

Die Lignocellulose-Bioraffinerie: Eine erste ökologische Bilanzierung

Andreas Uihlein

Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme
Institut für Technische Chemie (ITC-ZTS)
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Tel: +49-7247-82-8330
Email: andreas.uihlein@itc-zts.fzk.de

Biomasse ist eine nachhaltige Alternative zu fossilen Energieträgern, die zur Herstellung von Kraftstoffen, Elektrizität, Chemikalien und anderen Produkten genutzt werden. Zur Zeit werden die meisten biobasierten Produkte durch Umwandlung von Biomasse zu Grundprodukten wie Stärke, Öl oder Zellulose gewonnen. Zusätzlich werden einzelne spezielle Chemikalien und Kraftstoffe produziert. Seit kurzem werden verstärkt verschiedene Bioraffinerie-Konzepte diskutiert. Bioraffinerien sollen eine Vielzahl an Produkten aus Biomasse produzieren und zu einer nachhaltigeren Ressourcenversorgung und einer Verringerung von Treibhausgasemissionen beitragen. Biobasierte Produkte und Kraftstoffe können jedoch auch nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt aufweisen (z.B. durch intensive Flächennutzung oder der Eutrophierung von Gewässern).

Es wurde eine erste Ökobilanz einer Lignocellulose-Bioraffinerie erstellt und ein Vergleich mit den herkömmlichen Produktalternativen durchgeführt. Für die Wirkungsabschätzung wurde auf die Ecoindicator99-Methode zurückgegriffen. Die größten Umweltauswirkungen der Bioraffinerie treten in drei Wirkungskategorien auf: Nutzung fossiler Energieträger, Atemwegserkrankungen und krebserregende Stoffe. Die Bereitstellung von Salzsäure und - in geringerem Maße - auch die Bereitstellung von Prozesswärme dominieren die Umweltauswirkungen der Bioraffinerie.

Da die letztendliche Ausgestaltung bzw. Realisierung der Bioraffinerie noch nicht abschließend geklärt ist, wurden Sensitivitätsanalysen für die die Umweltauswirkungen der Bioraffinerie bestimmenden Faktoren durchgeführt. Die optimale Variante (Rückgewinnung von Salzsäure und Prozesswärme) erbringt bessere Resultate als die fossilen Alternativen. Die gesamten Umweltauswirkungen sind hier um ca. 41% (Ecoindicator99-Punkte) niedriger als die der fossilen Pendanten.

Für die meisten analysierten Bioraffinerie-Varianten fallen die Ergebnisse für einige Wirkungskategorien besser aus als für die fossilen Alternativen, während sich in anderen Wirkungskategorien Nachteile ergeben. Die Ergebnisse lassen somit keine eindeutig Entscheidung zugunsten oder gegen Bioraffinerien aus Umweltgesichtspunkten zu.

