



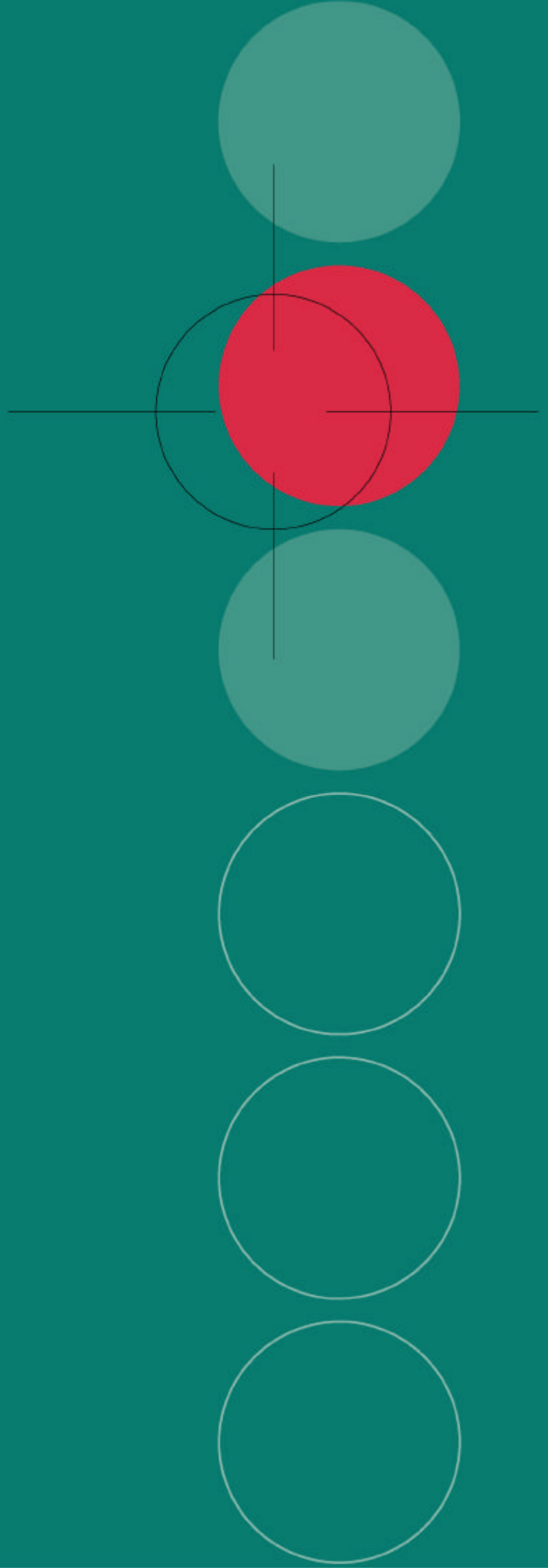
ÖSTERREICHISCHE  
AKADEMIE DER  
WISSENSCHAFTEN

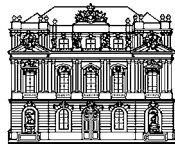


INSTITUT FÜR  
TECHNIKFOLGEN-  
ABSCHÄTZUNG

**TECHNIKFOLGEN-  
ABSCHÄTZUNG  
DER GRÜNEN  
BIORAFFINERIE**

**BAND II: MATERIALSAMMLUNG**





**TECHNIKFOLGEN-  
ABSCHÄTZUNG  
DER GRÜNEN  
BIORAFFINERIE**

**BAND II: MATERIALSAMMLUNG**

INSTITUT FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG  
DER ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Susanne Schidler  
Heidi Adensam  
Roswitha Hofmann  
Stefan Kromus  
Markus Will

WIEN, JULI 2003

# Inhalt – Übersicht

Vorwort .....	I
<b>Teil A – Ergebnisse der Literaturrecherche: TECHNOLOGIEBESCHREIBUNG</b>	
Stefan Kromus .....	1
<b>Teil B – Ergebnisse der Literaturrecherche: SOZIALE ASPEKTE</b>	
Roswitha Hofmann .....	51
<b>Teil C – Ergebnisse der Literaturrecherche: ÖKONOMISCHE ASPEKTE</b>	
Heidi Adensam .....	71
<b>Teil D – Kriterienworkshop: GRÜNE BIORAFFINERIE – NACHHALTIGKEIT</b>	
Protokoll und Arbeitsunterlagen	
Susanne Schidler, Markus Will .....	89

# Inhalt – gesamt

Vorwort .....	I
---------------	---

## Teil A – Ergebnisse der Literaturrecherche: TECHNOLOGIEBESCHREIBUNG

Stefan Kromus .....	1
1 Einleitung .....	3
2 Geschichtliche Entwicklung .....	4
2.1 Europa .....	4
2.2 Österreich .....	5
2.2.1 Vorversuche von H. Steinmüller .....	5
2.2.2 Weitere Entwicklung der Bioraffinerie in Österreich .....	6
3 Grüne Bioraffinerie Österreich – Organisationsprinzipien .....	7
3.1 Dezentrale Grüne Bioraffinerie .....	10
3.2 Zentrale Grüne Bioraffinerie .....	11
3.3 Semi-dezentrale Grüne Bioraffinerie .....	12
4 Technologiebeschreibung – Überblick .....	13
5 Rohstoffe – Anbau, Ernte und Silierung .....	15
5.1 Dauerwiesen .....	15
5.1.1 Kräuter im Dauergrünland .....	16
5.1.2 Erträge im Dauergrünland .....	16
5.2 Wechselwiesen (Feldfutterbau) .....	16
5.3 Sämereiwiesen .....	17
5.4 Luzerne Bestände .....	17
5.5 Düngung von Wiesen und Grünfutterflächen .....	18
5.5.1 Kleereiche Mischbestände .....	18
5.5.2 Gräserreiche Bestände und Grasreinbestände .....	18
5.6 Bearbeitung und Ernte – Silagebereitung .....	19
6 Fraktionierung .....	20
6.1 Vorbehandlung des Rohstoffs (Zerkleinerung – Zellaufschluss) .....	20
6.1.1 Zerkleinerungstechnik .....	20
6.1.2 Desintegration oder Zellaufschluss .....	21
6.2 Presstechnik .....	22
7 Herstellung von Proteinkonzentraten .....	24
7.1 Proteinabtrennung aus dem Grassaft .....	25
7.1.1 Koagulation durch Hitze .....	25
7.1.2 Ultrafiltration .....	26
7.1.3 Weitere Methoden .....	26
7.2 Stand der Technik .....	26
7.3 Produkte aus Proteinen .....	27
7.4 Zu erwartende Preise für Proteinprodukte .....	28
7.4.1 Proteinhaltige Futtermittel (Eiweißfuttermittel) .....	28
7.4.2 Milchaustauscher (MAT) .....	29
7.4.3 Protein für industrielle Anwendungen (inkl. Casein) .....	29
7.4.4 Rubisco aus Grünmasse .....	30
8 Herstellung von Milchsäure und Derivaten aus Silage .....	32
8.1 Entstehung der Milchsäure .....	32
8.2 Gewinnung der Milchsäure .....	32
8.2.1 Fermentative Darstellung von Milchsäure in aktuellen Versuchen .....	34

8.3	Ethyllactat (Holten 1971) .....	35
8.3.1	Geschichte des Ethyllactat (Galactic 1998).....	35
8.3.2	Herstellung von Ethyllactat .....	35
8.4	Produktbeschreibung Milchsäure .....	37
8.4.1	Milchsäure als Säuerungs- und Konservierungsmittel.....	37
8.4.2	Milchsäure als Reinigungs – und Desinfektionsmittel.....	37
8.4.3	Milchsäure als Futtermittelzusatz.....	38
8.4.4	Milchsäure als Neutralisationsmittel .....	38
8.5	Produktbeschreibung Ethyllactat .....	39
8.6	Produktbeschreibung Polylactid.....	39
8.7	Zu erwartende Preise von Milchsäureprodukten .....	40
8.7.1	Polymere aus Milchsäure (PLA) .....	40
8.7.2	Ethyllactat .....	40
9	Herstellung von Grasfaserprodukten.....	42
10	Umsetzung von Restströmen in einer Biogasanlage zur Erzeugung von Prozessenergie.....	43
10.1	Ausgangspunkt – Energiepflanzenvergärung und Silagevergärung.....	43
10.2	Kriterien für eine ökonomische Bewertung von Biogasanlagen (Graf 2001).....	44
10.3	Biogasertrag pro kg Trockenmasse.....	45
10.4	Graskonservierung und -zerkleinerung.....	45
10.5	Lagerung.....	45
10.6	Gärtemperatur und Verweilzeit .....	45
10.7	Prozess-Stabilität.....	46
10.8	Biogaserzeugung in Gemeinschaftsanlagen.....	46
11	Literatur .....	47

## **Teil B – Ergebnisse der Literaturrecherche: SOZIALE ASPEKTE**

	Roswitha Hofmann .....	51
1	Allgemeines .....	55
1.1	Technikentwicklung als sozialer Prozess.....	55
1.1.1	Einleitung.....	55
1.1.2	Fragestellung und Vorgangsweise.....	55
1.2	Soziale Indikatoren und Nachhaltigkeit.....	56
1.2.1	Allgemeines .....	56
1.2.2	Arten von Indikatoren und Indikatorensysteme.....	57
2	Soziale Aspekte der Grünen Bioraffinerie .....	58
2.1	Individuelle Ebene.....	58
2.1.1	Werte und Rollenverständnis .....	58
2.1.2	Persönliche Freiheit und Entfaltungsmöglichkeiten .....	60
2.1.3	Subsistenz (existenzielle Grundsicherung) .....	60
2.1.4	Sicherheit (persönliche Risiken und strukturelle Stabilität) .....	61
2.1.5	Lebensqualität – Stabilität, Umweltentwicklung und Gesundheit.....	62
2.1.6	Soziale Kontakte und Beziehungen.....	63
2.2	Erwerbsleben .....	63
2.2.1	Arbeitsplatzqualität.....	63
2.2.2	Ausbildung.....	63
2.2.3	Erwerbsstrukturen und Kooperationsformen .....	64
2.3	Technikentwicklung und politisches Feld .....	65
2.3.1	Technikentwicklung/Rahmenbedingungen.....	65
2.3.2	Partizipation.....	66
3	Akteure .....	67
4	Literatur .....	68

## **Teil C – Ergebnisse der Literaturrecherche: ÖKONOMISCHE ASPEKTE**

Heidi Adensam.....	71
1 Allgemeines .....	75
1.1 Ziele.....	75
1.2 Technikentwicklung und ökonomische Prozesse .....	75
1.3 Ökonomische Indikatoren und Nachhaltigkeit .....	75
1.3.1 Stakeholderansatz .....	76
1.3.2 Ökonomische Beurteilung allgemein .....	77
1.3.3 Stakeholder .....	78
1.3.4 Indikatoren und Methoden zur ökonomischen Beurteilung aus Sicht der einzelnen Stakeholder.....	80
2 Ökonomische Aspekte der GBR .....	82
2.1 Einzelwirtschaftliche und Individuelle Ebene .....	82
2.2 Regionalentwicklung und volkswirtschaftliche Aspekte .....	83
2.2.1 Erhaltung und Schaffung von Arbeitsplätzen .....	83
2.2.2 Substitution nicht regenerierbarer durch regenerierbare Energieträger und Rohstoffe.....	83
2.2.3 Reduktion von Treibhausgasen .....	84
2.2.4 Kosteneinsparung durch Abfallbeseitigung .....	84
2.2.5 Freihaltung landwirtschaftlicher Nutzflächen .....	84
2.2.6 Stärkung der Regionalwirtschaft .....	84
2.3 Märkte und Logistik .....	85
2.4 Förderungen .....	85
2.5 Preise und Risiko.....	86
3 Experten.....	86
4 Literatur .....	87

## **Teil D – Kriterienworkshop: GRÜNE BIORAFFINERIE – NACHHALTIGKEIT**

### **Protokoll und Arbeitsunterlagen**

Susanne Schidler, Markus Will .....	89
1 Arbeitsunterlagen für die TeilnehmerInnen .....	93
1.1 Programm .....	93
1.2 Kurzinformation .....	94
1.3 Indikatoren/Kriterienvorschlag.....	96
2 Protokoll .....	99
2.1 Vorwort .....	99
2.2 Einleitung .....	100
2.3 Modul 1 – „Sicherung der menschlichen Existenz“ .....	102
2.4 Modul 2 – „Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivkapitals“.....	105
2.5 Modul 3 – „Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten“.....	108
2.6 Zusammenfassungsrunde.....	111
Anhang .....	119

# Vorwort

Der vorliegende Band enthält die Original-Berichte zur Literaturrecherche über die Grüne Bioraffinerie. Diese Recherche wurde aus den Blickwinkeln verschiedener Disziplinen vorgenommen und ausgearbeitet. Es liegen hier neben einer genauen Beschreibung der Technologie (Teil A) und deren Entwicklung auch Kurzberichte über soziale (Teil B) sowie ökonomische Aspekte (Teil C) vor. Diese bildeten die Grundlage für weitere Untersuchungen.

Darüber hinaus findet sich hier das Protokoll des ExpertInnenworkshops „Grüne Bioraffinerie und Nachhaltigkeit“ der die Entwicklung von Nachhaltigkeitskriterien für die Grüne Bioraffinerie zum Ziel hatte.

**Teil A**

**ERGEBNISSE DER  
LITERATURRECHERCHE:  
TECHNOLOGIEBESCHREIBUNG**

**Stefan Kromus**



# Inhalt – Teil A

1	Einleitung.....	3
2	Geschichtliche Entwicklung.....	4
2.1	Europa .....	4
2.2	Österreich .....	5
2.2.1	Vorversuche von H. Steinmüller.....	5
2.2.2	Weitere Entwicklung der Bioraffinerie in Österreich .....	6
3	Grüne Bioraffinerie Österreich – Organisationsprinzipien .....	7
3.1	Dezentrale Grüne Bioraffinerie .....	10
3.2	Zentrale Grüne Bioraffinerie .....	11
3.3	Semi-dezentrale Grüne Bioraffinerie.....	12
4	Technologiebeschreibung – Überblick .....	13
5	Rohstoffe – Anbau, Ernte und Silierung .....	15
5.1	Dauerwiesen .....	15
5.1.1	Kräuter im Dauergrünland.....	16
5.1.2	Erträge im Dauergrünland .....	16
5.2	Wechselwiesen (Feldfutterbau) .....	16
5.3	Sämereiwiesen .....	17
5.4	Luzerne Bestände .....	17
5.5	Düngung von Wiesen und Grünfutterflächen .....	18
5.5.1	Kleereiche Mischbestände.....	18
5.5.2	Gräserreiche Bestände und Grasreinbestände.....	18
5.6	Bearbeitung und Ernte – Silagebereitung.....	19
6	Fraktionierung.....	20
6.1	Vorbehandlung des Rohstoffs (Zerkleinerung – Zellaufschluss).....	20
6.1.1	Zerkleinerungstechnik .....	20
6.1.2	Desintegration oder Zellaufschluss .....	21
6.2	Presstechnik.....	22
7	Herstellung von Proteinkonzentraten .....	24
7.1	Proteinabtrennung aus dem Grassaft .....	25
7.1.1	Koagulation durch Hitze.....	25
7.1.2	Ultrafiltration .....	26
7.1.3	Weitere Methoden .....	26
7.2	Stand der Technik.....	26
7.3	Produkte aus Proteinen.....	27
7.4	Zu erwartende Preise für Proteinprodukte.....	28
7.4.1	Proteinhaltige Futtermittel (Eiweißfuttermittel).....	28
7.4.2	Milchaustauscher (MAT) .....	29
7.4.3	Protein für industrielle Anwendungen (inkl. Casein) .....	29
7.4.4	Rubisco aus Grünmasse.....	30
8	Herstellung von Milchsäure und Derivaten aus Silage.....	32
8.1	Entstehung der Milchsäure .....	32
8.2	Gewinnung der Milchsäure .....	32
8.2.1	Fermentative Darstellung von Milchsäure in aktuellen Versuchen.....	34
8.3	Ethyllactat (Holten 1971) .....	35
8.3.1	Geschichte des Ethyllactat (Galactic 1998).....	35
8.3.2	Herstellung von Ethyllactat .....	35
8.4	Produktbeschreibung Milchsäure .....	37
8.4.1	Milchsäure als Säuerungs- und Konservierungsmittel.....	37
8.4.2	Milchsäure als Reinigungs – und Desinfektionsmittel.....	37

8.4.3	Milchsäure als Futtermittelzusatz.....	38
8.4.4	Milchsäure als Neutralisationsmittel.....	38
8.5	Produktbeschreibung Ethyllactat.....	39
8.6	Produktbeschreibung Polylactid.....	39
8.7	Zu erwartende Preise von Milchsäureprodukten.....	40
8.7.1	Polymere aus Milchsäure (PLA).....	40
8.7.2	Ethyllactat.....	40
9	Herstellung von Grasfaserprodukten.....	42
10	Umsetzung von Restströmen in einer Biogasanlage zur Erzeugung von Prozessenergie.....	43
10.1	Ausgangspunkt – Energiepflanzenvergärung und Silagevergärung.....	43
10.2	Kriterien für eine ökonomische Bewertung von Biogasanlagen (Graf 2001).....	44
10.3	Biogasertrag pro kg Trockenmasse.....	45
10.4	Graskonservierung und -zerkleinerung.....	45
10.5	Lagerung.....	45
10.6	Gärtemperatur und Verweilzeit.....	45
10.7	Prozess-Stabilität.....	46
10.8	Biogaserzeugung in Gemeinschaftsanlagen.....	46
11	Literatur.....	47

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung A-1:	Wichtigste Produkte einer Grünen Bioraffinerie.....	7
Abbildung A-2:	Das System „Grüne Bioraffinerie“ als Kooperationsmodell zwischen Landwirtschaft und Industrie.....	9
Abbildung A-3:	Dezentrale Grüne Bioraffinerie.....	10
Abbildung A-4:	Zentrale Grüne Bioraffinerie.....	11
Abbildung A-5:	Organisation GBR semi-dezentral.....	12
Abbildung A-6:	Grüne Bioraffinerie – Gesamtprozess im Überblick.....	13
Abbildung A-7:	Protein-Gewinnungsprozess der Firma France Luzerne.....	25
Abbildung A-8:	Schema einer Milchsäureaufbereitung mit Chromatografie.....	33
Abbildung A-9:	Schema einer Milchsäureaufbereitung mit Ionenaustauscher.....	34
Abbildung A-10:	Schema einer Pervaporationsanlage, Membranverfahren, (Madzingaidzo 1999).....	36
Abbildung A-11:	Modell einer herkömmlichen landwirtschaftlichen Biogasanlage (ARGE Biogas/BOKU), (Amon et al. 1997).....	44
Abbildung A-12:	„GrassPower“ Gemeinschaftsanlage Biogas [Graf, 2001].....	46

## Tabellenverzeichnis

Tabelle A-1:	Enzymatische Verzuckerung einer Gras/Klee Mischung (Steinmüller, 1991).....	5
Tabelle A-2:	Enzymatische Verzuckerung einer Gras/Klee Silage (Steinmüller, 1991).....	6
Tabelle A-3:	Eiweißversorgung in Europa; Anteil der EU-Produktion (Krumphuber 2001).....	28
Tabelle A-4:	Eiweißversorgung in Österreich; Anteil der Ö-Produktion (Krumphuber 2001).....	28
Tabelle A-5:	Aktuelle Großhandelsabgabepreise, excl. Umsatzsteuer ab Verladestation, bzw. bei Auslandware verzollt Wien, per t in Euro (Bauernzeitung, 2002, Alfalis, 2002, Agrana, 2002).....	29
Tabelle A-6:	Industrieproteine und Weltproduktion (Bonk 2001).....	30
Tabelle A-7:	Beispiel für Müllentsorgungstarife (GUT 2002).....	39
Tabelle A-8:	Marktpotenzial von Kunststoffen in der EU bis 2002 (Danner 1998).....	40

# I Einleitung

Wiesengrünmasse und andere „Grüne Biomassen“, wie z. B. Ernterückstände von Feldfrüchten beinhalten einen beträchtlichen Reichtum an Wertstoffen. Es bestehen derzeit Ansätze, „Gras“ in Zukunft nicht nur als Energiequelle, sondern auch als Rohstoff für Lebensmittel, Kosmetik- und Pharmaprodukte, zur Produktion von Chemikalien und biogenen Werkstoffen, wie Kunststoff und Verpackungsmaterial zu nutzen. Die Pflanzenfasern liefern den Ausgangsstoff für Zellulose und Dämmmaterial. Die Verarbeitung von Wiesengrünmasse wird in sogenannten „Grünen Bioraffinerien“ durchgeführt. Grüne Bioraffinerien sind kleine bis mittelgroße Systeme, die von Landwirten oder Klein- und Mittelunternehmen betrieben werden.

Bei Grünen Bioraffinerien wird vorwiegend auf einfach anwendbare und alt bekannte ökologische Technologien zurückgegriffen, die seit Jahrhunderten von Landwirten genutzt werden, wie Silierung, Gärungstechnik, Destillation, etc. Dazu sind allerdings auch moderne Methoden notwendig, um die weitere Verarbeitung und Produktveredelung zu optimieren. Beispielhaft zu nennen sind hier Membrantrennverfahren (z. B.: Ultrafiltration) zur Proteinanreicherung aus den Grassäften, die mittels Pressung gewonnen werden, oder Biogasanlagen nach dem neuesten Stand der Technik. Alle notwendigen Zerkleinerungs-, Press- und Filteranlagen werden bereits als mobile Elemente (Maschinen bzw. Anlagenmodule) angeboten. Dies kann nicht zuletzt auf die enormen Entwicklung in der oft dezentralen Entsorgungstechnik zurückgeführt werden. Eine Reihe von Firmen, wie z. B. Fa. Kompotech, Fa. Doppstedt und Fa. Netzsch haben eine große Produktpalette im Bereich mobiler Entsorgungstechnik. Aber auch Anbieter mobiler Pressen und Filtrationsanlagen (z. B. Fa WAT Norderstedt oder Mobile Press Technology) und Entwickler solcher Technologien sind bekannt.

## 2 Geschichtliche Entwicklung

### 2.1 Europa

Die Wurzeln der Grünen Bioraffinerie gehen zurück in das 18. Jahrhundert (Pirie 1987), als zum ersten Mal Proteine aus einer Gras-Klee-Mischung abgetrennt wurden. Seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts wird weltweit Forschung auf dem Gebiet der „Leaf Protein Concentrates“, (LPC) (Pirie 1987; Telek 1983), betrieben, wobei Gras bzw. Luzerne als Rohstoff eine wesentliche Rolle spielen. Als Hauptprodukt wurde ein weißes Proteinkonzentrat angestrebt, das zum überwiegenden Teil aus Ribulose-1,5-bisphosphat carboxylase/oxygenase (Rubisco; EC 4.1.1.399) besteht. Ursprünglich war gedacht, mit diesem Proteinkonzentrat den Hunger in der Welt zu bekämpfen. Federführend waren der Brite N. W. Pirie (Pirie 1987) und R. Carlsson aus Schweden (Soyez et al. 1998). Jedoch hat sich die Technologie in diesem Sinn nicht durchsetzen können, denn die für den menschlichen Verzehr erforderliche Reinheit konnte nicht erreicht werden, und das Produkt hatte immer noch einen bitteren Geschmack.

Seit den späten 70er Jahren existieren jedoch in den USA (Proxan) und Frankreich (France Luzerne) große Anlagen zur Herstellung von grünem Futtermittelprotein aus Luzernen (engl. Alfalfa; lat. *medicago sativa*). France Luzerne hat inzwischen auch die Forschung an Humanernährung aus Luzernprotein unter dem Stichwort „functional food“ (European Commission 2000) wieder aufgenommen. Diese Proteine entstehen als „Nebenprodukt“ der Futtertrockenwerke. Denn seit der Ölkrise wird in vielen Ländern vor der Trocknung im Trommeltrockner zur Energieeinsparung eine Presse vorangestellt. Die dabei entstehenden Säfte sind nicht nur reich an Proteinen, sondern eignen sich auch hervorragend als C-Quelle in Fermentationen. R. Carlsson (Schweden) war es, der in diesem Zusammenhang den Begriff der „Green Biorefinery“ geprägt hat, denn er erkannte als erster das große Potenzial der Grünen Biomasse als nachwachsenden Rohstoff.

1990 startete Pauli Kiel (Kiel 1997) durch Anregung R. Carlssons in Dänemark die Initiative „Green Biorefinery“. Die Intention des Projekts war ursprünglich die fermentative Herstellung eines L-Lysin Konzentrats, das in der Futtermittelindustrie Verwendung finden könnte. Inzwischen wurde das Konzept um eine Option erweitert, nämlich die Erzeugung von Milchsäure bzw. Ethyl-lactat in einer kontinuierlichen Fermentationsanlage mit Grassäften als Medium.

Seit 1996 wird an der Universität Potsdam und dem Institut für Agrartechnik in Bornim im Rahmen eines Grünen Bioraffinerie Forschungsschwerpunktes an einer Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Synthese diverser Chemikalien gearbeitet.

## 2.2 Österreich

Neben der Überzeugung, dass Gras-Klee-Luzerne extrem vielseitige und reichhaltige nachwachsende Rohstoffe sind, stehen beim österreichischen Projekt Grüne Bioraffinerie besonders auch ökologische und kulturlandschaftliche Elemente im Vordergrund.

Begonnen hat die „Nawaro-Gras-Forschung“ in den späten 80er Jahren mit Verzuckerungsversuchen von Gras zur Produktion von Ethanol und dem Aufschluß von Grasfasern zur Papierherstellung (Steinmüller/Schneider 1991). Die Versuche wurden bei der Firma VABIO durchgeführt. Da es damals wie heute in Europa keine politischen Initiativen zur Ethanolerzeugung gab, wurde das Projekt wieder eingestellt. Der Linzer H. Steinmüller begann 1991 mit ersten Vorversuchen.

### 2.2.1 Vorversuche von H. Steinmüller

1991 wurde von H. Steinmüller und F. Schneider eine Studie mit dem Titel „Stellt Lignozellulose eine Alternative für die Österreichische Landwirtschaft dar?“ vorgestellt (Steinmüller/Schneider 1991).

Im Rahmen der genannten Studie wird vom Anbau von Grünmasse zum Zwecke der Zellulosegewinnung gesprochen. Unter Grünmasse versteht man Klee-gräser, Rotklee, Sommerklee, Zuckerhirse, Luzerne und Dauerwiese. Der Autor weist darauf hin, dass z. B. Raygras auch als Rohstofflieferant von Proteinen, freien Zuckern und Fasern sehr vielversprechend ist.

Die freien Zucker werden aus der Zellulose durch Säurehydrolyse oder enzymatische Verzuckerung gewonnen und einer weiteren Verwertung unterzogen. Durch Fermentation kann man Ethanol, Hefe, aber vor allem auch organische Säuren, wie z. B. Zitronensäure oder Milchsäure gewinnen.

Als Beispiel sei hier die Verzuckerung einer Gras-Klee Mischung angeführt: Die Mischung wurde bei 175 °C 15 Minuten thermisch vorbehandelt, anschließend aufgeschlossen und händisch abgepresst. Danach folgte eine enzymatische Hydrolyse.

*Tabelle A-1: Enzymatische Verzuckerung einer Gras/Klee Mischung (Steinmüller, 1991)*

Zuckerart	Zuckergehalt im Gras/Klee [g/100g TM]	Zuckergehalt nach Hydrolyse im Hydrolysat [g/100g TM]	Ausbeuten <sup>1</sup> [%]
Glucan	19,2	–	–
Glucose	5,4	21,5	73
Xylan	4,7	4,9	96
Arabinan	1,9	1,2	57
Fructose	7,7	3,4	32
Saccharose	5,5	–	–

*Ad<sup>1</sup>: Ausbeute = gewonnene Menge Zucker im Verhältnis zum Gesamtzuckergehalt des Rohmaterials (Gras/Klee Mischung).*

Da auch in der Zeit, wo kein frisches Gras zur Verfügung steht, die Anlage betrieben werden muss, wurden auch Verzuckerungsversuche mit Grassilage durchgeführt.

*Tabelle A-2: Enzymatische Verzuckerung einer Gras/Klee Silage (Steinmüller, 1991)*

Zuckerart	Zuckergehalt im Gras/Klee [g/100g TM]	Zuckergehalt nach Hydrolyse im Hydrolysat [g/100g TM]	Ausbeuten <sup>1</sup> [%]
Glucan	20,5	–	–
Glucose	–	11,1	49
Xylan	8,9	–	–
Arabinan	1,5	–	–
Fructose	–	3,7	–
Xylose	–	1,0	10

*Ad<sup>1</sup>: Ausbeute = gewonnene Menge Zucker im Verhältnis zum Gesamtzuckergehalt des Rohmaterials (Gras/Klee Mischung).*

Steinmüller unternahm 1993 auch erste vielversprechende Silage-Abpressversuche. Die weitere Aufarbeitung der Milchsäure konnte jedoch nur theoretisch abgehandelt werden (Steinmüller 1994).

## 2.2.2 Weitere Entwicklung der Bioraffinerie in Österreich

1997 veranstaltete die Universität Potsdam AG Grüne Bioraffinerie, das 1. Symposium zur Grünen Bioraffinerie. Dort wurde durch B. Kamm auch ein mögliches Verfahren zur Erzeugung von Dilactid aus fermentierten Grassäften und Silagesäften vorgestellt (Kamm/Kamm 1998; Kamm et al. 2000). Das große internationale Interesse zeigte, dass Gras, ebenso wie Klee und Luzerne, ein nachwachsender Rohstoff mit großem Potenzial ist. Angeregt durch diese Konferenz initiierten M. Narodslawsky mit dem Verein SUSTAIN, und das Kornberg Institut, 1998 einen neuen Anlauf zu Forschungen an der Bioraffinerie Österreich (Kromus 1999). Die Ergebnisse dieser ersten Vorstudie waren vielversprechend und erhielten so große Resonanz, dass die Forschungstätigkeiten intensiviert wurden. Auch das 2. Internationale Symposium zur „Grünen Bioraffinerie“ im Oktober 1999 in Feldbach zeigte großes Zukunftspotenzial auf. Es wurde aber auch vor Augen geführt, dass effizientes Handeln im komplexen Bereich der Bioraffinerie europäische Zusammenarbeit erfordert.

Parallel dazu beschäftigt sich das IFA-Tulln seit einigen Jahren sehr erfolgreich mit der Produktion von Milchsäure, auch unter der non-food Nutzung von Gras und Grassilage bzw. Maissilage (Danner et al. 1999; Madzingaidzo et al. 1999; Madzingaidzo 1999).

### 3 Grüne Bioraffinerie Österreich – Organisationsprinzipien

Wiesengrünmasse birgt enormes Potenzial in Österreich. Nach Schätzungen des BAL-Gumpenstein könnten 500.000 bis 1.000.000 t TM (Tonnen Trockenmasse) Wiesengrünmasse durch geänderte Nutzungsbedingungen bis 2008 als nachwachsender Rohstoff (NAWARO) verfügbar werden. Sollte dieser Fall eintreten, so wäre der Rohstoff von der Wiese nach Holz wohl der wichtigste NAWARO in Österreich. Derzeit findet Wiesengrünmasse und Silage primär Verwendung als Grundfutter in der Milchviehwirtschaft. Durch geänderte EU-Förderregeln (Aufhebung der Quotenregelung für Milch) und durch weitere Intensivierungen in der Milchviehwirtschaft wird durch immer weniger Kühe die gleiche Menge an Milch zu erzeugen sein. Diese „Hochleistungstiere“ benötigen allerdings weniger Grundfutter (Wiese), da die Nährstoffe immer häufiger durch „Kraftfutter“ (sehr energiereiches Futter) zugeführt werden. Diese Zukunftsperspektive wird dazu führen, dass viele ursprünglich bewirtschaftete und daher offene Gebiete weiterhin mit Wald zuwachsen werden und immer mehr Grünlandflächen unproduktiv werden. Jährlich gehen in Österreich bereits jetzt rund 4.000 ha Grünland in Wald über. Die heutige Landschaft mit dem Wechsel zwischen Wald, Wiese, Weide, Alm, Ackerland, Wein- und Obstgärten ist weitgehend der landwirtschaftlichen Nutzung zu verdanken. Eine ordnungsgemäße Pflege und Erhaltung der Wiesenflächen in allen Lagen Österreichs sowie eine spezielle Betreuung wertvoller Pflanzen- und Tiergesellschaften ist demnach ein Anliegen der Kulturlandschaftserhaltung (Buchgraber 1998).

Wiesengrünmasse bietet allerdings nicht ein Spezialprodukt an, wie z. B. Stärke, sondern zeichnet sich durch ihre Vielseitigkeit aus. Die wichtigsten Bestandteile von Gräsern sind **Zucker, Proteine und Fasern, aber auch feinstoffliche Substanzen (z. B. Carotine oder Xanthophylle)** können gefunden werden.

Daher stehen die genannten Inhaltsstoffe auch im Vordergrund bei dem Versuch, marktfähige Produkte aus dem vielseitigen Rohstoff zu erzeugen.

#### Anbau der Rohstoffe

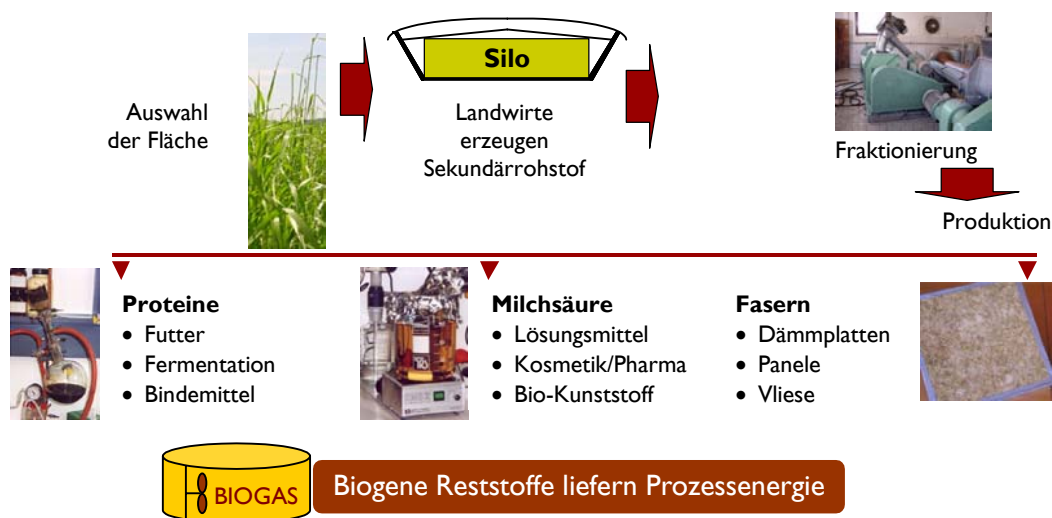


Abbildung A-1: Wichtigste Produkte einer Grünen Bioraffinerie

Die vielversprechendsten Produkte in wirtschaftlicher und technologischer Hinsicht sind:

- Milchsäure (aus den Zuckern), Milchsäureester bzw. Dilactid (Neutralisationsmittel, Lösungsmittel, Kosmetik, biologisch abbaubarer Kunststoff)
- Proteine: weiß als Rubisco bzw. grün als bulk Produkt (N-Quelle in Industriellen Fermentationen, Futtermittel, Klebstoff, Lackverbesserung, Lebensmittelindustrie)
- Xanthophylle (hauptsächlich Lutein) als Bestandteil eines Proteinkonzentrats
- Pflanzenfasern (Mulch- und Wuchsvliese, Dämmstoffe, Futtermittel)
- Energie (Strom, Wärme – über Biogasproduktion).

Die laufende Forschung zur Grünen Bioraffinerie erfolgt derzeit im Rahmen mehrerer geförderter Projekte und wird durch das Kornberg Institut des Steirischen Vulkanlandes gemeinsam mit der TU-Graz – Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und der Forschungsgesellschaft Joanneum Research – Regionale Innovations- und Forschungsstelle Hartberg koordiniert. Die entsprechenden Praxisversuche werden in den Regionen Steirisches Vulkanland (Bezirk Feldbach, Steiermark) und Hartberg durchgeführt.

Für die Verarbeitung von Wiesengrünmasse wird im Rahmen der Forschung und im internationalen Verbund eine neue Organisationsform geschaffen. Es sind einerseits Landwirte für die Produktion von Zwischenprodukten, und andererseits Industriebetriebe für die Produktion der Endprodukte beteiligt, die in Zukunft als Betreiberkonsortium auftreten könnten. Von Seiten der Industrie wird in den Forschungsprojekten mit Spezialisten für Proteine (Milchprodukte), Fasern, Milchsäure und Anlagenbau zusammengearbeitet. Diese Branchen sind es auch, die im Falle der Bildung eines Betreiberkonsortiums aus Landwirtschaft und Industrie den Part der Endproduktherstellung übernehmen könnten.

Es soll versucht werden die Fasern in vorhandene Verarbeitungsschienen der Holzfasernindustrie oder mit geringen Adaptierungen zu verarbeiten. Im Bereich Proteine wird versucht vorhandene Infrastruktur der Milchwirtschaft (Molkerei, Trockenmilcherzeugung) zu nutzen oder ebenfalls unter Anpassung der Prozessparameter mit vorhandener Infrastruktur zu operieren. In diesem Zusammenhang muss besonders darauf geachtet werden, dass der frisch gepresste Grassaft möglichst schnell weiter verarbeitet wird, bzw. sofort auf ca. 4 °C abgekühlt wird, damit die darin enthaltenen Proteine nicht abgebaut werden. Diesbezüglich laufen zur Zeit Versuche an der TU-Graz (Povoden 2002). Für die Produktgruppe Milchsäure und Derivate ist es allerdings notwendig ein neues Anlagendesign zur Abtrennung, Reinigung und Synthese zu entwerfen. Im Kapitel über Milchsäure werden diese Konzepte genauer erörtert.

Die Grüne Bioraffinerie stellt demnach ein „Multi-Product“ System dar, um den Rohstoff Wiesengrünmasse mit Technologien ganzstofflich zu nutzen. Mit ganzstofflich ist gemeint, dass der Großteil der Gesamtmasse, im wesentlichen die Inhaltsstoffe Proteine, Zucker und Faserbestandteile, technologisch verwertet werden.

Dem Konzept der Grünen Bioraffinerie Österreich liegt die Silierung der Grünmasse zugrunde. Silierung als einfachste Variante der Feststofffermentation bietet die Chance, Milchsäure kostengünstig zu erzeugen. Unter Silieren versteht man die Silagebereitung. Die Silage selbst ist das Produkt, das geformt wird, wenn Gras oder andere Materialien mit genügend hohem Feuchtigkeitsgehalt anaerob gelagert werden. Während des Silierprozesses produzieren Bakterien hauptsächlich Milchsäure, aber auch Essigsäure und Buttersäure, indem sie den Zucker des Rohmaterials abbauen (Woolford 1984). Durch hohe Qualitätsstandards in der Silagebereitung und dem Einsatz von Milchsäurebakte-



rien ist es möglich, die Produktion von Nebenprodukten, wie Essigsäure oder Buttersäure zu verhindern und damit die Erzeugung von Milchsäure zu optimieren. Silage ist aufgrund der pH-Wert Absenkung durch die Gärsäuren stabil lagerfähig und ermöglicht somit einen ganzjährigen kontinuierlichen Betrieb der Verarbeitungsanlagen. Durch die mögliche Koppelung mit Energiebereitstellung aus Biogas und der Verwertung von Co-Substraten (Gülle, Mist, biogene Abfälle) in einer Biogasanlage entsteht eine Wertschöpfungskette, die wesentlich zur Attraktivität des Konzeptes beiträgt. Für die Produktion von einzelnen Produkten kann es aber auch von Bedeutung sein, dass ein Teil der Rohstoffmenge, z. B. als Frischmasse (ohne Silierung) direkt Eingang in die Verarbeitungsschiene findet. Die Organisation läuft dann in dem Sinne ab, dass etwa während der Vegetationsperiode Frischmasse direkt von der Wiese verarbeitet wird, und im Winterhalbjahr mit Silage gefahren wird. Dies könnte sich im Falle der Proteingewinnung lohnen, da es Pflanzen (z. B. Luzerne) gibt, die besonders proteinreich, aber für die Milchsäurefermentation in der Silage eher ungeeignet sind.

Schlußendlich ist die zeitliche Abfolge der Prozessschritte so gewählt, daß sie den jahreszeitlichen Rohstoffangeboten und Anforderungen eines österreichischen Bauernhofes am besten entspricht.

