirtschaft', '– Umwelt', and '– Gesellschaft'. The third point is 'Nutzung nachwachsender Rohstoffe gibt damit regionale Impulse'. The footer contains the logos for 'bm' and 'FABRIK der Zukunft' along with the text 'Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie'.



**Die Region...**

...vereint wesentliche Voraussetzungen für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe

- Naturpotential und Kulturlandschaft
- Enge gesellschaftliche Beziehung
- Politischen Handlungsraum
- Wirtschaftspotential



bm  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK  der Zukunft



**Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe...**

- ...erfordert **enge Kooperation** regionaler Akteure (Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe, Verwaltung, Kunden,...)
- ...erfordert **regionale Wirtschaftskreisläufe**
- ...erfordert **regionales Stofffluss-Management** (Rückführung von Nährstoffen und Ausschleusen von Schadstoffen um Fruchtbarkeit zu erhalten)
- ...erfordert **nicht „autarke“** sondern **„starke“** und **„selbstbewusste“** Regionen

bm  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK  der Zukunft

NACHHALTIG wirtschaften

## Die Risiken

# Ressourcen Konkurrenz




# Optimale Größe



# Struktur Optimierung

bm  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK  der Zukunft

NACHHALTIG wirtschaften

## Die Konkurrenzfrage

Getreide (total)	214,6 [10 <sup>6</sup> t/a]
Kartoffeln	47,2 [10 <sup>6</sup> t/a]
Säge Holz	135,7 [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a]
Schleifholz	91,7 [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a]
Brennholz	30,3 [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a]
Erdöl	775,8 [10 <sup>6</sup> t/a]

- Erdölverbrauch **ist groß**, verglichen mit nachwachsenden Rohstoffen
- Sogar der **Verbrauch der chemischen Industrie** (~8-12% des Erdöls) ist groß (etwa. 1/3 des Getreides)

Daten: FAOSTAT, 2004, EU15 für 2002

bm  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK  der Zukunft

NACHHALTIG wirtschaften

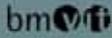
## Auf dem NAWARO-Sektor...

...werden sich alle treffen!

- Die **Energiebereitstellung**
- Die **chemische Industrie**
- Der **Lebensmittelsektor**

**Das Risiko:**

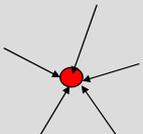
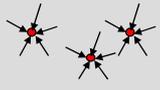
- **Flächendruck**
- **Intensivierungsdruck**
- **Raubbau-Gefahr**

bm  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

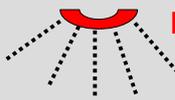
FABRIK  der Zukunft

NACHHALTIG wirtschaften

## Größenoptimierung

 **Zentral vs. dezentral**  Warum nicht den Prozess zum Rohstoff bringen?

 **Lagerung vs. Kampagne**  Prozess an Rohstoffbereitstellung anpassen?

 **Dissipation vs. Kreislauf**  Prozesse und Produkte an Entsorgung anpassen?

bm  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

FABRIK  der Zukunft

NACHHALTIG wirtschaften



- Zu viel Transport
- Keine regionale Kreislaufschließung
- Hohes (Invest) Risiko

ABER

- Economy of scale

Zu groß

↔

zu klein



- Hohe Kosten
  - Entwicklung
  - Investment
  - Marketing
- Geringes „Marktgewicht“

ABER

- Vorteile der Regionalität
- Wenig Transport

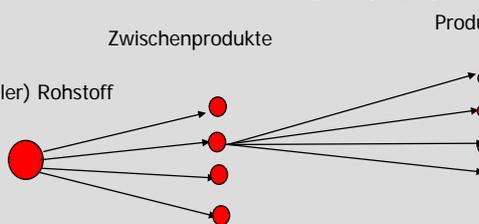
bmo Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 FABRIK der Zukunft

NACHHALTIG wirtschaften

## Struktur Optimierung

**Jetzt:**

(zentraler) Rohstoff

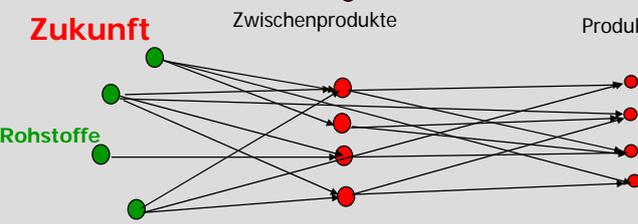


Der „Prozess-Baum“

Lineare Produktionsketten

**Zukunft**

Rohstoffe



Das „Prozess-Netzwerk“

Netzwerkoptimierung

bmo Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie
 FABRIK der Zukunft



## Strukturrisiken

- Lineare Verwertungsschienen sind nur für **hochpreisige Produkte** möglich
- Netzwerke sind wesentlich, wenn
  - **Rohstoffe voll verwertet** werden sollen
  - **Regionale Wirtschaftskreisläufe** entscheidend sind
- Netzwerke erfordern **neue Organisations- und Managementmethoden**
- Netzwerke beinhalten **viele Akteure** aus **unterschiedlichen Sektoren** (mit verschiedenen Zielen, Sprachen, Methoden,...)

bmt  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie FABRIK der Zukunft 



## Technologien

- Wertstoff-Extraktion: **Nutzen, was die Natur uns bietet.**  
Beispiele: Zellstoff, Stärke, Öle und Fette, Arzneistoffe,...
- Biotechnologie: **Mit Natur die Natur nutzen.**  
Beispiele: Lebensmittel, Lagertechnologie (Silage), Biogas, Biopolymere, Alkohole und Lösungsmittel, Pharmazeutika, ...
- Chemische Konversion: **Zielgerecht verändern.**  
Beispiele: Biodiesel, Polyester, Stärkederivate, ...
- Thermo-Chemische Konversion: **Nutzen, was übrig bleibt.**  
Beispiele: Biomasse-Vergasung, Hydrierung, ...

bmt  Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie FABRIK der Zukunft 

## Der Umstieg ist möglich

- Energieeffizienz steigern (Stichwort 5kW Gesellschaft)
- Umstieg der Stoffwirtschaft auf nachwachsende Rohstoffe (Zeitraum 25-50 Jahre)
- Dezentralisierung der Wirtschaft

### Das erfordert

- Eine Neustrukturierung der Gesellschaft
- Strategisches Denken
- **Jetzt die richtigen Entscheidungen fällen!**

# Appendix D: Bedienungsanleitung Chevena Datenbank

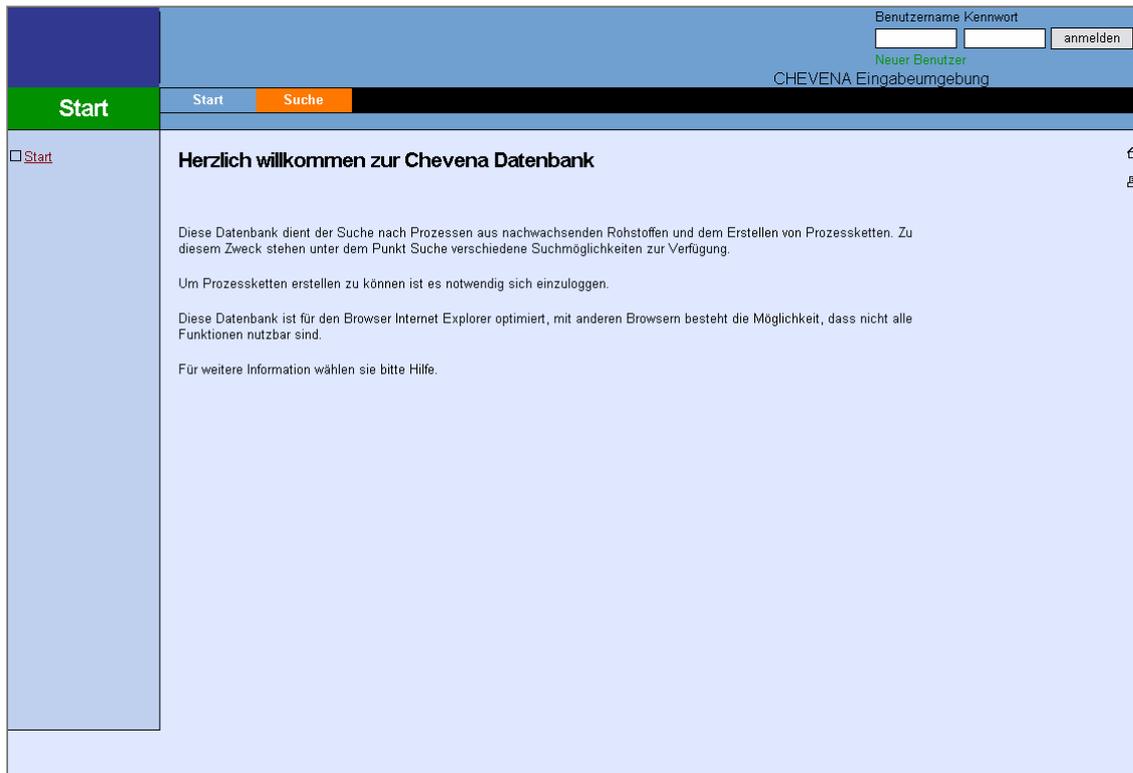
## 1. Allgemeines

Die Chevena-Datenbank ermöglicht es Prozesse und Prozessketten zu finden, die ein gewünschtes Produkt aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugen oder einen speziellen erneuerbaren Rohstoff als Ausgangsstoff besitzen.

