

Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Ergebnisse einer Tagung im Rahmen des Projekts „Chemie,
Verfahrenstechnik und Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung“

6./7. November 2003, Schloss Seggau

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

32b/2006

Impressum:

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

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

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

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3
1180 Wien

Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Ergebnisse einer Tagung im Rahmen des Projekts „Chemie,
Verfahrenstechnik und Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung“



6./7. November 2003, Schloss Seggau

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

„Die Zukunft der Erneuerbaren Rohstoffe in der chemischen Industrie“

Susanne Wagner, Herbert Böchzelt, Hans Schnitzer
Joanneum Research – Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme
Elisabethstraße 16/I, A – 8010 Graz
<http://www.joanneum.at/nts>

1 Einleitung

Derzeit nutzt die Industrie vorwiegend fossile, mineralische und metallische Ressourcen zur Abdeckung ihres Rohstoffbedarfs. Diese werden vor allem energetisch (Treibstoffe) oder in der (petro-)chemischen Industrie, in Richtung unzähliger Produkte (Feinchemikalien, Polymere,...) umgesetzt und nach einem relativ kurzen Lebenszyklus (Polymere) von etwa 0,1 bis 10 Jahren meist zur Rückgewinnung von Energie verbrannt und damit entsorgt. Das entstehende Kohlendioxid kann dadurch kurzfristig nicht im Bioprozess der Photosynthese untergebracht werden und reichert sich daher in der Atmosphäre an.

Die über Photosynthese gebildete Biomasse könnte theoretisch in einem ungestörten Zyklus in geologischen Zeiträumen wieder in fossile Rohstoffe übergehen um den natürlichen Zyklus zu schließen. Das heißt, dass die heute genutzten fossilen Rohstoffe – Erdöl, Erdgas, Kohle – sich erst in langen, geologischen Zeiträumen regenerieren können und damit „in menschlichen Dimensionen gemessen“ für die Nutzung unwiederbringlich „verloren“ sind. Das Problem liegt also in der zeitlichen und örtlichen Unausgewogenheit der fossilen Nutzungskonzepte. Die Lösung des Problems könnte in der direkten Nutzung bioorganischer Rohstoffe für die chemische Industrie liegen. In diesem Falle liegen die Verbrauchsgeschwindigkeiten und die Bildungsgeschwindigkeiten der Biomasse in der gleichen Größenordnung (siehe Abbildung 1).

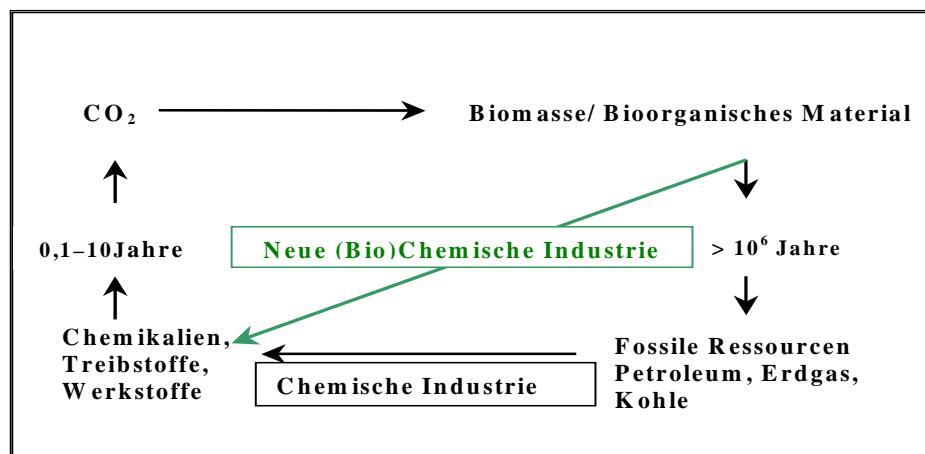


Abbildung 1: Globaler Kohlenstoffzyklus (Quelle: Narayan, 2002)

Es wurde schon mehrfach bewiesen, dass die jährlich durch Photosynthese gebildete Biomasse zur Abdeckung der industriell benötigten Ressourcen bei weitem ausreichen würde. Abbildung 2 zeigt dies. Zur Zeit werden weltweit lediglich 6×10^9 t Biomasse jährlich genutzt, der ungenutzte jährliche Zuwachs wird auf 170×10^9 t geschätzt. Der jährliche Verbrauch von Erneuerbaren Rohstoffen entspricht somit in etwa dem Verbrauch von fossilen Rohstoffen – Erdöl, Erdgas, Kohle – mit dem Unterschied, dass letztere nicht regenerierbar sind. Schließlich noch ein weiterer Zahlenvergleich: Die jährliche Produktion

von Biomasse liegt in der gleichen Größenordnung wie die gesamte Menge der bekannten Vorräte des heute noch dominierenden Rohstoffs Erdöl.

Biomasse und fossile Rohstoffe		
Biomasse		
Jährlich nachwachsend durch Photosynthese:	170 Mrd t	
Jährliche Nutzung: (Holz, Getreide, sonstiges: je 2 Mrd t)	6 Mrd t = 3,5 %	
Fossile Rohstoffe		
Jährlicher Verbrauch (insgesamt)	7,3 Mrd t Öl-Äquiv.	
	<u>Jährlicher Verbrauch</u>	<u>bekannte Vorräte</u>
Erdöl	3,2 Mrd t	135 Mrd t
Erdgas	1900 Mrd m ³	140.000 Mrd m ³
Kohle	3,4 Mrd t	850 Mrd t
(1 t Öl = 1,1 t Gas = 1,5 t Kohle = 2-2,5 t trockene Biomasse)		
Quelle: M. Eggersdorfer (BASF), 1993		

Abbildung 2: Biomasse und fossile Rohstoffe

Aus Abbildung 3 geht hervor, dass seit 1990 keine wesentlichen neuen Ölvorräte gefunden wurden und dass sich die tatsächliche Ölförderung der technisch möglichen Förderung nähert und in den nächsten Jahren mit Versorgungsengpässen und damit verbunden mit Preiserhöhungen zu rechnen ist. So ist davon auszugehen, dass die Erdölproduktion noch in diesem Jahrzehnt, spätestens aber 2015 - 2020 ihr Maximum überschritten haben und dann langsam abfallen wird. Erdöl wird also in etwa 40 – 50 Jahren verbraucht sein, sofern die derzeitige jährliche Nutzung von 3,2 Mrd. t nicht zunimmt, was allerdings eher unwahrscheinlich ist. Deshalb ist ein Übergang auf biobasierte Rohstoffe unerlässlich.[1]

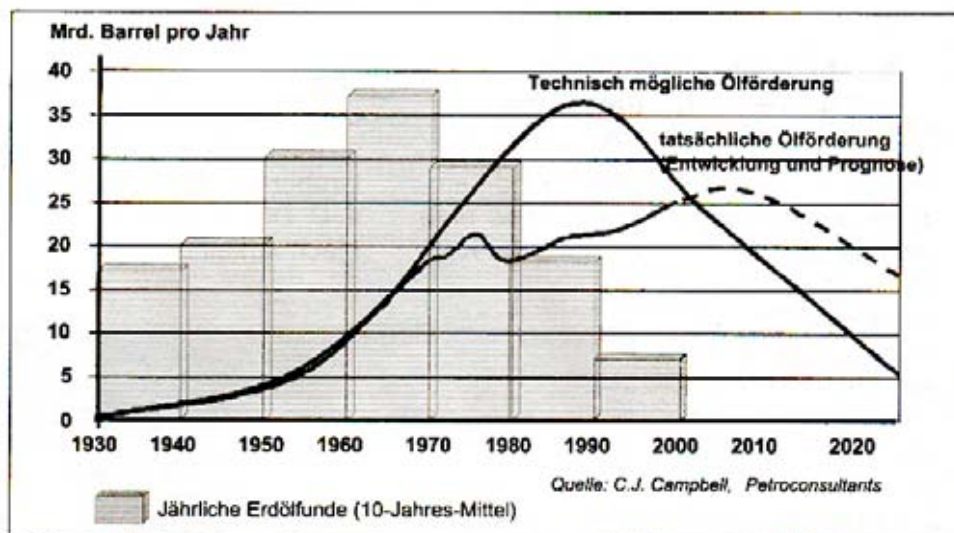


Abbildung 3: Jährliche Erdölfunde, technisch mögliche und tatsächliche Ölförderung seit 1930 [1]

Die Begrenztheit der Rohstoffe aus Erdöl und der Einfluss des übermäßigen Verbrauches auf das Weltklima machen langfristig alternative Verfahren notwendig. Der Anteil an Erneuerbaren Rohstoffen als Ausgangsmaterialien bei der Produktion von Chemikalien in Deutschland und Amerika liegt heute lediglich bei etwa 10%. Dieser Wert ist schon seit zehn Jahren konstant, d.h. es wurden in dieser Zeit keine nennenswerten Marktanteile an Erneuerbaren Rohstoffen im Vergleich zu den fossilen Rohstoffen hinzugewonnen.

Die Veredelung fossiler Rohstoffe wurde seit Beginn der industriellen Revolution in wissenschaftlichen Arbeiten abgehandelt. Aus diesem Grund ist der Wissensstand im Bereich der Erdölchemie gegenüber der Naturstoffchemie signifikant höher. Folglich hat sich die Erdölchemie einen Wissensvorsprung von mehreren Jahrzehnten angeeignet, der aufgeholt werden muss.

2 Chancen und Hemmnisse bei der Nutzung von erneuerbaren Rohstoffen in der chemischen Industrie

Die ressourcenschonende Produktion von Basischemikalien ist aufgrund der großen produzierten Mengen und der darauf aufbauenden Produktlinien, für eine nachhaltige Entwicklung von besonderer Bedeutung. [2] Dies macht die Entwicklung neuer Prozesse für bestimmte Basischemikalien oder sogar völlig neue Basischemikalien erforderlich. Die Basischemikalien prägen die chemischen Produkte, die daraus über eine oder mehrere Stufen produziert werden, und deren Weiterverarbeitung in Industriebereichen, die häufig nicht zur chemischen Industrie gehören, entscheidend. Diese chemischen Produkte müssen so gestaltet werden, dass sie auch nachhaltig weiterverarbeitet werden können. Methoden und Kriterien zur Bewertung ihrer Nachhaltigkeit sind möglichst frühzeitig im Entwicklungsprozess notwendig. Die Zeit zur Einführung der neuen Prozesse und Produkte muss durch die Schaffung der betrieblichen Voraussetzungen und durch umweltpolitische Maßnahmen verringert werden.

Erneuerbare Rohstoffe sind im Gegensatz zu Erdöl meist polymere, hochfunktionalisierte Stoffe oder Stoffgemische und enthalten je nach Art funktionsbedingt oft beträchtliche Mengen an molekular gebundenem Sauerstoff. Petrochemische Basismaterialien sind nicht oxygeniert, aber viele finalen Produkte beinhalten Sauerstoff. Es gibt relativ wenige Möglichkeiten um Sauerstoff in Kohlenwasserstoffe einzubauen und meistens benötigt man dazu toxische Reagentien wie Chrom und Blei in stöchiometrischen Mengen in Verbindung mit großen Problemen bei der Beseitigung dieser Abfälle. Deshalb ist es daher naheliegend, für Basischemikalien, die auf petrochemischem Weg durch nicht nachhaltige Oxidationen gewonnen werden, Alternativen aus Erneuerbaren Rohstoffen zu entwickeln. Zahlreiche hochoxidierte Industrieprodukte auf der Basis von Stärke sind verfügbar und werden weiterentwickelt.

Eine große Herausforderung an die Synthesechemie ist die Verwendung von Kohlendioxid als Synthesebaustein zum Aufbau organischer Verbindungen. Biomasse ist ein flexiblerer Rohstoff als Erdöl. Die Natur demonstriert tagtäglich in eindrucksvoller Weise, wie effizient Kohlendioxid verwendet wird, um hochorganisierte organische Materie zu erzeugen. Chemiker haben hier noch gravierende Wissens- und Kenntnisdefizite. Sie arbeiten an "Wunschreaktionen hoher Attraktivität", sind auf der Suche nach geeigneten Katalysatoren oder Trägern, die Kohlendioxid aktivieren, also reaktionsbereit machen.

Auf der Suche nach den für chemische Reaktionen so wichtigen Katalysatoren beschreitet die Chemie neue Wege, in dem sie in zunehmendem Maße biologische Katalysatoren, die Enzyme, nutzt (z.B.: Umwandlung konventioneller chemischer Verfahren durch den Einsatz von Oxygenasen, Enzymen aus Bakterien, etc.).

Beim Einsatz von Erneuerbaren Rohstoffen (ER) als Basischemikalien für die organische Synthese muss die Synthesevorleistung der Natur genutzt werden, sodass komplexe Moleküle, die petrochemisch nur in vielstufigen Reaktionssequenzen zugänglich sind, in einer oder sehr wenigen Reaktionsschritten aus dem natürlichen Pool erhalten werden können. Dies sind einerseits verbrauchernahe Einsatzzwecke mit wenigen Veredlungsschritten, wie z.B.: Schmierstoffe, technische Öle und Kleber; andererseits spezifische Bereiche des Zwischenproduktsektors sowie Spezial- und Feinchemikalien. Hier

finden sich als größere Einsatzbereiche Tenside, Waschrohstoffe, Polyurethanrohstoffe und Lacke. Zusätzlich bietet sich ein vielfältiges, allerdings schwierig abschätzbares Feld kleiner bis mittlerer Anwendungsgebiete an, wo sich im Einzelfall Erneuerbare Rohstoffe aufgrund anwendungstechnischer Vorteile oder ökologischer Gesichtspunkte durchsetzen können. Stellvertretend sollen hier genannt werden: Komplexbildner zur Wasserbehandlung, Emulgatoren, Biopolymere oder Wirkstoffcarrier.

Grundsätzlich kann die Syntheseverleistung der Natur also genutzt werden, um Produkte herzustellen, die auf petrochemischem Wege nur sehr aufwendig herzustellen sind oder um neue Produkte mit speziellen Eigenschaften zu entwickeln. Für die Herstellung hochwertiger Produkte könnten daher Erneuerbare Roh- und Reststoffe auch in diesem Bereich, nach Abklärung der aufgeworfenen Fragen, ein Feld neuer, interessanter Alternativen öffnen.

Es wird davon ausgegangen, dass sich der Anteil an Erneuerbaren Rohstoffen in der Produktion von Chemikalien deutlich erhöhen wird. Langfristig sehen Experten die biobasierten Rohstoffe als einzig tragfähige Lösung, wobei es vorwiegend ihre katalytische Weiterverarbeitung sein wird, die künftig Erdöl und Kohle als Basisprodukte ersetzbar machen. Das National Research Council der USA formuliert „Visionen“, die für 2090 eine Substitution fossiler Rohstoffe durch biogene Rohstoffe von 90% vorsehen. Realistischere Prognosen sehen in den nächsten 30 Jahren eine Steigerung auf 25% (siehe Abbildung 4). Shell beispielsweise will bis 2050 den Weltbedarf an Chemikalien und Energie zu 30% aus Biomasse decken, ein Markt von nahezu 150 Mrd. US\$. DuPont, einer der großen Kunststoffhersteller, will bis 2010 25% seiner Produkte aus ER fertigen.[1]

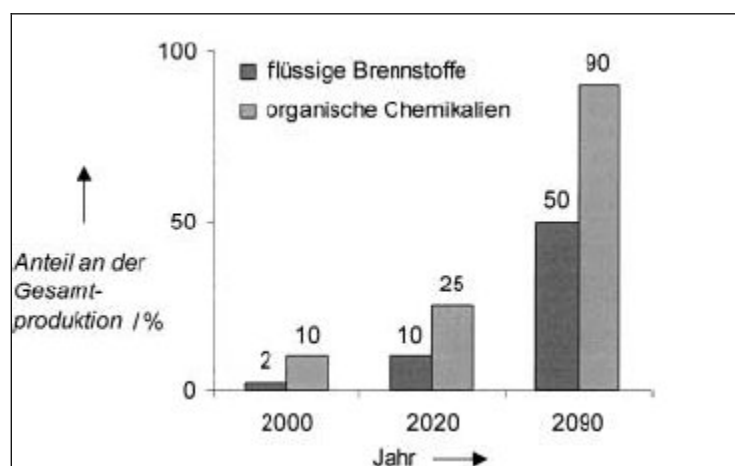


Abbildung 4: Zielvorstellung des National Research Council der USA für die Produktion von organischen Chemikalien und von flüssigen Brennstoffen aus ER bis zum Jahr 2090. Anteil an der jeweiligen Gesamtproduktion in Prozent.[1]

2.1 Wichtige Bestimmungsgründe für einen Einsatz der Biomasseprodukte

Unternehmen in der chemischen Industrie, die wettbewerbsfähig bleiben wollen, müssen auf Veränderungen bei Preis, Verfügbarkeit und Verarbeitungstechnologie von Rohstoffen rasch reagieren. Damit sind bereits die vier wichtigsten Bestimmungsgründe für den Einsatz von Rohstoffen und damit auch von Erneuerbaren Rohstoffen in der chemischen Industrie genannt.

- Preis
- Verfügbarkeit
- Verarbeitungstechnologie
- Nachhaltige Entwicklung

2.2 Die derzeit aussichtsreichsten Stoffgruppen aus der Sicht der Industrie

Die größten Potentiale nach Rohstoffgruppen zeigen nach Einschätzung einiger Experten Lignin und Kohlenhydrate, andere wiederum sehen nach wie vor das größte Potential in den Fetten und Ölen. Aber auch die in diversen Produktionsschritten als Neben- und Reststoffe anfallende Biomasse bietet große Chancen in Zukunft noch stärker genutzt zu werden.

Fette und Öle sind aufgrund der vorhandenen Mengen und der bereits großtechnischen Umsetzung vieler Anwendungen (in der Kosmetik, als Tenside, Weichmacher etc.) in der chemischen Industrie sehr interessant. Auch sind sie energetisch von großer Wichtigkeit als Biotreibstoffe.

Bei der industriellen Nutzung von Kohlenhydraten gibt es in Anbetracht des weltweiten Potentials noch erheblichen Forschungsnachholbedarf, insbesondere bei der Entwicklung neuer Prozesse. Die Verfahren zur Produktion chemischer Grundbausteine (Synthesegas, Methanol, Ethanol, Ethylen, Hydroxymethylfurfural) auf der Basis von Kohlenhydraten weisen derzeit noch gravierende Nachteile auf:

- Preisniveau der Petrochemie wird nicht annähernd erreicht
- Schlechte Massenbilanz, da der Abbau des Kohlenhydratgerüsts (Dehydratation, biochemische Umwandlungen) immer zu einem Massenverlust führt
- Aufwendige Synthesen und Aufarbeitungsschritte, da nur wenige einfache, selektive Einstiegsreaktionen existieren

Demgegenüber erscheint der Einsatz Erneuerbarer Rohstoffe unter weitgehendem Erhalt der Kohlenhydratgrundstruktur und Funktionalität viel versprechender. So existiert bereits heute ein großer Bedarf für Spezialchemikalien wie Zitronensäure, Ascorbinsäure, Milchsäure und Lysin, die auf Basis fossiler Rohstoffe nicht oder nur schwer zugänglich sind.

Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet, in dem Produkte auf Kohlenhydratbasis aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften mit Produkten auf Erdölbasis wirtschaftlich konkurrieren können, ist die Detergentien- und Tensidchemie. Für einen Einsatz in der chemischen Industrie und die damit verbundene Weiterverarbeitung müssen Zucker meist modifiziert werden. Stärken sind z.B. vor allem modifiziert interessant als Klebstoffe, Thermoplastanwendungen, Papierhilfsmittel, Coatings, Modifier, etc. Cellulose bzw. Celluloseether wird/werden als Rheologiehilfsmittel, Speiseeis, Thermoplaste, biologisch abbaubare Folien, etc. verwendet. Zucker und Glycerin werden u.a. zur Herstellung von Polyurethanen verwendet.

2.3 Logistik und Erneuerbare Rohstoffe

Die Nutzung von Erneuerbaren Rohstoffen definiert sich heute neben der Verwendung von tierischem Material überwiegend durch die industrielle Nutzung bekannter Nahrungsmittelpflanzen, die zu Industriepflanzen umgewidmet werden. Die existierenden Betriebsgrößen, Strukturen und Vermarktungswege sind auf die Erzeugung von Nahrungsmitteln, nicht aber auf die Produktion von Erneuerbaren Rohstoffen ausgerichtet, die industriell genutzt werden sollen. Dies führt in der konkreten Umsetzung zu erheblichen Problemen und schmälert das hohe Anfangsinteresse stark. Der Weg vom Landwirt bis zum Endverbraucher ist durch zahlreiche, technologische und vermarktungsrelevante Hürden gekennzeichnet. Dies stellt Landwirtschaft, Wissenschaft, Handel und Politik vor die Aufgabe, entsprechende Zwischenorganisationen mit Fähigkeiten in der technologischen Beratung und Begleitung der Abnehmer aufzubauen.

Der einfachste Fall einen Rohstoff aus der Erdölindustrie mit einem Erneuerbaren Rohstoff hinsichtlich der Verfügbarkeit zu vergleichen, liegt dann vor, wenn derselbe Rohstoff auf verschiedenen Wegen zugänglich ist. Als Nachfrager wird man dann versuchen, sich von

mehreren Anbietern beliefern zu lassen, um die Konkurrenz zwischen diesen zu fördern. Falls sich bei einem Lieferanten Versorgungsengpässe abzeichnen, kann man dann flexibel zum anderen Anbieter wechseln.

Komplizierter liegt der Fall bei verschiedenartigen Rohstoffen für ein bestimmtes Endprodukt. Da für die beiden Rohstoffe unterschiedliche Verarbeitungsverfahren entwickelt werden müssen, die dann unter Einsatz von erheblichen Investitionsmitteln in Großanlagen umgesetzt werden sollen, muss die Verfügbarkeit beider Rohstoffe für die Lebensdauer der Anlagen gesichert sein. Wenn sich über einen der beiden Rohstoffe nur 10% des Gesamtbedarfs decken lassen, wird man selbst bei einer deutlichen preislichen Besserstellung dieses einen Rohstoffs in der Regel kein gesondertes Produktionsverfahren entwickeln und bauen.

Die geringe Dichte der landwirtschaftlichen Rohstoffe sowie der über die Fläche der Länder verteilte Anfall führt zu hohen Kosten der Transport- und Lagersysteme und zu hohen Preisen am Ort des Bedarfs. Hier sollte daran gearbeitet werden, dass die Rohstoffe örtlich direkt, d.h. dort wo sie als Rohstoffe erzeugt werden, industriell genutzt werden können durch bereits bestehende Industrie oder deren Aufbau und dass direkte Kooperationen zu den Herstellern aufgebaut werden. Der Anbau muss zielgerichteter vor sich gehen. Biomasse steht also nicht nur mit mineralölbasierten Rohstoffen sondern auch mit der Nahrungsmittelproduktion im Wettbewerb.

2.4 Technologieentwicklung

Es gibt einige interessante Ähnlichkeiten im Ablauf zwischen der petrochemischen Industrie und jener, die größtenteils Erneuerbare Rohstoffe einsetzt. Beide benützen die selben drei Hauptzugänge zur Produktion von Chemikalien. Zunächst wird die Quelle der Rohstoffe auf ihre Lagerfähigkeit und die Gewinnung der einzelnen Rohstoffe aus ihrer Matrix hin untersucht und getestet. Anschließend müssen beide Industriearten Methoden zur Trennung durch die Analyse der Inhaltsstoffe des Rohstoffes und die darauffolgende Trennung bzw. Gewinnung jener Strukturen aus dem Rohstoff entwickeln. Schließlich müssen die Stoffe zur Weiterverarbeitung und Produktentwicklung umgewandelt werden.

Von den drei genannten Bereichen fehlt es bei den Erneuerbaren Rohstoffen derzeit im Vergleich zu den Erdölprodukten noch vor allem an der Technologieentwicklung zur Weiterverarbeitung der Rohstoffe. Es müssen bestehende Verarbeitungstechnologien auf die neuen Rohstoffe abgeglichen oder vollständig neue Prozesse entwickelt und vor allem geeignete Vertriebswege aufgebaut werden.

Vor allem im molekularen Bereich ist das Wissen auf dem Gebiet der fossilen Rohstoffe um einiges höher als das der Erneuerbaren Rohstoffe. Die Petrochemie besitzt erstaunliches Know – How und Kontrollmöglichkeiten in Bezug auf Verhalten, Funktionalität und Umlagerung ihrer Rohstoffbausteine. Diese Transformationen laufen selektiv (z.B.: ohne die Bildung von unerwünschten Nebenprodukten) und mit hoher Ausbeute (z.B.: der gesamte Rohstoff wird in das Produkt umgewandelt) ab.

Im Gegensatz dazu besteht derzeit im Bereich der Erneuerbaren Rohstoffe eine wesentlich engere Auswahl an verschiedenen Grundbausteinen, geringere Methoden diese umzuwandeln und ein wesentlicher Mangel an Wissen, wie man aus den Startgrundstoffen (Lignin, Kohlenhydrate, Ölsaaten, Proteinen, Biomassepolymeren, etc.) einzelne Produkte mit hoher Ausbeute gewinnt und welche Möglichkeiten diese Produkte bieten.

Der Aufbereitungsprozess des Rohstoffes und der Verarbeitungsprozess bis zum Verkaufsprodukt dürfen nicht so teuer sein, dass der Vorteil beim Einstandspreis überkompensiert wird.

Der Forschungsstand der Verfahrenstechnik spielt hier eine wichtige Rolle. Die Einführung neuer Technologien wird grundsätzlich dadurch erschwert, dass sie zu Anfang noch nicht auf den bestehenden Produktionsverbund hin optimiert sind. Umstellungskosten belasten die an sich wirtschaftlichen Innovationen.

2.5 Qualitätskriterien und Normen

Die Industrie ist gewohnt, Produkte in bekannter und konstanter Qualität einzusetzen. Dies erfordert zumindest europaweit einheitliche Qualität, die durch anerkannte Normen festgeschrieben sein muss. Die Entwicklung europäischer Normenwerke ist ein langwieriger Prozess, der sich über viele Jahre hinziehen kann. Das Risiko erscheint Investoren meist zu hoch, die Gewinnaussicht zu gering. Dies wird durch den Mangel an Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft verstärkt.

Besonders wichtig sind die Anforderungen der Abnehmer an die Qualitäts-, Mengen- und Preisstabilität von Erneuerbaren Rohstoffen. Bis heute ist das Problem der dringend benötigten Qualitätsnormen und Definitionen nicht gelöst. Diese müssen in aufwendiger Eigenleistung durch die Anbieter und Anwender erarbeitet werden. Die festgelegten Qualitätskriterien können nicht hundertprozentig Jahr für Jahr geboten werden. Erneuerbare Rohstoffe sind Naturprodukte, die natürlichen Schwankungen von Klima, Standorten und Boden unterliegen. Qualitätskriterien können deshalb nicht ganz genau definiert werden; vielmehr hat sich der Anwender auf eine möglichst eng gefasste Qualitätsbandbreite einzustellen und Schwankungen bei seiner Produktentwicklung und Planung zu berücksichtigen.

2.6 Wettbewerb und Preise

Ein sehr wichtiges Kriterium für den Einsatz eines Rohstoffes in der chemischen Industrie ist der Preis. Ein Preisvergleich ist möglich, wenn derselbe Rohstoff aus zwei verschiedenen Quellen zur Verfügung steht. Dies ist z.B. der Fall beim Vergleich von Bioalkohol mit Ethanol aus Ethylen. Der Anbieter mit dem günstigeren Preis wird dann meist zum Zuge kommen. So einfach liegen die Verhältnisse jedoch selten. Natürlich könnte man Rapsölmethylester auch aus Erdöl herstellen, einen Preis dafür ermitteln und diesen dann dem Preis für Rapsölmethylester aus Raps gegenüberstellen. Allerdings ist die Synthese von Rapsölmethylester aus fossilen Quellen nur durch viele Umwege und Syntheseschritte möglich.

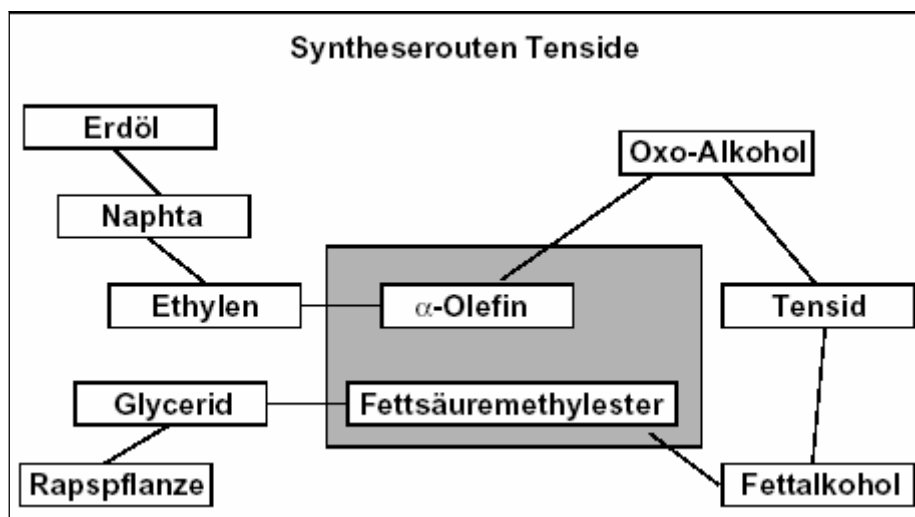


Abbildung 5: Syntheserouten Tenside [5]

Beide Rohstoffarten werden weiter derzeit nur mit ihrem kommerziellen Wert (Preis) bewertet, wodurch die Vorteile der Erneuerbaren Rohstoffe (Bioabbaubarkeit, Nachhaltige Rohstoffbasis, CO₂-Bindung) und die Nachteile fossiler Rohstoffe (endliche Ressourcen, klimarelevante Nachteile, Entsorgung) leider nicht in die Wertbestimmung einfließen. Eine Internalisierung der Umweltkosten beispielsweise durch eine CO₂- oder Energiesteuer müsste deshalb dringend vorgenommen werden. Möglicher zentraler Eckpunkt einer

Strategie zur Nutzung von Erneuerbaren Rohstoffen könnte in Zukunft eine Ökologisierung des Steuersystems sein.

Die Entwicklung von Märkten wird weiters durch fehlende oder schwache Marketingkonzepte behindert. Gemeinsame Strategien von Landwirten, Erzeugern und Verteilern werden nicht entwickelt. Ursachen dafür sind die geringe Größe der Märkte und der Mangel an preisstabilisierenden Maßnahmen.

Faktoren für die Wettbewerbsfähigkeit von Erneuerbaren Rohstoffen:

- Technisch - organisatorische Entwicklungskosten der Produktion
- Entwicklung der Preise
- Erstellung von Produktportfolios
- Wirtschaftlichkeit konkurrierender Standorte
- Konkurrierende Flächenansprüche (Forstwirtschaft, Naturschutz, Freizeit)
- Preisentwicklung bei den zu substituierenden Produkten
- Entwicklung der Wirtschaftlichkeit konkurrierender Techniken
- Kosten der Umstrukturierung von Produktionsbedingungen
- Umweltauflagen der Agrarproduktion
- Präferenzen der Verbraucher für natürliche bzw. umwelt- und gesundheitsschonende Produkte
- Nachnutzungsmöglichkeiten (Recycling, Kompostierung, Wiederverwendung)
- Entsorgungskosten

Staatliche Förderungen sind in der Anfangsphase von Produktentwicklungen wichtig. Auch die Anwenderseite der chemischen Industrie (im Gegensatz zur Produktionsseite) sollte in Förderprogramme eingebaut und unterstützt werden.

Die chemische Industrie Europas und vor allem Deutschlands hat in den letzten zehn Jahren, aufgrund der starken Konkurrenz der aufstrebenden Länder in Asien, einen massiven Strukturwandel vollzogen. Die Produktstruktur ist davon besonders betroffen. Die Produktion entwickelt sich von niedrig – preisigen Basisprodukten immer mehr hin zu hoch veredelten Produkten mit größerer Wertschöpfung. Und gerade dieser Strukturwandel bietet eine Chance für die Erneuerbaren Rohstoffe in der chemischen Produktion, da der Einstandspreis der Rohstoffe immer stärker relativiert wird, je teurer das Endprodukt ist. Die oft zitierten Preisschwankungen von Erneuerbaren Rohstoffen können also, falls die gesamte Produktentwicklung im Unternehmen durchgeführt wird, abgefangen werden.

Für die Industrie können auch kleine Mengen von Naturstoffen hochinteressant sein. z.B.:

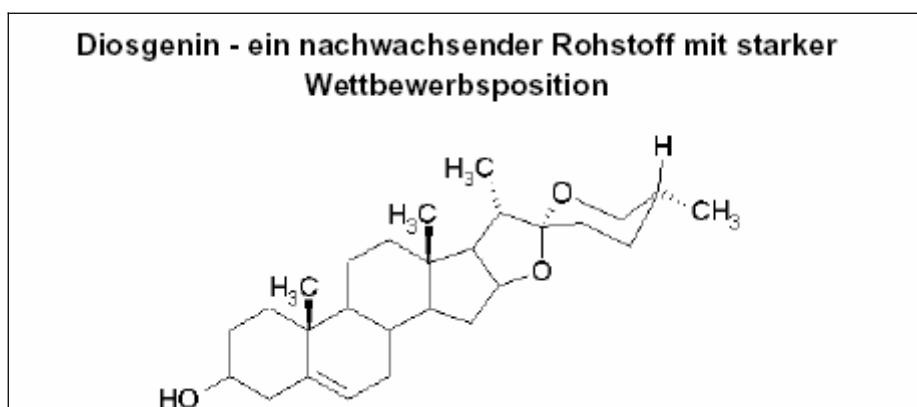


Abbildung 6: Diosgenin [10]

Fast alle Steroidhormone können aus Diosgenin hergestellt werden, einem Naturstoff, der im technischen Maßstab aus der Yamswurzel gewonnen wird. Hauptlieferanten für die Yamswurzel sind Mexiko und China. Ein großer Teil der in hormonellen Antikonzeptionsmitteln eingesetzten Steroidhormone stammt indirekt aus dem aus der Yamswurzel extrahierten Diosgenin. Die Natur hat hier bereits große Teile des komplizierten

Steroidgerüsts aufgebaut. Dies ist ein Beispiel für einen Erneuerbaren Rohstoff, der keine großen Anbauflächen benötigt.

Ähnlich steht es mit der Vitamin B2-Synthese der BASF auf fermentativen Weg mit Hilfe des Pilzes *Ashbya gossypii*: Als Rohstoff werden ca. 1000 t Sojaöl pro Jahr benötigt. Es existieren hier noch unzählige weitere meist pharmazeutisch genutzte Beispiele, die sich mit der Produktion von Feinchemikalien aus Naturstoffen (auch aus Reststoffen) beschäftigen (z.B.: Proanthocyanidine aus Weintrauben(-trester), Taxol aus der Eibenrinde, etc.).

Cargill - Dow entwickeln und vermarkten Kunststoffe auf der Basis von Polylactid. Der Rohstoff dazu wird aus Mais oder Zuckerrüben gewonnen. Dow hofft, die neuen Polymere breit einsetzen zu können für Folien, Fasern, Behälter und als Beschichtungsmaterial für Papier und Pappe. Auch biologisch abbaubare Polymere sind auf Polylactidbasis möglich.

Ein wichtiger Punkt ist auch der Ausgangspunkt für die Entwicklung eines neuen Produktes. Hier sollte zunächst vom Marktpotential und dem Bedarf der Produkte am Markt ausgegangen werden und nicht vom Rohstoff für den erst ein passender Markt gefunden werden muss. Außerdem sind die vorhandenen Rohstoffmengen und -vorkommen, die tatsächlich im industriellen Maßstab genutzt werden können, weitestgehend bekannt.

Um die Ökoeffizienz eines Produktes zu bewerten, reicht es jedoch nicht aus, nur den ökologischen Fingerabdruck der Einsatzstoffe (Erneuerbare Rohstoffe) zu betrachten, Vielmehr ist eine Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes (LCA) hinweg notwendig. Dabei sollten die Gesamtkosten und Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg erfasst werden.

2.7 Investitionssicherheit – ein Wunsch der Industrie

Ein weiteres Hemmnis sind Investitionen für neue und angepasste Technologien zur Verarbeitung von Erneuerbaren Rohstoffen. Die Überwindung technischer Hürden kann nur durch eine gezielte Förderung und Absicherung von Investitionen beim Einsatz von Erneuerbaren Rohstoffen erreicht werden.

2.8 Einsatz von Erneuerbaren Rohstoffen in der Industrie und Wirtschaft

In vielen Bereichen der Nutzung von Erneuerbaren Rohstoffen werden die vorliegenden Erkenntnisse aus Forschung, Entwicklung und Demonstration erst versuchsweise genutzt. Die vielfältigen Anwendungs- und Einsatzgebiete für Erneuerbare Rohstoffe sind insbesondere für die Ansiedlung von kleinen und mittleren Unternehmen im ländlichen Raum von Bedeutung. In größeren Konzernen der chemischen Industrie werden sie dann erst angewandt, wenn sie eindeutige Vorteile zu den fossilen Materialien aufweisen. Mit einer zügigen Markteinführung von biogenen Rohstoffen und ihrer Produkte ergeben sich in vielen Wirtschaftsbereichen hohe Chancen.

2.1.9 Biotechnologie

Die biotechnologische Produktion von biologisch abbaubaren Polymeren wird nach Einschätzung einiger Gesprächspartner zukünftig noch wichtiger werden, vor allem die Forschung auf diesem Gebiet. Viele Kunststoffe werden bereits jetzt fermentativ aus Zuckern hergestellt und zu Folien, Fasern, thermoplastischen Werkstoffen, Dispersionen für Klebstoffe oder Beschichtungen weiterverarbeitet. Diese Kunststoffe sind biologisch abbaubar.

Auch neue Enzymklassen und Spezialenzyme aus Biomasse (z.B.: Cellulasen) werden vor allem für die Waschmittelindustrie in Zukunft interessant werden. Es zeichnet sich stark ab, dass Fortschritte in der Bio- und Gentechnologie auch die Chancen für die Erneuerbaren Rohstoffe erhöhen. Einerseits lassen sich mit gentechnologischen Methoden resistenterere, ertragreichere und wertstoffreichere Pflanzen züchten. Dies ist wichtig für die Versorgungssicherheit. Andererseits profitieren auch die Verfahren zur Höherveredelung von den modernen Methoden. Die wissenschaftlich-technischen Fortschritte der Gentechnologie lassen sich mit der klassischen Fermentation und Enzymologie zu einem beachtlichen Methoden und Know – How - Potential kombinieren. Dazu kommen noch die Fortschritte in der Verfahrenstechnik z.B. in der Membrantechnologie und der Bioreaktorenentwicklung. Bei der Entwicklung bio- und gentechnologischer Prozesse stößt man in Europa aber noch immer auf das Problem der mangelnden Akzeptanz dieser Technologie in der Öffentlichkeit.

2.10 Verknappung von Erdöl

Dass Erdöl in Zukunft teurer werden wird und dadurch die Kluft zu den Preisen für Erneuerbare Rohstoffe immer kleiner werden wird, steht außer Zweifel. Die Gesetzgebung könnte bzw. sollte zusätzlich zur Verteuerung durch die Verknappung den Erdölpreis durch zusätzliche Steuern, durch Regierungsinitiativen in Form finanzieller Anreize für den Einsatz von Erneuerbaren Rohstoffen und Schaffung von „vorausschauenden“ und „-denkenden“ Gesetzen (CO₂ - Steuer, Ökosteuer, etc.) erhöhen.

Erneuerbare Rohstoffe müssen für eine industrielle Anwendung billiger und besser sein als die vergleichbaren Erdölprodukte. Der Staat darf die etablierte Industrie aber nicht durch subventionierte Produkte „stören“. Subventionen sind nur für eine Markteinführung und den Durchbruch neuer Technologien vonnöten.

2.11 Informationsaustausch

Die meisten Firmen informieren sich über Literaturrecherchen, Patentrecherchen, Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungsinstituten über den Stand der Technik auf dem Gebiet der Erneuerbaren Rohstoffe oder sie haben eine eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilung. Chemieunternehmen müssen ihre Forschungsgelder sorgfältig auf die aussichtsreichsten Projekte fokussieren. Oft wird deshalb gezögert, Forschungsarbeiten mit dem Einsatz von Erneuerbaren Rohstoffen durchzuführen.

Für Unternehmen ist es wichtig, Forschungsarbeiten für alternative Rohstoffe genau zum richtigen Zeitpunkt zu starten. Man kann mit langfristig sinnvollen Forschungsergebnissen auch zu früh kommen. Wenn der Markt sich erst langsam entwickelt, nähert sich das Produkt häufig erst dann der Gewinnzone, wenn die Patente bereits auslaufen und Nachahmer, die kaum Entwicklungskosten hatten, in den Markt eindringen. Für ganz langfristige Planungen ist deshalb eher staatlich finanzierte Vorlauforschung angebracht. Die herkömmliche chemische Synthese hat bisher dominiert, weil fossile Rohstoffe mit günstigem Eigenschaftsspektrum ausreichend zur Verfügung standen.