In Abhängigkeit davon, wie nun die Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Industrie gestaltet wird, ergeben sich unterschiedliche Organisationsformen, die sich auf die Anordnung der „Process Units“ wesentlich auswirkt.

Die wichtigsten Faktoren für eine Entscheidung über das Organisationsprinzip sind:

- Wo befindet sich eine Biogasanlage für Restströme (Bauernhof oder Industriebetrieb)
- Wie sehen die Restströme für die Biogasanlage aus (z. B. nur Flüssigphase oder auch Fasern)
- In welchem Umfang wird Frischmasse, die unmittelbar und rasch verarbeitet werden muss, in das System einbezogen.

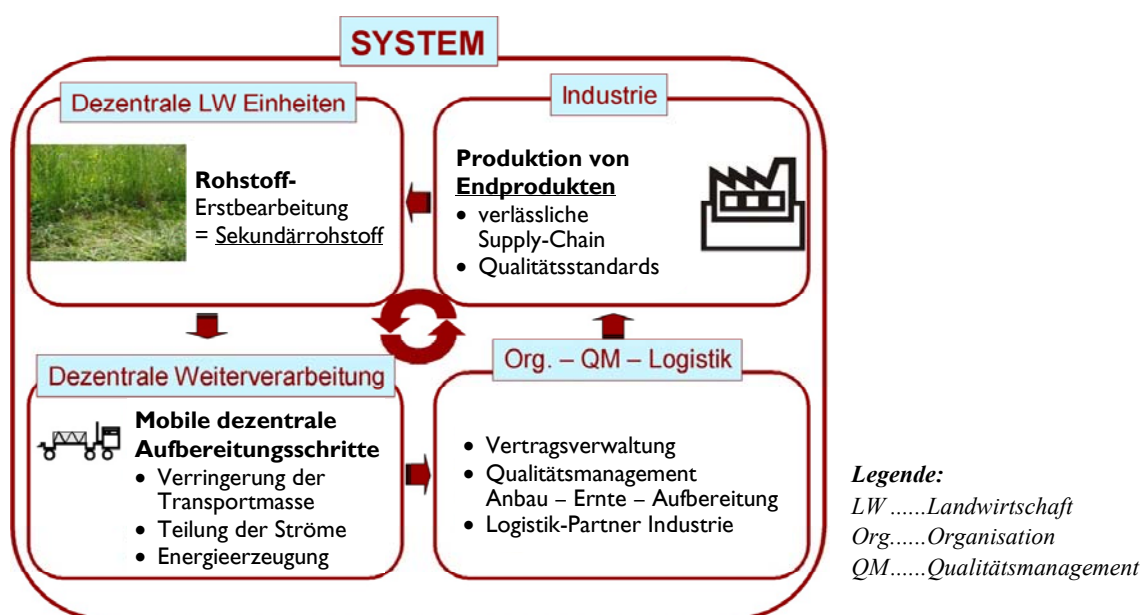


Abbildung A-2: Das System „Grüne Bioraffinerie“ als Kooperationsmodell zwischen Landwirtschaft und Industrie

Hier werden nun dezentrale, semi-dezentrale und zentrale Organisationsformen aufgezeigt.

### 3.1 Dezentrale Grüne Bioraffinerie

Dezentrale Organisation bedeutet, dass eine Biogasanlage beim Landwirt steht und eine mobile Presse und Vorreinigungsanlage (z. B. Filtration) die Bauern anfährt, und der aufkonzentrierte Saft in eine zentrale Anlage geführt und dort weiterverarbeitet wird. Die Aufarbeitung zu höherwertigem Proteinkonzentrat und Milchsäureprodukten passiert also zentral. Natürlich wird nicht unbedingt jeder Bauer seine eigene Biogasanlage besitzen, sondern es werden sich mehrere Bauern zusammenschließen. Vor allem der Umstand, dass bei Bauern, die Viehzucht betreiben, viel Gülle anfällt, die ebenfalls zu Biogas umgesetzt werden könnte, rechtfertigt diese Anlage vor Ort. Auch anderwertige pflanzliche Abfälle, Schlachthausabfälle (z. B. Fette) oder Reststoffe aus Grossküchen sind so verwertbar.

Die jahreszeitliche Anpassung erfolgt auf die Weise, dass in der warmen Jahreszeit Wiesen grünemasse siliert wird, und nach Abschluß der Gärung abgepresst und zentral weiterverarbeitet wird. Der Festanteil kann direkt vor Ort als Futtermittel konditioniert werden, gleich zur Biogaserzeugung genutzt, oder zentral zu Fasern weiterverarbeitet werden.

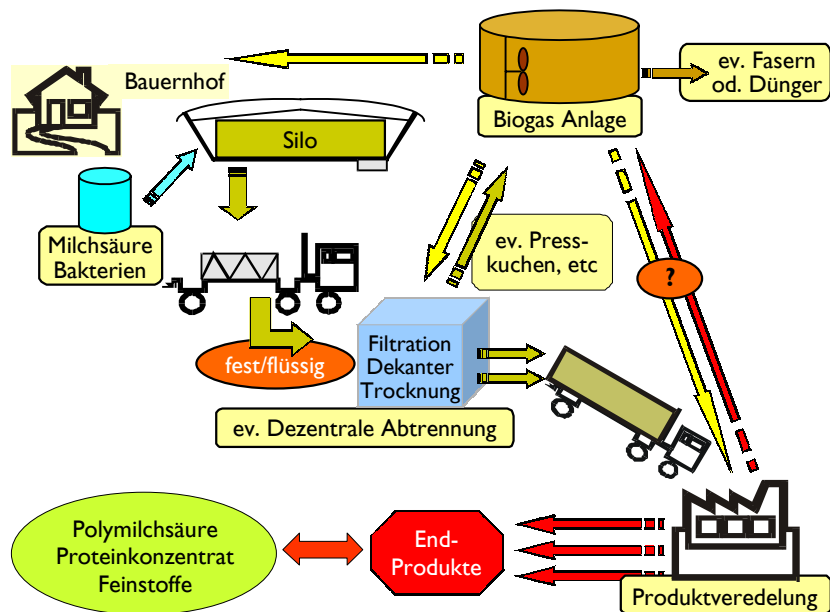


Abbildung A-3: Dezentrale Grüne Bioraffinerie

### 3.2 Zentrale Grüne Bioraffinerie

Eine zentrale GBR ist so organisiert, dass der Rohstoff zur Gänze in eine zentrale Aufbereitungsanlage transportiert wird. Als dezentrales Element bleibt demnach nur mehr die Silierung direkt am Bauernhof. In diesem Fall ist selbst die Biogasanlage zentral angeordnet und kann nur bedingt mit landwirtschaftlichen Co-Substraten (Gülle, Mist, biogene Abfälle) betrieben werden (Transportaufwand). Die Fraktionierung erfolgt nun eben nicht mehr mobil vor Ort sondern stationär in der Zentrale, wo der Presssaft sofort weiterverarbeitet wird.

Dabei werden im wesentlichen Milchsäure und Proteine abgetrennt und weiterverarbeitet. Die Milchsäure kann zu Aminiumlactat, Polylactid oder Ethyllactat veredelt werden. Der Presskuchen kann in der Biogasanlage vergoren oder alternativ zu diversen Faserprodukten (z. B. Dämmstoffe oder Vliese) verarbeitet werden.

Diese Variante scheint dann sinnvoll zu sein, wenn Fasern (Presskuchen) und Flüssigphase in ein und derselben Fabrik verarbeitet werden sollen, sprich wenn die einzelnen Ströme nicht auf verschiedene Produktionsstätten aufgeteilt und dort umgesetzt werden. Auch im Falle eines hohen Frischmasseanteils als Rohstoff scheint diese Variante sinnvoller, um hohe Produktqualität zu gewährleisten.

Alle Restströme werden in der Biogasanlage weiterverarbeitet. Der entstehende hochwertige Dünger (Biogasgülle) wird auf die Wiesen ausgebracht und damit rezykliert, die Abwärme der Gasmotoren wird im Prozess benötigt und der Überschuss an „grünem“ Strom kann ins Netz eingespeist werden

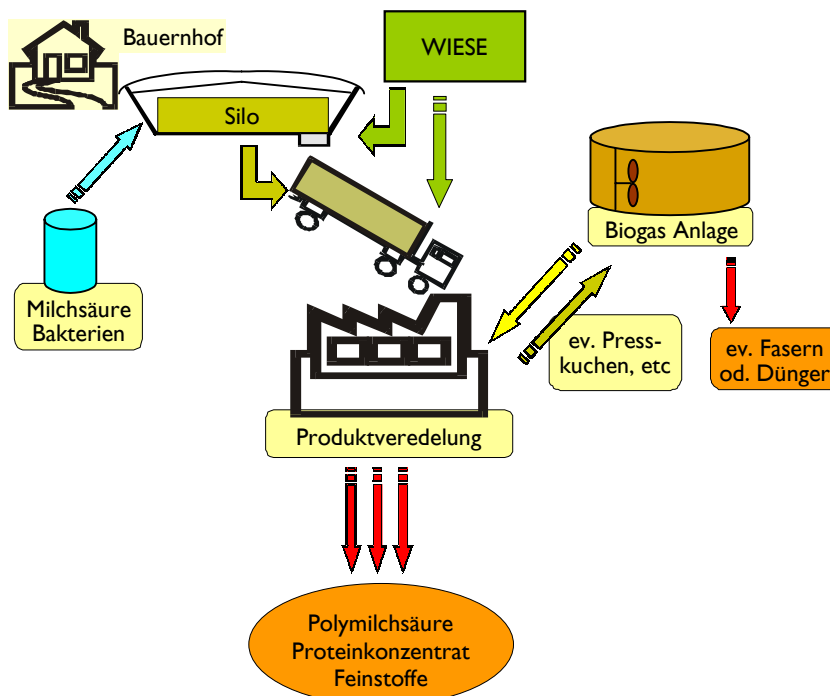


Abbildung A-4: Zentrale Grüne Bioraffinerie

### 3.3 Semi-dezentrale Grüne Bioraffinerie

Semidezentral bedeutet, dass sowohl die Bauern, als auch die zentrale Aufarbeitungsanlage eine Biogasanlage besitzen, was zwar eine große Flexibilität bedeutet, aber auch zu höheren Gesamtinvestitionen führen würde. Wie im dezentralen Konzept erfolgt das Pressen mobil beim Bauern.

Diese Organisationsform scheint nur dann sinnvoll zu sein, wenn die Produkte an unterschiedlichen Orten verarbeitet werden und die zentrale Einheit sehr groß ist, d. h. wenn aus unterschiedlichen dezentralen Einheiten die Zwischenprodukte in eine große Verarbeitungsanlage zusammenfließen. In diesem Fall ist allerdings genau zu prüfen, inwieweit die Logistikkosten in einem akzeptablen Rahmen bleiben.

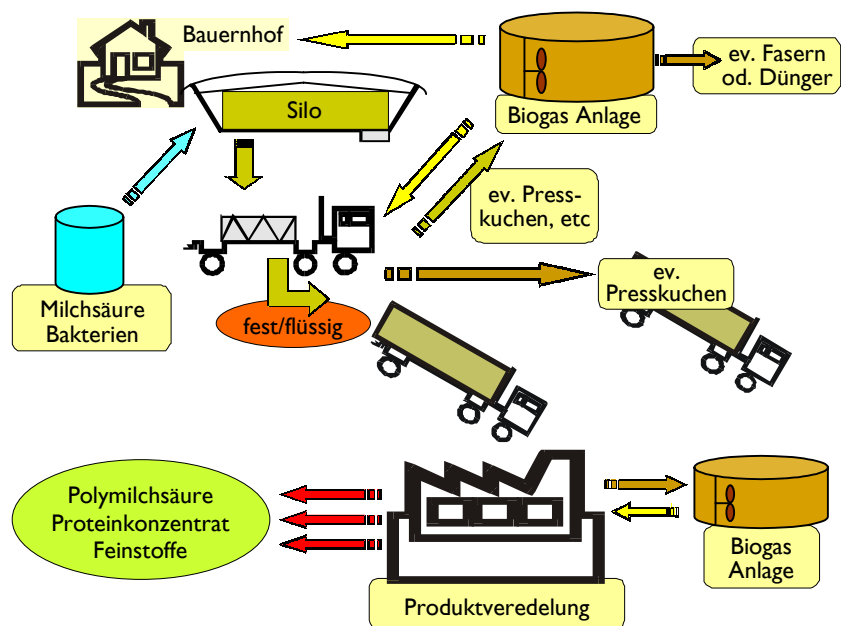


Abbildung A-5: Organisation GBR semi-dezentral

## 4 Technologiebeschreibung – Überblick

Um den Überblick zu bewahren, wird die Technologie in Module aufgesplittet. Diese Module werden auf Basis des Produkts definiert. Folgende Grafik gibt allerdings einen Überblick über das Gesamtsystem und zeigt zusammenfassend einige alternative Prozesswege auf.

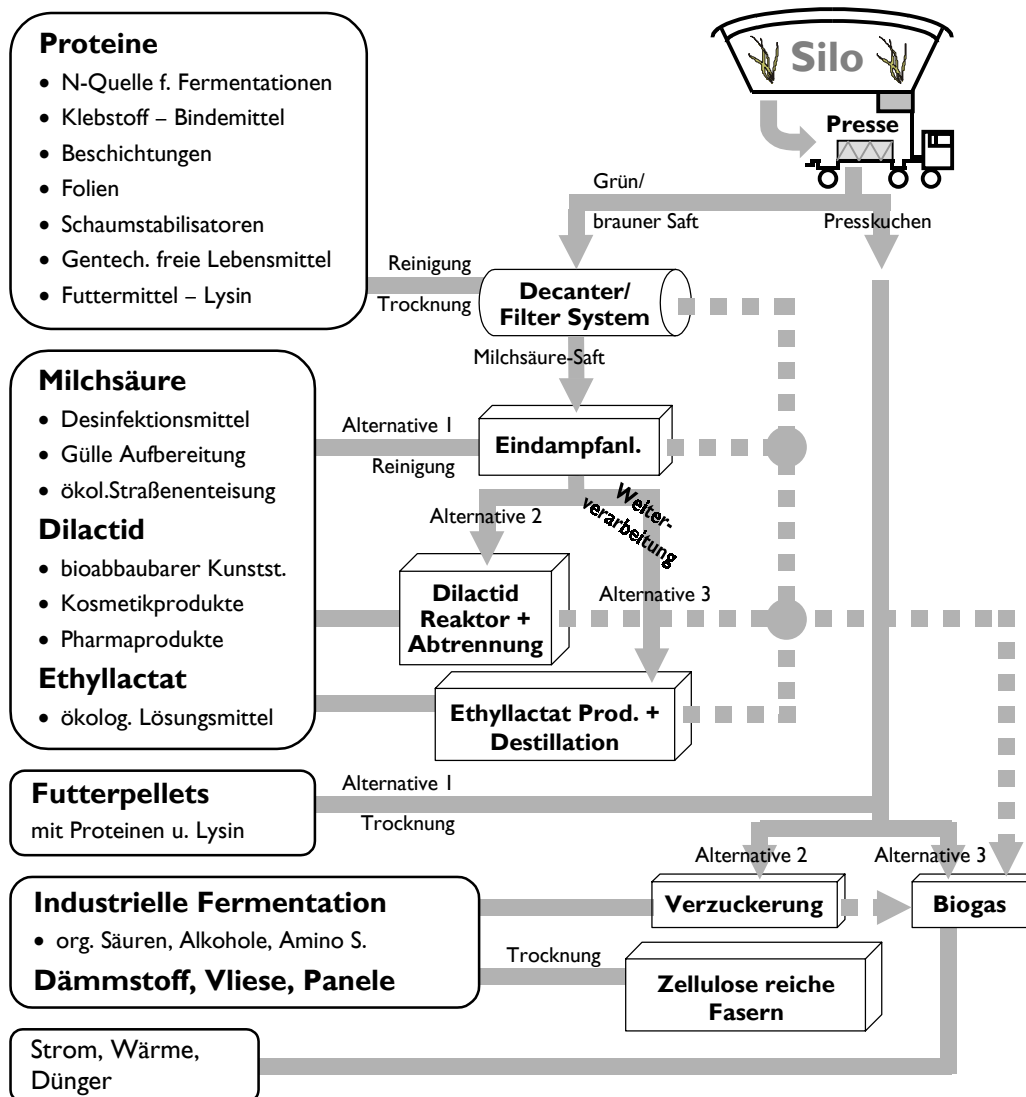


Abbildung A-6: Grüne Bioraffinerie – Gesamtprozess im Überblick

Die wesentlichen Produkte sind, wie bereits erwähnt:

- Milchsäure
- Proteine
- Fasern
- Energie aus Biogas.

Der Rohstoff Wiesengrünmasse bzw. Silage muss in einem ersten Schritt fraktioniert werden. Die Fraktionierung stellt den bestimmenden Schritt zur Erzielung von befriedigenden Produktausbeuten dar und ist daher von zentraler Bedeutung.

Demnach werden also folgende Module als „Process Units“ definiert und beschrieben:

1. Rohstoffe – Anbau, Ernte und Silierung
2. Fraktionierung (Vorbereitung, Pressung)
3. Herstellung von Proteinkonzentraten
4. Herstellung von Milchsäure u. Derivaten aus Silage
5. Herstellung von Grasfaserprodukten
6. Umsetzung von Restströmen in einer Biogasanlage zur Erzeugung von Prozessenergie.

Die entsprechenden Technologien liegen in sehr unterschiedlichem Reifegrad vor.

## 5 Rohstoffe – Anbau, Ernte und Silierung

Der österreichische Grünland- und Viehbauer nutzte bisher die Wiesen und Weiden mit seinen Rindern, Schafen, Ziegen und Pferden. Stand bisher in der traditionellen Bewirtschaftung die Produktion von hochqualitativen Lebensmitteln allein im Vordergrund, so wuchs in den letzten Jahren das gesellschaftliche Bewusstsein für eine intakte Kulturlandschaft, die den Lebensraum für eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt darstellt und einen ausreichenden Schutz für Trinkwasser und den Boden bietet (Buchgraber 1998). Wiesen bieten eine Fülle an ökologischen Funktionen. Speziell wenn Maislandwirtschaft durch Wiesen oder Wechselwiesen ersetzt wird kann ein beträchtlicher ökologischer Zugewinn entstehen. Auch eine sinnvolle Fruchtfolge mit Mais und Klee-graswiesen oder eine Winterbegrünung und Futterwiese als Zwischenfrucht trägt zur Nachhaltigkeit einer Region bei (Kromus 1999).

Es kann allerdings nicht ausschließliches Ziel des Wiesenbaus sein, alle Flächen so intensiv wie möglich zu nutzen. Um die agrarökonomischen (viel und hochqualitative Grünmasse) und die ökologisch-sozialen (hohe Artenvielfalt, offene Kulturlandschaft) Aufgaben der Landnutzung geschickt zu vereinen, ist ein differenzierter, „abgestufter“ Wiesenbau anzustreben. Dabei sollten auf jedem Bauernbetrieb (oder Kleinregion), neben sehr intensiv bewirtschafteten Klee-Gras Wiesen oder Leguminosendecken, ungedüngte Magerwiesen und wenig intensiv genutzte Heuwiesen vorhanden sein. In allen Wiesen muss eine besondere Gruppe von Gräsern bestandsbildend sein (dem Standort und der Nutzungsintensität angepasst), damit geringwertige Futterpflanzen und Unkräuter nicht zum Problem werden können (Dietl et al. 1998).

Obwohl die Feldversuche zur Grünen Bioraffinerie im Steirischen Vulkanland (Bezirk Feldbach, Steiermark.) erfolgen soll hier keine Standort gebundene Beschreibung der Wiesen erfolgen. Daher erfolgt die Einteilung in

1. Dauerwiesen
2. Wechselwiesen (Feldfutterbau als Klee-Gras dominierter Bestand)
3. Sämereiwiesen (Monokulturen)
4. Leguminosenanbau (Beispiel Luzerne).

All diese Wiesen sind die wesentlichen und interessanten Rohstofflieferanten für die Grüne Bioraffinerie. Als Beispiele werden zuweilen Versuchs-Daten der „Feldbacher“ Grünen Bioraffinerie herangezogen.

### 5.1 Dauerwiesen

Bei Dauerwiesen (Dauergrünland) mit einer Artenvielfalt von ca. 50, stellt die Auswahl der richtigen Flächen hohe Anforderungen.

Flächen mit einem hohen Anteil an Gräsern mit schlechter Futterqualität sollten jedenfalls vermieden werden (z. B. Gemeine Rispe, Weiche Trespe, Wolliges Honiggras, Rohrschwengel, Borstgras, Rasenschmiele, etc.). Wesentlich im Dauergrünland ist ein harmonischer, stabiler Bestand mit einem starken Grasgerüst und einer dichten Narbe.

**Nicht wünschenswert sind im Dauergrünland:** aufgelockerte Bestände, Ausfälle von wichtigen Gräsern, hohe Krautanteile oder totale Verkrautung, da dies

in den meisten Fällen zur Instabilität des Ökosystems Wiese führt und den Bestand der jeweiligen artenreichen Dauerwiese gefährdet. Im Extremfall müsste dann eine hunderte Jahre alte Wiese umgebrochen (gepflügt) und neu angesät werden. Derartige Entwicklungen sind meistens auf nicht angepasste Nutzungsintensitäten bezüglich des Standorts zurückzuführen (Dietl et al. 1998; Buchgraber et al. 1994).

### 5.1.1 Kräuter im Dauergrünland

Unter „Kräuter“ versteht man in der Grünlandwirtschaft sämtliche Pflanzen, die nicht zu den Gräsern und zu den Kleearten gehören.

Da auch Proteinkonzentrate als Futtermittel untersucht werden sollen, ist es wichtig, dass im Dauergrünland keine für Mensch und Tier (Rinder, Schweine, Geflügel) giftigen Pflanzen bzw. Kräuter mit antinutritiven Faktoren (ernährungsphysiologisch negativ wirkende Substanzen) vorkommen (z. B. Ampfer). Denn diese Substanzen könnten sich durch Wechselwirkungen mit den Proteinen bei der Aufkonzentrierung der Eiweiße ebenfalls aufkonzentrieren und sich negativ auf die Verbraucher auswirken. Zusätzlich ist es wichtig zu beachten, dass es Kräuter mit einer Neigung zur Bestandsdominanz gibt (Ampfer, Brennnessel, Geißfuß, Pestwurz, etc.). Diese Kräuter sollten einen Anteil von 20 bis 40 Flächen-% keinesfalls übersteigen. Dies kann durch die entsprechende Bestandsführung (Düngung, Häufigkeit der Schnitte, punktuelle Unkrautbekämpfung) erfolgen.

Ursachen für Verunkrautung können sein (Kessler/Dietl 1997):

- zu häufiges und im Frühling zu frühes Nutzen
- Beschädigung der Pflanzendecke durch Maschinen, zu tiefer Schnitt, Bearbeitung bei nassem Boden
- übermäßige Gaben von Gülle und mineralischem Stickstoff
- Pilzbefall und Schädlingsbefall.

Wesentlich für eine erfolgreiche Grünlandbewirtschaftung ist einerseits die optimale Phosphor, Kalium und Stickstoff (PKN)Versorgung als auch die Auswahl der Arten.

### 5.1.2 Erträge im Dauergrünland

Je nach Nutzungsintensität (sollte Standort spezifisch gewählt werden) der Dauerwiese und Geländeform lassen derartige Flächen bei 3–4 Schnitten pro Jahr Erträge zwischen 4000 und 9000 kg TM/ha\*a (Trockenmasse pro Hektar und Jahr) erwarten (Buchgraber et al. 1998).

## 5.2 Wechselwiesen (Feldfutterbau)

In der Literatur (Buchgraber et al. 1994; McGrath 1988) sind die bestgeeignetsten Gräser für eine Grüne Bioraffinerie angeführt (bezogen auf den Zucker- u. Proteingehalt):

- Italienisches Raygras (Welsches Weidelgras): *Lolium multiflorum*
- Englischs Raygras (Deutsches Weidelgras): *Lolium perenne*



- Bastard Raygras (Bastard Weidelgras) – Kreuzung zw. Italienischem und Englischem Raygras: *Lolium hybridum*
- Luzerne: *Medicago sativa* sind als Spezialkultur besonders reich an Proteinen (Lehmann/Jorquera 1999).

Ähnlich wie bei anderen Ackerfrüchten (Mais, Getreide), können bei mehrjährigem Grünland Monokulturen nur unter Einsatz von Herbiziden etabliert werden. Daher muss eine standortangepasste und ein gegen Unkräuter und Schädlinge resistenter Mischbestand etabliert werden (stabiles Ökosystem). Wesentlich für mehrjährige Dauerwiesen ist auch ein Kleeanteil von 20–50 %, da diese Leguminosen (Bakterien – Rhizobien in den Wurzeln binden Luftstickstoff) die Stickstoffversorgung des Gesamtbestandes wesentlich verbessern (Dietl 2000).

Interessant sind daher existierende ÖAG-Samenmischungen, wobei die für die Versuche vorliegende Mischung (IM) einen Kompromiss zwischen intensiver und extensiver Bewirtschaftung darstellt (Buchgraber 2001). Wechselwiesen, wie Reingrasbestände, oder Klee-Gras-Mischbestände erlauben bis zu 5 (in milden Regionen bis zu 6) Schnitte mit Erträgen von 9000 bis 12000 kg TM/ha\*a.

### 5.3 Sämereiwiesen

Speziell aus dem Raum Steirisches Vulkanland (Bezirk Feldbach, Steiermark) ist von der Möglichkeit der Nutzung von Sämereiwiesen in einer Grünen Bio Raffinerie zu berichten. Im Raum Feldbach wird auf ca. 200 bis 300 ha Grassamenvermehrung betrieben. Der entsprechende Samentrocknungsbetrieb ist in der Gemeinde Auersbach/Wetzelsdorf angesiedelt. Grassamen werden 1 bis 2 mal im Jahr geerntet. Alle weiteren Schnitte könnten kostengünstig in eine Grüne Bio Raffinerie Eingang finden.

Derzeit werden hauptsächlich angebaut:

- Bastardraygras (*Lolium hybridum*)
- Knaulgras (*Dactylis glomerata*)
- Rotklee (*Trifolium pratense*).

### 5.4 Luzerne Bestände

Luzerne (*Medicago sativa* als wichtigste Vertreterin) liefert nicht nur sehr hohe Trockenmasseerträge (bis 16 t Trockenmasse pro ha und Jahr) sondern produziert auch die höchsten Eiweisserträge (bis 2500 kg Rohprotein pro ha und Jahr). Zusätzlich sind Luzernen Tiefwurzler ( $\geq 4$  m) und ertragen daher Trockenheit relativ unbeschadet. Luzernen binden als Leguminosen (Knöllchenbakterien in den Wurzeln) Luftstickstoff zur Nährstoffversorgung der Pflanze. Allerdings wachsen Luzernen bevorzugt auf kalkhaltigen (basischen – pH > 6,5) Böden und mögen keine Staunässe. Luzernen sollten in warmen Regionen mit weniger als 1000 mm Jahresniederschlag angebaut werden. Durch ihre Basizität und den geringen Zuckergehalt sind sie allerdings nur bedingt tauglich zur Silageerzeugung. Im Rahmen der Grünen Bio Raffinerie, wo es um eine Maximierung der Milchsäure in der Silage geht, kommen sie nicht in die engere

Auswahl zur Silagebereitung. Allerdings ist die Frischnutzung zur Proteinherzeugung mit Rohproteingehalten von bis zu 26 % in der Trockenmasse äußerst interessant (Lehmann/Jorquera 1999).

## **5.5 Düngung von Wiesen und Grünfütterflächen**

Eine standortgerechte und ordnungsgemäße Düngung im Grünland nach der Wasserrechtsgesetznovelle 1990 liegt dann vor, wenn pro Hektar und Jahr nicht mehr als 210 kg feldfallender Stickstoff bzw. 3,5 DGVE (Düngergrössvieheinheiten – 1 DGVE = jährliche Ausscheidung von 105 kg Stickstoff und 15 kg Phosphor) auf die Wiesen und Weiden rückgeführt werden (Buchgraber et al. 1994).

Allgemein kann gesagt werden, dass eine differenzierte Düngung in Abhängigkeit vom Standort, von der Hanglage, dem Pflanzenbestand, der Nutzungsfrequenz und dem angestrebten Ertragsniveau Voraussetzung für eine ökologisch sinnvolle und ökonomisch vertretbare Maßnahme ist (Buchgraber et al. 1994).

### **5.5.1 Kleereiche Mischbestände**

Für kleereiche Mischbestände bzw. Klee-Gras Bestände muss eine Phosphor-Kalium (PK)-Versorgung sichergestellt sein, d. h. wenn Bodenwerte von über 10 mg/100 g Feinboden vorhanden sind, so reicht eine PK-Düngung auf Entzug (PK-Gabe bemessen nach der durch die Pflanzen entzogenen Nährstoffe). Es ist bei solchen Beständen mit angepassten Stallmist- bzw. Kompostgaben in gezieltem Umfang vorzugehen. Gülle- und Jauchegaben sollten auf kleereichen Beständen nur ausnahmsweise und in geringen Mengen verabreicht werden (Buchgraber et al. 1994).

### **5.5.2 Gräserreiche Bestände und Grasreinbestände**

In gräserreichen Beständen bzw. Grasreinbeständen ist der Einsatz von Gülle bzw. Jauche wegen ihrer rascheren Stickstoffwirksamkeit in Gaben von max. 10 bis 15 m<sup>3</sup>/ha und Aufwuchs angebracht. Ebenso könnte, wenn der N-Bedarf nicht über Wirtschaftsdünger zu decken ist, hier auch mineralischer Stickstoff eingesetzt werden, wobei pro Aufwuchs, um das Grundwasser zu schützen, 30 bis 50 kg N/ha nicht überschritten werden sollen (Buchgraber et al. 1994).

Die verwendete Gülle sollte 1:1 oder 1:1,5 mit Wasser verdünnt und auf einen TM Gehalt von 6 % gebracht werden, um eine gute Pflanzenverträglichkeit zu gewährleisten.

In der Region Feldbach (Grüne Bioraffinerie Versuche) wird Grünland leider allzu häufig mit Mineraldünger (meist der Marke Nitromoncal) gedüngt, da argumentiert wird, dass die Pflanzen, speziell im Sommer, sonst durch die Basizität der Gülle (Ammonium) verätzt werden. Dies könnte jedoch bei einer sorgsameren Aufbereitung der Gülle (Belüftung, Verdünnung) vermieden werden. Auch von Biogasgülle wird berichtet, dass sie durch den geringeren Trockenmassegehalt trotz höherem pH-Wert wiesenverträglicher ist (Amon et al. 1997).

## 5.6 Bearbeitung und Ernte – Silagebereitung

Die Flächen für eine Grüne Bioraffinerie werden so bearbeitet, wie es für die optimale Grünfuttergewinnung üblich ist (Buchgraber et al. 1994). Wichtig zur Erzeugung von optimalen Silagen ist, dass die Ernte bis spätestens Ende Rispen- und Ährenschieben erfolgt. Das frische Gras muss bis zu einem optimalen TM-Gehalt von 30 bis 40 % angewelkt werden.

Punkt 1 bis 10 gibt einen Überblick über die erforderlichen Schritte bei Anbau und Ernte. Im Falle von Frischgras endet die Bearbeitung nach einer kurzen Anwelkphase von max. 4 Stunden und dem Häckseln. Daraufhin muss frische Wiesen grünmasse sofort verarbeitet werden.

1. Abschleppen (Buchgraber et al. 1994) der Flächen (Einebnen der Erdhaufen von Maulwürfen, Wühlmäusen, etc.)
2. Düngung (Nährstoffzugabe für das Gedeihen von Futterpflanzen) mit Gülle im Ausmaß von 10 bis 15 m<sup>3</sup>/ha und Schnitt (Basis 6 % Trockenmasse); oder Vollkorn Mineraldünger (Phosphor-Kalium-Stickstoff Mischdünger) für die Intensiv- und Sämereiflächen (Fläche zur Samengewinnung).
3. Mähen zum richtigen Zeitpunkt (Ende Ähren und Rispenschieben der Leitgräser – 1. Schnitt Anfang bis Mitte Mai) und in einer Mindesthöhe von 5–7 cm.
4. 1 bis 2 mal zetzen (aufwerfen und verteilen) und wenden bis zu einem Trockenmassegehalt von 30 bis 35 % im Falle der Silierung. Im Falle der Frischgrasnutzung wird max. 4 Stunden angewelkt. Als Anwelken bezeichnet man die Phase des Antrocknens.
5. Schwaden (Zusammenrechen von Schnittgras zu langgezogenen Haufen).
6. Häckseln durch z. B. Selbstfahrhäcksler (Zerkleinerung) auf 2 bis 5 cm Länge – auffangen des Häckselgutes in Transportanhängern.
7. Transport zum Fahrsilo („Traunsteiner“ Silo).
8. Befüllen des Silos und Zugabe der Milchsäurebakterien.
9. Verdichten der Wiesen grünmasse (auspressen des Sauerstoffes) mittels schwerem Traktor und Walze (oder Radlader) – zu erreichende Dichte: 180 kg Trockenmasse pro m<sup>3</sup>.
10. Abdecken des Silos mit speziellen Silofolien und Absicherung gegen mechanische Einwirkung – möglichst luftdichte Abdeckung.

Der Gärprozess sollte nach ca. 3 Wochen abgeschlossen sein. Dies ist der Fall, wenn die Milchsäurebakterien aufgrund des niedrigen pH-Wertes bzw. aufgrund der Produktinhibition keine weitere Milchsäure erzeugen können.

Für die Silierung von Wiesen grünmasse sind laut Angaben von Praktikern kombiniert mit eigenen Berechnungen ca. 14 Maschinenstunden pro Hektar (bei 4 Schnitten und einem Gesamtertrag von 7,5 t TM/ha\*a) notwendig. Die offiziellen Berechnungen sind allerdings immer wesentlich höher. So gibt der Standarddeckungsbeitragskatalog (BMLF 2000) für Intensivfeldfutter Anwelksilage 44 Arbeitskraftstunden an. Für die Erzeugung von Silomais (Ende Teigreife) wird im Standarddeckungsbeitragskatalog ein vergleichbarer Gesamtarbeitsbedarf bei Standardmechanisierung von 37 bis 42 Stunden pro Hektar angegeben (BMLF 2000). Es ist allerdings anzunehmen, dass Landwirte in der Praxis bei effizienter Leistung ebenfalls unter 20 Stunden pro Hektar benötigen. Die Maschinenstunden beziehen sich auf 50 bis 65 PS Traktoren und zum geringeren Teil auf schweres Gerät (z. B. Feldhäcksler mit 360 PS).

## 6 Fraktionierung

Eine der wichtigsten Process-Units bei der Verarbeitung von Wiesengrünmasse in einer Grünen Bioraffinerie ist die Fraktionierung, der Trennung der Saftphase mit den Inhaltsstoffen Proteine und Milchsäure von der festen (Presskuchen = faserreiches Strukturmaterial) Phase. Durch die Fraktionierungseinheit wird die Ausbeute der im Saft gelösten Wertstoffe bestimmt. Durch die Erhöhung des sogenannten Abpressgrades oder/und durch eine prozesstechnisch bewirkte Erhöhung der Trockenmasse im Presssaft wird die Ausbeute an Wertstoffen bestimmt.

Wesentliche Parameter sind:

- Zustand des Rohmaterials (Gehalt an wasserlöslichen Proteinen, Milchsäure, Zucker, Asche, Feuchte, Faseranteil, etc.)
- Vorbehandlung des Rohstoffs (Häcksler, Shredder, Mühle, sonstiger physikalisch-chemischer Zellaufschluss)
- Presstechnik (eigentlicher Fraktionierungsschritt).

### 6.1 Vorbehandlung des Rohstoffs (Zerkleinerung – Zellaufschluss)

Bevor der Saft aus der Wiesengrünmasse bzw. Silage gewonnen werden kann, ist es notwendig, dass der Rohstoff zumindest zerkleinert wird, um in eine entsprechende Presseinheit (meist Schneckenpresse) Eingang finden zu können. Um jedoch möglichst hohe Ausbeuten der oben beschriebenen Inhaltsstoffe, speziell Proteine, zu erreichen, ist es von großer Bedeutung, weitergehende sogenannte mechanische, chemisch-physikalische oder/und biotechnologische (Enzyme) Desintegration oder Zellaufschluss zu betreiben. Alternativ zum Zellaufschluss ist auch ein zweifacher Pressvorgang denkbar.

#### 6.1.1 Zerkleinerungstechnik

Für die Zerkleinerung stehen hauptsächlich klassische Maschinen der Landtechnik oder Entsorgungstechnik zur Verfügung.

Dies sind:

1. Selbstfahrhäcksler (motorisierter Häcksler – ähnlich Mähdrescher)
2. Standhäcksler (stationäre Maschine meist mit Elektromotor)
3. Kurzschnittladewagen (Einzug ist mit Messerreihe ausgestattet – wird von Traktor gezogen)
4. sonstige Shredder oder Häcksler der Entsorgungstechnik (mobil oder stationär).

Mit Häckslern erreicht man Schnittlängen zwischen 1 cm und 10 cm, mit Kurzschnittladewagen jedoch nur 5 cm bis 15 cm.

Für die Versuche im Rahmen der Grünen Bioraffinerie Forschung wurden im Jahr 2000 und 2001 Standhäcksler benutzt, die Gutlängen im Bereich 2 bis 7 cm erlaubten. Diese Art der Behandlung kann jedoch nicht als Desintegration oder Zellaufschluss bezeichnet werden. Um jedoch Ausbeuten zu optimieren, kann auf eine zumindest mechanische Penetration der Pflanzen nicht verzichtet werden.

## 6.1.2 Desintegration oder Zellaufschluss

Die Fragestellung des Zellaufschlusses von Gräsern oder Klee bzw. Luzernen wurde bereits vor ca. 100 Jahren im Zusammenhang mit optimierter Proteinabtrennung aus Wiesengrünmasse aufgeworfen (Pirie 1987). In der die Historie beschreibenden Literatur werden unterschiedlichste, teilweise aus heutigem Stand des Wissens „wilde“ Maschinen und Methoden beschrieben, die hier nicht näher erläutert werden sollen. (Telek 1983).

Sehr wichtig allerdings ist die Unterscheidung zwischen folgenden Methoden:

1. Mechanischer Aufschluss
2. physikalisch-chemischer Aufschluss (Dampf, Druck, Säuren, Laugen, elektrische Spannung)
3. biotechnologischer Aufschluss (Enzyme).

### **Mechanischer Aufschluss**

Der in der Literatur am häufigsten beschriebene Aufschluss von Wiesengrünmasse bezieht sich auf die mechanische Bearbeitung des Rohstoffs.

Es kommen im wesentlichen folgende Geräte zum Einsatz:

1. Feinshredder (Mazerator)
2. Mühlen (Hammermühlen, Schlegelmühlen, Schneidmühlen)
3. Pulper (für Suspensionen).

In den wichtigsten Verfahren in diesem Bereich (Pro-Xan, VEPEX, France Luzerne) (France Luzerne 2001; Telek 1983), aber auch in Deutschland in anderem Zusammenhang wurden und werden mechanische Geräte benutzt (Heier 1983). In Publikationen aus den USA werden ebenfalls Hammermühlen erwähnt (Koegl et al. 1999). Im Fall des VEPEX Prozesses handelte es sich um eine Eigenkonstruktion. In den übrigen Beschreibungen werden Hammer- bzw. Schlegelmühlen genannt.

Heier (1983) beschreibt eine technische Realisierung geeigneter Beanspruchungsverhältnisse durch dynamische Bearbeitung des Halmguts mit schnell umlaufenden Schlagwerkzeugen oder durch Umformung in Matrizenpressen. Pflanzenart, Pflanzenalter und Feuchtegehalt sind von entscheidender Bedeutung für Wirksamkeit, Durchsatz und Energiebedarf der Aufschlussmaschinen. Blattreiches Gut (Luzerne) kann laut Heier durch Extrusion gut aufgeschlossen werden, während Halmgut mit geringem Blattanteil (Gras) durch rotierende Hämmer am effektivsten aufgeschlossen wird. Heier beschreibt weiters die Entwicklung einer eigenen Hammerprallmühle in der das Gras durch schwere, rotierende Hämmer sowie beim Aufprall auf innen an dem geschlossenen Stator angebrachte Prallrippen zerschlagen und zerrieben wird. Claus (1985) gibt den Energiebedarf für dieses System für junges Gras (Schnittzeit: Ähren-/Rispen-schieben) mit 60 kWh/t an.