Zu den einzelnen Prozessen können dann die wichtigsten Informationen, wie zum Beispiel Massenbilanzen, Prozessbedingungen und Umsatz der Datenbank entnommen werden. Für Prozessketten lässt sich ein Gesamtumsatz berechnen. Diese Berechnungen resultieren aus Stoffbilanzen, die mit Hilfe von Literaturdaten kalkuliert wurden. Da die Literatur und andere verwendete Quellen manche Daten teilweise sehr ungenau bzw. gar nicht angeben, mussten oft Annahmen und Schätzungen getroffen werden. Die in der Datenbank wiedergegebenen Daten erheben somit keinen Anspruch auf Exaktheit und es ist weiters zu Berücksichtigen, dass viele der gespeicherten Prozesse noch nicht Großindustriell durchgeführt wurden. Durch die Suchfunktion erhaltenen Prozesse und deren Werte stellen somit nur einen Anhaltspunkt für die Benutzer dar und sollen der Ideenfindung für neue Prozesswege aus erneuerbaren Rohstoffen dienen.

## 2. Startbildschirm

Beim Einstieg in die Datenbank erscheint der Startbildschirm. In der rechten oberen Ecke kann man sich unter dem Punkt *Neuer Benutzer* registrieren lassen und in der Datenbank anmelden. Dies ist notwendig, wenn Prozessketten erstellt werden sollen. Alle Suchfunktionen sind auch ohne Anmeldung durchführbar. Die Anmeldung im System ist natürlich zu jedem Zeitpunkt und in jedem Bereich der Datenbank möglich.



Auf der Leiste im oberen Bereich des Bildschirms befinden sich anwählbare Punkte. Mit der Auswahl des Punktes Start kann der Benutzer jederzeit wieder zum Startbildschirm zurückkehren.

Durch den Punkt Suche auf der Menüleiste gelangt man zur Suchmaschine der Datenbank.

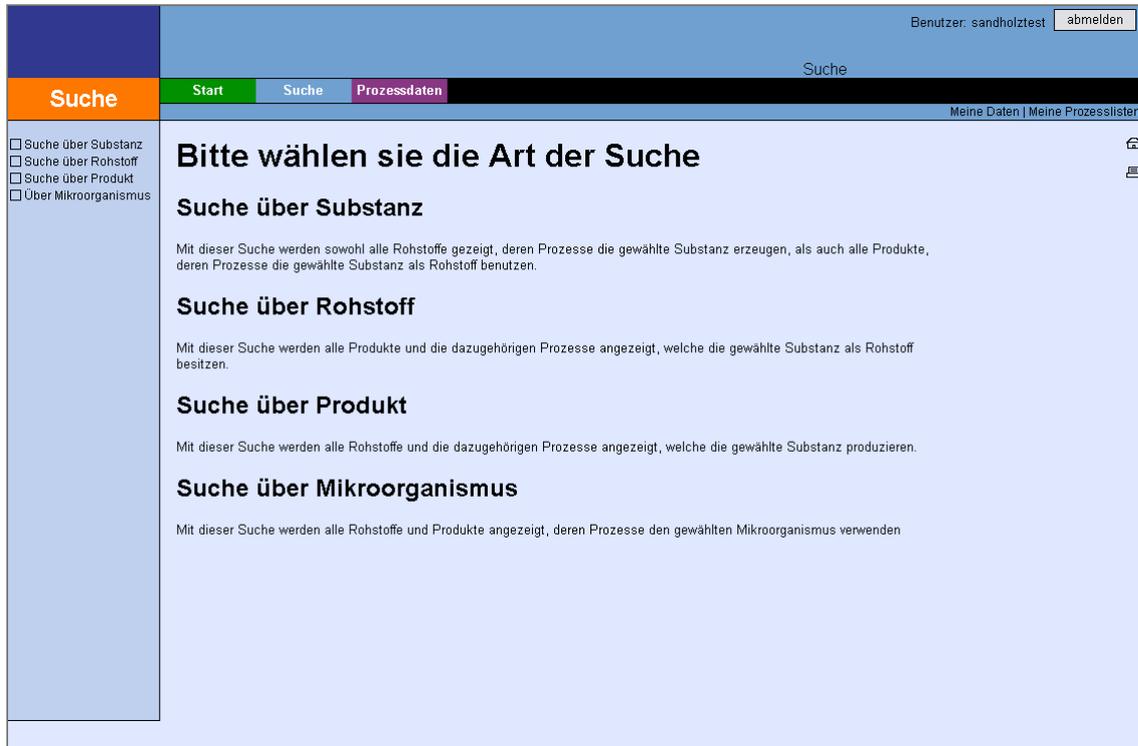
Unter dem Punkt Prozessdaten kann man die Liste der Prozesse durchstöbern. Dieser Punkt ist nur anwählbar wenn sie sich angemeldet haben.



Durch das Auswählen von *Meine Daten* können sie ihre Daten verändern.  
Durch den Punkt *Meine Prozessketten* gelangen sie zum Auswahlschirm der von Ihnen angelegten Prozessketten (siehe Kapitel 5). Diese Beiden Punkte erscheinen nur bei Anmeldung.

### 3. Die Suchmaschine der Datenbank

Auf der Suche-Seite ist es Ihnen möglich, die Datenbank nach Prozessen zu durchsuchen.



Die Datenbank bietet vier Möglichkeiten der Suche nach Prozessen, zwischen denen auf der linken Leiste der Suchseite ausgewählt werden kann.

Eine Möglichkeit besteht in der Suche nach Prozessen über den Rohstoff. Dies liefert alle Prozesse, welche die gewählte Substanz als Ausgangsstoff verwenden.

Ebenso können Prozesse über ihre Produkte und verwendete Mikroorganismen gesucht werden.

Die vierte Möglichkeit kombiniert die Suchfunktionen nach Produkt und Rohstoff. Hier werden sowohl die Prozesse dargestellt die die gewählte Substanz als Produkt besitzen, als auch jene, die sie als Rohstoff nutzen.

Die verschiedenen Suchfunktionen werden im Folgenden näher beschrieben.

#### Suche über Rohstoffe als Ausgangsbasis

Wenn der Punkt *Suche über Rohstoff* angewählt wurde, erscheint eine Tabelle der in der Datenbank gespeicherten Rohstoffe. Zur schnelleren Suche kann auch die Funktion *Volltextsuche* verwendet werden. Hierbei ist es nicht notwendig, Wildcards wie \* oder ? einzugeben, die Suchmaschine liefert automatisch alle Substanzen die die eingegebene Buchstabenfolge im Substanznamen beinhalten.