Keywords: Bioraffinerie; Lignocellulose; Ökobilanz

Die Lignocellulose-Bioraffinerie: Eine erste ökologische Bilanzierung

Andreas Uihlein

**2. Ökobilanz-Werkstatt des Netzwerks Lebenszyklusdaten
22.-23. Juni 2006, Bad Urach**

→ Einleitung

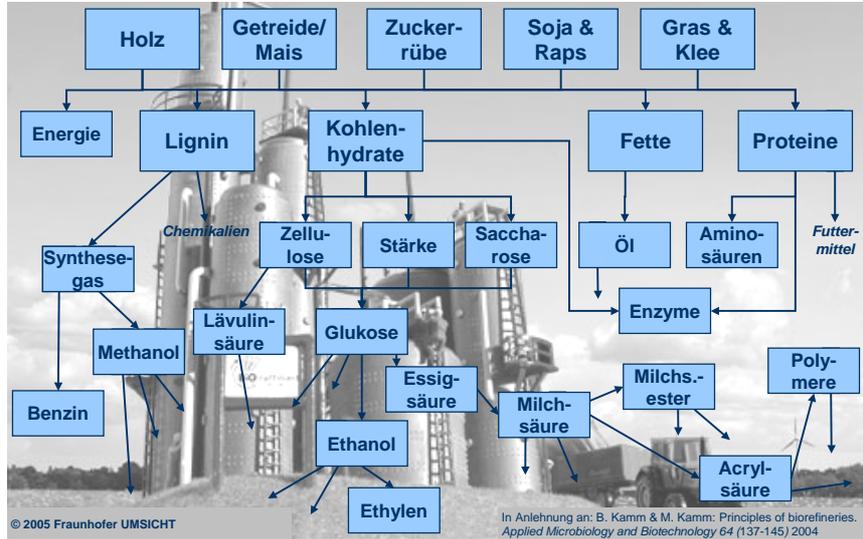
- **Methodisches**
- **Ergebnisse**
- **Schlussfolgerungen**

- **Die Weltwirtschaft ist abhängig von fossilen Energiequellen (Kohle, Öl, Erdgas) zur Erzeugung von Kraftstoffen, Elektrizität, Chemikalien und anderen Produkten**
- **Nutzung erschöpflicher Energiequellen ist langfristig nicht nachhaltig. Erneuerbare Ressourcen als Alternative?**
- **Energiesektor kann auf erneuerbaren Energien basieren (Wind-, Wasser, Sonne, Geothermie, Biomasse)**
- **Chemische Industrie und (z.T. der Kraftstoffsektor) wird auch zukünftig eher auf Biomasse als Alternative angewiesen sein**

- **Biomasse wird derzeit zur Erzeugung von Kraftstoffen genutzt (Ethanol, Biodiesel)**
- **Biobasierte Produkte werden hauptsächlich durch Umwandlung von Biomasse zu einfachen Grundstoffen wie Stärke, Öl, Cellulose erhalten**
- **Zusätzlich werden Chemikalien wie Milchsäure und Aminosäuren erzeugt (Verwendung v.a. in der Nahrungsmittelindustrie)**
- **Konventionelle Raffinerien nutzen petrochemische Rohstoffe, um eine große Anzahl verschiedener Kraftstoff, Chemikalien und anderer Gebrauchsgüter herzustellen**

Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

ITC Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme



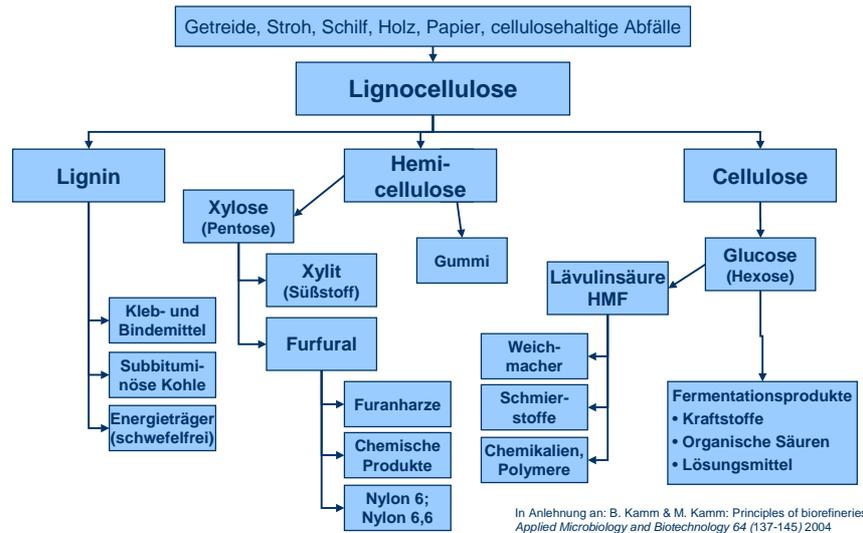
Einleitung

2. Ökobilanz-Werkstatt des Netzwerks Lebenszyklusdaten, 22.-23. Juni 2006, Bad Urach