Auch in der Entsorgungstechnik werden Hammer- bzw. Schlegelmühlen (Grün-gut Shredder) eingesetzt. Die Fa. Doppstedt bietet beispielsweise einen mobilen Shredder mit einem 315 kW Dieselmotor an und schätzt den möglichen Durchsatz mit ca. 21 t Gras/h. Bei voller Leistung würde dies einen Dieselverbrauch von ca. 40 l/h bedeuten. Umgerechnet wären das ca. 20 kWh/t Gras Energieverbrauch. Dieser Wert scheint ein brauchbarer Wert für moderne mechanische Aufschlussmaschinen zu sein.

### **Physikalisch-Chemischer Aufschluss**

Diese Verfahren sind weit verbreitet, wenn es darum geht, Fasern aufzuschließen und Zellulose zu gewinnen (Papierindustrie). Auch für Gras werden in der Literatur Verfahren beschrieben, die darauf abzielen, Fasern in monomere Zucker umzuwandeln (Steinmüller/Schneider 1991; Grass/Hansen 1999). In den beiden erwähnten Fällen wird der physikalisch-chemische Aufschluss mit enzymatischer Umsetzung der Zellulose in Zucker kombiniert.

Diese Verfahren werden in den unterschiedlichsten Temperaturbereichen, unter Druck, und pH-Werten von stark sauer bis stark basisch betrieben. Da diese „brutale“ Art der Behandlung eine Zerstörung der Proteine wahrscheinlich erscheinen lässt wird sie für die Grüne Bioraffinerie nicht in Betracht gezogen.

In diese Kategorie der Aufschlussmethoden fällt allerdings auch ein Verfahren, dass in jüngster Zeit vermehrt in der Lebensmitteltechnologie eingesetzt wird. Es handelt sich dabei um den Zellaufschluss mittels elektrischer Hochspannungsimpulse (HIS) oder englisch High Intensity Electric Field Pulses (HELP). Kurzzeitige (100 Nanosekunden bis wenige Millisekunden) Änderungen der elektrischen Feldstärke induzieren an bestimmten Stellen der Zellmembranoberfläche Ladungsverdichtungen. Wird das kritische Membranpotenzial von ca. 1 V (Volt) überschritten, führt dies zum Durchbruch der Membran. Pilotversuche werden derzeit zur optimierten Gewinnung von Kartoffelstärke durchgeführt. Auch für eine Grüne Bioraffinerie scheint dieses Verfahren großes Potenzial aufzuweisen. Denn bei niedrigen (50 % vom mechanischen Aufschluss) Investitionskosten wird ein Energieverbrauch von nur 3 kWh/t Frischmasse prognostiziert (Heinz 2002).

### **Biotechnologischer Aufschluss**

Im Bereich des enzymatischen Aufschlusses wurde in den 80er und 90er Jahren des letzten Jahrhunderts ausgiebig geforscht. Meist wurde eine Kombination von Dampfaufschluss und enzymatischer Hydrolyse gewählt. Hierbei ging es primär um die Umwandlung von Fasermaterial (Zellulose, Hemizellulose) in monomere (fermentierbare) Zucker.

Zusammenfassend kann betont werden, dass für die österreichische Grüne Bioraffinerie folgende Aufschlusstechnologien in die engere Wahl kommen:

1. Zerkleinerung ohne direkten Aufschluss (Häcksler)
2. Mechanischer Aufschluss mittels Mühle oder Shredder (Entsorgungstechnik)
3. Zellaufschluss mittels elektrischer Hochspannungsimpulse.

## **6.2 Presstechnik**

Nach dem Aufschluss (freilegen der Inhaltsstoffe, die in die flüssige Phase überreten sollen) findet die eigentliche Fraktionierung (fest/flüssig Trennung) statt. Es existieren unzählige Anbieter von Schneckenpressen, die für dieses Vorhaben besonders geeignet scheinen. Wichtig ist, dass die Safttemperatur durch das Pressen 40 bis 45 °C nicht übersteigt, um eine Denaturierung der Proteine (für den Fall der Anwendung von Membrantrennverfahren) zu verhindern. Angeboten werden „single = einfache“ und „twin = doppel“ Schnecken- oder Schraubenpressen. Im Falle von Doppelschneckenpressen arbeiten zwei parallel nebeneinanderliegende Schnecken gegeneinander das Gut auf.

Wesentlich für eine erfolgreiche Abpressung ist die Erreichung eines hohen Trockenmassegehalts im Presskuchen ( $\geq 50\%$ ) (Koch 1983) und damit eines hohen Abpressgrades. Natürlich ist auch der Trockenmassegehalt im Presssaft ausschlaggebend für befriedigende Ausbeuten (TM Presssaft 5 bis 20 %).

Im Falle der Verarbeitung von Anwelksilage (Trockenmasse von 30 bis 40 %) werden besondere Anforderungen an eine Presse gestellt. Viele Hersteller von Pressen bezweifelten im Rahmen der Recherchen, dass derartiges Material überhaupt ausgepresst werden kann. Inzwischen konnte von der Forschungsgruppe der österreichischen Grünen Bioraffinerie das Gegenteil bewiesen werden.

Für die Versuche im Rahmen der Grünen Bioraffinerie Österreich (Feldbach, Stmk.) wurde im Jahr 2001 eine einfache Schneckenpresse herangezogen, die sich als sehr brauchbar erwies. Steinmüller (1994) schätzte im Rahmen seiner Studie einen Energieverbrauch von 25 kWh/t Silage. Dieser Wert scheint aus heutiger Sicht nach wie vor aktuell zu sein.

## 7 Herstellung von Proteinkonzentraten

Nahrungsproteine haben neben ihrer ernährungsphysiologischen Funktion auch eine Rolle als funktionelle Bestandteile in Lebensmittelsystemen. Diese „funktionellen“ Eigenschaften umfassen die Wasserlöslichkeit, Wasserbindung und Quellung, das Schaumbildungs- und Emulgiervermögen, Hitzekoagulierbarkeit und Geliervermögen, rheologische Eigenschaften u. a. m. (Kinsella 1976; Schwenke et al. 1983; 1992; Zayas 1997). Als Strukturbildner tragen Proteine in komplexen Systemen wesentlich zu deren physiko-chemischen und physikalischen Eigenschaften bei. Ihre als „Technofunktionalität“ zusammengefassten funktionellen Eigenschaften sind deshalb ausschlaggebend für die Verarbeitung in komplexen Systemen, sei es für Zwecke der Ernährung oder aber für technische Anwendungen außerhalb der Ernährung („Non-Food-Use“). Letztere gewinnen zunehmend an Bedeutung.

Verschiedene Methoden der chemischen Modifizierung ermöglichen eine zielgerichtete Verbesserung der funktionellen Eigenschaften durch Veränderung von Oberflächenladung und nativer Konformation ohne Spaltung der Molekularstruktur (Ellis 1981). Beispielsweise führen schrittweise Succinylierung oder Acetylierung von Amino- und Hydroxylgruppen in 11-S-Globulinen zur kontinuierlichen Verbesserung der Emulgieraktivität von Proteinisolaten. Diese hohe Verschäumkapazität wird bei unmodifizierten Proteinen nur durch Hitzebehandlung und dadurch bedingter Denaturierung erreicht (Schwenke et al. 1983). Auch die Geliereigenschaften sind beeinflussbar: Während unmodifizierte Proteine in der Regel undurchsichtige (opaque) Gele nach erfolgter Hitzedenaturierung (70–90 °C) ergeben, liefern erschöpfend modifizierte Proteine weitgehend durchsichtige Gele bereits wenig oberhalb der Raumtemperatur (Schwenke/Dahme 1997; Drahl/Schwenke 1986). Temperatur und pH-Einflüsse während der Isolierung und Verarbeitung der Proteine können die native Struktur zerstören (Denaturierung).

Bei Pflanzenproteinen sind Wechselwirkungen mit einer Vielzahl phenolischer Verbindungen (van Buren/Robinson 1969), Phytinsäure (Mothes et al. 1990) und anderen Inhaltsstoffen für die Veränderung funktioneller Eigenschaften mitverantwortlich. Die verschiedenen Wechselwirkungen können positive oder negative Auswirkungen auf die Funktionalität der Proteine haben. So kann die elektrostatische Komplexbildung von Rapsproteinen mit Phytinsäure zu löslichen, hitzestabilen Verbindungen führen, unter ungünstigen Bedingungen jedoch auch unlösliche Proteine erzeugen.

Der Proteingehalt grüner Blätter wird wesentlich vom Alter, der Pflanzenart und den Standortfaktoren bestimmt. So werden Rohproteingehalte in der Trockenmasse zwischen 16 und 24 % (Luzerne, Kohl, Soja) gemessen, bei speziellen Arten noch mehr. Grünmasseproteine sind hauptsächlich Enzyme und deren Untereinheiten tragen zur Photosynthese, bzw. zum Binden des CO<sub>2</sub> aus der Luft bei. Hauptsächlich handelt es sich dabei um Rubisco, dem häufigsten Protein der Welt, da es in jeder Pflanze vorhanden ist. In Spinatblättern macht es 75 % der gesamten Blattproteine, in Weizenrönpflanzen und Gerste 63–75 % in Mais und Sorghum-Hirse 15 % der löslichen Proteine aus (Ellis 1979; 1981; Soyuz et al. 1998; Ecochard et al. 1991). Die Werte variieren bei anderen Grasarten auch je nach Genotyp und Vegetationszyklus. 40 % des Proteins im frischen Raygras besteht aus Rubisco, davon bleibt im Silagegras etwa die Hälfte erhalten (Davies et al. 1998). 28 % der Proteine im Frischgras sind Photosynthese-Enzyme, die Photosystem I und II genannt werden (Messman et al. 1994). Die Denaturierungstemperatur liegt, je nach Art und Standort, zwischen 79 und 99 °C.



## 7.1 Proteinabtrennung aus dem Grassaft

Es gibt mehrere Methoden, im wesentlichen haben sich hier zwei durchgesetzt, die wie folgt beschrieben werden können:

### 7.1.1 Koagulation durch Hitze

Die funktionelle Eigenschaft, in der Hitze zu koagulieren, war das erste Kriterium für die Definition von Proteinen als eigene Substanzklasse. Mildes Erwärmen ergibt zunächst eine grügefärbte Fraktion; weiteres Erhitzen liefert einen fast farblosen Niederschlag. Das erste moderne Verfahren, von Pirie in Rothamsted (Pirie 1966) entwickelt, bediente sich der Hitzeokoagulation von grünen Presssäften bei einer Temperatur von etwa 70 °C, was ein Konzentrat mit einem Proteingehalt von etwa 60 % ergab.

In der Folgezeit wurden modifizierte Verfahren entwickelt, bei denen die Fällung der Proteine bei Temperaturen um 80 °C erfolgte. Stufenweises Erhitzen des grünen Presssaftes ermöglichte schließlich eine fraktionierte Gewinnung von Proteinen unterschiedlicher Zusammensetzung.

Bei ca. 60 °C (durch kurzzeitige Dampfinjektion erreicht) fällt die grüne Fraktion (Chloroplasten) aus, das weiße Rubisco wird dann durch weiteres Erhitzen auf 80 °C gewonnen (Pro-Xan Prozess).

Die Firma France Luzerne wendet diesen Prozess in einer modifizierten Form an, um aus Luzernen Futtermittel-Proteine herzustellen (France Luzerne 2001) Abbildung 7 zeigt das Schema dieses Prozesses.

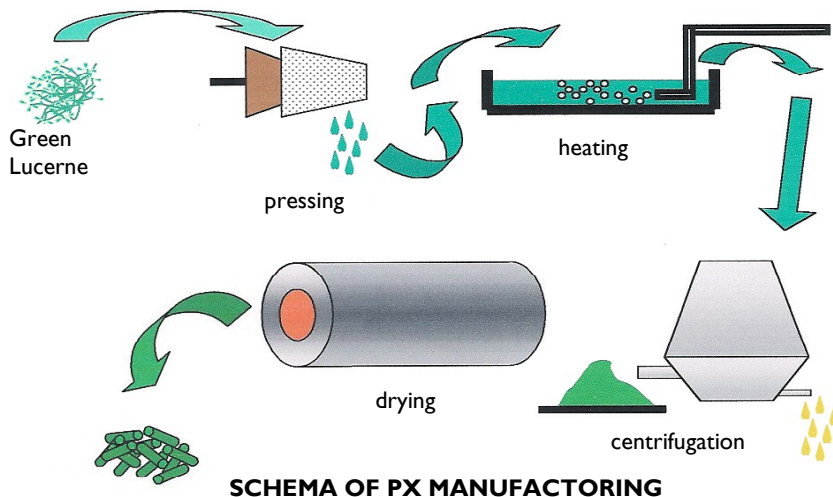


Abbildung A-7: Protein-Gewinnungsprozess der Firma France Luzerne

Eine Variation dieses Verfahrens ist der VEPEX Prozess, der in einer Pilotanlage in Ungarn verwirklicht wurde (Kohler/Knuckels 1977). Der große Vorteil der fraktionierten Trennung ist, dass dadurch hochwertiges „weißes“ Protein gewonnen werden kann. Der Nachteil aller Fällungsmethoden durch Hitze ist die Denaturierung (Verlust der nativen Proteinstruktur). Die Methode der fraktionierten Fällung ist bei Silage durch die bereits zum Teil erfolgte Hydrolyse der Proteine zu Peptiden und freien Aminosäuren voraussichtlich nicht befriedigend anwendbar.

### 7.1.2 Ultrafiltration

Diese sehr schonende Methode ist ein Membrantrennverfahren, wo je nach Wahl der Membran, Proteine bestimmter Größe aufkonzentriert werden können.

Der Unterschied zu einer herkömmlichen Filtration ist, dass gelöste statt feste Stoffe abgetrennt werden können. An der Membran reichern sich die Proteine an, unterstützt durch einen angelegten erhöhten Druck, der das Wasser quasi aus dem Konzentrat herauspresst. Das Konzentrat nennt man auch Retentat, die proteinarme Fraktion, die die Membran passieren kann heißt Permeat. Wie groß die Moleküle sind, die durch die Membran können, wird prinzipiell von membranspezifischen Parametern bestimmt, vor allem vom sogenannten MWCO (Molecule Weight Cut Off), allerdings bildet sich beim Prozess eine Deckschicht, die sogenannte Sekundärmembran, die den effektiven Rückhalt bestimmt. Die Materialien, aus welchen solche Membranen gefertigt werden sind z. B. organische Polymere, Keramik und andere. Der große Vorteil dieser Methode ist, dass sie die native Struktur der Proteine erhält und die Proteine dadurch löslich bleiben (Karlsson et al. 1994) Nachteilig wirkt sich die lange Verweilzeit aus, wodurch die Proteine abgebaut werden könnten. Ein mögliches Clogging der Membran ist bei der Prozessführung ebenso in Betracht zu ziehen. Der größte Nachteil ist allerdings, dass man, um eine gute Anreicherung zu erzielen, bei niedrigem Permeatflux, eine große Membranfläche braucht (mehrere Module) und dadurch die Anlage eventuell nicht mehr wirtschaftlich ist (Rautenbach 1997).

### 7.1.3 Weitere Methoden

Alternative Methoden sind zum Beispiel isoelektrische Fällungen der Proteine durch Variation des pH-Wertes, die maximale Ausbeute liegt z. B. bei Luzerne-Extrakten zwischen pH 3,5 und 4,7 (Lu/Kinsella 1972; Wang/Kinsella 1976). Nachteilig ist hier die denaturierende Wirkung der pH-Wert-Änderung.

Weitere Alternativen sind Fällungen durch „Aussalzen“ und mit Hilfe von polyanionischen, polykationischen oder neutralen Polymeren als Fällungsmittel (Knuckles et al. 1980; Bray/Humphries 1979; Baraniak et al. 1989). Vorteil ist die Erhaltung der Nativität der Proteine, nachteilig wirkt sich das Hinzufügen zusätzlicher Chemikalien aus, da diese wieder abgetrennt werden müssen.

## 7.2 Stand der Technik

Die Anreicherung aus dem Saft mittels Ultrafiltration ist beim Frischgrassaft erfolgreich, bei Silagegras ist allerdings im Presssaft bereits Protein abgebaut, so dass hauptsächlich die freien Aminosäuren bzw. Peptide geringer Molekülmasse vorhanden sind. Die Möglichkeiten, die sich daraus ergeben sind zur Zeit Gegenstand aktueller Forschungen. Erprobt werden einerseits chromatografische Methoden, andererseits gibt es den Ansatz, durch Hitzeokoagulation oder auch Polymerisation der Peptide ein eiweißreiches Produkt zu erhalten. Der Proteingehalt der Säfte heimischer Gräser ist nach neuesten Analysen (BOKU Wien November 2001, TU-Graz Dezember 2001, Jänner 2002, UNPUBLISHED) doch geringer als erwartet. Der Aminosäuregehalt im Saft beträgt ca. 10 bis 25 g/l, davon ist etwa die Hälfte Protein, der Rest sind freie Aminosäuren und

Peptide. Aus diesem Grund werden folgende drei Verfahren in Hinblick auf optimale Ausbeute in der nächsten Zeit getestet: Das Verfahren der Firma France Luzerne als Referenzverfahren (France Luzerne 2001), ebenso ein reines Ultrafiltrationsverfahren mit speziellen Membranen, sowie eine Kombination von Ultrafiltration und Hitzekoagulation.

Ein weiterer Aspekt ist die geringe Haltbarkeit von Frischgrassaft. Nach der Pressung sollte er so schnell wie möglich weiterverarbeitet werden, da sonst die Proteine zu schnell abgebaut werden. Hier bietet die zentrale Organisation der GBR Vorteile, bei der dezentralen und semi-dezentralen Variante müsste der vor Ort gepresste Saft schnell auf etwa 0–4 °C gekühlt, und auch während des Transports zur zentralen Anlage auf dieser Temperatur gehalten werden.

Weitere Szenarien sind natürlich möglich, wie z. B. dass der Saft schon vor Ort weiterverarbeitet wird, das heißt, dass entweder durch Fällung oder eine mobile Filteranlage das Protein gleich vor Ort abgetrennt wird und, wenn möglich, auch gleich getrocknet und dadurch haltbar gemacht wird.

### 7.3 Produkte aus Proteinen

Die Produkte, die aus Proteinen erhalten werden können sind sehr mannigfaltig. Da geringfügige chemische Modifikationen bereits große Effekte auf Wasseraufnahmefähigkeit, Löslichkeit, Adsorptionsverhalten, Schaumbildung etc. haben, sind vielfältige Einsatzmöglichkeiten gegeben (Schwenke et al. 1983; Drahl/Schwenke 1986).

Auch ohne chemische Modifikationen ist Rubisco ein äußerst hochwertiges Produkt, dessen Wert als Lebensmittel für den Menschen aber stark von der erreichbaren Reinheit abhängt. Dafür geeignet wäre das gereinigte „weiße Protein“, das „grüne“ Protein kommt aber als hochwertiges Futtermittel, das auch noch reich an Xanthophyllen und Carotinen ist, für Tiere in Frage. Xanthophylle und Carotine gehören zur Gruppe der Carotinoide, die, z. B. als  $\beta$ -Carotin Vorläufer des Vitamin A sind, und auch färbende Wirkung haben, wie beispielsweise als gelber Farbstoff im Eigelb (France Luzerne 2001).

Im Zusammenhang mit BSE kann ein Proteinkonzentrat nicht-tierischen Ursprungs das Mittel der Wahl sein, um eine mögliche Infektionsgefahr hintanzuhalten. Bezüglich einer möglichen Proteingewinnung aus Tiermehl ist zu sagen, dass an der TU-Graz von G. Braunegg (Institut für Biotechnologie) an der Entwicklung von Methoden gearbeitet wird, BSE-Erreger mit einem genormten Verfahren („rendering“) zu deaktivieren. Der Prozess der Isolierung und Aufarbeitung der Proteine befindet sich allerdings erst in der Planungsphase. Erste Versuche werden diesbezüglich laut, TU-Graz, ab Frühjahr 2002 beginnen. Allerdings entsprechen aus dem Blickwinkel artgerechter Tierhaltung pflanzliche Eiweißstoffe eher den Anforderungen. Proteine aus Tiermehl sind daher eher für technische Anwendungen geeignet.

Hier eine Übersicht über mögliche Produkte aus Proteinen:

- N-Quelle für Fermentationen
- Klebstoffe, Bindemittel
- Beschichtungen, Folien
- Schaumstabilisatoren (z. B. für die Industrie bei Flotationsverfahren)
- Gentechnikfreie Lebensmittel (weißes Protein)
- Futtermittel.

## 7.4 Zu erwartende Preise für Proteinprodukte

### 7.4.1 Proteinhaltige Futtermittel (Eiweißfuttermittel)

Insgesamt werden in der EU 50,3 Mio. t Eiweißfuttermittel verbraucht; diese enthalten 20,8 Mio. t Protein. Bekanntermaßen spielt Sojaschrot in der Eiweißversorgung die herausragende Rolle. Fast 12 Mio. t Eiweiß stammen aus Sojaschrot, oder 57 % des gesamten Bedarfes. Lediglich sehr bescheidene 3 % des verwendeten Sojas stammt aus EU-Produktion.

Tabelle A-3: Eiweißversorgung in Europa; Anteil der EU-Produktion (Krumphuber 2001)

Produkt	Einsatz in 1000 t	Entspricht Protein in 1000 t	Durchschn. Proteingeh. in %	Anteil an der Eiweißversorgung in %	Produktionsanteil EU in %
Sojaschrot	26.500	11.925	45	57,2	3
Rapsschrot	5.800	1.900	33	9,1	90
Sonnenblumenschrot	4.800	1.840	38	8,8	35
Andere Schrote	4.500	1.800	40	8,6	15
Leguminosen (vorwiegend Erbsen)	5.400	1.460	27	7,0	87
Tiermehl (bisher)	2.400	1.320	55	6,3	100
Fischmehl	900	585	65	2,8	55
<b>Insgesamt</b>	<b>50.300</b>	<b>20.830</b>	<b>-</b>	<b>100,0</b>	<b>28</b>

Quelle: Ernährungsdienst XII/00

Österreich liegt durch seinen relativ hohen Anteil an Rapskuchen- und Leguminosenverwendung verglichen zum EU-Durchschnitt etwas besser. Etwa ein Drittel des verwendeten Eiweißes stammt aus österreichischer Produktion. Die Relation wird sich allerdings kurzfristig durch das Tiermehlverbot verschlechtern. Sobald das Protein aus Tiermehl durch Importsoja ersetzt sein wird, wird der Inlandsanteil an der Eiweißversorgung auf ca. 25 % absinken (Krumphuber 2001).

Tabelle A-4: Eiweißversorgung in Österreich; Anteil der Ö-Produktion (Krumphuber 2001)

Produkt	Einsatz in 1000 t	Entspricht Protein in 1000 t	Durchschn. Proteingeh. in %	Anteil an der Eiweißversorgung in %	Produktionsanteil EU in %
Sojaschrot	470.000	207.000	44	67,6	3
Rapsschrot	100.000	34.000	34	11,1	100
Sonnenblumenschrot	40.000	12.000	30	3,9	100
Andere Schrote	20.000	5.000	25	1,6	-
Leguminosen	100.000	21.000	21	6,9	100
Tiermehl (bisher)	40.000	22.000	55	7,2	100
Fischmehl	9.000	5.000	56	1,6	-
<b>Insgesamt</b>	<b>779.000</b>	<b>306.000</b>	<b>-</b>	<b>100,0</b>	<b>ca. 32</b>

Quelle: Agrarnet; Autor: DI Christian Krumphuber, LK OÖ, 28.12.2000

Der Ersatz von Tiermehl durch heimische Eiweißpflanzen wird kurzfristig nicht möglich sein. Will man jedoch die Abhängigkeit der Landwirtschaft von Futtermittelimporten nicht weiter erhöhen, könnten **Grünmasseproteine** eine wesentliche Rolle spielen. Eine andere Alternative dazu wäre nur der forcierte Anbau von Ölpflanzen, wie z. B. Sonnenblumen od. der Sojaanbau in Österreich, zumal auch Vollsoja bis zu einem gewissen Grad einsetzbar ist – allerdings mit vorheriger thermischer Behandlung (Toastung). Im Falle von Ölpflanzen muss jedoch gesagt werden, dass der Pflanzenölmarkt derzeit nicht weiter aufnahmefähig ist.

## Preisstruktur

Tabelle A-5: Aktuelle Großhandelsabgabepreise, excl. Umsatzsteuer ab Verladestation, bzw. bei Auslandsware verzollt Wien, per t in Euro (Bauernzeitung, 2002, Alfalis, 2002, Agrana, 2002)

Produkt	Durchschn. Proteingeh. in %	Preis Ende 2000 [€/t]
Sojaschrot	44	245–252
Sojaschrot (Deutschland)	49	268–275
Rapsschrot	34	170–175
Sonnenblumenschrot	38	155–160
Leinschrot	36	320–325
Kartoffelprotein	75	654
PX Super France Luzerne (Preis ab Werk) (Luzernproteinkonzentrat)	52	700

Ölsaatschrote stellen ein Abfallprodukt aus der Ölerzeugung dar und werden im Normalfall nicht weiter aufbereitet. Es handelt sich hier um eine zusätzliche Wertschöpfungsmöglichkeit für diese Stoffe. Kartoffelprotein wird aus den Abwässern der Kartoffelstärkeindustrie gewonnen. PX Super ist ein Nebenstrom aus der Grünmehlerzeugung. Der Preis wird primär durch den Rohproteingehalt bestimmt. PX Super weist zusätzlich einen hohen Gehalt an Xanthophyllen auf (Geflügelzucht).

### 7.4.2 Milchaustauscher (MAT)

Milchaustauscher werden speziell in der Kälber- und Ferkelaufzucht eingesetzt. Die Preise bewegen sich im Bereich € 872,00 bis € 1308,00 pro Tonne. Proteinkonzentrate für die Verwendung als Futtermittel aus Grünmasse sind durch die Qualitätsmerkmale (Aminosäuren, Carotinoide) im Marktsegment um € 700 anzusiedeln (Lorenz 2001).

### 7.4.3 Protein für industrielle Anwendungen (inkl. Casein)

Bislang wichtigstes industriell eingesetztes Protein aus Pflanzen ist Sojaprotein, von dem 1990 weltweit etwa 95000 Tonnen gewonnen wurden. Die USA waren und sind noch heute der Spitzenproduzent mit etwa 70000 Tonnen jährlich, wovon 35 000 Tonnen zur Herstellung von Papier und Verpackungen verwendet werden. Oberflächenbeschichtungen mit Sojaprotein-Isolaten als Bindemittel beeinflussen unter anderem die Bedruckbarkeit und die mechanische Belastbarkeit von Papier sowie die Haftung der wasserlöslichen Druck-

farbe. Da sich Papiere und Verpackungen besser recyceln lassen, wenn sie mit Protein statt mit synthetischen Stoffen beschichtet sind, werden die Forschungen auf diesem Gebiet seit einiger Zeit intensiviert. Als Grundstoff für Beschichtungen sowie für Leime und Kleber findet außerdem Weizengluten Verwendung, von dem als Nebenprodukt der Stärkegewinnung weltweit pro Jahr etwa 450000 Tonnen anfallen.

Vor allem in Europa wurde seit jeher das Milchprotein Casein statt dem in den USA verwendeten Sojaprotein als Bindemittel für Papierbeschichtungen genutzt, das sich außerdem für die Herstellung von Etikettierklebstoffen, Leimen und Lederdeckfarben eignet. Der Einsatz von Casein ist jedoch in diesen Sparten infolge der Konkurrenz petrochemischer Produkte weltweit unter 5000 Tonnen pro Jahr gesunken.

Die Gewinnung industriell einsetzbarer Proteine aus Pflanzen kostet heute etwa genauso viel wie die petrochemische Herstellung, sie ist zum Teil sogar günstiger. Soja- und Erbsenprotein sind beispielsweise auf dem Weltmarkt etwa gleich teuer wie die synthetischen Polymere Polyvinylacetat und Polyvinylalkohol, das Weizenprotein Gluten ist sogar weitaus billiger. Solche Preisvergleiche sind allerdings problematisch und eigentlich nur zulässig, wenn mit den verglichenen Grundstoffen oder über deren chemisch-technische Umwandlungsprodukte auch die gleiche Produktpalette erreichbar ist. Die Verwendung pflanzlicher Proteine hängt stark von den funktionellen Eigenschaften ab (Bonk 2001).

*Tabelle A-6: Industrieproteine und Weltproduktion (Bonk 2001)*

Protein	Produktion (t)
<b>Gesamt</b>	<b>1000000</b>
Weizengluten	450000
• für techn. Nutzung weltweit	4500
Sojaproteinisolate	95000
• für techn. Nutzung in den USA	35000
• für techn. Nutzung in Deutschland	175
Casein	200000
• für techn. Nutzung weltweit	40000
• für techn. Nutzung in Deutschland	6500
Rapsprotein	keine Angaben
Kartoffelprotein	keine Angaben
Erbsenprotein	keine Angaben

#### 7.4.4 Rubisco aus Grünmasse

Rubisco wird industriell derzeit nicht hergestellt. Reines Rubisco könnte als Ersatz für gentechnisch veränderte Sojaprodukte in der Nahrungsmittelherstellung als Zusatz für Saucen und Würste, aber auch Desserts wie Mousse-au-Chocolat verwendet werden (France Luzerne 2001).

Vergleicht man Rubisco mit Casein könnten sich die Erlöse auf ca. € 2,54/kg bis € 5,00/kg Rubisco belaufen (AURO 2001).

Für Österreich liegen leider keine Daten für den Verbrauch von Eiweiss in der Industrie und Lebensmitteltechnik vor. Es kann jedoch angenommen werden,

dass der Druck von Seiten der Öffentlichkeit gegen genmanipulierte Produkte nicht abnehmen wird. Daher sehen wir speziell im Bereich Lebensmittel auch eine Chance in Österreich. Aber auch andere funktionelle Eigenschaften des Rubisco (siehe auch 7.3) sind derart interessant, dass eine Markteinführung zunächst mit kleinen Mengen durchaus erfolgreich sein könnte. Als Hemmnis ist hier allerdings die mögliche aufwendige Reinigung zu nennen, um ein lebensmitteltaugliches Produkt zu erhalten.

## 8 Herstellung von Milchsäure und Derivaten aus Silage

### 8.1 Entstehung der Milchsäure

Milchsäure entsteht in der Silage durch anaeroben Abbau von Zuckern. Aus den in der Pflanze vorhandenen Zuckern (Kohlenhydraten) entsteht durch Glykolyse Pyruvat und daraus Milchsäure. Auch Proteine können zu Milchsäure abgebaut werden. Durch Desaminierung reagieren sie zu Oxosäuren, die wiederum in Pyruvat umgewandelt werden. Das Pyruvat kann dann mittels NAD zu verschiedensten Verbindungen reagieren, z. B. Ethanol, Propionat, Butyrat, und vor allem zu Milchsäure (Karlsson et al. 1994).

Die Hauptwege der Fermentation von Fructose und Glucose können in homofermentativ und heterofermentativ eingeteilt werden. Homofermentative Bakterien oxidieren Zucker ausschließlich zu Milchsäure. Heterofermentative Bakterien produzieren über einen anderen Mechanismus auf Kosten der Milchsäureausbeute auch signifikante Mengen anderer Metabolite wie Essigsäure, Ethanol, Glykol, etc. Deswegen kommt für die industrielle Anwendung vor allem die homofermentative Produktion von Milchsäure in Frage (Woolford 1984).

Am IFA-Tulln wurden besonders leistungsfähige Kulturen für die Milchsäureproduktion in Silagen ausgesucht, die Kriterien wie Stabilität und Milchsäureausbeute besonders gut erfüllen. Das ist besonders bei den Arten *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum I*, *Lactobacillus plantarum II* und *Pediococcus pentosaceus* der Fall (Danner 2001a).

Milchsäure ist durch ihre bifunktionelle Struktur (-OH, -COOH) prädestiniert für die interne Esterbildung. Einen ringförmigen Ester von 2 Milchsäuremolekülen nennt man Lactid. Mit einem geeigneten Katalysator kann man dieses Lactid in der Hitze zu Polylactid polymerisieren. Das Produkt hat ähnliche Eigenschaften wie die Kunststoffe aus der Petrochemie. Die Produkteigenschaften können durch Zusatzstoffe und Variation der Reaktionsbedingungen gesteuert werden. Ebenso kann man Copolymere (z. B. mit Glykolsäure) aus Milchsäure gewinnen (Kamm et al. 2000; Datta 1998). Polylactat ist biokompatibel und wird in der Medizin als Implantatwerkstoff und Nähmaterial in den Körper eingebracht. Das Material ist biologisch abbaubar, das Polymer wird von Mikroorganismen zu CO<sub>2</sub> und Wasser umgesetzt.

### 8.2 Gewinnung der Milchsäure

In einer Grünen Bioraffinerie kann Milchsäure durch Silagefermentation gewonnen werden. Aus zuckerreicher Wiesengrünmasse wird Silage mittels spezieller Bakterien erzeugt. Nach einer Fermentationsperiode von mindestens drei Wochen kann die Silage dann abgepresst werden, um milchsauren Saft zu generieren.

Verschiedene Pressversuche zeigten, dass schon mit relativ niedrigen Abpressgraden beachtliche Milchsäureausbeuten zu erzielen sind. Unter Abpressgrad versteht man strenggenommen den Anteil gewonnenen Wassers nach der Pressung im Verhältnis zur Wassermenge im Ausgangsmaterial. So dürfte für eine



Milchsäureausbeute von 75 % ein Abpressgrad von etwa 57 % nach Steinmüller H. ausreichend sein. Im Presssaft aus Silagen sind neben der Milchsäure auch Proteine und Asche und an Zuckern vor allem Glucose und Fructose (Danner 2001b) enthalten. Deswegen müssen zur Gewinnung reiner Milchsäure noch weitere Reinigungsschritte durchgeführt werden. Aktuelle Szenarien dazu sind chromatografische Methoden, Membranverfahren, Ionenaustauscher und Kombinationen davon (Kromus 2002). Die in Abbildung 9 erwähnte Elektrodialyse (ED) (Madzingaidzo et al. 1999) wird wahrscheinlich vor allem aus wirtschaftlichen Gründen nicht zur Anwendung kommen und sei hier nur der Vollständigkeit wegen erwähnt. In Abbildung 8 ist ein Schema mit Chromatografie dargestellt.

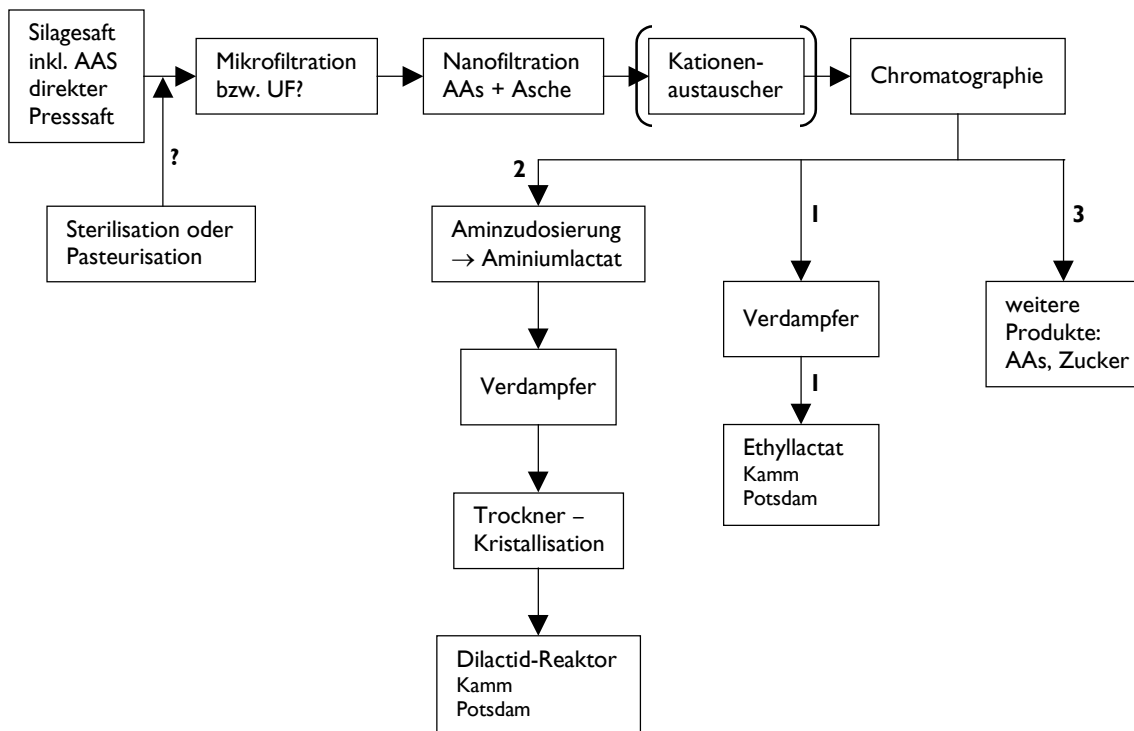


Abbildung A-8: Schema einer Milchsäureaufbereitung mit Chromatografie

Membranverfahren sind bei allen Szenarien fixer Bestandteil, in Abbildung A-9 ist aber z. B. ein Ionenaustauscher integriert.

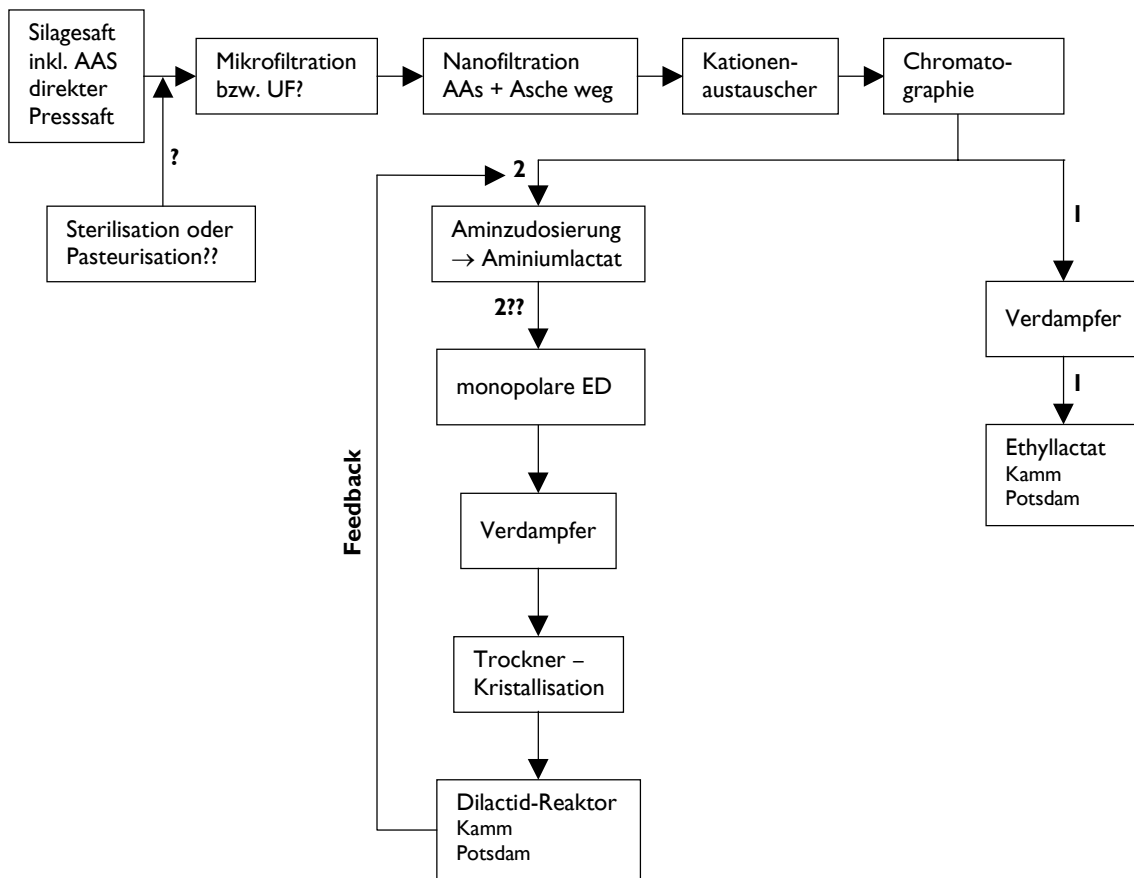


Abbildung A-9: Schema einer Milchsäureaufbereitung mit Ionenaustauscher

### 8.2.1 Fermentative Darstellung von Milchsäure in aktuellen Versuchen

Bakterien vom IFA Tulln, wie im Kapitel 8.1 beschrieben, werden für die Silierung im Raum Feldbach eingesetzt. Milchsäure wird erfolgreich in Größenordnungen bis 10 % d. TM Silage erzeugt. Reinigungsschritte und weitere Aufbereitung sind noch in der Entwicklungs- bzw. Erprobungsphase. In Vorversuchen wurde sowohl Aminiumlactat als auch Ethyllactat aus Silagesaft hergestellt. Auch hier stellen sich in Anbetracht einer effizienten, jedoch kostengünstigen Aufreinigung noch einige Fragen, die bei der Ausarbeitung der oben genannten Verfahren erörtert werden.