Benutzer: sandholztest

Suche

Suche Start Suche Prozessdaten

Meine Daten | Meine Prozesslisten

Suche über Substanz  
 [Suche über Rohstoff](#)  
 Suche über Produkt  
 Über Mikroorganismus

### Suche über Rohstoff

Volltextsuche

Zeige Eintrag: 1-19

Name	Syn.	SI-Name	CAS#	EC/EG#	EC# (Enzym Commission)
<a href="#">α-Methylacrylsäurenitril</a>	3 <input type="button" value="⊕"/>		126-98-7	2048175	
<a href="#">2,2,4-Trimethylpentan</a>	2 <input type="button" value="⊕"/>	2,2,4-Trimethylpentan	540-84-1	208-759-1	
<a href="#">3-Glycidoxypropyltrimethoxysilan</a>		3-Glycidoxypropyltrimethoxysilan			
<a href="#">Acrylsäuremethylester</a>	3 <input type="button" value="⊕"/>		96-33-3	2025006	
<a href="#">Dimethylamin</a>			124-40-3	2046974	
<a href="#">hydroxybromierte Derivate von Methyloleat</a>					
<a href="#">Isobutyltrimethylmethan</a>	2 <input type="button" value="⊕"/>		540-84-1	208-759-1	
<a href="#">Methacrylnitril</a>	3 <input type="button" value="⊕"/>		126-98-7	2048175	
<a href="#">Methacrylsäurenitril</a>	3 <input type="button" value="⊕"/>		126-98-7	2048175	
<a href="#">Methanol</a>	2 <input type="button" value="⊕"/>		67-56-1	2006596	
<a href="#">Methyl-1-Propensäureester</a>	3 <input type="button" value="⊕"/>	Methyl-1-Propensäureester	96-33-3	2025006	
<a href="#">Methylacrylat</a>	3 <input type="button" value="⊕"/>		96-33-3	2025006	
<a href="#">Methylalkohol</a>	2 <input type="button" value="⊕"/>		67-56-1	2006596	
<a href="#">Methylbenzen</a>	2 <input type="button" value="⊕"/>		108-88-3	203-625-9	
<a href="#">Methylenbernsteinsäure</a>	1 <input type="button" value="⊕"/>		97-65-4	202-599-6	
<a href="#">Methyloleat</a>		Methyloleat	112-62-9		
<a href="#">Methylphenylendiisocyanate</a>	2 <input type="button" value="⊕"/>	Methylphenylendiisocyanate	584-84-9		
<a href="#">Methylpropenoat</a>	3 <input type="button" value="⊕"/>		96-33-3	2025006	
<a href="#">N,N-Dimethylformamid</a>			68-12-2	2006795	

Zeige Eintrag: 1-19

Die Tabelle mit den Rohstoffen ist alphabetisch geordnet und enthält neben dem Substanznamen noch weitere Informationen. In der Spalte *Syn.* werden weitere für diese Substanz verwendete Namen aufgelistet, wenn man auf das  $\oplus$ -Feld klickt. Falls der Substanzname nicht der SI-Nomenklatur entspricht und ein solcher ebenfalls in die Datenbank eingegeben wurde erscheint der *SI-Name* in der nächsten Spalte. Weiters werden die *CAS-Nummer* und die *EC/EG-Nummer* angezeigt wenn sie für die Substanz verfügbar sind. Bei Enzymen wird die *EC-Nummer* angezeigt. Wenn eine Substanz angewählt wird erscheinen die aus der gewählten Substanz erzeugbaren Produkte. Diese sind in zwei Listen geteilt, erstens eine Liste, bei der der gewählte Rohstoff als Rohstoff eingesetzt wird und eine weitere, die Produkte und Prozesse auflistet, bei denen der gewählte Rohstoff als so genannter „alternativer Rohstoff“ eingesetzt werden kann. Das bedeutet, dass der Prozess in der Beschreibung einen anderen Rohstoff als den gewählten einsetzt, es aber auch mit dem gewählten Rohstoff bei leicht geänderten Prozessbedingungen und Stoffströmen, möglich ist zum gewünschten Produkt zu gelangen.

Benutzer: sandholtztest

Suche

**Suche**    **Start**    Suche    **Prozessdaten**    Meine Daten | Meine Prozessketten

Suche über Substanz  
 Suche über Rohstoff  
 Suche über Produkt  
 Über Mikroorganismus

**Suche über Rohstoff** 🏠  
**Rohstoff: Methacrylnitril** 📄  
**Andere Bezeichnungen:** [Zurück zur Liste](#)

**Folgende Produkte kann man daraus herstellen:**

Volltextsuche

Produkt	SI-Name	CAS#	EC/EG#	EC# (Enzym Commission)	Syn.	Proz.
<u>α-Methylacrylsäure</u>		79-41-4	201-204-4		2 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
<u>2-Methylpropensäure</u>		79-41-4	201-204-4		2 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
<u>Methacrylsäure</u>		79-41-4	201-204-4		2 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>

**Durch Einsatz als alternativen Rohstoff können folgende Produkte hergestellt werden:**

Produkt	SI-Name	CAS#	EC/EG#	EC# (Enzym Commission)	Syn.	Proz.
<u>2-Propensäure</u>		79-10-7	201-177-9		2 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
<u>Acroleinsäure</u>		79-10-7	201-177-9		2 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
<u>Acrylsäure</u>		79-10-7	201-177-9		2 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>

Wie schon bei der Liste der Rohstoffe wird auch bei den Produktsubstanzen angezeigt, ob sie Synonyme und eventuell einen SI-Namen besitzen.

Zusätzlich befindet sich am Ende der Produktzeilen die Spalte *Proz.* mit der man zu den Prozessen gelangt aus denen der gewählte Rohstoff ein Produkt herstellt. Bei einem Mausklick auf das +-Symbol wird unter der Produktzeile eine Liste mit den Namen der Prozesse angezeigt. Durch Wahl eines Prozesses kommt man zu dessen genauer Beschreibung (für Details siehe Prozessbeschreibung)

Manche der Produkte können angewählt werden (solche Produkte sind unterstrichen). Dadurch wird automatisch eine neue Suche nach Produkten gestartet, wobei die gewählte Substanz den Rohstoff der neuen Suche bildet. Dadurch können Prozesse gefunden werden, die das Produkt weiterverarbeiten.

### Suche über Produkte als Ausgangsbasis

Wird der Punkt *Suche über Produkt* angewählt, erscheint eine Tabelle der in der Datenbank gespeicherten Produkte. Zur schnelleren Suche kann auch die Funktion *Volltextsuche* verwendet werden. Hierbei ist es nicht notwendig, Wildcards wie \* oder ? einzugeben, die Suchmaschine liefert automatisch alle Substanzen die die eingeegebene Buchstabenfolge beinhalten.

Benutzer: sandholztest

Suche

Suche Start Suche Prozessdaten

Meine Daten | Meine Prozesslisten

Suche über Substanz  
 Suche über Rohstoff  
 Suche über Produkt  
 Über Mikroorganismus

### Suche über Produkt

Volltextsuche

Zeige Eintrag: 1-19

Name	Syn.	SI-Name	CAS#	EC/EG#	EC# (Enzym Commission)
<a href="#">α-Methylacrylsäure</a>	2 <input type="checkbox"/>		79-41-4	201-204-4	
<a href="#">(+)-2-Hydroxy-2-methylbernsteinsäure</a>	1 <input type="checkbox"/>		6236-09-5	228-350-1	
<a href="#">2-Methylpropensäure</a>	2 <input type="checkbox"/>		79-41-4	201-204-4	
<a href="#">4-Hydroxy-3-methoxybenzoic acid</a>	1 <input type="checkbox"/>	4-Hydroxy-3-methoxybenzoic acid	121-34-6	2044668	
<a href="#">4-Hydroxy-3-methoxyzimtsäure</a>	1 <input type="checkbox"/>		537-98-4	2086797	
<a href="#">Aceton-Butanol-Ethanol (ABE)</a>					
<a href="#">Copolymer Zellulose-g-Polymethylacrylat</a>					
<a href="#">Ethanal</a>	1 <input type="checkbox"/>		75-07-0	200-836-8	
<a href="#">Ethanol</a>	2 <input type="checkbox"/>		64-17-5	200-578-6	
<a href="#">Ethansäure</a>	1 <input type="checkbox"/>	Ethansäure	64-19-7	2005807	
<a href="#">etherisches Öl</a>					
<a href="#">Fettsäuremethylester</a>	1 <input type="checkbox"/>				
<a href="#">hydroxybromierte Derivate von Methyloleat</a>					
<a href="#">Methacrylsäure</a>	2 <input type="checkbox"/>		79-41-4	201-204-4	
<a href="#">Methansäure</a>	1 <input type="checkbox"/>		64-18-6	200-579-1	
<a href="#">Methylenbernsteinsäure</a>	1 <input type="checkbox"/>		97-65-4	202-599-6	
<a href="#">Polymethylacrylat</a>			9003-21-8		
<a href="#">Polyurethan</a>		Polyurethan		EINECS	
<a href="#">Technisches Ethanol</a>					

Zeige Eintrag: 1-19

Die Tabelle mit den Produkten ist alphabetisch geordnet und enthält neben dem Substanznamen noch weitere Informationen. In der Spalte *Syn.* werden weitere für diese Substanz verwendete Namen aufgelistet, wenn man auf das +-Feld klickt. Falls der Substanzname nicht der SI-Nomenklatur entspricht und ein solcher ebenfalls in die Datenbank eingegeben wurde erscheint der *SI-Name* in der zweiten Spalte. Weiters werden die *CAS-Nummer* und die *EC/EG-Nummer* angezeigt wenn sie für die Substanz verfügbar sind. Bei Enzymen wird die *EC-Nummer* angezeigt.