Von der Wissenschaft wird seitens der Industrie mehr Transparenz gewünscht, wissenschaftliche Ergebnisse sollten besser zugänglich gemacht werden. Von der Regierung wird der Ausbau der Förderschienen auf die Bedürfnisse der Industrie hin gewünscht. Es sollen verstärkt Netzwerke mit allen Akteuren gebildet werden, derzeit hängen die Entwicklungen meist noch an wenigen Einzelpersonen bzw. -institutionen. Weiters wird die Bildung von zentralen Gremien zur Diskussion von Themen von einigen Gesprächspartnern als Strategie vorgeschlagen.

Eine bessere Umsetzung der Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft, Wissenschaft und Industrie gelingt dann, wenn die Zusammenarbeit bereits in der Anfangsphase eines Projektes beginnt. Verstärktes Marketing könnte auch fördernd wirken.

3 Die Biobased Economy – eine mögliche Zukunftsperspektive ?

„Anything that can be made from a hydrocarbon could be made from a carbohydrate.“
„Chemurgy movement“ in den 1930er Jahren, geleitet von bekannten Persönlichkeiten wie William Hale und Henry Ford, die die Verwendung von Agrarprodukten als Quelle für Chemikalien propagierten

Die Wende zur „Biobased Economy“ wird voraussichtlich noch Jahre bzw. Jahrzehnte dauern, aber je früher damit begonnen wird, teilweise die Wirtschaft auf biobasierte Produkte umzustellen, umso besser.

Dies beinhaltet neue Lösungen zu suchen, um den derzeitigen Prozess des rasanten Verbrauchs an fossilen, nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Erdgas, Kohle, Mineralien) zu entschleunigen. Wesentlich wird dabei sein, inwieweit es gelingt, die derzeitige auf fossilen Rohstoffen basierende Produktion von Waren schrittweise auf eine auf biologischen Rohstoffen basierende industrielle Produktion von Waren umzustellen.

Ein nachhaltiges ökonomisches Wachstum erfordert sichere, nachhaltige Rohstoffressourcen für die industrielle Produktion. Der heute vorherrschende industrielle Rohstoff Erdöl ist weder nachhaltig (da er endlich ist), noch ist er umweltfreundlich. Die Umstellung ganzer Volkswirtschaften auf biologische Rohstoffe als Wertschöpfungsquelle erfordert jedoch ganz neue Ansätze in Forschung und Entwicklung. Zum einen kommen den biologischen und chemischen Wissenschaften eine führende Rolle bei der Formierung der Zukunftsindustrien des 21. Jahrhunderts zu.

Zum anderen müssen neue Wege des Zusammenwirkens der biologischen, physikalischen, chemischen und technischen Wissenschaften erarbeitet und gefunden werden. Und dies muss im Verbund mit neuen Verkehrstechnologien, Medien- und Informationstechnologien, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften umgesetzt werden.

Die Dimension des potentiellen Einflusses dieser grundlegenden Veränderung der Rohstoffbasis der Industrie auf die Wirtschaft ist riesig. Die fossilen Kohlenstoffträger, Erdöl und Erdgas, sollen durch einen erneuerbaren, die Biomasse (hauptsächlich die pflanzliche Biomasse), abgelöst werden.

Die Produkte aus letzterer werden „biobased products – Biobasierte Produkte und/oder Bioprodukte“ bzw. „bioenergy - Bioenergie“ genannt. Als grundlegende Basistechnologie wird mit der Einführung von „biorefineries - Bioraffinerien“ gerechnet, welche als neue Produktionsstätten die konventionellen erdölbasierten Raffinerien verdrängen sollen. Sogar das Wort „bioeconomy - Biowirtschaft“ wird verwendet.

Während forschungs- und entwicklungsseitig auf dem jungen Arbeitsgebiet der „biorefinery system research“ – der Bioraffinerie - Systemforschung, vor allem in Europa (in Österreich durch TU Graz, Universität für Bodenkultur, JOANNEUM RESEARCH) bereits beträchtliche Entwicklungen und Erfolge zu verzeichnen sind, haben großindustrielle Entwicklungen erst im Jahre 2000 durch Aktivitäten des amerikanischen Präsidenten und Kongress einen wesentlichen Schub erfahren.[1]

Die Entwicklung von Bioraffinerien wird dabei „der Schlüssel für den Zugang zu einer integrierten Produktion von Nahrungsmitteln, Futtermitteln, Chemikalien, Werkstoffen, Gebrauchsgütern und Brennstoffen auf Basis biologischer Rohstoffe der Zukunft sein“. [5]

Dass eine Biobased Economy derzeit noch nicht existiert, darüber sind sich alle einig. Vor allem solange Probleme wie die Sicherheit der Prozesse z.B. die der Gentechnik nicht gewährleistet sind oder die Entscheidungen vorwiegend nur von den großen chemischen Konzernen getroffen werden.

Die Entwicklung einer Biobased Economy wird also stark davon abhängen, ob sie von einer profitgeleiteten Konzernstruktur oder von einer selbstständigen, regierungsgestützten Forschung getragen wird oder ob eine gemeinsame Entwicklung möglich ist.

Die Frage, die sich stellt, lautet:

Kann die Biobased Economy die neue Wirtschaftsform der Zukunft darstellen oder liegt die Zukunft der Industrie in einer wie auch immer gewichteten Kombination der Anwendung von Erdölprodukten und Erneuerbaren Rohstoffen?

4 *Literatur*

- [1] National Academy of Sciences, National Research Council. (2003) Biobased Industrial Products: Priorities for Research and Commercialization. National Academic Press, Washington, DC, USA.
- [2] Hrsg.: Eissen M., J. O. Metzger. (2000) Konzepte zum Beitrag der Chemie zu einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung. Symposium: 21, BIS, Oldenburg. Download: <http://www.chemie.unioldenburg.de/oc/metzger/>
- [3] Editor: Bozell J.J. (2001) Chemicals and materials from renewable resources. ACS Symposium Series 784
- [4] Reitz H. (1998) Bestimmungsgründe für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie. FNR - Gülzower Fachgespräche: Nachwachsende Rohstoffe von der Forschung zum Markt.
- [5] Kamm B. und M. Kamm. (2001) Biobasierte industrielle Produkte und Bioraffinerie-Systeme - Ein Weg in die industrielle Zukunft des 21. Jahrhunderts?

Ressource Grünland im Alpenraum – brauchen wir alternative Nutzungsverfahren?

von Karl Buchgraber¹

Die österreichische landwirtschaftliche Nutzfläche wird zu 60 % vom Grünland insbesondere in den Berglagen dominiert. Zieht man die Almflächen von 850.000 ha – hier wird keine Biomasse für die alternative Nutzung erwartet – von der gesamten Grünlandfläche ab, so verbleiben rund 1,2 Millionen ha Dauergrünland- und Feldfutterflächen. Diese Flächen stehen den Rindern, Schafen, Ziegen und Pferden als Futtergrundlage zur Verfügung. Die Veränderungen in der Viehwirtschaft in Bezug auf Milchleistung und vor allem die Agrarpreise ziehen nach sich, dass die Produktion europaweit mehr in die Gunstlagen verlagert und dadurch den benachteiligten Berglagen die traditionelle Bewirtschaftung über das Tier teilweise entzogen wird.

Weniger Kühe mit höheren Leistungen

Die Milchleistung der Kühe hat sich im letzten Jahrzehnt um durchschnittlich 784 kg/Kuh gesteigert, in den letzten vier Jahren lag bei den Kontrollkühen die Leistungssteigerung bei 126 kg Milch jährlich (HOFINGER et al, 1999). Diese Milchleistungssteigerung hat bei den Hochleistungsbetrieben eine andere Dynamik als in den Berggebieten. Die Milchviehbetriebe im Berggebiet haben bisher 4.300 kg Milch/Kuh und Laktation ermolken und davon rund 70 % an die Molkerei abgeliefert. Die Hochleistungsbetriebe stehen derzeit durchschnittlich bei rund 7.000 kg Milch/Kuh und Laktation und bei einer Ablieferungsquote von rund 80 %. Von den derzeit rund 600.000 Milchkühen (Statistik Austria, 1999) werden in rund zehn Jahren bei anhaltender Leistungssteigerung etwa 490.000 Milchkühe (vergleiche STEINWIDDER, 2003) die österreichische Referenzmilchmenge von 2,7 Mio. Tonnen erbringen. Weniger Muttertiere bedeuten natürlich auch weniger Jungvieh. Dieser erwartete Rückgang kann auch durch die Zuteilung von zusätzlich 50.000 Mutterkühen – als Kontingent – nicht kompensiert werden.

Höhere Leistung verlangt energiereiches Futter

Die Grundfutterqualität konnte je nach Jahreswitterung in den Gunstlagen stark und in den Berglagen etwas angehoben werden. Da die Milchleistung je Kuh insbesondere bei Hochleistungskühen deutlich ansteigen wird, ist es notwendig, die Energiekonzentration in der Futtermischung zu steigern. Nach STEINWIDDER (2003) nimmt der Kraftfuttereinsatz mit steigender Milchleistung zu, wobei eine Kuh mit 5000 kg Milch etwa 700 kg Kraftfutter und eine mit 8000 kg Milch etwa 2000 kg Kraftfutter neben dem Grundfutter pro Jahr benötigt .

Es findet mit zunehmendem Kraftfuttereinsatz auch eine gewisse Grundfuttermengeverdrängung aus der Ration statt, d.h. je mehr Kraftfutter in der Fütterung eingesetzt wird, desto geringer ist bei gleichbleibender Milchreferenzmenge für Österreich der Grundfutterbedarf. Nach den Veränderungen in den Tierbeständen und in den Futtermischungen aufgrund der steigenden Milchleistung wird das Grundfutter weniger gebraucht.

Hingegen könnten um etwa 25 % mehr Kraftfutter, das sind etwa 200.000 bis 250.000 t, in den Grünlandgebieten benötigt werden. Mit diesem Kraftfutter aus den Ackerbaugebieten werden große Mengen an Nährstoffen in die Grünlandgebiete importiert. Obwohl insgesamt weniger Grünlandflächen genutzt werden, bekommen geringere Flächen mehr Nährstoffe. In sensiblen Regionen könnte dies zu ökologischen Problemen führen.

¹ Univ.Doz. Dr. Karl Buchgraber, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Altdorf 11, A-8952 Irdning, Tel: ++43/3682/22451-277, Fax: ++43/3682/24 61 488, e-mail: karl.buchgraber@bal.bmlfuw.gv.at

Gefährdung der offenen Landschaft

Bisher wurde das österreichische Grünland mit einer angepassten, produktiven Nutzung gepflegt und offengehalten. Das raufutterverzehrende Tier – Rind, Pferd, Schaf, Ziege, Rot- und Schalenwild – steht im Mittelpunkt der alpenländischen Kreislaufwirtschaft.

Der Tierbesatz in den Grünlandgebieten lag mit durchschnittlich 0,8 GVE/ha in einem sehr ökologischen Bereich. Die tierstärksten Flächen wurden in den Gunstlagen mit rund 2,0 GVE/ha noch nicht überbesetzt und die tierschwächsten Extensivflächen erhielten meist noch eine ausreichende Bestoßung. Trotzdem gingen in den letzten 50 Jahren rund 700.000 ha Grünland verloren.

Grünlandflächen in ha in Österreich

1950	2.757.498
1999	2.044.365
Differenz	713.133

Quelle: Statistik Austria

Infolge der höheren Milchleistung, der geringeren Kuh- und Jungviehzahlen, der Verdrängung von Grünlandflächen durch Kraftfutter sowie durch die Intensivierung der Tal-, Becken- und Gunstlagen und die Extensivierung der benachteiligten Gebiete kommt es zu einer massiven Gefährdung der offenen Kulturlandschaft. Es könnten in den nächsten zehn Jahren rund 250.000 ha Grünland freigesetzt werden.

Bilanz „Futtermittelwachstum und Futterbedarf“

Auf den gesamten Grünlandflächen Österreichs wuchsen im Jahre 2000 rund 6,9 Mio. Tonnen Trockenmasse netto auf. Die unterschiedlichen Ertragspotenziale auf den sehr differenzierten Grünlandflächen (Höhenstufen, Standort, Klima, Bewirtschaftung) ergeben in der Betrachtungsweise auf Gemeindeebene konkrete Grünlanderträge pro Jahr. Stellt man die Tierzahlen und deren Futterbedarf wiederum auf Gemeindeebene dem gegenüber, so entsteht eine gewisse Bilanzierung der heranwachsenden Grünlandbiomasse in den Produktionsgebieten und in gemeinsamer Darstellung auf das gesamte Bundesgebiet. Bei der vorliegenden Auswertung wurden rund 78 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Österreichs berücksichtigt, die Produktionsgebiete „Nordöstliches Flach- und Hügelland“ und „Südöstliches Flach- und Hügelland“ wurden nicht mit bearbeitet, da hier die raufutterverzehrenden Tiere keine Rolle mehr spielen. In den Grünlandgebieten hingegen wurden nur die raufutterverzehrenden Tiere (Rinder, Schafe, Ziegen und Pferde) mit einbezogen.

Aus der Bilanzierung ergeben sich Gemeinden mit einer Unterversorgung von Grünlandfutter. In diesen Gemeinden zeigt sich zur Zeit ein hoher Viehbesatz mit hohen Milchleistungen. Diese „Unterversorgung“ wird mit Kraftfuttermitteln kompensiert. Rund 8 % der Gemeinden und rund 6 % der Grünlandflächen weisen eine Unterversorgung auf. In 928 Gemeinden (55 %) und auf 36 % der Grünlandflächen herrscht ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Futtermittelwachstum und Futterbedarf, d.h. alles was jährlich an Biomasse im Grünland heranwächst, wird auch von den Tieren vor Ort aufgenommen. In 402 Gemeinden oder auf rund 30 % der Grünlandflächen zeigt sich bereits ein Überschuss an Futter, der allerdings noch nicht problematisch ist. Massive Überschüsse an Biomasse treten in Normaljahren in 209 Gemeinden und auf 27 % der Grünlandflächen auf. Dies bedeutet, dass bereits der aktuelle Tierbesatz hier nicht ausreicht, um die Biomasse aus Grünland über das Tier zu verwerten. Die Folge sind eine Aufgabe der Grünlandnutzung und eine Umwandlung in Wald. Die offene Kulturlandschaft in diesen Bergregionen ist dadurch in Gefahr (siehe *Abbildung 1*).

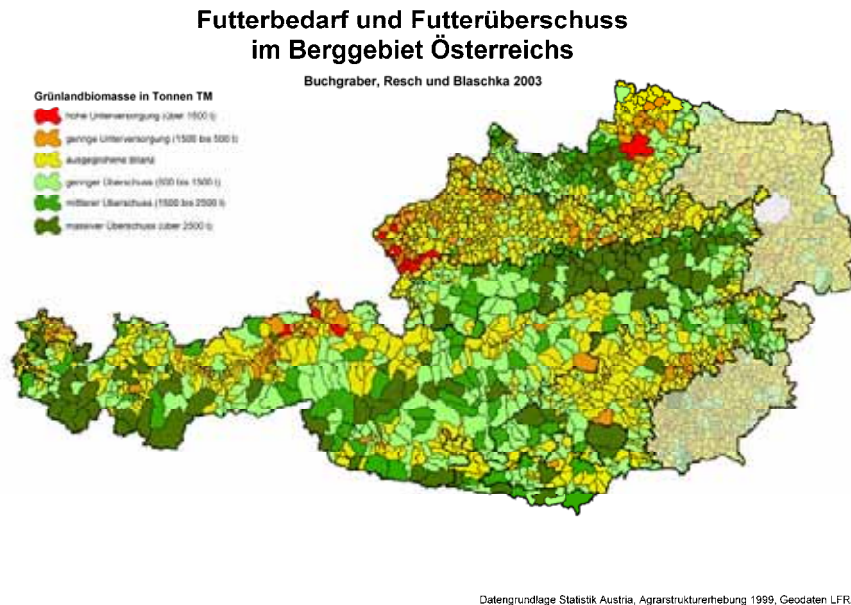


Abbildung 1: Futterbedarf und Futterüberschuss im Berggebiet Österreichs

Nach Prognosen von BUCHGRABER (2001), KIRNER (2002) und STEINWIDDER (2003) werden die Tierzahlen in den nächsten Jahren abnehmen. In dieser Prognose wurde eine 20 %-ige Abnahme der Rinder in den Bergregionen und eine gleichbleibende Besatzstärke in den Gunstlagen zugrunde gelegt. Die Gemeinden und Flächen mit Unterversorgung an Grünlandfutter nehmen bis zum Jahre 2010 ab, auch nehmen die Gemeinden (38 %) und Grünlandflächen (18 %) mit ausgeglichener Bilanz deutlich ab (*vergleiche Tabelle 1*).

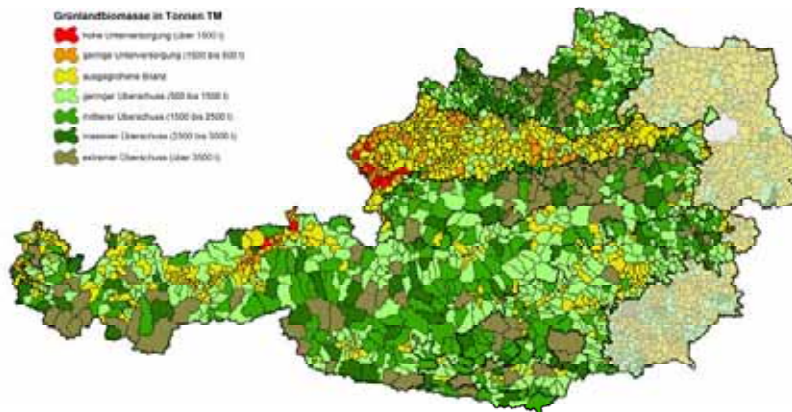
Tabelle 1: Futterbedarf und Futterüberschuss in Bezug auf die derzeitigen Grünlandflächen in den Gemeinden und in der Prognose bis 2010

Bereitstellung von Grünlandfutter	Jahr 2000			Jahr 2010 (Prognose)		
	Gemeinden Anzahl	Grünlandfläche in km ²	in %	Gemeinden Anzahl	Grünlandfläche in km ²	in %
hohe Unterversorgung	14	680	1	11	358	0,5
geringe Unterversorgung	119	3.612	5	68	1.568	2
ausgeglichene Bilanz	928	24.582	36	628	12.206	18
geringer Überschuss	402	20.932	30	531	22.036	32
mittlerer Überschuss	112	8.010	12	231	14.495	21
massiver Überschuss	97	10.836	16	103	7.271	11
extremer Überschuss	-	-	-	100	10.717	15,5
Gesamt	1.672	68.652	100	1.672	68.652	100

Die Gemeinden mit leichtem und vor allem massiven Futterüberschuss nehmen in den nächsten Jahren stark zu. Im Jahre 2010 werden rund 47 % der Grünlandflächen in massiven Überschussgebieten liegen, wo vor allem die bisher extensiv genutzten Flächen nicht mehr über die tierische Verwertung veredelt werden können (*vergleiche Abbildung 2*).

Prognostizierter Futterbedarf und Futterüberschuss im Berggebiet Österreichs im Jahre 2010

Buchgraber, Resch und Blaschka 2003



Datengrundlage Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 1999, Geodaten LFRZ

Abbildung 2: Prognostizierter Futterbedarf und Futterüberschuss im Berggebiet Österreichs im Jahre 2010

Futterbilanzen in Produktionsgebieten

Obwohl die Auswertung auf Gemeindeebene erfolgte, kommen die Produktionsgebiete auch in den Futterbilanzen zum Ausdruck.

Hochalpen

Von den 526 Gemeinden im Hochalpengebiet weisen 43 % in der Futterbilanz derzeit einen Überschuss auf. Im Jahr 2010 könnten bei anhaltender Entwicklung 63 % der Gemeinden im Produktionsgebiet „Hochalpen“ Biomasse aus dem Grünland anbieten, sofern keine alternative Nutzung kommt, entsteht ein starkes Problem mit der Offenhaltung der Kulturlandschaft. Vom Zuwachsen der Grünlandflächen sind rund zwei Drittel und davon 17 % (massiv) der Hochalpenregionen betroffen, in 10 Jahren werden rund 26 % davon massiv bzw. extrem konfrontiert sein (vergleiche *Tabelle 2* und *Abbildungen 1* und *2*). In einer ausgeglichenen Bilanz befinden sich derzeit rund 30 % der Flächen und nur 5 % weisen eine Unterversorgung mit Grünlandfutter auf. Es befinden sich auch im Hochalpenraum einige Gemeinden mit hohem Viehbesatz, die auf Futterimporte angewiesen sind.

Voralpen

Von allen Produktionsgebieten sind die Voralpenregionen derzeit und auch in den nächsten Jahren am massivsten von der „Unternutzung durch das Vieh“ betroffen und daher könnte sich hier das nachvollziehen, was wir im Hochalpenraum bereits vollzogen sehen. Derzeit sind 38 % und künftig 71 % der Voralpenflächen von einer tierischen Unternutzung betroffen, d.h. es werden in diesen Regionen hohe Biomasseüberschüsse aus den Grünlandflächen entstehen. Diese oft sehr leistungsfähigen Standorte liefern pro Hektar am Dauergrünland rund 5 bis 7 t Trockenmasse und im Feldfutter rund 8 bis 11 t Trockenmasse/Jahr. Die Nutzungshäufigkeit liegt bei 3 bis 4 Schnitte pro Jahr.

In den Voralpengebieten entsteht in Folge der Tierreduktion auf rund 71 % der Flächen ein Biomasseüberschuss oder umgekehrt ein großer Druck von den Wald- auf die Grünlandflächen. Der Sukzessionsprozess, der im Hochalpengebiet größtenteils gelaufen ist, beginnt sich in den nächsten Jahren im Voralpengebiet massiv fortzusetzen.

Tabelle 2: Biomasseaufkommen in der Futterbilanz in den Produktionsgebieten Österreichs im Jahre 2000 und 2010

Produktionsgebiet		Unterversorgung		ausgeglichene Bilanz	Überschuss an Biomasse		
		hoch	gering		gering bis mittel	massiv	extrem
Hochalpen 2000	in km ²	137	1.278	8.793	14.610	4.967	-
	in %	0,5	4,3	29,5	49,0	16,7	
Hochalpen 2010	in km ²	78	277	3.728	17.903	3.310	4.490
	in %	0,3	0,9	12,5	60,1	11,1	15,1
Voralpen 2000	in km ²	7	168	1.113	4.420	3.537	-
	in %	-	1,8	12,0	47,8	38,4	
Voralpen 2010	in km ²	-	7	604	2.042	3.421	3.172
	in %	-	-	6,5	22,1	37,0	34,4
Alpenostrand 2000	in km ²	281	347	5.272	4.512	825	-
	in %	2,5	3,1	46,9	40,2	7,3	
Alpenostrand 2010	in km ²	-	-	1.448	7.716	899	893
	in %	-	-	13,2	70,4	8,2	8,2
Wald- und Mühlviertel 2000	in km ²	256	500	2.774	3.264	762	-
	in %	3,4	6,6	36,7	43,2	10,1	
Wald- und Mühlviertel 2010	in km ²	-	-	399	4.413	1.641	1.103
	in %	-	-	5,3	58,4	21,7	14,6
Kärntner Becken 2000	in km ²	-	35	783	1.063	613	-
	in %	-	1,4	31,4	42,6	24,6	-
Kärntner Becken 2010	in km ²	-	-	180	1.172	178	963
	in %	-	-	7,2	47,0	7,1	38,7
Alpenvorland 2000	in km ²	281	1.284	5.847	1.099	130	-
	in %	3,3	14,9	67,7	12,7	1,4	
Gesamt 2000	in km ²	680	3.612	24.582	28.941	10.836	-
	in %	1	5,2	35,8	42,2	15,8	
Gesamt 2010	in km ²	358	1.568	12.205	36.530	7.271	10.717
	in %	0,5	2,3	17,8	53,2	10,6	15,6

Wald- und Mühlviertel

Die ohnehin schon walddreiche Region wird in den nächsten Jahren aufgrund der Strukturveränderungen noch eine massive Überschusssituation in der Grünlandbiomasse erleben, rund 36 % der verbleibenden Grünlandflächen sind davon betroffen. Neben dem Voralpengebiet sind das Wald- und Mühlviertel am stärksten von dieser Entwicklung betroffen.

Kärntner Becken

In den Randgebieten des Kärntner Beckens wird künftig mit einer geringeren Nutzung des Grünlandes zu rechnen sein, rund 39 % der Flächen werden dabei massiv unternutzt. In den Gunstlagen des Beckens wird es eine leichte Intensivierung geben.

Alpenostrand

Dieses Produktionsgebiet ist bisher noch nicht so bewaldet, so dass ein gewisser Waldzuwuchs zu Ungunsten der Grünlandflächen erfolgen könnte. Rund 16 % der Grünlandflächen sind von einer Unternutzung bzw. einem Biomasseüberschuss betroffen.

Alpenvorland

Von den gesamten Grünlandflächen im Alpenvorland werden derzeit rund 86 % voll genutzt, hier reicht das daraus gewonnene Grünlandfutter nicht aus, um die Leistungen zu erfüllen. In diesen Regionen kommt Kraftfutter zum Einsatz. Es sind meist auch keine Flächen für eine etwaige Ausweitung des Tierbestandes vorhanden. Eine Unternutzung des Grünlandes durch das Tier findet nur auf 14 % der Flächen statt, wobei nur 1,4 % dieses Grünlandes in Wald

übergehen könnte. Im Alpenvorland treten unter den derzeitigen Rahmenbedingungen keine Biomasseüberschüsse aus dem Grünland und Feldfutterbau auf. Die Grünlandflächen werden wohl im Zuge der Ausweitung der Milchwirtschaft auch im Hinblick auf die Förderobergrenzen benötigt werden.

Das benachteiligte Gebiet Österreichs (Hochalpen, Voralpen, Wald- und Mühlviertel) weist im Jahre 2000 bereits eine Unternutzung des Grünlandes auf. Es sind in diesen Regionen meist zu wenig Tiere für die tierische Nutzung vorhanden. Wird die heranwachsende Biomasse nicht anders verwertet, so droht in diesen bereits walddreichen Gebieten eine Schließung der Kulturlandschaft (vergleiche *Abbildung 1* und *2*). Der Alpenostrand und das Kärntner Becken sind nur in exponierten Lagen davon betroffen, im Allgemeinen werden hier die Flächen dringend gebraucht. Im Alpenvorland und in den günstigen Tal- und Beckenlagen der übrigen Produktionsgebiete zeigt sich eine gewisse Intensivierung der Grünland- und Viehwirtschaft, wo auf die Nährstoffimporte (Kraftfutter und Mineraldünger) in Bezug auf ökologische Fragestellungen unbedingt geachtet werden muss.

Regionen mit höchstem Biomasseangebot aus dem Grünland

Nachdem bereits eine Pilotanlage zur Verwertung der Biomasse in Hartberg anläuft, sollte das Bundesgebiet auf mögliche Standorte mit der höchsten Biomassefreisetzung aus der Grünlandwirtschaft durchleuchtet werden. In *Abbildung 3* sind die sieben Gebiete dargestellt, wobei im Radius von rund 30 km die Gemeinden mit den höchsten Biomasseüberschüssen erfasst wurden.

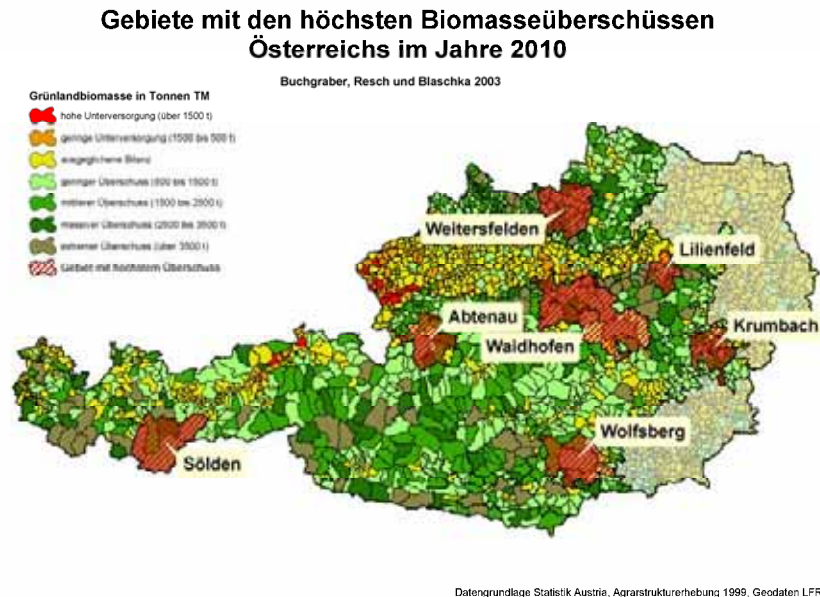


Abbildung 3: Gebiete mit den höchsten Biomasseüberschüssen Österreichs im Jahre 2010

In den Gemeinden rund um Waidhofen an der Ybbs werden künftig rund 160.000 t TM jährlich als Biomasse aus dem Grünland anfallen. Würde man die Biomasse im grünen Zustand verarbeiten, so wären rund 800.000 t zu bewegen. Natürlich würde nicht alles als grüne Biomasse anfallen, es müssten auch Konserven wie Silage und Heu hergestellt werden,

um das jeweilige Verfahren bedienen zu können. Im Mühl- und Waldviertel gäbe es um Weitersfeld mit rund 95.000 t TM eine gewisse Konzentration an technisch verwertbarer Biomasse. Im Wechselgebiet rund um Krumbach werden rund 45.000 t TM und in den Gebieten um Wolfsberg (Kärnten), Lilienfeld (Niederösterreich), Sölden (Tirol) und Abtenau (Salzburg) immerhin über 25.000 t TM jährlich anfallen. Alleine in den sieben Regionen würden im Jahre 2010 rund 400.000 t TM für die technische Verwertung zur Verfügung stehen. In den Nationalparks (Salzburg, Kärnten, Steiermark, Oberösterreich) entstehen auch Überschüsse an Biomasse, doch haben wir vorerst keine technische Nutzung in diesen Gebieten vorgesehen.

Schlussfolgerungen

In den drei großen Schwerpunkten der Landwirtschaft „Nahrungsmittelproduktion, Kulturlandschaft und Rohstoffe“ verbergen sich viele kleine und spezielle Aufgaben- und Produktionsbereiche, so dass wir es in der Landwirtschaft mit einer multifunktionalen Aufgabenstellung zu tun haben, die nur von einer multifunktionalen Landwirtschaft abgedeckt werden kann. Das Rollenbild eines Bauern hat sich in den letzten 50 Jahren mit Andauer der Entwicklung drastisch geändert. Die großen Aufgabengebiete haben sich merklich verschoben. Die Leistungen für die Kulturlandschaft waren schon immer groß, für jeden der Bauern war es früher der produktive Antrieb, noch so steile und kleine Flächen zu nutzen. Heute werden weder die Futtermittel noch die Flächen für andere Erzeugnisse benötigt, deswegen kommen wir heute in den unproduktiveren Gebieten immer mehr in die unmittelbare Kulturlandschaftspflege, sie sollte in bäuerlicher Hand mit dem Vieh oder der technischen Verwertung der Biomasse bleiben können. Die Rohstoffe waren auch früher schon für die Ernährung der Zugtiere wichtig, heute wird ein breites Spektrum zur Verfügung gestellt – dieser Sektor wird sich noch ausdehnen. Das Grünland kann große Ressourcen für die stoffliche und energetische Nutzung frei machen.

Je nach Jahreswitterung werden bis zu 1 Million t Trockenmasse pro Jahr nicht von den Tieren aufgenommen, sie stehen als Biomasse zur Verfügung.

Werden die benachteiligten Flächen künftig in den Sektoren „Lebensmittel und Rohstoffe“ miteinbezogen, so wird die Kulturlandschaft weiterhin in produktiver Weise einer Nutzung unterzogen. Dass diese Nutzung von sich aus nicht wirtschaftlich geführt werden kann, liegt auf der Hand. Es wird aber günstiger sein, diese Flächen über ÖPUL als Rohstoffflächen zu stützen als diese Flächen von Landschaftspflegern mittels Kompostierung der Biomasse offen zu halten.

Das benachteiligte Gebiet Österreichs (Hochalpen, Voralpen, Wald- und Mühlviertel) droht zuzuwachsen. Diese bereits walddreichen Regionen würden dadurch im Aussehen monoton und in der Infrastruktur wie auch in der Besiedlungsdichte zurückgehen.

Der ländliche Raum im Berggebiet kann nur dann intakt sein, wenn auch die Land- und Forstwirte ihre Flächen künftig in ökologischer Form nutzen können. Es sind Maßnahmen notwendig, um die Offenhaltung der Kulturlandschaft zu fördern. Wird nicht bewusst gegen diesen Prozess gehandelt, so wird im Berggebiet aus dem Wies- und Waldland ein mehr oder weniger geschlossenes Waldgebiet. Die negativen Folgen auf die Land-, Forst- und Jagdwirtschaft sowie auf den Tourismus hätten langfristige Auswirkungen auf die Volkswirtschaft und auf das Image des Biolandes Österreichs. Der Bergbauer wird seine Leistungen wie bisher erbringen, wenn er die Unterstützung der Gesellschaft bekommt. Neue Verfahren in der Verwertung der freigesetzten Biomasse aus dem Grünland werden von der Landwirtschaft und für den ländlichen Raum als Chance gesehen.

Literatur

- BUCHGRABER, K. (2001): Zukunft der Grünlandnutzung in Österreich. Bericht Wintertagung 2001 „EU-Erweiterung – Probleme, Herausforderungen, Chancen“. Aigen/E., 15. und 16.02.2001, Ökosoziales Forum Österreich, Wien, 169-177.
- BUCHGRABER, K., R. RESCH und A. BLASCHKA (2003): Entwicklung, Produktivität und Perspektiven der österreichischen Grünlandwirtschaft. Bericht 9. Alpenländisches Expertenforum „Das österreichische Berggrünland – ein aktueller Situationsbericht mit Blick in die Zukunft“. Gumpenstein, 27.-28.03.2003, 9-17.
- HOFINGER, M., J. WIESBÖCK und E. POTUCEK (1999): Die österreichische Rinderzucht 1999, Ausgabe 2000.
- KIRNER, L. (2002): Analyse der Milchanlieferung und des Milchquotenhandels in Österreich. Agrarpolitische Arbeitsbeihilfe Nr. 11, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft Wien.
- STEINWIDDER, A. (2003): Extensive Produktionsalternativen im Grünland mit Rindern. Bericht 9. Alpenländisches Expertenforum „Das österreichische Berggrünland – ein aktueller Situationsbericht mit Blick in die Zukunft“. Gumpenstein, 27.-28.03.2003, 63-68.

Vom Abfall zum Rohstoff? Mengenpotentiale für Österreich

Niv Graf, R.W. Habel, C. Brunner, H. Boechzelt

Joanneum Research – Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme

Elisabethstraße 16/I, A – 8010 Graz

<http://www.joanneum.at/nts>

Ziel und Abgrenzungen

Ziel ist es, die möglichen Potentiale, die mit einer nicht-energetischen Verwertung von biogenen Abfällen und Reststoffen verbunden sind, in einem Überblick darzustellen. Anhand von statistischen Daten zum Reststoffaufkommen in Österreich und ergänzenden, inhaltsstofflichen Analysen werden diese Potentiale quantifiziert. Beispiele aus dem Bereich der Lebensmittel verarbeitenden Industrie sollen den praktischen Wert unterstreichen. Weiters werden kurz die Rahmenbedingungen skizziert, die notwendig erscheinen, um eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Verwertung dieser Stoffe zu gewährleisten.

Abfall, Reststoff, Altstoff:

Die Entwicklung der letzten 25 Jahre und die Lenkung der Anstrengungen in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung haben ein stetig steigendes Bewusstsein für den „Problemstoff“ Abfall geschaffen. Diese Sensibilisierung hat es auch mit sich gebracht, dass die Grenzen zwischen den Begriffen Abfall, Reststoff, Altstoff usw. gerne strapaziert werden. Daher sei an dieser Stelle nochmals auf die Definition aus dem Österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz verwiesen, das zusammenfassend besagt: Ein Stoff wird Abfall, wenn entweder die Entledigungsabsicht oder das öffentliche Interesse an der Erfassung und Behandlung als Abfall gegeben ist [1]. Im Folgenden wird daher nicht nur von Abfällen die Rede sein, sondern auch von Rest- und Altstoffen.

Einleitung

Die Produktion von Gütern ist zumeist auf den ständigen Abbau von Rohstoffen angewiesen. Nicht nur der enorme Verbrauch fossiler Energieträger, sondern auch die Abbaumengen mineralischer Rohstoffe weisen immer noch eine steigende Tendenz auf. Dieser durch eine kontinuierlich wachsende Wirtschaft ausgelöste, gesteigerte Stoffumsatz führt unweigerlich zu immer mehr Abfällen und Schadstoffen.

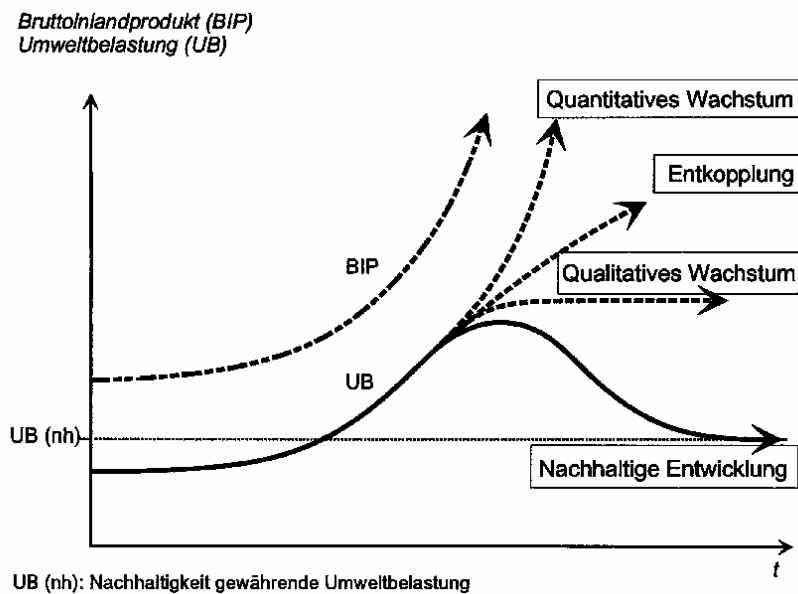


Abbildung 1: Entkopplung von wirtschaftlichem Wachstum und Umweltbelastungen als Etappenerfolg zu einer nachhaltigen Entwicklung

Ein wesentliches Ziel jeder nachhaltigen Wirtschaftsentwicklung muss die mittelfristige Entkopplung von Wirtschaftswachstum und der damit einhergehenden wachsenden Abfallmengen sein. Eine entscheidende Rolle hierbei spielt eine gesteigerte Ökoeffizienz, wobei der Erhöhung der Materialeffizienz eine vorrangige Bedeutung zukommt, da diese für die Abfallwirtschaft maßgebend ist.

Um dieses Ziel einer verminderten Umweltbelastung im Bereich der Abfälle zu erreichen, müssen die 3 obersten Prinzipien einer Ressourcen schonenden Produktions- und Lebensweise (Vermeidung, Verwertung, Recycling) streng beachtet werden. Abfälle sollten nur dann entsorgt werden, wenn aus heutiger Sicht keine andere Möglichkeit ihrer Verarbeitung besteht, bzw. diese aus techno- ökonomischen Gründen absolut unzumutbar ist. Im Kontext des derzeit gültigen Wirtschaftssystems sind der (gänzlichen) Vermeidung von Abfällen in Produktions- bzw. Konsumationsprozessen technologische Grenzen gesetzt, deren Überwindung nur mit erheblichem Aufwand möglich ist. Da „Zero-Emission“ Prozesse in absehbarer

Zeit noch nicht Stand der Technik sein werden, verdient die Verwertung von Abfällen zur Erreichung einer nachhaltigen Entwicklung nach wie vor eine hohe Priorität. Ziel sollte eine verstärkte Konzentration auf eine Wertschöpfungssteigerung durch die Weiterverarbeitung unvermeidlicher Abfälle zu neuen Produkten sein. Ein besonders hohes Verwertungspotential kann hier den biogenen Abfällen und Reststoffen eingeräumt werden. Im Folgenden sollen die quantitativ für eine Verwertung interessantesten biogenen Abfallströme dargestellt werden.

Alternative Nutzungsoption(en)

Um eine effiziente Verminderung bzw. Verwertung von Abfällen überhaupt möglich zu machen, müssen einige Voraussetzungen gegeben sein bzw. geschaffen werden:

- Kenntnis der Input/Output Mengen an Roh- Hilfs- und Betriebsstoffe bei der zu untersuchenden Produktionseinheit
- Kenntnis der Zusammensetzung der anfallenden biogenen „Reststoffe“ bis hin zur feinstofflichen Analyse
- Kenntnisse über vor- und nachgelagerte Produktionsschritte bei Zwischenproduzenten (welche Reststoffen könnten genutzt werden?)
- Kenntnisse über die aktuellen Marktpreise für die angestrebten Verwertungsprodukte
- Kenntnisse der bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen
- Bereitschaft zu innovativen Denkansätzen

Erst unter Beachtung dieser Prämissen können Bedingungen geschaffen werden, die eine Verwertung von Abfällen und Reststoffen ermöglichen – wobei die Umsetzbarkeit von Fall zu Fall zu prüfen bleibt.