## 8.3 Ethyllactat (Holten 1971)

Ethyllactat entsteht durch die Veresterung von Milchsäure mit Ethanol. Es ist ein für viele Zwecke verwendbares und dadurch sehr wertvolles Produkt.

Eigenschaften:

- biologisch abbaubar
- ungiftig
- ausgezeichnetes Lösungsmittel
- geringe Flüchtigkeit
- hoher Siedepunkt.

### 8.3.1 Geschichte des Ethyllactat (Galactic 1998)

Ethylactat wurde 1844 von Lepage entdeckt. Die ersten kommerziellen Anwendungen begannen kurz vor dem ersten Weltkrieg als Lösungsmittel für Zelluloseverbindungen.

1910 wurde das Produkt unter „Lactonal“ eingetragenes Markenzeichen von Boehringer.

Anfang der 20er Jahre wurde von Du Pont Ethyllactat als Lösungsmittel für Nitro Zellulose – Autolacke eingesetzt, was eine große Einsparung in der Produktion bedeutete, da die Trocknungszeit jetzt wenige Stunden betrug, jedoch herkömmliche Lacke mehrere Tage trocknen mußten.

Die Produktion war im Vergleich zu Ethylenglykol, einer Substanz mit ähnlichen Eigenschaften, zu teuer und so konnte sich Ethyllactat trotz seiner hervorragenden Eigenschaften als Lösungsmittel für Nitrozellulose nicht so richtig durchsetzen.

### 8.3.2 Herstellung von Ethyllactat

Milchsäure wird mit Ethanol erhitzt, wobei Ethyllactat und Nebenprodukte entstehen. Danach wird über eine Destillation reines Ethyllactat gewonnen.

#### Verfahrensbeschreibung (Cramer 1995; Holten 1971)

Der Reaktor mit Thermoelement zur Kontrolle der Reaktionstemperatur, und Füllkörperkolonne gefüllt mit Adsorbentien (Träger auf Siliziumdioxid- oder Aktivkohle-Basis) zur Geruchsentsorgung wird mit 50 %iger (aufkonzentrierter) Milchsäurefermentationslösung gefüllt. Die Lösung wird mit Ethanol unter Rühren versetzt und mit Schwefelsäure auf einen pH-Wert von 0,7–1,4 eingestellt.

Die Mischung wird zunächst auf 140 °C erwärmt, langsam das Wasser/Ethanol-Gemisch abdestilliert und schließlich der Milchsäureethylester (= Ethyllactat) destillativ bei einer Temperatur von 175 °C gewonnen. Das Problem ist die Reinheit des Ausgangsproduktes. Vorreinigungsschritte wie z. B. Nanofiltration, Ionenaustausch oder Chromatographie sind denkbar und werden derzeit erprobt. Weitere Chancen bietet auch eine Pervaporation (Datta 1998) oder auch eine Vakuumdestillation, bei der dann nicht so hohe Temperaturen notwendig sind. Abbildung 10 zeigt das Verfahren einer Pervaporation.

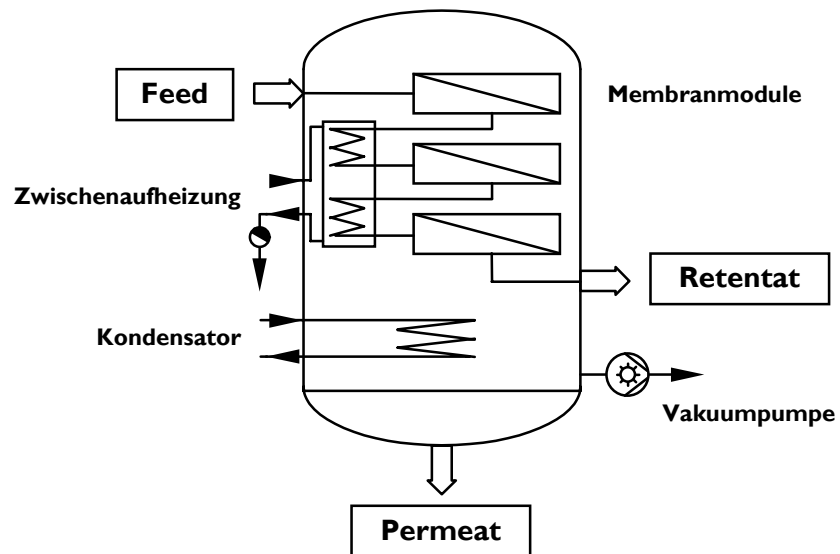


Abbildung A-10: Schema einer Pervaporationsanlage, Membranverfahren, (Madzngaidzo 1999)

### Herstellung von Dilactid

Wenn zwei Milchsäure Moleküle sich zu einem ringförmigen Ester zusammenschließen, ist die resultierende Verbindung das Dilactid. Die Darstellungsmethoden in der Literatur (Holten 1971) sind prinzipiell, mit leichten Variationen bezüglich Vakuum und Temperatur, wie folgt:

Die Milchsäure wird bei Normaldruck auf ca. 120 °C erhitzt wobei Wasser verdampft. (Bei der Reaktion entsteht Wasser, wenn man dieses entfernt, verschiebt sich das Gleichgewicht in Richtung des Produkts). Die Temperatur wird weiter auf ca. 140 °C erhöht und gleichzeitig ein Vakuum von 10 mm Hg (Millimeter Quecksilbersäule) erzeugt. Auf diese Weise wird das Wasser entfernt, danach wird das entstandene Dilactid bei nochmaliger Druckverminderung auf ca. 5mm Hg abdestilliert und kondensiert. Mit schwach basischen Katalysatoren wie z. B. Zn-Staub kann man Ausbeuten von 90 % erreichen

B. Kamm et al. (Kamm et al. 2000) haben ein Verfahren entwickelt, das die Möglichkeit bietet, aus komplexen milchsauren Lösungen einen organischen kristallinen Feststoff zu erzeugen.

Die Kristalle sind das Ausgangsmaterial für einen neuen, gegenüber herkömmlichen Verfahren verkürzten Syntheseweg zum Dilactid, dem wichtigsten Zwischenprodukt bei der Herstellung von Polylactiden. Aminiumlactate eignen sich auch sehr gut als Basismaterial für weitere chemische Synthesen und könnten außerdem auch als Wirkstoff oder als Matrixmaterial in der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie eingesetzt werden. Aminiumlactat ist als Feststoff gut handhabbar und lagerfähig. Nach der Erzeugung des Dilactids kann das Amin z. B. über die Erzeugung eines Monosulfats recycelt werden.

Hemmnisse der Verfahrens sind:

- Die Rückgewinnung des Amins ist nicht einfach.
- Bei den Verfahren kommt konzentrierte Schwefelsäure zum Einsatz und das könnte in weitere Folge zu Umweltbelastungen führen, da die entstehende große Anzahl an Salzen sehr schwer wiederverwertet werden kann und somit als Sondermüll deponiert werden müsste.

## **8.4 Produktbeschreibung Milchsäure**

Für biotechnologisch erzeugte Milchsäure befindet sich im ländlichen Raum ein breites Anwendungspotential. Als Säuerungs- und Konservierungsmittel, als Reinigungs- und Desinfektionsmittel, sowie als Neutralisationsreagenz. Außerdem bestehen Verwendungsmöglichkeiten als Futtermittelzusatz.

### **8.4.1 Milchsäure als Säuerungs- und Konservierungsmittel**

Wirtschaftsgetreide muss nach der Ernte getrocknet, oder, bei Feuchtegehalten oberhalb 14 %, konserviert werden, um Qualitätsverluste zu vermeiden. Milchsäure kann hier statt der bisher angewendeten Propionsäure als Konservierungsmittel eingesetzt werden. Zur Einschätzung des Konservierungserfolges wurden sowohl chemische (Zucker, Stärke, Rohprotein, TS, pH-Wert) als auch mikrobiologische Parameter (Zahl der Hefen und Schimmelpilze) herangezogen. 90 %ige Milchsäure ist bei gleicher Aufwandmenge ebenso zur Konservierung geeignet wie 90 %ige Propionsäure jedoch ist Propionsäure wesentlich giftiger als Milchsäure, nach MERCK (MERCK 1999) liegt die lethale Dosis  $LD_{50}$  von Propionsäure bei 50 % der Ratten bei 39 mg/kg Körpergewicht, für Milchsäure bei 3543 mg/kg). Die Inhaltsstoffe bleiben erhalten, die Zahl der Schimmelpilze und Hefen liegt nach einjähriger Lagerung unter einem Schwellwert für Verderbererreger von  $2,0 \cdot 10^4$  KbE/g FM (koloniebildende Einheiten pro Gramm Frischmasse). (Idler 1994; 1995). Auch bei Buchweizen konnte die konservierende Wirkung von Milchsäure nachgewiesen werden.

Bei Grünhanf bewirkt der Zusatz von Milchsäure, dass der Hanf bis zu einem Jahr als Silage lagerfähig bleibt, und dass die Langfasern eine besondere Güte erreichen. Hier zeigt sich, dass Technologien zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe voneinander profitieren können, denn Bauplatten, die aus diesen besonderen Langfasern gefertigt wurden, zeichnen sich durch eine hohe Biegefestigkeit aus (Ehlert et al. 1997b; 1997a). Das Verfahren ist als Patent angemeldet. Das Material kann darüber hinaus fast jede gewünschte Form annehmen, ist leicht und umweltgerecht zu entsorgen und dadurch eine echte Alternative für Polystyrol.

### **8.4.2 Milchsäure als Reinigungs- und Desinfektionsmittel**

Der Einsatz von Desinfektionsmitteln in der landwirtschaftlichen Tierhaltung dient dem vorbeugenden Gesundheitsschutz oder der Bekämpfung von Infektionskrankheiten und anzeigepflichtigen Tierseuchen. Es werden sowohl alkalische als auch saure und neutrale Mittel verwendet. Bei allen Produkten muss entsprechend dem Gesetz die biologische Abbaubarkeit in aquatischen Systemen gewährleistet werden. Für die Verwendung als Reinigungs- und Desinfektionsmittel im Bereich der Tierhaltung weist Milchsäure besonders günstige bakterien- und pilzhemmende Eigenschaften auf (Steiger 1986). Ihr Einsatz scheint z. B. in der Euterpflege sinnvoll zu sein.

### 8.4.3 Milchsäure als Futtermittelzusatz

Fütterungszusätze, die den Verdauungsablauf stabilisieren, haben einen hohen Stellenwert, da durch sie verhindert werden kann, dass bei Jungtieren zu hohe Aufzuchtverluste entstehen. Besonders bei Ferkeln kommt es nach dem Absetzen durch einen zu hohen pH-Wert im Magen zu einer verminderten Eiweißverdauung und damit verbunden zu einer Roheiweißanhäufung im Dünndarm. Das hat zur Folge, daß es zu Durchfallerkrankungen kommt. Dass eventuell eine weniger eiweißintensive Ernährung das Problem ebenso lösen könnte, liegt wahrscheinlich nicht im Interesse der Wirtschaft, da der Masterfolg dadurch geringer würde.

Auch als Trinkwasserzusatz hat sich Milchsäure bewährt. Besonders in der Geflügelzucht kann durch Absenken des pH-Wertes des Wassers und die damit verbundene Hemmung des Bakterienwachstums eine Stabilisierung der Tiergesundheit erreicht werden. Auf Grund der geringeren Korrosivität der Milchsäure im Vergleich z. B. zur ähnlich wirksamen Ameisensäure wird das Trinkwassersystem nicht so in Mitleidenschaft gezogen.

### 8.4.4 Milchsäure als Neutralisationsmittel

In Genehmigungsverfahren für die Neueinrichtung von Tierställen bzw. für den Umbau von Tieranlagen gibt es in Abhängigkeit von der Tieranzahl Auflagen für Maßnahmen zur Senkung der Ammoniakemission. Laut DI Schretzmayer von der Bezirkshauptmannschaft Mödling, zuständig für genannte Genehmigungsverfahren, müssen z. B. Hühnerställe ab einer Anzahl von 48.000 Legehennen einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterzogen werden in deren Rahmen dann auch die Belastung durch Ammoniak geprüft wird. Besonders relevant ist es, wenn die Ställe innerhalb von 300 Meter an Bauland oder an Wasserschutzgebiete grenzen.

Dass es für Ammoniak, ebenso wie für das klimarelevante Methan noch keine verbindlichen Grenzwerte gibt, hat verschiedene Ursachen. Zum einen gibt es noch keine quantifizierbaren Aussagen über die Auswirkungen von Ammoniak und Methan auf die Umwelt, andererseits fehlt es an geeigneten, routinemäßig einsetzbaren Messverfahren für diese Gase (Berg/Hörnig 1997).

Zur Verminderung der Ammoniak- und Methanemission wurde Milchsäure als Güllezusatz erfolgreich eingesetzt. Das Ansäuern der Gülle auf pH-Werte um 4,5 verschiebt das Ammoniak/Ammonium Gleichgewicht zu Gunsten der Ammoniumionen, so daß es zu keiner Freisetzung von Ammoniak kommt. Untersuchungen an Rinder- und Schweinegülle haben gezeigt, dass die Wirkung der derzeit zugesetzten Salpetersäure durch Milchsäure noch verstärkt werden konnte. Abgesehen davon, dass Salpetersäure wieder eine Menge Nitrat in das System einbringt, konnte, im Gegensatz zu Salpetersäure, bei Zusatz von Milchsäure keine Methanfreisetzung mehr registriert werden! Schon bei pH-Werten ab 5,0 kommt die Methanfreisetzung zum Erliegen (Berg/Hörnig 1997). Inwieweit Veränderungen in der Mikroflora der Methansäurebakterien durch den Zusatz von Milchsäure dafür die Ursache ist, oder ob es sich um Substratveränderungen handelt, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

## 8.5 Produktbeschreibung Ethyllactat

Wie schon oben erwähnt, handelt es sich bei Ethyllactat um ein hervorragendes Lösungsmittel, z. B. für Nitrozellulose mit dem großen Vorteil, dass es biologisch abbaubar und ungiftig ist (im Gegensatz zum schädlichen Ethylenglykol, siehe Weinskandal). Die letale Dosis von Glykol bei 50 % (LD<sub>50</sub>) der Ratten liegt bei 4,7 g/kg Körpergewicht, außerdem darf ein MAK (maximale Arbeitsplatzkonzentration) Wert von 10 mL/m<sup>3</sup> nicht überschritten werden (MERCK 1999).

## 8.6 Produktbeschreibung Polylactid

Polylactid entsteht durch Polymerisation des oben erwähnten Dilactid. Dieses Polymer hat Eigenschaften wie Kunststoff, es ist aber biologisch abbaubar. PLA wird beispielsweise von der Firma Cargill Dow kommerziell hergestellt. Die Erzeugung benötigt 20–50 % weniger Energie aus fossilen Ressourcen als die Produktion von Kunststoffen aus Erdöl, wenn man den Verbrauch an Energie für die Herstellung der benötigten Ausgangsstoffe ebenfalls berücksichtigt. Das Verfahren selbst ist jedoch energieaufwendiger als die Verfahren der petrochemischen Konkurrenz, die jedoch Jahrzehnte Vorsprung an Forschung und Entwicklung hat. Unternehmensvertreter von Cargill Dow erwarten, dass der Energiebedarf weiter sinken wird, da die Verfahren laufend verbessert werden (Gerngross/Slater 2000).

Polylactid kann zur Erzeugung von Verpackungsmaterial verwendet werden. Derzeit ist eine Entsorgung von biogenen Verpackungen günstiger als von erdölbasierten Kunststoffen. Interessant ist deshalb ein Vergleich der Entsorgungskosten verschiedener Materialien am Beispiel der Firma GUT (Galle Umwelttechnik GmbH, 2001).

Tabelle A-7: Beispiel für Müllentsorgungstarife (GUT 2002)

Packstoffgruppe	GUT Lizenztarife ab 07/2001 inkl. Abholung Betrag in EURO pro 100 kg
Wellpappe	7,78
Papier	18,17
LDPE Folien	47,96
PET Flaschen	67,00
PS, PP	90,84
Verbund PE-Papier	18,17
<b>biogene Verpackungen,</b> Lizenzierung nur bei GUT möglich	<b>18,17</b>
Glas	8,50
Holz	2,18
Ferrometall	32,70
Aluminium	41,42

Im Vergleich zu Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET) und Polystyrol (PS) ist die Entsorgung von biogenen Kunststoffen erheblich günstiger, obwohl auch bei biologisch abbaubaren Kunststoffen ein mögliches Recycling ins Auge gefasst werden sollte, da es sich doch um wertvolle Stoffe handelt.

## 8.7 Zu erwartende Preise von Milchsäureprodukten

Im letzten Jahrzehnt ist das Interesse an der Produktion von Milchsäure merklich gestiegen. Mögliche Wachstumsmärkte im Polymerbereich und im Chemikaliensektor haben die Aufmerksamkeit vieler Firmen nach sich gezogen.

### 8.7.1 Polymere aus Milchsäure (PLA)

Milchsäure wird weltweit überwiegend fermentativ hergestellt. Für die Marktchancen in der EU von Polymeren aus Milchsäure (PLA) wurden von H. Danner (IFA-Tulln) folgende Daten recherchiert (Danner 1998):

*Tabelle A-8: Marktpotenzial von Kunststoffen in der EU bis 2002 (Danner 1998)*

Produktkategorie	1995	2000	2005
	[1000 t/a]		
Gesamt Abbaubare Kunststoffe, Marktpotential	105	179	349
Abbaubare Kunststoffe: Erwarteter tatsächlicher Markt	56	145	275
Biopolymere Erwarteter tatsächlicher Markt	6	80	200
Poly(lactic acid) Polymere (PLA)	0	40	107

Polymere auf Milchsäurebasis sind heute „low volume – high price“ – Produkte. Im Handel erhältliche PLA-Produkte werden um € 500,00/kg angeboten. Es überrascht daher nicht, dass derzeit vorrangig medizinische Anwendungen bekannt sind (Danner 1998).

In den USA wurde zu Beginn des Jahres 2002 eine US \$ 300 Mio. PLA (Poly Lactic Acid) Anlage fertiggestellt und in Betrieb genommen (Cargill/Dow 2002). Die Anlage soll unter Vollast ca. 140.000 t/a PLA produzieren. Betrieben wird diese Fabrik durch ein Joint Venture der Firmen Dow u. Cargill. Letzten eigenen Recherchen zufolge wurden Chargen aus einer früheren Pilotanlage für ca. € 3/kg PLA Granulat verkauft. Die Firma teilte allerdings mit, dass der Preis für ein PLA Basisprodukt in Zukunft auf ca. € 1,16/kg fallen könnte. Der Rohstoff für die Milchsäurefermentation ist Maisstärkehydrolysat.

Anwendungsgebiete können künftig sein: Medizin, Controlled Liberation, Sustained release, Kleber, Folien für die Landwirtschaft, Verpackungen, Co-Polymere für Pharmazie und Kosmetik.

### 8.7.2 Ethyllactat

Der Markt für Milchsäureester generell wird derzeit auf ca. 91.000 t/a geschätzt (Danner 1998). Da es sich bei Ethyllactat aber um ein ökologisches Lösungsmittel mit hohem Substitutionspotential handelt, sind zukünftige Märkte nur schwer abschätzbar. Für durchschnittliches Ethyllactat kann derzeit ein Preis von ca. € 3,50/kg (Purac 2001), Abnahme ca. 100 t/a, eingesetzt werden. Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass Ethyllactat einen ähnlichen Preisverfall, wie PLA erleben wird. D. h. mit Ethyllactat könnte in Zukunft unter € 1,50/kg zu Erlösen sein.



Neben den vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten und der Umweltfreundlichkeit von Ethyllactat, kann auch die Option der ökologischen Produktion des Ethanols hervorgehoben werden. Weltweit werden 93 % des Ethanols aus nachwachsenden Rohstoffen fermentativ hergestellt (60 % aus Zuckerrohr bzw. Zuckerrübe; 33 % aus Mais u. ä.). Die Weltproduktion wird zu ca. 65 % von Nord- und Südamerika abgedeckt. Europa trägt 15 % bei. In Europa wurden in jüngster Zeit neue Bioalkoholanlagen in Betrieb genommen (Frankreich, Niederlande, Spanien). Der Preis für Ethanol liegt ca. bei € 0,654/kg.

## 9 Herstellung von Grasfaserprodukten

Die Fasererzeugung aus dem Presskuchen ist im Detail noch sehr wenig erforscht. Dadurch ergeben sich viele Unbekannte in Bezug auf vorbereitende Behandlungen des Grassaftes und des Presskuchens. Realistisch betrachtet kann man den Presskuchen nach einer weiteren Trocknung eventuell zu Dämmmaterial in der Baustoffindustrie weiterverarbeiten oder im Bereich Mulch- u. Pflanzvliese einsetzen. Natürlich wird auch an eine Verwertung als Strukturfutter (Rauhfutter) in der Pferdezucht gedacht. Hochwertige Textilfasern können nicht erwartet werden. Als weitere Möglichkeit bietet sich immer die Vergärung in einer Biogasanlage an.

Preise sind je nach Tiefe der Bearbeitung (Zwischenprodukt oder Endprodukt) von 0,11 € bis 1,00 €/kg Produkt zu erwarten.

## **10 Umsetzung von Restströmen in einer Biogasanlage zur Erzeugung von Prozessenergie**

Ein wichtiger Bestandteil der Grünen Bioraffinerie ist die Erzeugung von Biogas aus den biogenen Restströmen der Produktionseinheiten. Dies kann im Sinne von Co-Fermentation gemeinsam mit Gülle oder reinstofflich mit oder ohne Faserrestmassen erfolgen. Entsprechend diesen Möglichkeiten muss die Technologie adaptiert und geplant werden.

Wesentlicher Beitrag der Biogas-Unit zum Gesamtprojekt ist die sinnvolle Schließung des Kreislaufs, die Bereitstellung von Prozessenergie (Wärme, Elektrizität), Zusatzeinkommen durch netto Stromverkauf und die Erzeugung von wertvollem Dünger (Biogasgülle) für die Wiesen im Einzugsgebiet der Grünen Bioraffinerie.

### **10.1 Ausgangspunkt – Energiepflanzenvergärung und Silagevergärung**

Biogasgewinnung aus Gras und Energiepflanzen ist eine Weiterentwicklung der bekannten Anaerobgärung. Biogas aus Gras und Energiepflanzen ist ein Gasgemisch, das sich aus folgenden Gasen zusammensetzt:

55–80 % Methan

20–45 % Kohlendioxid

0–1,5 % Schwefelwasserstoff

0–0,05 % Ammoniak

Wasserdampf.

Je nach weiterer Verwendung bestehen verschiedene Reinheitsanforderungen an das Biogas:

- Schwefelwasserstoff ist toxisch, führt in Verbindung mit Wasser zu Korrosion der Anlagen und bildet bei der Verbrennung Schwefeldioxid. Die Entfernung erfolgt durch Adsorption an Eisen (III) Oxid oder Aktivkohle, oder durch Absorption in alkalischer Lösung.
- Wasser führt zu Korrosionsproblemen und vermindert den Brennwert. Die Entfernung erfolgt durch Kondensation und anschließender Adsorption an Silicagel.
- Um Erdgasqualität zu erreichen muss auch die Kohlendioxidkonzentration reduziert werden. Das könnte durch Membranverfahren oder durch Adsorption erreicht werden.

Der Ablauf in einer herkömmlichen landwirtschaftlichen Biogasanlage ist folgender (siehe auch Abb. A-11):

- Das Substrat wird in einer Vorgrube gesammelt und gemischt.
- Danach in einen gasdichten, beheizten Behälter gepumpt, in dem die anaerobe Gärung stattfindet.
- Durch einen Überlauf gelangt das vergorene Substrat in den Nachgärbehälter

- Das im Fermenter erzeugte Biogas wird meist in einem Gasspeicher drucklos zwischengelagert.
- Von hier wird das Gas entweder direkt verwendet oder einer Aufbereitung zugeführt.

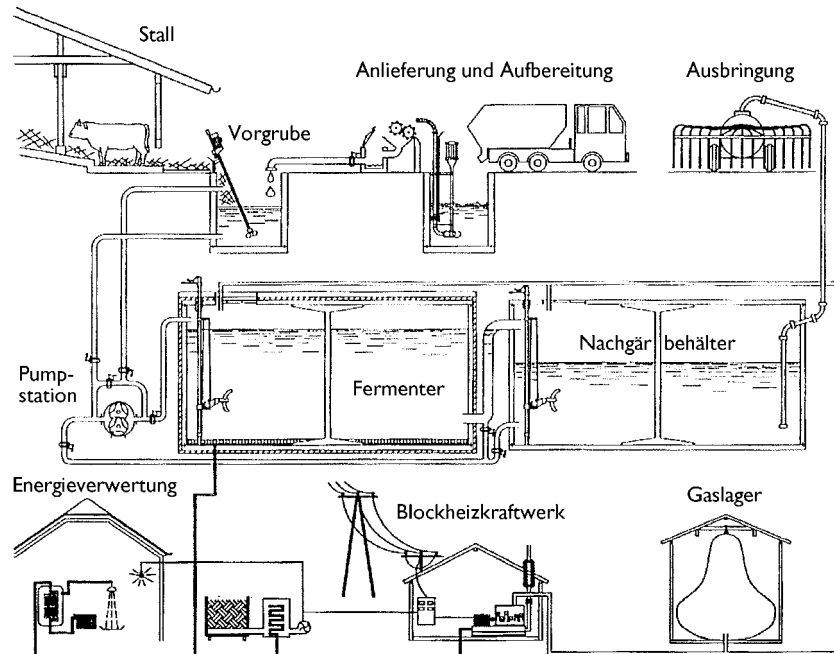


Abbildung A-11: Modell einer herkömmlichen landwirtschaftlichen Biogasanlage (ARGE Biogas/BOKU), (Amon et al. 1997)

Mit Hilfe von Silage kann das ganze Jahr Biogas erzeugt werden. Mit einer Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist es möglich, aus Biogas nicht nur Strom, sondern auch Wärme zu erzeugen. Durch die leichte Speicherbarkeit des Biogases kann sogar wertvoller Tagesspitzenstrom sekundengenau in das Netz eingespeist werden. Im Bereich der KWK-Technik wurden in den letzten Jahren erstaunliche Fortschritte gemacht, so dass man von einem elektrischen Wirkungsgrad von 32–38 % und einem Gesamtwirkungsgrad von über 80 % ausgehen kann (Graf 2001).

## 10.2 Kriterien für eine ökonomische Bewertung von Biogasanlagen (Graf 2001)

1. Biogasertrag pro Kilo organische Trockensubstanz (oTS)
2. Strom- und Wärmeproduktion pro Kubikmeter Biogas
3. Investkosten der Gasvergärungsanlage.

### **10.3 Biogasertrag pro kg Trockenmasse**

Für die ökonomische Bewertung ist die leicht erzielbare Biogasausbeute pro Tonne organische Trockensubstanz Gras bzw. Energiepflanzen einerseits und die Biogasqualität andererseits von Bedeutung, weil diese unmittelbar von der Anlagengröße und der technischen Ausstattung einer Grasvergärungsanlage abhängen (Graf 2001).

#### **Spezifische Gaserträge**

Grundsätzlich kann zu den Biogaserträgen folgendes gesagt werden:

- Bei der Verwertung von Silage sind die Biogaserträge geringfügig (1–3 %) höher als bei der reinen Grasverwertung. Die Durchschnittserträge für Silo und Grünschnitt liegen bei 450–460 Liter Biogas pro Kilogramm organische Trockensubstanz.
- Der Gasertrag hängt von der Zusammensetzung des Substrates ab. Je geringer der Anteil an langkettiger Zellulose, desto höher ist der Biogasertrag.
- Unabhängig von der Substratart verringert sich der Gasertrag bei zunehmender Faulraumbelastung. Die Faulraumbelastung ist ein Wert, der angibt, welche Mengen an organischer Trockensubstanz maximal dem Fermenter zugeführt werden können, ohne dass dabei die Bakterien „überfüttert“ werden und der Prozess umkippt. Die Faulraumbelastung ist auch abhängig von Temperatur und Verweilzeit. Übliche Faulraumbelastungen liegen bei 35 °C zwischen 2 und 3 kg oTS/m<sup>3</sup>\*d (= organische Trockensubstanz pro Kubikmeter und Tag) (Schulz 1996).

### **10.4 Graskonservierung und -zerkleinerung**

Der Einfluss der Graskonservierung und der Konservierungsart (Silieren, Trocknen) auf die Gasausbeute ist vernachlässigbar. Siliertes Extensivgras, Heu und Frischgras liefern praktisch identische Endgasausbeuten.

### **10.5 Lagerung**

Für die Konservierung von Energiegras sind die üblichen Silierverfahren (Fahrsilo, Ballensilage und Hochsilo) ohne Bedenken anzuwenden. Eine Verrottung des Materials infolge Lufteintrag könnte andernfalls schon nach wenigen Tagen erfolgen.

### **10.6 Gärtemperatur und Verweilzeit**

Die Gärtemperatur hat praktisch keinen Einfluss auf die maximal erreichbare Gasausbeute. Bei der für die Praxis empfohlenen Verweilzeit von 20–25 Tagen fällt der Temperatureinfluss nicht mehr ins Gewicht. Als Richtwert kann eine untere Grenze der Gärtemperatur von 35 °C empfohlen werden (Graf 2001).

## 10.7 Prozess-Stabilität

Eine Möglichkeit zur Aufrechterhaltung der Prozess-Stabilität des Fermenters ist die Rezirkulation von vergorenem Material. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass sich beide Substratformen im Gärprozess sehr stabil verhielten. Ein signifikantes Zeichen für einen stabilen Gärprozessverlauf war auch der konstant hohe Methangehalt im Biogas, der nie unter 65 % abfiel.

Die Substrataufbereitung erfolgte in einem Anmeischbehälter. Starke Flotation und schlechte Homogenisierungseigenschaften zeigten sehr schnell die Grenzen der gängigen Rührtechnik für konventionelle Biogasanlagen auf. Für diesen halbertechnischen Betrieb verwendete man schließlich ein Propellerrührwerk ohne Gegenschneide (Graf 2001).

## 10.8 Biogaserzeugung in Gemeinschaftsanlagen

Bestmögliche Nutzung bieten auch Gemeinschaftsanlagen mehrerer Bauern, wie es auch in einer dezentral organisierten Grünen Bioraffinerie vorgesehen ist. Abbildung 12 zeigt ein derartiges Schema.

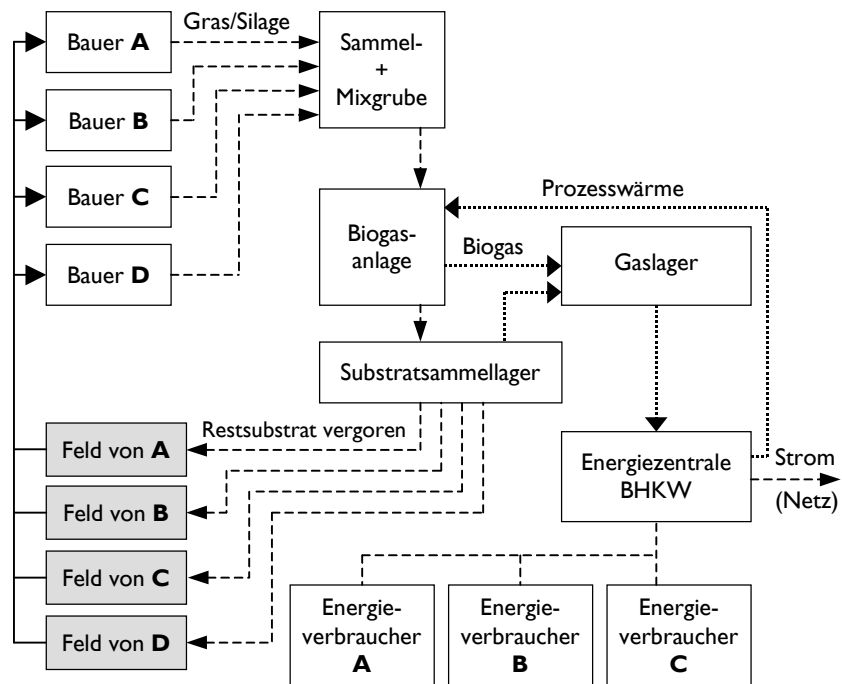


Abbildung A-12: „GrassPower“ Gemeinschaftsanlage Biogas  
[Graf, 2001]

## II Literatur

- Amon, T., Graf, W., Jüngling, G. und Lindworsky, J., 1997, *Landwirtschaftliche Biogasanlagen in: ÖKL Baumerkblatt No. 61*, im Auftrag von: Österreichisches Kuratorium für Landtechnik, Wien.
- AURO, 2001, Fa. Auro Naturfarben: Persönliche Information, in: Kromus, S.
- Baraniak, B., Baraniak, A. und Bubicz, M., 1989, Protein concentrate from alfalfa and cocksfoot by polyelectrolyte precipitation., *Die Nahrung* 33, 491–495.
- Berg, W. und Hörnig, G., 1997, Emission reduction by acidification of slurry. Investigations and assessment, *International Symposium Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities*, Vinkeloord, Niederlande.
- BMLF, 2000, *Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung 1999/2000/2001-Ausgabe Ostösterreich*: Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft.
- Bonk, M., 2001, *Internetinformation*; homepage; INARO-Informationssystem nachwachsende Rohstoffe [www.inaro.de](http://www.inaro.de).
- Bray, W. J. und Humphries, C., 1979, Preparation of white leaf protein concentrates using a polyanionic flocculent., *J. Sci. Food Agric.* 30, 171–176.
- Buchgraber, K., 1998, *Nutzung und Konservierung des Grünlandfutters im österreichischen Alpenraum*, Irdning: BAL Gumpenstein.
- Buchgraber, K., 2001, Persönliche Information.
- Buchgraber, K., Deutsch, A. und Gindl, G., 1994, *Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung*: Leopold Stocker Verlag; Graz.
- Buchgraber, K., Resch, R., Gruber, L. und Wiedner, G., 1998, Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum; in: Der fortschrittliche Landwirt-Sonderbeilage, *Der fortschrittliche Landwirt – Sonderbeilage 2/1998*.
- CargillDow, 2002, *Internetinformation der Firma*; Internet: [www.cargilldow.com](http://www.cargilldow.com).
- Claus, H. G., 1985, Saftabpressen-für die Praxis interessant?, *Landtechnik* 4 (Jahrgang p.158 April 1985).
- Cramer, A., 1995, *Optimierung der Aufbereitungsverfahren zur Gewinnung von Milchsäure aus Fermentationsmaischen*, Dissertation Wien.
- Danner, H., 1998, *Biotechnologie zur Produktion von marktrelevanten Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen*: IFA-Tulln.
- Danner, H., 2001a, in: *BBK Zwischenbericht; Grüne Bioraffinerie: Integrierte Grasnutzung als Eckstein einer nachhaltigen Kulturlandschaftsentwicklung*, Feldbach.
- Danner, H., 2001b, Persönliche Information, in: Kromus, S.
- Danner, H., Mazingaidzo, B., Molzbichler, B., Neureiter, M. und Braun, R., 1999, Austrian and European Markets for Products from a Green Biorefinery, *SUSTAINED Second „Int. Symposium on The Green Biorefinery“*, Kornberg.

- Datta, 1998, U.S. Patent No. 5.723.639 *Patent: Esterification of fermentation – derived acids via pervaporation.*
- Davies, D. R., Merry, J. R., Williams, A. P., Bakewell, E. L., Leemans, D. K. und Tweed, J. K. S., 1998, Proteolysis During Ensilage of Forages Varying in Soluble Sugar Content, *J. Dairy Sci.* 81, 444–453.
- Dietl, W., 2000, Persönliche Information.
- Dietl, W., Lehmann, J. und Jorquera, M., 1998, *Wiesengräser: Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale Schweiz.*
- Drahl, I. und Schwenke, K. D., 1986, Functional properties of plant proteins; Part VII. Rheological properties of succinylated proteins from faba beans., *Die Nahrung* 30, 311–318.
- Ecochard, R., Cavalie, G., Nicco, C., Piquemal, M. und Sarrafi, A., 1991, Rubisco content and specific activity in barley, *J. exp. Bot.* 42, 39–43.
- Ehlert, D., Idler, C. und Ackermann, I., 1997a, Ernte und Konservierung von Hanf, *Internationale Tagung Landtechnik*, Braunschweig.
- Ehlert, D., Idler, C. und Ackermann, I., 1997b, Hanfernte 1996 in Brandenburg, *Flachstagung*, Bonn.
- Ellis, R. J., 1979, The most abundant protein in the world, *Trends biochem. Sci.* 4, 241–244.
- Ellis, R. J., 1981, Chloroplast Proteins: synthesis, transport and assembly, *Ann. Rev. Plant Phys.* 32, 111–137.
- European Commission, 2000, *RTD info/28 December 2000.*
- France Luzerne, 2001, Firmeninformation: Alfalis Dossier PX.
- Galactic, 1998, Company and Product Information April 1998.
- Gerngross, T. U. und Slater, S. C., 2000, Wie grün sind grüne Kunststoffe?, *Spektrum der Wissenschaft*, 58–63.
- Graf, W., 2001, *Grundlagen für eine ökonomische Bewertung von Grasvergärungsanlagen in: BBK Zwischenbericht*, im Auftrag von: Kooperation, B.-B., Feldbach.
- Grass, S. und Hansen, G., 1999, Production of Ethanol or Biogas, Protein Concentrates and Technical Fibers from Clover/Grass, *The Green Biorefinery-Second International Symposium*, Feldbach.
- GUT, 2002, *Müllentsorgungskosten*; Homepage Internet; 2002] [www.gut.at](http://www.gut.at).
- Heier, W., 1983, Das Fraktionieren von Gras, *Grundl. Landtechnik* 33(2), 45–56.
- Heinz, V., 2002, Persönliche Information, in: Kromus, S., TU Berlin.
- Holten, C. H., 1971, *Lactic Acid, Properties and Chemistry of Lactic Acid and Derivates.*: Verlag Chemie.
- Idler, C., 1994, *Einsatz von Milchsäure und Milchsäurepräparaten bei der biologischen Konservierung von Futtermitteln*. Bornimer Agrartechnische Berichte, Vol. 6.
- Idler, C. und Fuchs, H., 1995, Milchsäure konserviert Futtergetreide, *Landtechnik* 50 (1), 38–39.
- Kamm, B. und Kamm, M., 1997, Patentnummer: EP 0 789 080 A2 *Patent: Verfahren zur Herstellung von organischen Aminiumlactaten und deren Verwendung zur Herstellung von Dilactid.*



- Kamm, B. und Kamm, M., 1998, *Die Grüne Bioraffinerie in: Beiträge zur ökologischen Technologie, Vol.5*, Berlin: Gesellschaft für ökologische Technologie und Systemanalyse e.V.
- Kamm, B., Kamm, M., Richter, K., Reimann, W. und Siebert, A., 2000, Formation of Aminium Lactates in Lactic Acid Fermentation., *Acta Biotechnol.* 20, 289–304.
- Karlsson, P., Donecke, D. und Koolman, J., 1994, *Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler*: Georg Thieme Verlag Stuttgart New York.
- Kessler, W. und Dietl, W., 1997, *Unkrautregulierung in Naturwiesen*, Schweiz: Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus.
- Kiel, P., 1997, Technologische Aspekte und Perspektiven von Gras Folgeprodukten in, „ *Die Grüne Bioraffinerie*“.
- Kinsella, J., 1976, Functional properties in foods, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 7, 219–280.
- Knuckles, B. E., Edwards, R. H., Kohler, G. O. und Whitney, L. F., 1980, Flocculents in the separation of green and soluble white protein fractions from alfalfa., *J. Agric. Food Chem.* 28, 32–36.
- Koch, L., 1983, The Vepex process, in: Telek, L. (Hg.): *Leaf Protein Concentrates*: AVI Publishing Company Inc. Westport Connecticut.
- Koegl, R. G., Sreenath, H. K. und Straub, R. J., 1999, Alfalfa Fiber as a Feedstock for Ethanol and Organic Acids, *Applied Biochemistry and Biotechnology* 77-79, 105–115.
- Kohler, G. O. und Knuckles, B. E., 1977, Edible protein from leaves, *Food Technology* 31, 191–195.
- Kromus, S., 1999, *Elaboration of a decentralized „Green Biorefinery“ for the Austrian Region of Feldbach – A sustainable Concept?*, Master of Science Thesis, Dep. of Env. Sciences-Environmental Systems Analysing Group, Wageningen Agricultural University (WAU) Wageningen.
- Kromus, S., 2002, Pers. Information: Fabrik der Zukunft.
- Krumphuber, C., 2001, *Internetinfo*: [www.agrarnet.at](http://www.agrarnet.at); Internet; [www.agrarnet.at](http://www.agrarnet.at).
- Lehmann, J. und Jorquera, M., 1999, *Luzerne – „Königin der Futterpflanzen“*: Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus, Schweiz 1999.
- Lorenz, 2001, Persönliche Information, in: Kromus, S.
- Lu, P. S. und Kinsella, J., 1972, Extractability and properties of protein from alfalfa leaf meal., *J. Food Sci.* 37, 94–99.
- Madzingaidzo, L., 1999, *Technical, Economical and Environmental Perspectives in the Production of Chemicals from Renewable Resources. A Case Study on Lactic Acid Production and Purification*, PHD, Department of Environmental Biotechnology, IFA-Tulln, BOKU Wien Tulln.
- Madzingaidzo, L., Danner, H. und Braun, R., 1999, Membrane technology for lactic acid separation & purification, *The Green Biorefinery*, Feldbach, Austria.
- McGrath, D., 1988, Seasonal Variation in the Water-Soluble Carbohydrates of Perennial Italian Ryegrass under Cutting Conditions., *Irish J. Agric. Res.* 27, 131–139.