Wenn eine Substanz angewählt wird, erscheinen zwei Listen mit jenen Rohstoffen aus denen das gewählte Produkt hergestellt werden kann. Wie schon bei der Liste der Produkte wird auch bei den Rohstoffsubstanzen angezeigt, ob sie Synonyme und eventuell einen SI-Namen besitzen. Ebenso wird eine CAS-, EC/EG- und EC-Nummer angezeigt.

Benutzer: sandholztest

Suche

Suche Start Suche Prozessdaten

Meine Daten | Meine Prozesslisten

Suche über Substanz  
 Suche über Rohstoff  
 Suche über Produkt  
 Über Mikroorganismus

**Suche über Produkt**

**Produkt: Methacrylsäure**

Andere Bezeichnungen: 2-Methylpropensäure,  $\alpha$ -Methylacrylsäure

[Zurück zur Liste](#)

Aus folgenden Rohstoffen kann man das Produkt herstellen:

Volltextsuche

Rohstoff	SI-Name	CAS#	EC/EG#	EC# (Enzym Commission)	Syn.	Proz.
<u><math>\alpha</math>-Methylacrylsäurenitril</u>		126-98-7	2048175		3 <input type="button" value="⊞"/>	1 <input type="button" value="⊞"/>
Isopropenylcyanid		126-98-7	2048175		3 <input type="button" value="⊞"/>	1 <input type="button" value="⊞"/>
Methacrylnitril		126-98-7	2048175		3 <input type="button" value="⊞"/>	1 <input type="button" value="⊞"/>
Methacrylsäurenitril		126-98-7	2048175		3 <input type="button" value="⊞"/>	1 <input type="button" value="⊞"/>

Aus folgenden alternativen Rohstoffen kann man das Produkt herstellen:

Rohstoff	SI-Name	CAS#	EC/EG#	EC# (Enzym Commission)	Syn.	Proz.
<u>Acrylnitril</u>		107-13-1	2034665		3 <input type="button" value="⊞"/>	1 <input type="button" value="⊞"/>
<u>Acrylsäurenitril</u>		107-13-1	2034665		3 <input type="button" value="⊞"/>	1 <input type="button" value="⊞"/>
<u>Vinylcyanid</u>		107-13-1	2034665		3 <input type="button" value="⊞"/>	1 <input type="button" value="⊞"/>
<u>Vinylcyanid</u>		107-13-1	2034665		3 <input type="button" value="⊞"/>	1 <input type="button" value="⊞"/>

Die erste Liste zeigt die Rohstoffe, aus denen das Produkt direkt hergestellt werden kann. In der zweiten Liste stehen solche Rohstoffe, die als alternative Rohstoffe eines Prozesses eingesetzt werden können um das gewünschte Produkt herzustellen.

Zusätzlich befindet sich am Ende der Produktzeilen die Spalte *Proz.* mit der man zu den Prozessen gelangt aus denen der gewählte Rohstoff ein Produkt herstellt. Bei einem Mausklick auf das +-Symbol wird unter der Produktzeile eine Liste mit den Namen der Prozesse angezeigt. Durch Wahl eines Prozesses kommt man zu dessen genauer Beschreibung (für Details siehe Prozessbeschreibung)

Manche der Rohstoffe können angewählt werden (solche Rohstoffe sind unterstrichen). Dadurch wird automatisch eine neue Suche nach Rohstoffen gestartet, wobei der angewählte Rohstoff das Produkt der neuen Suche bildet. Dadurch können Prozesse gefunden werden, die den Rohstoff ihrerseits erzeugen.

## Suche über Substanzen

Um auf einen Blick feststellen zu können, welche Prozesse die gewählte Substanz als Produkt haben, aber auch jene Prozesse zu sehen, die sie als Rohstoff verwenden empfiehlt sich die *Suche über Substanzen*.

Wird dieser Punkt angewählt, erscheint eine Tabelle der in der Datenbank gespeicherten Substanzen. Zur schnelleren Suche kann auch die Funktion *Volltextsuche* verwendet werden. Hierbei ist es nicht notwendig, Wildcards wie \* oder ? einzugeben, die Suchmaschine liefert automatisch alle Substanzen die die eingegebene Buchstabenfolge beinhalten.

Benutzer: sandholztest

Suche

**Suche**    **Start**    Suche    **Prozessdaten**

Meine Daten | Meine Prozessketten

Suche über Substanz  
 Suche über Rohstoff  
 Suche über Produkt  
 Über Mikroorganismus

### Suche über Substanz

Volltextsuche

Zeige Eintrag: 1-5

Name	Syn.	SI-Name	CAS#	EC/EG#	EC# (Enzym Commission)
<a href="#">Copolymer Zellulose-g-Polymethylacrylat</a>					
<a href="#">extrazelluläres Polymer</a>					
<a href="#">Zellstoff</a>	2 <input type="button" value="⊕"/>		9004-34-6	2326749	
<a href="#">Zellulase</a>	1 <input type="button" value="⊕"/>				
<a href="#">Zellulose</a>	2 <input type="button" value="⊕"/>		9004-34-6	2326749	

Zeige Eintrag: 1-5

Die Tabelle mit den Substanzen ist alphabetisch geordnet und enthält neben dem Substanznamen noch weitere Informationen. In der Spalte *Syn.* werden weitere für diese Substanz verwendete Namen aufgelistet, wenn man auf das  $\oplus$ -Feld klickt. Falls der Substanzname nicht der SI-Nomenklatur entspricht und ein solcher ebenfalls in die Datenbank eingegeben wurde erscheint der *SI-Name* in der zweiten Spalte. Weiters werden die *CAS-Nummer* und die *EC/EG-Nummer* angezeigt wenn sie für die Substanz verfügbar sind. Bei Enzymen wird die *EC-Nummer* angezeigt. Wird eine Substanz gewählt erhält man alle Rohstoffe mit der sie erzeugt werden kann und alle Produkte die aus ihr hergestellt werden können.

Benutzer: sandholztest

Suche

**Suche**    **Start**    Suche    **Prozessdaten**

Meine Daten | Meine Prozesslisten

Suche über Substanz  
 Suche über Rohstoff  
 Suche über Produkt  
 Über Mikroorganismus

#### Substanz als Produkt

Rohstoff	SI-Name	Syn.	Proz.
Birken-Sägemehl			1 <input type="button" value="⊕"/>
Gerstenstroh			1 <input type="button" value="⊕"/>
Gras			1 <input type="button" value="⊕"/>
Holz			1 <input type="button" value="⊕"/>
Kiefern-Sägemehl			1 <input type="button" value="⊕"/>
Maisstängel			1 <input type="button" value="⊕"/>
Rutenhirse			1 <input type="button" value="⊕"/>
Sonnenblumenstängel			1 <input type="button" value="⊕"/>
Zuckerhirse			1 <input type="button" value="⊕"/>

#### Substanz als Rohstoff

Produkt	SI-Name	Syn.	Proz.
<a href="#">Anionentauscher</a>			1 <input type="button" value="⊕"/>
<a href="#">Citronensäure</a>		1 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
Copolymer Zellulose-g-Polymethylacrylat			1 <input type="button" value="⊕"/>
Essigsäure		1 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
<a href="#">Ethanol</a>		2 <input type="button" value="⊕"/>	3 <input type="button" value="⊕"/>
Ethansäure	Ethansäure	1 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
Kohlenstoff-Faserplatte			1 <input type="button" value="⊕"/>
Lyocell Faser			1 <input type="button" value="⊕"/>
Polymethylacrylat			1 <input type="button" value="⊕"/>
<a href="#">Weingeist</a>		2 <input type="button" value="⊕"/>	3 <input type="button" value="⊕"/>
<a href="#">Zitronensäure</a>		1 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
<a href="#">Äthanol</a>		2 <input type="button" value="⊕"/>	3 <input type="button" value="⊕"/>

**Zellulose**

Hier wird in der Mitte die gewählte Substanz gezeigt, rechts davon befinden sich Produkte welche mit der Substanz als Rohstoff erzeugt werden können, links Rohstoffe, die ihrerseits die Substanz herstellen können. Durch einen Mausklick auf das +-Symbol in der Spalte *Proz* kann man die betreffenden Prozesse auswählen.