5

Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

ITC Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme



Einleitung

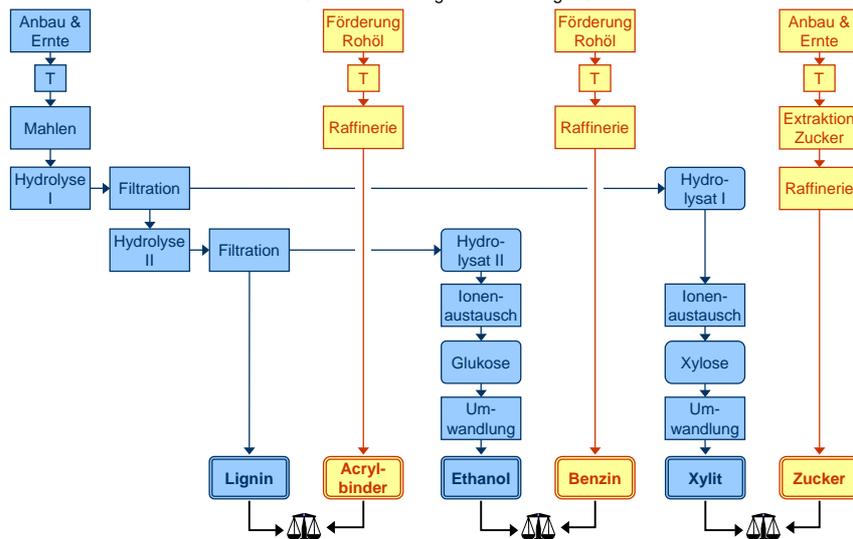
2. Ökobilanz-Werkstatt des Netzwerks Lebenszyklusdaten, 22.-23. Juni 2006, Bad Urach

6

- **Bioraffinerien sollen zu einer nachhaltigeren Versorgung mit Ressourcen beitragen (Einsparung erschöpflicher Energieträger) und gleichzeitig die Emission von Treibhausgasen und anderen Schadstoffen reduzieren**
- **Biobasierte Produkte und Kraftstoffe können jedoch auch ökologische Nachteile aufweisen, z.B. Landnutzung, Eutrophierung von Gewässern, Umweltverschmutzung durch den Einsatz von Pestiziden**
- **Die Bereitstellung notwendiger Hilfs- und Produktionsmittel sowie der Energieeinsatz während der Herstellung können zu Umweltbelastungen führen**