- MERCK, 1999, *Chemikalien, Reagenzien*: Merck.
- Messman, M. A., Weiss, W. P. und Koch, M. E., 1994, Changes in Total and Individual Protein During Drying, Ensiling and Ruminant Fermentation of Forages, *J. Dairy Sci.* 77, 492–500.
- Mothes, R., Schwenke, K. D., Zirwer, D. und Gast, K., 1990, Rapeseed protein-polyanion interactions. Soluble complexes between the 2-S-protein fraction and phytic acid., *Die Nahrung* 34, 375–385.
- Pirie, N. W., 1966, Leaf protein as human food, *Science*, 1701–1705.
- Pirie, N. W., 1987, *Leaf Protein*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Povoden, G., 2002, Persönliche Information. Proteingehalt und Abbau in Grassäften, in: Kromus, S., Graz.
- Purac, F., 2001, Persönliche Information, in: Kromus, S.
- Rautenbach, R., 1997, *Membranverfahren, Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung*, New York: Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Schulz, H., 1996, *Biogas-Praxis*: Ökobuch-Verlag.
- Schwenke, K. D., 1992, *Food Protein*, Weinheim: VCH-Verl.-Ges.
- Schwenke, K. D. und Dahme, A., 1997, Heat-induced gelation of rapeseed proteins: effect of protein interaction and acetylation., *J. Am. Oil Chemists`Soc.* 74 No.12.
- Schwenke, K. D., Rauschal, E. J. und Robowsky, K. D., 1983, Functional properties of plant protein; part IV. Foaming properties of modified proteins from faba beans, *Die Nahrung* 27, 335–350.
- Soyez, K., Kamm, B. und Kamm, M., 1998, *Die Grüne Bioraffinerie; in: Beiträge zur ökologischen Technologie, Vol.5*, Berlin: Gesellschaft für ökologische Technologie und Systemanalyse e.V.
- Steiger, A., 1986, *Desinfektion*: Gustav Fischer Verlag Jena.
- Steinmüller, H., 1994, *Milchsäure aus Silagefermentationen, Endbericht*, im Auftrag von: Linz, Ö. I. f. K., Linz.
- Steinmüller, H. und Schneider, F., 1991, Stellt Lignozellulose eine Alternative für die Österr. Landwirtschaft dar? (unpublished), *Stellt Lignozellulose eine Alternative für die Österr. Landwirtschaft dar?*, Linz.
- Telek, L., 1983, Toxic Substances in Potential Plant Sources for Leaf Protein Preparation: *Leaf Protein Concentrates*, Connecticut: AVI Publishing Company.
- van Buren, J. P. und Robinson, W. B., 1969, Formation of complexes between protein and tannic acid, *Agric. Food Chem.* 17, 772–777.
- Wang, J. C. und Kinsella, J., 1976, Functional properties of novel proteins: alfalfa protein, *J. Food Sci.* 41, 286–292.
- Woolford, M. K., 1984, The Silage Fermentation, *Microbiology Series* 14.
- Zayas, I. F., 1997, *Functionality of Proteins in Foods*: Springer Verlag Berlin.

**Teil B**

**ERGEBNISSE DER  
LITERATURRECHERCHE:  
SOZIALE ASPEKTE**

**Roswitha Hofmann**

# Inhalt – Teil B

1	Allgemeines .....	55
1.1	Technikentwicklung als sozialer Prozess.....	55
1.1.1	Einleitung.....	55
1.1.2	Fragestellung und Vorgangsweise.....	55
1.2	Soziale Indikatoren und Nachhaltigkeit.....	56
1.2.1	Allgemeines .....	56
1.2.2	Arten von Indikatoren und Indikatorensysteme.....	57
2	Soziale Aspekte der Grünen Bioraffinerie .....	58
2.1	Individuelle Ebene.....	58
2.1.1	Werte und Rollenverständnis .....	58
2.1.2	Persönliche Freiheit und Entfaltungsmöglichkeiten .....	60
2.1.3	Subsistenz (existenzielle Grundsicherung) .....	60
2.1.4	Sicherheit (persönliche Risiken und strukturelle Stabilität) .....	61
2.1.5	Lebensqualität – Stabilität, Umweltentwicklung und Gesundheit.....	62
2.1.6	Soziale Kontakte und Beziehungen.....	63
2.2	Erwerbsleben .....	63
2.2.1	Arbeitsplatzqualität.....	63
2.2.2	Ausbildung.....	63
2.2.3	Erwerbsstrukturen und Kooperationsformen .....	64
2.3	Technikentwicklung und politisches Feld .....	65
2.3.1	Technikentwicklung/Rahmenbedingungen.....	65
2.3.2	Partizipation.....	66
3	Akteure .....	67
4	Literatur .....	68

# **I Allgemeines**

## ***1.1 Technikentwicklung als sozialer Prozess***

### ***1.1.1 Einleitung***

Nach den Erkenntnissen der soziologischen Wissenschaftsforschung basiert technologischer Wandel wesentlich auf gesellschaftlichen Aushandlungsprozessen, in denen über die wissenschaftlich-technischen Entwicklungen entschieden wird. Die Gestaltungsmacht liegt dabei bei jenen Akteursgruppen, die über die größten gesellschaftspolitischen und ökonomischen Machtressourcen verfügen und denen es gelingt, Akzeptanz für neue Technologien zu erzeugen (z. B. durch Wertsetzung via Medien). Durch sozialwissenschaftliche Diskursbeobachtungen können die während der Entwicklung einer neuen Technologie ablaufenden sozialen, ökonomischen und ökologischen Prozesse in ihren Zusammenhängen und Wechselwirkungen sichtbar gemacht werden (u. a. in Form von Literaturrecherchen und Inhaltsanalysen). Die Ergebnisse finden unter anderem, wie in diesem Falle, in der begleitenden Technikbewertung als Grundlage für den Entwurf von Bewertungskriterien und von partizipativen Methoden, Verwendung.

### ***1.1.2 Fragestellung und Vorgangsweise***

Ausgehend von der Frage, welche Chancen und Hemmnisse sich bei der Einführung der „Grünen Bioraffinerie“ unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit in Österreich ergeben könnten, wurden für diesen Bericht die in der Literatur enthaltenen sozialen Aspekte im Hinblick auf einen geplanten partizipatorischen Prozess beleuchtet. Dabei wurden soziale Belange, Widersprüche und Verknüpfungen zwischen sozialen Zusammenhängen, Ökonomie und Ökologie, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Akteursebenen, herausgearbeitet.

Die Ergebnisse wurden in Form von Handlungs- und Bedürfnisfeldern strukturiert, um einerseits ein Bild der sozialen Zusammenhänge zu erhalten und andererseits die Anschlussstellen zwischen Ökonomie, Ökologie und sozialen Aspekten zu verdeutlichen. Für die geplante Überführung der Ergebnisse in einen partizipatorischen Prozess, wurden Fragen formuliert, die in einem solchen Verfahren diskursfördernd Verwendung finden können.

## 1.2 Soziale Indikatoren und Nachhaltigkeit

### 1.2.1 Allgemeines

Die Entwicklung und Umsetzung neuer Technologien beruht neben ökonomischen und ökologischen Aspekten auch auf sozialen Zusammenhängen, die bisher in zahlreichen Technikbewertungen wenig bis keinen Raum einnahmen. Dies ändert sich unter der Zugrundelegung des Nachhaltigkeitsleitbildes<sup>1</sup>, in dem ökonomische, ökologische und soziale Aspekte gleichrangig nebeneinander stehen und in ihrer Verbundenheit zueinander betrachtet werden. Nachhaltige Entwicklung wird dabei als ein dauerhafter gesellschaftlicher Prozess des ständigen Reflektierens von Entwicklungen verstanden.

Technische Entwicklungen und gesellschaftliche, ökonomische sowie ökologische Zusammenhänge beeinflussen einander. Aus diesem Grund liegt es nahe, der Analyse dieser Verbindungen das Nachhaltigkeitsleitbild zugrunde zu legen. Zur Früherkennung der Auswirkungen neuer Technologien sind insbesondere die unterschiedlichen Akteursblickwinkel<sup>2</sup> von Interesse (Wer arbeitet mit der neuen Technologie? Welche Veränderungen ergeben sich für die Menschen im Einzugsgebiet? ...). Die Ergebnisse solcher Analysen können in die Entwicklung neuer Technologien einbezogen und dadurch Gestaltungspotentiale besser ausgeschöpft werden (Bildung von Akteursnetzwerken, Einsatz partizipativer Methoden). Ziel ist es, durch die Einbindung der beteiligten und betroffenen Akteursgruppen, eine bedarfsgerechte, ökologische, sozialverträgliche und damit nachhaltige Entwicklung zu fördern.

Eine Technikfolgenabschätzung, die auf dem theoretischen Konzept/Leitbild der Nachhaltigkeit aufbaut, muss daher in der Bewertung den sozialen Bereich gleichwertig neben den ökonomischen und ökologischen stellen, um der Zielsetzungen nachhaltiger Entwicklungsprozesse – ein ökonomisches, ökologisches und soziales Gleichgewicht zu erreichen und langfristig zu erhalten – gerecht zu werden. Eindimensionale Betrachtungsweisen<sup>3</sup> weisen eine mangelnde Leitbildorientierung auf und können eine solche Entwicklung nicht unterstützen.

Wird das Konzept der Nachhaltigkeit ernst genommen, müssen ökonomische, ökologische und soziale Faktoren von Veränderungsoptionen auch in ihrer Wechselwirkung zueinander betrachtet werden, um die mehr oder weniger starken Kopplungen zwischen den einzelnen Bereichen in der Bewertung zu berücksichtigen.

---

<sup>1</sup> Nachhaltigkeit wird hier begriffen als ein Entwicklungsprozess, der ökonomische, ökologische und soziale Aspekte der Existenz sucht in ein Gleichgewicht zu bringen und dieses zu langfristig zu erhalten (Diekmann 2001, S. 191ff).

<sup>2</sup> Als Analysegrundlage eignet sich hier insbesondere der Stakeholder-Ansatz, indem davon ausgegangen wird, dass hinsichtlich einer bestimmten Thematik nicht nur die Interessen einer Gruppe zu berücksichtigen sind, sondern die Interessen aller Anspruchs- und Interessengruppen. (vgl. dazu Janisch 1992).

<sup>3</sup> Z. B. Endres (1998): Der Autor klammert die sozialen Komponenten des Nachhaltigkeitsleitbildes völlig aus der Indikatoren-Diskussion aus.

## 1.2.2 Arten von Indikatoren und Indikatorensysteme

Hinsichtlich der Analyse sozialer Aspekte des gesellschaftlichen Wandels, werden neben quantitativen Indikatoren (demographische Indikatoren, Wohlstandsmessung, etc.) zunehmend auch qualitativ-deskriptive Indikatoren formuliert, die eine oder mehrere Dimensionen eines sozialen Sachverhalts in objektiver bzw. subjektiver Hinsicht beschreiben. Dabei geben objektive Indikatoren über Tatsachen Auskunft (z. B. Bruttoinlandsprodukt, Beschäftigungszahl, Arbeitslosenrate, Krankenstände), subjektive Indikatoren gewähren Einblick in die Einschätzung von Akteuren (z. B. Arbeitszufriedenheit, Einschätzung der persönlichen Chancen und Lebensqualität) (vgl. Sangmeister 1994, S. 424). Letztere können in partizipativen Verfahren der Technikbewertung eine zentrale Rolle einnehmen.

Gegenwärtig existiert eine Vielzahl an Sozial-Indikatoren und Indikatorensystemen<sup>4</sup> (Sangmeister 1994, S. 424; Tischer 2001, S. 201ff), die auch internationale Vergleiche zu lassen. Damit solche Indikatorensysteme über eine reine Deskription sozialer Sachverhalte hinausreichen können, müssen sie in konsistente Modelle überführt werden, die die Zusammenhänge mit anderen gesellschaftlichen Bereichen (Ökologie, Ökonomie, Wissenschaft etc.) sichtbar und bewertbar machen. Dies kann beispielsweise durch die Bildung von aggregierten Indikatoren erfolgen, wie dies bei verschiedenen, insbesondere im internationalen Bereich eingesetzten, Indizes<sup>5</sup> der Fall ist. Für den Einsatz solcher Verfahren sind eine Vielzahl von Daten erforderlich, die im Bezug auf die GRB noch nicht vorliegen. Für die gegenwärtige Datenlage erscheint daher die aktorszentrierte Formulierung von „Bedürfnis- und Handlungsfeldern“, d. h. die Identifikation von unterschiedlichen Lebensbereichen, in denen ökonomische, ökologische und soziale Faktoren durch Akteursgruppen kreiert und handlungswirksam werden, als zielführend. Für die Bewertung einer neuen Technologie mit Fokus „Nachhaltigkeit“ müssen die meist auf internationale Vergleiche angelegten und oft sehr allgemein gehaltenen Sozial-Indikatoren auf regionale Bedingungen bezogen werden. Eine ausschließliche Orientierung beispielsweise am Bruttosozialprodukt ist daher ebensowenig sinnvoll, wie die Orientierung am Konsumverhalten. Eine nachhaltige Sichtweise erfordert die Betrachtung auf regionaler Ebene und die Verknüpfung aller gesellschaftlichen Felder und Lebensbereiche<sup>6</sup>. Aus diesem Grund macht es Sinn, eine Analyse der sozialen Aspekte von Technikentwicklungen auf Akteursebene (unterschiedliche Betroffenheit, Akzeptanz, Handlungsspielräume etc.) anzusetzen und dabei Chancen, Hemmnisse, Widersprüche und mögliche Handlungsoptionen herauszustellen.

---

<sup>4</sup> Z. B. Physical Quality of Life Index (PQLI), Human Development Index (HDI), Level of Living Index, Social Indicator Development Programme der OECD, Indikatorensystem der UNO und der EU (vgl. dazu Sangmeister 1994, S. 424ff).

<sup>5</sup> Siehe Fussnote 3.

<sup>6</sup> Vergleiche dazu (Teichert 2000).

## 2 Soziale Aspekte der Grünen Bioraffinerie

In der Folge werden die sozialen Aspekte der menschlichen Lebenswelt in mehrere Bereiche untergliedert und in ihrer unterschiedlich starken Kopplung zu den ökonomischen, politischen und ökologischen Bereichen dargestellt. Dabei wird insbesondere auf die aus der Literaturrecherche hervorgegangenen Chancen, Hemmnisse, Lücken und Widersprüche eingegangen.

Die sozialen Aspekte wurden in Bedürfnis- und Handlungsfelder gegliedert, die sich durch den Grad ihrer Organisiertheit (Individuum, Organisation, Gesellschaft) unterscheiden. Auf diesen unterschiedlichen Ebenen interagieren demnach unterschiedliche Akteursgruppen<sup>7</sup> miteinander und konstruieren auf Basis ihrer Bedürfnisse und Interessen die sozial-politischen, ökonomischen und ökologischen Bedingungen<sup>8</sup> für die Entwicklung und Implementierung einer neuen Technologie (der Grünen Bioraffinerie), die ihrerseits wieder auf die Akteure zurückwirkt.

- 2.1 Individuelle Ebene
  - 2.1.1 Grundwerte/kulturelle Werte
  - 2.1.2 Persönliche Freiheit und Entfaltungsmöglichkeiten
  - 2.1.3 Subsistenz (existenzielle Grundsicherung)
  - 2.1.4 Sicherheit/persönliche Risiken
  - 2.1.5 Lebensqualität – Stabilität, Umweltentwicklung und Gesundheit
  - 2.1.6 Soziale Kontakte und Beziehungen (Siedlungsentwicklung)
- 2.2 Erwerbsleben
  - 2.2.1 Arbeitsplatzqualität
  - 2.2.2 Ausbildung
  - 2.2.3 Erwerbsstrukturen und Kooperationsformen
- 2.3 Technikentwicklung und politisches Feld
  - 2.3.1 Technikentwicklung/Rahmenbedingungen
  - 2.3.2 Partizipation.

### 2.1 Individuelle Ebene

#### 2.1.1 Werte und Rollenverständnis

Hier stellt sich die Frage, was **Innovation** für die einzelnen Akteursgruppen bedeutet und inwieweit diese in die jeweiligen **Wertsysteme** integrierbar ist. So besteht die Befürchtung, dass die Grüne Bioraffinerie (in Folge GBR) die optional auch Getreide energetisch verwertet („Energiegetreide“) auf wenig Akzeptanz bei Landwirten und Konsumenten stoßen würde, da Getreide nach wie vor als Lebensmittel gilt und damit einer anderen Wertigkeit unterliegt, als Erdöl

---

<sup>7</sup> siehe Abschnitt 3. Akteure.

<sup>8</sup> An dieser Stelle soll nochmals betont werden, dass die Akteursgruppen in diesem Prozess aufgrund ihrer gesellschaftlichen Position mit unterschiedlicher Diskurs- und Durchsetzungsmacht ausgestattet sind. Diese Macht können sie durch Koalitionen mit anderen Akteuren stärken.



oder Kohle (vgl. Janzing 2001b). Von Landwirten wird hier die Befürchtung geäußert, als Vernichter von Lebensmitteln in Misskredit zu geraten (Janzing 2001b).

Die Akzeptanz gegenüber der Grünen Bioraffinerie wird also in sozialer Hinsicht davon abhängen, inwiefern sich die Rollen der einzelnen Akteure durch diese verändern und ob die neuen Produktionsweisen und Produktlinien in das eigene **Werte- und Rollenverständnis**, in das gewachsene soziale Gefüge und die regionale Identität (Krotschek 2001) integrierbar sein werden.

Treten die **Landwirte** zukünftig nicht mehr nur als Lebensmittellieferanten auf, sondern als Rohstofflieferanten bzw. Produzenten für unterschiedliche food- und non-food-Produktbereiche, wird sich ihre Akteursrolle und ihr Handlungsspielraum im Akteursnetz entsprechend verändern. Dies bedürfte jedoch einer Veränderung des Stellenwerts von NAWARO-Produkten in der Landwirtschaft, da die „...*Chancen und Notwendigkeiten der Durchsetzung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen von den Vertretern der Bauernschaft nicht wahrgenommen und kaum verstanden werden.*“ (BMVIT 2001, S. 72). NAWAROS besitzen immer noch ein **Image**, das sich auf „öko“ oder „grün“ bezieht (vgl. BMVIT, 2001, S. 32). Eine Änderung des Images, die den Schwerpunkt auf die innovativen technischen Möglichkeiten von NAWAROS legt, könnte für Landwirte die Attraktivität der GBR erhöhen, da sich dadurch auch ihr eigenes Image verändern würde. Sie würden dann die zumeist positiv besetzte Rolle von „Innovatoren“ einnehmen. Dieser Perspektive steht jedoch die in mehreren Workshops zum Thema geäußerte Angst gegenüber, nur mehr Rasen zu mähen, anstatt, wie früher, Lebensmittel herzustellen.

Die **wissenschaftlich-technischen Akteure** nehmen zum gegenwärtigen Zeitpunkt die „Innovatorenrolle“ ein. Für sie steht solchen Befürchtungen die Annahme gegenüber, dass für die Weiterentwicklung der menschlichen Zivilisation und der Weltökonomie die Umstellung auf nachhaltige Landnutzung, erneuerbare Rohstoffe und schonende Technologien unumgänglich sei (BIOPOS 2001). Diese Perspektive wird in der Literatur durch glaubwürdigkeits- und akzeptanzerhöhende Positiv-Diktionen<sup>9</sup> wie „Bioeconomy“, „Zukunftsindustrien“, „Jahrhundert-Technologie“, „Chancenpotentiale“, etc. unterstrichen. Sie dienen der **Akzeptanzschaffung** bei Kunden, Investoren, Förderstellen und politischen Entscheidungsträgern.

Für einen Wertewandel und die Schaffung von Akzeptanz<sup>10</sup> auf **Kunden und Konsumentenebene** (Veränderung von Lebensstil, Konsummuster, Verbraucherverhalten) wird die Schaffung von Transparenz hinsichtlich Produktionsverfahren und -technologien, ein Imagewandel für die NAWAROS und ein vermehrter Austausch von Informationen zwischen Rohstoffbereitstellern, Verarbeitern, Handel und Konsumenten vorgeschlagen (BMVIT 2001, S. 21 und 32). Maßnahmen im Bereich der Werbung und in der Technologieförderung wären dazu geeignet, die persönliche, aber auch betriebliche und volkswirtschaftliche Betroffenheit und Zusammenhänge transparent zu machen.

Eine solche Entwicklung würde zu dem einerseits die sozialen Aspekte gegenüber ökonomischen und ökologischen mehr als bisher betonen und andererseits die (kommunikativen) Bedingungen für Kooperationen zwischen unterschiedlichen Akteursgruppen verbessern, da durch die Sichtbarmachung der ökonomisch-ökologisch-sozialen Zusammenhänge Zielkonflikte und Ängste aktiv verhandelbar würden. Die Akteure könnten dadurch einen aktiven Interessenausgleich (Tischer 2001) betreiben und Akzeptanz für Veränderung schaffen.

---

<sup>9</sup> Positiv-Diktionen sind Wortkreationen, die den Fortschrittsgedanken und das (wirtschaftliche) Potential einer Technologie positiv betonen, um ein Positivimage für bestimmte Subjekte oder Objekte aufzubauen.

<sup>10</sup> Fehlende Akzeptanz stellt eine Marktbarriere dar (→ ökonomische Anbindung).

## 2.1.2 Persönliche Freiheit und Entfaltungsmöglichkeiten

In der Literatur werden verschiedene Perspektiven hinsichtlich Entwicklungschancen, Reduktion ökonomischer Abhängigkeiten, neuer Arbeitsplätze, Bildungs- und Ausbildungschancen, neuer Tätigkeitsprofile (Schnell 2001) genannt. Ob und wie diese von den regionalen Akteuren zum gegenwärtigen Zeitpunkt wahrgenommen werden, geht aus der Literatur nicht hervor. Hier fehlen noch wesentliche Informationen über die subjektive Wahrnehmung der Grünen Bioraffinerie, die erst im Rahmen von Interviews, von Prozessbegleitungen und partizipativen Verfahren erhoben werden müssten.

Zur Förderung der Entfaltungsmöglichkeiten werden in der Literatur grundsätzliche Maßnahmen zur Einbindung und Erweiterung des lokalen Know-Hows, durch Partizipation bei Entscheidungsprozessen sowie Ausbildung (siehe 2.2.2) und die Erschließung/Erhaltung von Möglichkeiten zur Gestaltung der individuellen Umwelt entlang von Traditionen, empfohlen (BMVIT, 2001, S. 61; Narodoslowsky 2001).

## 2.1.3 Subsistenz (existenzielle Grundsicherung)

Sinkende Getreidepreise (MAB-Nationalkomitee 2000) und der Rückgang des Rinderbestandes (Schnell 2001; Kromus 2000), beeinflussen die Grundsicherung der Landwirte in den letzten Jahren negativ. Durch den Umstieg auf Produkte, die einen höheren Marktpreis erzielen, könnten sie, so die Prognose, ihre Einkommensverhältnisse besser absichern (Janzing 2001a). Die Zulieferung von Rohmaterialien an die GBR, wäre hier eine Chance. Das Potential zur Grundsicherung, dass sich für Landwirte aus so einem Umstieg ergeben würde, wird jedoch an anderer Stelle (Janzing 2001b) nur als bloßes „Zubrot für die Landwirtschaft“, eingeschätzt. Dieser Widerspruch zwischen „Zubrot“ und „Zukunftssicherung“ für Landwirte weist daraufhin, dass eine Einschätzung des tatsächlichen existenzsichernden Potentials, dass mit der GRB verbunden wird, noch schwierig ist.

Der Wegfall von Agrar-Subventionen durch die Aufgabe geförderter Bewirtschaftungsformen und die Vergabe von befristeten Verträgen (Janzing 2001a) schränken hingegen möglicherweise den Handlungsspielraum der Landwirte erneut ein, d. h. ökonomische Abhängigkeiten könnten sich verschieben (ITAS 2001; Ringpfeil 2001).

Hier muss die Entwicklung auch in Zusammenhang mit neuen Kooperations- und Unternehmensformen (siehe 2.2.3) im landwirtschaftlichen Bereich gesehen werden. **So verändert sich der Gestaltungsspielraum und der Akteursstatus, wenn Landwirte sich an der regionalen Bioraffinerie beteiligen und nicht mehr bloß als Zulieferer auftreten.**

Für eine stabile ökonomische und damit auch soziale Grundsicherung ist die Schaffung und der Erhalt nachhaltiger lebensfähiger Strukturen, durch die Unterstützung strukturschwacher Gebiete und eine intensive Verzahnung von Landwirtschaft, Industrie und Verbraucher erforderlich (BMVIT 2001, S. 35; Ringpfeil 2001; BIOPOS 2001). Dafür müssen auf betriebswirtschaftlicher Ebene (siehe 2.2.3) die ökonomischen Faktoren (z. B. mittel- bis längerfristig kalkulierbares Einkommen, Vermeidung von Fehlinvestitionen in landwirtschaftliche Infrastruktur) mit den sozialen Erfordernissen der Grundsicherung (z. B. Vermeidung von Abwanderung, regionale Ausbildungsmöglichkeiten) abgeglichen werden.

Die Akteure müssen sich hinsichtlich dieser Problematik der Aufgabe stellen, miteinander zu kommunizieren, sich zu vernetzen, öffentlich Informationen auszutauschen und neues Wissen zu generieren (siehe 2.3.2). Gelingt es, durch die GBR die Grundsicherung zu stärken, hätte dies auch positive Auswirkungen auf die Regionalentwicklung, da durch die Lukrativität der neuen Technologie landwirtschaftlichen Akteure weniger abwandern würden bzw. auspendeln müssten und durch den Erhalt bzw. Ausbau der Bevölkerungsstruktur auch in anderen Bereichen (Dienstleistungs- und Nahversorgerbereich, Tourismus) Arbeitsplätze geschaffen werden könnten. Wichtige Grundvoraussetzung für die Stabilität der Entwicklung wären zum einen die Entwicklung innovativer Produkte auf Basis regional vorhandener Ressourcen. Dazu würde in sozialer Hinsicht auch die Nutzung der Wissenspotentiale regionaler Akteure hinsichtlich traditioneller Verarbeitungsweisen von NAWAROS zählen (BMVIT 2001, S. 6). Zur Schaffung stabiler Verhältnisse müssten zum anderen eine gleichbleibender Rohstoffqualität seitens der Rohstofflieferantengewährleisten werden, um für die Verarbeitungsbetriebe die Risiken zu minimieren (BMVIT 2001, S. 20; Ringpfeil 2001).

Wie sehr einzelne Akteursgruppen von der Wertschöpfung durch die GBR profitieren und damit ihre Grundsicherung stärken können, hängt stark mit den Rohstoffpreisen und der Entwicklung der Absatzmärkte und Rahmenbedingungen (Gesetze, Normen, Förderungen – ökonomische Anbindung – siehe 2.3.1) zusammen. Insbesondere hinsichtlich der Verarbeitung von NAWAROS besteht bezüglich Gesetzgebung, Fördermaßnahmen und Formulierung von Normen besonderer Nachholbedarf. Auch die Kleinteiligkeit von Flächen, sowie das Vorhandensein von Ungunslagen (Bergregionen), die eine geringere Produktionsleistung besitzen (MAB-Nationalkomitee 2000; Buchgraber 2001, S. 1) beeinflusst neben anderen Faktoren (bspw.: Innovationsfreudigkeit der beteiligten Akteure, Identifikation mit der regionalen Entwicklung, Kommunikationsbereitschaft und -fähigkeit, Kooperationsbereitschaft), den Anteil an der Wertschöpfung.

#### **2.1.4 Sicherheit (persönliche Risiken und strukturelle Stabilität)**

Die Entwicklung einer Innovationskultur durch geeignete Werbemaßnahmen (siehe auch 2.1.1) und die Schaffung neuer ökologischer nachhaltiger ökonomischer Strukturen durch neue Kooperationen und gezielte Fördermaßnahmen, könnte helfen, Risiken für die lokale Bevölkerung (Arbeitslosigkeit, Einkommensstabilität, Umweltrisiken) (Kromus 2000) aber auch für Unternehmen (Arbeitskräftemangel, Absatzeinbrüche, Innovationsdefizite) zu vermindern. Dazu wäre die Bereitschaft der Akteure wichtig, Verantwortung für eine nachhaltige Entwicklung der Region zu übernehmen, neue Kooperationsformen zu suchen (siehe 2.2.3) und damit die Stabilität und Weiterentwicklung von Strukturen zu unterstützen.

Es herrscht derzeit noch eine große Unsicherheit hinsichtlich NAWAROS bezüglich Verbrauchersicherheit, da adäquate Normen und Informationen fehlen (Sotoudeh/Schidler 2001, S. 51). Zudem besitzen NAWARO-Produkte im Vergleich zu anderen, wie unter 2.1.1 ausgeführt, ein schlechteres Image bzw. sind für die Verbraucher wenig ansprechend (BMVIT 2001, S. 32).

Ein weiterer Aspekt hinsichtlich Sicherheit ist in der Literatur im Hinblick auf den Einsatz gentechnologischer Methoden erkennbar (Sotoudeh/Schidler 2001, S. 52), wobei ein damit möglicherweise verbundenes Risiko nicht diskutiert wird (BMVIT 2001, S. 54 f) – siehe auch 2.1.5.

### **2.1.5 Lebensqualität – Stabilität, Umweltentwicklung und Gesundheit**

Individuelle und soziale Lebensqualität steht in engem Zusammenhang mit der Umwelt- und Infrastrukturqualität (ökologische Entwicklungen, Verfügbarkeit über Waren und Dienstleistungen, Gesundheitsversorgung, Freizeitgestaltungsmöglichkeiten, etc.). Die Implementierung der Grünen Bioraffinerie könnte durch die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Rohstoffe und deren regionale Verfügbarkeit (weniger Transportaufkommen durch dezentrale GBR) einen wesentlichen Beitrag zu einer positiven regionalen ökologischen Entwicklung, zum Klimaschutz (Kromus 2000; Ringpfeil 2001) und damit zur Lebensqualität und Gesundheit der regionalen Bevölkerung beitragen. Es wird auch davon ausgegangen, dass die Graslandbewirtschaftung Verwaltung verhindert und die Erhaltung der Kulturlandschaft fördert (Janzing 2001a; Schnell 2001; Neppert 2001; Kromus 2000).

Die nachhaltige Nutzung der Landschaft und eine Verbesserung der Infrastruktur würde auch den Erholungswert und die Freizeitgestaltungsmöglichkeiten für die Bevölkerung positiv beeinflussen (Klima, weniger Verschmutzung durch Industrieabfälle, ...).

Für die Entwicklung und Absicherung des Einkommens als wesentlicher Aspekt hinsichtlich Lebensqualität, werden durch die ökologische Bewirtschaftung und Kulturlandschaftspflege positive Effekte erwartet. Die mit der GBR in Verbindung gebrachte ökologische Bewirtschaftung der Böden wird von Umwelt- und Naturschutzorganisationen allerdings dahingehend hinterfragt, ob nicht durch eine Intensivierung der Bewirtschaftung (Düngung) kontraproduktive Effekte entstünden (Janzing 2001a). So könnten großflächige Monokulturen gefördert und die Betriebsstrukturen sich in Richtung Großbetriebe (siehe 2.2.3) entwickeln (ITAS 2001, S. 30) und die Boden- und Wasserbelastung durch die Intensivierung der Landwirtschaft zunehmen (Sotoudeh/Schidler 2001, S. 52). Hier stellt sich die Frage, ob überhaupt genügend Flächen zur Rohstoffversorgung zur Verfügung stünden (Sotoudeh/Schidler 2001, S. 51).

Bezüglich Produktionsweisen ist das Fehlen eines Diskurses hinsichtlich gentechnischer Verfahren, der in anderen lebensmittelnahen Bereichen äußerst kontroversiell geführt wird, auffallend.

Durch die Implementation der Grünen Bioraffinerie wird eine Stärkung der regionalen Struktur erwartet<sup>11</sup> (Ringpfeil 2001). Durch die Kulturlandschaftspflegeleistung und Bemühungen, die Besonderheiten der Region durch spezifische Produkte ökonomisch zu verwerten, könnte auch der Tourismusbereich existentiell besser abgesichert und strukturell gestärkt werden. Indem die Abwanderungstendenzen hintangehalten würden (Ringpfeil 2001; Schnell 2001), erhielte die Regionalentwicklung positive Impulse hinsichtlich Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur (Größe, Aufbau, Wachstum, Regenerationsfähigkeit sind quantitative Indikatoren). Eine damit einhergehende mögliche Verbesserung der Infrastruktur und die Erhaltung bzw. Schaffung von Arbeitsplätzen würde u. a. die Wohn- und Lebensqualität durch das verminderte Pendeln und die bessere Verfügbarkeit von Gütern und Dienstleistungen, steigern.

Die GBR schafft neue Perspektiven hinsichtlich Existenzsicherung durch die Kombination von alten (Silierung, Gärung, Destillation) und neuen Technologien (Kromus 2000). Damit einher geht die Notwendigkeit der Weiterqualifizierung unterschiedlicher Akteure (siehe 2.2.2).

---

<sup>11</sup> Worauf sich ein solcher strukturverbessernder Effekt begründet, bleibt in der Literatur offen (= Analogieschlüsse aus anderen Technikentwicklungsprozessen).

## 2.1.6 Soziale Kontakte und Beziehungen

Durch die prognostizierte Verstärkung der regionalen Strukturen und die daraus resultierende Verbesserung der Existenzsicherung durch neue Erwerbsmöglichkeiten wird der regionale Zusammenhalt auf Ebene der sozialen Beziehungen unterstützt, da sich das Auspendeln und die Abwanderung reduziert. Die Entwicklung neuer Kooperationsformen (siehe 2.2.3) und eine Erhöhung der regionalen Wertschöpfung würden sich auch auf die sozialen Strukturen (Familie/Beziehungen) und die Identität der am Innovationsprozess Beteiligten (Krotschek 2001) stabilisierend auswirken.

Offen bleibt die Frage, ob sich aufgrund der neuen Bewirtschaftungs- und Kooperationsstrukturen, die Arbeitsaufteilung innerhalb der sozialen Strukturen verschieben würde (Gender-Aspekt). Hierzu existieren noch keine Perspektiven in der Literatur<sup>12</sup>.

## 2.2 Erwerbsleben

### 2.2.1 Arbeitsplatzqualität

Informationen über konkrete Arbeitszusammenhänge und -erfahrungen<sup>13</sup> in den bestehenden Projekten und im Bereich der Zulieferung und Weiterverarbeitung, liegen noch nicht vor. Hier wären Interviews hinsichtlich der persönlichen Einschätzung der Arbeitsbedingungen und Arbeitsplatzqualität (Arbeitsplatzgestaltung, Ausbildungsmöglichkeiten, etc.) auf den betreffenden Akteursebenen und deren Einbezug in partizipative Prozesse notwendig. So könnten die realen Veränderungen bezüglich Ausbildung und Arbeitsbedingungen abgeschätzt und die prognostizierte Schaffung hochwertiger Arbeitsplätze (Schnell 2001) reflektiert werden.

Hinsichtlich der Bewertung der sozialen Nachhaltigkeit der Grünen Bioraffinerie wären hier auch Fragen bezüglich der Integration und Einhaltung von MitarbeiterInnenrechten (auch bei Lieferantenbewertung), der Gleichberechtigung, der Beschäftigung von Randgruppen, der Berücksichtigung von Randgruppen als Kunden, der Integration von Älteren in den Arbeitsprozess, der Deklaration von Verfahrensweisen und der Schließung regionaler Wertschöpfungsketten von Bedeutung<sup>14</sup>.

### 2.2.2 Ausbildung

Inwiefern die GBR die Ausbildung von Akteuren verändert, wird in mehreren Richtungen diskutiert:

Es wird die Notwendigkeit für lebenslanges Lernen unterstrichen, wobei der institutionelle Rahmen (Schulen und Kompetenzzentren) noch nicht entwickelt ist (BMVIT 2001, S. 83) Lehrlinge und technisch-wissenschaftliche Angestell-

---

<sup>12</sup> Der Gender-Aspekt wird lediglich im MAB-Bericht 2000 angesprochen, jedoch nicht in direktem Bezug auf die GBR.

<sup>13</sup> Das gilt besonders für Arbeitsbedingungen, Erreichbarkeit des Arbeitsplatzes, Arbeitsschutz, Arbeitskonflikte, Einkommensverteilung, etc.

<sup>14</sup> Vgl. dazu (Tischer 2001, S. 61 ff).

te dürften auch zu wenig Informationen, Wissen und Motivation für eine Nutzung der NAWAROS (Schnitzer 1997, S. 14) besitzen, was einem beruflichen Engagement in dieser Richtung entgegensteht.

Für die Landwirte wird ein gesteigertes Maß an Mündigkeit, Selbständigkeit und unternehmerischem Denken an Bedeutung gewinnen, um in diesem innovativen Feld bestehen zu können.

### 2.2.3 Erwerbsstrukturen und Kooperationsformen

Prognosen über die Auswirkungen der Grünen Bioraffinerie auf die Erwerbsstruktur und auf Kooperationsformen nehmen in der Literatur einen breiten Raum ein. So wird die Netzwerkbildung zwischen unterschiedlichen Akteurs-ebenen<sup>15</sup> (BMVIT 2001, S. 35; Schnell 2001; Ronzheimer 2001) und die inter- und transdisziplinären Arbeit, betont (BMVIT 2001, S. 28).

Neue Kooperationsformen zeichnen sich erst langsam ab bzw. manifestieren sich noch nicht in der Literatur (wie beispielsweise jene zwischen Pilotprojekten und Landwirten).