Abfallaufkommen in Österreich 2001:

Ohne Berücksichtigung des in der Regel unbedenklichen Bodenaushubes von rund 20 Mio. t lässt sich das Gesamtaufkommen an Abfällen in Österreich mit rd. 28,6 Mio. t pro Jahr beziffern [2]. Davon entfallen ca. 11% auf Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen. Von diesen Abfällen wurden 478.000 t getrennt als biogene Abfälle gesammelt. Im Vergleich zum Aufkommen im Jahr 1996 bedeutet das eine Steigerung der biogenen Abfallmenge um 33%.

Tabelle 1: Abfallaufkommen (Masse und Volumen) laut [1]

Abfallgruppen	Mio. t/a	Mio. m ³ /a
Gefährliche Abfälle und Altöle	1,0	0,7
Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen	3,1	23,4
Baurestmassen und Baustellenabfälle	7,5	6,5
Bodenaushub	20,0	11,8
Abfälle mineralischen Ursprungs ohne Baurestmassen	4,1	2,3
Holzabfälle ohne Holzverpackungen	3,8	11,3
Abfälle aus der Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und der Gewässeremutzung	2,3	1,6
Getrennt gesammelte Altstoffe aus Gewerbe und Industrie	2,2	12,7
Sonstige	4,6	9,3
Summen (gerundet)	48,6	79,6

Biogene Abfälle („braune Tonne“):

Biogenen Abfälle und Reststoffe beinhalten häufig wertvolle und potentiell gewinnbringende Bestandteile (sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe; hochstrukturierte Biomoleküle,...), die eine Basis für eine zusätzliche industrielle und gewerbliche Nutzung bilden können. Die Ablagerung biologisch abbaubarer Abfälle auf Deponien bedeutet aber nicht nur einen Verlust an Ressourcen, sondern trägt auch zur Emission von gasförmigen und flüssigen Substanzen aus der Deponie bei. Aus diesem Grund legt die EU-Deponierichtlinie einen Stufenplan fest, nach dem der Prozentanteil der biologisch abbaubaren Abfälle, der in Zukunft noch deponiert werden darf, begrenzt wird. In der Endstufe für das Jahr 2016 dürfen nur noch max. 35 % dieser Abfälle deponiert werden. Die Verarbeitung biogener Abfälle zu Kompost bzw. eine thermische Nutzung kann aus heutiger Sicht allerdings nicht die einzige Lösung einer nachhaltigen Abfallwirtschaft darstellen.

Alternative Verwertungsoptionen:

Eine Nutzungsmöglichkeit für die Abfälle der „braunen Tonne“ wäre Rückgewinnung der enthaltenen Wertstoffe bzw. eine fermentative Anreicherung an Wertstoffen vor der Rückgewinnung. Ein Grundkonzept könnte die Gewinnung von Milchsäure und anderen, kurzkettigen organischen Säuren zum Ziel haben. Diese Rückgewinnungsanlage würde im Verbund mit einer Biogasanlage und einer Anlage zur Herstellung von Wurmkompost eine verbesserte Wertschöpfung aus der Fraktion biologischer Hausmüll ermöglichen. Die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit einer solchen Verbundanlage ist u.a. Ziel eines eingereichten Projektes.

Beispiele aus der Industrie

Nur ein geringer Teil der geernteten und verarbeiteten biogenen Rohstoffe wird als Produkt auf den Tisch des Konsumenten gebracht. Die Werte für die in den Prozessen anfallenden biogenen Reststoffe schwanken je nach Produkt zwischen 10% bis 90%. Diese Mengen gehen auf dem Weg zum Konsumenten bei den verschiedenen Bearbeitungsschritten „verloren“. Für biogene Reststoffe aus den industriellen Verarbeitungsprozessen heißt das meist, dass diese sofort einer Kompostierung oder thermischen Verwertung zugeführt werden.

Holz – Rindenabfälle

Die Rinde stellt im Bereich der Holz verarbeitenden Industrie ein in großen Mengen verfügbaren Rohstoff dar. Für das Jahr 2001 ergab sich ein Gesamtabfallaufkommen von rund 1.400.000 t. Große Mengen fallen vorwiegend bei Sägewerken und der Papier – und Zellstoffindustrie an, da die Entrindung vor Ort in den Werken stattfindet (Rinde als „Verpackung“ für das Holz). Derzeit wird die anfallende Rinde vorwiegend thermisch verwertet, was wegen deren Verschmutzung mit Erde und Sand und dem hohen Wassergehalt oft mit Problem verbunden ist.

Weitere Verwertungsoptionen

Die Möglichkeiten einer erhöhten Wertschöpfung aus dem Abfallstoff Rinde sind vielfältig. Beispielhaft seien nur einige Optionen mit unterschiedlicher Wertschöpfungstiefe dargestellt.

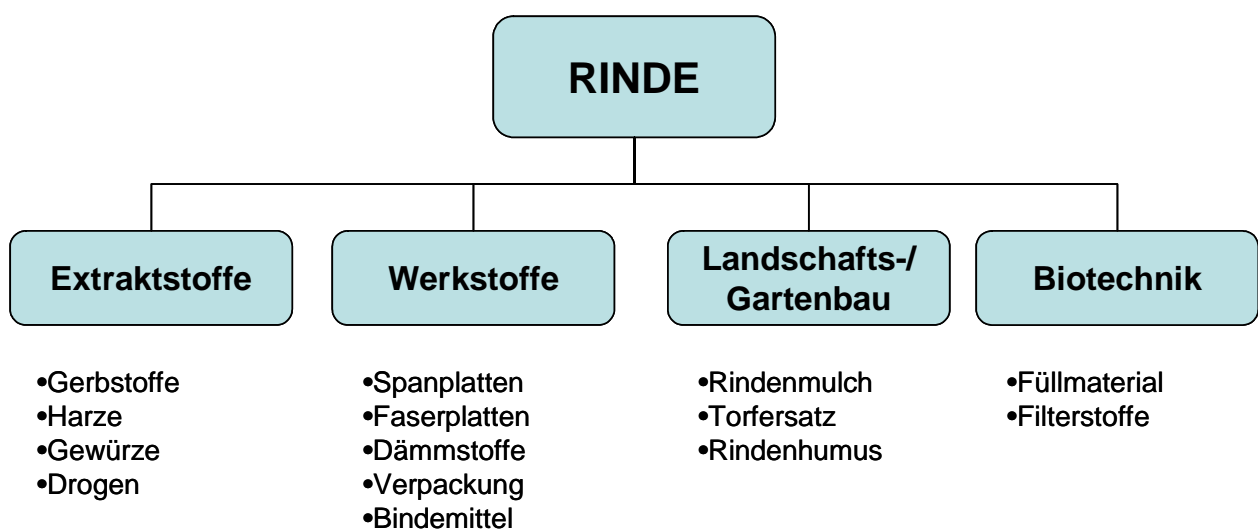


Abbildung 2: Nutzungsoptionen für Rindenabfälle vor einer thermischen Verwertung (nach [3])

Biertreber

Beim Prozess des Bierbrauens fallen im allgemeinen sehr große Mengen an biogenen Reststoffen (Treber, Hefe, Keimlinge, u.a.) an (s.a. Abb.3). Von den in der Gerste enthaltenen Rohstoffen gelangen nach der Fermentation nur etwa 8-10% in das Endprodukt Bier, der Rest geht über Abwasser und Treber ungenutzt verloren. Die Verwertung der Reststoffe umfasst derzeit die Nutzung als Futtermittel (Treber, Hefe) bzw. eine Kompostierung (Kieselgur, Hefe). Weiters wurde bei der ehemaligen Brauunion ein Verfahren zur thermischen Nutzung der Treber entwickelt [4].

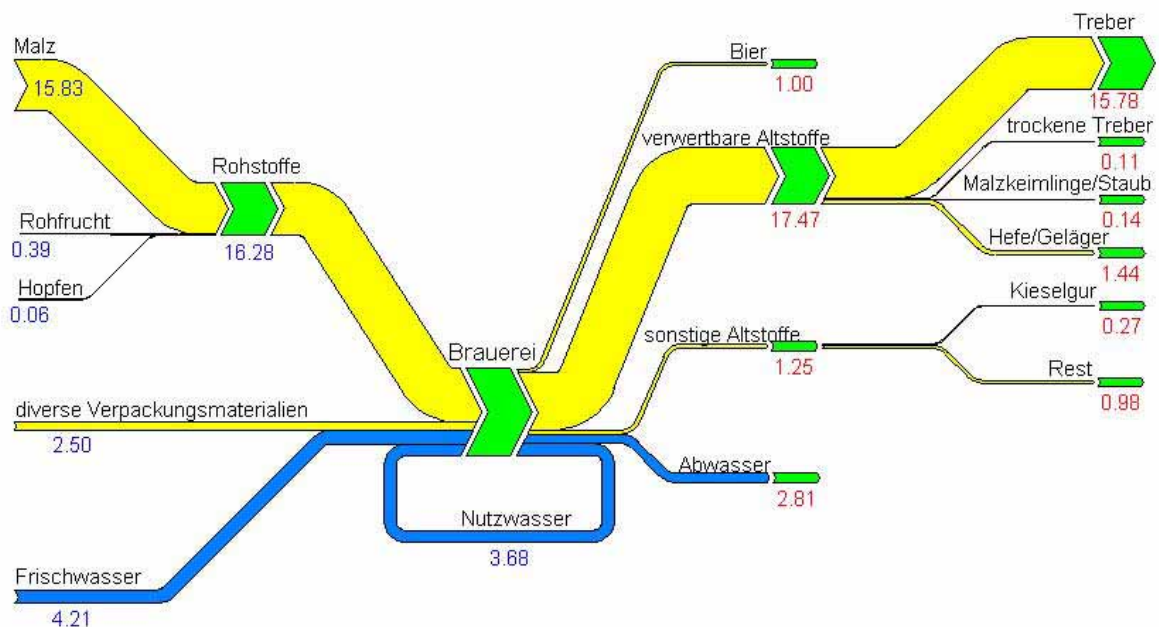


Abbildung 3: Reststoffaufkommen beim Brauprozess (je 100l Bierausstoß, Quelle: Joanneum Research 2002)

Bei einer Erzeugung von ca. 8,9 Mio. Hektolitern Bier für das Jahr 2001 in Österreich [5] ergibt sich hochgerechnet etwa folgende Reststoffmengen: 140.000 t Treber, 12.800 t Hefe und Geläger, 1000 t Keimlinge. Diese Mengen fallen überwiegend in den Großbrauereien zentral an und könnten leicht einer wertgesteigerten Nutzung zugeführt werden.

Weitere Verwertungsoptionen

Bisher sind noch keine technischen Prozesse bekannt, die es ermöglichen, die Treberfraktion einer wertgesteigerten Nutzung im großen Maßstab zuzuführen. Beschriebene Nutzungsmöglichkeiten sind u.a.: als Substrat zur Pilzzucht (in Verbindung mit anderen organischen Reststoffen), als Faserersatzstoffe und Futtermittel (nach Fraktionierung) oder als medizinisches Adjuvans bei der Behandlung von chronischen Dickdarmentzündungen. Aber auch die Nutzung der Hefereste könnte interessante Optionen für die pharmazeutische, kosmetische und Nahrungsmittelindustrie bieten. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

Traubentrester

Ein Beispiel für eine gewinnbringende, pflanzliche Reststoffverwertung ist die der stofflichen Nutzung von Traubentrester, einem bei der Wein- und Traubensaftproduktion anfallenden biogenen Reststoff. Bei einer Gesamtproduktion von 2,53 Mio. Hektolitern Wein in Österreich im Jahr 2001 kann mit einer Trestermenge von ca. 70.000 - 80.000 t rechnen, welche jedoch auf Grund der Strukturierung der Betriebe meist dezentral anfällt und eine großtechnische Nutzung somit erschwert. Der Trester wurde bislang zumeist als Dünger wieder ausgebracht.

Weitere Verwertungsoptionen

Verschiedene im Trester enthaltene Wertstoffe können durch ein technologisch angepasstes Nutzungskonzept parallel gewonnen werden. Die, durch diesen neuen kaskadischen Prozess, gewonnenen Stoffe werden für unterschiedlichste Einsatzgebiete nutzbar gemacht:

- Nahrungsmittel (Öl)
- Tierfutterzusätze
- Nahrungsmittelergänzungstoffe (Antioxidantien)
- Kosmetika (Öl, Antioxidantien)
- Pharmazeutische Basisprodukte (Weinsäure)

Die Nutzung einiger, der aus dem Trester gewonnen, Stoffe ermöglicht damit den Ersatz von auf Erdölbasis erzeugten Rohstoffen in der Kosmetik- und Nahrungsmittelindustrie.

Weitere unausgeschöpfte Potentiale (exemplarisch)

Der gesamte Bereich der Nahrungsmittel be- und verarbeitenden Industrie hat ein hohes Potential für eine wertgesteigerte Nutzung der Abfälle und Reststoffe. Weitere Beispiele seien hier nur am Rande der Vollständigkeit halber erwähnt: Zuckerproduzenten, Molkereien, Hersteller von Fruchtsäften und Konzentraten. Gerade bei letzteren kommt die wirtschaftliche „Entsorgung“ von Reststoffen als Hemmnis zur innovativen Nutzung der Reststoffe besonders zu tragen. Soweit Erlöse für die Reststoffe erzielt werden können, beschäftigt man sich nicht intensiv mit Nutzungskonzepten und –optionen.

Besonders in der Steiermark würde sich die Verwertung der Reststoffe bei Anbau des Ölkürbis anbieten. 1999 wurden etwa 9.000 ha in der Steiermark angebaut, was einer Frischmasse von ca. 540.000 t entspricht (6-8% TS-Gehalt). Neben der stofflichen Verwertung (Kürbismehl als Füll- und Backstoff) wäre auch eine Rückgewinnung von Pektinen oder eine Extraktion feinstofflicher Komponenten näher zu untersuchen [6].

Zusammenfassung und Ausblick

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen spielen eine Schlüsselrolle für die Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung. Nur ein sparsamer und schonender Umgang mit den Naturressourcen erhält künftigen Generationen ihre Zukunftschancen und sichert nachhaltiges Wachstum. Kaskadische Nutzungskonzepte, vor allem im Bereich der Abfälle und Reststoffe könnten einen bedeutenden Beitrag zu einer effizienteren Ressourcennutzung liefern. Einige Rahmenbedingungen, die langfristig zu einer Umsetzung erfüllt sein müssen, umfassen:

- Gesicherte Verfügbarkeit von Abfall- und Reststoffen mit relativ konstanten chemisch-physikalischen Eigenschaften
- Lösung logistischer Probleme
- Konsequente, grenzüberschreitende politische Steuerung durch gezielte Förderungen und/oder Belastungen („pull/push“)
- Bewusstseinsbildung seitens der Unternehmen („Querdenken“) und Bereitschaft zur Kooperation in echten Verwertungsnetzwerken
- Erfolgreiche Innovationssprünge in F&E, Bereitstellung der notwendigen Verarbeitungstechnologien für Reststoffe zu marktfähigen Preisen

Kontakt:

Niv Graf

JOANNEUM RESEARCH, Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme,
Forschungsbereich für Chemisch-Technische Pflanzennutzung

Elisabethstrasse 16/1, 8010 Graz

Tel. 0316-876 2441, email: niv.graf@joanneum.at

Literatur

- [1] BUNDES-ABFALLWIRTSCHAFTSPLAN BUNDESABFALLBERICHT 2001, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung III/3 U; Stubenbastei 5, 1010 Wien
- [2] Umweltbundesamt: 6. Umweltkontrollbericht 2002; Wien.
- [3] Niemz P., Bächle F., Sonderegger W (2000), Holztechnologie I: Holzbe- und Verarbeitung [Elektronische Daten], Zürich ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Holzwissenschaften Online-Datei. (Holztechnologie ; 1)
- [4] Zanker, G.; Kepplinger, W. L. (2002) The utilization of spent grains in the brewery integrated system. Brauwelt, 142(46-47), Graz Puntigam, Österreich.
- [5] Statistik Austria
- [6] Boechzelt H., Schnitzer H., Graf N. (2002) Wertschöpfungssteigerung durch Abfallvermeidung und Nebenproduktnutzung – Feasibilitystudy, Endbericht (2002), Graz

Hidden Raw Materials

Predrag Horvat

Nebenprodukte als Zukunftsrohstoffe

- **Was bringt die Zukunft?**
- **Langsame aber zunehmende Verknappung der natürlichen Rohstoffe und fossilen Brennstoffe**
- **Vergrößerung der Anteile rezyklierter Stoffe an die Endprodukte**
- **Einführung neuer (alter!) Brennstoffe bzw. Energiequellen (im Moment zu teuer z.B. H₂)**

Was bringt die Zukunft?

- **Geänderte ökonomische und technische Bewertung der Rohstoffe, Energiequellen und Endprodukte**
- **Niedrigerer Brenn-, Rohstoff- und Energieverbrauch pro Einwohner und pro Produkteinheit**

- **Schwerpunkte die Priorität haben werden:**

- Menschliche Ernährung u.a. Bedürfnisse
- Lebensnotwendige Energiebedürfnisse (z.B. Wasserversorgung, Heizung)
- Arzneimittelproduktion
- Transport

• Wann sollte die „Umstellung“ passieren?

- Sofort?
- Im nächsten Jahrzehnt?
- Im laufenden Jahrhundert?
- Erst dann wenn die Schwierigkeiten bedeutsam werden?

Wie sollte die „Umstellung“ passieren?

- Durch sofortiger Änderung in der Technologie?
- Durch „1000 kleine Schritte“?
- Eine revolutionäre Methode?
- Evolutionweise !!!

- **Wo sollte die „Umstellung“ passieren?**
- **Treibstoff-Brennstoff Industrie**
- **Prozessindustrie**
- **Energiegewinnung**
- **Rohstoffquellen**
- **Sorgfältige Nutzung aller Ressourcen !!!**

• Übergangsphase?

- Sie hat schon begonnen! Das sieht man in:
- Der Forschung, basierend auf der Verarbeitung der NACHWACHSENDEN, ERNEUERBAREN ROHSTOFFE
- Gesellschaftlichen und Wirtschaftlichen Aktivitäten



- **Chemie und chemische Verfahrenstechnik**
- **Energiegewinnung- Umwandlung**
- **Umwelttechnologie-Abfalltechnologie**
- **Biotechnologie**



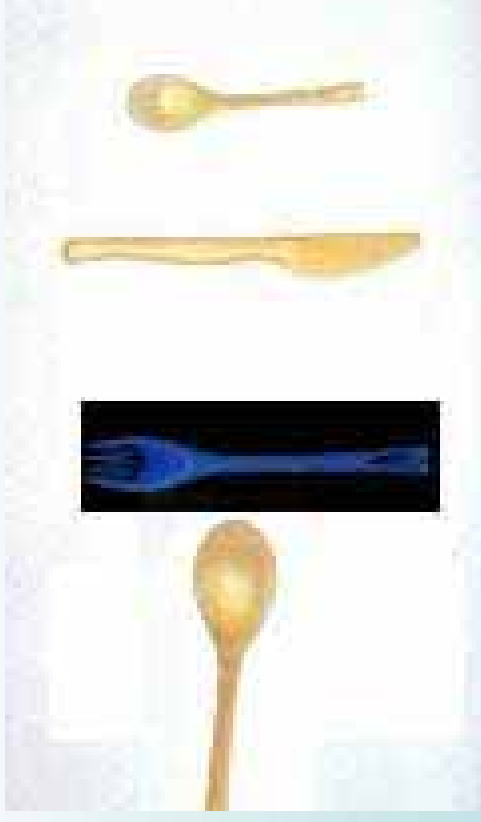
Strohwand

BEISPIELE:

Collagen Folie



Beispiele: Strohpulpe



Stärke



Microsoft
Word-Dokument

Beispiele:



• Wo finden wir die Rohstoffe in der Zukunft?

- Kurzfristig /Übergangsphase/
- - in den restlichen Weltressourcen
- - in den Abfallströmen aus:
 - Prozessindustrie
 - Landwirtschaft; Tierzucht; Lebensmittelindustrie
 - Forstwirtschaft; Holzindustrie
 - Abfallwirtschaft

- **Wo finden wir die Rohstoffe in der Zukunft?**
- **Langfristig /nach der Übergangsphase/:**
- **wird man kaum mehr Abfallströme in der Industrie finden**
- **aber**
- **erneuerbare, nachwachsende Rohstoffe (Natur, Landwirtschaft) werden die Grundrohstoffe sein**

Weiters:

- heutige Nebenprodukte aus der Landwirtschaft; Tierzuchtung; Lebensmittelindustrie, Forstwirtschaft; Holzindustrie werden „ROHSTOFF“- Charakter bekommen /Stroh, Schalen, Molke, Ölreste, Fette, grüne Presssäfte, Holzstücke.../
- Abfallwirtschaft wird nur die Endprodukte liefern (verbrennbar, abbaubar)

- **Beispiel 1:**
traditionelle HANF- Tücher Herstellung
- der Hanf wurde auf dem Land gezüchtet (Tierkraft, Menschenhand)
- gesammelt, gruppiert, befreit von den Blättern (→in Dünger)
- - eingetaucht in die Wasserteiche

Beispiel 1: HANF

- - getrocknet an der Luft
(Wind und Sonne)
- - gequetscht mittels einfachem
handbetriebenen Werkzeug
(die Reste → Brennstoff)
- - die Fäden wurden gekämmt
(Menschenhand)

Beispiel 1: HANF

- - mittels einer Spinnmaschine (handbetrieben) in die Form von Textilfäden gebracht
- - mittels handgetriebener Webmaschinen zu Tüchern gewebt



Beispiel 1: HANF

- **CHARAKTERISTIK:**
- - alles wurde am Bauernhof und in Hofumgebung gemacht
- - gesamter Energie- bzw. Materialverbrauch
basierte auf nachwachsenden erneuerbaren Rohstoffe

- **Beispiel 2:**
Alkohol-Hefe Herstellung

- Industrielle Hefe und Ethanol Produktion in 30-ger Jahren des 20-sten Jahrhundert
- - Züchtung der Zuckerrüben (Menschen-, Tier-, Maschinenkraft)
- - Zucker Herstellung (Fossilbrennst.)
→ **RÜBENSCHNITZEL**

- **Beispiel 2:**
Alkohol-Hefe Herstellung
- - Melasse als Nebenprodukt
- - Alkoholgärung mit Hefen- → Backhefe
- - Destillation (Fossilbrennstoffe) → Alkohol,
Schlempe
- - Eingedickt, getrocknet, verbrannt →
K,P Dünger

- Beispiel 2: Alkohol-Hefe Herstellung
- CHARAKTERISTIK:
- - zentrale Produktion
- - erhöhter Anteil an fossilen Brennstoffen für die Produktionsenergie
- volle Ausnutzung der Zuckerrüben und Nebenprodukte

- **Heute:**
- **Melasse → Zitronensäure**
- **Aminosäuren**
- **Xanthan**
- **u.S.W.....**

- **Die Melasse ist nicht mehr ein Nebenprodukt, sie ist ein Rohstoff**

- **Zurück zu den Prioritäten**
- **Menschenernährung**
- **Lebenswichtige Energieverbrauch (z.B. Heizung)**
- **Arzneimittelproduktion**
- **Transport**

- **Menschenbedürfnisse**
- **Zuckerhaltige Pflanzen**
- **Stärkehaltige Pflanzen**
- **Öhaltige Pflanzen**
- **Faserpflanzen**
- **Lignocellulosehaltige Pflanzen**
- **„Grüne“ Pflanzen**
- **Meeresfrüchte**



TUG



NACHHALTIGwirtschaften

Zuckerhaltige Pflanzen (t/ha)

- **Zuckerrüben**
Stängel **Wurzel Saccharose.**
40-60 **16-18 %**
(20)
- **Zuckerhirse** **15-25** **10-18%**

Zuckerhaltige Pflanzen

Ausgangsmaterial für:

- **Saccharose, Glucose, Fructose**
- Zuckeralkohole ----->
- Einfache Alkohole ----->
- Organische Säuren----->
- Antibiotika
- Biopolymere ----->



TUG



NACHHALTIGwirtschaften

B I O T E C H N O L O G I E

Zucker
→
Saccharose
Glucose

Ethanol
Essigsäure
Milchsäure
Aceton--Butanol
Glycerol
Zitronensäure
Xanthan

↑

Zuckerhaltige
Pflanzen :
Ausgangsmaterial
für:

C H E M I S C H E S Y N T H E S E

Acetaldehyd
Essigsäure
Essigsäureanhydrid
Ethylacetat
Vinylacetat
Crotonaldehyd
Paraldehyd
Butanol
Butylacetat
Pyridin
Picolin
Nicotinamid
Glykol
Ethylen
Butadien

↓



Eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



FABRIK der Zukunft



TUG

NACHHALTIGwirtschaften

Stärkehaltige Pflanzen (t/ha)

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

• Stärkehaltige Pflanzen Ausgangsmaterial für:

- Stärke
- Glucose, Fructose
- Eiweiss
- Zellstoff
- Lignin
- Xylose, Xylit
- Arabinose

KORN

KNOLLEN

STÄNGEL

Stärkehaltige
Pflanzen
Ausgangsmaterial
für:

H Y D R O L Y S E

Zucker

Saccharose

Arabinose

Glucose

Xylose

B I O T E C H N O L O G I E

Propanol

Acrylsäure

Acetaldehyd

1,3-
Propandiol

Milchsäure

Glycerin

Xylit

C H E M I S C H E S Y N T H E S E

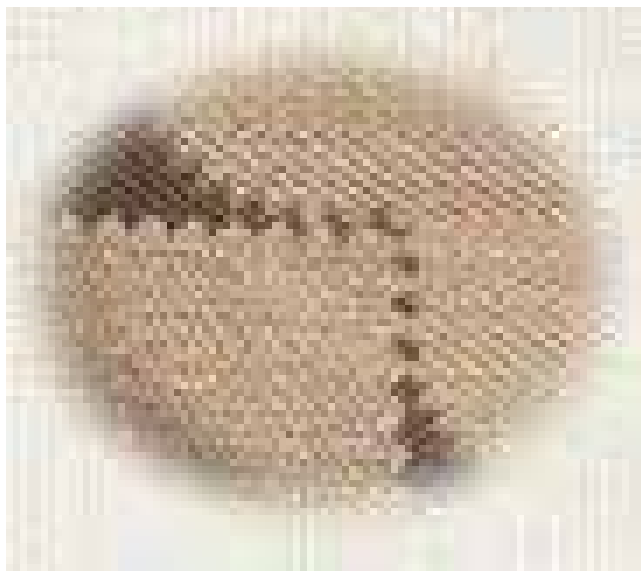
Ölhaltige Pflanzen

Samen (t/ha) Ausg/Eing E (GJ/ha)

• Sonnenbl.	2-5	6,2	2,8	144	43
• Raps	2,5-4,5	4,1	2,7	94	38
• Soja	2,5-3,5				
• Et-OH (ZUCKERRÜB.)		1,7		104	(incl. Rübenschnitzel)
» (Mais)		3,0		153	(incl. Stroh)
» (Zuckerhirse)		5,0		118	(incl. Stroh)

Faserhaltige Pflanzen (t/ha)

	Stengel	Samen
• Hanf	6-12	0,8-1,2
• Leinen	5-8	1-1,5
		1,5-3,0



Körner, Knollen (%)

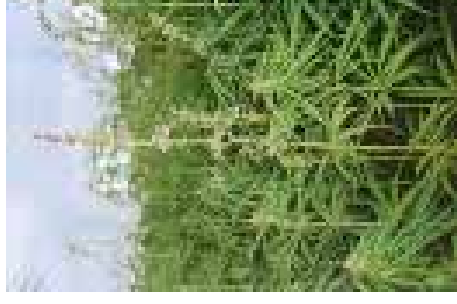
	<u>Stärke/ (CH₂O)_x</u>	<u>Eiweiss</u>	<u>Fett</u>	<u>H₂O</u>
• Mais	60-70	8-10	4-5	cca 13
• Weizen	70	11-12	1-2	cca 16
• Kartoff.	17	0,5	0,1	cca 75
• Sonnenbl.	8,3	15-26	40-50	
• Raps	22	20-25	40-45	
• Soja	11,1	33-40	17-21	



Körner, Knollen (%)

Stärke/ (CH₂O)_x Eiweiss Fett

- **Hanf** 30-35 20-24 33-37
- **Leinen** 15-20 20-30 30-48



Lignocellulosehaltige Pflanzen

- Nadelbäume
- Fallblätterbäume
- Stroh
- Miscanthus, Energiegras

Cellulose

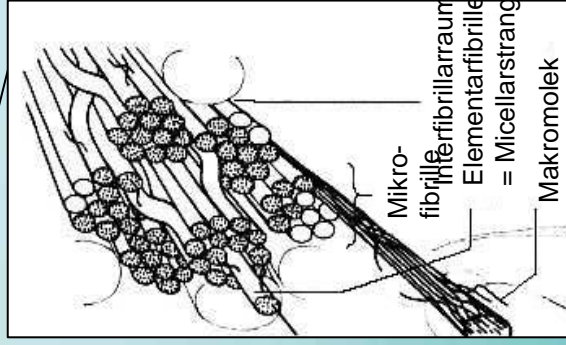
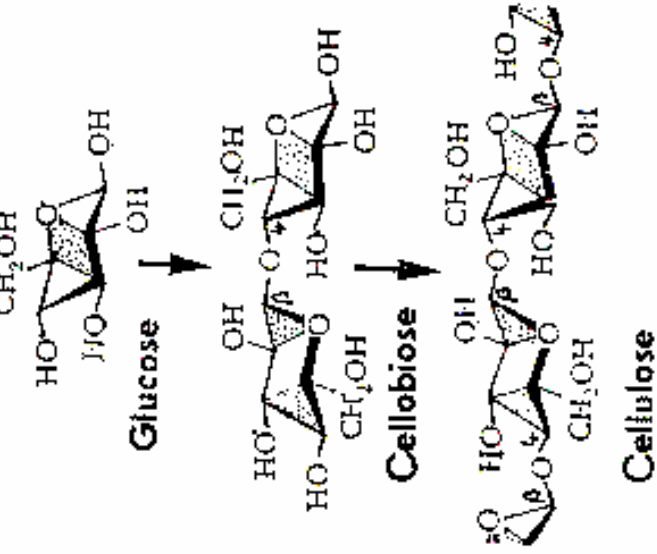
Hemicellulose

Lignin

Cellulose

Cellulose

Lignocellulosehaltige Pflanzen



Glucose

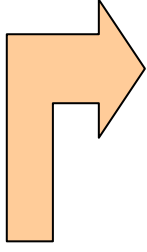


TUG

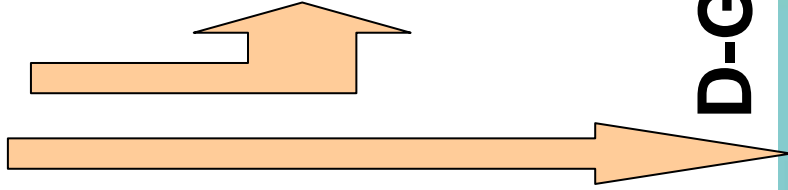


NACHHALTIGwirtschaften

Hemicellulose



(5 !)D-Xylose und L-Arabinose,
(6!) wie D-Glucose, D-Galactose,
D-Mannose und



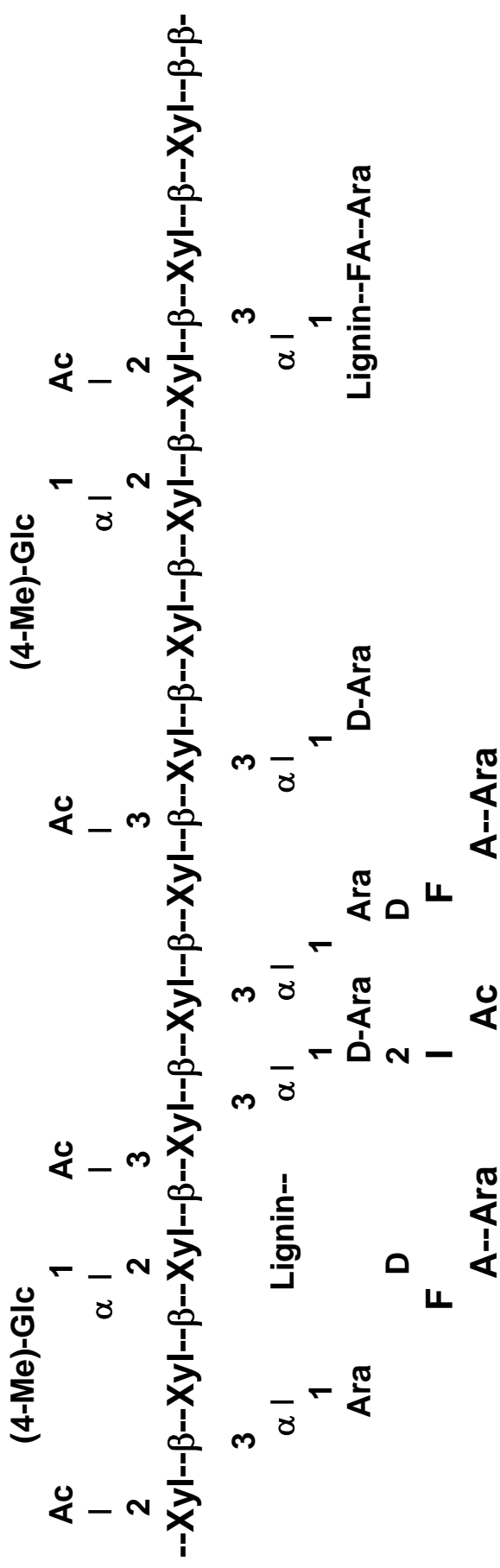
D-Glucuronsäure und D-Galacturonsäure



Eine Initiative des Bundesministeriums
für Verkehr, Innovation und Technologie



FABRIK
der Zukunft



Lignocellulosehaltige Pflanzen (%)

	<u>Cellul.</u>	<u>Hemicellul.</u>	<u>Lignin</u>
• Maiskolben			
• granulat	69*	12	20 (Ts)
• Kolben	42-45	33-35	10-15
• Stengel	35	25-38	35

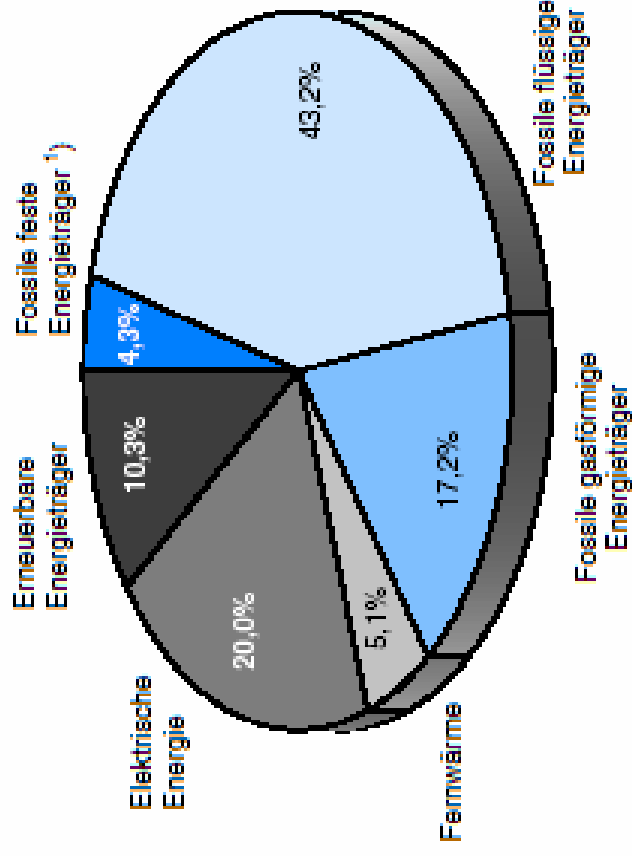
Lignocellulosehaltige Pflanzen (%)

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

22.01 Energetischer Endverbrauch 2001 nach Energieträgern *Final energy consumption in 2001 by fuels*

22.

ÖSTAT

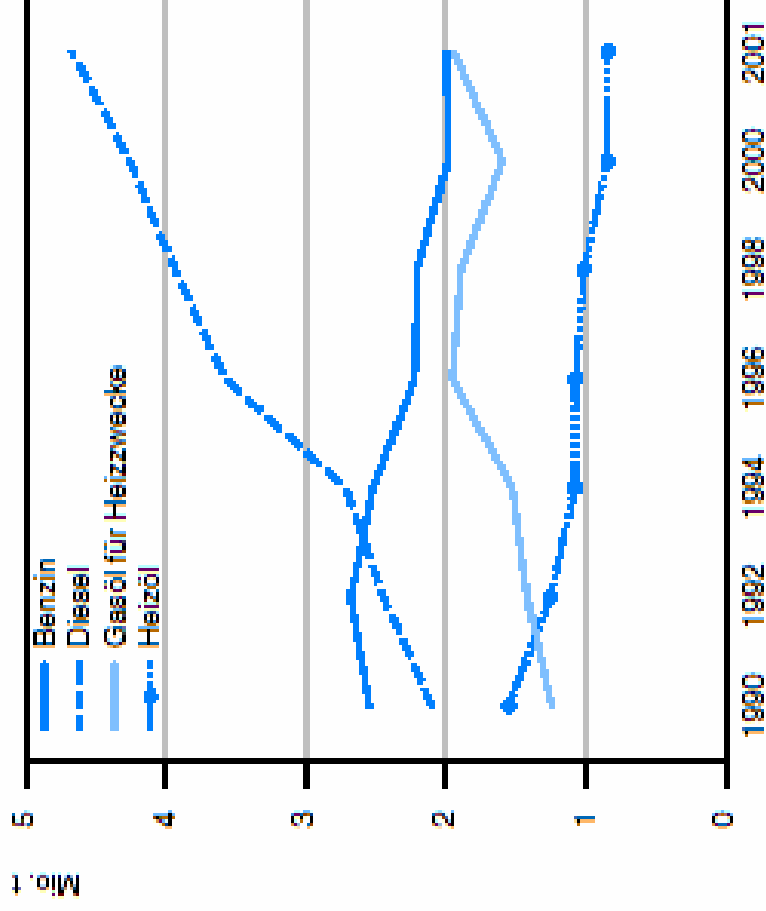


Insgesamt: 1,004.752 Terajoule

Energie-, Brennstoffverbrauch

22.08 Erdöl 1990 bis 2001: Verbrauch von Benzin, Diesel, Gasöl und Heizöl

Crude oil 1990 to 2001: consumption of gasoline, diesel oil, gas oil and fuel oil



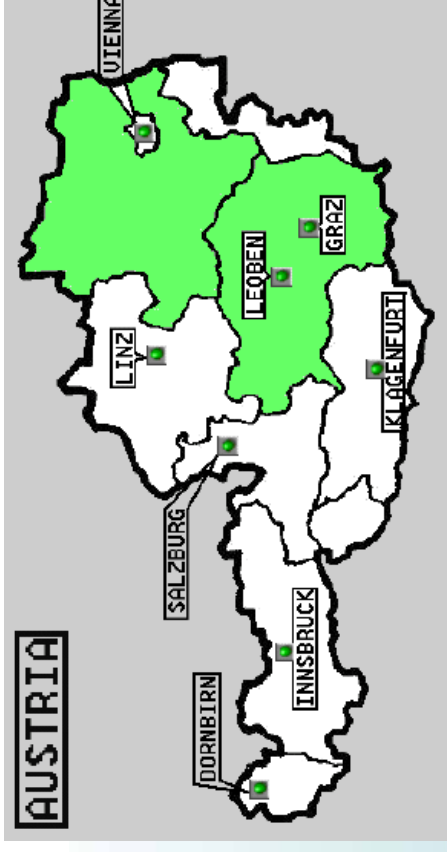
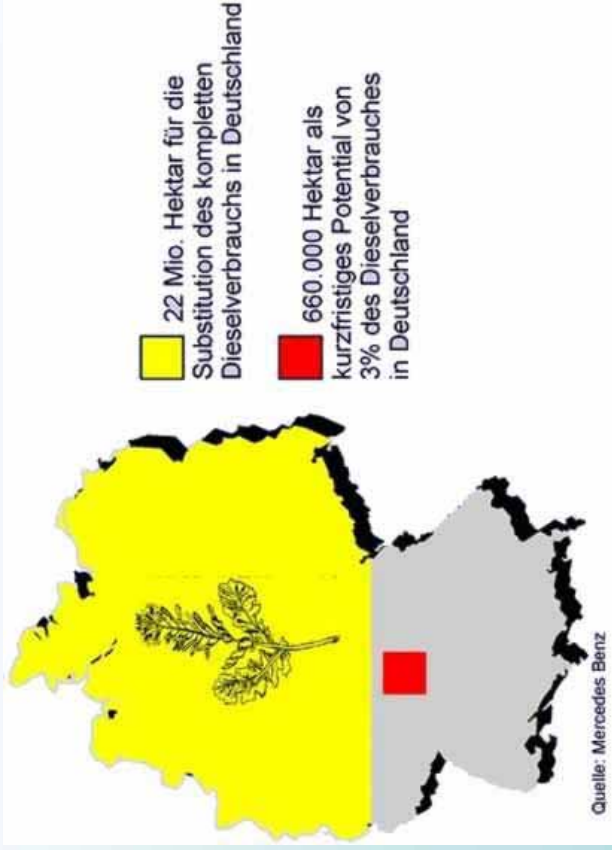
ÖSTAT

Energie-, Brennstoffverbrauch



TUG

Energie-, Brennstoffverbrauch



8.388.800 ha ges.