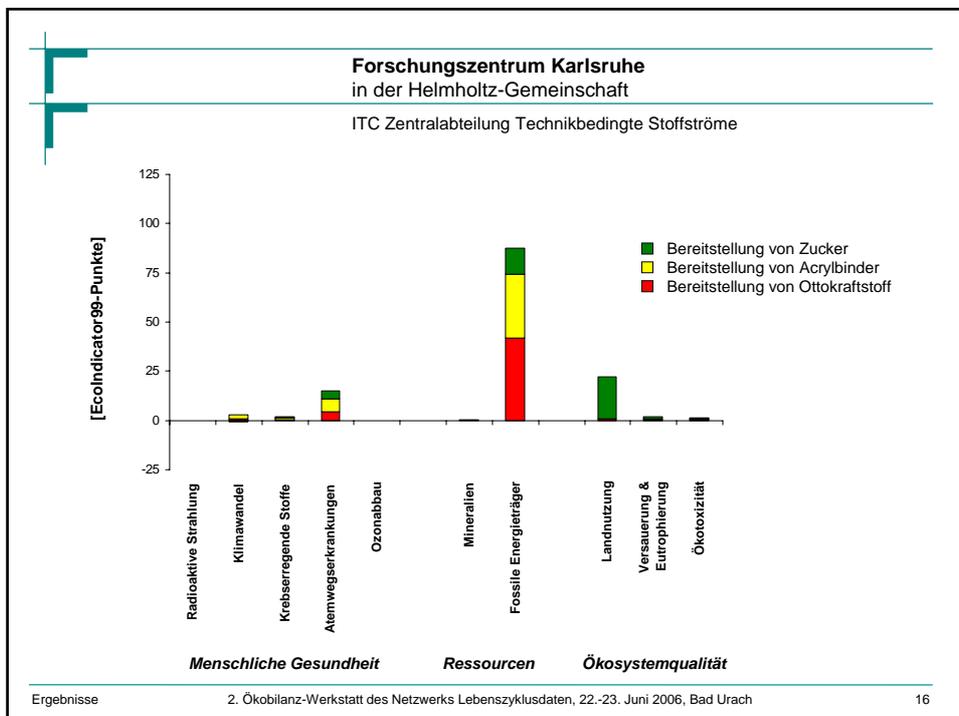
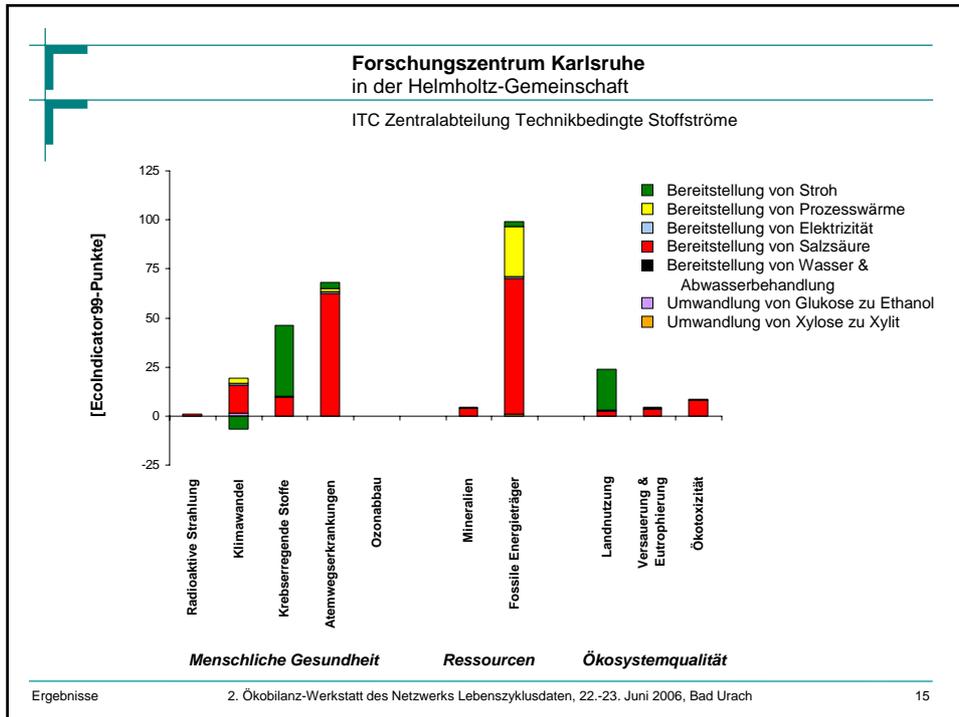
- **Um die Umweltauswirkungen zukünftiger Bioraffinerie-Systeme umfassende zu bestimmen, wurde eine Ökobilanz mit folgenden Zielen erstellt:**
 - **Sind Bioraffinerien eine umweltfreundlichere Alternative als ihre konventionellen (fossilen) Pendanten?**
 - **Welche Umweltauswirkungen sind mit Bioraffinerien verbunden (Versauerung, Ozonabbau, Ökotoxizität)?**
 - **Welche Lebenswegabschnitte sind für die Umweltauswirkungen verantwortlich (Bereitstellung von Roh- oder Hilfsstoffen, Produktionsprozesse)**
- **Das erste Bioraffinerie-Konzept, das verwirklicht wird, ist vermutlich die LCF-Bioraffinerie. Dieses System wurde deshalb für die Analyse ausgewählt**