Motivationen zur Kooperation und zur Netzwerkbildung sind die Erschließung neuer Einkommensquellen, Lösungssuche, lukrieren von Förderungen und Informationen, Prestigezugewinn, Einflussverweigerung, persönliche Bindungen und ideelle Motive (Tischer 2001, S. 97). Zudem bieten Netzwerke den einzelnen Akteuren Schutz, wirken existierenden Informationslücken entgegen und ermöglichen die Entwicklung gemeinsamer Visionen hinsichtlich der regionalen Entwicklung. Regionalentwicklungsprojekte wie das Steirische Vulkanland (Verein zur Förderung des steirischen Vulkanlandes 2001) tragen zu einer solchen Entwicklung bei. **Die Schließung von Kooperationslücken entlang der Wertschöpfungskette wird eine der wichtigsten Aufgaben bei der Implementierung der GBR darstellen.**

In der Formierung von Kooperationen und Netzwerken treffen unterschiedliche Strukturen, Arbeitsweisen, Leitbilder und Wertrationalitäten aufeinander. Sprachbarrieren zwischen den unterschiedlichen Akteuren stellen ein weiteres Problem dar (Haberl/Strohmeier 1999, S. 18). Zur Bildung tragfähiger Netzwerke und Kooperationen wäre eine möglichst frühe Akteurseinbindung und die Bildung von Strukturen zum Wissensaustausch notwendig. Hinsichtlich Kooperationsbildungen existieren bereits Bemühungen via Kontaktforen (kontaktforum.dechema.de) und Kommunikationsforen im Internet (C.A.R.M.E.N. – [www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de)).

Neue Formen der Zusammenarbeit, wie beispielsweise Bewirtschaftungsgemeinschaften und Kooperationen zwischen Partnern, die bisher zu einander kaum bis keine Beziehungen pflegten, verlangen den Akteuren kommunikative Fähigkeiten in der Vermittlung ihres Wissens und ihrer Interessen ab. Der Einbezug unterschiedlicher Wissensformen und Erfahrungen (Nutzung von vorhandenem Wissen) in die Technikgestaltung wird für die Anschlussfähigkeit an regionale, soziale, ökonomische und ökologische Bedingungen und für die Akzeptanz der neuen Technologie bei den betroffenen Akteuren, eine wesentliche Rolle spielen. Traditionelles Wissen und Erfahrungswissen unterschiedlicher Akteure (beispielsweise der Landwirte hinsichtlich Kulturlandschaftspflege und Rohstoffproduktion – (vgl. Erbe 1997, S. 109) dürfte in die Entwicklung der GBR und deren Implementierung jedoch noch unzureichend einbe-

---

<sup>15</sup> Z. B. öffentliche Hand, Wirtschaftsbetriebe, Wissenschaftler, Techniker, politischen Entscheidungsträgern, regionale Akteure.

zogen werden (BMVIT 2001, S.21 und S. 80). **Für einen nachhaltigen Entwicklungsprozess wäre aber gerade der Einbezug eines breiten Spektrums an Ideen, Kreativität und Wissensformen (Erfahrungskompetenz) auf regionaler Basis wichtig** (Tischer 2001, S. 95).

Hinsichtlich der Organisationsformen wird davon ausgegangen, dass sich die GBR im Bereich der Klein- Mittelbetriebe bewegen wird (Kromus 2000; Yorick/Weenen 2001). Die GBR dürfte jedoch am interessantesten für extensiv wirtschaftende Landwirte sein (Arnold 2001). Befürchtet wird jedoch auch ein Entwicklungsdruck Richtung Großbetriebe, Intensivproduktion und Monokulturen (ITAS 2001, S. 30), was auch eine Neuorganisation der Betriebsstrukturen (Erbe 1997, S. 110) und eine Neuaufteilung der Arbeit innerhalb der familiären bzw. Beziehungsstrukturen<sup>16</sup> bedeuten würde.

## **2.3 Technikentwicklung und politisches Feld**

### **2.3.1 Technikentwicklung/Rahmenbedingungen**

In den 80er Jahren bildeten sich die ersten Projekte zum Thema Bioraffinerie (Biorefinery Denmark Foundation, Bornholm 1988). Diese Entwicklung schloss an die Wissenschaftstradition an, die in den 20er Jahren mit dem Ziel begann, neue Treibstoffe zu entwickeln und drohenden Rohstoffkrisen und damit verbundenen politischen Abhängigkeiten entgegenzuwirken (Ringpfeil 2001). Die gegenwärtigen Bestrebungen gehen darüber hinaus und beziehen sich auf eine nachhaltige Entwicklung und damit auf eine weitaus breitere Produktpalette auf Basis erneuerbarer Rohstoffe, sowie auf die Erfüllung der Kyoto-Klimaschutzziele. Daran schließen weitere politische Zielsetzungen, wie die Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen an. Die gesetzlichen und patentrechtlichen Rahmenbedingungen für die institutionelle Absicherung dieser Entwicklung müssen jedoch noch weitgehend ausgehandelt werden (BMVIT 2001, S. 15 f). So stellt die in Österreich vorherrschende schleppende Innovationsentwicklung (fehlendes Kapital und fehlende Wissenstransparenz) ein grundsätzliches strukturelles Problem dar (BMVIT 2001, S. 21 und 48). Für die Nachhaltigkeit der Entwicklung ist die Beachtung des regionalen Hintergrundes (Art und Verfügbarkeit von Rohstoffen, Infrastruktur, Arbeitskräfte, regionaler Markt, Produktlinien, Innovationen etc.) und der Einbezug aller betroffenen Akteure von zentraler Bedeutung (BMVIT 2001, S. 6; BIOPOS 2001; Krotschek 2001; Narodslawsky 2001).

Nachhaltige Entwicklung erfordert zu dem eine Anpassung technisch-industrieller Kreisläufe an biologisch-soziale Kreisläufe (Kromus 2000). Inwieweit dies gelingt, ist noch nicht abzuschätzen, da sich die Technologie noch im Entwicklungsstadium befindet (Neppert 2001). Diesbezüglich besteht in Österreich ein Problem, da Forschungs- und Entwicklungskapazitäten fehlen (BMVIT 2001, S. 15). Zudem ist fraglich, wie hoch der Forschungsbedarf und die Motivation bei den einzelnen Akteuren einzuschätzen ist (Sotoudeh/Schidler 2001, S. 51).

---

<sup>16</sup> Hier stellt sich die Frage, inwieweit sich durch eine Neuorganisation von landwirtschaftlichen Betrieben die Aufgaben zwischen den Geschlechtern verteilen werden.

### 2.3.2 Partizipation

In diesen Zusammenhang sind insbesondere zwei Fragen zentral:

Welche Entwicklungsziele und Interessen existieren auf der regionalen Akteurs-ebene? Welche Rahmenbedingungen benötigen Akteursnetzwerke für ihren Aufbau und zu ihrer Stabilisierung? (BMVIT 2001, S. 29f; ISOE 2001).

Die politische Willensbildung besitzt nicht nur Bedeutung für die Schaffung stabiler Rahmenbedingungen (Gesetze, Förderungen), sondern auch für die Akzeptanzschaffung. Nachhaltige Entwicklung erfordert langfristiges Planen auf partizipativer Basis (Narodoslawsky 2001; BIOPOS 2001), die sich auf die OEDC-Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung – sozialer Friede, Risikominimierung für die Beteiligten, Solidarität, Institutionalisierung sozialer Netze, Stabilität und soziale Gerechtigkeit – stützt. Dies setzt voraus, dass der Entwicklungsprozess für alle Akteure möglichst transparent verläuft, und alle Zugang zu für sie wichtigen Informationen haben und so die lokale Einbettung der Grünen Bioraffinerie als Thema gewährleistet ist. Diese Bedingungen können durch eine möglichst frühe Einbindung der Beteiligten und Betroffenen in Entscheidungsprozesse erfüllt werden.

Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren verstärkt die Handlungsspielräume, erhöht die gegenseitige Akzeptanz und Glaubwürdigkeit. Derzeit existieren jedoch **Lücken in der Akteurskette**, wie beispielsweise mangelnde Kommunikation zwischen Rohstoffbereitstellern und Verarbeitern (BMVIT 2001, S. 21).

In Rahmen eines Implementationsprozesses und der damit einhergehenden Formierung von Interessensgruppen, ist insbesondere die Rolle von ExpertInnen und Gate-Keepern (Meinungsbildner und Schlüsselpersonen) zu beachten, die in sozial-politischer Hinsicht über die höchste Gestaltungsmacht verfügen. Hier erweist sich der bereits erwähnte „Stake-Holder-Ansatz“, der den Einbezug aller an einer bestimmten Problemlage beteiligten Akteure vorsieht, als hilfreich.

Hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens von Akteursgruppen kann aus der Literatur geschlossen werden, dass sich gegenwärtig vor allem Wissenschaftler, Techniker, Verwaltungsbehörden und Betriebe aus dem Energiebereich im Diskurs miteinander befinden. Andere Akteure, wie die Landwirtschaft oder die Industrie, stehen dabei eher noch im Hintergrund.

Bezüglich konkreter Aushandlungserfordernisse und einer Risikominimierung für die Landwirte wären Vorleistungen der Politik und der Wirtschaft nötig. Dies könnte durch die Beseitigung von Marktbarrieren für NAWAROS bewerkstelligt werden. Als Barrieren erweisen sich insbesondere die bestehenden Gesetze, Normen und Verordnungen, die sich auf eine andere Rohstoffbasis beziehen und sich daher nachteilig für nachhaltig produzierte Produkte aus NAWAROS erweisen (BMVIT 2001, S. 28 und 37). Eine Lösung dafür wäre die Einbeziehung der Umweltkosten und eine Einigung auf soziale und ökologische Produktionsstandards (Tischer 2001, S. 73).

Zur Sicherung der Erwerbsmöglichkeiten muss die Versorgung mit qualitativen Rohstoffen gesichert sein, dazu bedarf es einer Aushandlung von Qualitätsnormen, sowie einer Bedarfs- und Machbarkeitsklärung (Angebot/Nachfrage). In dieser Hinsicht wird seitens der Landwirte immer noch eine Bevormundung durch die Verwaltungen und der Einfluss von Naturschutzverbände ins Treffen gebracht (Erbe 1997, S. 124).

Unterstützt wird der öffentliche Diskurs gegenwärtig durch Förderpreise und die Einrichtung von Kommunikationsplattformen.



## 3 Akteure

Hinsichtlich des Akteurfeldes ist prinzipiell anzumerken, dass jede Akteursgruppe ihrer eigenen Rationalität folgt und ihre spezifische Problemwahrnehmung besitzt, einen unterschiedlichen Grad an Organisiertheit aufweist und über ein unterschiedliches Maß an Ressourcen (Wissen, ökonomische Mittel, Zeit, ...) verfügt, was sich auf deren Handlungsspielräume und -optionen auswirkt.

Die Entstehung neuer Interessensgruppen spiegelt sich in der Literatur erst undeutlich wider. Sicher dürfte jedoch sein, dass die Technowissenschaften und die Biologie in Zukunft eine neue Rollen in der nachhaltigen Regionalentwicklung einnehmen werden.

Die meisten Akteure blieben bisher außerhalb des öffentlichen Diskurses. Wechselwirkungen sind bisher nur zwischen Wissenschaftern, Technikern, Verwaltungen und verarbeitenden sowie Dienstleistungs-Unternehmen erkennbar.

### Akteursebenen

- Interne Stakeholder:
  - Pilotprojekte  
Eigentümer (Geldgeber, Aktionäre), Anlagebetreiber, Entwickler, Management und Arbeitnehmer
- Externe Stakeholder:
  - Wissenschaftlich-technische Akteursgruppen
- Wirtschaftliche Akteure  
Diese Akteursgruppe tritt in der Literatur nur am Rande in Erscheinung.
  - Lieferanten und Kooperationspartner:  
Landwirtschaften, Bio-Firmen, Consultant-Unternehmen
  - Abnehmer  
Verarbeiter, Händler, regionale öffentliche Energieversorger ...
  - Medienunternehmen
  - regionale Gewerbe- und Dienstleistungsbetriebe  
(Tourismusunternehmen, ...)
- Regionalentwicklungsinitiativen
- Behörden und Verwaltungen  
Gemeinden, Bezirksverwaltungen, Bewilligungsbehörden, Landesregierungen, Bundesregierung, Normungsinstitut, Patentamt, int. Organisationen (UNESCO, UNIDO), EU-Kommission
- Nonprofitorganisationen und Verbände  
WWF (Naturschutzverbände), Tourismusverbände, Standesvertretungen (Bauernverbände, Kammern), Konsumentenschutzverbände
- Bewohner/Konsumenten  
BürgerInnen, BürgerInneninitiativen.

## 4 Literatur

- Arnold, M., 2001, Strom aus Gras im Aufschwung, *AGRO*,  
<<http://www.schweizerbauer.ch/news/aktuell/Artikel/04272/artikel.html>>.
- BIOPOS, 2001, *Grüne BioRaffinerie Brandenburg. Beiträge zur Produkt- und Technologieentwicklung sowie Bewertung*;  
<[www.biopos.de/pdf/BUB8.pdf](http://www.biopos.de/pdf/BUB8.pdf)>.
- BMVIT, 2001, *Forschungskonzept nachwachsende Rohstoffe*, im Auftrag von: BMVIT, Wien.
- Buchgraber, K., 2001, Kann die Grünlandnutzung in Österreich auch künftig aufrecht erhalten werden?, *Wintertagung des Ökosozialen Forums*, Steiermark.
- Diekmann, A., 2001, *Umweltsoziologie*, Reinbek: Rowohlt.
- Endres, A. und Radke, V., 1998, *Indikatoren einer nachhaltigen Entwicklung*; in Reihe: Volkswirtschaftliche Schriften, Bd. 479, Berlin: Duncker & Humblot.
- Erbe, F. M. z., 1997, *Der Konflikt zwischen Grünlandwirtschaft und Naturschutz unter Berücksichtigung der Projektierung des Großschutzgebietes Hammeniederung*; in Reihe: Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, Bd. 31, Bremen: Gerhard Bahrenberg.
- Haberl, H. und Strohmeier, G. (Hg.), 1999, *Kulturlandschaftsforschung*; in Reihe: IFF-Texte, Bd. 5, hg. v. Grossmann, R., Wien: Springer.
- ISOE, 2001, *Evalunet ein Infrastrukturvorhaben im Rahmen des Förderschwerpunktes sozial-ökologische Forschung*; ISOE  
<[www.isoe.de/projekte/evalunet.htm](http://www.isoe.de/projekte/evalunet.htm)>.
- ITAS, 2001, *Jahrbuch ITAS 1999/2000*, Nr. 3-923704-31-3: Forschungszentrum Karlsruhe, ITAS.
- Janisch, M., 1992, *Das strategische Anspruchsgruppenmanagement. Vom Shareholder-Value zum Stakeholder-Value*, Dissertation, Institut für Betriebswirtschaft, Hochschule St. Gallen.
- Janzing, B., 2001a, Gras erneuert verbraucht Energie,  
<<http://www.taz.de/pt/2001/04/28/a0133.nf/text>>.
- Janzing, B., 2001b, Power vom Bauer, *Der Spiegel*,  
<<http://www.spiegel.de/spiegel/0,1518,148743,00.html>>.
- Kromus, S., 2000, *Die Grüne Bioraffinerie: Stoffliche und Energetische Nutzung von Gras – Ein Regionales und Europäisches Projekt*;  
<[www.graskraft.de](http://www.graskraft.de)>.
- Krotschek, C., 2001, *Ausgangspunkte und Ansatzpunkte*; <[www.komreg.de](http://www.komreg.de)>.
- MAB-Nationalkomitee, Ö., 2000, *MAB-Forschungsbericht. Landschaft und Landwirtschaft im Wandel*, Wien: Österr. MAB-Nationalkomitee, Österreichische Akademie der Wissenschaften, BAL Gumpenstein.
- Narodoslawsky, M., 2001, *Regionale Innovation durch Kommunikation*; Komreg <[www.komreg.de/tagung/narodoslawsky.html](http://www.komreg.de/tagung/narodoslawsky.html)>.

- Neppert, K., 2001, *Bioraffinerien, wie Energie aus Gras gewonnen wird*; Deutschlandfunk  
<<http://www.dradio.de/cgi-bin/user/fm1004/es/neu-umla/465.html>>.
- Ringpfeil, M., 2001, *Biobased Industrial Products and Bioraffinery Systems – Industrielle Zukunft des 21. Jahrhunderts?*;  
<[www.biopract.de/Graphik/Green.pdf](http://www.biopract.de/Graphik/Green.pdf)>.
- Ronzheimer, M., 2001, Vom Scheitern zum Siegen, *BerliNews*,  
<<http://www.berlinews.de/archiv/1597.shtml>>.
- Sangmeister, H., 1994, Soziale Indikatoren, in: Kriz, J. u. N., D. (Hg.): *Politikwissenschaftliche Methoden. Lexikon der Politik*, München: Rowohlt.
- Schnell, R., 2001, *Mehr aus Gras mit der „Grünen Bioraffinerie“*; Grüne Liga Berlin <[www.grueneliga.de/berlin/informieren/rabe\\_ralf/rabe\\_archiv/03\\_04\\_2001/bioraffinerie.html](http://www.grueneliga.de/berlin/informieren/rabe_ralf/rabe_archiv/03_04_2001/bioraffinerie.html)>.
- Schnitzer, H., 1997, *Grundlagen für die Ausrichtung des ITF-Schwerpunktes „Nachhaltige Technik“*; Endbericht, im Auftrag von: Bundesministerium für Wissenschaft Verkehr und Kunst, Graz: Technische Universität, Institut für Verfahrenstechnik.
- Sotoudeh, M. und Schidler, S., 2001, *Anforderungen an Methoden zur Bewertung Innovativer Technologien am Beispiel biologisch Abbaubarer Polymere*; Endbericht, im Auftrag von: BMLFUW, August 2001, Wien: ITA.
- Teichert, V., 2000, Die Arbeitsgruppe Ökonomie und Ökologie der FEST: Entwicklung von Indikatorensystemen zur (regionalen) Nachhaltigkeit, *TA- Datenbank Nachrichten 1/9. Jg.*
- Tischer, M., 2001, *Unternehmenskooperation und nachhaltige Entwicklung in der Region*, Marburg: Metropolis-Verlag.
- Verein zur Förderung des steirischen Vulkanlandes, 2001, *Regionaler Entwicklungsplan der LAG Steir. Vulkanland*;  
<[www.stmk.gv.at/verwaltung/lbd-lrp/leader/rep/vulkanland.pdf](http://www.stmk.gv.at/verwaltung/lbd-lrp/leader/rep/vulkanland.pdf)>.
- Yorick, B. und Weenen, H. v., 2001, *Design for Sustainable Development. Crops for Sustainable Enterprise.*;  
<[www.eurofund.ie/publications/files/EF0048EN.pdf](http://www.eurofund.ie/publications/files/EF0048EN.pdf)>.

**Teil C**

**ERGEBNISSE DER  
LITERATURRECHERCHE:  
ÖKONOMISCHE ASPEKTE**

**Heidi Adensam**

# Inhalt – Teil C

1	Allgemeines .....	75
1.1	Ziele.....	75
1.2	Technikentwicklung und ökonomische Prozesse .....	75
1.3	Ökonomische Indikatoren und Nachhaltigkeit .....	75
1.3.1	Stakeholderansatz .....	76
1.3.2	Ökonomische Beurteilung allgemein .....	77
1.3.3	Stakeholder .....	78
1.3.4	Indikatoren und Methoden zur ökonomischen Beurteilung aus Sicht der einzelnen Stakeholder.....	80
2	Ökonomische Aspekte der GBR .....	82
2.1	Einzelwirtschaftliche und Individuelle Ebene .....	82
2.2	Regionalentwicklung und volkswirtschaftliche Aspekte .....	83
2.2.1	Erhaltung und Schaffung von Arbeitsplätzen .....	83
2.2.2	Substitution nicht regenerierbarer durch regenerierbare Energieträger und Rohstoffe.....	83
2.2.3	Reduktion von Treibhausgasen .....	84
2.2.4	Kosteneinsparung durch Abfallbeseitigung .....	84
2.2.5	Freihaltung landwirtschaftlicher Nutzflächen .....	84
2.2.6	Stärkung der Regionalwirtschaft .....	84
2.3	Märkte und Logistik .....	85
2.4	Förderungen .....	85
2.5	Preise und Risiko.....	86
3	Experten.....	86
4	Literatur .....	87

# I Allgemeines

## 1.1 Ziele

Ziele dieses Teilberichts sind:

- Beschreibung ökonomischer Kriterien für die Bewertung der Nachhaltigkeit einer Technologie.
- Darstellung der Ergebnisse einer Literaturrecherche über ökonomisch relevante Aspekte der Grünen Bioraffinerie (GBR).

## 1.2 Technikentwicklung und ökonomische Prozesse

Technikentwicklung und die damit einhergehende technische Innovation hat zahlreiche ökonomische Auswirkungen. Beginnend mit dem einzelwirtschaftlichen Interesse der Gewinnmaximierung, aus dem der ökonomische Anreiz zur Technikentwicklung entspringt, über die Investition in risikoreiche Pilotanlagen, die Erlangung von Patentrechten, den Konkurrenzvorteil durch den Know How Vorsprung bis hin zu regional- und volkswirtschaftlichen Prozessen wirken Technikentwicklung und ökonomische Prozesse wechselseitig aufeinander. Technische Innovationen im Bereich der Bioenergie und die Nutzung nachwachsender Rohstoffe versprechen einen Schritt in Richtung nachhaltige Entwicklung und nebenbei auch noch die Lösung sozio-ökonomischer und umweltrelevanter Probleme. Gleichzeitig werden durch diese technischen Innovationen aber auch negative Auswirkungen auf Gesellschaft<sup>1</sup>, Wirtschaft und Umwelt verursacht (Madlener 2001). Sowohl die positiven als auch die negativen Auswirkungen technischer Innovationen auf ökonomische Prozesse sollten im Rahmen einer umfassenden Bewertung berücksichtigt werden.

## 1.3 Ökonomische Indikatoren und Nachhaltigkeit

Trotz aller Bemühungen in Politik und Wissenschaft (z. B. Konferenz in Rio de Janeiro, Enquête Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“) gibt es keine einheitliche Interpretation von Nachhaltigkeit. Vielmehr existieren viele verschiedene, teilweise sogar konkurrierende oder einander widersprechende Ansätze. Ein umfassender Nachhaltigkeitsbegriff versteht ökonomische, soziale und ökologische Aspekte als gleich wichtig und ist Ausdruck der Erkenntnis, dass es zwischen den Teilsystemen Umwelt und Gesellschaft und deren Subsystemen Wirtschaft und Soziales vielfältige und komplexe systemare Beziehungen gibt (Tischer 2001, S. 25 und S. 28).

Bei Bewertung der Nachhaltigkeit einer Technologie wie der GBR sind damit neben ökologischen und sozialen auch ökonomische Kriterien von Bedeutung. Die Enquête Kommission zählt zu den Kriterien der ökonomischen Dimension

---

<sup>1</sup> Negative Auswirkungen auf die Gesellschaft könnte z. B. bei Windkraftanlagen die Lärmbelastung sein oder bei der Verbrennung von Biogas im Vergleich zu Erdgas die NOx-Emission usw.

sowohl einzelwirtschaftliche als auch volkswirtschaftliche Kriterien. Zu den einzelwirtschaftlichen Kriterien werden Kosten und Nutzen, das ökonomische Risiko und der Beitrag von Innovationen zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit (Unternehmenskompetenzen, Qualitätssicherung, Service, Kundenorientierung, Erschließung neuer Märkte) gezählt. Die volkswirtschaftlichen Kriterien umfassen Preisstabilität, Auswirkungen auf die Beschäftigung und dem Außenhandel. Als Bewertungsmethoden werden die Kosten-Nutzen-Analyse (die um externe soziale und ökologische Kosten und Nutzen erweitert ist), die Risikoanalyse und die Szenariomethode genannt. Mit einer Kombination dieser und weiterer Verfahren und Methoden sollte man dem Ziel einer integrierten und möglichst umfassenden Bewertung näher kommen (Enquete-Kommission/DB 1998, S. 28).

Im TA-Projekt „Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung“ (Hennen and Krings 1998, S. 23) steht bei der Operationalisierung der ökonomischen Ziele einer nachhaltigen Entwicklung die Forderung nach dem Erhalt des Naturkapitals und dem Erhalt der wirtschaftlichen Funktionsfähigkeit im Vordergrund. Es lassen sich vier Kategorien bilden (siehe dazu (Hennen and Krings 1998, S. 23):

**Individuelle Ebene:**

Freiheit und Entfaltungschancen, Mobilität, soziale Sicherheit u. a.

**Wirtschaftliche Stabilität:**

dauerhaft verträgliches wirtschaftliches Wachstum, Geldwertstabilität, Stabilität der Beschäftigung, Wettbewerbsfähigkeit usw.

**Erhalt und Weiterentwicklung der marktwirtschaftlichen Strukturen:**

Branchen-, Unternehmens- und Qualifikationsvielfalt, Ressourcenschonung, Artenvielfalt usw.

**Erhalt und Weiterentwicklung der marktwirtschaftlichen Funktionsfähigkeit:**

Innovationsfähigkeit, Krisenfestigkeit, Erhalt der Assimilationsfähigkeit natürlicher Senken und Erhalt des Naturkapitals.

### 1.3.1 Stakeholderansatz

Im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung wird die Sichtweise der klassischen ökonomischen Theorie – dass Unternehmen ihrer gesellschaftlichen Rolle als Produzenten von Gütern bereits durch die Verfolgung eines betriebswirtschaftlichen Optimums genüge tun und damit, koordiniert durch „die unsichtbare Hand“ des Marktes, zum gesamtwirtschaftlichen Optimum beitragen – in Frage gestellt. Unternehmen legitimieren sich nicht mehr allein dadurch, dass sie auf einzelwirtschaftlich effiziente Art und Weise Güter produzieren, die auf Märkten nachgefragt werden. Vielmehr rücken auch weitere Wirkungen des unternehmerischen Handelns ins Blickfeld wie z. B. externe Effekte und auch umgekehrt werden Wirkungen des Umfelds auf die Unternehmung stärker wahrgenommen (siehe Tischer 2001, S. 63). Das sogenannte Stakeholder- oder Anspruchsgruppenkonzept entstand in Ergänzung bzw. Abgrenzung zum Ansatz des shareholder-value. Während letzter allein die (kurzfristigen) Ansprüche der Anteilseigner der jeweiligen Unternehmung auf Maximierung der Erträge im Blick hat, kommt beim Stakeholder-Ansatz vor allem auch die Langfristentwicklung des Unternehmens und dadurch die Einbettung in sein gesellschaftliches Umfeld ins Blickfeld (vgl. Thommen 1996) S. 21). Als Stakeholder oder Anspruchsgruppen werden dabei Gruppen oder Individuen bezeichnet, welche die Zielerreichung einer Organisation beeinflussen können oder von dieser betroffen sind (Tischer 2001, S. 64).

Auch die Enquête Kommission greift die Idee des Anspruchsgruppenansatzes auf und erkennt, dass die Anspruchsgruppen in das Bewertungsverfahren einbezogen werden müssen: „... Waren Fragen und Institutionen der Bewertung von Innovationen zunächst auf den Bereich technischer Innovationen und auf die wissenschaftliche Politikberatung beschränkt (z. B. im Bereich der Technikfolgenabschätzung), so hat sich in den vergangenen Jahrzehnten die Bewertung von Innovationen in Form von Produkt- und Prozessbewertungen immer mehr in die Unternehmen und in die Kommunikation der Unternehmen untereinander und mit Anspruchsgruppen hinein verlagert. ... Andererseits ist die Beteiligung der Akteure im Bewertungsverfahren wichtig, weil sie es in der Regel sind, die die Konsequenzen von Entscheidungen zu tragen haben. Die Teilnahme an vorbereiteten Bewertungen kann wesentlich dazu beitragen, dass dann realisierte Innovationen von den Beteiligten mit Überzeugung vertreten und unterstützt werden können“ (Enquete-Kommission/DB 1998, S. 28).

Kanatschnig, Fischbacher et al. (1999, S. 11) schreiben dazu: „Eine konkrete Umsetzung der nachhaltigen Entwicklung kann im Sinne der Selbstorganisation nur von den Betroffenen selbst, also nur bottom-up erfolgen. (Dafür müssen jedoch top-down von den übergeordneten Ebenen die entsprechenden Rahmenbedingungen gesetzt und ein Orientierungsrahmen gegeben werden.)

Der Erfolg einer Innovation kann damit begünstigt werden, wenn Anspruchsgruppen in den Bewertungsprozess einbezogen werden. Auf ökonomischer Ebene heißt das: die ökonomischen Auswirkungen der Innovation für die einzelnen Anspruchsgruppen beleuchten und im Bewertungsverfahren berücksichtigen. Im folgenden Kapitel werden daher einzel- und volkswirtschaftliche Kriterien zur Beurteilung für die Anspruchsgruppen der GBR beschrieben.

### **1.3.2 Ökonomische Beurteilung allgemein**

Die ökonomischen Kriterien zur Beurteilung hängen unter anderem ab

- von den Systemgrenzen,
- vom Bewertungsgegenstand,
- vom Stakeholder, aus dessen Sicht die Bewertung vorgenommen wird.

#### **Systemgrenzen**

Neben den örtlichen (regionale, nationale oder globale Wirtschaft) und den zeitlichen (kurz-, mittel-, langfristig) stellen bei der ökonomischen Bewertung auch die zu betrachtenden Alternativen eine wichtige Systemgrenze dar. Wird eine Alternative wie z. B. die Investition in eine GBR im Vergleich zum Status Quo betrachtet oder wird der Betrachtungshorizont erweitert und nicht nur mit dem Status Quo sondern mit anderen alternativen Investitionsmöglichkeiten verglichen? Auftragsgemäß ist Ziel dieses Projekts der Vergleich der GBR mit dem Status Quo und die Systemgrenze diesbezüglich definiert. Örtlich werden sowohl regional- als auch volkswirtschaftliche Belange einbezogen, Auswirkungen auf die globale Wirtschaft (z. B. eine Effizienzsteigerung durch technische Innovationen ist global wirksam) wird nicht untersucht.



### Bewertungsgegenstand

Bewertungsgegenstand kann sein:	Indikatoren zur ökonomischen Beurteilung (beispielhaft):
Eine Volkswirtschaft	BIP, Arbeitslosenrate, Produktivität, usw.
Eine Regionalwirtschaft	Beschäftigte in der Region, Gewerbe- und Industriebetriebe in der Region, Brutto-Regional-Produkt
Ein Betrieb	Gewinn, Dividende, Liquiditätskennzahlen
Alternativen wie z. B. Investitionsvorhaben, Produktionsprozesse	Kosten-Nutzen-Analyse, Kostenwirksamkeitsanalyse, Return On Investment, usw.
Arbeitskräfte	Produktivität
Kapitalanlagen	Verzinsung
...	

Bewertungsgegenstand für die Fragestellung im Projekt sind vor allem „Alternativen“, z. B. aus Sicht des Investors Investitionsvorhaben in die Grüne Bioraffinerie oder aus Sicht des Landwirtes die Produktion von Silage für die Grüne Bioraffinerie.

Außerdem sind zur Beurteilung der ökonomischen Nachhaltigkeit der GBR die Auswirkungen auf Volks- und Regionalwirtschaft von Bedeutung. So sind z. B. die Auswirkungen auf den regionalen Arbeitsmarkt, die zusätzliche Wertschöpfung in der Landwirtschaft für die Beurteilung der Technologie von Bedeutung.

### 1.3.3 Stakeholder

Bei Errichtung und Betrieb einer GBR sind unterschiedliche Stakeholder oder Anspruchsgruppen betroffen. Die ökonomische Beurteilung aus Sicht der verschiedenen Stakeholder kann zu unterschiedlichen Bewertungsergebnissen führen: Eine für den Landwirt positive ökonomische Beurteilung kann aus Sicht des Investor unter Umständen ganz anders aussehen oder umgekehrt. Da der Erfolg von Innovationen für eine nachhaltige Entwicklung auch von den einzelnen Akteursgruppen abhängt (siehe dazu Enquete-Kommission/DB 1998, S. 29) und im gegenständlichen Projekt ein partizipativer Ansatz zur Beurteilung der GBR gewählt wurden, werden im folgenden ökonomische Kriterien zur Beurteilung der Nachhaltigkeit für die einzelnen Anspruchsgruppen dargestellt.

Folgende relevanten Stakeholder konnten aus der verfügbaren Literatur ausfindig gemacht werden.

Unmittelbar betroffene Stakeholder sind:

- *Investor*: Stellt finanzielle Mittel für die GBR bereit
- *Betreiber der GBR*: Unternehmen, Genossenschaft oder ähnliches, welche/s die GBR errichtet und betreibt, verantwortlich ist für den ordentlichen Geschäftsgang (Betrieb)
- *Arbeitskräfte in der GBR*
- *Rohstoff(Silage)lieferanten*: Landwirte, die Silage liefern
- *Abnehmer*: Kunden die Milchsäure, Proteine, Fasern und Energie abnehmen und weiterverkaufen (Handel), veredeln (Produzenten) oder verbrauchen (Endverbraucher).

Die oben genannten Stakeholder können, müssen aber nicht unterschiedliche Personen/Organisationen sein. Eine landwirtschaftliche Genossenschaft kann z. B. sowohl Betreiber als auch Investor in eine GBR sein und sowohl die Rohstoffe liefern als auch die Energie daraus abnehmen. Sind die genannten Stakeholder aber nicht ident, sind bei der ökonomischen Beurteilung die verschiedenen Ziele des jeweiligen Stakeholders zu beachten:

- Der Investor strebt eine möglichst hohe Rendite bei möglichst geringem Investitionsrisiko an.
- Der Betreiber strebt einen möglichst großen Unternehmenserfolg an.
- Die Arbeitskräfte möchten einen möglichst sicheren und gut bezahlten Arbeitsplatz.
- Der Rohstoffe liefernde Landwirt möchte einen möglichst hohen Deckungsbeitrag und eventuell langfristige Abnahmeverträge.
- Der Abnehmer möchte ein möglichst gutes Preis-Leistungsverhältnis.

Neben den genannten unmittelbar betroffenen ist die GBR auch für folgende Stakeholder relevant:

- Lieferanten und Dienstleister für die Investition: Anlagenhersteller, Planungsbüros, Hersteller von Re-Investitionen für einzelne Anlagenteile (Keilriemen oder ähnliches)
- Lieferanten und Dienstleister für den Betrieb: Lieferanten von Betriebs- und Hilfsstoffen (Chemikalien, Energie, etc.) für die GBR und die Rohstoffproduktion, Bereitsteller von Wartungs- und Reparaturleistungen
- Lieferanten und Dienstleister der Produkte, die durch die Produkte der GBR verdrängt wurden (bisherige Proteinproduzenten/händler, Energieerzeuger, etc).

In weiterer Folge von den **Auswirkungen** der GBR ökonomisch betroffen sind folgende Stakeholder:

- Auswirkung zusätzliche Wertschöpfung in Betrieben der Region: Arbeitskräfte in der Region
- Auswirkung zusätzliche Wertschöpfung in Betrieben außerhalb der Region: Arbeitskräfte außerhalb der Region
- Auswirkung zusätzliche Ausgaben in Forschung und Entwicklung (F&E): Arbeitskräfte in Forschung und Entwicklung
- Auswirkung Landschaftsveränderung: Tourismusbetriebe
- Auswirkung Know How Vorsprung (durch Erfahrung mit neuer Technologie und zusätzliche Ausgaben in F&E): Regionalwirtschaft und Volkswirtschaft
- Auswirkung Flächenfreihaltung (durch Reduktion der Ausbreitung des Waldes durch alternative Einkommensmöglichkeit der Landwirte)
- Auswirkung Ökologie: Regional- und Volkswirtschaft durch z. B. Verbesserung/Verschlechterung der Bodenqualität, der Grundwasserqualität, im Bereich Artenvielfalt, Reduktion der Importe von fossiler Energie etc.
- Auswirkungen auf das Steueraufkommen der Gemeinde(n), die von der GBR betroffen sind und Auswirkungen auf den Staatshaushalt (Steueraufkommen, Förderungen, etc.)

### 1.3.4 Indikatoren und Methoden zur ökonomischen Beurteilung aus Sicht der einzelnen Stakeholder

Zur Beurteilung der ökonomischen Nachhaltigkeit aus Sicht der unterschiedlichen Stakeholder sind verschiedene Verfahren notwendig. Die ökonomische Bewertung für die unmittelbar betroffenen Stakeholder (Investor, Betreiber, Arbeitskräfte, Rohstofflieferanten und Kunden) kann mittels betriebswirtschaftlicher Verfahren erfolgen:

Stakeholder	Betriebswirtschaftliche Verfahren
Investor und Betreiber der GBR	Kapitalwert der Investition, Amortisationszeit, Interne Verzinsung
Arbeitskräfte	Bruttogehalt inkl. aller Nebenleistungen im Vergleich zum Status Quo bzw. der Trendentwicklung
Landwirte als Silagelieferanten	Deckungsbeitrag * Risiko im Vergleich zum Status Quo bzw. der Trendentwicklung
Abnehmer	Preisvergleich (sind eventuell die Qualitäten der Milchsäure, Proteine andere? Wenn ja, genügt der Preisvergleich nicht, dann müssten Produktionsverfahren verglichen werden)

Die Beurteilung der ökonomischen Nachhaltigkeit aus Sicht der mittelbar von der GBR betroffenen Betriebe kann z. B. mittels Wertschöpfung erfolgen, die in diesen Betrieben entsteht, aber auch mittels Deckungsbeitrag.

Stakeholder	Betriebswirtschaftliche Verfahren
Lieferanten von Anlagenteilen, Planungsbüros, Betriebsmitteln etc.	z. B. Deckungsbeitrag
Lieferanten und Dienstleister, deren Produkte verdrängt werden	z. B. Stranded investments (Investition, die sich jetzt nicht mehr erlösbringend nutzen können)

Die ökonomische Nachhaltigkeit für die von den Auswirkungen der GBR Betroffenen kann z. B. durch Bewertungsverfahren erfolgen, die externe Effekte monetarisieren (also externe Kosten und Nutzen berechnen) oder durch multi-kriterielle Bewertungsverfahren. Bei letzteren wird von der rein ökonomischen Betrachtungsweise abgegangen.

Stakeholder	Gesamtwirtschaftliche, regionalwirtschaftliche Verfahren für die Monetarisierung
Arbeitskräfte	Input-Output-Modell, Ökonometrische Modelle
Forschung und Entwicklung	Zusätzliche Ausgaben F&E
Tourismus	Externe Kosten/Nutzen
Volkswirtschaft (Freihaltung von Flächen)	Optionswert für die Nutzung von Fläche
Volkswirtschaft (Ökologie)	Externe Kosten/Nutzen
Gemeinde-/Staatshaushalt	

Bei multikriteriellen Verfahren werden für die Kriterien (Beschäftigung, Ökologie, usw.) Ziele formuliert (Anhebung der Beschäftigungsquote möglichst viel, Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen möglichst viel) und für die einzelnen Alternativen (hier status quo und GBR) die Zielerreichungsgrade bestimmt (z. B. status quo: Vollbeschäftigung zu 85 % erreicht; bei der GBR: zu 90 %). Die Zielerreichung in den einzelnen Kriterien kann dann mittels unterschiedlichster Verfahren verglichen werden (z. B. paarweise vergleichen, oder Gewichtung der Ziele etc.) und so die Alternativen bewertet werden.

## 2 Ökonomische Aspekte der GBR

### 2.1 Einzelwirtschaftliche und Individuelle Ebene

Der wirtschaftliche Hauptaspekt auf der individuellen Ebenen ist die Gewährleistung einer „materiellen Sicherheit“. Jeder Mensch sollte die Möglichkeit haben, die für eine lebenswerte Ausgestaltung der einzelnen Lebensbereiche (Wohnen, Mobilität, Freizeit usw.) nötigen materiellen Mittel selbst erwerben bzw. entsprechende Dienstleistungen in Kauf nehmen können. Im Rahmen seiner Fähigkeiten sollte sich jeder zur Existenzsicherung ein gewisses Einkommen erwirtschaften können (siehe dazu Kanatschnig, Fischbacher et al. 1999, S. 29 f).

Auf individueller Ebene steht damit das durch die GBR geschaffene Einkommen, das zur materiellen Sicherheit beiträgt, im Vordergrund. Die GBR könnten zusätzliches Einkommen für den Rohstofflieferant „Landwirt“ bringen und damit zur Einkommenssicherung in diesem Wirtschaftssektor beitragen. In Schaffhausen, einer GBR-Pilotanlagen, sollen die Bauern für 100 kg Trockensubstanz zwischen 16 und 22 Fr. erhalten. Ökogras bringt am wenigsten ein. Inklusive Ausgleichszahlungen bringt ein Hektar Wiesenland dem Landwirt rund 3000,- Fr (Arnold 2001).

Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben gemäß (Filler and Jaster 1997, S. 209) im wesentlichen drei Gruppen von Faktoren:

- Bereitstellungskosten des Ausgangsmaterials
- Die Tiefe des technologischen Verarbeitungsprozesses und die damit verbundenen Input-/Outputrelationen.
- Die Marktrealisierungspotentiale der entstehenden Zwischen-, Koppel- und Endprodukte.