7.500.000 ha bewirtschaftet

1.400.000 ha Ackerland

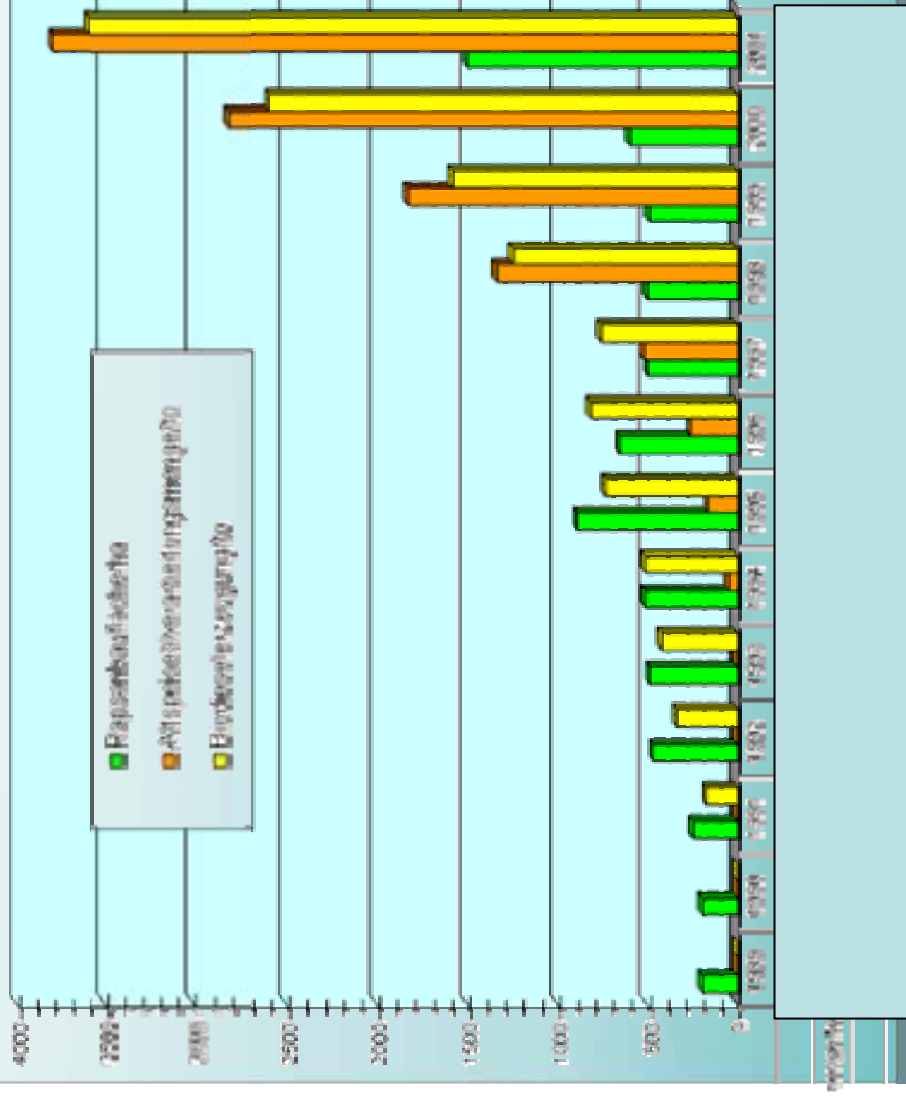
4.674.751 t Diesel Verbr.

3.200.000-3.700.000 ha

Rapsöl Substitution

Energie-, Brennstoffverbrauch

ÖSTAT



8.388.800 ha gesamt

7.500.000 ha bewirtschaftet

45% Landwirtschaft;

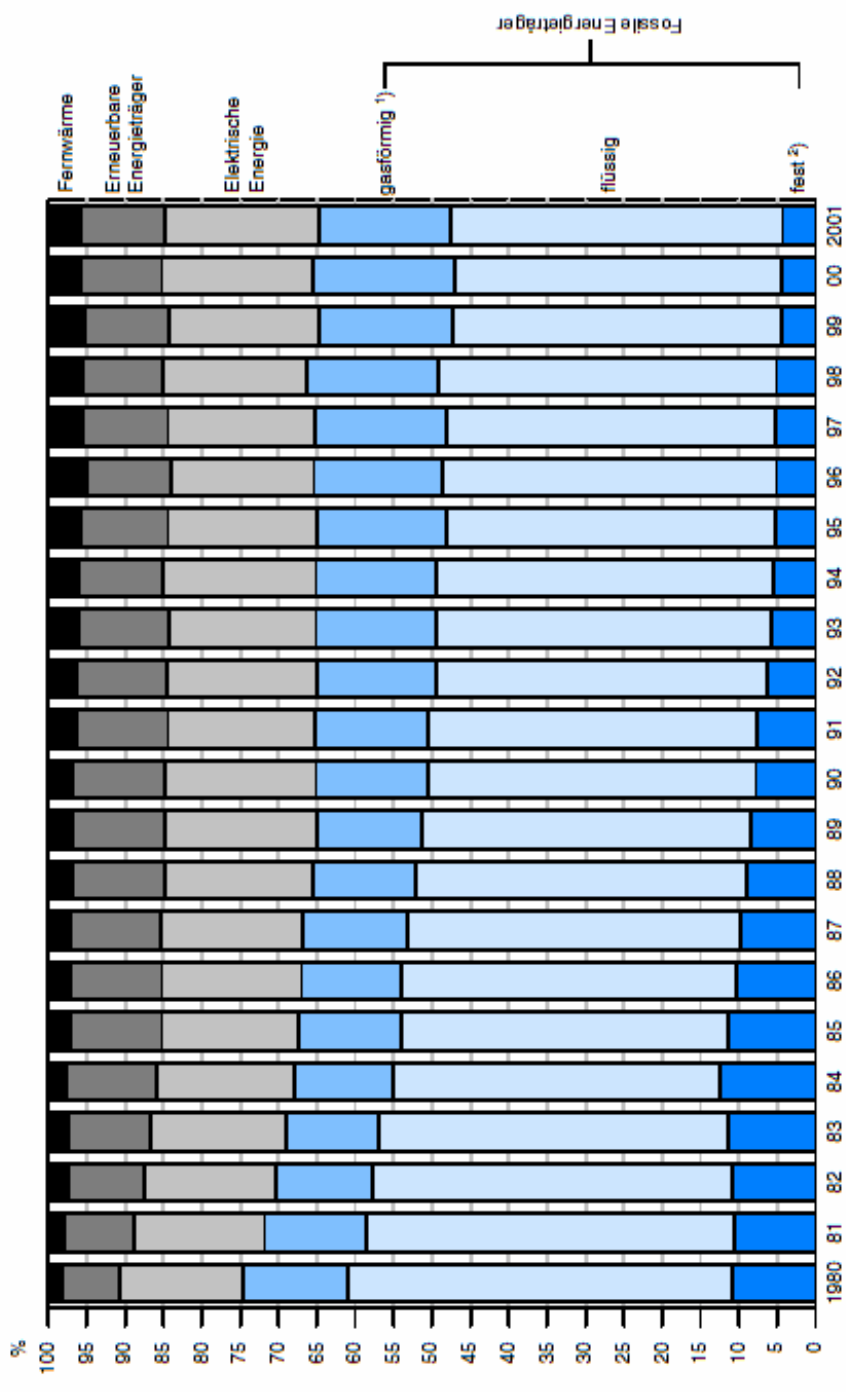
43% Forst

1.400.000 ha Ackerland

Energie

ÖSTAT

22.04 Struktur des energetischen Endverbrauchs 1980 bis 2001 nach Energieträgergruppen
Structure of final energy consumption 1980 to 2001 by energy groups



Energie und Pflanzen

Verfahren/Rohstoff	Energiebilanz, Ausg. ^{1)/Eing.²⁾ [MJ/MJ]}	Netto-Energieertrag [GJ/(ha×a)]
Rapsöl-Teilraffinat ✕)	5,7	111
Ethanol aus Zuckerrüben	1,3	31
Ethanol aus Zuckerhirse ✕)	5,0	118
Getreide-Ganzpflanzen	8,5	187
Miscanthus (ohne Trocknung)	19,7	240
Kurzumtriebsplantagenholz	14,2	198
Reststroh	20,4	-
Waldrestholz	19,0	-
Biogas aus Gülle (Kraft-Wärmekopp.)	28,8	✕ (Stroh bew.)-

Konkurrenz in Knappheit

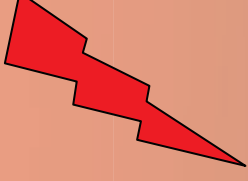
Lebensmittel
Industrie



Chemische und Biotechnologische Ind.



Treib-, Brennstoff,
Energetik



Zuckerhal.

Pfl.

Stärkehal.

Pfl.

Ölhalt.

Pfl.

Lignocell.

Pfl.

Fibr.

Pfl.

gestern, heute, morgen

Verfahrenstechnik

Biotechnologie

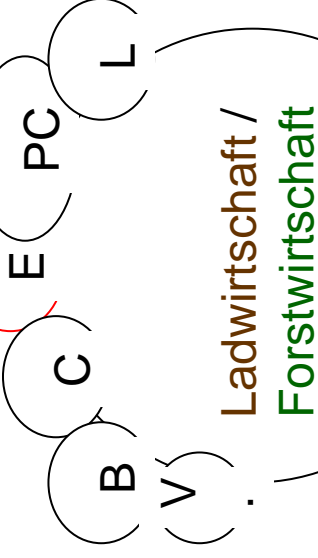
Energiegew.

Chemie

Petrochemie

Biotechnologie

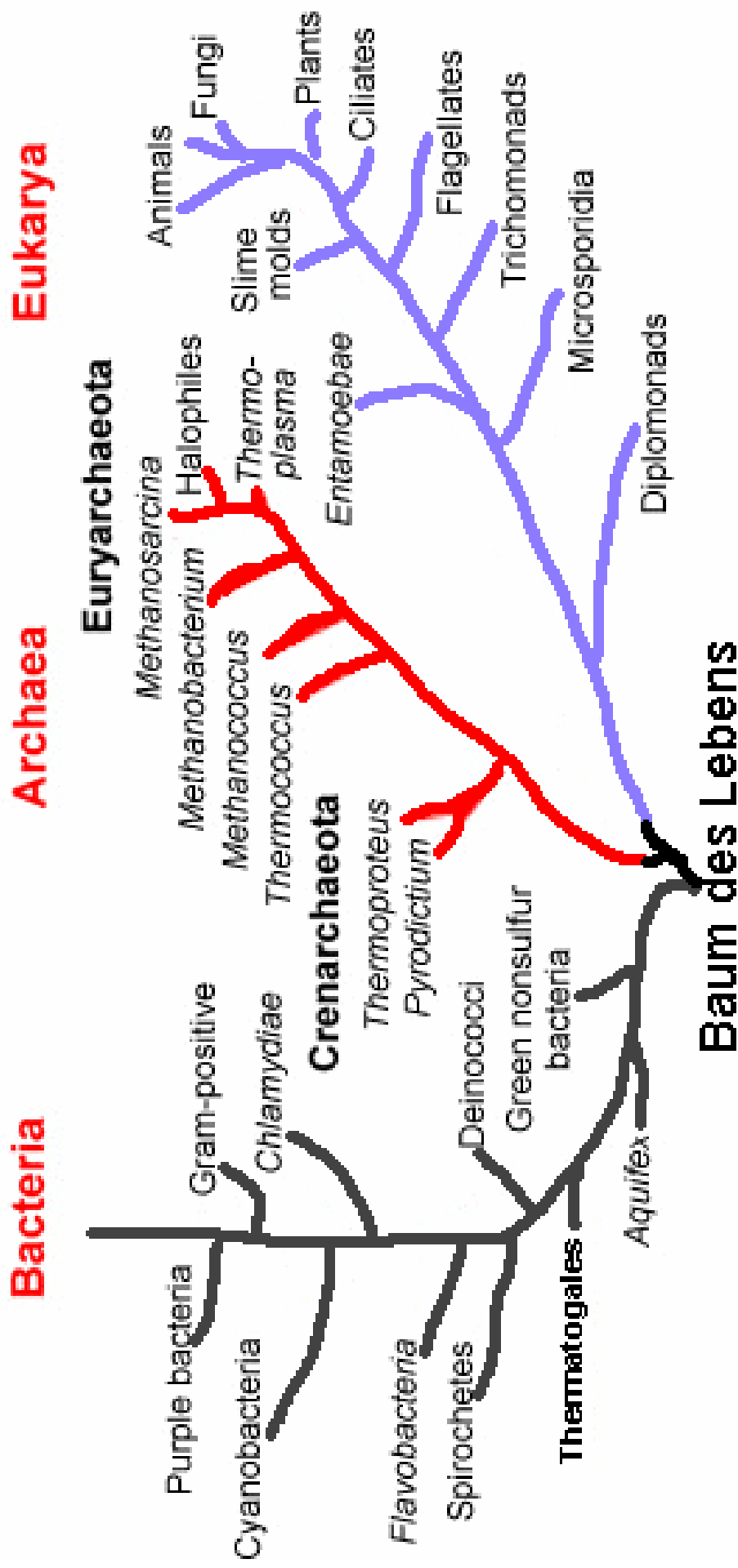
Transport



**Organisierte
Gesellschaftliche
Produktion Einheit ?**

Predrag Horvat:
Biotechnologische
Konversion
Eine Schlüsseltechnologie der
Zukunft ?

Welt der lebenden Zellen



Welt der lebenden Zellen



$\sim 10^4$

Proteine

$n \sim 10-10^6$

Phototrophe

Chemotrophe

Photoorganotrophe

Chemoorganotrophe

Photolithotrophe

Chemolithotrophe

Psychrophyle

Thermophyle

Mesophyle

Extremophile: Halophile, Alcalophile Acidophile

view 2001.

Produkt	Indikation/Wirkprinzip	Hersteller	2000 Umsatz (US\$ Mrd.)	Prozent jährliches Wachstum
<i> Losec/Prilosec </i>	gastrointestinale Erkrankung	AstraZeneca	6,1	+ 9
<i> Lipitor </i>	LDL Cholesterin-Senker	Pfizer	5,4	+ 44
<i> Zocor </i>	Cholesterin-Senker	Merck & Co	4,4	+ 15
<i> Norvasc </i>	Bluthochdruck	Pfizer	3,3	+ 15
<i> Ogaastro/Prevacid </i>	Protonenpumpen-Hemmer	Abbott	3,1	+ 33

Verbindungen ~ 10^4 - 10^5

einfache $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$

hochstrukturierte:

Proteine,

Lignin,

Cellulose,

Verbindungen ~ 10^5

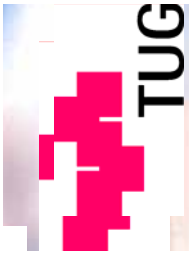
funktionelle Strukturen

Organellen

innere Regelstrecken

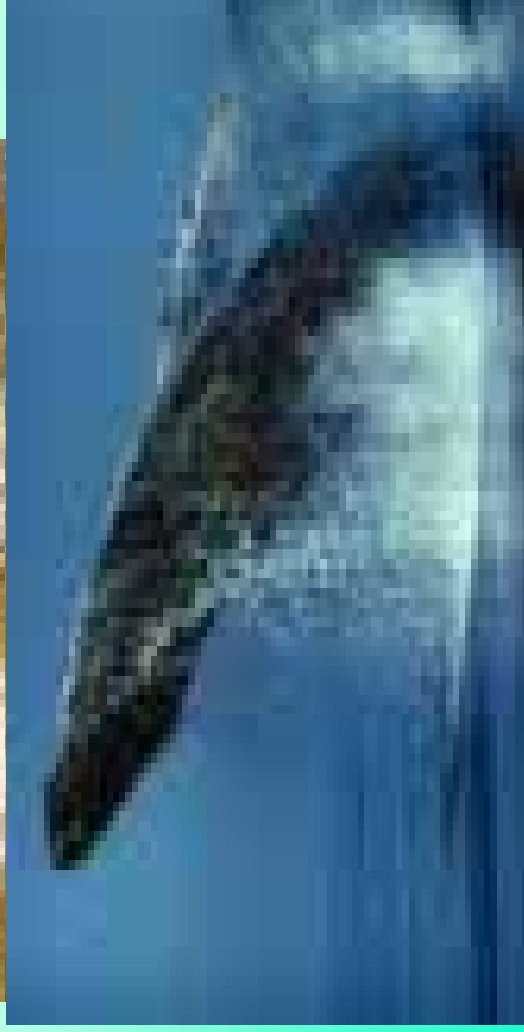
innere Transportsysteme

Ernst-Georg Beck 97-03



Was kann eine Zelle ?

NACHHALTIGwirtschaften



bm

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Verkehr, Innovation und Technologie

 **FABRIK**
der Zukunft

Was kann eine Zelle ?

Vergangenheit--->klassische Biotechnologie



Was können wir mit einer Zelle tun?

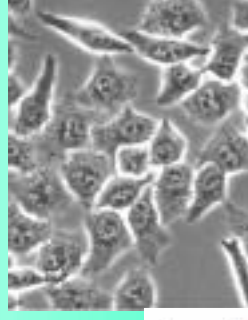
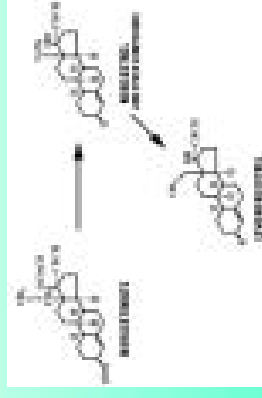
Heute: ----→ **moderne Biotechnologie**

**Gentechnologie und Genomics,
Metabolic engineering**

**Biotransformationen, Biokatalyse,
Enzymtechnik, Proteomics**

Zellkulturen

Umwelttechnik



Bioprozesstechnik





NACHHALTIGwirtschaften

Geotechnik



Eine Initiative des Bundesministeriums
für Verkehr, Innovation und Technologie



FABRIK
der Zukunft

Tab. 1: Überblick über wichtige industrielle Biokatalyseverfahren nach Syldatk et al. [4].

Maßstab und Enzym	Produkt	Firma
>1.000.000 t/a:		
Glucoseisomerase	Isosirup (Gluc/Fruct)	Verschiedene
>10.000 t/a:		
Nitrilhydratase Lipase (<i>Mucor mihei</i>)	Acrylamid Kakaobutter	Nitto, DSM Fuji Oil Co., Unilever
>1.000 t/a:		
Penicillinamidase	6-APA	Verschiedene
Aspartase	L-Asp	Tanabe
Thermolysin	Aspartam	Tosoh, DSM
Hydantoinase/Carbamoylase	D-Phg	Verschiedene
Hydantoinase	D-Phg	Verschiedene
Aldonolactonase	D-Pantothensäure	Fuji Chem. Ind.
Lipase	(S)-Methoxyisopropylamin	BASF

Biokatalyse

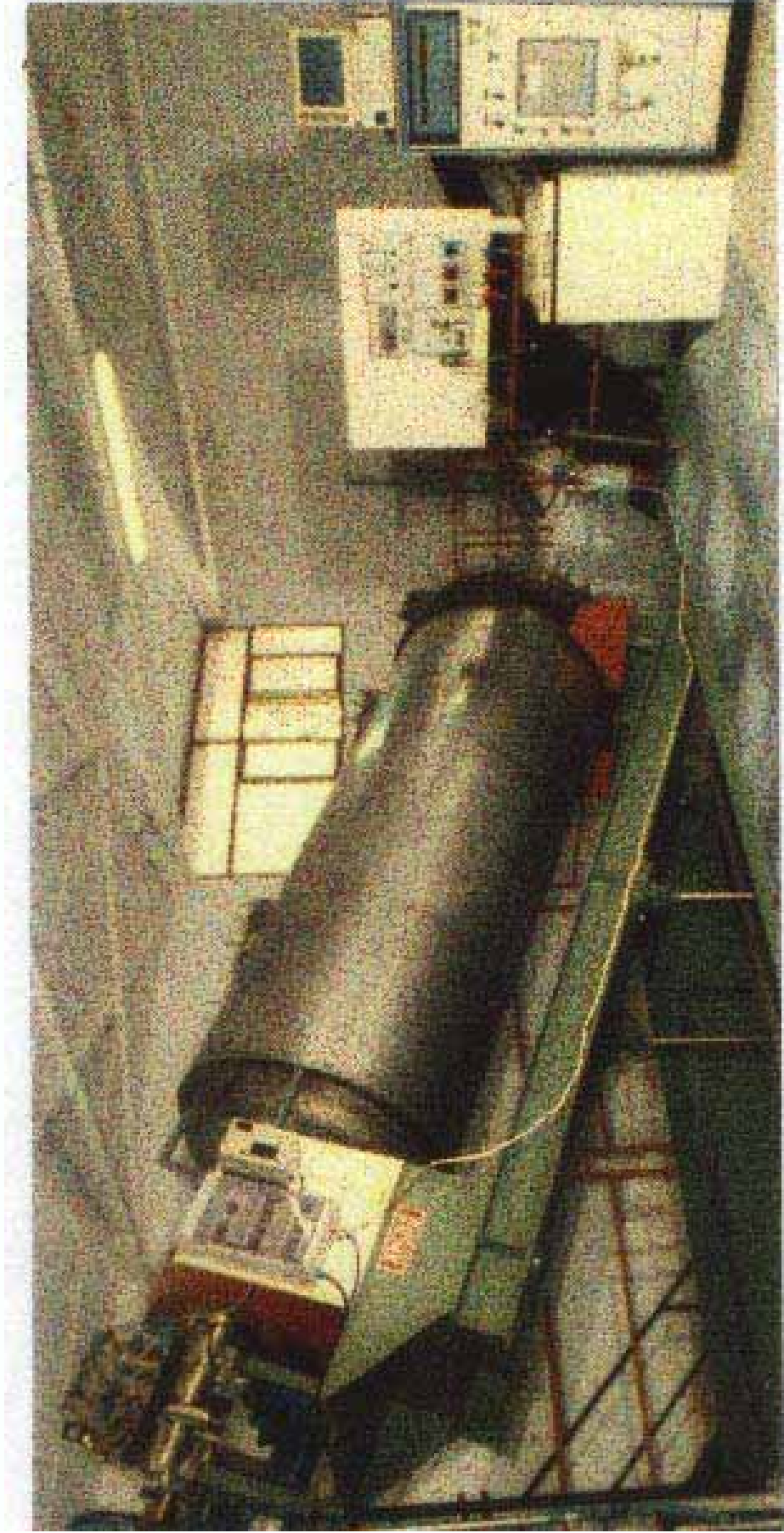
Tab. 1: Überblick über wichtige industrielle Biokatalyseverfahren nach Syldatk et al. [4].

>100 t/a:		
Fumarase	L-Malat	Tanabe
Aminoacylase	L-Met, L-Val, L-Phe	Degussa, Tanabe
β -Tyrosinase	L-DOPA	Ajinomoto
Lipase (<i>Pseudomonas</i> sp.)	(S)-Acetylthioisobutyrat	DSM, Tanabe
Nitrilase	(R)-Mandelsäure	BASF
Lipase	Optisch aktive Amine	BASF
Lipase	Optisch aktive Alkohole	BASF
>10 t/a:		
Lipase	(R)-Glycidylbutyrat	DSM
Dehydratase	L-Carnitin	Lonza

Biokatalyse

Einige Antibiotika

Antibiotikum	Organismus	Aktivität gegen	Wirkung
Penicillin	<i>P. Chrysogenum</i>	Gram-positive Bakterien	Wandsynthese
Cephalosporin	<i>C. acremonium</i>	breites Spektrum	Wandsynthese
Griseofulvin	<i>P. griseofulvum</i>	<u>dermatophytische Pilze</u>	Microtubuli
Bacitracin	<i>B. subtilis</i>	Gram-positive Bakterien	Wandsynthese
Polymyxin B	<i>B. polymyxa</i>	Gram-negative Bakterien	Zellmembran
Amphotericin B	<i>Str. nodosus</i>	<u>Pilze</u>	Zellmembran
Erythromycin	<i>Str. erythreus</i>	Gram-positive Bakterien	Proteinsynth.
Neomycin	<i>Str. fradiae</i>	breites Spektrum	Proteinsynth.
Streptomycin	<i>Str. griseus</i>	Gram-negative Bakterien	Proteinsynth.
Tetracycline	<i>Str. rimosus</i>	breites Spektrum	Proteinsynth.
Vancomycin	<i>Str. orientalis</i>	Gram-positive Bakterien	Proteinsynth.
Gentamicin	<i>Micromonospora purpurea</i>	breites Spektrum	Proteinsynth.
Rifamycin	<i>Str. mediterranei</i>	Tuberkulose	Proteinsynth.









Was kann eine lebende Zelle
(Biotechnologie) heute alles herstellen?

Lebensmittelprodukte:

Wein, Bier,

Ferm. Milchprodukte

Essig

Hefe

Zuckersirupe

Was kann eine lebende Zelle
(Biotechnologie) heute alles herstellen?

Lösungsmittel:

Ethanol, Butanol,

Buthandiol, Propanol,

Propandiol, Glycerol, Aceton

Organischen Säuren: Zitronen-, Essig-, Propion-,

Milch-, Butter-, Hydroxybutter-,

Glucon-, Itacon-, Fumar-, Malon-, Weinsäure..

Was kann eine lebende Zelle (Biotechnologie) heute alles herstellen?

Lipide

Enzyme

Hormone (Peptiden, Steroide)

Glykopeptide

Polyketide

Vitamine

Was kann eine lebende Zelle
(Biotechnologie) heute alles herstellen?

Antibiotika

Repellentstoffe

Zytostatika

**Antischaummittel, Tenside,
Farben,**

Was kann eine lebende Zelle
(Biotechnologie) heute alles herstellen??
Aromastoffe

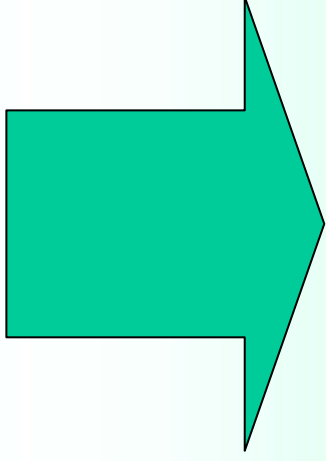
**Aminosäuren (Glutamin-, Asparaginsäure,
Lysin, Glycin, Cystein..)**

**Polysaccharide (Glucan, Dextran,
Gellan, Xanthan...)**

Antioxydantien, Vitamine...

Zuckeralkohole

**Was verwendet heute die
Biotechnologie als Rohstoffe?**
Melasse, Saccharose, Glucose,
Fructose, Sorbose
Molke, Sulphitlauge, Methanol, Ethanol
Mehl, Sojamehl, Stärke, CSL
Lignocellulose



Nachwachsende Rohstoffe bzw.

Ausgangsprodukte

Gibt es irgendwas Lebendiges (organisches) auf der Welt, das ein anderes Lebewesen nicht zerlegen (nutzen) kann?

NEIN !

Noch dazu verwenden einige auch anorganische Mineralien!!

Warum kann die Biotechnologie eine Rolle in der Zukunft spielen?

- 1. Grosse Zahl von Organismen (Lebensbaum), die in verschiedenen Umgebungen unter versch. Bedingungen wachsen**
- 2. Ein Reichtum der Reaktionen und an Verbindungen in lebenden Zellen**
- 3. Sequentielle metabolische Substrat-, Produktketten**
- 4. Verwendung der Biokatalysatoren**

Warum kann die Biotechnologie eine Rolle in der Zukunft spielen?

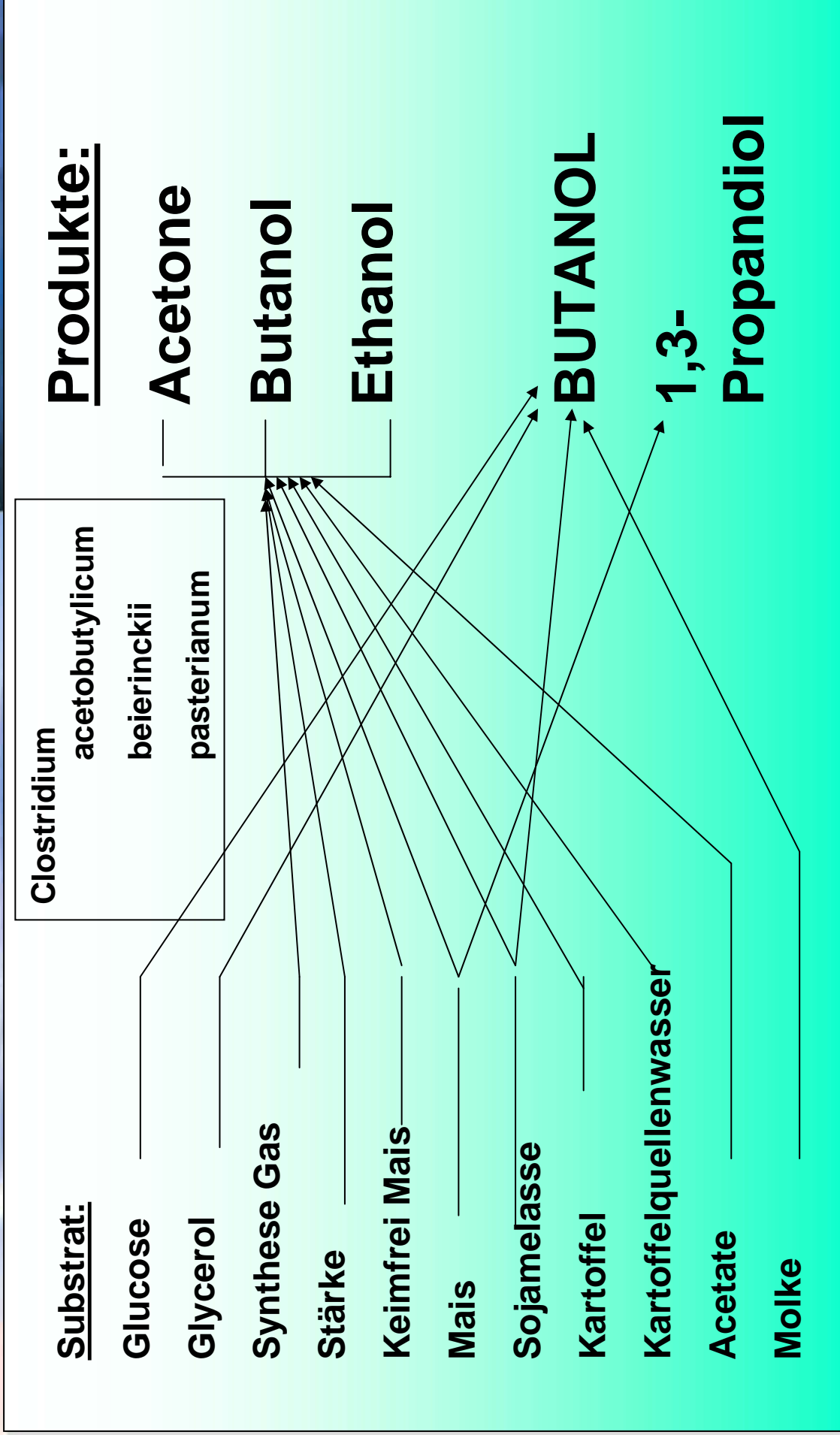
5. Niedriger Energieverbrauch, Reaktionen im Bereich 10-55 °C, (ausgen. Extremophile)

6. Gentechnik und Molekularbiologie können täglich mehr und mehr

**7. Verwertung der *Nachwachsenden Rohstoffe*,
Abfälle aus Landwirtschaft, Forstwirtschaft,
*Lebensmittelindustrie***

Warum kann die Biotechnologie eine Rolle in der Zukunft spielen?

8. Ein breites Feld der Zusammenarbeit mit der Chemie und Verfahrenstechnik
9. Möglich (teilweise?): dezentrale Produktion



Was muß die Biotechnologie tun, um ihre mögliche Aufgabe zu erfüllen?

1. Mehr „PILOT PLANTS“ für diverse Prozesse, im halbindustriellen Maßstab, testen
2. Mehr arbeiten an der Entwicklung „von der Natur programmierten“ Prozesse, bzw. (für die Zeit der Rohstoff-, Energieknappheit) - durch Gentechnik maßgeschneiderte Mikroorganismen entwickeln

Was muß die Biotechnologie tun um ihre mögliche Aufgabe zu erfüllen?

3. Entwicklung von integrierten Prozessen (in der Zusammenarbeit mit der Verfahrenstechnik) die auf niedrigerem Energieverbrauch basieren
4. Zusammen mit der Chemie Produktketten entwickeln, die ein optimales Energie Eing./Ausg. Verhältnis zeigen, bzw. die den besten „Index der Nachhaltigkeit“ aufweisen.

Der Wald

eine Rohstoffquelle im Wandel

ein Ökosystem



- ✱ Lebensraum
- ✱ Lebenszyklus
- ✱ Rohstoffe
- ✱ ...

ein neuer Teil eines Ökosystems



- ✳ Politik
- ✳ Wirtschaft
- ✳ Forstwirtschaft
- ✳ ...
- ✳ Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit

... man sollte nur soviel vom Zuwachs verbrauchen, daß noch ein bißchen übrigbleibt ...

... und alles soll auch noch

- * ökonomischen,
- * ökologischen und
- * sozio-ökonomischen

Kriterien entsprechen ...

Nachhaltigkeit und Forstwirtschaft

Viele sind der Ansicht, daß die Forstwirtschaft das Ökosystem Wald seit Jahrzehnten auf Basis der ökonomischen, ökologischen und sozio-ökonomischen Kriterien nachhaltig betreut.

Aber: Entspricht das den Tatsachen?

Das nachhaltige Angebot - ökonomisch

- * **Holz:** es wächst mehr zu als genutzt wird - aber es wird Holz importiert
- * **Wasser:** der Wald produziert hochwertiges Wasser - aber es kann kaum direkt vermarktet werden
- * **Luft:** Wald wirkt als Schadstofffilter - aber der CO₂-Handel wird forciert
- * **Wild (Fauna):** es gibt eine gute jagdliche Betreuung - aber Waldschäden
- * **sonstige Produkte:** divers - aber wenig beachtet

nachhaltig produktiv ja - aber ...

Das nachhaltige Angebot - ökologisch

- * **Artenvielfalt:** nahezu alle Wälder sind artenreich - aber wenige wissen über Entwicklungszyklen Bescheid
- * **Schutzgebiete:** eine Vielzahl von Wäldern unterliegt Schutzkriterien - aber nach den Regeln anderer
- * **genetische Ressourcen:** Wald ist enormer Genpool - aber wir verändern die Umweltbedingungen

nachhaltig ökologisch ja - aber ...

Das nachhaltige Angebot - sozio-ökonomisch

- * **Eigentum:** niemand läßt Fremden in **seiner** Wohnung freie Hand - aber **Waldbesitz** wird zumeist ignoriert
- * **Arbeitsplätze:** Wald bietet eine Vielzahl von Arbeitsplätzen - aber der ländliche Raum wird entsiedelt
- * **Schutz:** der Wald bietet Sicherheit - aber sie muß kostenlos sein
- * **Erholung:** Wald ist Erholungsraum - aber er steht dem Tourismus im Wege
- * **Kultur:** der Wald hat viele Werte - aber er ist vielen zu mystisch
- * **public awareness/participation:** die Forstwirtschaft soll den Wald nachhaltig betreuen - aber andere bestimmen was zu tun ist

nachhaltig für die Gesellschaft ja - aber ...

Eine Zwischenbilanz

- * die Forstwirtschaft betreut und nutzt den Wald nachhaltig, aber
- * Findet ein Wandel statt? und
- * Welche Faktoren sind für diesen Wandel der Forstwirtschaft maßgebend?

Faktoren

Ökonomisch

- * Globalisierung
- * EU-Politik
- * neue Technologien
- * Preis / Kosten Schere
- * Massenwarenproduktion
- * Wirtschaftskreisläufe
- * fehlende Integration
- * mangelnde Kooperation
- * mangelnde Logistik
- * Kundenorientierung
- * neue Absatzmärkte
- * ...

sozio-ökonomisch

- * neue EU Beitrittsländer
- * ländlicher versus urbaner Raum
- * Mobilität, Freizeitgesellschaft
- * Einkommenspolitik
- * Besitzstruktur Wald
- * Aus- und Weiterbildung
- * „Waldflucht“ - „Hofferne“
- * Informationsmangel
- * Kommunikationsprobleme
- * ...

Ökologisch

- * Umweltschutz
- * Schutzgebiete
- * Ge-, Verbote; Beschränkungen
- * fachspezifisch statt universiell
- * Klimadebatte
- * ...

Folgerungen

- * Die beispielhaft angeführten Faktoren zeigen, daß die in jeder Debatte aufgeworfenen „ökologischen Faktoren“ für einen Wandel in der Forstwirtschaft zwar bedeutsam sind, aber nicht jenen Stellenwert aufweisen, der ihnen gerne zugeordnet wird.
- * Es überwiegen vor allem „ökonomische und sozio-ökonomische Faktoren“ die für einen Wandel in der Forstwirtschaft maßgebend sind.

Einige „unzulässige“ Folgerungen

- * die Forstwirtschaft wird bewußt auf „Nebenschauplätze“ geführt
- * die Forstwirtschaft soll im Marktgeschehen nur Rohstoffproduzent sein
- * die Forstwirtschaft ist im ökonomischen und gesellschaftlichen Bereich nahezu bedeutungslos

Ist dies die Realität?

IST - SOLL Vergleich nationale Ebene

IST

- * Konzentration auf ökologische und internationale Bereiche
- * spärliche Informationen zur regionalen / lokalen Ebene
- * Besetzung ökologischer „Nischen“
- * „sidedsteps“ in andere Sektoren werden versucht
- * ...

SOLL

- * Kooperation mit allen Bereichen
- * Konzentration auf relevante Bereiche
- * Information und Kommunikation zu allen Ebenen
- * Strategien und Maßnahmen für den Forstsektor
- * Forcierung der Aus- und Weiterbildung
- * Initiativen für Forschungsschwerpunkte
- * „Profitcenter“ für Dienstleistungen
- * Public Relations forcieren
- * ...

Albert Knieling

Abteilung für Waldressourcen, Kommunikation, Haushalt
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

IST - SOLL Vergleich regionale / lokale Ebene

IST

- * Teilpräsenz im ökonomischen und sozio-ökonomischen Bereich
- * Implementierung von Marketingverbänden
- * Aufbau vertikaler Kooperationen
- * Beginn sektoraler Kooperationen
- * ...

SOLL

- * Regional- / Lokalkonzepte
- * Logistik- und Wertschöpfungsketten
- * Netzwerke im ländlichen Raum
- * Verarbeitungszentren
- * Einbindung des urbanen Raums
- * Aus- und Weiterbildungszentren
- * produktbezogene Forschung
- * Erhöhung der Dienstleistungen
- * Public Relations forcieren
- * ...

IST - SOLL Vergleich Betriebe

IST

- * Betriebe kooperieren zum Teil
- * Holz wird diverser angeboten
- * Großbetriebe bauen Netzwerke auf
- * mittlere, kleine Betriebe nutzen bei Bedarf oder stellen die Nutzung ein
- * Abbau von Arbeitsplätzen
- * enormer Kostendruck
- * Individualismus herrscht vor
- * ...

SOLL

- * Kooperationen zwischen den Betrieben
- * Aufbau lokaler Wirtschaftskreisläufe
- * initiieren von Forschungsprojekten
- * laufende Aus- und Weiterbildung
- * Nutzung neuer Technologien
- * Wiederbelebung „alter Werkzeuge“
- * Erweiterung der Produktpalette „Wald“
- * Dienstleistungen als Produkt anbieten
- * ...

Folgerungen

- ✳ Der IST - Zustand zeigt, daß die Forstwirtschaft zumindest im regionalen / lokalen Bereich eine Bedeutung hat
- ✳ Der IST - Zustand zeigt, daß in der Forstwirtschaft ein Wandel stattfindet
- ✳ Der IST - SOLL Vergleich zeigt, daß „traditionelles“ Verhalten überwiegt

Daher

Welche Instrumente sind erforderlich, um dem Forstbereich einen größeren Spielraum zu geben?

Instrumente

- * **Politik:** Nachhaltigkeit, Ländlicher Raum, etc. sind Schlagworte - werden sie gelebt?
- * **Gesetzlicher Rahmen:** Sehr umfassend - aber praktikabel?
- * **Föderalismus:** Eine regionale Eigenständigkeit hat dann Vorteile, wenn über den Tellerrand geschaut wird
- * **Förderung** : ein wichtiger, aber nur auf den jeweiligen Sektor bezogener Impulsgeber - Kombinationen würden die Effizienz erhöhen
- * **Forschung:** ein zu Unrecht vernachlässigtes Instrument, denn es könnte die Produktpalette erweitern

Instrumente

- * **Netzwerke:** Koordination, Kooperationen, Kommunikation, etc. sind im Rahmen horizontaler und vertikaler Strukturen unerlässlich
- * **Dienstleistungen:** ein Bereich, der als „Produkt“ für sektorübergreifende Regionalentwicklungen als Motor dienen kann
- * **Aus- und Weiterbildung:** Kompetenz ist gefragt!
- * **Public Relations:** Produkte müssen verkauft werden!
- * **Walddialog:** Viele reden davon, aber wird er als Instrument gesehen?
- * ...



Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Albert Knieling
Abteilung für Waldressourcen, Kommunikation, Haushalt
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Einfluss der Klimaänderung auf das Potenzial nachwachsender Rohstoffe in Österreich

Helga Kromp-Kolb
Institut für Meteorologie und Physik
Universität für Bodenkultur

Nachwachsende Rohstoffe

- **Potenzial**
 - Verfügbarkeit*)
 - Technologie
 - Akzeptanz
- **Realisierung**
 - Bedarf*)

***) direkt vom Klimawandel beeinflusst**

Klimaabhängigkeit der Verfügbarkeit

- Geographische Verteilung
- Adaptionfähigkeit
- Gefährdung durch Extremereignisse
- Schädlings- und Krankheitsbefall
- Erntebedingungen
- Transportwesen
- Lagerfähigkeit
- Verarbeitungsmöglichkeiten
-

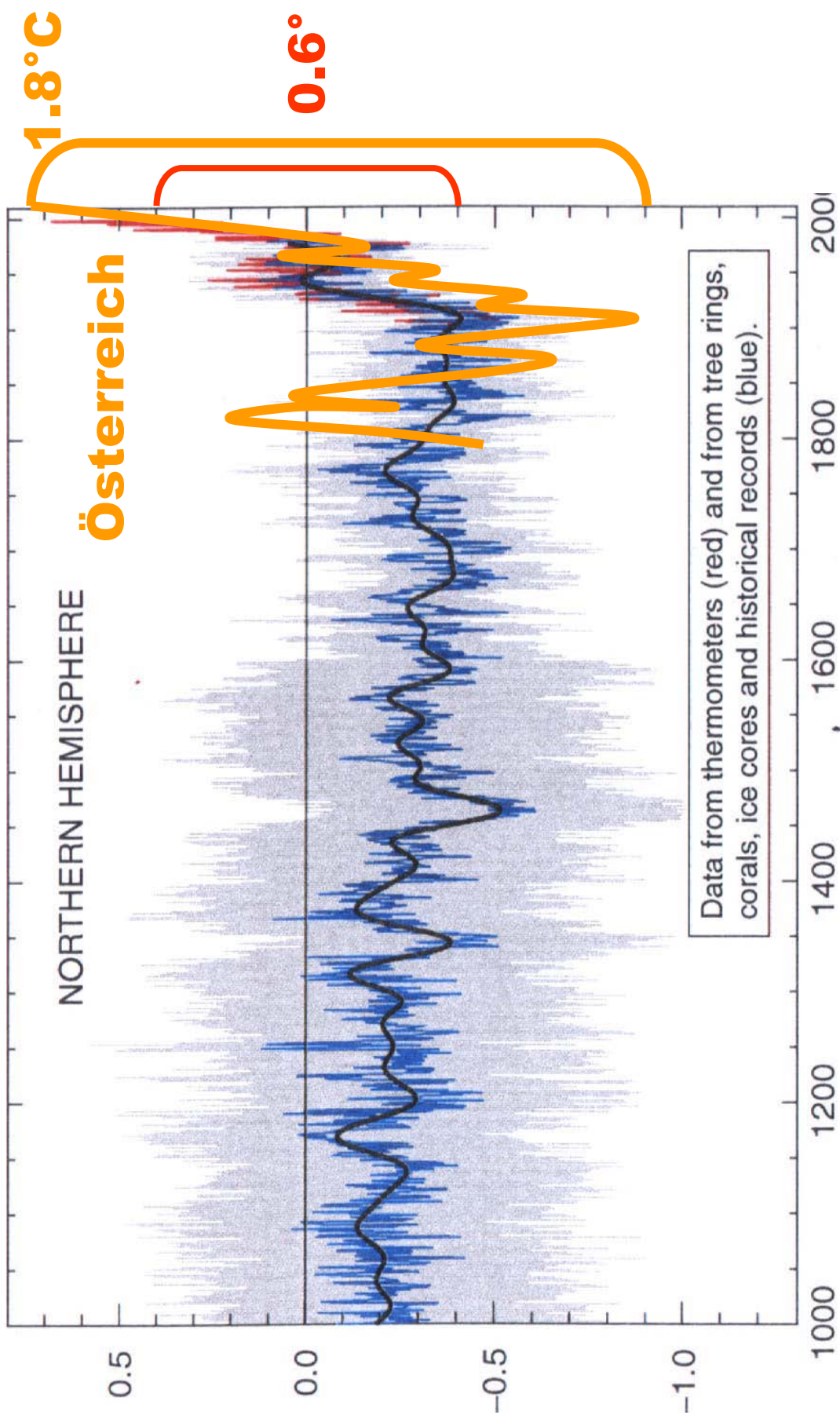
Klimaabhängigkeit des Bedarfes

Mitigation und Adaption

- Energie
- Werkstoffe (Baumaterialien, Dämmstoffe)
- Chemikalien, Pharmazeutika
-

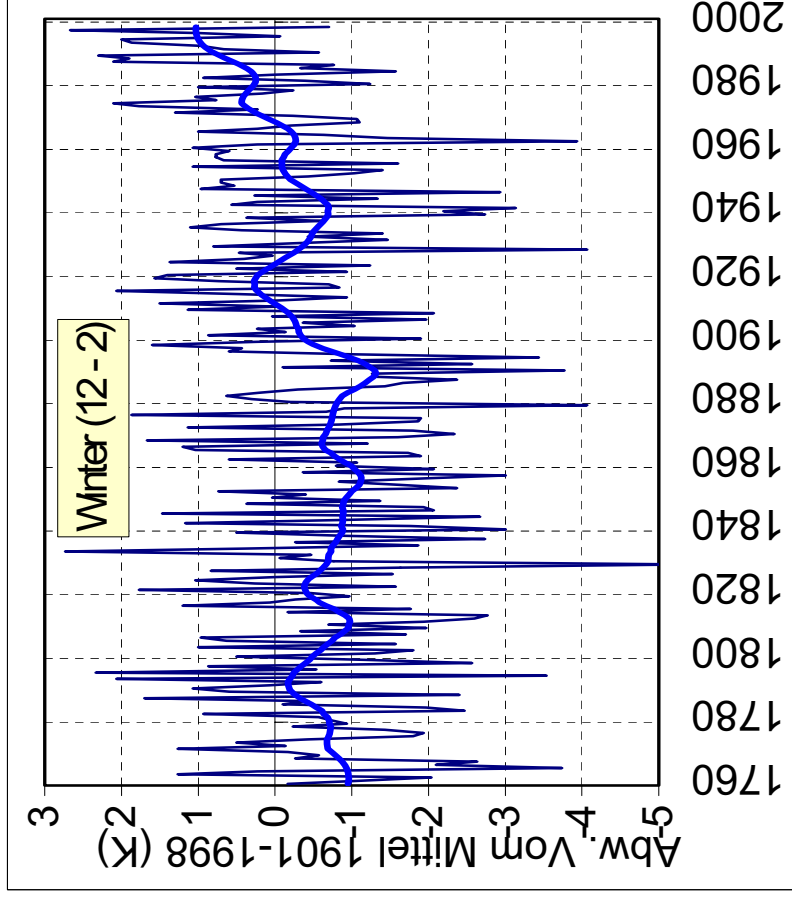
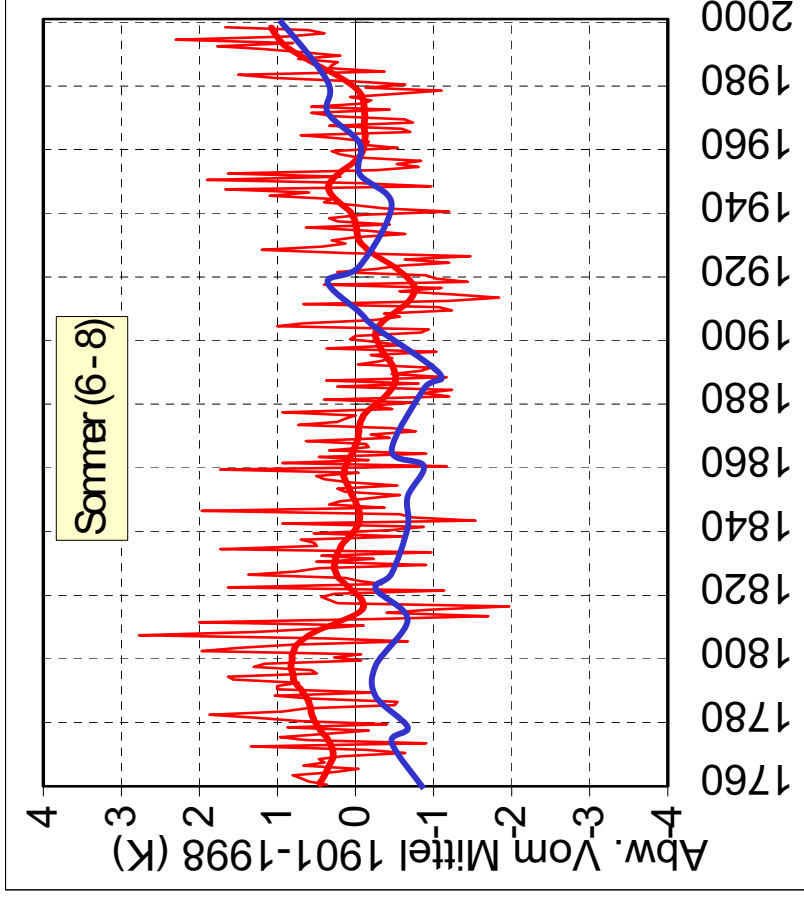
Worin besteht der Klimawandel?

Temperaturverlauf 1000 – 2000 AD

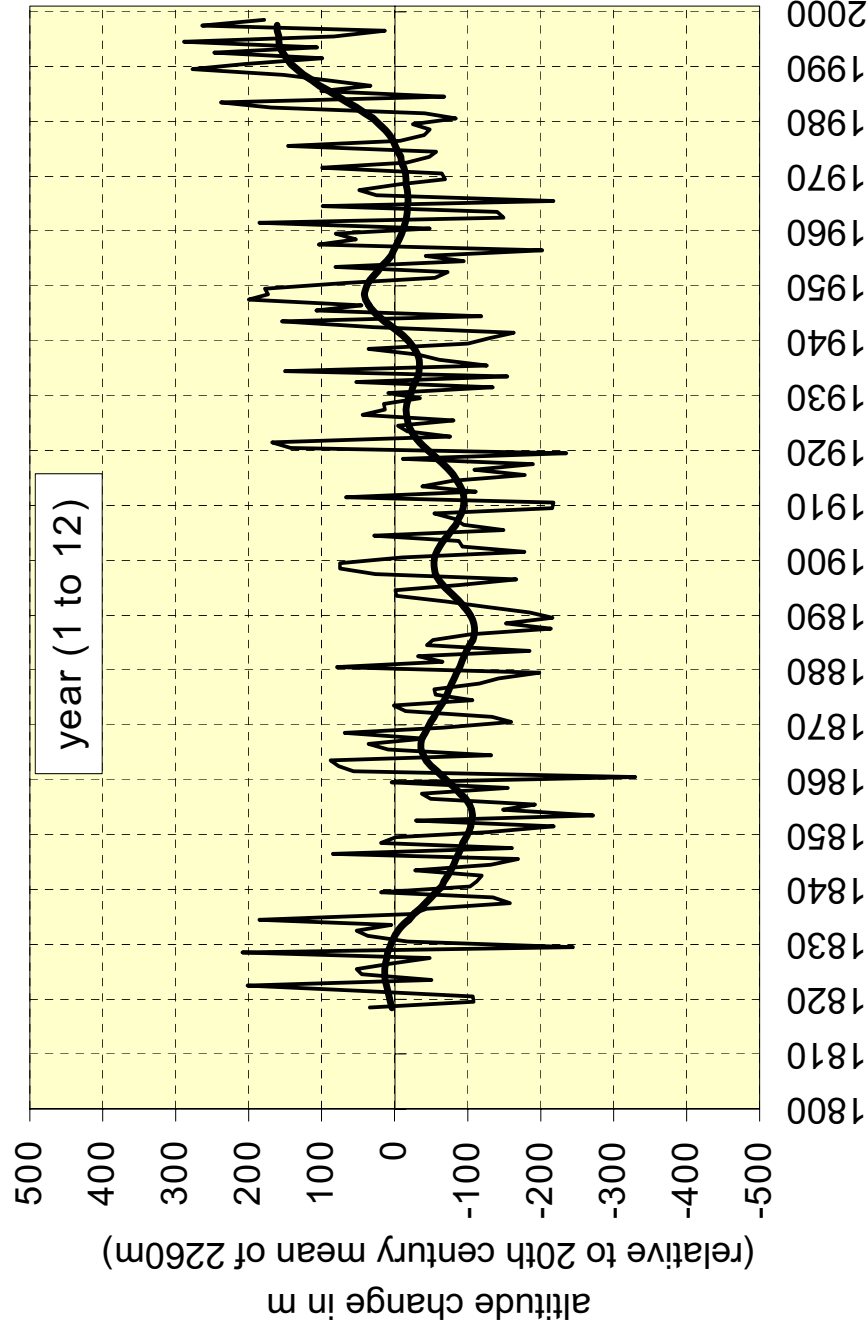


Saisonale Unterschiede in der Temperaturentwicklung

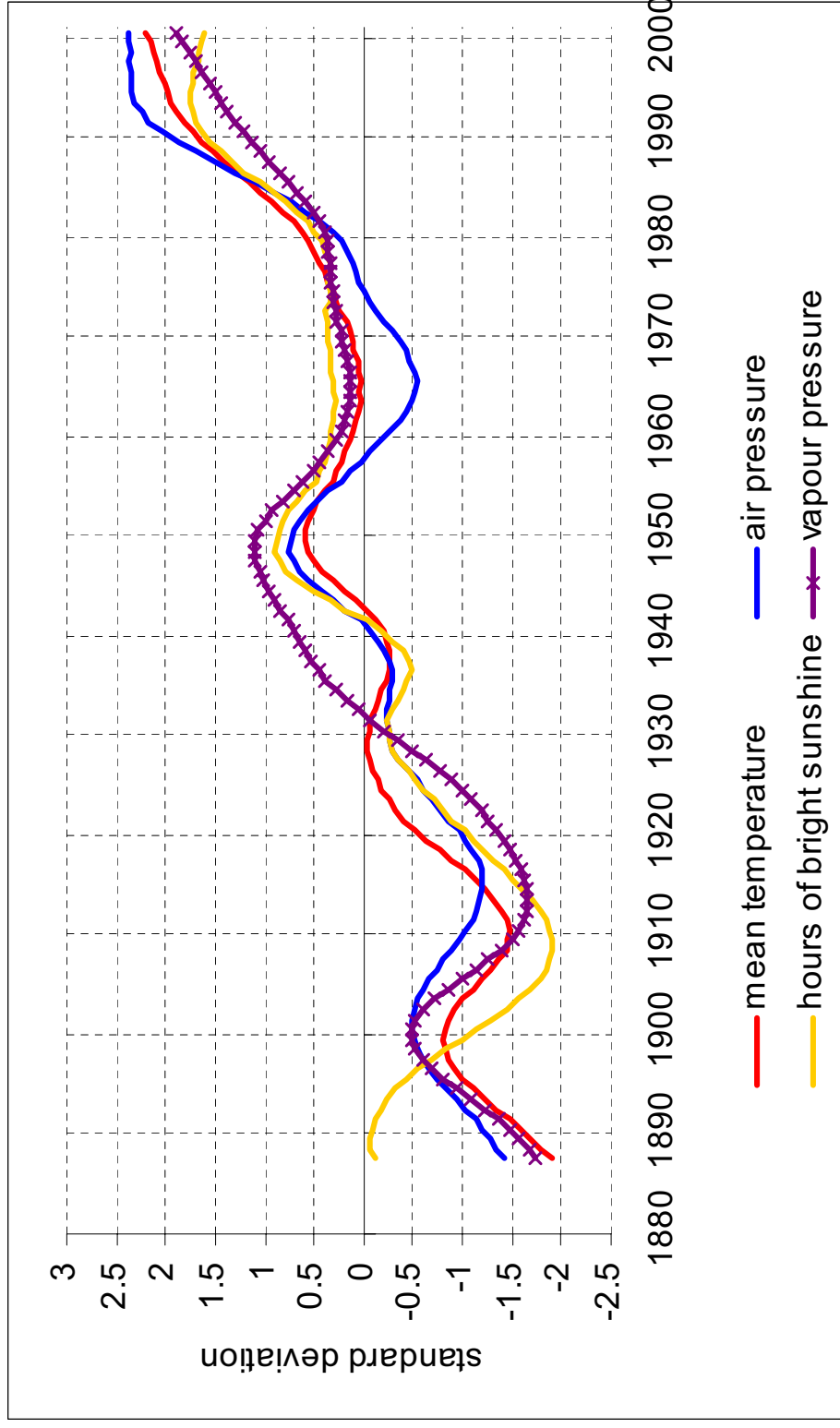
Gesamter Alpenraum



Mittlere jährliche Null-Grad-Grenze im Monte Rosa Gebiet 1818-1998

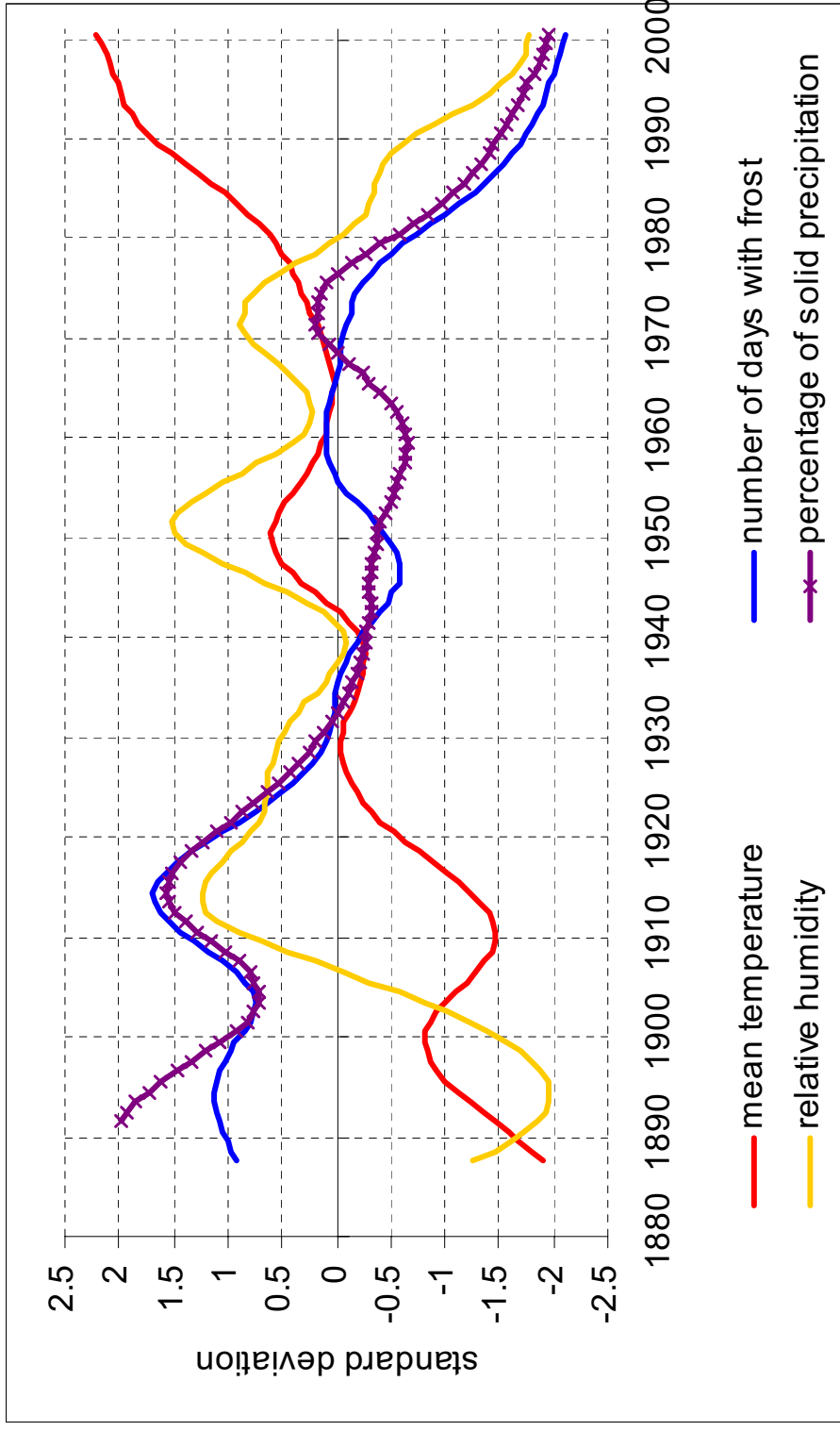


Hoher Sonnblick 3106 m

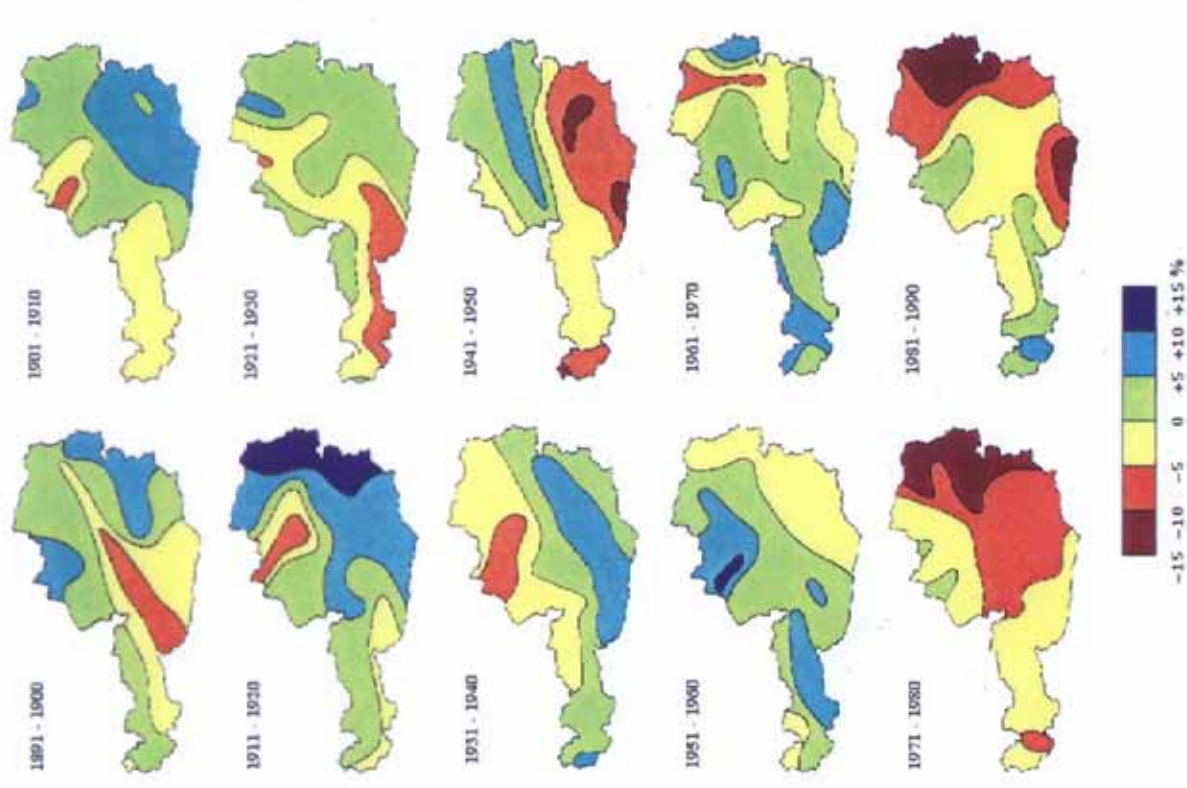


Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe - 6./7.11.2003

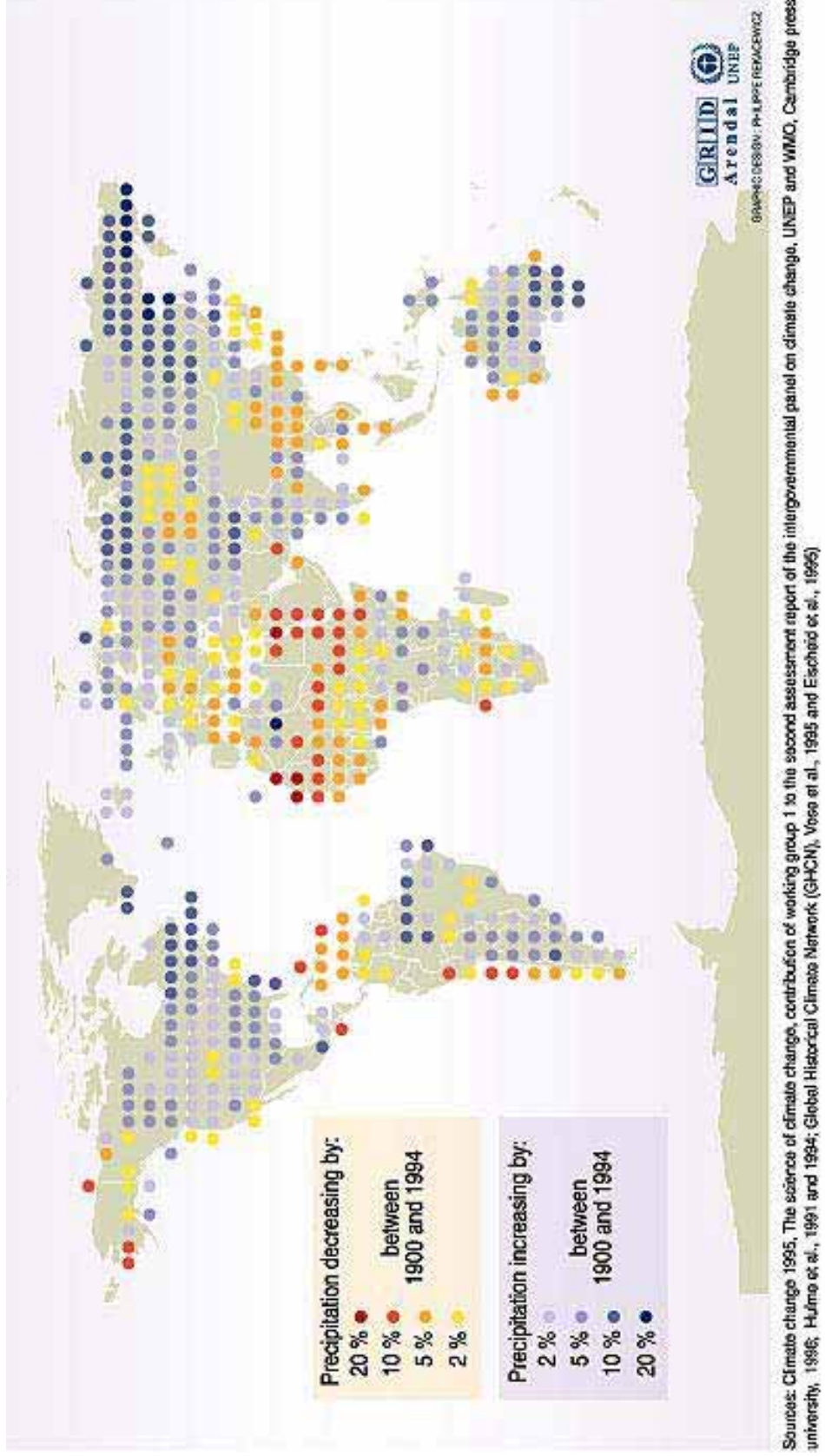
Hoher Sonnblick 3106 m



Niederschlags- verhältnisse in Österreich seit 1891

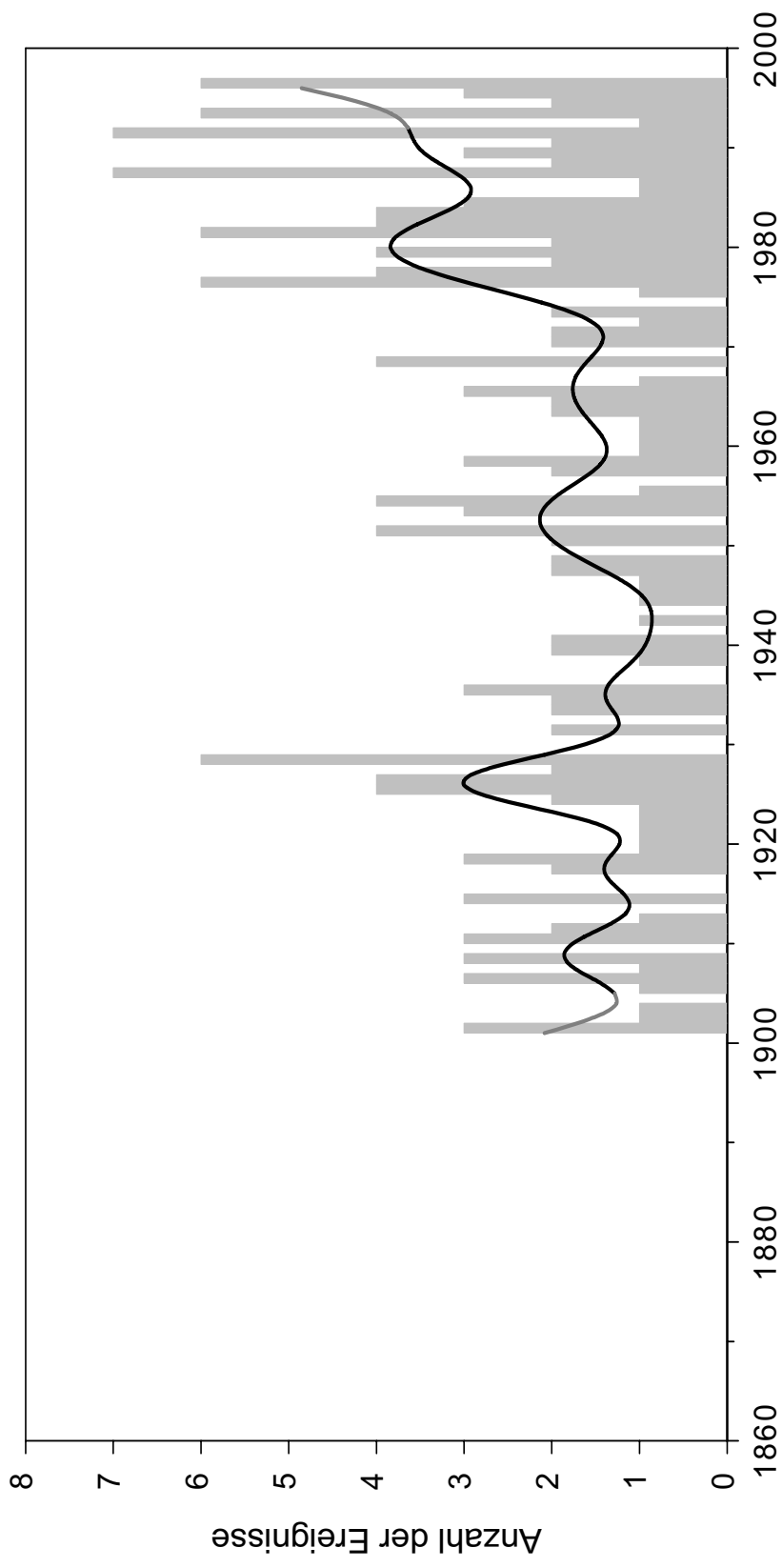


Niederschlagstrends über Land 1900-1994

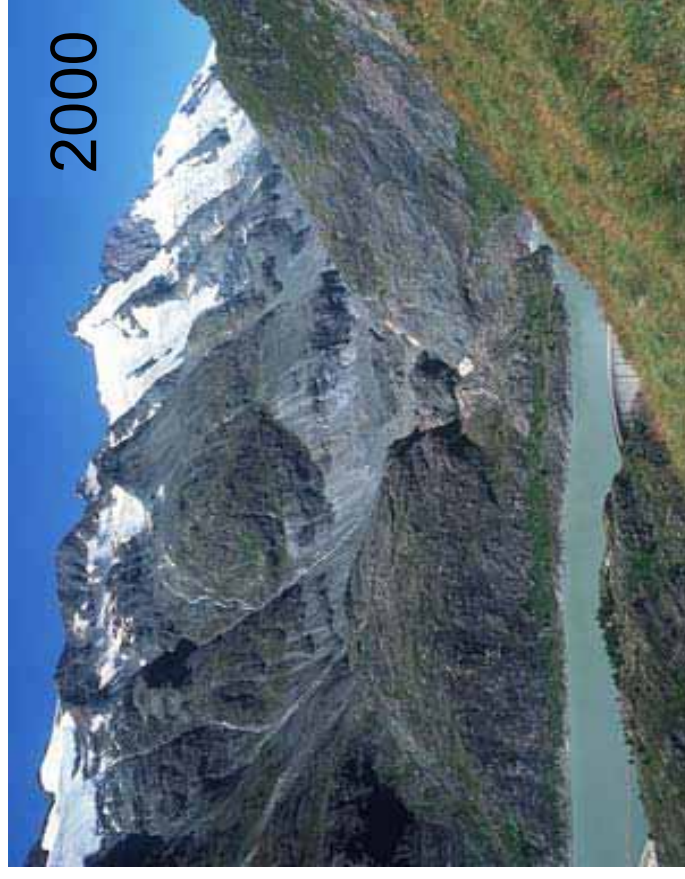
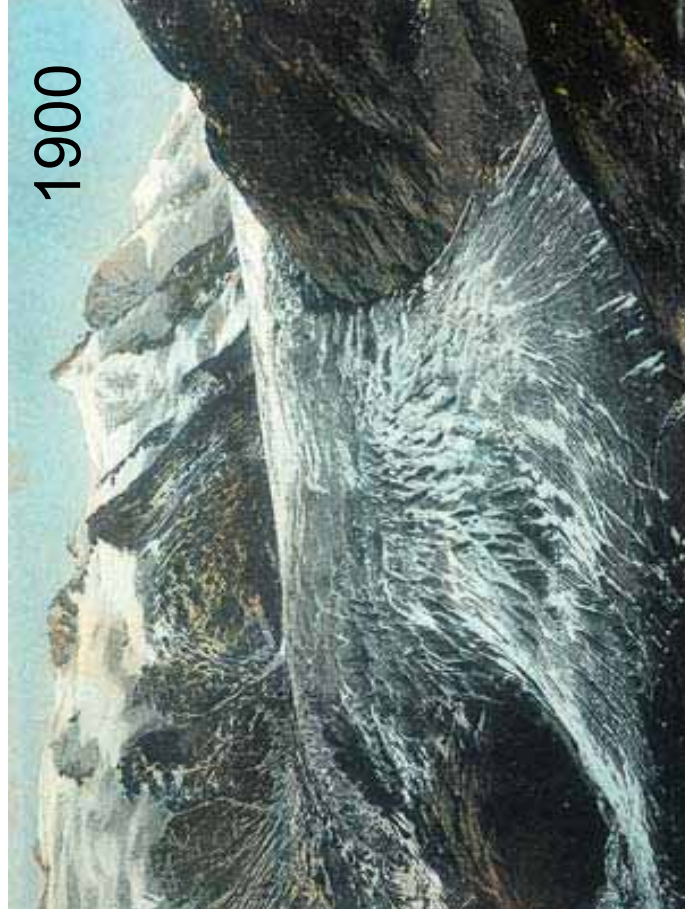


Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe - 6.7.11.2003

Häufigkeit von Niederschlägen > 70 mm/d in der Schweiz (nach Courvoisier 1998)



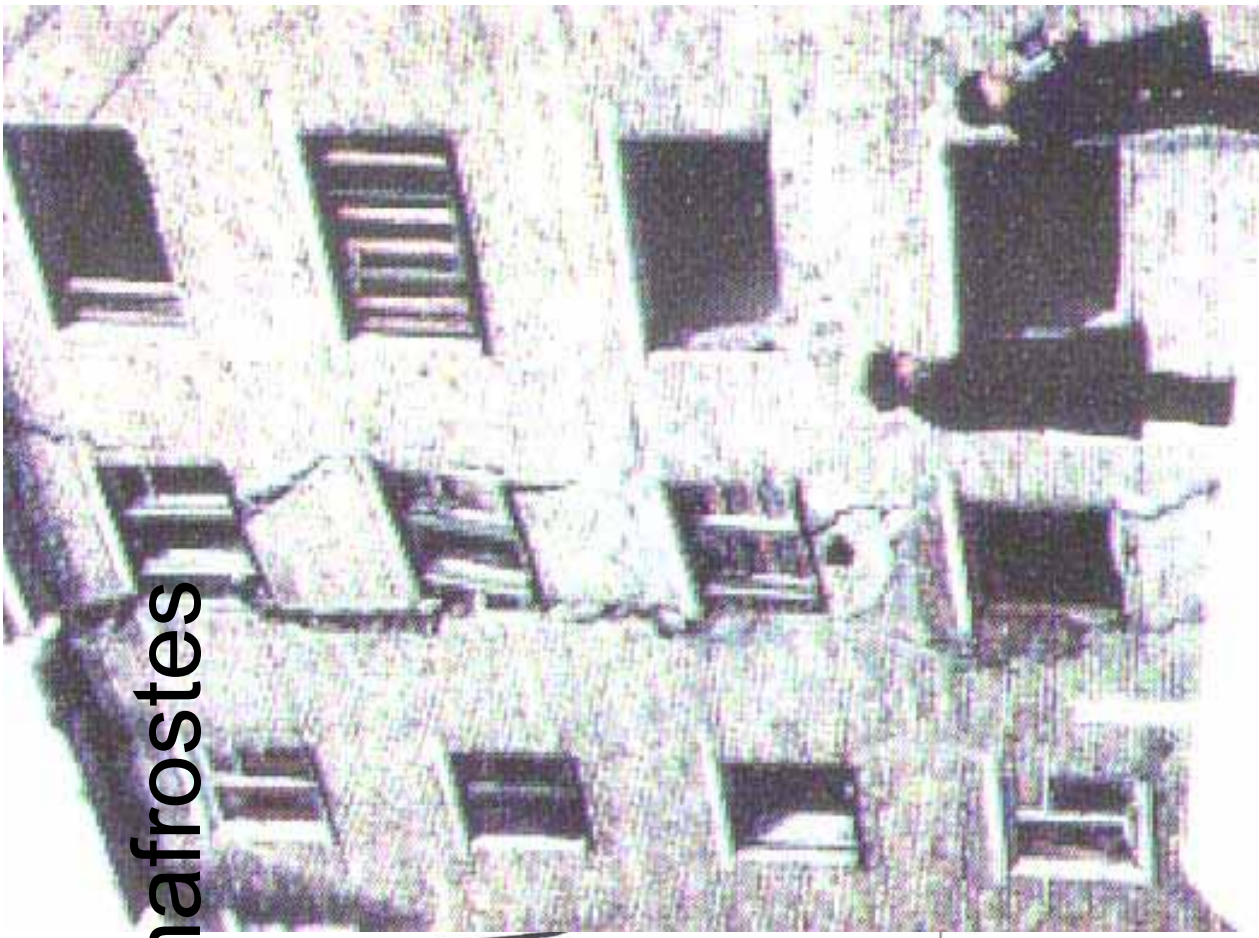
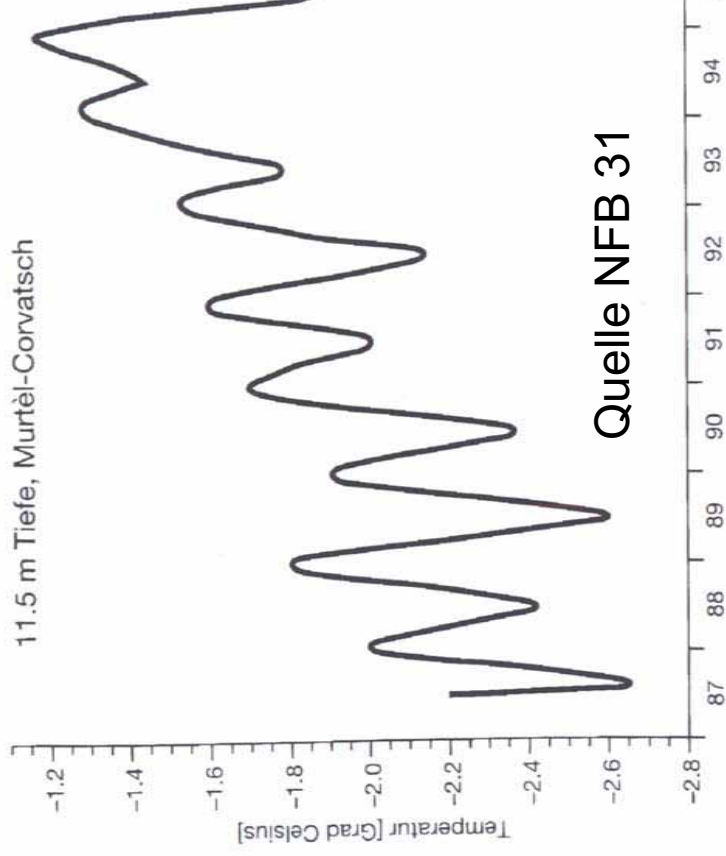
Gletscher-Schwund in den Alpen