Benutzername  Kennwort    
 Neuer Benutzer

Suche
Start
Suche

Suche über Substanz  
 Suche über Rohstoff  
 Suche über Produkt  
 Über Mikroorganismus

**Substanz als Produkt**

Rohstoff	SI-Name	Syn.	Proz.
Birken-Sägemehl			1 <input type="button" value="±"/>
Gerstenstroh			1 <input type="button" value="±"/>
<ul style="list-style-type: none"> <li style="color: green;">• <a href="#">Dampfexplosionsverfahren und Alcell Verfahren zur Herstellung von Zellulose mit Abspaltung von Lignin (ID: 163)</a></li> </ul>			
Gras			1 <input type="button" value="±"/>
Holz			1 <input type="button" value="±"/>
Kiefern-Sägemehl			1 <input type="button" value="±"/>
Maisstängel			1 <input type="button" value="±"/>
Rutenhirse			1 <input type="button" value="±"/>
Sonnenblumenstängel			1 <input type="button" value="±"/>
<ul style="list-style-type: none"> <li style="color: red;">• <a href="#">Gewinnung von Zellstoff aus Sonnenblumenstängel (ID: 203)</a></li> </ul>			
Zuckerhirse			1 <input type="button" value="±"/>

**Substanz als Rohstoff**

Produkt	SI-Name	Syn.	Proz.
<a href="#">Anionentauscher</a>			1 <input type="button" value="±"/>
<a href="#">Citronensäure</a>		1 <input type="button" value="±"/>	1 <input type="button" value="±"/>
Copolymer Zellulose-g-Polyethylacrylat			1 <input type="button" value="±"/>
Essigsäure		1 <input type="button" value="±"/>	1 <input type="button" value="±"/>
<a href="#">Ethanol</a>		2 <input type="button" value="±"/>	3 <input type="button" value="±"/>
Ethansäure	Ethansäure	1 <input type="button" value="±"/>	1 <input type="button" value="±"/>
Kohlenstoff-Faserplatte			1 <input type="button" value="±"/>
Lyocell Faser			1 <input type="button" value="±"/>
Polyethylacrylat			1 <input type="button" value="±"/>
<a href="#">Weingeist</a>		2 <input type="button" value="±"/>	3 <input type="button" value="±"/>
<a href="#">Zitronensäure</a>		1 <input type="button" value="±"/>	1 <input type="button" value="±"/>
<a href="#">Äthanol</a>		2 <input type="button" value="±"/>	3 <input type="button" value="±"/>

Hierbei gibt es eine farbliche Unterscheidung der Prozessnamen. Sind diese in rot gehalten handelt es sich um Prozesse, die den gewählten Rohstoff, bzw. die gewählte Substanz als Hauptrohstoff einsetzen. Ein grün geschriebener Prozess bedeutet, der Rohstoff bzw. die gewählte Substanz kann als alternativer Rohstoff verarbeitet werden.

Durch Wahl eines Prozesses kommt man zu dessen genauer Beschreibung (für Details siehe Prozessbeschreibung)

### Suche über Mikroorganismen

Wird der Punkt *Suche über Mikroorganismus* angewählt, erscheint eine Tabelle aller Mikroorganismen, die durch in der Datenbank gespeicherten Prozesse verwendet werden. Zur schnelleren Suche kann auch die Funktion *Volltextsuche* verwendet werden. Hierbei ist es nicht notwendig, Wildcards wie \* oder ? einzugeben, die Suchmaschine liefert automatisch alle Substanzen die die eingegebene Buchstabenfolge beinhalten.

88

Benutzername  Kennwort    
 Neuer Benutzer

Suche

**Suche** Start Suche

Suche über Substanz  
 Suche über Rohstoff  
 Suche über Produkt  
 **Über Mikroorganismus**

### Suche über Mikroorganismus

Volltextsuche

Zeige Eintrag: 1-13

Name	Stamm
<a href="#">Aspergillus ellipticus</a>	
<a href="#">Aspergillus fumigatus</a>	
<a href="#">Aspergillus niger</a>	CBX-209
<a href="#">Aspergillus niger</a>	spp
<a href="#">Aspergillus niger</a>	NCIM 545
<a href="#">Aspergillus niger</a>	IAM 2094
<a href="#">Aspergillus niger</a>	FAE-III
<a href="#">Aspergillus niger</a>	38
<a href="#">Aspergillus niger</a>	GCMC-7
<a href="#">Aspergillus niger</a>	GCB-47
<a href="#">Aspergillus terreus</a>	SKR 10
<a href="#">Aspergillus terreus</a>	NRRL 1960
<a href="#">Aspergillus terreus_spp.</a>	spp.

Zeige Eintrag: 1-13

Wird ein Mikroorganismus angewählt erscheint eine Liste der Produkte und Rohstoffe, die mit diesem Mikroorganismus hergestellt bzw. verarbeitet werden können.

Benutzername  Kennwort    
 Neuer Benutzer

Suche

**Suche** Start Suche

Suche über Substanz  
 Suche über Rohstoff  
 Suche über Produkt  
 **Über Mikroorganismus**

### Suche über Mikroorganismus

Mikroorganismus: **Aspergillus niger**

Andere Bezeichnungen: [Zurück zur Liste](#)

Folgende Rohstoffe kann man damit verarbeiten:

Volltextsuche

Rohstoffe	Stamm	Syn.	Proz.
<a href="#">Dextrose</a>		2 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
<a href="#">Glucose</a>		2 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>
<a href="#">Traubenzucker</a>		2 <input type="button" value="⊕"/>	1 <input type="button" value="⊕"/>

Folgende Produkte kann man damit herstellen:

Produkte	Stamm	Syn.	Proz.
<a href="#">Gluconsäure</a>			1 <input type="button" value="⊕"/>

Am Ende der Substanzzeilen befindet sich die Spalte *Proz.* mit der man zu den Prozessen gelangt aus denen der gewählte Rohstoff ein Produkt herstellt. Bei einem Mausklick auf das +-Symbol wird unter der Produktzeile eine Liste mit den Namen der Prozesse angezeigt. Durch Wahl eines Prozesses kommt man zu dessen genauer Beschreibung (für Details siehe Prozessbeschreibung)

## 4. Prozessdaten

### Prozessbeschreibung

Die Beschreibung des Prozesses enthält einen *Abstract*, eine *Technologie-Beschreibung* und das Entwicklungsstadium des Prozesses (*Stand der Technik*).

The screenshot displays a web application interface for process data. At the top right, the user is identified as 'sandholztest' with an 'abmelden' button. The navigation bar includes 'Start', 'Suche', and 'Prozessdaten'. The main content area is titled 'Prozess: Erzeugung von Biodiesel durch alkalische Veresterung' and includes a 'Zurück zur Liste' link. Below the title are buttons for 'Beschreibung', 'Prozessblätter', 'Stoffbilanz', and 'Literatur'. The 'Beschreibung' section is expanded, showing three sub-sections: 'Abstract', 'Technologie-Beschreibung', and 'Stand der Technik'. The 'Abstract' text describes the production of methyl and ethyl esters from rapeseed and sunflower oil using KOH and/or sodium alkoxides. The 'Technologie-Beschreibung' section details the batch-type reactor process, including the use of a magnetic stirrer and thermometer, and the addition of methanol and KOH. The 'Stand der Technik' section provides information on the experimental scale and general status. A 'Kommentare zum Prozess' section is also visible at the bottom, with a 'Neuen Kommentar verfassen' button.