Bestimmt werden diese Faktoren wesentlich durch die Integration der GBR in die landwirtschaftliche Praxis, z. B.:

- Integration in einen landwirtschaftlichen Betrieb, Einsatz eines Teils der Nutzfläche als Rohstoffbasis
- Bioraffinerie optimaler Größe für marktgerechten Verkauf der Produkte und Lieferung durch mehrere unterschiedliche Landwirtschaftsbetriebe
- Integration in einem Landwirtschaftsbetrieb mit eigenem Wald
- Usw.

(Filler and Jaster 1997, S. 213) kalkulieren für die GBR ein etwa ausgeglichenes Ergebnis, dass allerdings mit „zahlreichen Unsicherheiten behaftet ist“. Im weiteren wird ein Beispiel gegeben: Bei zusätzlichem Getreideeinsatz könnte durch Mehraufwand an Personal, technischer Ausstattung und Energie die Milchsäureausbeute von 2 % auf 8 % erhöht werden. Für die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung ist in diesem Fall der Preis für Polylactid von großer Bedeutung: können 6 DM/kg erzielt werden, wirft die GBR einen Gewinn ab. Sollte das Polylactid als Verpackungsmaterial Verwendung finden, tritt es jedoch in Konkurrenz mit dem Massenkunststoff Polyethylen, der nur um 2 DM/kg verkauft werden kann und die GBR könnte damit nicht mehr gewinnbringend bewirtschaftet werden.

Gewinn oder Verlust einer GBR sind laut (Filler and Jaster 1997, S. 213) mit zahlreichen Unsicherheiten verbunden und stark von den Preisen der Outputprodukte bzw. deren Substituten abhängig. „Dem relativ hohen Verarbeitungsaufwand steht das mögliche Marktpotential für innovative, biologisch abbau-

bare und damit hoch umweltverträgliche Produkte und einer Vielzahl neuer Rohstoffe gegenüber (Filler and Jaster 1997, S. 214). Weiters wird bemerkt, dass neben den Marktpreisen ein wichtiger ökonomischer Erfolgsfaktor für die Biogasproduktion die Ausnutzung der Kostendegression ist – die GBR muss daher eine Mindestgröße besitzen.

Der Bioenergie AG in Schaffhausen bestätigt eine Studie, dass diese „schon bald“ rentabel arbeiten soll. Allerdings wird die Anlage mit 40 % der Produktionskosten bzw. 800.000 Fr gefördert (Arnold 2001). Im Vergleich dazu: Die 40 % Förderung der GBR sind geringfügig höher als die Förderung von z. B. Biomassenahwärmesysteme, Photovoltaik- oder Windkraftanlagen in Österreich.

Gewinnbringend wirtschaften kann die Grasverarbeitung erst mit Energie, Faserstoff und Proteinen (Arnold 2001), daher sind diese Absatzmärkte von großer Bedeutung für die GBR. Nach Einschätzung des BUWAL und eingehender Prüfung einer Grossbank, besitzt die Bioraffinerie viel versprechende Marktchancen (Arnold 2001).

Ob die Bioenergiegewinnung aus der GBR rentabel ist oder nicht hängt in Österreich wesentlich vom Einspeisetarif für Strom aus Biogas ab. Diese sind noch nicht von allen Bundesländern festgelegt. Auch die Einspeisung des gereinigten Biogases ins Erdgasnetz könnte in Frage kommen. Kostenschätzungen dafür konnten aus der vorliegenden Literatur nicht entnommen werden. (Arnold 2001)

## **2.2 Regionalentwicklung und volkswirtschaftliche Aspekte**

### **2.2.1 Erhaltung und Schaffung von Arbeitsplätzen**

Arbeitsplätze stellen einen Faktor dar, der heute besonders „knapp“ ist. Im Sinne einer nachhaltigen Wirtschaftsentwicklung liegt es daher unbedingt auch, Zahl und Qualität der Arbeitsplätze in Österreich zu sichern (Schnitzer 1997, S. 13).

(Filler and Jaster 1997, S. 214) merken wie viele andere auch an: „Über die reinen Wirtschaftlichkeitsaspekte hinaus könnten arbeitsmarktpolitische Effekte durch zusätzliche landwirtschaftliche und nichtlandwirtschaftliche Einkommensfelder entstehen“. Quantitative Abschätzungen zur Erhaltung bzw. Schaffung von Arbeitsplätzen finden sich in der Literatur jedoch noch nicht.

### **2.2.2 Substitution nicht regenerierbarer durch regenerierbare Energieträger und Rohstoffe**

Die Substitution nicht regenerierbarer durch regenerierbare Energieträger und Rohstoffe ist in erster Linie aus Sicht der Ökologie interessant. Im Hinblick auf die Ökonomie ist das verringerte Risiko einer Minderversorgung an nicht regenerierbaren Rohstoffen von Bedeutung und der höhere Grad an Selbstversorgung, da fossile und mineralische Rohstoffe meist importiert werden müssen, die erneuerbaren Rohstoffe in Österreich gewonnen werden.

### **2.2.3 Reduktion von Treibhausgasen**

Aufgrund der Substitution von Strom aus kalorischen Kraftwerken durch Biogas-Heizkraftwerke können Treibhausgasemissionen eingespart werden. Die Reduktion der Treibhausgase hat nicht nur ökologische sondern auch ökonomische Auswirkungen, z. B. Kosteneinsparungen durch geringes Vorkommen von Unwettern etc. Eine Treibhausgasbilanz ist im Zuge der Erarbeitung der ökologischen Aspekte zu erstellen.

### **2.2.4 Kosteneinsparung durch Abfallbeseitigung**

Durch den Ersatz von z. B. Polylactiden könnten erhebliche gesellschaftliche Kosten u. a. für die Abfallbeseitigung gespart werden (Filler and Jaster 1997, S. 214).

### **2.2.5 Freihaltung landwirtschaftlicher Nutzflächen**

Durch die Schaffung zusätzlichen Einkommens für den Landwirt trägt die GBR zur Reduktion der Verwaltung bei: Nichtrentable Grünflächen werden meist in Wald umgewandelt. Durch das zusätzliche Einkommen, das der Landwirt aus der Lieferung des Grases an die GBR lukriert, könnten Grünflächen weiter als Grünland bewirtschaftet werden, die ohne dem Einkommen aus der GBR nicht mehr rentabel bewirtschaftet werden könnten und als Forst genutzt werden würden. Im Gegensatz zu Wald kann Grünland bei Nahrungsmittelmangel rasch in Ackerflächen umgewandelt werden. Die GBR trägt somit zur Sicherung der Selbstversorgung mit Lebensmitteln bei.

Das Hintanhalten der Verwaltung trägt außerdem zum „Offenhalten“ der Landschaft bei und bringt damit einen externen Nutzen für die regionale Tourismuswirtschaft mit sich.

### **2.2.6 Stärkung der Regionalwirtschaft**

Da die Region von den Menschen als Lebensraum empfunden wird, gewinnt sie als Handlungsebene für eine nachhaltige Entwicklung zunehmend an Bedeutung. Die Individuen haben auf regionaler Ebene größere Möglichkeiten der direkten öffentlichen Einflussnahmen bzw. können unmittelbar initiativ werden und mitgestalten (Kanatschnig, Fischbacher et al. 1999, S. 11).

Eine auf die Besonderheiten und Bedürfnisse der Region ausgerichtete Wirtschaftsstruktur bereitet den dort wohnenden Menschen die materiellen Lebensgrundlagen und ist wesentliche Voraussetzung zur Sicherung bzw. Erhöhung von Lebensqualitätspotential und Attraktivität (Kanatschnig, Fischbacher et al. 1999, S. 71).

Durch die Nutzung lokaler Rohstoffe (Silage) wird Wertschöpfung in der Region geschaffen. Eventuell können dadurch auch Arbeitsplätze in der Region geschaffen oder erhalten werden. In der GBR Schaffhausen werden z. B. die Bauern der Umgebung die Rohstoffe liefern (Arnold 2001).

Nicht nur die direkten Wertschöpfungseffekte durch eine GBR sind für die Region relevant. Auch die Verbesserung von Infrastruktur durch z. B. den Bau von Zufahrtswegen etc. kann sich ebenso wie der eventuell entstehende „An-

lagentourismus“ zur Besichtigung der Anlage positiv auswirken. Die regionale Tourismuswirtschaft profitiert aus der „freigehaltenen“ Landschaft, da durch die alternative Nutzungsmöglichkeit der landwirtschaftlichen Fläche die Verwaldung hintangehalten werden kann.

## **2.3 Märkte und Logistik**

Für die Produkte der GBR (Milchsäure, Proteine, Fasern, etc.) gibt es bestehende Märkte. Für die Beurteilung der ökonomischen Nachhaltigkeit der GBR wären diese Märkte näher zu beleuchten:

Wer sind potentielle Abnehmer der Produkte? Wo liegt die Marktmacht (gibt es z. B. mehr Käufer von Milchsäure oder mehr Produzenten, gibt es einen großen Produzenten und viele kleine oder haben die alle die gleiche Macht am Markt, sind die Produzenten und Käufer in Österreich, bzw. wo sitzen diese)? Wer handelt mit den Produkten, werden die Produkte an Börsen gehandelt?

Hinsichtlich der Logistik ist zu klären, welche Lieferkonditionen für die Produkte üblich/notwendig sind wie z. B. kontinuierliche Bedarfsdeckung, ist Lagerhaltung notwendig etc. Die Logistik ist insbesondere bei der Rohstofflieferung von Bedeutung, Frischware, Silo, wer übernimmt das Lager, gibt es Abnahmeverträge pro Jahr, etc. Hier könnte eine kostengünstige zentrale Verarbeitung wegen der Verderblichkeit der Rohstoffe ein Problem sein (BMVIT 2001, S. 24/b).

Ein fehlender Markt z. B. bei den Rohstoffen – Gras oder Silage für GBR – kann ein wesentliches Hemmnis darstellen. Informationen müssen zwischen Landwirten und Verarbeitern ausgetauscht werden (siehe BMVIT 2001, S. 21) – dies verursacht Transaktionskosten, wenn kein funktionierender Marktmechanismus da ist. Langfristig, d. h. wenn sich ein Markt für diese Rohstoffe aufgebaut hat, dürften die Transaktionskosten nicht höher als in vergleichbaren Märkten sein.

## **2.4 Förderungen**

Förderungen sind aus volkswirtschaftlicher Sicht weder Kosten noch Nutzen und sind für die Fragestellung im gegenständlichen Projekt (Vergleich GBR versus Status quo) nur betriebswirtschaftlich relevant. Der Förderbedarf ergibt sich aus der betriebswirtschaftlichen Beurteilung – was sich betriebswirtschaftlich nicht rechnet aber trotzdem volkswirtschaftlich effizient ist (z. B. weil es externe Nutzen gibt) kann gefördert werden, damit es trotz mangelnder betriebswirtschaftlicher Rentabilität realisiert wird.



## 2.5 Preise und Risiko

Die Preise, die für Rohstoffe gezahlt werden müssen und Preise, die für die Produkte der GBR lukriert werden können bestimmen den betriebswirtschaftlichen Erfolg maßgeblich. Preise hängen vom Ressourcenverzehr und vom Markt (Verhältnis Angebot und Nachfrage) ab. Eine Preisprognose natürlicher Rohstoffe ist mit großer Unsicherheit verbunden (wie andere aber auch), da z. B. das Angebot vom Wetter abhängt. Daher sind Sensitivitätsanalysen insbesondere bezüglich der angenommenen Preise und Preisprognosen durchzuführen.

## 3 Experten

- Potentielle Abnehmer der Produkte
- Betreiber der Pilotanlagen in Schaffhausen über die bisherigen Erfahrungen
- Landwirtschaftsexperten zu den Kosten der Rohstoffherstellung und -manipulation.

## 4 Literatur

- Arnold, M., 2001, *Strom aus Gras im Aufschwung – Bioenergie – 21.5.2001*; <[www.hanfarchiv.ch/cgi-bin/a\\_text.cgi?551](http://www.hanfarchiv.ch/cgi-bin/a_text.cgi?551)>.
- BMVIT, 2001, *Forschungskonzept nachwachsende Rohstoffe*, im Auftrag von: BMVIT, Wien.
- Enquete-Kommission/DB (Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“/13. Deutscher Bundestag), 1998, *Konzept Nachhaltigkeit – Vom Leitbild zur Umsetzung*; Abschlußbericht, Bonn: Deutscher Bundestag.
- Filler, G. und Jaster, K., 1997, Betriebswirtschaftliche Aspekte der kombinierten Futter-, Energie- sowie Chemiegrundstoff- und Veredlungsproduktion, *1. Symposium „Grüne Bioraffinerie“*, Brandenburgisches Umweltforschungszentrum Neuruppin.
- Hennen, L. und Krings, B.-J., 1998, *TA-Projekt „Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung“*; Zwischenbericht, Nr. 58, Bonn: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Kanatschnig, D., Fischbacher, C. und Schmutz, P., 1999, *Regionalisierte Raumentwicklung. Möglichkeiten zur Umsetzung einer Nachhaltigen Raumentwicklung auf regionaler Ebene.*, im Auftrag von: Entwicklung, Ö. I. f. n., Wien: Österreichisches Institut für nachhaltige Entwicklung.
- Madlener, R., 2001, *How to Maintain Competition and Diversity? A socio-ecological-economic assessment of bioenergy options with a focus on CHP, Socio-economic aspects of bioenergy systems: Challenges and opportunities*, Rocky Mountain Region, Alberta, Canada.
- Schnitzer, H., 1997, *Grundlagen für die Ausrichtung des ITF-Schwerpunktes „Nachhaltige Technik“*; Endbericht, im Auftrag von: Bundesministerium für Wissenschaft Verkehr und Kunst, Graz: Technische Universität, Institut für Verfahrenstechnik.
- Thommen, J.-P., 1996, *Glaubwürdigkeit – die Grundlage unternehmerischen Denkens und Handelns*, Versus. Aufl., Zürich.
- Tischer, M., 2001, *Unternehmenskooperation und nachhaltige Entwicklung in der Region*, Marburg: Metropolis-Verlag.

**Teil D**

**KRITERIENWORKSHOP:  
GRÜNE BIORAFFINERIE - NACHHALTIGKEIT  
Protokoll und Arbeitsunterlagen**

**Susanne Schidler  
Markus Will**

# Inhalt – Teil D

1	Arbeitsunterlagen für die TeilnehmerInnen .....	93
1.1	Programm .....	93
1.2	Kurzinformation .....	94
1.3	Indikatoren/Kriterienvorschlag .....	96
2	Protokoll .....	99
2.1	Vorwort .....	99
2.2	Einleitung .....	100
2.3	Modul 1 – „Sicherung der menschlichen Existenz“ .....	102
2.4	Modul 2 – „Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivkapitals“ .....	105
2.5	Modul 3 – „Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten“ .....	108
2.6	Zusammenfassungsrunde .....	111
	Anhang .....	119

## Abbildungsverzeichnis

<i>(Folie 1 der Präsentation – weitere Folien siehe Anhang) .....</i>	101
Abbildung D-1: Pinwand zu Modul 1 .....	103
Abbildung D-2: Pinwand zu Modul 2 .....	106
Abbildung D-3: Pinwand zu Modul 3 .....	109
Abbildung D-4: Clusterung Modul 1 .....	112
Abbildung D-5: Clusterbildung Modul 2 .....	114
Abbildung D-6: Clusterbildung Modul 3 .....	116

## Tabellenverzeichnis

Tabelle D-1: Ziele und Regeln für eine nachhaltige Entwicklung .....	95
Tabelle D-2: Nachhaltigkeitsziele und -regeln .....	102
Tabelle D-3: Ergebnis der Punktabfrage zu Modul 1 .....	104
Tabelle D-4: Ergebnis der Punktabfrage zu Modul 2 .....	107
Tabelle D-5: Ergebnis der Punktabfrage zu Modul 3 .....	110

# I **Arbeitsunterlagen für die TeilnehmerInnen**

Die folgenden Unterlagen wurden den Workshop-TeilnehmerInnen vorab zugesandt und dienen als Informations- und Arbeitsunterlagen.

## ***1.1 Programm***

- 09:00 Uhr Begrüßung und Vorstellungsrunde
- 09:15 Uhr Kurzreferat zur Grünen Bioraffinerie  
Einführung in die Konzeption des HGF-Ansatzes
- 10:35 Uhr Modul 1  
„Sicherung der menschlichen Existenz“  
Diskussion der vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien
- 11:35 Uhr KAFFEPAUSE
- 10:50 Uhr Modul 2  
„Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials“  
Diskussion der vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien
- 12:00 Uhr MITTAGESSEN
- 13:00 Uhr Modul 3  
„Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten“  
Diskussion der vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien
- 14:00 Uhr Kurze Zusammenfassung und Auswahl von Schlüsselindikatoren  
(Ranking)
- 14:45 Uhr Ende der Veranstaltung

## 1.2 Kurzinformation

Der Workshop findet im Rahmen des ITA-Projektes „Technikfolgenabschätzung der Grünen Bioraffinerie“ statt. Ziel des Projektes ist eine Bewertung der Grünen Bioraffinerie im Rahmen des Leitbildes Nachhaltigkeit.

### **Arbeitsziel des Workshops:**

Erarbeitung eines überschaubaren Sets von Kriterien, bzw. Indikatoren als Bewertungsrahmen. Arbeitsgrundlage ist ein Vorschlags-Set, das gekürzt bzw. gegebenenfalls ergänzt werden soll.

### **Grüne Bioraffinerie**

Diese Technologie befindet sich noch in der Entwicklungsphase. Sie verarbeitet pflanzliche Rohstoffe (hpts. Wiesengrünmasse) in einer Anlage zu mehreren verschiedenen Produkten (deshalb Raffinerie). Mögliche Produkte sind: chemische Grundstoffe (z. B.: Milchsäuren, Proteine), Futtermittelpellets, Dämmstoffe, Biogas.

Haupt- Akteure sind: Landwirtschaft im allgemeinen, dabei besonders Grünlandwirtschaft, Abnehmer in Industrie (Nahrungs- und Futtermittel, Chemische Industrie), und Handel

### **Bewertungskriterien**

Hintergrund unserer Überlegungen zu den Bewertungskriterien bildet der integrative Ansatz des Verbundprojektes der Helmholtzgemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF) zur Operationalisierung des Leitbildes nachhaltiger Entwicklung. Im Rahmen dieses Projektes wurden Mindestbedingungen für Nachhaltigkeit formuliert, die die Basis für die Entwicklung von Kriterien bilden.

### **Der HGF-Ansatz:**

Grundsatz:

Dimensionsübergreifend, auf verschiedene politische und ökonomische Systeme anwendbar.

Die konstitutiven Elemente auf Basis des Brundtlandberichtes sind:

- Intra- und intergenerative Gerechtigkeit
- Globalität
- Anthropozentrik.

Die Operationalisierung dieser drei Elemente erfolgt durch Formulierung genereller Zielstellungen, die miteinander verknüpft und dimensionsübergreifend sind.

- Die Sicherung der menschlichen Existenz
- Die Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials
- Der Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten der Gesellschaft.

Für diese drei Ziele wurden Mindestanforderung in Form von Regeln formuliert („Was-Regeln“). Zur Erfüllung des Nachhaltigkeitspostulates müssen diese Regeln (gleichzeitig) erfüllt werden.

*Tabelle D-1: Ziele und Regeln für eine nachhaltige Entwicklung*

<b>Ziele</b>	Sicherung der menschlichen Existenz	Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials	Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten
<b>Regeln</b>	Schutz der menschlichen Gesundheit	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	Chancengleichheit im Hinblick auf Bildung, Beruf, Information
	Gewährleistung der Grundversorgung	Nachhaltige Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen	Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen
	Selbständige Existenzsicherung	Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke	Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt
	Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten	Vermeidung unvertretbarer technischer Risiken	Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur
	Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede	Nachhaltige Entwicklung des Sach-, Human- und Wissenskapitals	Erhaltung sozialer Ressourcen

*Quelle: modifiziert nach Kopfmüller (2001)*

Um den Erfüllungsgrad dieser leitbildhaften Regeln abzubilden, werden Kriterien ausgewählt. Dadurch werden die abstrakt formulierten Regeln näher konkretisiert und auf die Ebene der jeweiligen Fragestellung abgestimmt.

Diese Konkretisierung ist Ziel des Workshops.

### 1.3 Indikatoren/Kriterienvorschlag

Ziel	HGF-Ansatz		GBR-Ebene
	Regel/Mindestanforderung	Inhalt der Regel	Kriterienvorschlag
Sicherung der menschlichen Existenz	Schutz der menschlichen Gesundheit	Vorsorgeprinzip, Vermeidung von Gesundheitsproblemen durch anthropogene Umweltbelastungen die alle Menschen gleichzeitig betreffen <i>für Technologiebewertung:</i> <i>alle Menschen = potenziell Betroffene</i> NICHT: Gesundheitsfürsorge, medizinische Vorsorge;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gefährdende Emissionen (+ Geruch, Lärm)</li> <li>• Problemabfälle/-behandlung</li> <li>• Anbaumethoden (Chemikalieneinsatz)</li> <li>• gefährdende Prozesschemikalien</li> <li>• Arbeitsplatzsicherheit</li> </ul>
	Gewährleistung der Grundversorgung	allgemein menschenwürdiges Leben, aktive auf Selbstachtung basierende Rolle in der Gesellschaft NICHT: isolierte Versorgungsleistungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wertschöpfung verbleibt in der Region</li> <li>• Kooperationsformen zwischen den Akteuren ermöglichen gleichberechtigte Mitsprache der Akteure</li> <li>• Regionale Infrastruktur<sup>1</sup> wird/bleibt erhalten</li> <li>• Veränderung des Verhältnisses Subvention/Verdienst<sup>2</sup>/Nebenerwerb</li> <li>• Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität</li> <li>• Qualität der Arbeit</li> </ul>
	Selbständige Existenzsicherung	statt Transferzahlungen; (nicht nur Erwerbsarbeit, unbezahlte Arbeit aufwerten).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung des Verhältnisses Subvention/Verdienst/Nebenerwerb</li> <li>• Arbeitsplätze können geschaffen/gesichert werden</li> <li>• Marktanalyse im Rahmen der Technologie-Entwicklung</li> </ul>
	Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten	Voraussetzung inter- und intragenerativ, Unterscheidung öffentliche (Klima, Boden, Luft, Wasser...) und andere natürliche (meist in Besitz befindliche) Ressourcen. Bei Privatbesitz nur Forderung nach nachhaltig bewirtschaften oder wiedergutmachender Gerechtigkeit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhältnis extensiv/intensiv bewirtschafteter Flächen</li> <li>• klimarelevante Emissionen</li> <li>• Wasserverbrauch</li> <li>• Grundwassergefährdung</li> <li>• Beeinträchtigung der Bodenfunktionen</li> <li>• Ersatz oder Ausgleichshandlungen/Zahlungen sind notwendig</li> </ul>
	Ausgleich extremer Einkommensunterschiede	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voraussetzung/Chance Einkommen erzielen zu können</li> <li>• Verteilung von Einkommen und Vermögen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung des Verhältnisses Subvention/Verdienst/Nebenerwerb</li> <li>• Wertschöpfung verbleibt in der Region</li> </ul>

<sup>1</sup> soziale Strukturen, Versorgungsstrukturen; <sup>2</sup> aus dem Haupterwerb erwirtschaftetes Einkommen;



		HGF-Ansatz		GBR-Ebene
Ziel	Regel/Mindestanforderung	Inhalt der Regel		Kriterienvorschlag
Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivkapitals	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	Nutzungsintensität, Nutzungsart, Bestandschutz der biologischen Arten, Vielfalt (Artenvielfalt, genetische Vielfalt, Vielfalt der Lebensräume), offen halten zukünftiger Verfügbarkeit (optionaler Wert), Ökosystemfunktionen, Vorsorgeprinzip—möglichst geringe Artenverluste		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhältnis extensiv/intensiv bewirtschafteter Flächen (und Veränderung über die Zeit)</li> <li>• Anteil biologisch bewirtschafteter Flächen (und Veränderung über die Zeit)</li> <li>• (standortfremde) Monokulturen werden forciert</li> <li>• Anteil regenerativer Energie</li> <li>• Wasserverbrauch</li> </ul>
	Nachhaltige Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen	Reichweite konstant halten (= Verhältnis derzeitige Reserve : letzte Jahresförderung)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Länge der notwendigen Transportwege</li> <li>• Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an externer Energiezufuhr</li> <li>• Induziert Versiegelung (Anlagen, Transportwege)</li> <li>• Anteil petrochemischer Prozesschemikalien (Kreislaufführung)</li> </ul>
	Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke	problemorientierte, kontextabhängige Vorgangsweise		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissionen (Art und Menge)</li> <li>• Grundwasserbelastung (Stoffe und Ausmaß)</li> </ul> <p><b>Rohstoffe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodenbelastung durch Anbaumethoden (Chemikalien-/Maschineneinsatz)</li> </ul> <p><b>Produktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemabfälle/-behandlung</li> </ul>
	Vermeidung unvertretbarer technische Risiken	Beschränkung auf technische Risiken, hohe Eintrittswahrscheinlichkeit – niedriges Gefahrenpotenzial  geringe Eintrittswahrscheinlichkeit – hohe Gefahrenpotenzial  große Unsicherheit in beiden Bereichen		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahrscheinlichkeit von Unfällen durch Unachtsamkeit, Unwissenheit, mögliche Folgen</li> <li>• Störungsanfälligkeit der Anlage, mögliche Folgen</li> </ul>
	Nachhaltige Entwicklung von Sach- Human- und Wissenskapital	Produktionspotenzial, Produktionsniveau; nur ökonomisch nutzbare Komponenten,  Sachk: Ausrüstung und Bauten (Erhaltungsgedanke, Anpassung zur besseren Erfüllung der Regeln möglich)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Patentanmeldungen</li> <li>• Erfahrungswissen wird genutzt</li> <li>• Zusatzqualifikation notwendig/wer zahlt</li> </ul>

HGF-Ansatz			GBR-Ebene
Ziel	Regel/Mindestanforderung	Inhalt der Regel	Kriterienvorschlag
Erhaltung d. ges. Produktivkapitals (Fortsetzung)	Nachhaltige Entwicklung von Sach- Human- und Wissenskapital (Fortsetzung)	Humank. (personengebundene Fähigkeiten und Kenntnisse und deren Vorhaltung) Wissensk.: nicht personengebunden Vermittlung und Erwerb von Gestaltungspotenzial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgaben für Forschung und Entwicklung/Fristigkeit der Forschungsprojekte/Innovationsklima</li> <li>• Wertschöpfung/Arbeitsstunde,</li> <li>• Kapitalproduktivität,</li> <li>• Ressourcenproduktivität</li> </ul>
Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten	Chancengleichheit	Vollbürger = Rechte wahrnehmen und Lebenspläne verwirklichen (Grundgüter: Selbstvertrauen und Selbstachtung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kooperationsformen zwischen den Akteuren ermöglichen gleichberechtigte Mitsprache der Akteure</li> <li>• Wertschöpfung verbleibt in der Region</li> <li>• Regionale Infrastruktur wird/bleibt erhalten</li> <li>• Bedeutet die Anwendung der Technologie höhere Aufwendungen (Transaktionskosten)/wen treffen diese</li> </ul>
	Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen	von Problemen und Entscheidungen Betroffene haben Mitspracherecht.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kooperationsformen zwischen den Akteuren ermöglichen gleichberechtigte Mitsprache der Akteure.</li> </ul>
	Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt	schützenswertes kulturelles Erbe muss festgelegt werden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrungswissen wird genutzt</li> <li>• traditionelles Selbstverständnis der Akteure wird in der Entwicklung berücksichtigt</li> </ul>
	Erhaltung der kulturellen Funktion der Naturlandschaft	Landschaften bez. -teile von besonders charakteristischer Art müssen erhalten werden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhaltung der Kulturlandschaft als schützenswertes Gut. (ländlicher Raum),</li> <li>• Bewirtschaftung von Naturschutzflächen im Rahmen der Auflagen</li> </ul>
	Erhaltung der sozialen Ressourcen	Stärkung des sozialen Zusammenhaltes, Integration der Gesellschaft und ihrer Stärken, soziale Beziehungen, soziale Handlungspotenziale, angeeignete Fähigkeiten zur Herstellung und Verständnis von Kulturerfahrungen und -traditionen, Bildung als Ursache von Lebensqualität, Entwicklung von sozialem Kapital (z.B Toleranz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regionale Infrastruktur wird/bleibt erhalten</li> <li>• Traditionelles Wissen wird genutzt/weitergegeben</li> </ul>

## 2 Protokoll

### 2.1 Vorwort

Dieses Kapitel enthält das Protokoll des „Kriterien-Workshops“, der am 26. Juni 2002 zwischen 09:00 und 15:30 in der Bibliothek des Institutes für Technikfolgenabschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien stattfand.

Für ihre konstruktiven Diskussionsbeiträge und nicht zuletzt die wertvollen Hinweise für die Weiterführung des Projektes sei an dieser Stelle allen teilnehmenden ExpertInnen gedankt.

Dieses Protokoll enthält die möglichst originalgetreuen Abbildungen der vorbereiteten Pinwände, welche die als Arbeitsgrundlage dienenden Indikatoren/Kriterienvorschläge enthalten. Weiterhin sind die Ergebnisse der Punktabfragen in Tabellen zusammengefasst. Die Ergebnis-Pinwände, die das Resultat dieser Veranstaltung darstellen, sind ebenfalls transkribiert, die zusammengestellten Cluster sind noch einmal aufgeführt. Wenn möglich und nötig wurden Bemerkungen und Ratschläge in die Beschreibungen der einzelnen thematischen Module eingeschlossen.

Trotz des recht engen Zeitbudgets kann man feststellen, dass das Ziel des Workshops, nämlich die Erarbeitung und Diskussion eines überschaubaren und handhabbaren Kriterienrasters, erreicht wurde. Es würde uns freuen wenn einige von Ihnen für weitere Workshops zur Weiterführung des Projektes zur Verfügung ständen. Sie werden natürlich rechtzeitig informiert und eingeladen.

Wien, 03.07.2002

## 2.2 Einleitung

Am 26. Juni 2002 waren zehn ExpertInnen verschiedener Disziplinen zur Teilnahme an einem Workshop an das Institut für Technikfolgenabschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften geladen. Die vertretenen Disziplinen waren: Medizin, Kommunikationswissenschaften, Politikwissenschaften, Verfahrenstechnik, Maschinenbau, Soziologie, Ökonomie, Ökologie, Umwelttechnik.

Ziel dieses Workshops war es, ein Set von Kriterien bzw. Indikatoren zu erarbeiten, mit dem die innerhalb des ITA-Projektes angestrebte „Technikfolgenabschätzung der Grünen Bioraffinerie“ bewerkstelligt werden kann.

Als Arbeitsgrundlage diente eine am ITA erarbeitete Liste von vorgeschlagenen Indikatoren und Kriterien. Diese baut auf dem integrativen Nachhaltigkeitsverständnis auf, dass im Rahmen des HGF<sup>1</sup>-Projektes „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ entwickelt wurde.

Die angebotene Indikatorenauswahl stand zur Diskussion und sollte gekürzt bzw. durch bisher nicht Beachtetes ergänzt werden.

**Programm:**

09:00 Uhr	Begrüßung und Vorstellungsrunde
09:15 Uhr	Kurzreferat zur Grünen Bioraffinerie, Einführung in die Konzeption des HGF-Ansatzes
09:35 Uhr	Modul 1 – „Sicherung der menschlichen Existenz“, Diskussion der vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien
10:35 Uhr	KAFFEEPAUSE (15 min)
10:50 Uhr	Modul 2 – „Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials“, Diskussion der vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien
12:00 Uhr	MITTAGESSEN
13:00 Uhr	Modul 3 – „Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten“, Diskussion der vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien
14:00 Uhr	Kurze Zusammenfassung und Auswahl von Schlüsselindikatoren (Ranking)
14:45 Uhr	Ende der Veranstaltung

Zunächst verständigte sich die Gruppe auf einige Punkte, die für ein konstruktives Ergebnis des Workshops wichtig waren. Man einigte sich darauf:

- Statements so kurz und präzise wie möglich zu formulieren und des begrenzten Zeitangebotes wegen keinerlei Grundsatzdiskussionen zum Thema Nachhaltigkeit zu führen.
- Den HGF-Ansatz, auf dem die gesamte Workshopvorbereitung nicht unwesentlich beruhte, als bestehende Grundlage zu akzeptieren und nicht zur Diskussion zu stellen.

---

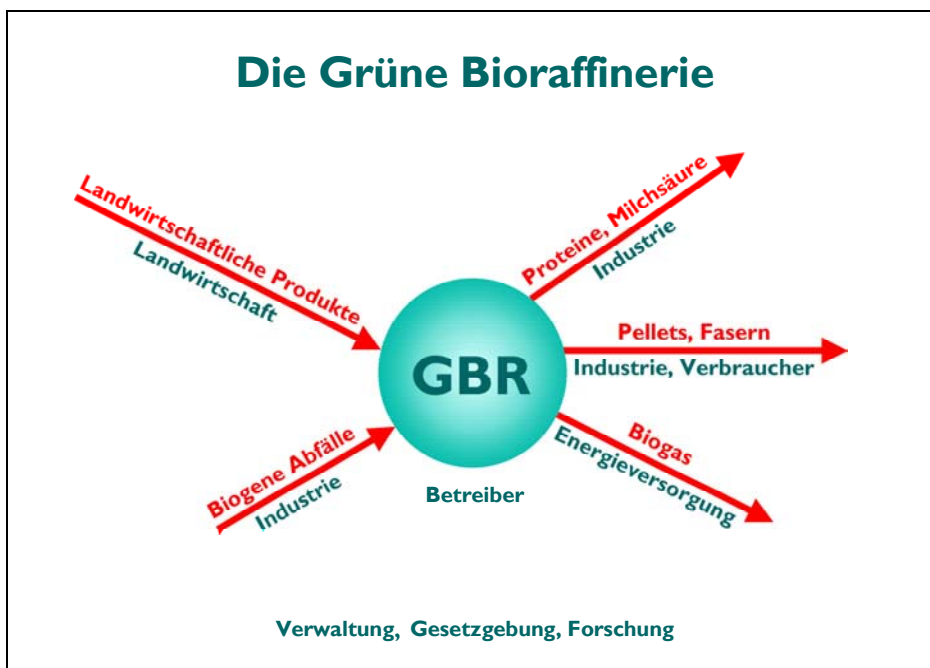
<sup>1</sup> Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren

- Dass innerhalb dieser Veranstaltung der Bewertungsrahmen für eine Technikfolgenabschätzung festgelegt werden sollte und nicht die Technologie selbst bewertet werden kann. Dies stellt einen nächsten Arbeitsschritt im Projekt dar.

Nach einer kurzen Vorstellungsrunde, in der alle Teilnehmenden gebeten wurden ein paar kurze Worte über ihre Person und ihre jeweilige Verbindung zu den Themen Nachhaltigkeit und Grüne Bioraffinerie zu geben, wurde nochmals die Absicht dieses Workshops erläutert. Es ging darum, die vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien auf ihre Eignung zur Bewertung einer Grünen Bioraffinerie nach Nachhaltigkeitskriterien zu prüfen. Von Seiten der Projektleiterin wurde angestrebt, das zuvor erarbeitete Set zu kürzen und gegebenenfalls zu vervollständigen. Ein überschaubarer, „handlicher“ aber hinreichend aussagekräftiger und vollständiger Kriterienkatalog sollte entworfen werden.

Zunächst wurde durch zwei Präsentationen in die Thematik eingeführt.

Der erste Vortrag beschäftigte sich mit einer kurzen Information zur Technologie der GBR, benannte potentielle Inputmaterialien, zeigte die Produktpalette auf und stellte die beteiligten Akteursgruppen vor.



*(Folie 1 der Präsentation – weitere Folien siehe Anhang)*

Im zweiten Vortrag wurde das integrative Nachhaltigkeitsverständnis basierend auf den Ergebnissen der HGF-Studien dargestellt. Für eine Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltigkeit wurden im HGF-Ansatz – von der Nachhaltigkeitsdefinition des Brundtland-Berichtes ausgehend – drei konstitutive Elemente formuliert:

- Intra- und intergenerative Gerechtigkeit
- Globalität
- Anthropozentrik.

Grundsätzlich ist der Ansatz dimensionsübergreifend angelegt und auf verschiedene politische und ökonomische Systeme übertragbar.

Die Operationalisierung dieser drei Elemente erfolgt durch Formulierung genereller Zielstellungen:

- Die Sicherung der menschlichen Existenz
- Die Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials
- Der Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten der Gesellschaft.

Für diese drei Ziele wurden Mindestanforderungen in Form von Regeln formuliert („Was-Regeln“).

Tabelle D-2: Nachhaltigkeitsziele und -regeln

Ziele	Sicherung der menschlichen Existenz	Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials	Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten
Regeln	1 Schutz der menschlichen Gesundheit	6 Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	11 Chancengleichheit im Hinblick auf Bildung, Beruf, Information
	2 Gewährleistung der Grundversorgung	7 Nachhaltige Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen	12 Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen
	3 Selbständige Existenzsicherung	8 Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke	13 Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt
	4 Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten	9 Vermeidung unvermeidbarer technischer Risiken	14 Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur
	5 Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede	10 Nachhaltige Entwicklung des Sach- Human und Wissenskapitals	15 Erhaltung sozialer Ressourcen

Quelle: modifiziert nach Kopfmüller (2001)

Zur Erfüllung des Nachhaltigkeitspostulates müssen diese Regeln (gleichzeitig) erfüllt werden.

Um den Erfüllungsgrad dieser leitbildhaften Regeln abzubilden, wurde der angeführte Kriterienvorschlag entwickelt.

## 2.3 Modul I – „Sicherung der menschlichen Existenz“

Der Titel dieses ersten Programmschrittes entspricht einem der drei Ziele der Nachhaltigkeit laut HGF-Ansatz. Dieses Vorgehen wurde für die folgenden Module der besseren Übersichtlichkeit wegen beibehalten.

Die vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien zur Nachhaltigkeitsbewertung einer Grünen Bioraffinerie wurden auf einer Pinwand visualisiert.

Klar erkennbar war die Zuordnung des Indikatorenangebotes zu den jeweiligen Regeln, die für eine Nachhaltige Entwicklung unerlässlich sind.

In nachfolgender Abbildung wurde der Inhalt der ersten Pinwand möglichst originalgetreu transkribiert:

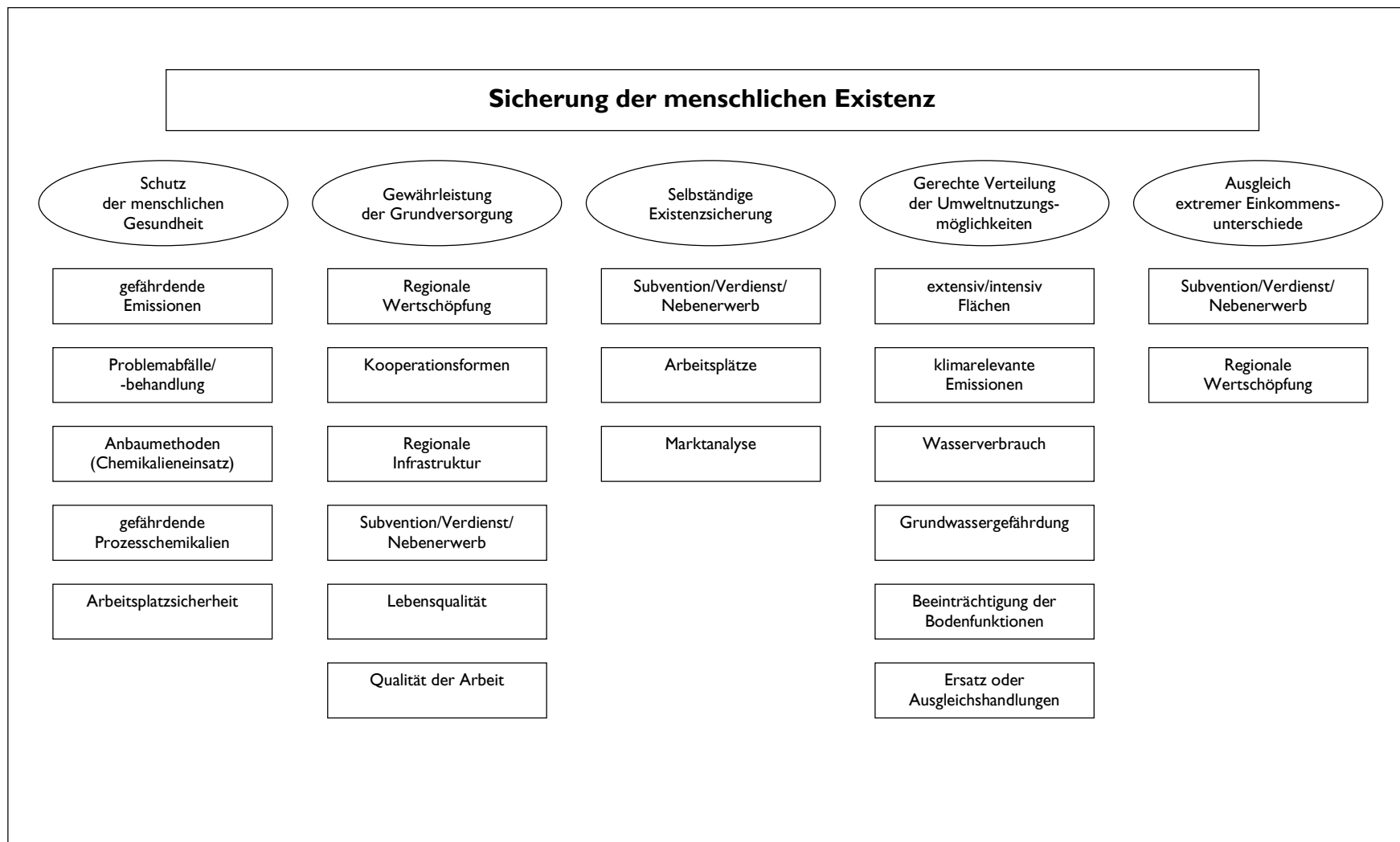


Abbildung D-1: Pinwand zu Modul 1

Im ersten Arbeitsschritt sollte festgestellt werden, welche der vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien jedenfalls in den endgültigen Katalog aufgenommen werden müssen und über welche Punkte Diskussionsbedarf in der ExpertInnen-gruppe bestand.