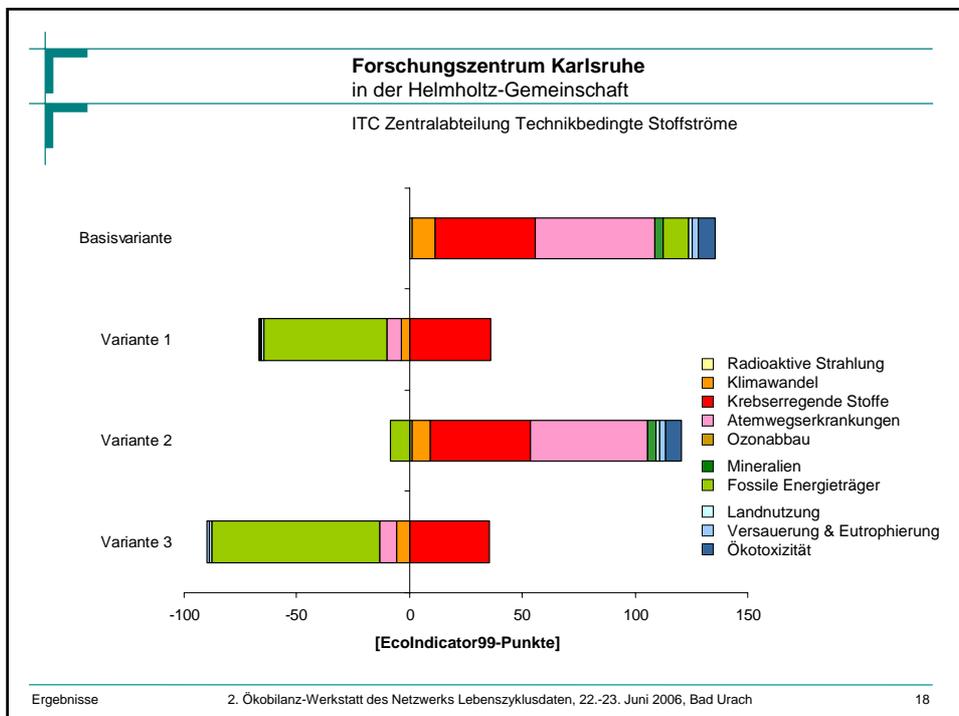
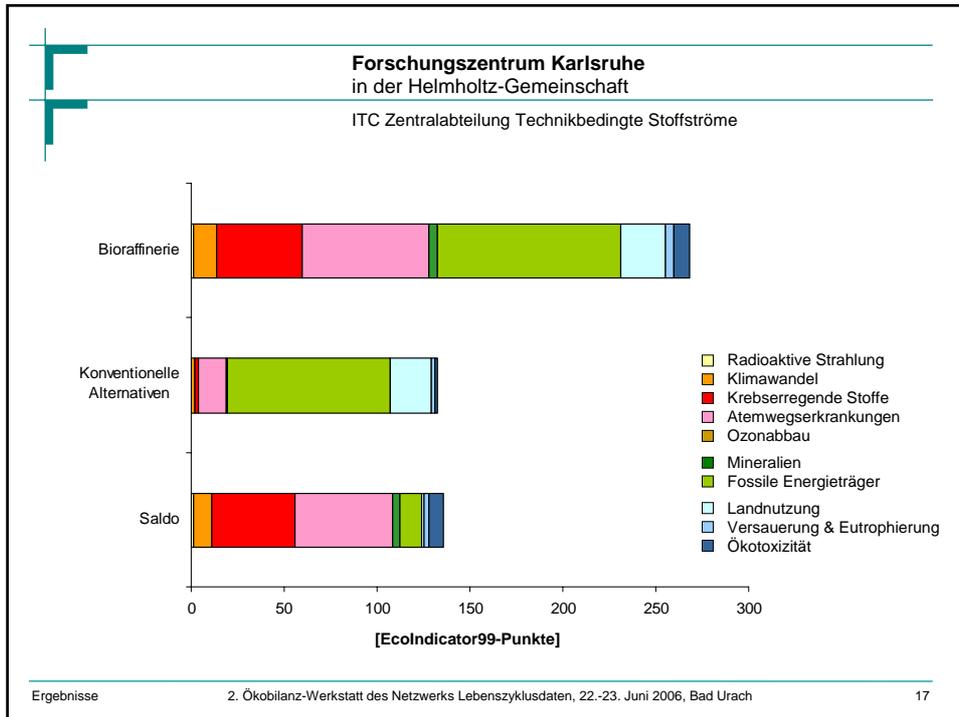
- Einleitung
- ➔ **Methodisches**
- Ergebnisse
- Schlussfolgerungen