Der Abstract stellt eine Kurzzusammenfassung der Literaturstelle dar, welche die Grundlage für den Prozess bildet. Wenn es sich dabei um eine wissenschaftliche Publikation handelt, entspricht er dem (übersetzten) Abstract der Publikation oder eine Zusammenfassung dessen.

Die Technologie-Beschreibung geht auf die technologischen Aspekte des Prozesses ein.

Unter dem Punkt Stand der Technik wird das Entwicklungsstadium des Prozesses beschrieben. Der Stand der Technik des beschriebenen Prozesses spiegelt das Entwicklungsstadium jenes Prozesses wieder, durch den die Prozessparameter und die Stoffbilanz erhalten wurden. Der generelle Stand der Technik beschreibt, welches Entwicklungsstadium jener Art von Prozessen insgesamt schon erreicht hat.

Die unterschiedlichen Möglichkeiten des Standes der Technik sind im Kapitel Stoffbilanz näher beschrieben.

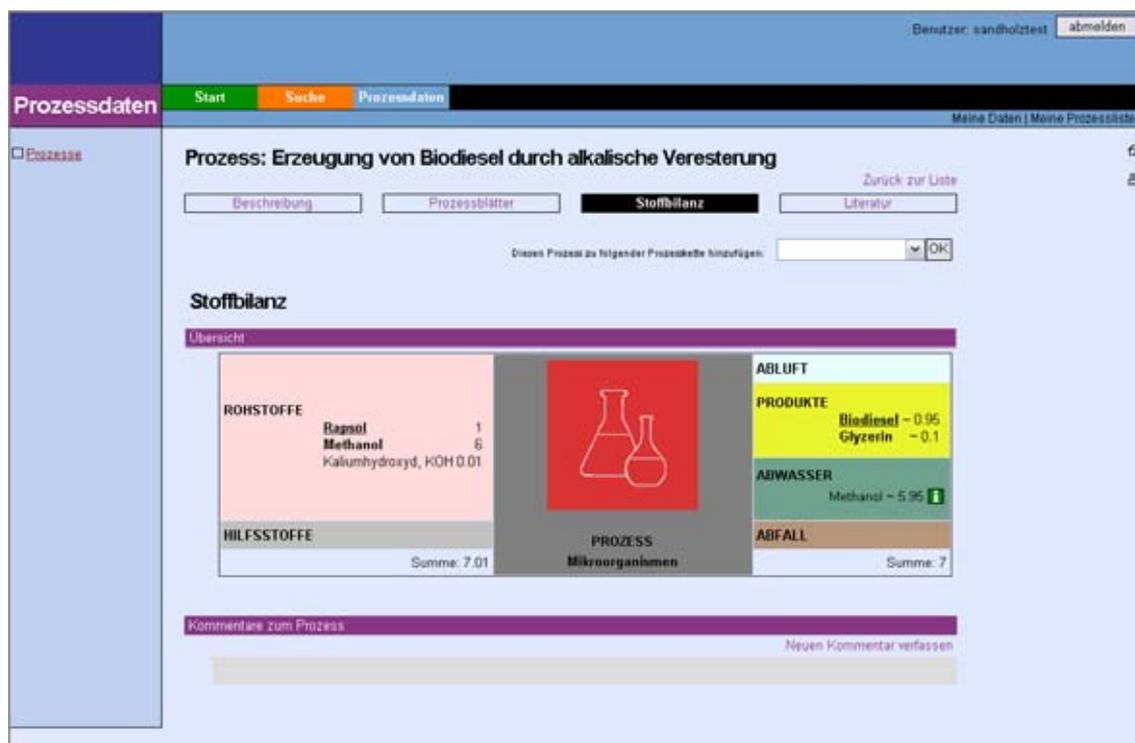
### Prozessblätter

Hier befinden sich Dateien, die bei Interesse heruntergeladen werden können und zusätzliche Informationen zum Prozess liefern.

Bei einigen Prozess befindet sich hier ein so genanntes Prozessdatenblatt. In ihm können neben einigen in der Prozessdatenbank eingegebenen Daten wie Abstract, Stoffbilanz und Beschreibung der Technologie weitere wichtige Informationen wie Stoffkonzentrationen und Prozessbedingungen angegeben sein. Falls für den Prozess vorhanden können hier auch Fließschemata und andere Darstellungen zur Verfügung stehen.

## Stoffbilanz

Die Seite Stoffbilanz stellt die Massenbilanz des Prozesses graphisch dar.



Auf der linken Seite der Darstellung sind alle dem Prozess zugeführten Stoffströme aufgeführt. Dabei wird zwischen Rohstoffen und Hilfsstoffen unterschieden. Hilfsstoffe stellen dabei Substanzen dar, die an der Reaktion nicht teilnehmen oder nur als Katalysator dienen.

Innerhalb der Rohstoffe gibt es eine weitere Unterscheidung. Fett geschriebene Rohstoffe sind in größerer Menge eingesetzt und stellen wichtige Substanzen dar. Wenn die Substanz nicht nur fett geschrieben, sondern auch unterstrichen ist, handelt es sich dabei um den Hauptrohstoff. Dieser besitzt immer eine Masse von 1 kg und wird als Basis für die gesamte Stoffbilanz herangezogen.

Rohstoffe können angewählt werden um eine Suche durchzuführen, welche jene Prozesse anzeigt, mit denen der angewählte Rohstoff erzeugt werden kann. Es ist somit möglich nach Prozessketten zu suchen. Das Erstellen von Prozessketten wird später genauer beschrieben.

Hilfsstoffe können nicht weiterverfolgt oder als Zwischenprodukte in einer Prozesskette gewählt werden.

Die Produktseite ist in vier Bereiche getrennt: Produkte, Abluft, Abwasser und Abfall. Die Produkte sind wie die Rohstoffe in Kategorien geteilt. Das unterstrichene, fett geschriebene Produkt stellt das Hauptprodukt dar, Nebenprodukte (fett geschrieben)

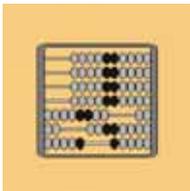
und normal geschrieben unwichtige Produkte. Wie auch bei Rohstoffen sind die Produkte wählbar und führen zu einer Suche in der Datenbank über Prozesse, die das gewählte Produkt weiterverarbeiten.

In den Kategorien Abluft, Abwasser und Abfall werden gasförmige, flüssige und feste Abfallströme dargestellt. Sie sollen zur Abschätzung des Abfallaufkommens und der Aufwendigkeit von Umweltschutzmaßnahmen dienen.

In der Mitte der Stoffbilanz wird die Technologie des beschriebenen Prozesses durch ein Bild dargestellt um dem User zu ermöglichen die Mengenströme in den richtigen Kontext zu setzen.



Dieses Symbol markiert historische Prozesse, die häufig schon im großen Maßstab angewendet wurden, durch die industrielle Entwicklung in den Hintergrund gedrängt wurden aber unter den heutigen Gegebenheiten durchaus wieder interessant sein können.



Dieses Symbol markiert Prozesse die hypothetisch aufgrund des derzeitigen Wissens berechnet sind.



Dieses Symbol markiert Prozesse die sich erst als Idee manifestiert haben und noch nicht in einem Labor- oder Großversuch getestet wurden.



Dieses Symbol markiert Prozesse die bereits im Labormaßstab erfolgreich durchgeführt wurden.



Mit diesem Symbol werden Prozesse gekennzeichnet, die sich bereits im Pilotanlagenmaßstab befinden.



Diese Symbol markiert Prozesse, die schon großindustriell durchgeführt werden.

Wenn der Prozess einen Mikroorganismus zur Umsetzung verwendet scheint dieser in der Mitte der Darstellung auf.

Sowohl bei Rohstoffen als auch Produkten kann neben dem Namen der Substanz ein Informations-Symbol **i** stehen. Wenn der Mauszeiger über dieses Symbol bewegt wird erscheinen weitere Informationen, welche diese Substanz in dem gewählten Prozess betreffen. ACHTUNG: Diese Funktion wird nicht von allen Browser-Typen unterstützt. Sollten sie einen anderen Browser als Microsoft Internet Explorer verwenden, könnte es sein, dass die Informationen nicht angezeigt werden.