Ein geeignetes Mittel hierfür stellt die Methode der Punktabfrage dar. Dabei wurden von den TeilnehmerInnen diejenigen Indikatoren/Kriterien mit einem grünen Klebepunkt gekennzeichnet, die nach Einschätzung des-/derjenigen unerlässlich für eine Nachhaltigkeitsbewertung sind. Mit einem roten Klebepunkt konnten jene Vorschläge markiert werden, die entweder als nicht geeignet oder überflüssig erschienen oder über welche Diskussionsbedarf bestand.

Die Ergebnisse dieser ersten Punktabfrage sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle D-3: Ergebnis der Punktabfrage zu Modul 1

Modul	Kriterium	Punktabfrage	
		Rot	Grün
	gefährdende Emissionen (+ Geruch, Lärm)	0	6
	Problemabfälle/-behandlung	1	5
	Anbaumethoden (Chemikalieneinsatz)	1	4
	gefährdende Prozesschemikalien	0	5
	Arbeitsplatzsicherheit	3	3
	Lebensqualität	3	4
I. Sicherung der menschlichen Existenz	Regionale Wertschöpfung	1	4
	Kooperationsformen	4	1
	Regionale Infrastruktur <i>wird/bleibt erhalten</i>	2	4
	Subvention/Verdienst/Nebenerwerb	4	1
	Qualität der Arbeit	5	1
	Subvention/Verdienst/Nebenerwerb	2	3
	Arbeitsplätze	0	6
	Marktanalyse <i>im Rahmen der Technologie-Entwicklung</i>	4	2
	Verhältnis extensiv/intensiv bewirtschafteter Flächen	0	7
	klimarelevante Emissionen	1	6
	Wasserverbrauch	1	5
	Grundwassergefährdung	0	7
	Beeinträchtigung der Bodenfunktionen	0	7
	Ersatz oder Ausgleichshandlungen	6	1
	Subvention/Verdienst/Nebenerwerb	5	1
	Regionale Wertschöpfung	1	5



Auch wenn nur ein roter Klebepunkt gesetzt wurde, galt dies als eindeutiges Zeichen für Diskussionsbedarf.

Im ersten Modul wurde erwartungsgemäß lebhaft diskutiert. Nur über die Verwendung einzelner Indikatoren/Kriterien, meist direkte Umwelteinflüsse betreffend (z. B. Grundwassergefährdung oder die Verhältnis extensiv/intensiv bewirtschafteter Flächen), bestand Konsens. Über viele andere Punkte musste gesprochen werden. Es stellte sich jedoch schnell heraus, dass es oftmals Missverständnisse waren, die eine Diskussion verursachten. Diese waren vornehmlich Resultat der interdisziplinären Zusammensetzung des Workshops und der oftmals nur schlagworthaften Formulierung, die Erklärungsbedarf erzeugten. Als erstes Ergebnis bestand nach der Diskussion Konsens darüber, alle vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien für eine Bewertung zu empfehlen. Der Kriterienkatalog wurde durch drei von den Teilnehmern als nicht berücksichtigt eingeschätzte Indikatoren/Kriterien ergänzt:

- Schaffung qualifizierter Arbeitsplätze
- Impulse für Forschung und Entwicklung in der Region
- Ausbildung der regionalen Bevölkerung.

Weiterhin wurde darauf hingewiesen, dass es für die Erhebung von Daten für einen qualitativen Indikator, wie bspw. „Problemabfälle/-verwertung“ oder „Emissionen“, unerlässlich ist, eine detaillierte Stoffstromanalyse durchzuführen. Für den Punkt „Wasserverbrauch“ wurde eine Differenzierung in die jeweilige Wasserarten (Trink-, Brauchwasser, etc.) empfohlen. Es wurde auch festgestellt, dass einige Indikatoren/Kriterien besser einem anderen konstitutiven Element (= einem anderen Modul) oder einer anderen Regel zuzuordnen wären. Diskutiert wurde ferner, dass Erfüllung von gegebenem Recht, hier bspw. die Erfüllung gesetzlicher Arbeitssicherheitsrichtlinien selbstverständlich sind und kein Nachhaltigkeitsziel darstellen.

Die mehrfache Verwendung einzelner Kriterien wurde in der Ausarbeitung des Vorschlagssets als nützlich angesehen, um Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Regeln sichtbar zu machen.

## **2.4 Modul 2 – „Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivkapitals“**

In diesem zweiten Programmpunkt wurden jene vorgeschlagenen Indikatoren/Kriterien betrachtet, die dem gleichlautenden Ziel und den zugehörigen Regeln zugeordnet waren.

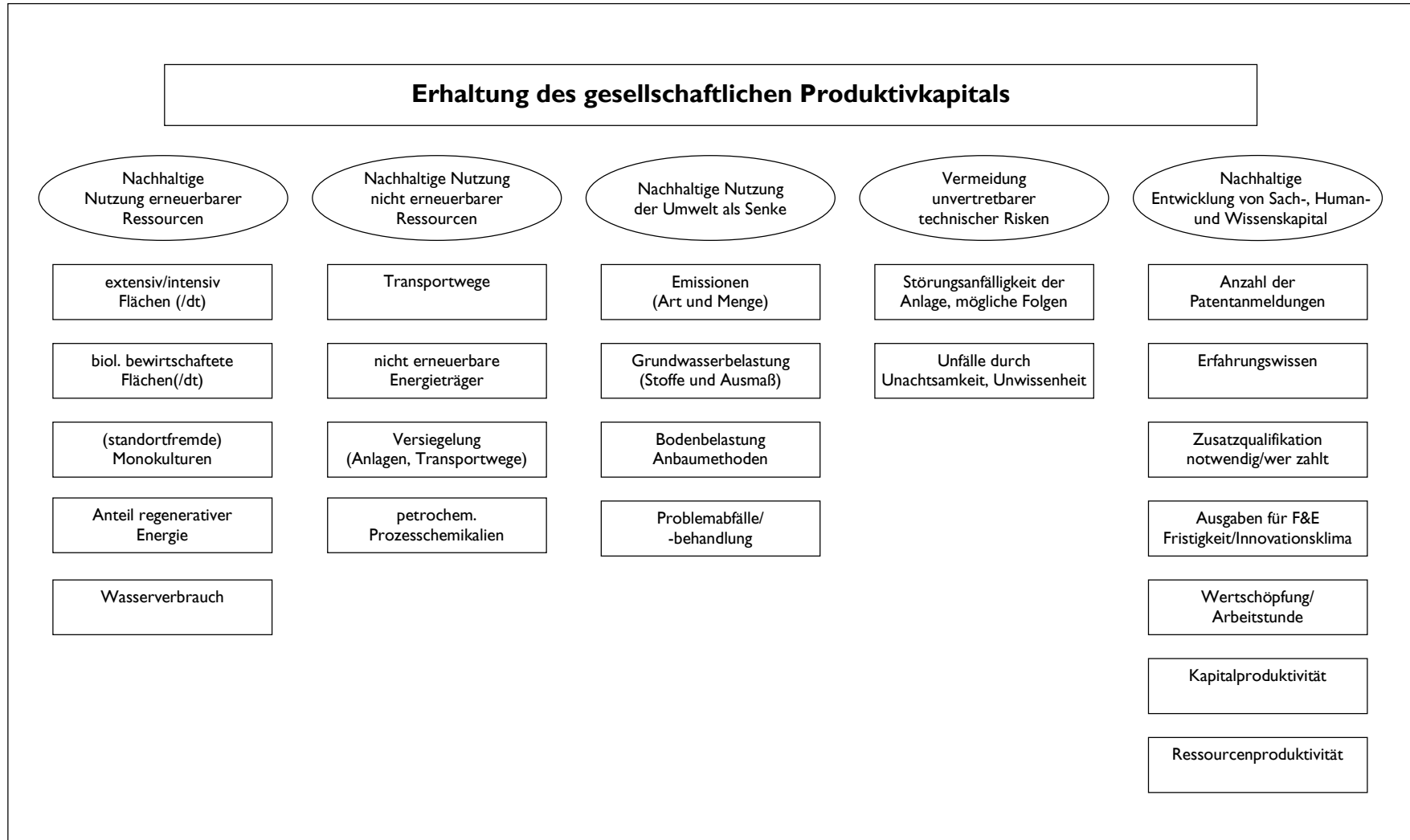


Abbildung D-2: Pinwand zu Modul 2

Wiederum mittels Punktabfrage wurde der Diskussionsbedarf zu den hier vorgestellten Indikatoren/Kriterien abgefragt. Die Abfrage ergab folgendes Ergebnis:

Tabelle D-4: Ergebnis der Punktabfrage zu Modul 2

Modul	Kriterium	Punktabfrage	
		Rot	Grün
2. Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivkapitals.	Verhältnis extensiv/intensiv Flächen (/dt)	0	5
	Anteil biol. bewirtschafteter Flächen (/dt)	0	5
	(standortfremde) Monokulturen	2	4
	Anteil regenerativer Energie	2	5
	Wasserverbrauch	0	6
	Transportwege	0	6
	Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an externer Energiezufuhr	1	5
	Versiegelung (Anlagen, Transportwege)	2	3
	Anteil petrochemischer Prozesschemikalien (Kreislaufführung)	2	4
	Produktion: Problemabfälle/-behandlung	0	5
	Rohstoffe: Bodenbelastung – Anbaumethoden (Chemikalieneinsatz)	0	5
	Grundwasserbelastung (Stoffe und Ausmaß)	0	5
	Emissionen (Art und Menge)	0	6
	Störungsanfälligkeit der Anlage, mögliche Folgen	2	6
	Wahrscheinlichkeit von Unfällen durch Unachtsamkeit, Unwissenheit, mögliche Folgen	2	2
	Anzahl der Patentanmeldungen	4	2
	Erfahrungswissen wird genutzt	4	2
	Zusatzqualifikation notwendig (wer zahlt?)	4	1
	Ausgaben für F&E Fristigkeit/Innovationsklima	2	4
	Wertschöpfung/Arbeitsstunde	0	5
Kapitalproduktivität	0	5	
Ressourcenproduktivität	0	6	

Bei den zu besprechenden Indikatoren/Kriterien wurde zumeist der Bedeutungsgehalt aufgezeigt und der Konnex zum Leitbild Nachhaltigkeit verdeutlicht. Nach diesen Erläuterungen bestand in der Gruppe gemeinhin Konsens über ihre weitere Verwendung.

Hervorgehoben wurde, dass das Kennzeichen „Unfallwahrscheinlichkeit“ in den Kriterienkatalogen der 13. Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ nicht beinhaltet ist.

Das Kriterium „Anzahl der Patentanmeldungen“ wurde für eine Verwendung als Nachhaltigkeitsindikator als nicht nützlich betrachtet und verworfen.

Ergänzt wurde um die Größen „Gesamtenergieverbrauch“ und „Schutz vor unbedachten Nebenwirkungen“. Ersteres deshalb, weil jeweils der Anteil regenerativer und nicht-erneuerbarer Energiequellen am Energieverbrauch als Indikatoren zu erheben sind. Eine Aussage über einen spezifischen Anteil jedoch ist nicht möglich, wenn der Bezugspunkt, also der Gesamtenergieverbrauch nicht erhoben wird.

Bei der Regel „Vermeidung unvertretbarer technischer Risiken“ wurde das Kriterium „Schutz vor unbedachten Nebenwirkungen“ von der Gruppe für wichtig erachtet und darauf hingewiesen evt. auch die Fähigkeit flexibel auf Unfallfolgen reagieren zu können in die Betrachtung einzubeziehen.

Beim Punkt „Erfahrungswissen“ wurde empfohlen zu prüfen inwieweit mittels Weiterbildungsprogrammen ein Wissenstransfer in die jeweilige Region stattfinden kann.

Weiterhin schlugen die ExpertInnen vor ausgewogene – von den Anlagenbetreibern initiierte – Personalentwicklungskonzepte als wichtige Kennzeichen für die Nachhaltige Entwicklung von Human- und Wissenskapital zu nutzen. Dies findet sich in einem Indikator wieder, der in Modul 3 eingebracht wurde.

## **2.5 Modul 3 – „Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten“**

Nach der Mittagspause wurde für das dritte Modul ebenfalls eine Punktabfrage durchgeführt.

Hier die transkribierte Pinwand zu diesem Arbeitsteil:



Abbildung D-3: Pinwand zu Modul 3

Die Punktabfrage mittels roter und grüner Klebepunkte ergab folgendes Ergebnis:

Tabelle D-5: Ergebnis der Punktabfrage zu Modul 3

Modul	Kriterium	Punktabfrage	
		Rot	Grün
3. Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten	Kooperationsformen zw. Akteuren ermöglichen gleichberechtigte Mitsprache	2	4
	Regionale Infrastruktur wird/bleibt erhalten	4	2
	Regionale Wertschöpfung	2	4
	höhere Aufwendungen (Transaktionskosten)	7	0
	Kooperationsformen zw. Akteuren ermöglichen gleichberechtigte Mitsprache	0	7
	Erfahrungswissen wird genutzt	0	7
	traditionelles Selbstverständnis	5	2
	Erhaltung der Kulturlandschaft als schützenswertes Gut. (ländlicher Raum)	1	6
	Bewirtschaftung von Naturschutzflächen im Rahmen der Auflagen	2	4
	Traditionelles Wissen wird genutzt/weitergegeben	2	1
Regionale Infrastruktur wird/bleibt erhalten	4	2	

Wiederum stellte sich heraus, dass die TeilnehmerInnen sich mit den jeweiligen Indikatoren/Kriterien einverstanden erklärten, wenn erläutert wurde was unter dem Vorschlag genau zu verstehen ist. Besonders der Punkt „höhere Aufwendungen/Transaktionskosten“ bedurfte einer ausführlichen Erklärung. Nachdem dargelegt wurde, dass damit jene durch den Einsatz der Technologie auftretende – oftmals Frauen betreffende – Mehrarbeit gemeint war, konnten sich alle ExpertInnen der Wichtigkeit dieses Punktes anschließen.

Ergänzt wurde das Vorschlagsset durch einen – noch entsprechend auszuförmulierenden – Indikator, der die Punkte „Ausbildung“, „Qualifikation“, „ausgewogene Personalentwicklung“ und „Gender Aspekt“ in geeigneter Weise abbildet. Weiterhin wurde angeregt, die Beteiligungsformen bei Genehmigungsverfahren und Betrieb der Anlage in die Bewertung einfließen zu lassen.

## 2.6 Zusammenfassungsrunde

Im Moderationskonzept war für diesen letzten Arbeitsabschnitt die Auswahl von Schlüsselindikatoren/-kriterien, die als besonders signifikant angesehen werden, vorgesehen. Dieses Ranking sollte wiederum über eine Punktvergabe durch die ExpertInnen erreicht werden. Von Seiten der TeilnehmerInnen wurde dieses Vorgehen jedoch abgelehnt. Einerseits deshalb, weil in den vergangenen Stunden ein nahezu vollständiges Menu erarbeitet wurde, welches nicht in einem folgenden Schritt wieder geteilt werden sollte. Auch die bisher an den Tag gelegte methodische „Sauberkeit“ sollte nicht durch einen solchen Schritt gefährdet werden. Durch eine Auswahl von besonders wichtigen Indikatoren/Kriterien besteht auch die Gefahr die Wirkungszusammenhänge zu vernachlässigen. Außerdem würde die dem HGF-Ansatz inhärente integrative Betrachtung zugunsten einer wiederum sektoralen Sichtweise aufgegeben.

Die Gruppe hielt es für sinnvoller einerseits die Indikatoren/Kriterien bestimmten Ebenen zuzuordnen und andererseits Cluster von Indikatoren/Kriterien zu bilden, die thematisch miteinander verbunden sind. Zunächst wurden deshalb auf jeder Pinwand eine Trennung in eine eher betriebliche, anlagenbezogene Ebene und eine die Region betreffende Ebene sichtbar gemacht. Anschließend wurden jene Indikatoren/Kriterien, die Prozesse innerhalb der Anlage abbilden der „betrieblichen Ebene“ (z. B. Wasserverbrauch, Arbeitsplätze in der Anlage) zugeteilt und jene die eher einen Einfluss auf die Umgebung oder Region haben eben der „regionalen Ebene“ zugeordnet. Indikatoren/Kriterien, die beides betreffen wurden in eine „Grauzone“ eingeordnet und sind mit indifferent gekennzeichnet.

Die Ergebnisse sind in den beigefügten Abbildungen zu erkennen.

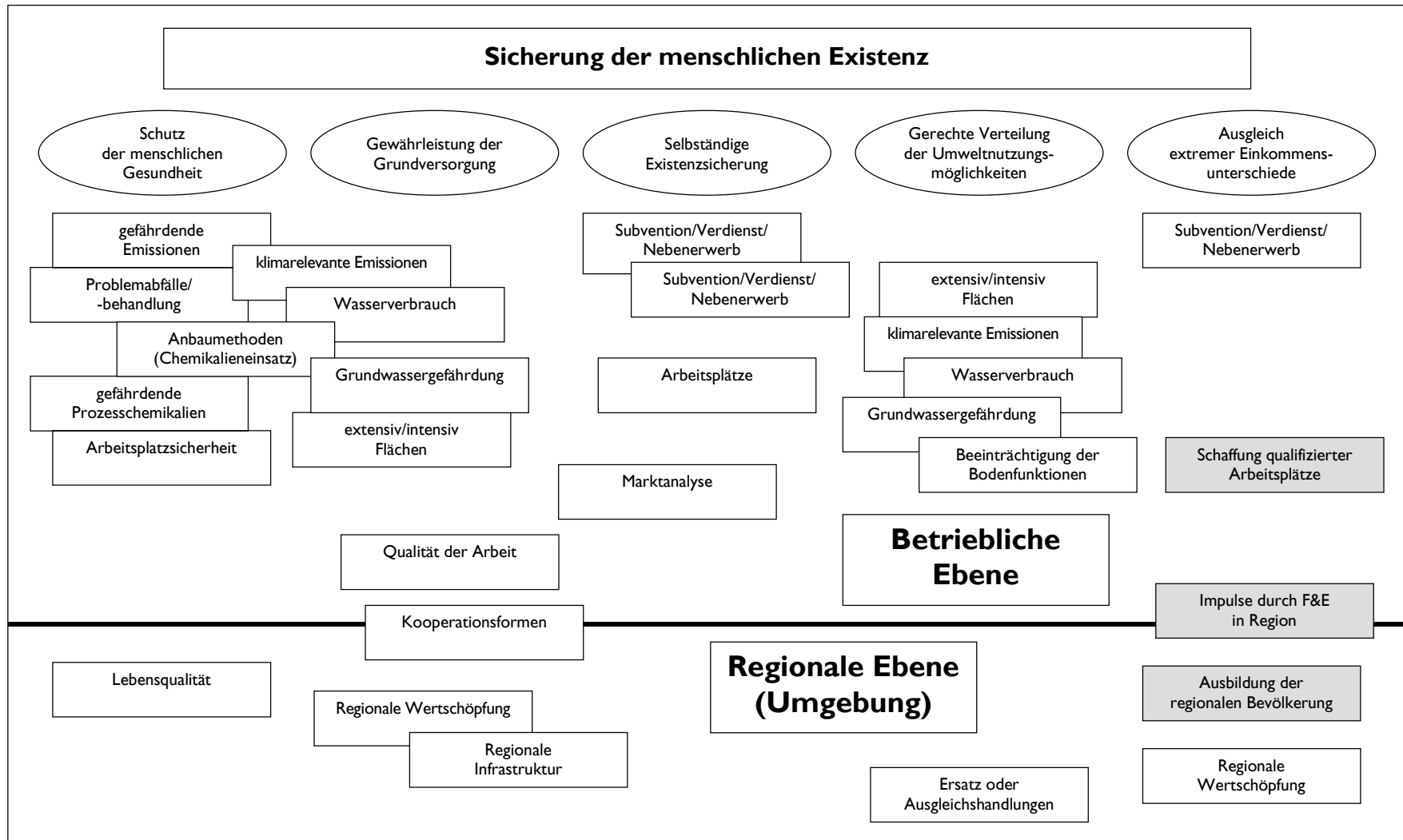


Abbildung D-4: Clusterung Modul 1



Folgende thematische Cluster wurden von den teilnehmenden ExpertInnen im ersten Modul gebildet:

**Auf betrieblicher Ebene:**

gefährdende Emissionen (+ Geruch, Lärm) Problemabfälle/-behandlung Anbaumethoden (Chemikalieneinsatz) gefährdende Prozesschemikalien Arbeitsplatzsicherheit	Verhältnis extensiv/intensiv bewirtschafteter Flächen klimarelevante Emissionen Wasserverbrauch Grundwassergefährdung Beeinträchtigung der Bodenfunktionen
---	--

**Auf regionaler Ebene:**

Regionale Wertschöpfung Regionale Infrastruktur <i>wird/bleibt erhalten</i>
--

Folgende Indikatoren/Kriterien wurden keinem thematischen Cluster zugeordnet:

**Auf regionaler Ebene:**

- Subvention/Verdienst/Nebenerwerb
- Arbeitsplätze
- Marktanalyse im Rahmen der Technologie-Entwicklung
- Qualität der Arbeit
- Schaffung qualifizierter Arbeitsplätze (neu)

**Indifferent:**

- Impulse durch F&E in Region (neu)
- Kooperationsformen

**Auf betrieblicher Ebene:**

- Ausbildung der regionalen Bevölkerung (neu)
- Lebensqualität
- Ersatz oder Ausgleichshandlungen

Die Diskussion im zweiten Modul ergab folgendes Bild:

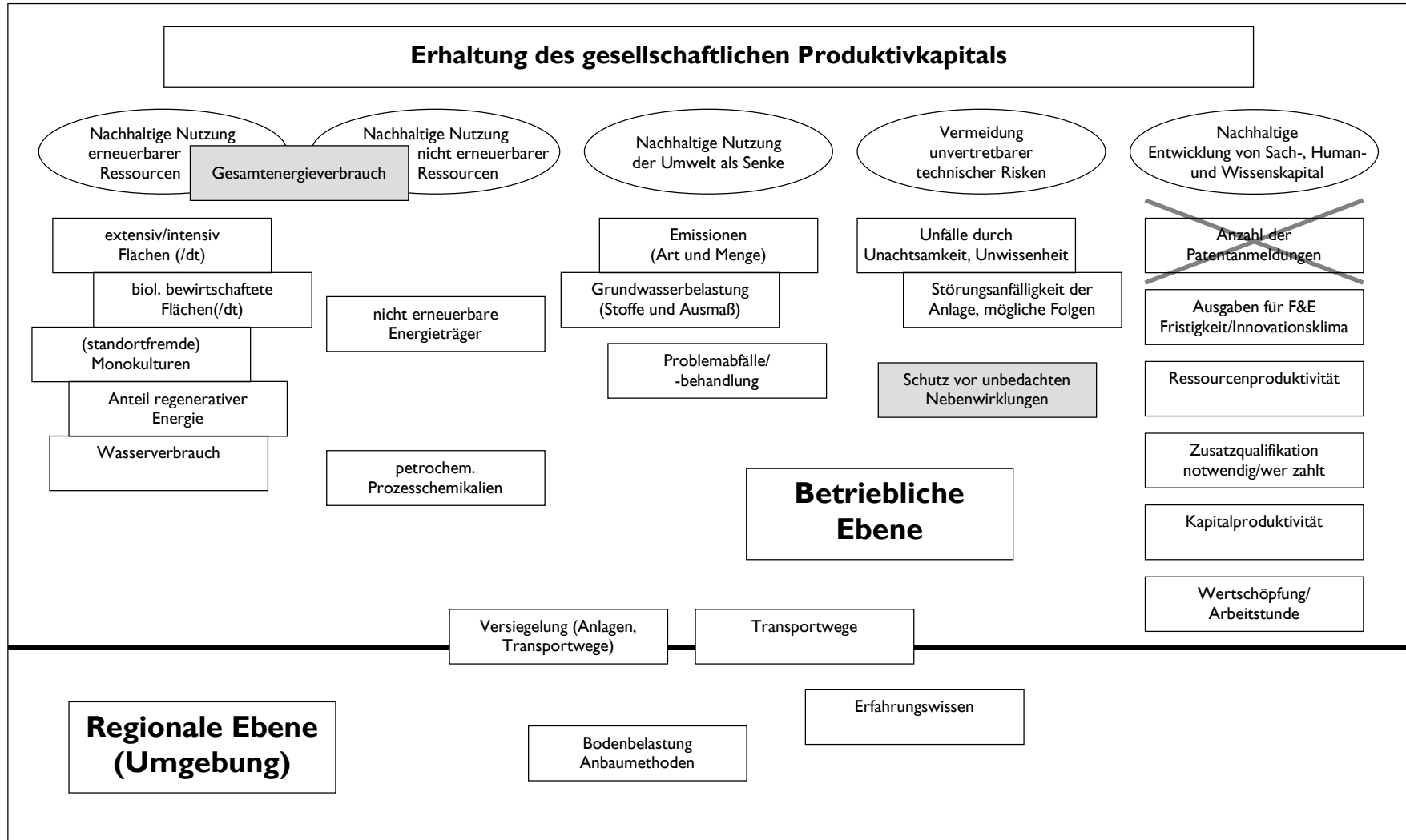


Abbildung D-5: Clusterbildung Modul 2

Hier wurden diese Cluster geformt: (allesamt auf betrieblicher Ebene)

Verhältnis extensiv/intensiv Flächen (/dt) Anteil biol. bewirtschafteter Flächen (/dt) (standortfremde) Monokulturen Anteil regenerativer Energie Wasserverbrauch	Emissionen (Art und Menge) Grundwasserbelastung (Stoffe und Ausmaß) Produktion: Problemabfälle/-behandlung	Störungsanfälligkeit der Anlage, mögliche Folgen Wahrscheinlichkeit von Unfällen durch Unachtsamkeit, Unwissenheit, mögliche Folgen Schutz vor unbedachten Nebenfolgen (neu)
---	---	--

Weitere nicht direkt einem Cluster zugeordnete Indikatoren/Kriterien:

**Auf betrieblicher Ebene:**

- Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an externer Energiezufuhr
- Gesamtenergieverbrauch
- Anteil petrochemischer Prozesschemikalien (Kreislaufführung)
- Ausgaben für F&E Fristigkeit/Innovationsklima
- Ressourcenproduktivität
- Zusatzqualifikation notwendig (wer zahlt?)
- Kapitalproduktivität
- Wertschöpfung/Arbeitsstunde

**Indifferent:**

- Versiegelung (Anlagen, Transportwege)
- Transportwege

**Auf regionaler Ebene:**

- Rohstoffe:  
 Bodenbelastung – Anbaumethoden (Chemikalieneinsatz)
- Erfahrungswissen wird genutzt

Das letzte zu besprechende Modul ergab nach Diskussion folgenden Pinwandinhalt:

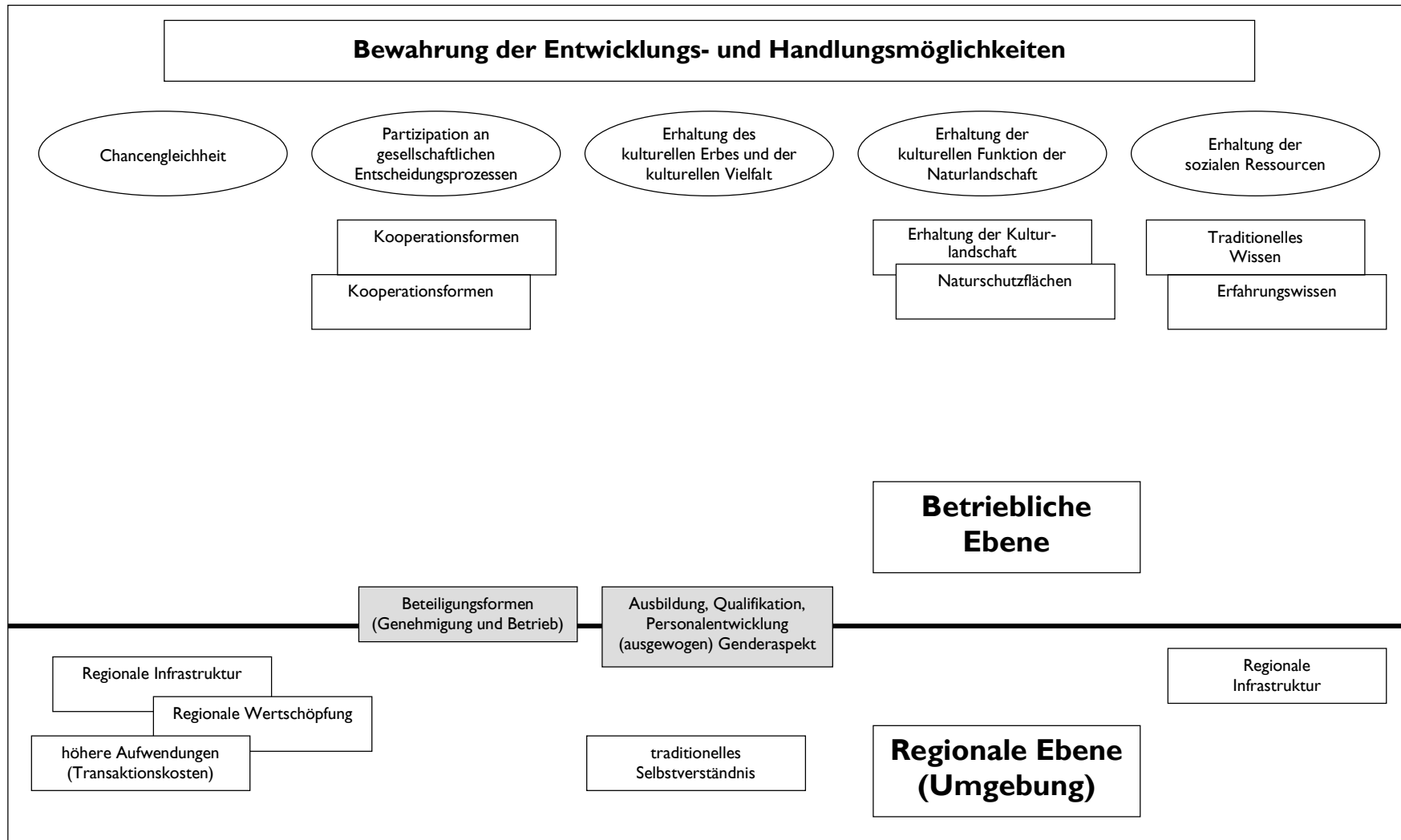


Abbildung D-6: Clusterbildung Modul 3

Von den TeilnehmerInnen wurden nachstehende Cluster gebildet:

**Betriebliche Ebene:**

Kooperationsformen zw. Akteuren ermöglichen gleichberechtigte Mitsprache	Erhaltung der Kulturlandschaft als schützenswertes Gut (ländlicher Raum) Bewirtschaftung von Naturschutzflächen im Rahmen der Auflagen	Traditionelles Wissen wird genutzt/weitergegeben Regionale Infrastruktur wird/bleibt erhalten
--	---	--

**Regionale Ebene:**

Regionale Infrastruktur wird/bleibt erhalten Regionale Wertschöpfung höhere Aufwendungen (Transaktionskosten)
---

Keinem Cluster zugeordnet wurden:

**Indifferent:**

- Beteiligungsformen bei Genehmigung und Betrieb (neu)
- Ausbildung, Qualifikation, ausgewogene Personalentwicklung, Gender Aspect (neu)

**Regionaler Ebene:**

- Traditionelles Selbstverständnis
- Regionale Infrastruktur bleibt/wird erhalten.

Die TeilnehmerInnen schlugen vor, im weiteren Verlauf des Projektes die Indikatoren/Kriterien nochmals genau zu rastern und sich an einem erweiterten Businessplan zu orientieren, um bisher vernachlässigte Gesichtspunkte aufzuzeigen. Ein derartiger erweiterter Businessplan kann ein Konzept für einen am Nachhaltigkeitsleitbild orientierten Betrieb liefern, bezieht er doch wichtige Punkte wie Ökobilanz, Personal- und Regionalentwicklung sowie Beteiligungsverfahren in seine Betrachtung ein.

Allgemein sei es nach Einschätzung der ExpertInnen wichtig die Datenbasis zur Erhebung von Indikatoren/Kriterien zu sichern und geeignete Bewertungsverfahren zu finden.

Ziel der kommenden Bewertungsworkshops sollte es sein Potenziale aufzuzeigen und Abwägungen zwischen einzelnen Teilbereichen vorzunehmen. Für derartige Folgeveranstaltungen empfiehlt es sich nach Meinung der TeilnehmerInnen eine Kerngruppe von ExpertInnen wieder einzuladen und durch Fachmänner und -frauen für die speziellen Themengebiete, wie z. B. bzgl. technischer Aspekte und geeigneten Partizipationsmodellen zu ergänzen.

# Anhang

Im folgenden Abschnitt finden sich die Folien zur Einleitungspräsentation des Workshops. Diese umfasste neben einer Kurzeinführung in Technologie und Umfeld der Grünen Bioraffinerie eine Beschreibung der Grundlagen des HGF-Konzepts zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit.



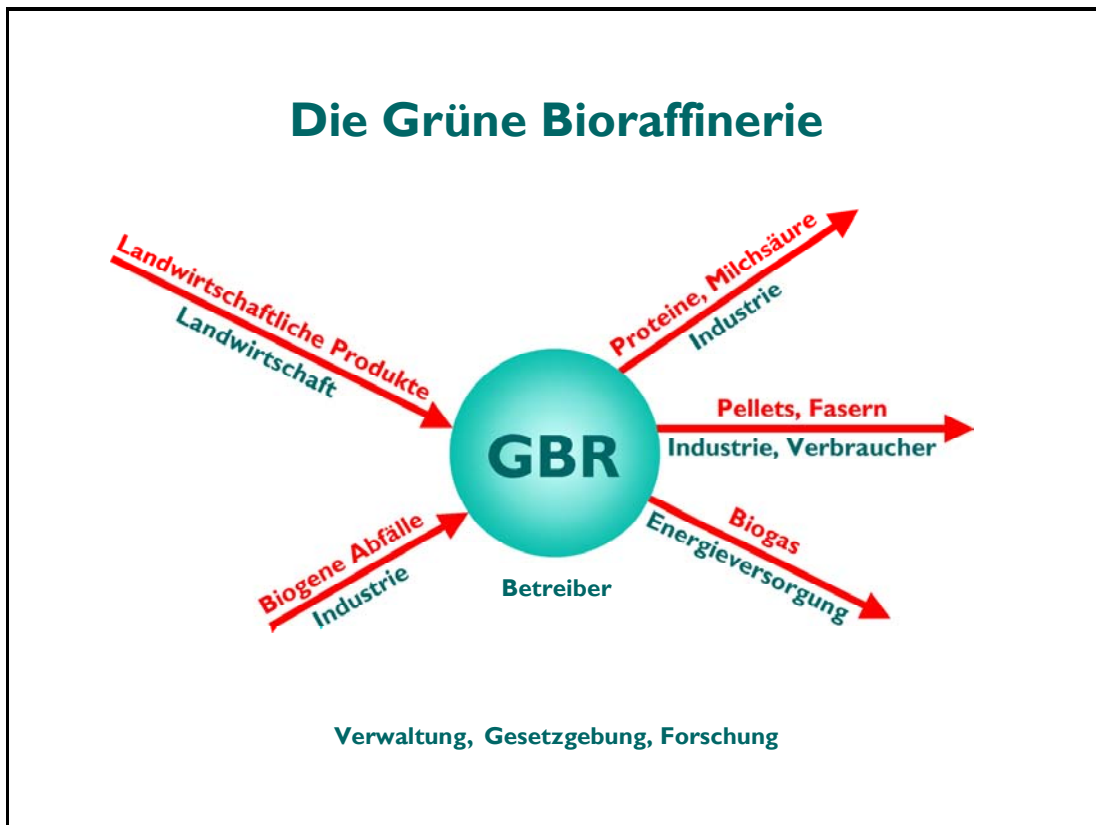
## **Kriterienworkshop**

### **Grüne Bioraffinerie – Nachhaltigkeit**

**Institut für Technikfolgen-Abschätzung**  
**26. Juni 2002**

**ITA** INSTITUT FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG

ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN 

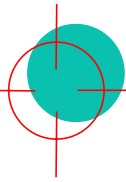


## Konzept des Verbundprojektes Global zukunftsfähige Entwicklung

### *Perspektiven für Deutschland*

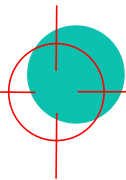
**ITA** INSTITUT FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG

ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN



## Inhalte

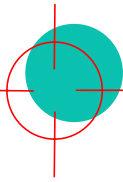
- **Konzept:** Integrative Betrachtung nachhaltiger Entwicklung
- **Ziel:** Internalisierung der Konflikte einzelner Dimensionen



## Konstitutive Elemente

- **Das Postulat der inter- und intragenerativen Gerechtigkeit**
- **Die globale Orientierung**
- **Der anthropozentrische Ansatz**





## Inter- und intragenerative Gerechtigkeit

Verständnis des Brundtlandberichtes:

**soziale Gerechtigkeit**

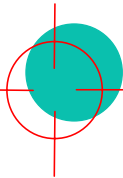
Maßstab:

Verteilung von Rechten, Pflichten, Naturressourcen,  
Wirtschaftsgütern, sozialen Positionen



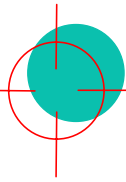
**Verteilungsgerechtigkeit**

Inter- und intragenerative Aspekt sind gleichgestellt



## Globale Orientierung

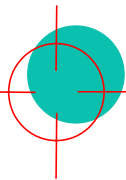
- **ethische Begründung:**  
alle Menschen müssen gleiche Rechte haben
- **problembezogene Begründung:**  
Globalisierungsprozesse



## Anthropozentrischer Ansatz

- Wirklichkeitserfassung durch menschlichen Standpunkt geprägt
- Nur der Mensch kann moralisch handeln und Verantwortung übernehmen
- direkte Pflichten nur gegenüber Menschen
- indirekte Pflichten gegenüber allem was Menschen betrifft

„Aufgeklärter Anthropozentrismus“ bezieht auch andere Systeme in die Verantwortung mit ein.



## Anthropozentrischer Ansatz

### **Bewahrung der Umwelt als Voraussetzung für dauerhafte Gesellschaftliche Entwicklung**

Rio: „Die Menschen stehen im Mittelpunkt nachhaltiger Entwicklung. Ihnen steht ein gesundes, produktives Leben in Einklang mit der Natur zu“  
(I. Grundsatz)