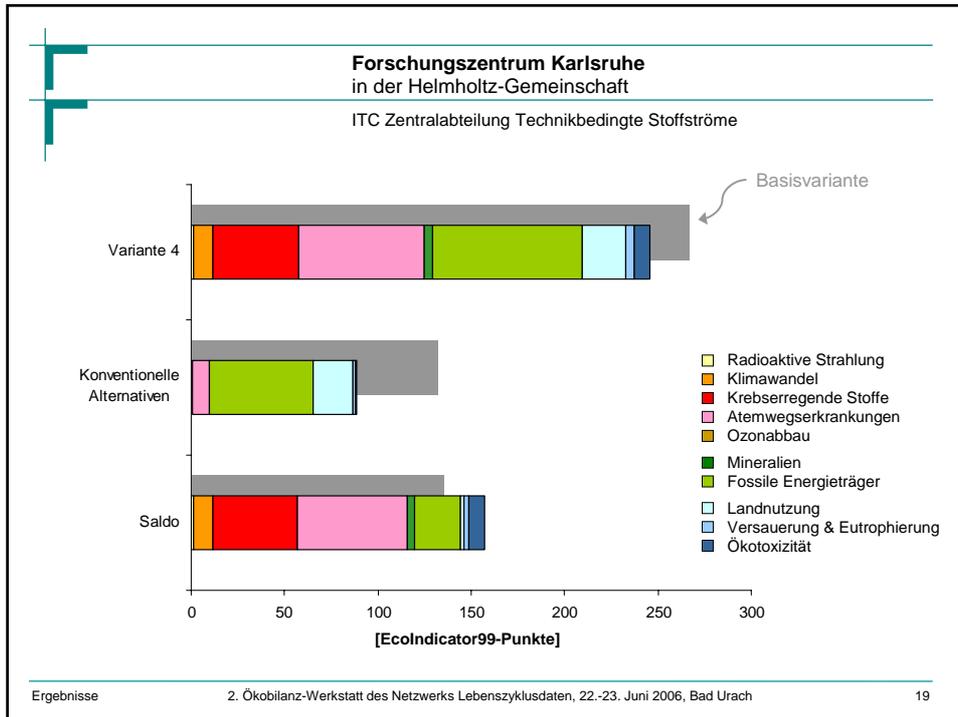


- Nach ISO-Norm wurde alle ökologischen Parameter wie z.B. Extraktion von Mineralien und fossilen Energieträgern, Emissionen in Luft (z.B. CO₂, NO_x, SO₂, etc.), Böden, oder Wasser (z.B. NH₄, Nitrat) für jeden einzelnen Prozess ermittelt und zur Sachbilanz (LCI) zusammengefasst
- Die Sachbilanzen wurden für die Bioraffinerie und die konventionellen Alternativen separat berechnet (ca. 160 einzelne Inputs und 850 einzelne Outputs berücksichtigt)
- Die Wirkungsabschätzung wurde mit der EcoIndicator99-Methode durchgeführt (hierarchische Perspektive: Gewichtung von Ökosystemqualität, menschlicher Gesundheit, Ressourcen mit 4:4:2)