The screenshot shows a web application interface for process management. At the top, there is a user login area with 'Benutzer: sandholztest' and an 'abmelden' button. Below this is a navigation bar with tabs for 'Suche', 'Start', 'Suche', and 'Prozessdaten'. The 'Prozessdaten' tab is active. On the left, there is a sidebar with search filters: 'Suche über Substanz', 'Suche über Rohstoff', 'Suche über Produkt', and 'Über Mikroorganismus'. The main content area displays the following information:

**Prozess: Alkoholische Fermentation von Molke zu Ethanol mit der Hefe Kluyveromyces marxianus IMB3, immobilisiert auf delignifiziertem cellulosehaltigem Material**

Navigation buttons: Beschreibung, Prozessblätter, **Stoffbilanz**, Literatur. A 'Zurück zur Liste' link is also present.

A dropdown menu allows selecting process categories: 'Diesen Prozess zu folgenden Prozesskette hinzufügen: [dropdown] OK'.

**Stoffbilanz**

Übersicht:

<b>ROHSTOFFE</b> <b>Molke</b> 1 <b>i</b> Alternative Rohstoffe: Lactose		<b>ABLUFT</b> <b>PRODUKTE</b> Ethanol 0.0093 Kohlendioxid, CO2 ~ 0.0009
<b>HILFSSTOFFE</b> Cellulose 0.22 <b>i</b> Summe: 1.22		<b>ABWASSER</b> Wasser ~ 0.00
<b>PROZESS</b> Mikroorganismen Kluyveromyces marxianus - IMB3		<b>ABFALL</b> Biomasse ~ 0.222 <b>i</b> Summe: 1.2202

At the bottom, there is a 'Kommentare zum Prozess' section with a 'Neuen Kommentar verfassen' link.

Wenn der Prozess auch mit alternativen Rohstoffen betrieben werden kann, sind diese in grauer Schrift im Feld Rohstoffe angeführt. Unter der Stoffbilanz ist es den Usern der Datenbank durch *Neuen Kommentar verfassen* möglich, Erfahrungen zu den Prozessen einzufügen.

## Literatur

Unter diesem Punkt befinden sich für diesen Prozess interessante Literaturstellen. Dabei wird in der Spalte *Hauptlit.* jene Literatur markiert, die die Hauptliteratur für den beschriebenen Prozess darstellt, aus der also die Prozessparameter und die Stoffbilanz erarbeitet wurden.

The screenshot shows a web application interface. At the top right, it says 'Benutzer: sandholztest' and 'abmelden'. Below that is a navigation bar with 'Start', 'Suche', and 'Prozessdaten'. The main content area is titled 'Prozess: Herstellung und Extraktion von Pektinasen - synthetisiert durch Feststofffermentation von landwirtschaftlichen Abfällen mittels Aspergillus niger'. There are tabs for 'Beschreibung', 'Prozessblätter', 'Stoffbilanz', and 'Literatur'. The 'Literatur' tab is active, showing a table with one entry. Below the table is a section for 'Kommentare zum Prozess' with a 'Neuen Kommentar verfassen' button.

Meine Daten | Meine Prozesslisten

Prozesse

**Prozess: Herstellung und Extraktion von Pektinasen - synthetisiert durch Feststofffermentation von landwirtschaftlichen Abfällen mittels Aspergillus niger** Zurück zur Liste

Beschreibung Prozessblätter Stoffbilanz **Literatur**

**Literatur**

Zeige Eintrag: 1

ID	Jahr	Zitat	Hauptlit.	Beschreibung	Link
298	2000	Castilhoa, L.R.; Medronhob, R.A.; Alvesa, T.L.M.; "Production and extraction of pectinases obtained by solid state fermentation of agroindustrial residues with Aspergillus niger", Bioresource Technology, 71, (2000) 45-50	X		

Zeige Eintrag: 1

Kommentare zum Prozess

Neuen Kommentar verfassen

Literatur die denselben oder sehr ähnliche Prozesse beschreibt kann hier ebenfalls erscheinen. Die Spalte Bemerkungen dient um Unterschiede zur Hauptliteratur zu beschreiben.

Sollte die Literatur im Internet frei verfügbar sein, kann sie durch einen Link abgerufen werden.

## 5. Prozessketten

### Erstellen von Prozessketten

Zwei Prozesse die durch ein Produkt und ein Edukt zusammenhängen können zu einer Prozesskette zusammengefügt werden.

ACHTUNG: Dies funktioniert nur wenn der Benutzer angemeldet ist.

Benutzer: sandholztest abmelden

Prozessdaten Start Suche Prozessdaten Meine Daten | Meine Prozesslisten

Prozess: Herstellung und Extraktion von Pektinasen - synthetisiert durch Feststofffermentation von landwirtschaftlichen Abfällen mittels *Aspergillus niger*

Zurück zur Liste

Beschreibung Prozessblätter **Stoffbilanz** Literatur

Diesen Prozess zu folgender Prozesskette hinzufügen:

Neue Liste erstellen: Liste1

**Stoffbilanz**

Übersicht

ROHSTOFFE			ABLUF		
Weizenkleie	1		Abluft ?		
Sojាកleie	1		<b>PRODUKTE</b>		
Natriumacetat	0.082		Polygalacturonase	- 9.15	1
Ammoniumsulfat, (NH4)2SO4	0.027		Biomasse	- 4.3	1
Salzsäure, HCl	0.011				
<b>HILFSSTOFFE</b>			<b>ABWASSER</b>		
Wasser	11.33				
Luft	?				
Summe	13.45	<b>PROZESS</b>			
		Mikroorganismen			
		<i>Aspergillus niger</i> - spp			
			<b>ABFALL</b>		
			Summe	13.45	

Kommentare zum Prozess

Neuen Kommentar verfassen

Über der Stoffbilanz befindet sich ein Drop-down-Menü. Durch die Auswahl *Neue Prozesskette erstellen* kann der Benutzer eine neue Prozesskette beginnen. Der gewählte Prozess wird dabei sofort der neuen Prozesskette hinzugefügt.

Wenn der gewählte Prozess einer schon bestehenden Prozesskette angefügt werden soll, muss einfach der Name der Prozesskette gewählt werden. Anschließend muss der Benutzer die Substanz auswählen, welche die beiden Prozesse miteinander verknüpfen soll.

Die Produkte und Rohstoffe in der Prozessbilanz können auch hier wie im Kapitel 4 unter Stoffbilanz beschrieben zur weiterführenden Suche verwendet werden.

### Abrufen von Prozessketten

Die Auswahl *Meine Prozessketten* befindet sich neben dem Punkt *Meine Daten* im oberen Bereich der Benutzeroberfläche. Unter dieser Auswahl findet man alle vom Benutzer angelegten Prozessketten, kann diese anschauen oder löschen.

Benutzer: sandholztest

**Meine Prozessketten** Start Suche Prozessdaten Meine Daten | Meine Prozessketten

### Meine Prozessketten

Zeige Eintrag: 1

Name	Delete
Liste1	<input type="checkbox"/>

Zeige Eintrag: 1

Achtung! Delete löscht ohne Fragen!

Um eine Prozesskette anzuschauen muss einfach der betreffende Name angeklickt werden. Anschließend erscheinen die Stoffbilanzen der einzelnen Prozesse, welche die Prozesskette bilden. Die verknüpfenden Substanzen sind dabei mit Pfeilen gekennzeichnet.

Die Stoffmengen sind auf 1kg Hauptrohstoff des ersten Prozesses bezogen die Mengen der anderen Prozesse sind auf den ersten Prozess bezogen. In Klammer sind bei diesen Prozessen auch die Stoffmengen wiedergegeben, die auf den Hauptrohstoff des eigenen Prozesses bezogen sind.