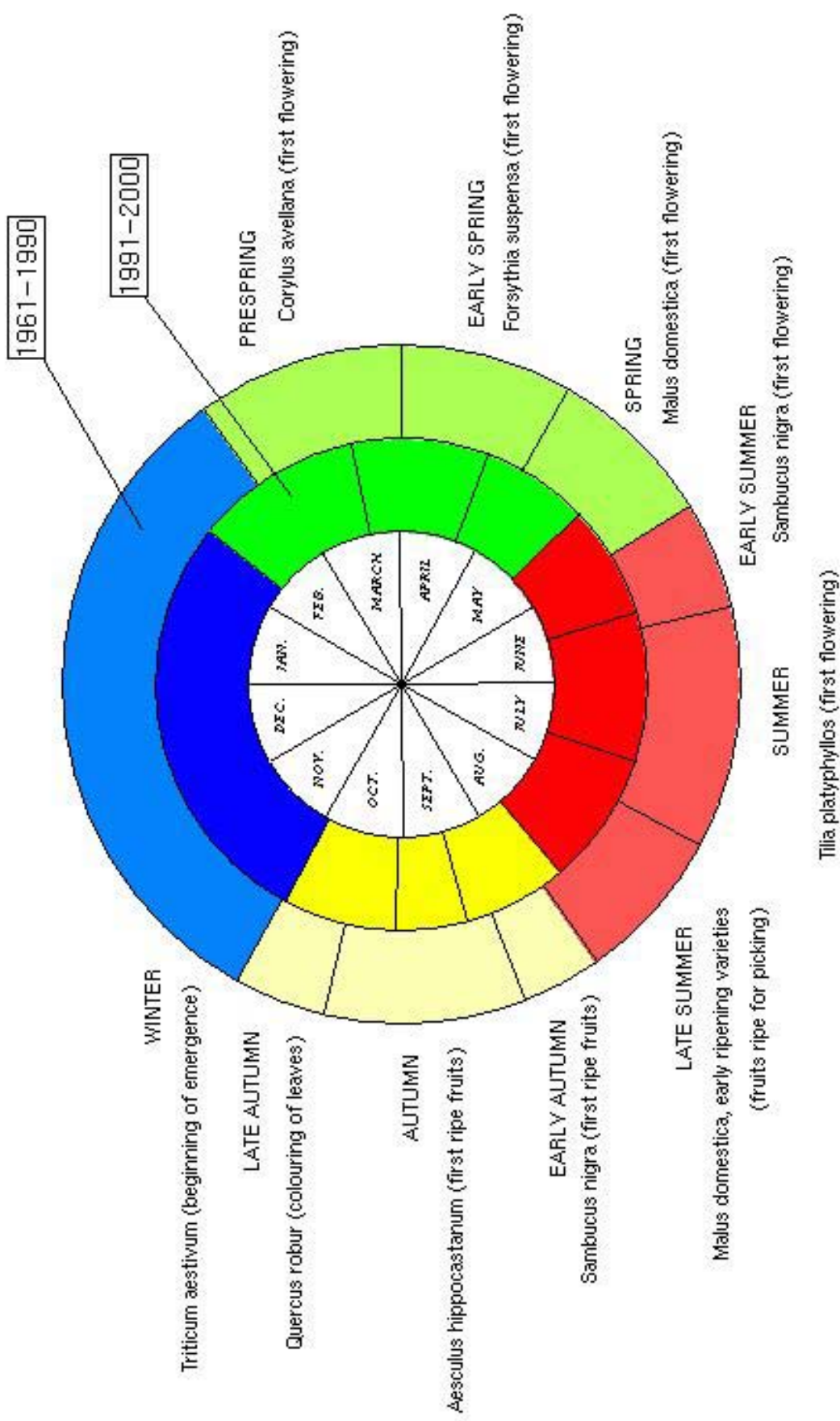
Aufnahme der Pasterzenzunge mit Großglockner (3798 m)

*Gesellschaft für ökologische Forschung, Wolfgang Zängl,
<http://www.gletscherarchiv.de>*

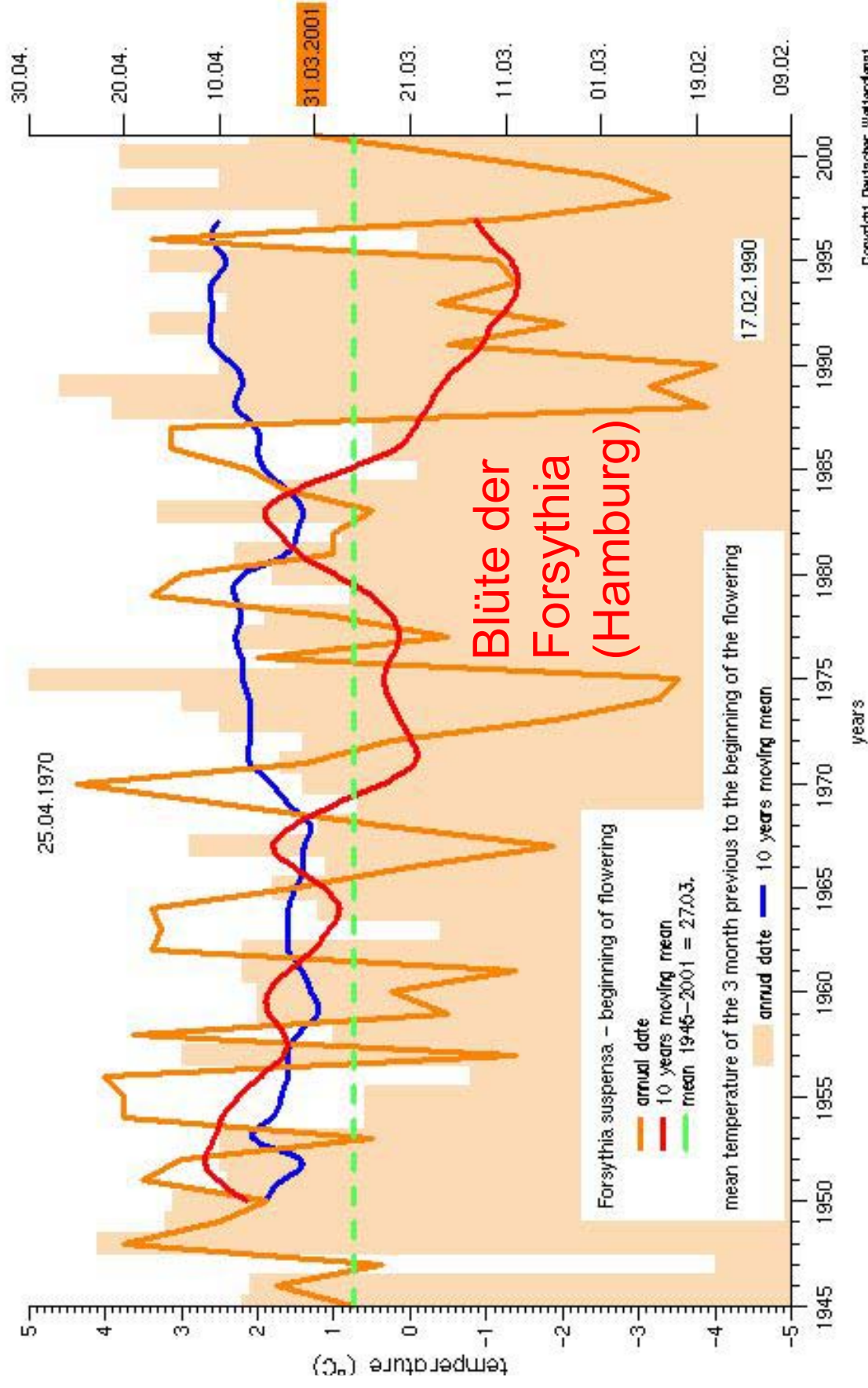
Auftauen des Permafrostes



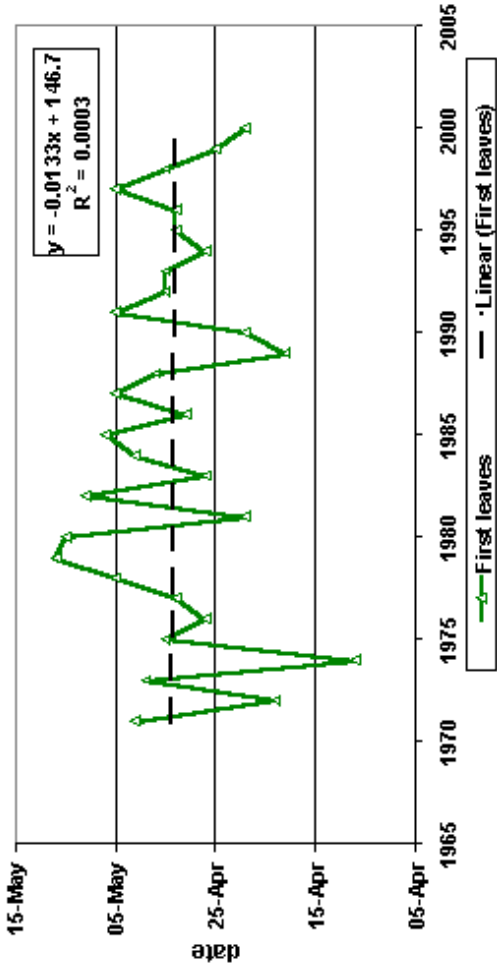
Phänologische Uhr für Konstanz



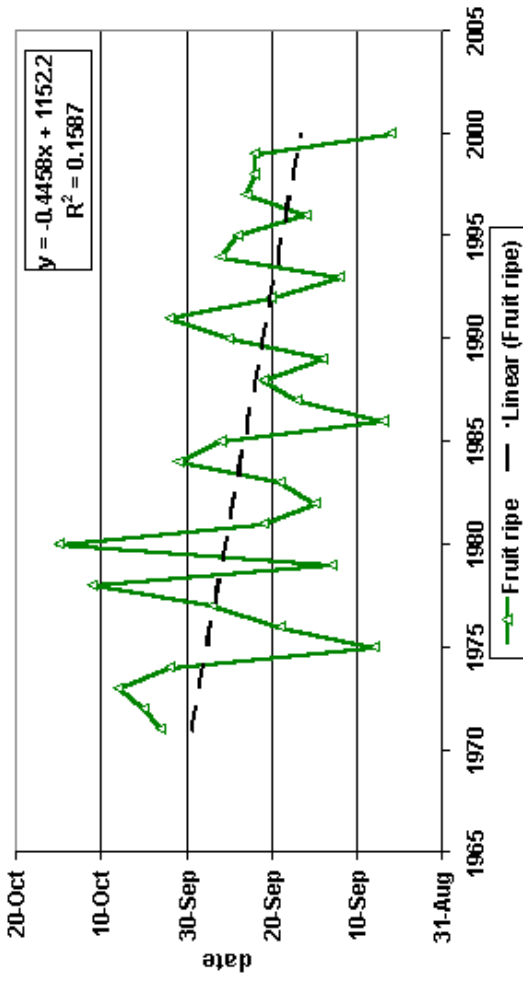
Forsythia suspensa – beginning of flowering, period 1945–2001
 location 'Hamburger Lombardsbrücke' (altitude 10m, 53°33'N, 10°00'E)
 listed by Carl Wendorf (+1984) and Jens Iska-Holtz



Erste Blätter auf Weinstöcken in Bratislava



Datum der Reife der Trauben

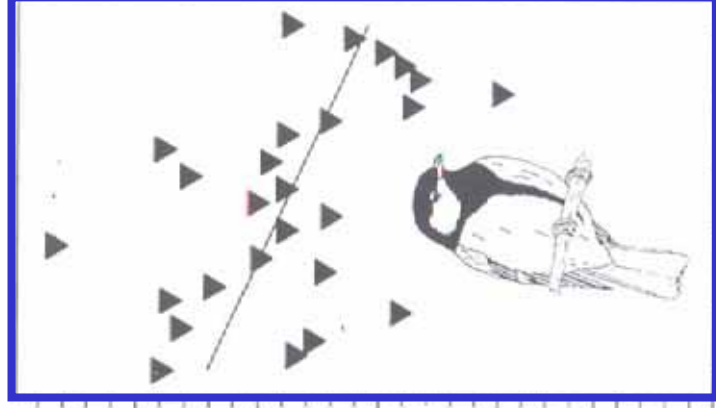


Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe - 6./7.11.2003

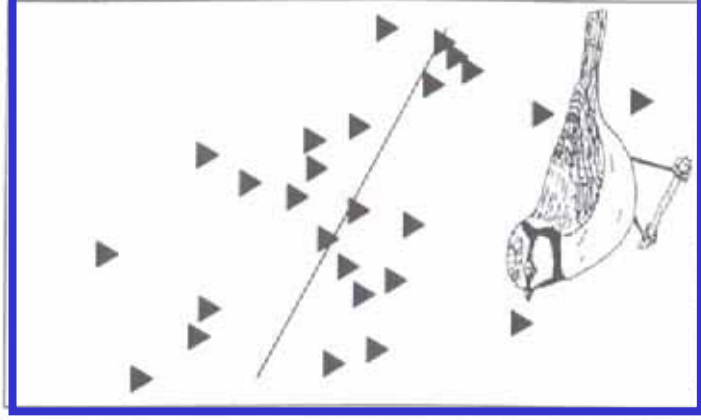
Bratislava 2002

Schlüpfdatum der Erstbrut

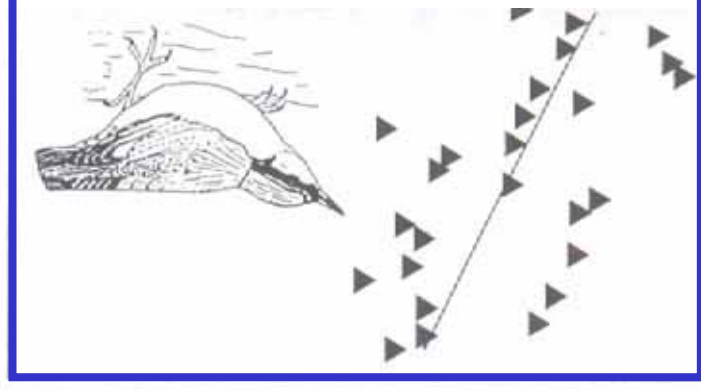
Kohlmeise



Blaumeise



Kleiber



**An increasing body of observations
gives a collective picture of
a warming world and
other changes
in the climate system**

(IPCC 2001)

*Ein zunehmender Reichtum an
Beobachtungen ergibt ein Gesamtbild
einer sich erwärmenden Welt und
anderer Änderungen im Klimasystem*

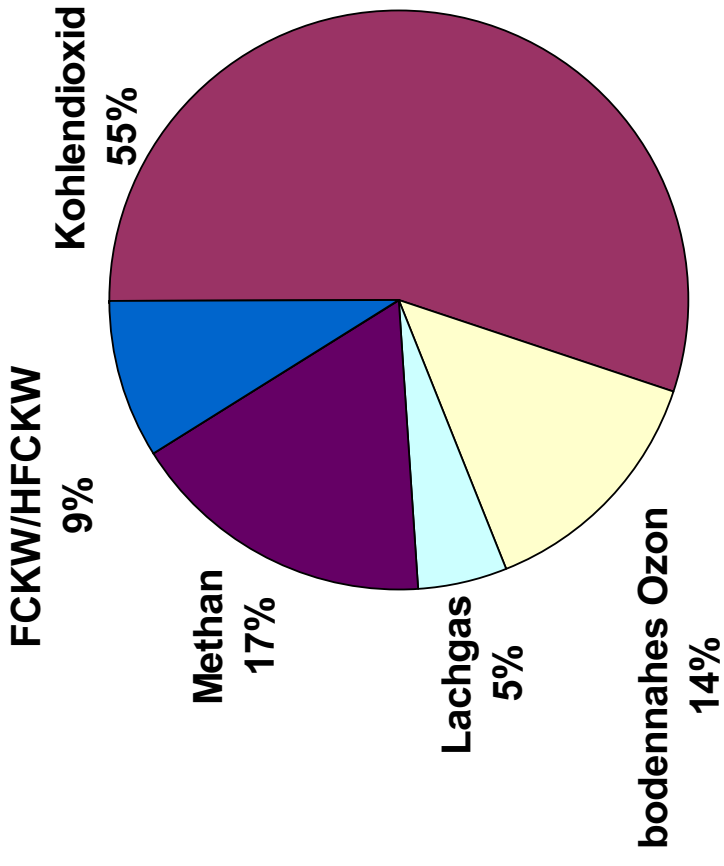
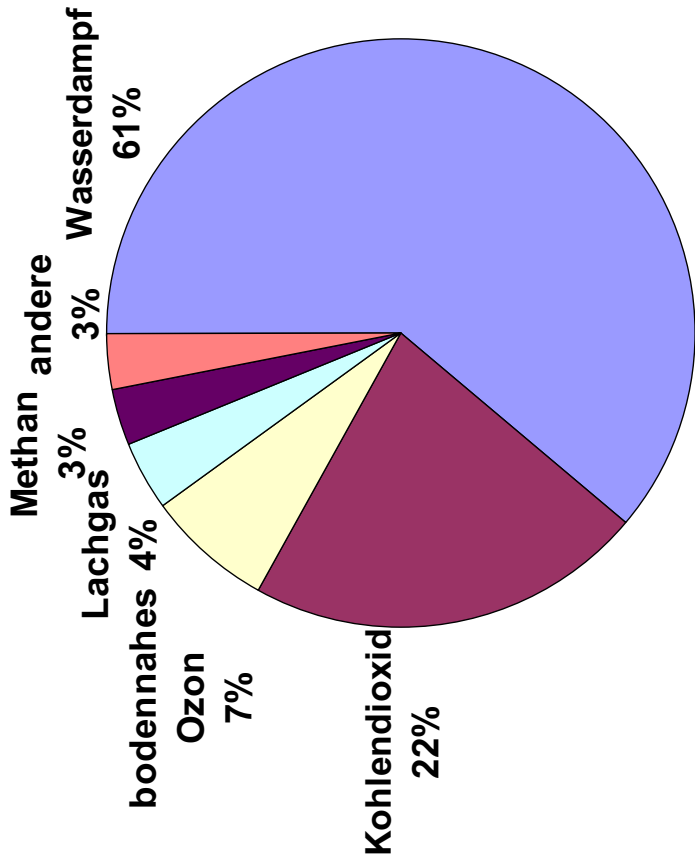
There is new and stronger evidence that most of the last 50 years is attributable to human activities.

(IPCC 2001)

Es gibt neue und stärkere Belege dafür, daß der Großteil der beobachteten Erwärmung der letzten 50 Jahre menschlichen Aktivitäten zuschreibbar ist.

Treibhauseffekt

natürlich anthropogen



CO₂ Concentration in Ice Cores and Atmospheric CO₂ Projection for Next 100 Years

680 ppm

Projected (2100) →
Projektion 2100



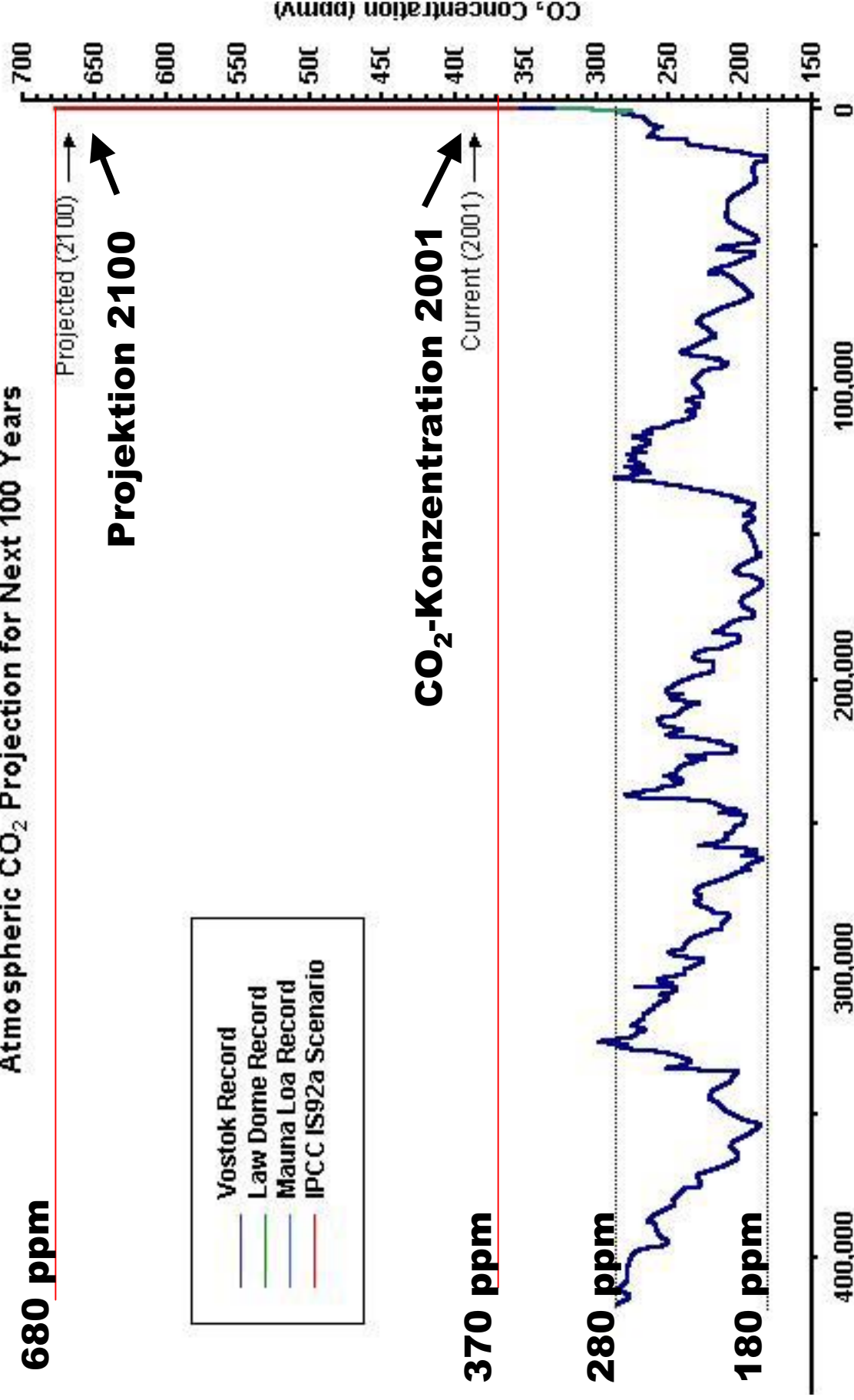
CO₂-Konzentration 2001

370 ppm

Current (2001) →

280 ppm

180 ppm

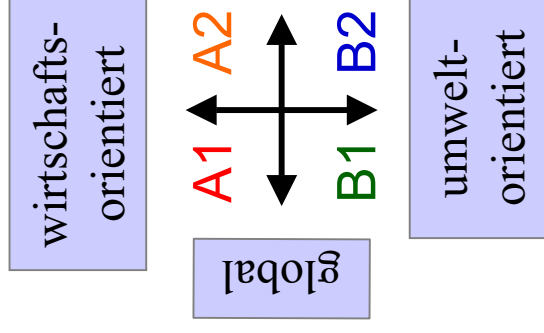
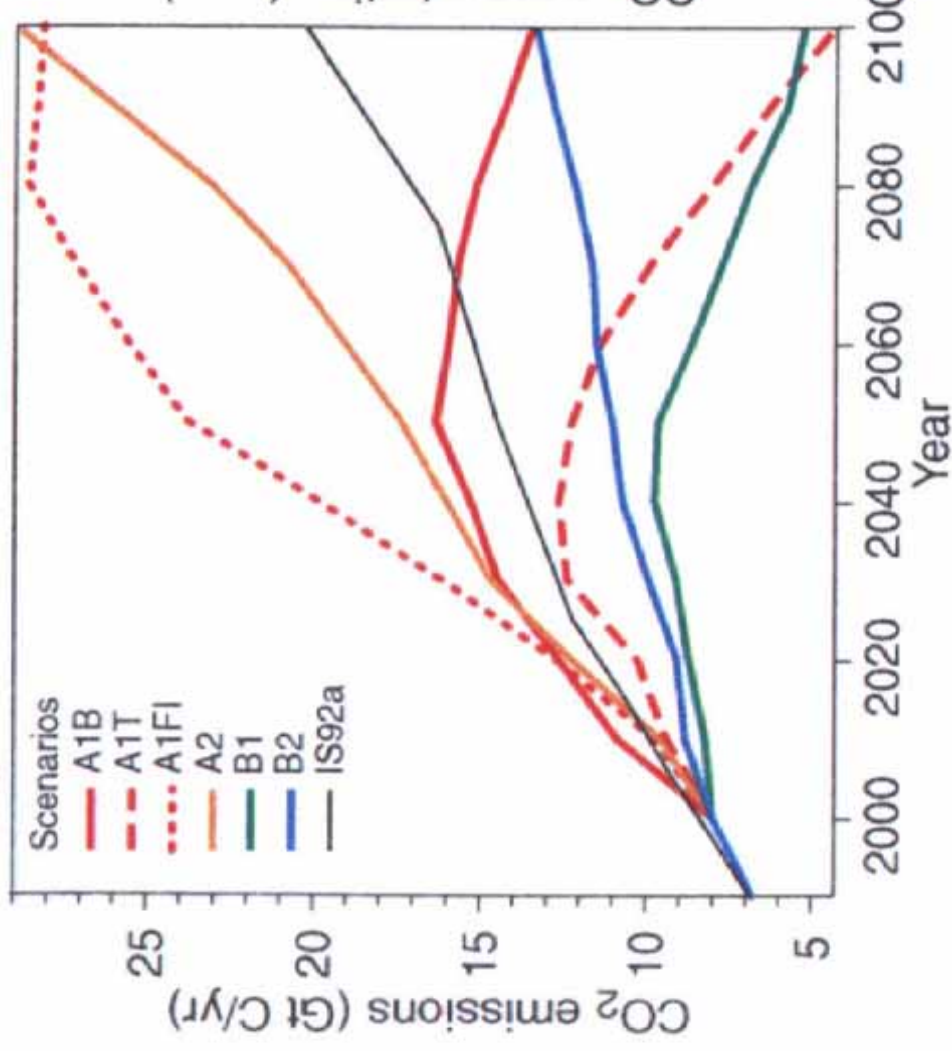


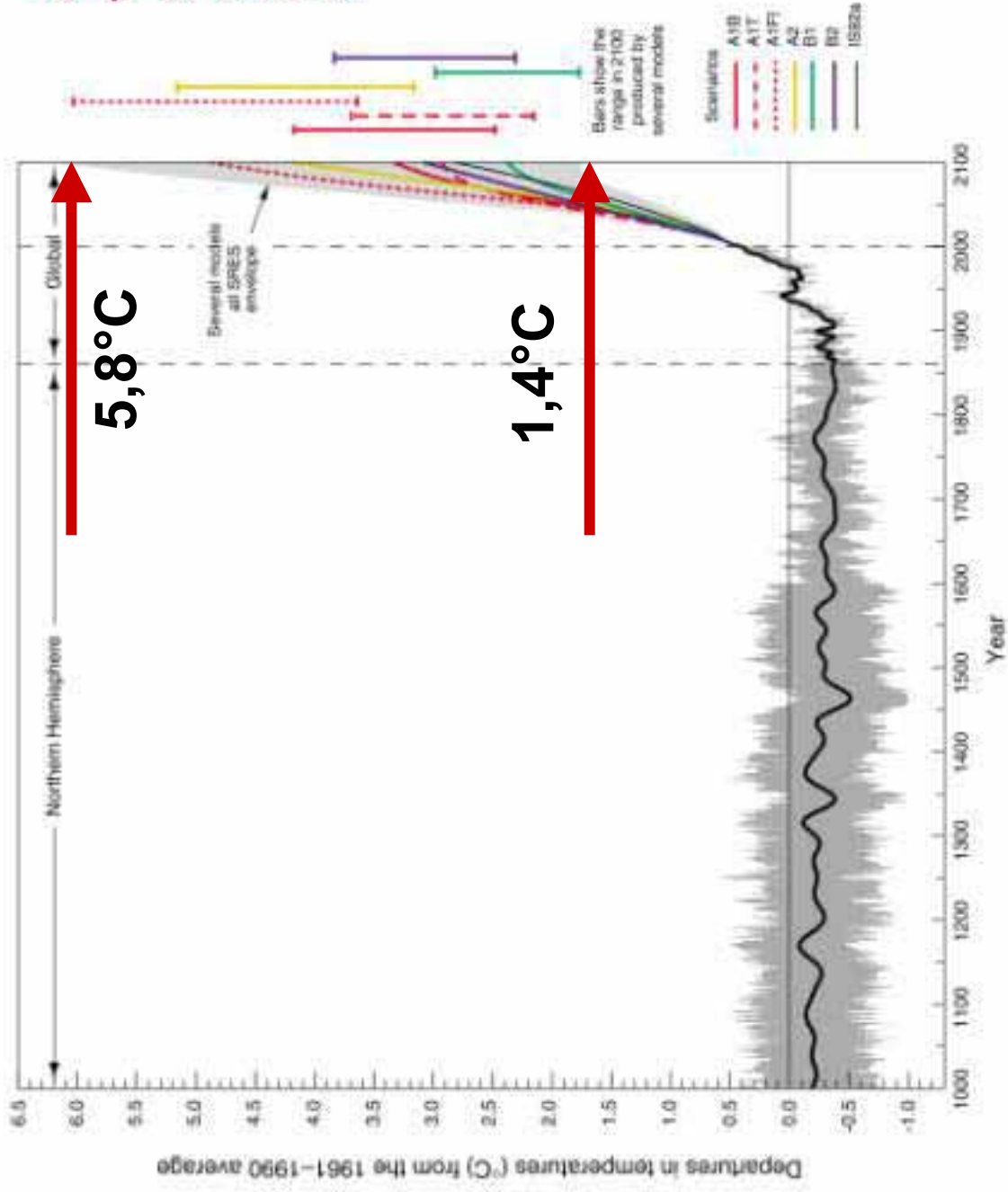
Years Before Present (BP 1950)

Source: C. D. Keeling and T. P. Whorf; Etheridge et al.; Barnola et al.; (PAGES / IGBP); IPCC

Wie geht es weiter?

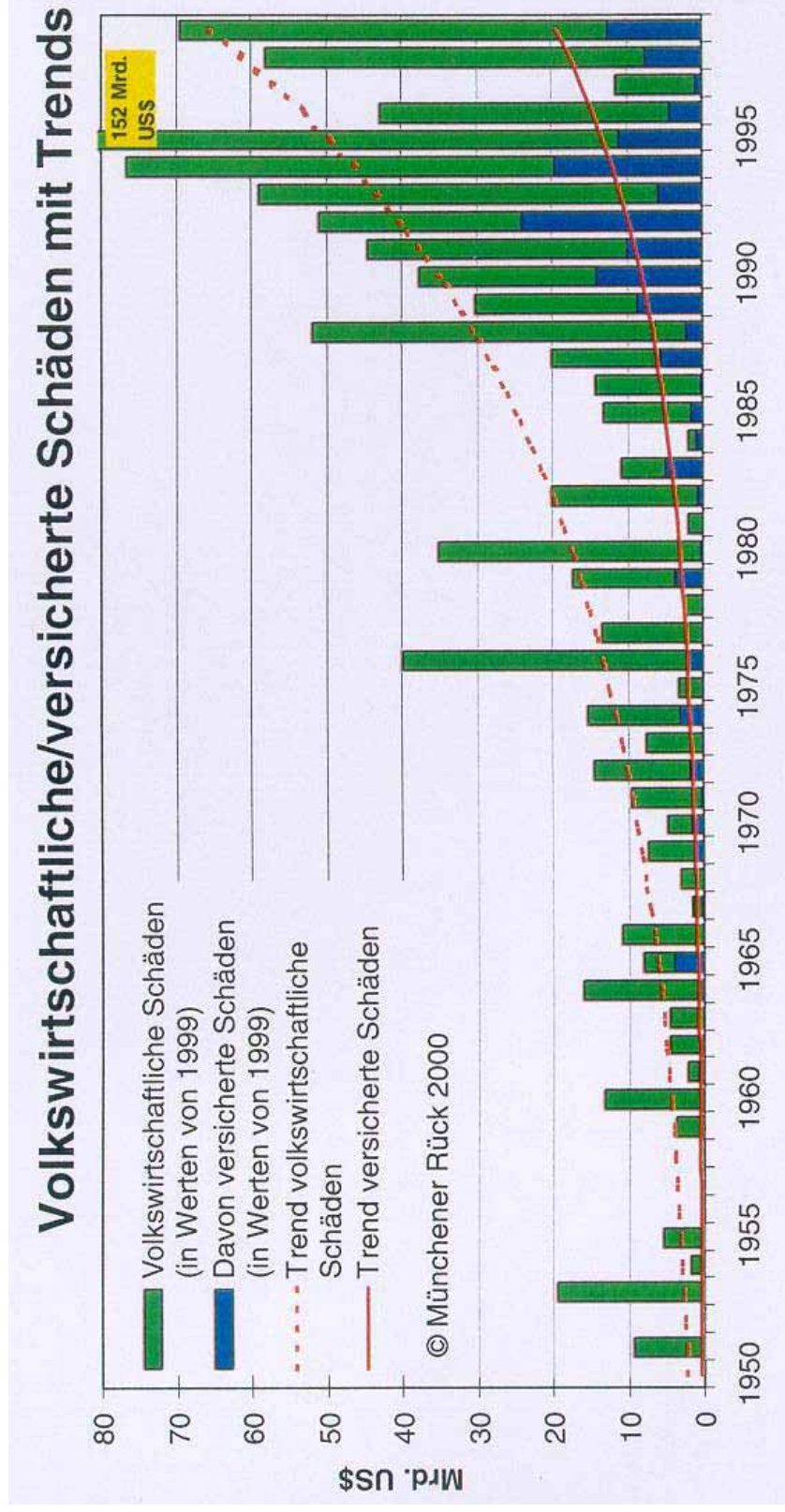
CO₂ Emissionsszenarien

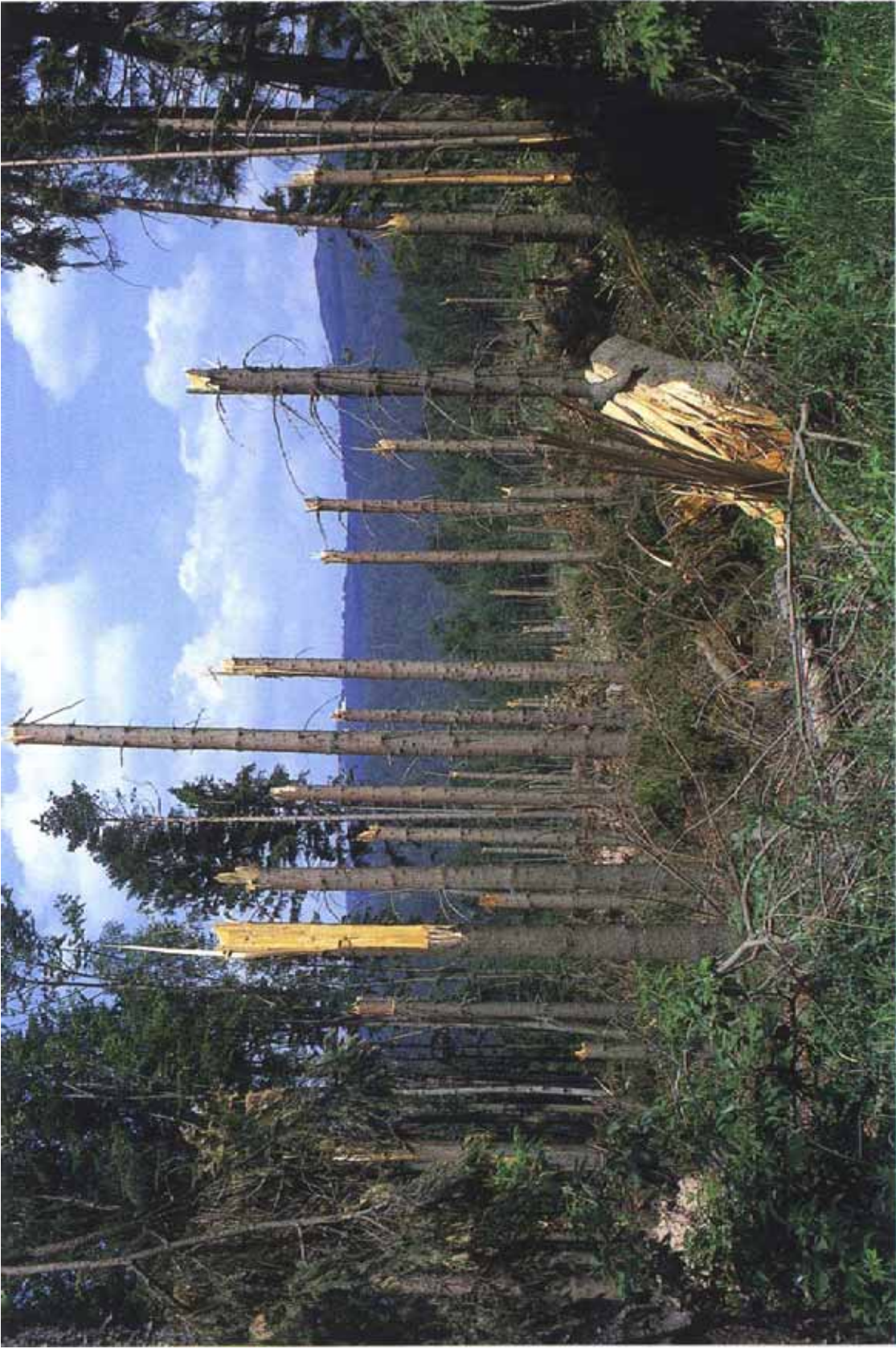




Global temperature will rise from 1.4-5.8°C over this century unless greenhouse gas emissions are greatly reduced

Beobachtete Zunahme der Extremereignisse





Stürme

Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe - 6./7.11.2003

Überschwemmungen



Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe - 6./7.11.2003

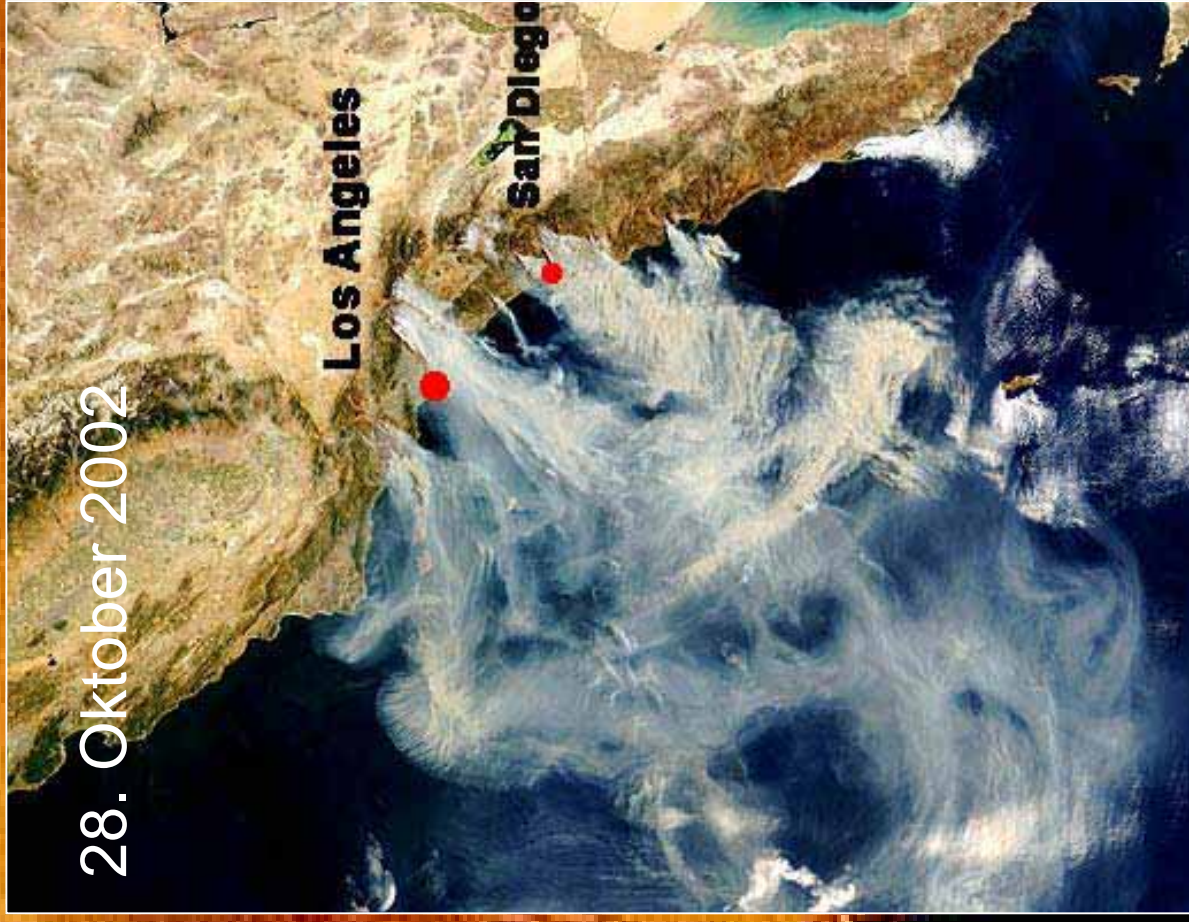
Dürre



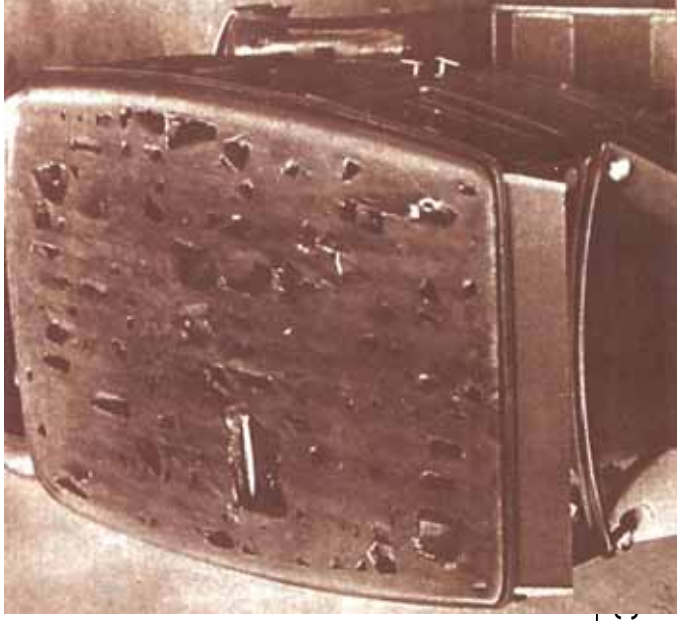
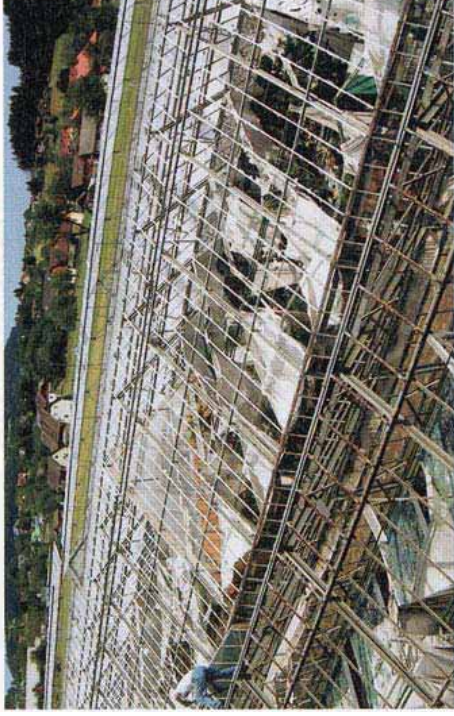
Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe - 6./7.11.2003