- Einleitung
- Methodisches
- **Ergebnisse**
- **Schlussfolgerungen**







- Forschungszentrum Karlsruhe**
in der Helmholtz-Gemeinschaft
- ITC Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme
- Einleitung
 - Methodisches
 - Ergebnisse
 - ➔ **Schlussfolgerungen**
2. Ökobilanz-Werkstatt des Netzwerks Lebenszyklusdaten, 22.-23. Juni 2006, Bad Urach 20

- Die größten Umweltauswirkungen der Bioraffinerie treten in drei Wirkungskategorien auf: Fossile Energieträger, Atemwegserkrankungen und krebserregende Stoffe
- Die Bereitstellung von Salzsäure und (in geringerem Ausmaß) die Bereitstellung von Prozesswärme und Stroh weisen die größten Anteile an den Umweltauswirkungen auf
- Im Vergleich mit den fossilen Alternativen sind die Umweltbelastungen der Bioraffinerie (Basisvariante) in allen Wirkungskategorien größer
- Die gesamten Umweltauswirkungen der Bioraffinerie (Basisvariante) sind ca. doppelt so groß (EI99-Punkte) wie die der konventionellen Alternativen

- Für alle optimierten Varianten (Varianten 1-3) treten in einigen Wirkungskategorien Vorteile und in anderen Nachteile gegenüber den fossilen Pendanten auf
- Die optimierte Variante 3 zeigt ca. 40% geringere Umweltauswirkungen als die konventionellen Alternativen
- Die Ergebnisse lassen somit aus ökologischer Sicht keine eindeutige Entscheidung für oder gegen die Bioraffinerie zu
- Zukünftige Lignocellulose-Bioraffinerien können mit fossilen Produkten konkurrieren können, vor allem, wenn einige Prozesstechnologien verbessert werden

- In vorliegender Untersuchung wurde eine erste Ökobilanz einer Technologie erstellt, die sich noch im Entwicklungsstadium befindet, es mussten daher viele Annahmen und Abschätzungen getroffen werden
- Mit Hilfe von Varianten können diese Schwierigkeiten überwunden werden
- Die Ökobilanz gibt erste Hinweise auf die Höhe und die Art der zu erwartenden Umweltauswirkungen der Technologie
- Die Ökobilanz kann dabei helfen, diejenigen Prozesse zu identifizieren, die den größten Einfluss auf die Umweltbelastungen aufweisen und Schwachstellen aufdecken

Literaturhinweise für Interessierte:

- B. Kamm & M. Kamm: Principles of biorefineries. *Applied Microbiology and Biotechnology* 64 (137-145) 2004
- M. Paster, J.L. Pellegrino, T.M. Carole: *Industrial Bioproducts: Today and Tomorrow*. Prepared by Energetics Inc. for the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of the Biomass Program. Energetics Inc., Columbia 2003
- K. Soyez, B. Kamm, M. Kamm (Hrsg.): *Die Grüne Bioraffinerie. Ein ökologisches Technologiekonzept für regional nachhaltige Produktions- und Wertschöpfungsprozesse*. Brandenburgische Umwelt Berichte. Verlag Gesellschaft für ökologische Technologie und Systemanalyse e.V., Berlin 1998
- B. Kamm, P. Gruber, M. Kamm (Hrsg.): *Biorefineries - Industrial Processes and Products: Status Quo and Future Directions*. Wiley-VCH, Weinheim 2006
- S. Thorsell, F.M.F. Epplin, R.L. Huhnke, C.M. Taliaferro: Economics of a coordinated biorefinery feedstock harvest system: lignocellulosic biomass harvest cost. *Biomass & Bioenergy* 27 (327-337) 2004
- E. Audsley & J.E. Annetts: Modelling the value of a rural biorefinery (part I: the model description & part II: analysis and implications). *Agricultural Systems* 76 (39-76) 2003