Benutzer: sandholztest

**Meine Prozessketten**    Start    Suche    Prozessdaten    Meine Daten | Meine Prozessketten

## Prozessliste

Dampfexplosionsverfahren und Alcell Verfahren zur Herstellung von Zellulose mit Abspaltung von Lignin (ID: 160)

<b>Rohstoffe</b>		
Holz 1	<b>PROZESS</b>	<b>Abluft</b> Wasserdampf 1
<b>Hilfsstoffe</b>	<b>Mikroorganismen</b>	<b>Produkte</b>
Wasser 1 Ethanol ? <input type="text"/>	<b>Klebsiella oxytoca</b>	Zellulose 0,4 <input type="text" value="→"/>
Summe: 2		Xylose 0,08 Lignin 0,04 <input type="text"/>
		<b>Abwasser</b>
		Hemicellulose-Hydrolysat 0,3 Ethanol ? <input type="text"/>
		<b>Abfall</b>
		Summe: 1,62

Konversion von cellulosehaltigen Materialien zu Ethanol mit Klebsiella oxytoca P2 (ID: 2)

<b>Rohstoffe</b>		
Cellulose - 0,4 (1) <input type="text" value="→"/> Cellulase 0,012 (0,03) <input type="text"/>	<b>PROZESS</b>	<b>Abluft</b>
<b>Hilfsstoffe</b>	<b>Mikroorganismen</b>	<b>Produkte</b>
Wasser - 4 (10)	<b>Klebsiella oxytoca - P2</b>	Ethanol 0,192 (0,48) <input type="text"/>
Summe: 11,03		<b>Abwasser</b>
		Wasser - 4 (10)
		<b>Abfall</b>
		Biomasse - 0 (7) <input type="text"/>
		Summe: 10,48

Wie bei normalen Stoffbilanzen können auch bei den Stoffbilanzen der Prozesskette Substanzen angewählt werden um eine Suche mit dieser Substanz zu starten. Durch Anklicken des Prozessnamens gelangt man zur Prozessbeschreibung des Prozesses.

# SPlonExcel 1.21 Handbook

Daniel Sandholzer



Institute for  
Resource Efficient  
And Sustainable Systems

## ***First steps***

Copy all files in any directory. The file structure in this directory must not be changed! To load the SPI command bar open the SPIbar.xlb file before first loading the software.

Program starts with SPIONExcel version 1.21.xls.

When working with SPIONExcel macro security of Microsoft Excel has to be set to medium or low.

## **Impacts Sheet**

An impact is a mass or energy flow that cannot be broken down to smaller partial flows. For example a mass flow of methanol can be broken down in e.g. energy flows used during productions and emissions thereby. The mass flow benzene emission into water cannot be broken down further and is therefore an impact.

If you load impacts from a database they will be shown here. To create a new impact just enter a name into the Impact column and define the impact category (e.g. fossil C) in the Type field using the right mouse button. Additionally needed inputs are the unit and the yield (y). The yield defines the ecological impact per unit.

If available, further information for the impact can be entered into the Comments field. The Data Source field should hold the location where the data of the impact yield was found.

For saving the impact data use the command *Save Impact Data* in the command bar.

## **Data Sheet**

The ecological inventory of a process is entered here. It can consist of sub processes (like intermediates or energy) or impacts. For new processes use the *Create New Process* command from the command bar.

You are able to see the primary and secondary product of a process at the upper half of the data sheet. If you have additional products click on the +-symbol on the left frame to get more input rows for products.

When entering a product, you not only have to define the amount and unit of the product, but also the NACE-Category. This is a classification of processes due to industrial sectors.

NOTE: The primary product always has the amount 1.

For inputs in the process just enter the name of the impact or intermediate (the product of another process) into the column Product/Impact. The software will show you all possible inputs for the name you used. You can use the wildcard \* at the beginning of the input word, after the word a wildcard is not necessary.

Note that there can be more than one impact with the same name but within different impact categories (water, soil, air).

After you have chosen the product/impact enter its amount into the Inventory field. You can change the unit by entering the new unit into the Unit field (conversion of kWh in MJ or similar, are also available).

After all inputs for a process have been entered you have to save the process using *Save Process Data*. The resulting footprint will be shown in the upper right corner of the datasheet as well as the SPI. If there is more than one product, you can choose

between different allocation methods by clicking with the right mouse button into the K field. It is also possible to enter values into the field directly. For allocation by price you have to enter prices for the products into the price fields.

On the right side of the sheet is a list of the different impact categories represented by their colours. Next to the colour the amount of ecological footprint caused by this category is shown.

Additionally next to the inputs, the percentage of their contribution to the overall footprint is shown.

If you scroll to the left you can gather further information to the process and the inputs.

## **Process Sheet**

In this sheet the process chain is shown. It consists of the process producing the chosen end product and all its preliminary processes, if they are opened in a data sheet.

## **Result Sheet**

In this sheet the reports are shown.

## **Command Bar**

Some commands are also available by clicking the right mouse button. These options vary depending on the location of the mouse and the sheet selection.

### ***Sheets***

#### *Show Sheet Selection*

Enables you to select the different sheets of the software.

Due to this it is possible to select the DATA00 sheet, which is the master sheet for all datasheets. If you change something in the DATA00 sheet all datasheets will be changed accordingly.

#### *Edit Impacts*

Activates the Impact sheet.

#### *Process*

Activates the Process sheet.

#### *Report*

Activates the Report sheet.

### ***Data***

#### *New Data Sheet*

Creates an empty data sheet. You can put data for a new process in the empty sheet instead of using the *Create New Process* command.

*Process Info*

Shows additional information (comments, creator, data source) of a process

*Clear Line*

Clears a line in the data sheet

*Clear Data*

Clears the whole data in the data sheet

*Refresh Data Sheet*

Updates the whole data sheet. With this command a change in inputs is included in the calculation.

*Refresh Line*

Updates a single line of the data sheet.

*Insert Line*

Inserts an empty line into the data sheet.

*Remove Line*

Removes a line from the data sheet

*Delete Data Sheet*

Deletes the active datasheet (they stay saved in the database)

*Delete All Data Sheets*

Deletes all open datasheets (they stay saved in the database)

## **Processes**

*Create new process*

This option will create a new process. A form will pop up where you define the process name and the name of the primary product. Additionally you choose the unit of the primary product and the NACE category of the process.

*Show process data*

This option enables you to search for an existing process in the database. The wildcard \* can be used searching for products. A list containing all possible processes is shown. Here you can choose the favoured process. If there is only one matching process, the program will not show such a list.

You can also search with the ID Number of the process

If you have marked the ID number of a sub process in your data sheet, the ID number will show up in the search form. By just clicking *ok* the process will be shown.

*Show all process data*

This option can only be chosen if a process has been loaded to a data sheet. All sub processes (intermediates) the datasheet contains will be opened.

#### *Save process data*

This option saves the process to the database. If the process did not have an ID number before it will get one thereby. If he already had one it will be saved overwriting the process with the same ID number in the database. If you want to save a process under another ID number just clear the ID number in the data sheet before saving.

Note: Processes in the basic database cannot be changed or saved in order to prevent modifications to the basic database.

#### *Delete process*

This option deletes a process from the database. You need to know the ID number of the process to delete it.

Note: It is not possible to delete processes from the basic database.

### **Impacts**

#### *Load impact data*

This option loads all impacts of the database into the impact sheet.

#### *Save impact data*

This command saves the impacts to the database.

#### *Delete Impact*

Deletes an impact. You have to know the ID number of the impact to delete it.

### **Process Chain**

#### *Draw Chain*

With this option it is possible to calculate a process chain. A window pops up where all products from the open datasheets are shown. Choosing one of these products leads to a process chain with the chosen product as the end product. To be included in the process chain, the data sheet of the process has to be open.

#### *Clear chain*

Clears the drawn chain in the Process sheet

#### *Refresh Chain*

Updates the chain by using new data from the data sheets. This is necessary after modifying data in a data sheet, when the process chain has already been built.

### **Database**

#### *Show database list*

With this option you can alternate between different databases.

#### *Create New Database*

Creates a new database based on the used database. If you want to create an empty database, create one based on the Standard-database (which is empty).

#### *Open Database*

Opens a database located on your computer.

#### *Transfer Data*

Enables you to transfer data – processes and/or impacts – from your current database to the basic database. All process or impact data will be transferred, whereas transferring a specific process or impact is not possible.

#### *Change Basic Database*

Changes the basic database.

## **Report**

#### *Create Sheet Report*

A window pops up where you can choose the datasheets for which a report shall be created. The report shows an allocation of the ecological footprint according to the consumption and emission categories. Each ecological footprint is based on the product of the chosen process.

#### *Create Chain Report*

Creates a report of the process chain shown in the PROCESS sheet. If no process chain has been built, this option creates no results. The ecological footprint is based on the product of the final process of the process chain.

#### *Create Distribution Report*

Like the option *Create Sheet Report* this command creates a report for the chosen datasheets. Here the distribution is based on sources like e.g. electricity provision, waste, process dissipation.

#### *Clear Report*

Clears the report sheet.