Waldbrände

28. Oktober 2002

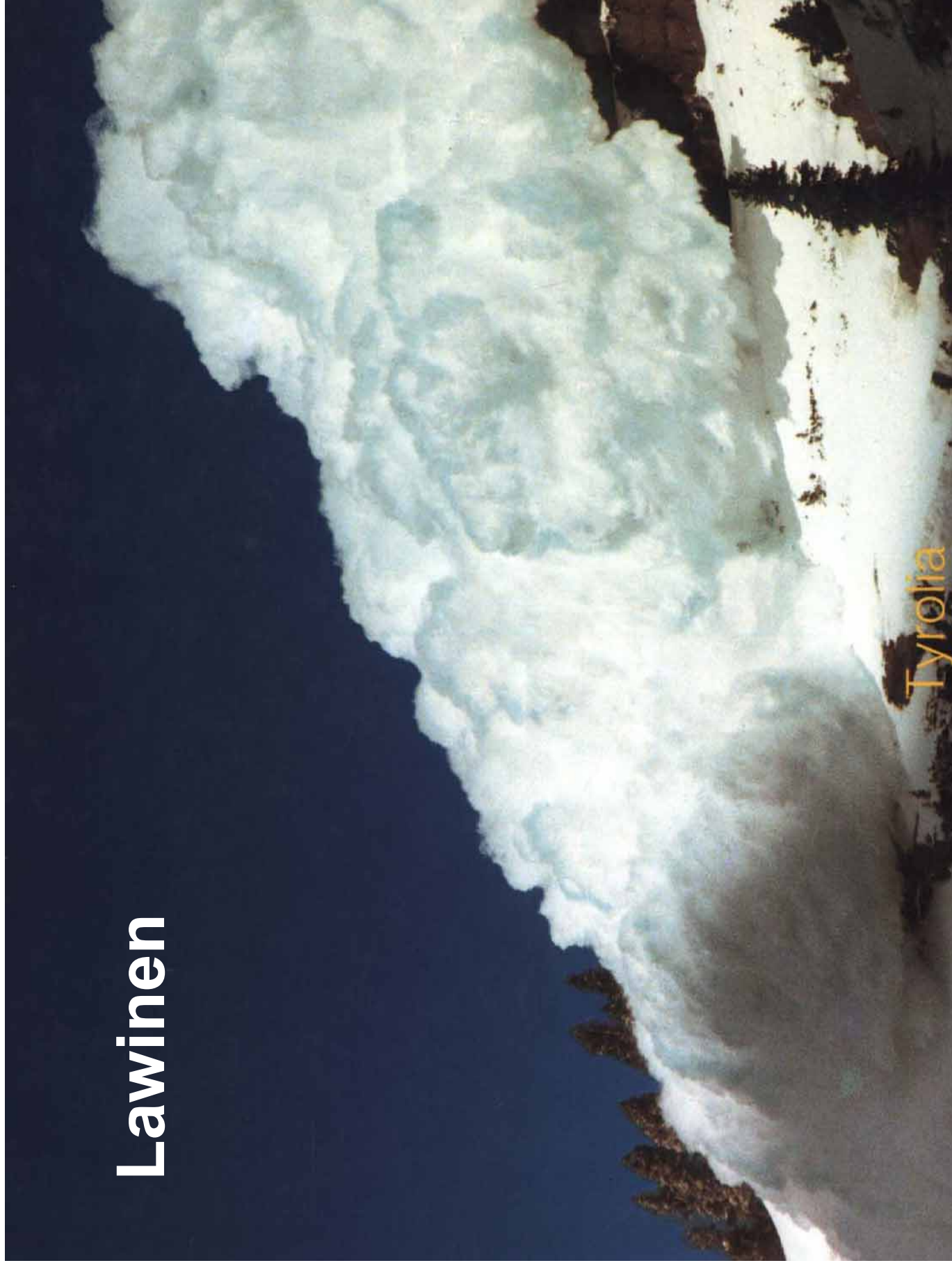


Hagel



offe - 6./7.11.2009

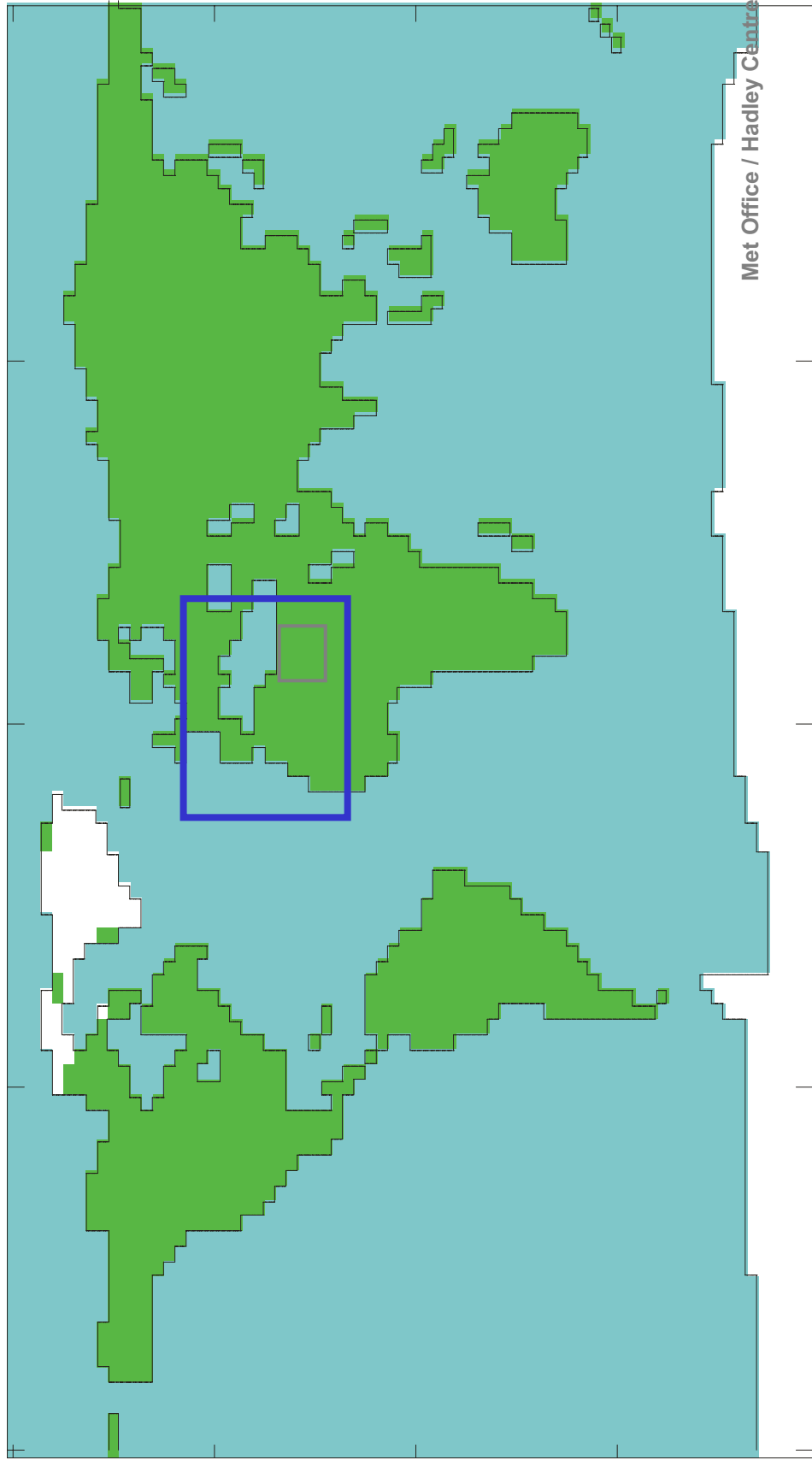
Lawinen



Tyrolia

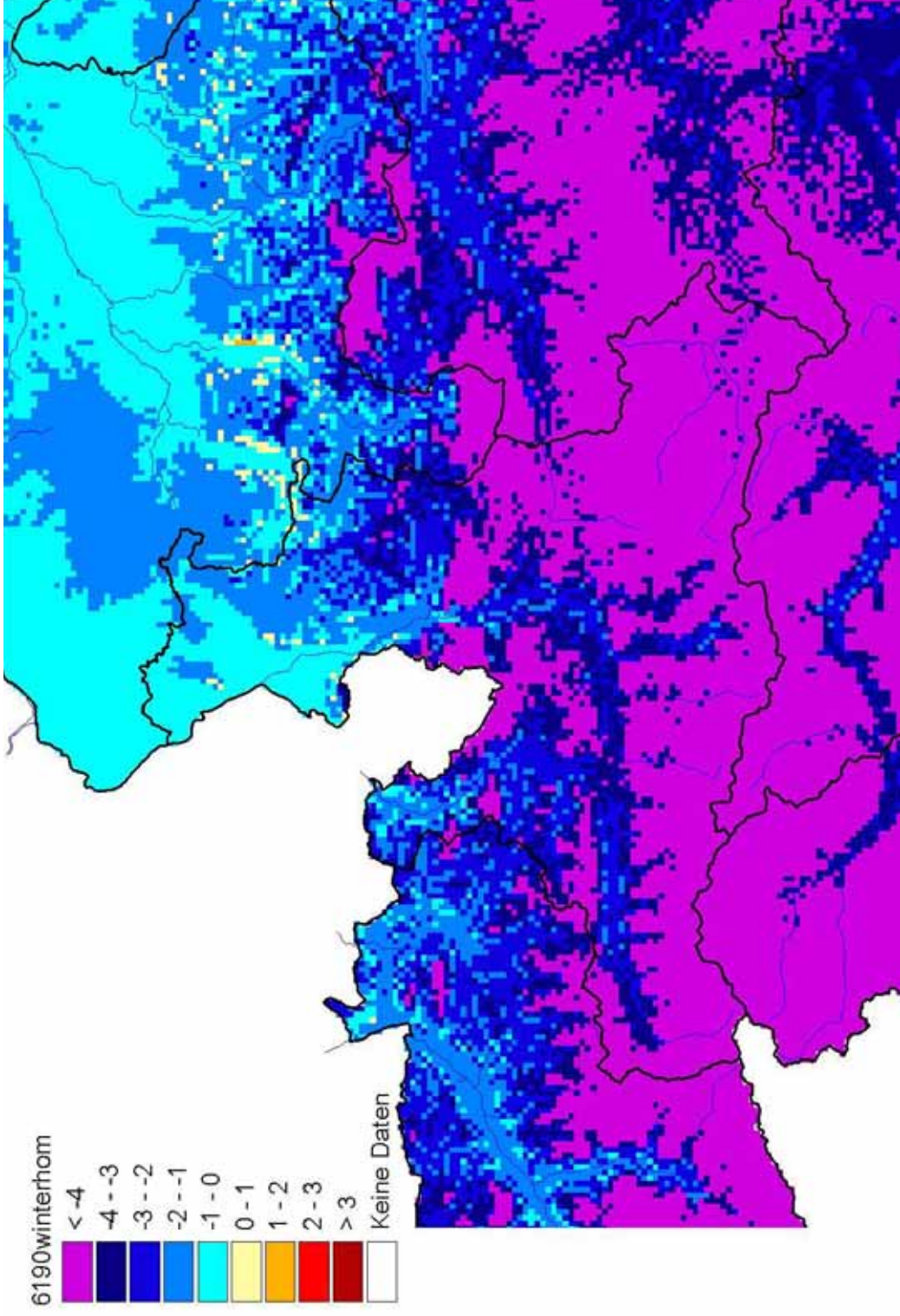
Der regionale Maßstab

Das Problem der Auflöschung

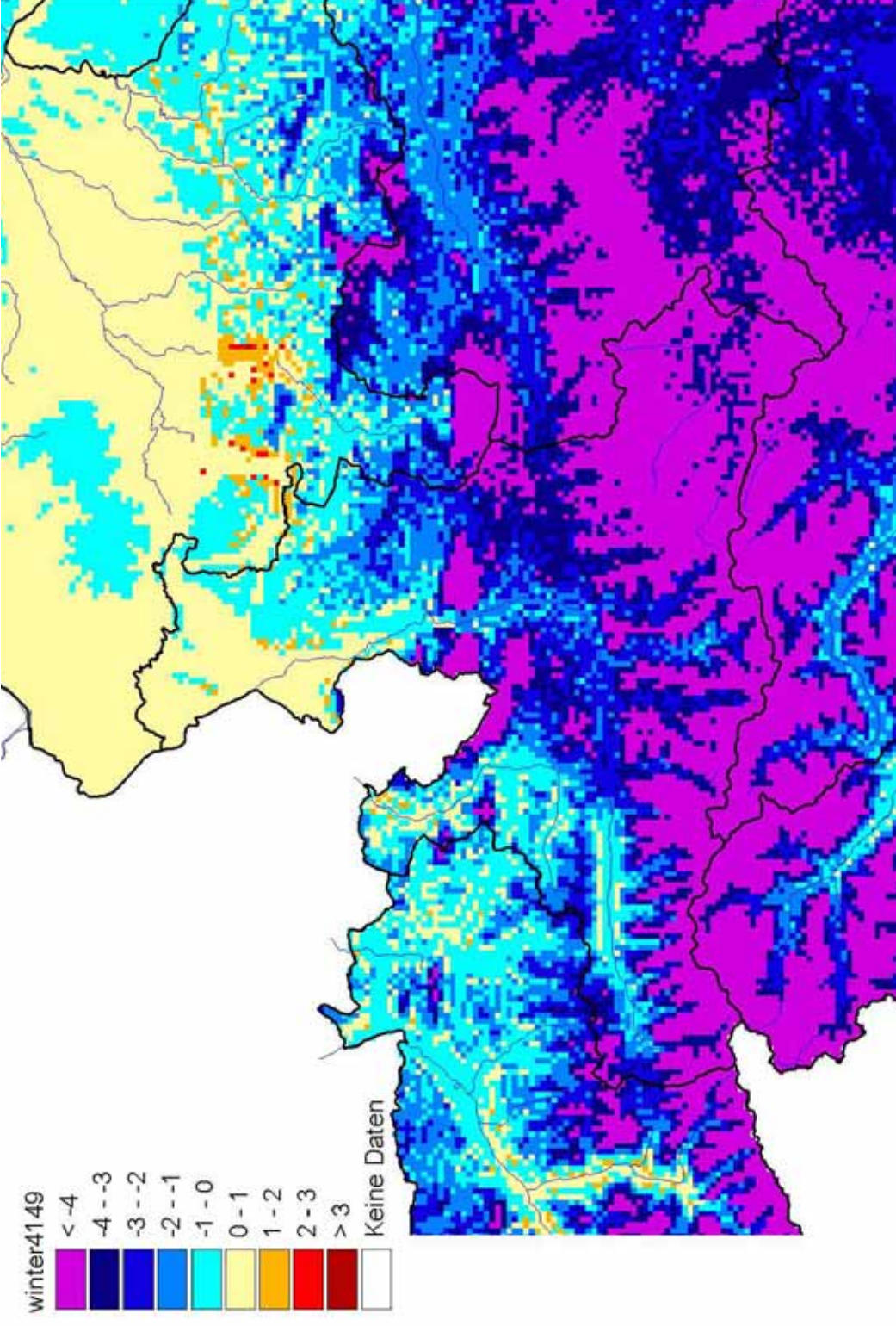


Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe - 6./7.11.2003

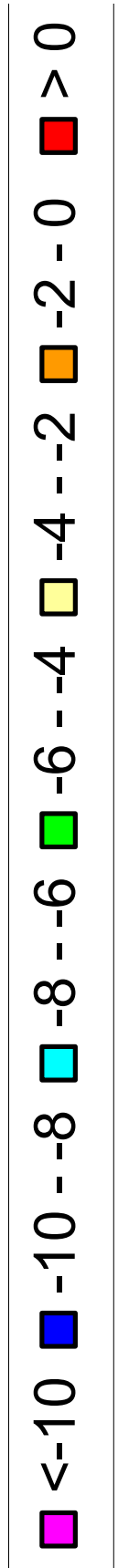
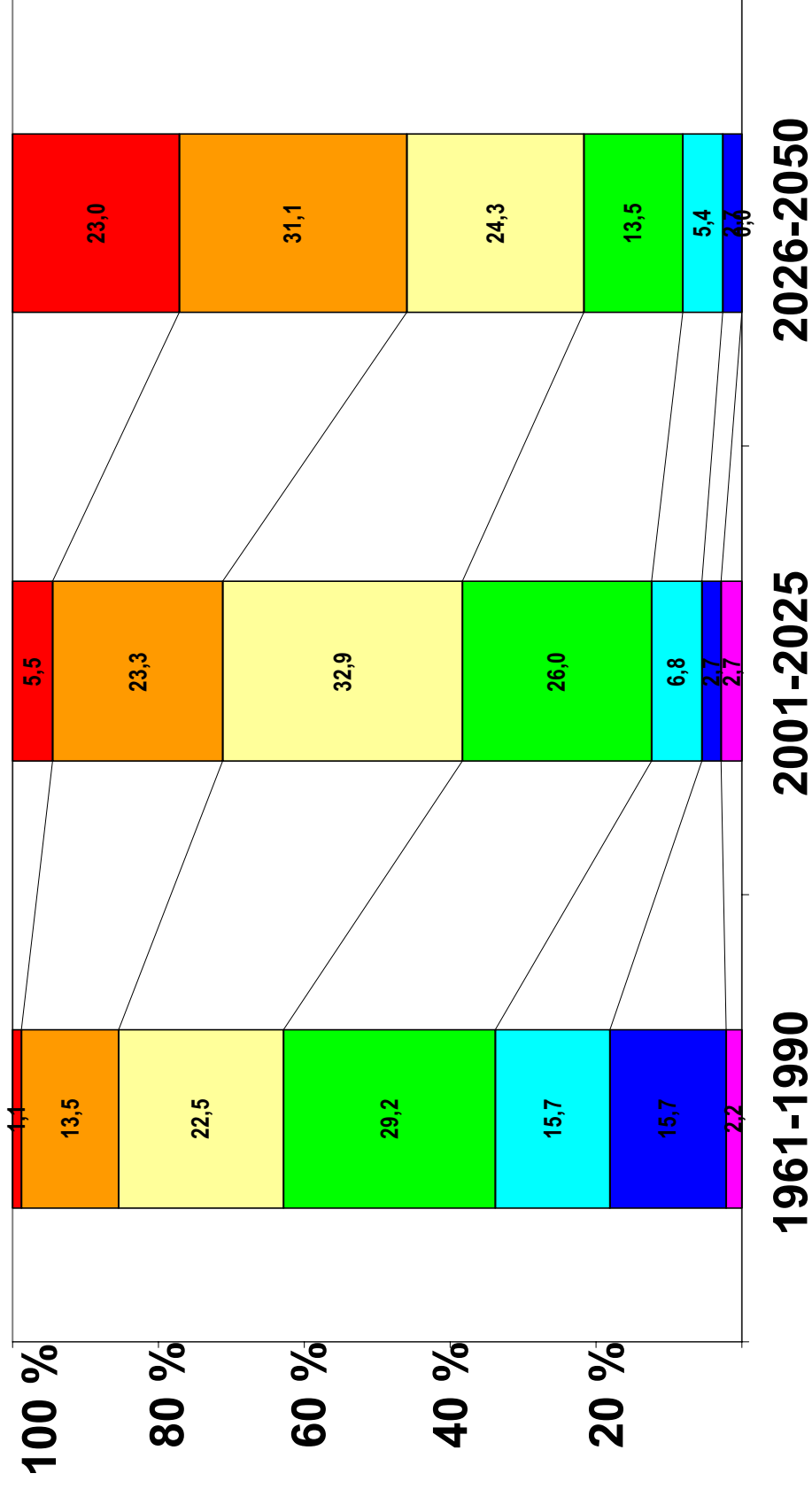
Wintertemperatur (°C): 1961 - 1990



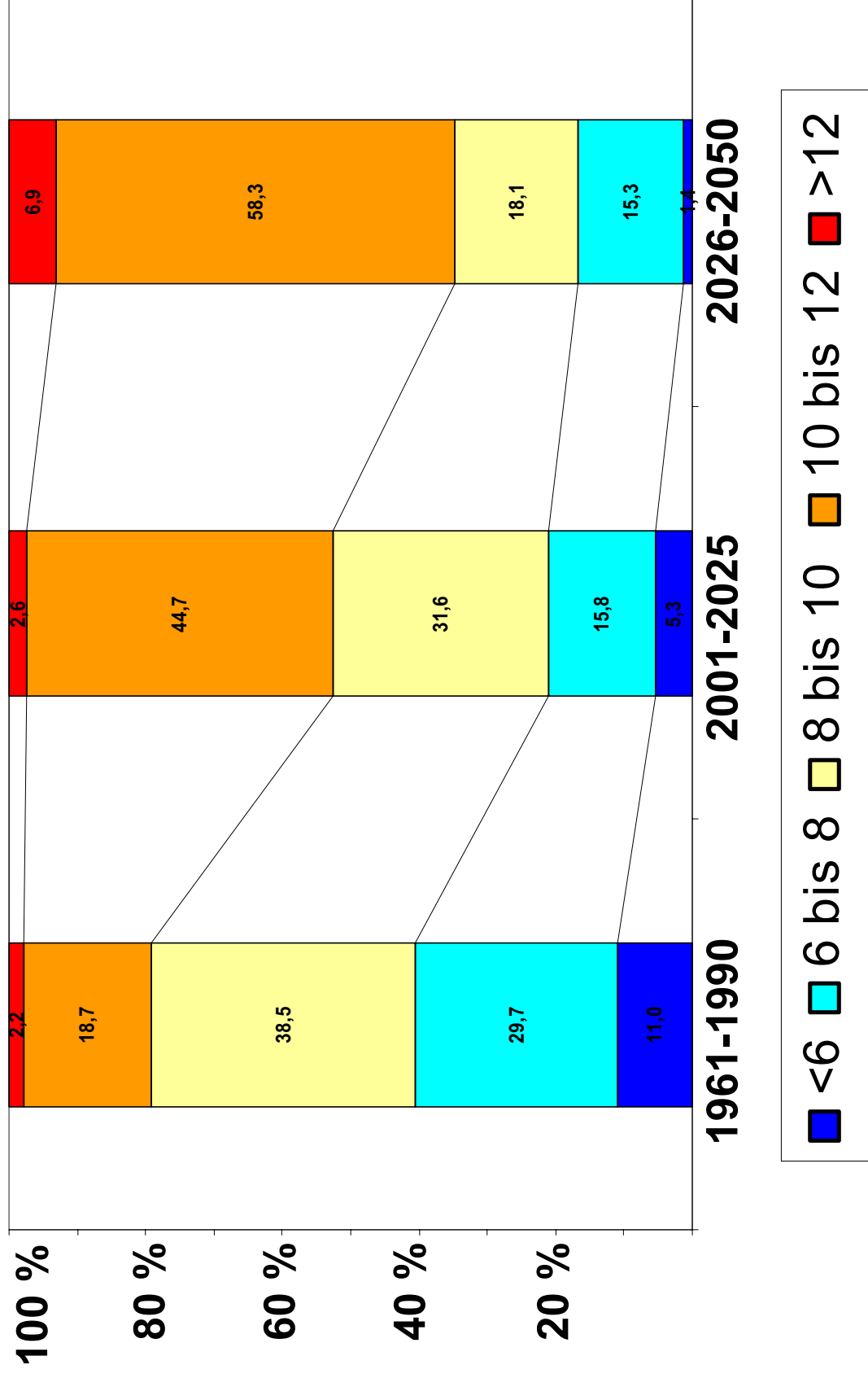
Wintertemperatur (°C): 2041 - 2049



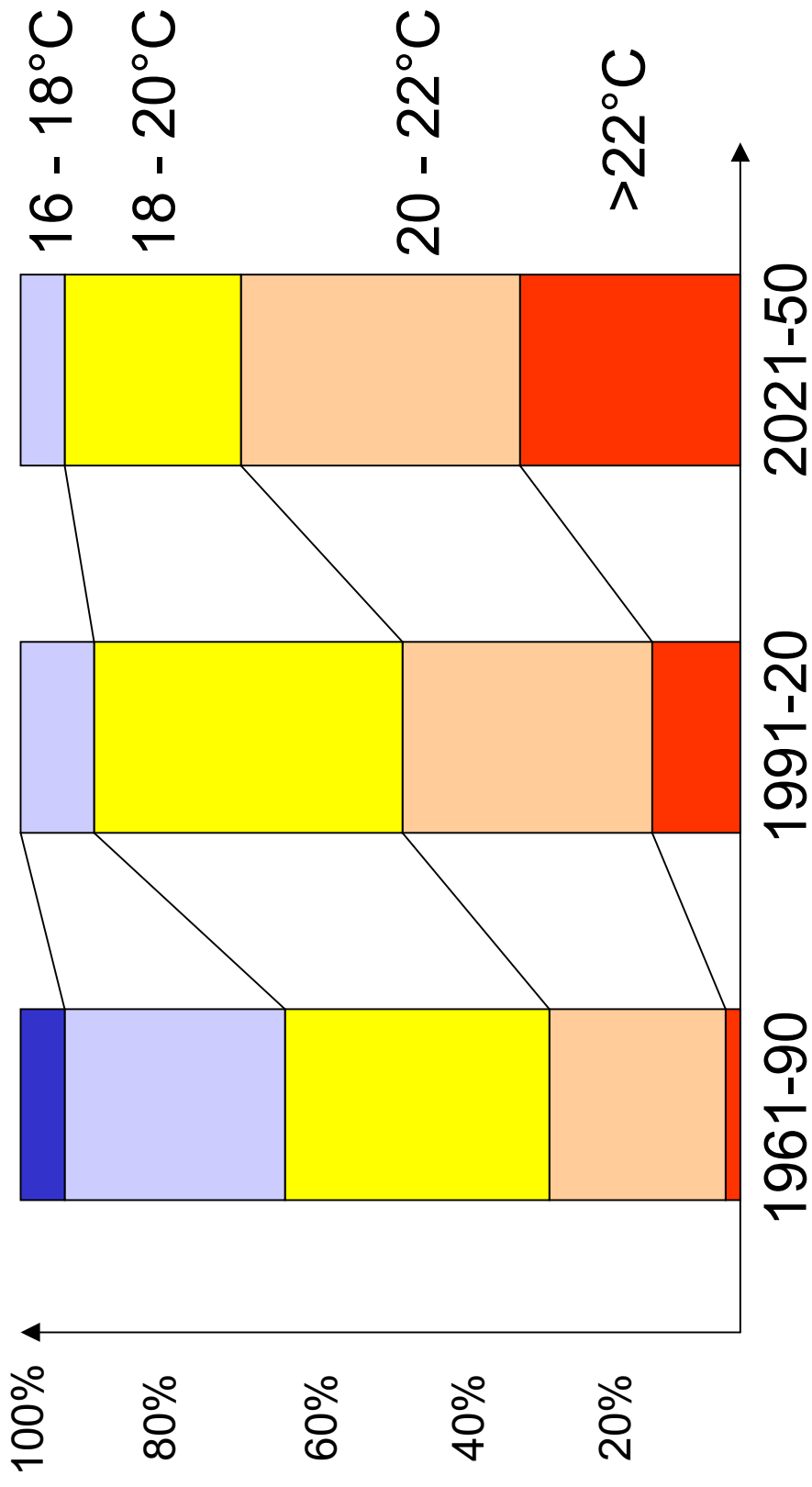
Monatsmitteltemperaturen im Winter auf der Schmittenhöhe



Monatsmitteltemperaturen im Sommer auf der Schmittenhöhe



Monatsmitteltemperaturen höher als 22°C, die in Wien bisher etwa einmal alle 10 Jahre vorkamen, werden in 40 Jahren fast jedes Jahr vorkommen



Klimawandel - Mögliche Folgen für Österreich

Szenario: Anstieg der mittleren Temperatur um 2° Celsius im nächsten Jahrhundert bei erwarteter CO₂-Emissions-Verdoppelung

HNEE - bis 2.500 m
 Innecke liegt
 50 Tage/Jahr kürzer,
 a. drastische Einbußen
 Wintertourismus)

Alle GLETSCHER
 werden kleiner, viele
 verschwinden ganz

SEEN - Erhöhte
 Wassertemperatur,
 Veränderung des
 Stoffwechsels und
 der Artenzusammen-
 setzung, Entkoppelung
 von Nahrungsketten.

NIEDERSCHLÄGE -
 um 20% mehr im Winter,
 Abnahme im Sommer

FLÜSSE -
 führen im Winter
 mehr Wasser
 Sommer wasserarm

HNEE - Flachland
 Innecke liegt
 20 Tage/Jahr
 länger

Wirtschaft

- => Landwirtschaft
- => Forstwirtschaft
- => Tourismus
- => Energiewirtschaft
- => ...

MENSCHEN - vermehrte Krankheits- und Todesfälle durch Hitzestress, Veränderung Verbreitungsgebiete von Krankheitserregern, Zunahme der UV-Strahlung führt zu vermehrten Hauterkrankungen Hautkrebs und Störungen des Immunsystems

© R. Podolsky
 © APA Österreichische
 Gesellschaft für Klimawissenschaften

Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Landwirtschaft

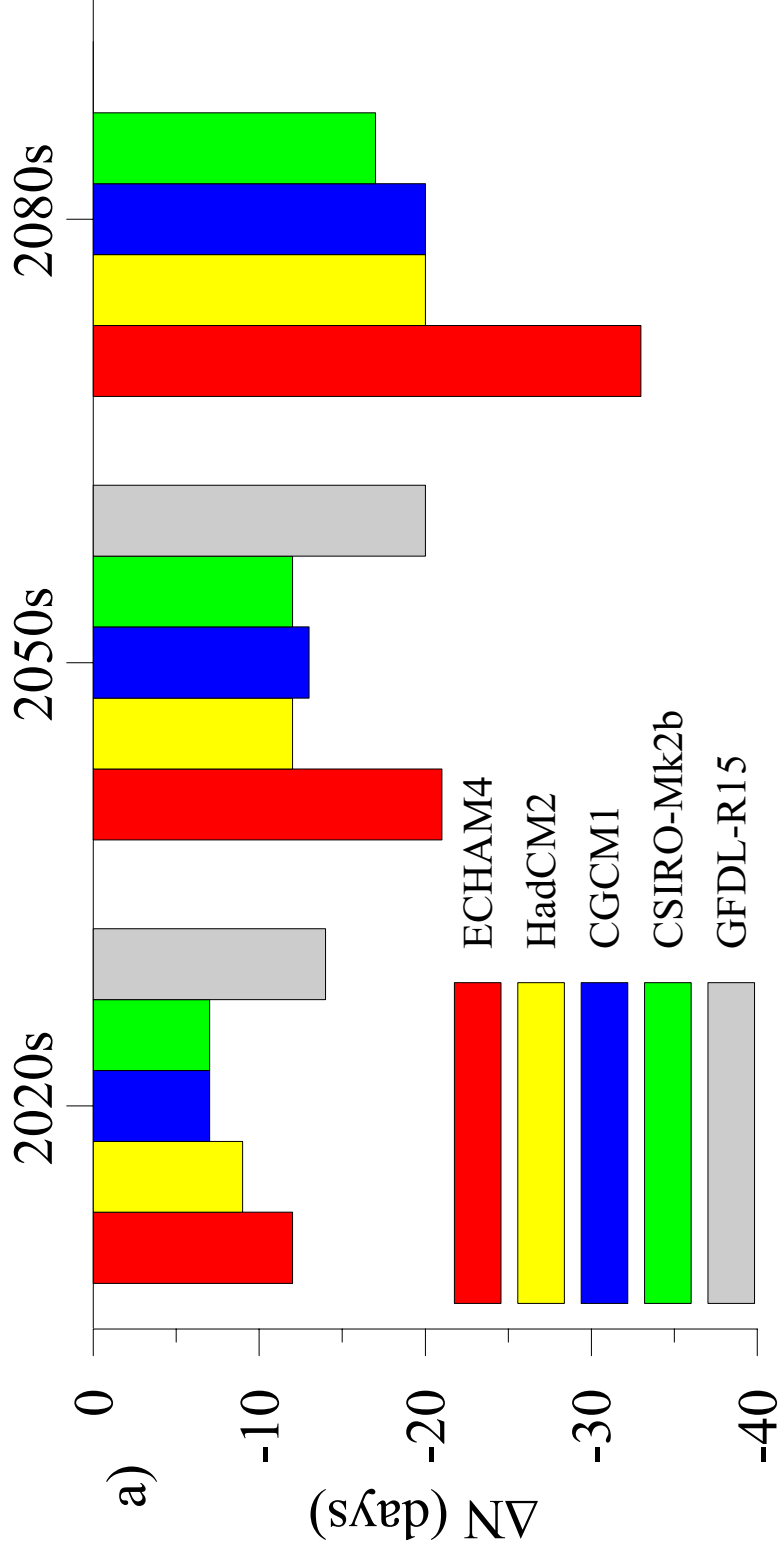
- Effekte auf die Pflanzenproduktion
 - Klima
 - CO₂
- Effekte auf die Böden (direkt und indirekt)
- Effekte auf Pflanzenkrankheiten und Schädlinge
- Effekte auf Tierproduktion
- Effekte auf Tourismus u.a. Nebenerwerb

Temperaturerhöhung / Wachstumseffekte

- Verlängerung der Vegetationsperiode
 - z.B. 2°C T-Erhöhung Verlängerung um 2-4 Wochen
 - => Spielraum für Gestaltung von Fruchtfolgen
 - => Positive Effekte im Grünlandbereich
- Verkürzung der Entwicklungsphasen
 - Relevant z.B: bei Ackerfrüchten – z.B. pro 1°C T
 - Erhöhung Verkürzung der Kornfüllungsphase um 5%
 - => Ertragsverluste

Änderung der Dauer bis zum Reifen

Winterweizen in Kollerschlag



Temperaturerhöhung / Flächeneffekte

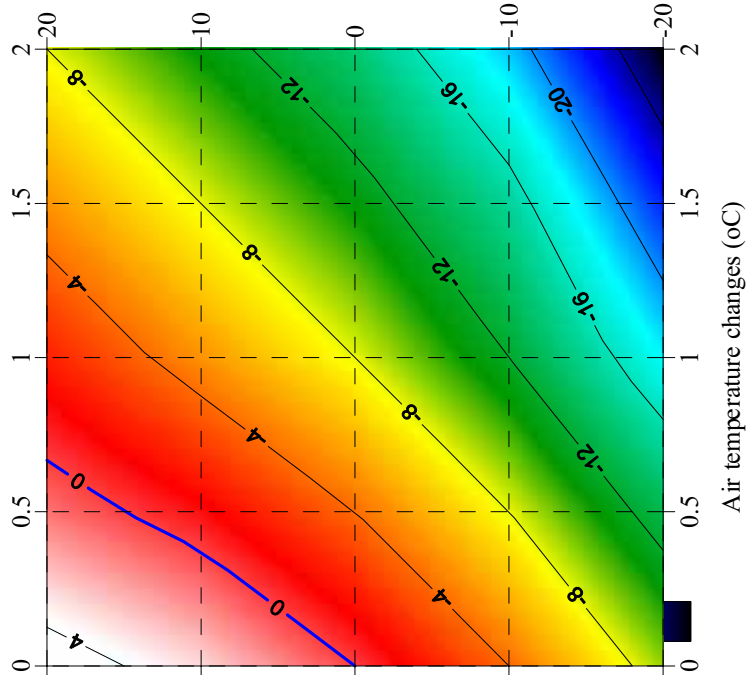
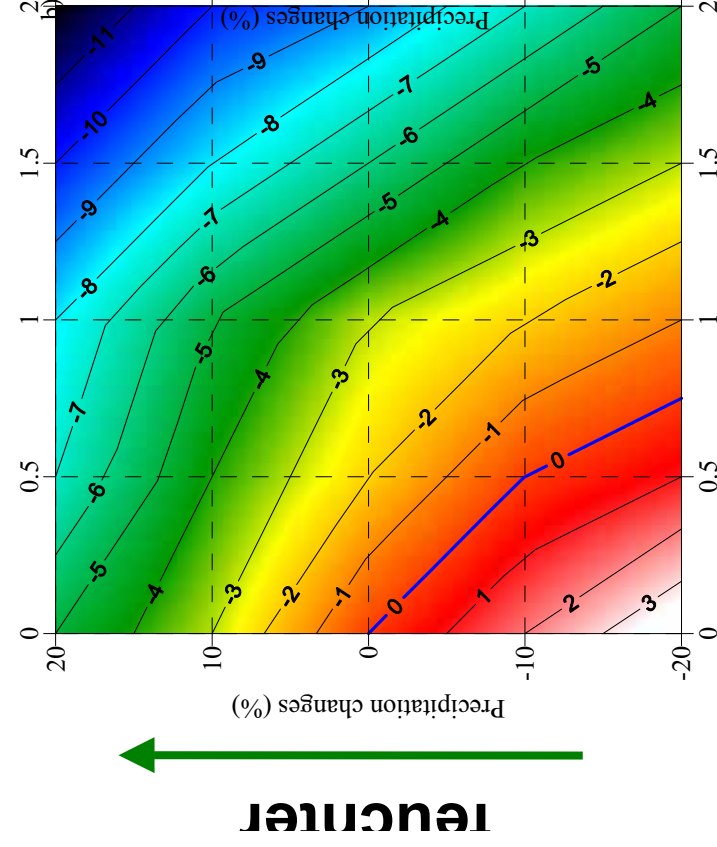
- Verschiebung von Anbauzonen / -möglichkeiten
 - zu nördlicheren Breiten: pro 1°C ca. 50 – 100 km (z.B. Sommergetreideanbau in Finnland)
 - in größerer Höhenlagen: bei 1-3°C ca. 100 – 450 m (z.B. Rauhfutteranbau in der Schweiz)

Positive Effekte dort, wo gegenwärtige Temperatur wachstumslimitierend

Ertragsänderungen unter geänderten Klimabedingungen

Lobming, Stmk

Rohrbach, OÖ



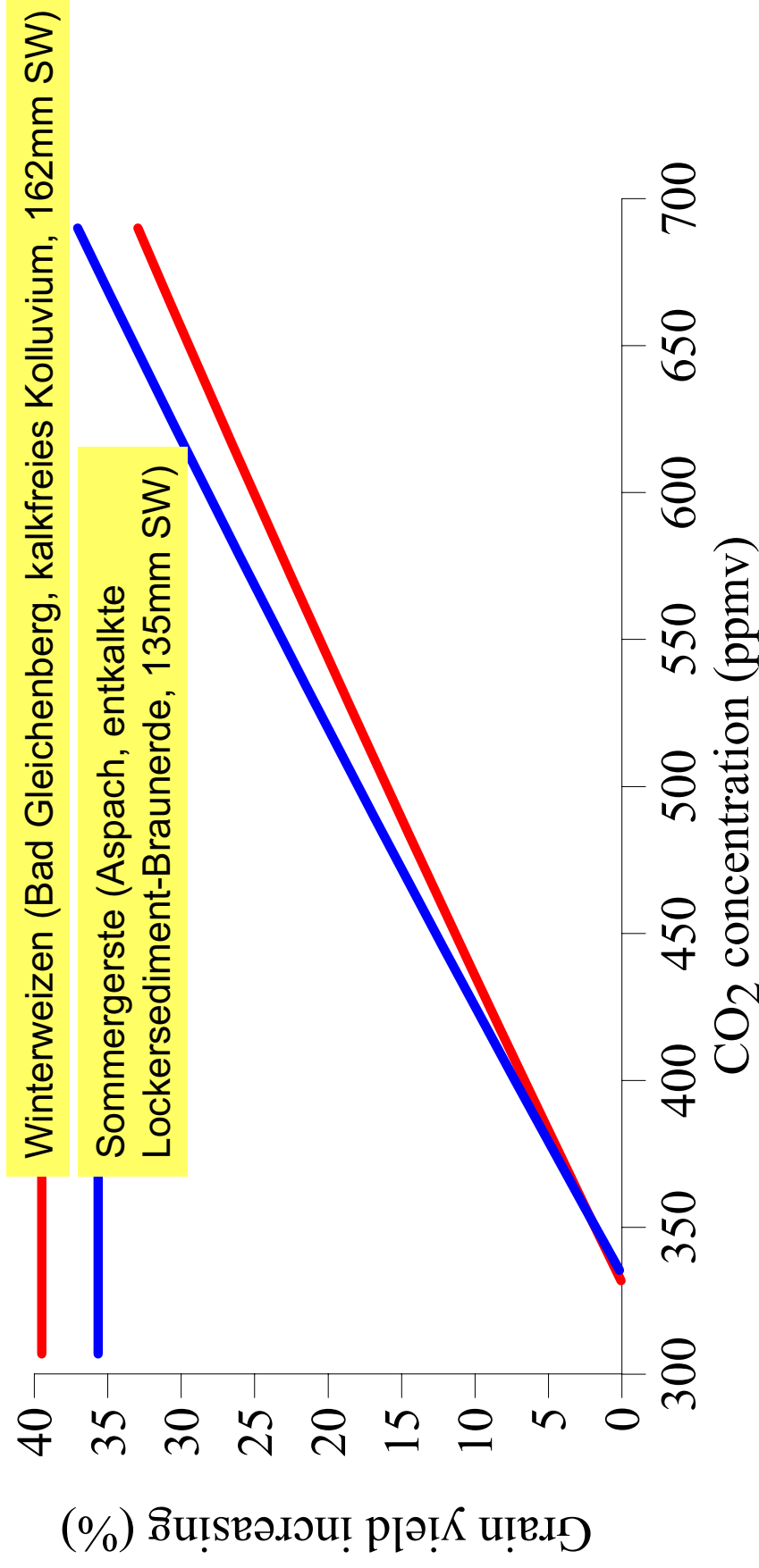
wärmer

wärmer

kalkfreie Felsbraunerde
198 mm SW

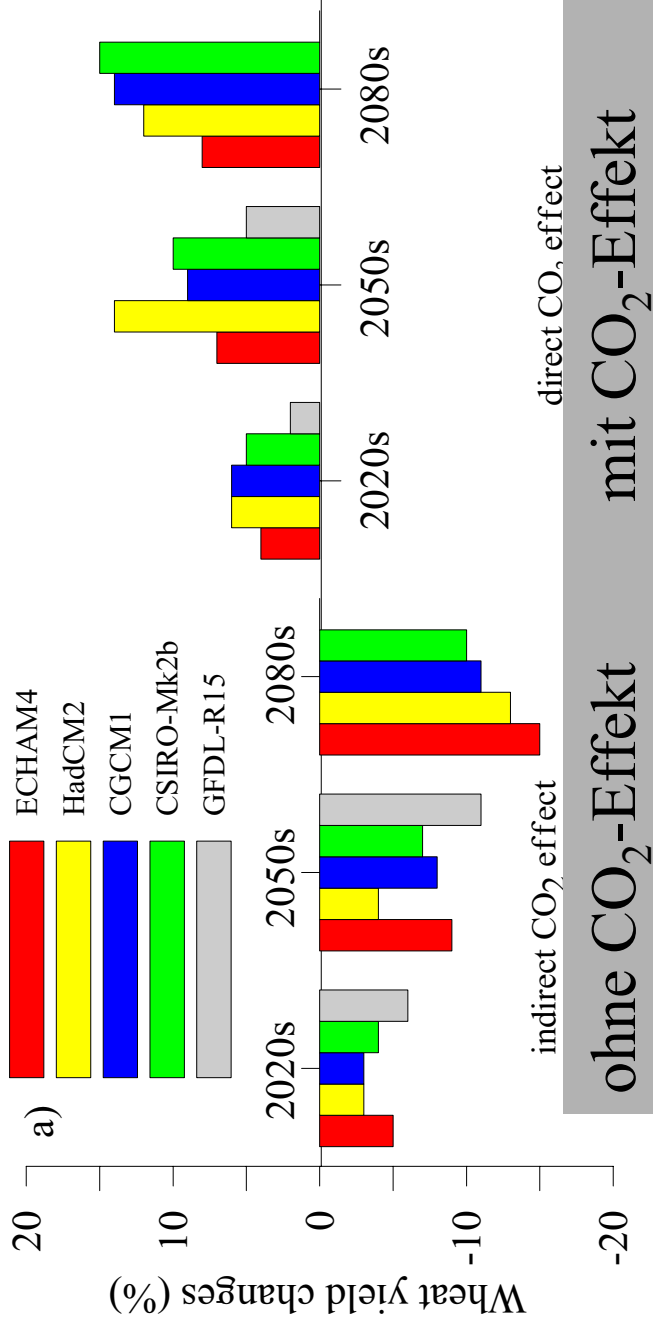
kalkfreie Felsbraunerde
100 mm SW

Simulierte Zunahme des Ertrages bei zunehmenden Kohlendioxidkonzentrationen

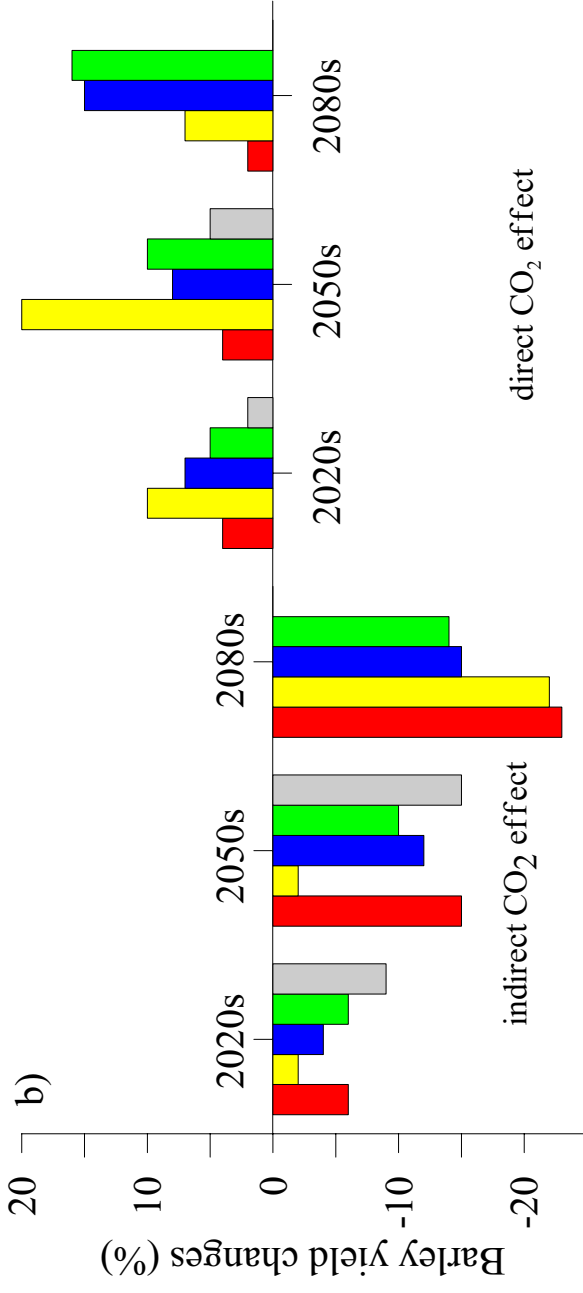


Ertrags- änderungen

Winterweizen



Sommergerste



Anpassungsmöglichkeiten

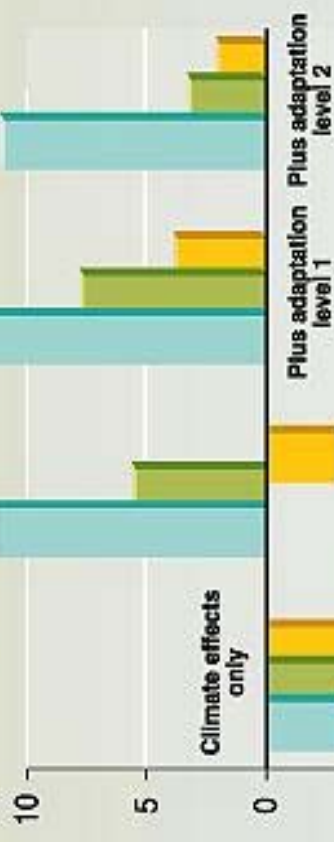
- Pflanzzeiten /Aussaattermine (z.B. mehrere Ernten pro Jahr)
- Arten- und Sortenwahl (z.B. Nutzung vorhandener Bandbreite)
- Arten- und Sortenentwicklung (z.B. Hitze- und Trockenresistenz)
- Bewässerung
- Nährstoffversorgung (z.B. Optimierung des CO₂-Düngeeffektes)
- Pestizideinsatz
- Bodenbearbeitung (z.B. nicht-wendende Bodenbearbeitung; Mulchsaaten)
- Landnutzung (z.B. Fruchtfolgegestaltung)

Developed countries

Change in cereal production under three different GCM equilibrium scenarios in percent from base estimated in 2060

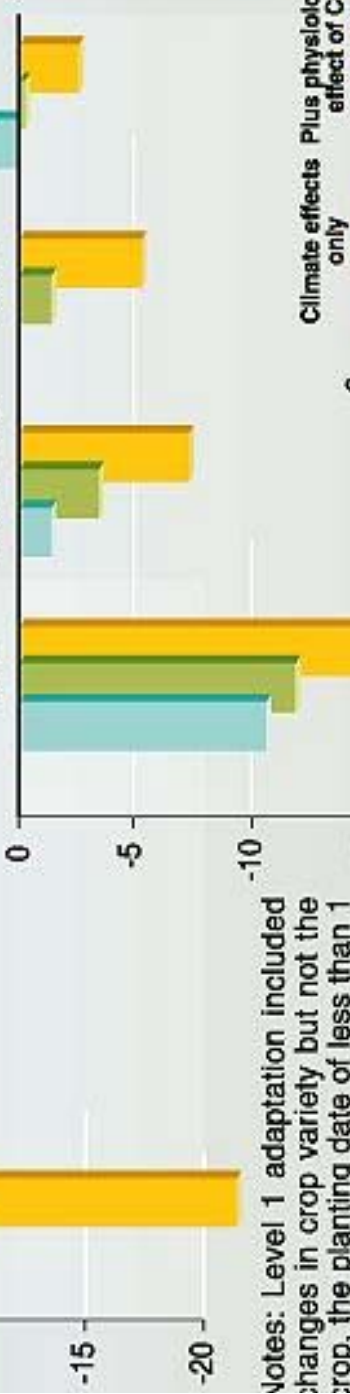
Climate effects only
 Plus physiological effect of CO₂
 Plus adaptation level 1
 Plus adaptation level 2

GISS scenario
 GFDL scenario
 UKMO scenario



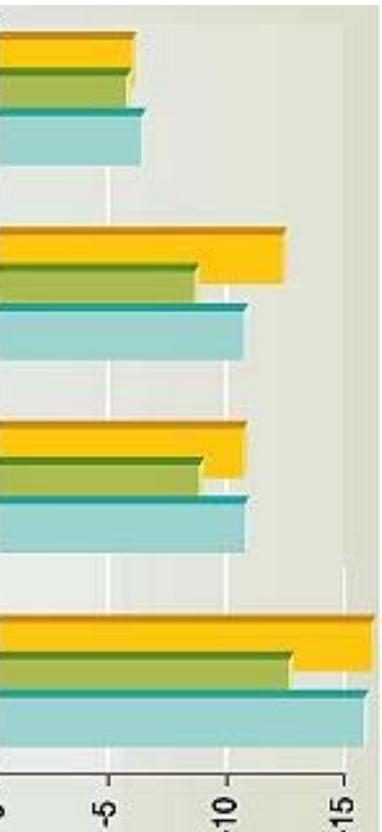
World total

Climate effects only
 Plus physiological effect of CO₂
 Plus adaptation level 1
 Plus adaptation level 2



Developing countries

Climate effects only
 Plus physiological effect of CO₂
 Plus adaptation level 1
 Plus adaptation level 2



Notes: Level 1 adaptation included changes in crop variety but not the crop, the planting date of less than 1 month, and the amount of water applied for areas already irrigated. Level 2 adaptation additionally included changes in the type of crop grown, changes in fertilizer use, changes in the planting of more than 1 month, and extension of irrigation to previously unirrigated areas.

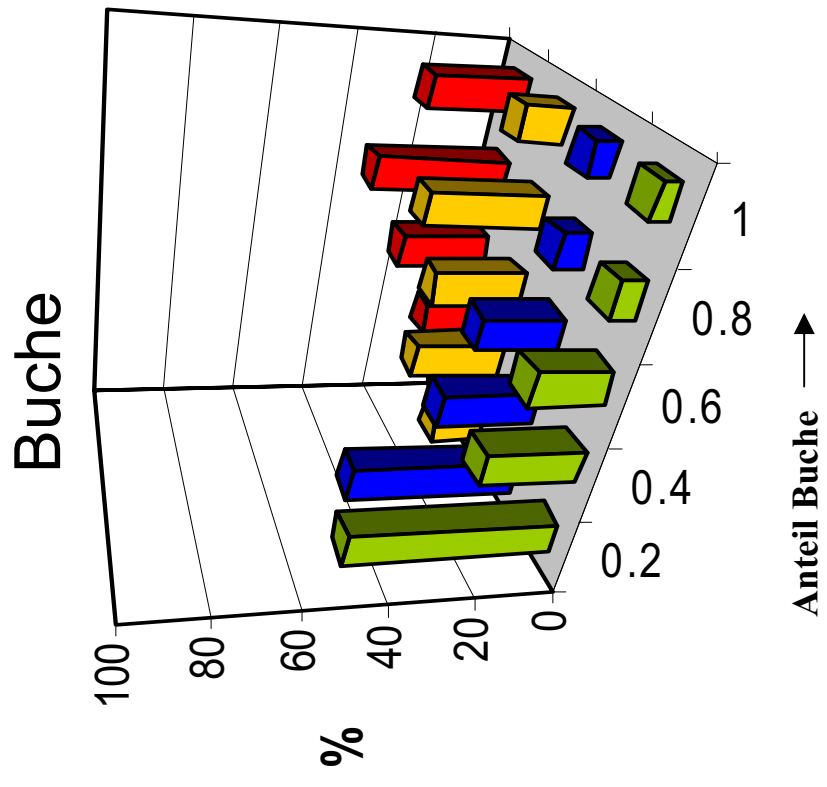
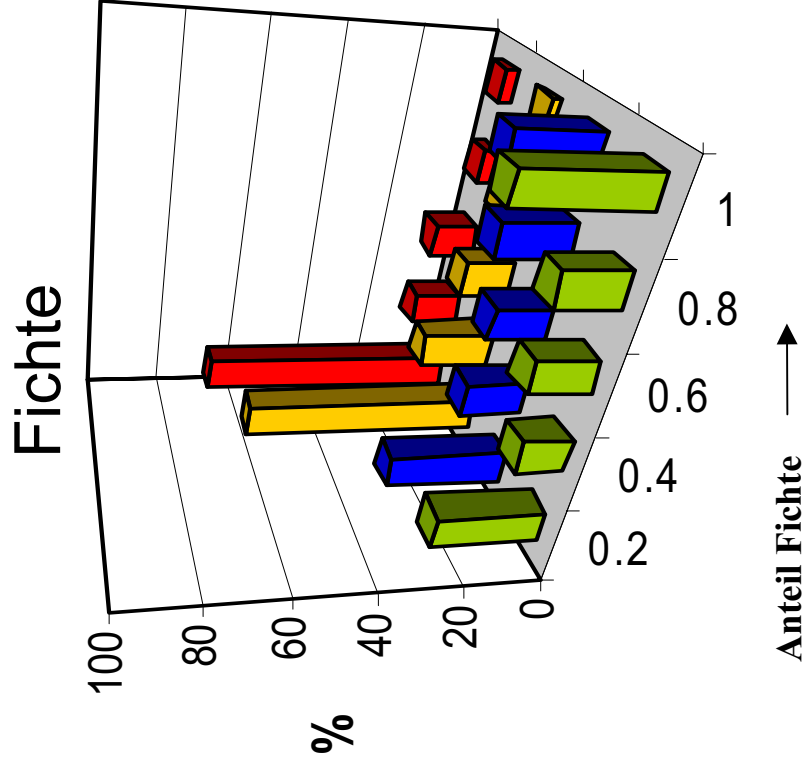


Forstwirtschaft

- Anpassung wegen längerer Lebensdauer schwieriger
- Änderungen in der Artenzusammensetzung
- Verschiebung der Waldgrenze
- Destabilisierung von Schutzwäldern?

Baumartenanteile an der simulierten potentiellen natürlichen Vegetation für Österreichs Wald

Modell PICUS



- PNV baseline
- PNV scA: +0,8°C, +/-7% Niederschlag
- PNV scB: +2°C, +/- 7% Niederschlag
- PNV scC: +2°C, -15% Niederschlag

Folgerungen

- **Mittelfristeffekte stärker in tiefen Lagen**
 - Mortalitätsereignisse besonders in sekundären Nadelwäldern
- **Langfristeffekt in höheren Lagen stärker**
 - Laubbaumarten werden in höheren Lagen konkurrenzkräftiger
- **ca. +1.0 °C als Schwellenwert, ab dem simulierte Klimaänderungswirkungen stark zunehmen**
- **Niederschlagsreduktion in Tieflagen sehr rasch wirksam**

Lexer et al 2001

Auswirkungen auf Wald und Forstwirtschaft

Veränderungen der Spezieszusammensetzung, erhöhtes Wachstum einiger Spezies

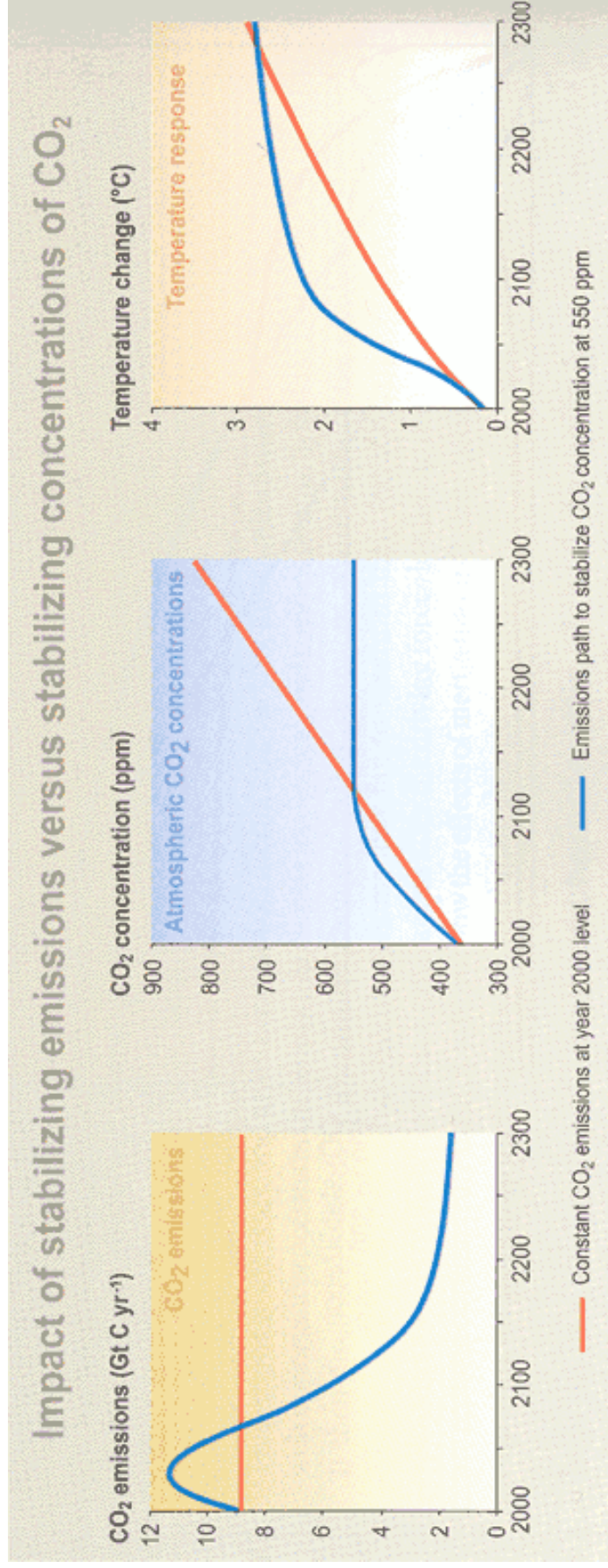
Zunahme von Dürren und Bränden (S- und W-Europe)

Zunahme von Stürmen

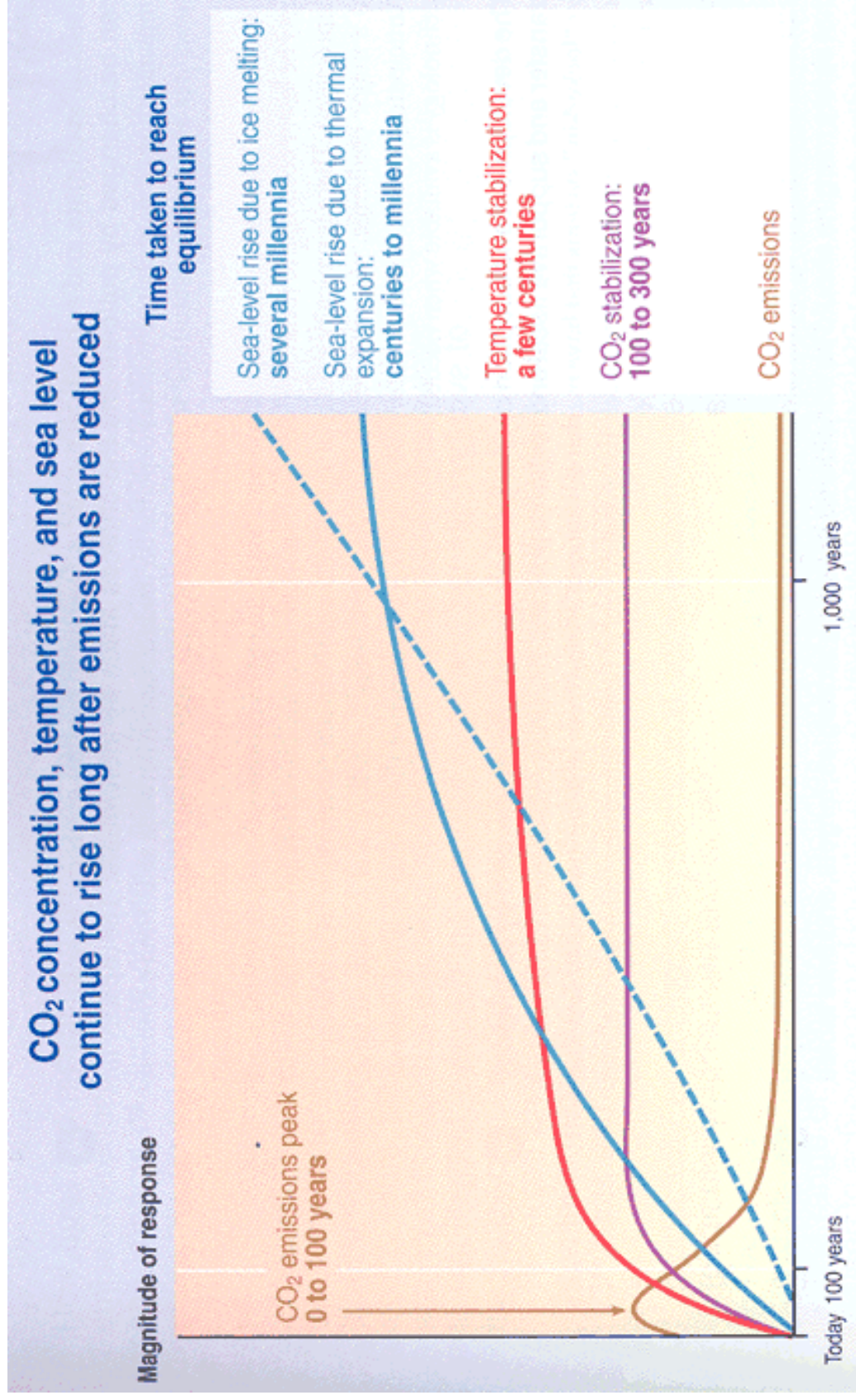
Zunahme von Insekten und Schädlingen

Zunahme der Kosten für Holzbringung wegen verkürzter Schneedeckendauer, mehr Regen und feuchterem Boden (N)

Stabilisieren von Emissionen oder Konzentrationen?



Schematische Projektion für 1000 Jahre



Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe - 6./7.11.2003

Prozesssynthese für Erneuerbare Ressourcen

L. Halasz¹⁾, G. Povoden²⁾, M. Narodoslowsky^{2)†}

1) Institute of Information Technology and Electrical Engineering, University of Veszprem, Hungary

2) Institut für Ressourcenschonende und Nachhaltige Systeme, T.U. Graz, Austria

Abstract

Erneuerbare Ressourcen stellen besondere Anforderungen an die Entwicklung von Verarbeitungsprozessen. Durch den dezentralen Anfall der Rohstoffe, durch ihre meist geringen Transportdichten und durch ihre Verderblichkeit, ebenso wie durch den unregelmäßigen zeitlichen Anfall der Rohstoffe, erhält die Logistik einen besonderen Stellenwert und ist aus der Entwicklung des Gesamtprozesses nicht mehr auszuklammern. Ebenso ist es notwendig, Prozesse an die regionalen Strukturen der Landwirtschaft anzupassen, ein Faktor, der bei herkömmlichen chemischen Prozessen meist keine Rolle spielt. Die Herausforderung ist daher meist nicht die Optimierung eines einzelnen Prozesses, sondern die Synthese einer vollständigen Wertschöpfungskette, die oft über den Einzelbetrieb hinausgeht. Zusätzlich ist auch noch zu beachten, dass innovative Prozesse auf der Basis nachwachsender Rohstoffe in einem außerordentlich starken Wettbewerb mit Prozessen auf Basis fossiler Rohstoffe stehen. Dadurch kommt der Gesamtoptimierung der Wertschöpfungskette entscheidende Bedeutung für die Umsetzung solcher Prozesse zu. Ein Werkzeug, das in besondere Weise geeignet ist, stellt die Prozesssynthese dar.

Über die notwendige Erweiterung des Prozessbegriffes hinaus verwenden Prozesse auf Basis nachwachsender Rohstoffe oft auch Verfahrensschritte (wie etwa Membranverfahren und Chromatographie) für die heute nur in geringem Maße brauchbare Auslegungsheuristiken fehlen. Dieser Umstand führt dazu, dass für das sonst bereits sehr gut entwickelte Werkzeug der Prozesssynthese ebenfalls neue Herausforderungen gelten und die Wahl der verwendbaren Methoden deutlich eingeschränkt ist. In Frage kommen nur solche Methoden der Prozesssynthese, die auf der Basis kombinatorischer Prinzipien arbeiten und daher unabhängig von Heuristiken sind.

Dieser Beitrag untersucht die Anwendbarkeit solcher Prozesssynthese Methoden, ebenso wie den Beitrag, den diese für die Technologieentwicklung leisten können, an Hand des Beispiels der Grünen Bioraffinerie. Dabei werden logistische Fragen bewusst mitberücksichtigt, um wesentliche allgemeine Fragestellungen im Bereich nachwachsender Rohstoffe zu beantworten.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen das große Potential der Prozesssynthese für die Entwicklung von Technologien auf der Basis nachwachsender Rohstoffe auf. Wendet man dieses Werkzeug bereits früh in der Prozessentwicklung an, so können wertvolle Hinweise gewonnen werden, welche Verarbeitungslinien grundsätzlich wirtschaftliches Potential aufweisen. Damit können kostspielige Entwicklungssackgassen vermieden und die rasche Umsetzung solcher Technologien wirksam gefördert werden.

Keywords: Prozess Synthese, P-graph Methode, Erneuerbare Ressourcen, Grüne Bioraffinerie

Einleitung

Die Entwicklung herkömmlicher Verfahren auf der Basis fossiler und mineralischer Rohstoffe ist meist mit der Erarbeitung eines Prozessschemas für Einzelverfahren beschäftigt. Die Größe der Anlage ist meist im Vorhinein festgelegt, die Rohmaterialien sind meist standardisierte Massenprodukte, die zu Weltmarktpreisen in die Kalkulation eingehen und die daher nur geringen Einfluss auf die Struktur des Prozesses selbst ausüben. Obwohl natürlich immer standortspezifische Faktoren (etwa die zeitliche und örtliche Verfügbarkeit von Energiequellen und Hilfsstoffen, Emissionsrestriktionen, etc.) in die Anlagenkonzeption einfließen, ist die Gesamtstruktur derartiger Prozesse kaum vom Standort selbst abhängig. Eine Rohöl-Raffinerie sieht in Hamburg, Schwechat und Kuala Lumpur durchaus ähnlich aus!

Die Prozessentwicklung soll dabei die kosteneffizienteste Lösung zur Verarbeitung eines Rohstoffes zu vorgegebenen Produkten erbringen, wobei die Welt außerhalb des Fabriktores weitgehend ignoriert werden kann.

Diese Situation ändert sich aber radikal für Prozesse auf der Basis nachwachsender Rohstoffe, insbesondere wenn sie Bulk- oder Semibulk-Produkte herstellen. Erneuerbare Rohstoffe werden immer in einem bestimmten regionalen Kontext produziert und sind meist in ihrer zeitlichen Verfügbarkeit durch Erntezyklen beschränkt. Überdies schwankt die Qualität dieser Rohstoffe in einem weitaus höheren Maß als jene von petrochemischen Ressourcen, wobei regionale klimatische Bedingungen einen wesentlichen Einfluss ausüben können.

Speziell für die Produktion von Bulkprodukten haben nachwachsende Rohstoffe mit einem wirtschaftlichen Nachteil zu kämpfen. Ihr Preis ist, bezogen auf die Produktausbeute, meist deutlich höher als jener von fossilen Rohstoffen. Dies ist insbesondere bei konventionellen Agrarprodukten wie Getreide und Ölsaaten der Fall die allerdings auf der anderen Seite technologische Vorteile wie hohe Konzentration bestimmter Inhaltsstoffe (etwa Stärke oder Öle), lange Haltbarkeit und hohe Transportdichten aufweisen und die, vergleichbar zu den fossilen Rohstoffen, einen internationalen Markt haben.

Diese Situation hat bisher die Entwicklung von Prozessen auf der Basis solcher Rohstoffe empfindlich behindert. Ihre Nutzung außerhalb ihrer konventionellen Anwendungen in der Lebensmittel-, Papier- und Zellstoff-, Fett- und pharmazeutischen Industrie ist stets an diesem Nachteil gegenüber fossilen Rohstoffen gescheitert. Durch die immer größere Bedeutung von Umweltfragen wie der globalen Erwärmung und steigendem Müllaufkommen in vielen Ländern, vor allem aber auch durch die erwartete Preissteigerung von Rohöl innerhalb der nächsten 15 Jahre (Schindler & Zittel, 2000) wird diese Vormachtstellung fossiler Rohstoffe allerdings in Frage gestellt. Aus diesem Grund wurde in den letzten Jahren eine Reihe von innovativen Technologien insbesondere auf der Basis agrarischer Nebenprodukten und Überschussprodukten wie Stroh, Forstnebenprodukten und Gras vorgeschlagen. Diese Technologien zielen oft auf Mehrprodukt-Prozesse ab und erhöhen so die Ausbeute aus dem Rohstoff. Die Verwendung von Nebenprodukten oder Niedrigpreisprodukten aus der Landwirtschaft, gepaart mit der hohen Ausnutzung des Rohstoffes sind dabei als Strategien zu sehen, die dem inhärenten wirtschaftlichen Nachteil nachwachsender Rohstoffe entgegenwirken sollen. Damit sollen diese Technologien auf dem Markt gegen solche auf der Basis fossiler Rohstoffe konkurrenzfähig werden.

Es ist allerdings augenscheinlich, dass diese neue Klasse von Prozessen besondere Anforderungen an die technische Entwicklung im allgemeinen und an die optimale Auswahl der Prozessstruktur im besonderen stellt. Die Rohstoffgewinnung ist grundsätzlich dezentral, die Transportdichten dieser Rohstoffe sind meist gering, ihre Lebensdauer kurz. Diese Faktoren stellen die Logistik und entsprechende Lagerungstechnologien in den Vordergrund der Prozessentwicklung. Dabei können einige Schritte, etwa die Lagerung und erste Aufarbeitungsschritte durchaus dezentral, etwa auf den Höfen durchgeführt werden. Andere Schritte, etwa chemische und biotechnische Umsetzungen oder aufwendige Trennschritte müssen nach wie vor in zentralen Anlagen durchgeführt werden. Damit wird allerdings das Konzept einer einfach verorteten „Produktionsstätte“ wesentlich in Frage gestellt. Vielmehr wird die ganze Region zur Produktionsstätte, mit einem Netzwerk aus dezentralen und zentralen Verarbeitungsschritten.

Im Gegenzug führt dies zu innovativen Prozessstrukturen, die sich an regionale Gegebenheiten anpassen müssen. Überdies werden zusätzliche regionale technologische und ökonomische Faktoren, wie etwa die Verfügbarkeit von Lagerkapazität, Kosten, Preise und Verfügbarkeit von Energie verschiedener Qualität zu Einflüssen, die die Struktur der Prozesse wesentlich mitformen.

Der vorliegende Beitrag soll die Möglichkeiten des Instrumentes der Prozesssynthese für die Konzeption solcher Prozesse untersuchen. Neben generellen Überlegungen soll die Anwendung der Prozesssynthese auf das Technologiekonzept der „Grünen Bioraffinerie“ Aufschluss über die Einflüsse regionaler Faktoren auf die Prozessstruktur geben.

Das Konzept der „Grünen Bioraffinerie“

Der Ausgangspunkt für dieses Konzept ist die Tatsache, dass (zumindest unter europäischen Randbedingungen) Gras immer mehr zu einem ernstem Überschussproblem für die Landwirtschaft wird. Konventionelle Nutzungen von Gras als Futtermittel für Rinder und Basis der Milchwirtschaft nehmen immer mehr ab. Dies ist die Folge stagnierenden Fleischkonsums und einer durch Kraftfutter ermöglichten Produktivitätssteigerung der Milchkühe. Damit geht der Flächenanteil des benötigten Grünlandes stetig zurück, mit ernstem Folgen für bäuerliches Einkommen gleichermaßen wie für die Kulturlandschaft.

Die Grüne Bioraffinerie ist ein Konzept zur industriellen Nutzung grüner Biomasse zur Herstellung von Bulkchemikalien wie Milchsäure und Aminosäuren. Damit soll einerseits Grünland in Bewirtschaftung gehalten werden um die Kulturlandschaft ebenso wie das bäuerliche Einkommen zu stabilisieren. Andererseits werden von diesem Konzept Impulse zur Etablierung einer Industrie auf der Basis nachwachsender Rohstoffe im ländlichen Raum erwartet.

Derzeit sind eine Reihe von technischen Lösungen für dieses Konzept vorgeschlagen (Amon et al 2003, Kromus 2002). Eine unter ihnen (Kromus 2002) ist die Grundlage der Untersuchungen in diesem Beitrag (Abb. 1 gibt ein grobes Prozessschema einer solchen Bioraffinerie). Diese spezifische Lösung geht von der dezentralen Herstellung von Silage auf den Höfen aus. Durch diesen Schritt werden zwei wesentliche Funktionen, die Lagerung und die chemische Umsetzung von Kohlenhydraten zu Milchsäure kombiniert. Daneben werden durch den Silageschritt auch Proteine zu Aminosäuren und Peptiden umgesetzt.

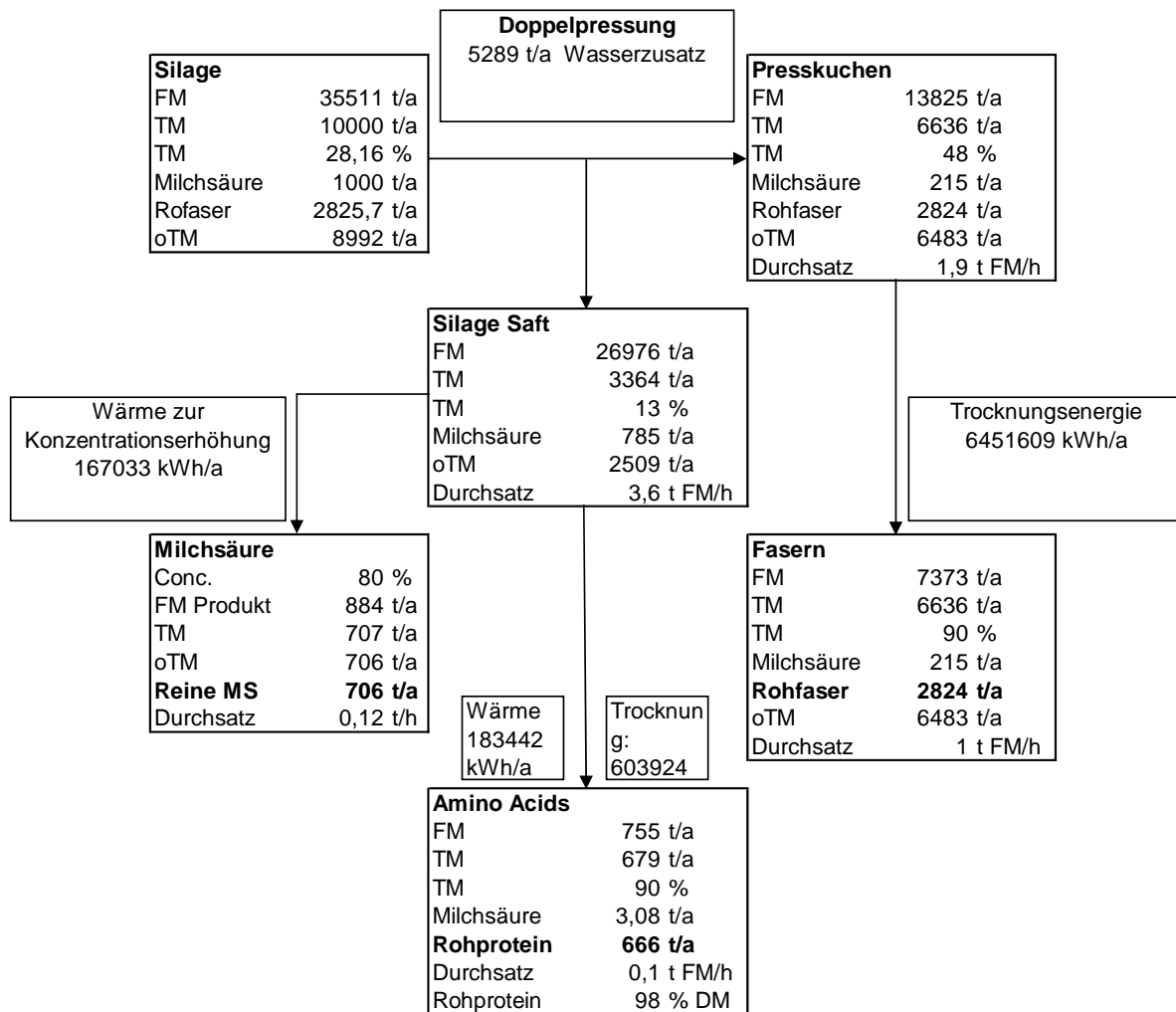


Abb. 1: Prozessschema der Grünen Biorefinerie (Zahlenangaben beziehen sich auf den Basisfall)

In einem nächsten Schritt muss die Silage fraktioniert werden. Dabei wird durch Pressung ein (fester) Presskuchen vom flüssigen Silagesaft getrennt. Der Presskuchen enthält dabei einerseits den Faseranteil, andererseits aber auch noch entsprechende Mengen an Kohlenhydraten, Peptiden und Aminosäuren, um ihn etwa als Futtermittel einsetzen zu können. Der Saft enthält Milchsäure und wasserlösliche Aminosäuren und Peptide. Der Pressschritt kann durch einen intermediären Waschschrift mit nachfolgender Pressung (Doppelpressung) intensiviert werden, um die Ausbeute an Milchsäure und Aminosäuren zu erhöhen.

Der feste Presskuchen kann einerseits weiterverarbeitet werden, wobei die Paillette der Produkte allerdings eingeschränkt ist. Grasfasern sind relativ spröde. Denkbare Anwendungen sind daher nur in Isolationsmaterialien (besonders Schallisolation) und als Zuschlagstoff für Wärmeisolation und MDF-Platten zu sehen. Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung besteht in der Umsetzung zu Biogas (zur Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie) sowie als Futtermittel.

Aus dem Saft kann die Milchsäure isoliert werden. Ebenso kann ein Gemisch verschiedener Aminosäuren und Peptide gewonnen werden, das entweder in der Futtermittelindustrie Verwendung finden kann oder weiter chemisch umgesetzt wird.

Die Trennverfahren sind generell Stand der Technik, allerdings ist beim derzeitigen Entwicklungsstand noch Prozessoptimierung in diesem Bereich notwendig. Kosten für diese Trennschritte lassen sich aber bereits jetzt zumindest größenordnungsmäßig aus den vorhandenen experimentellen Untersuchungen abschätzen (Kromus et al., 2002).

Die organischen Reststoffe aus der Saftaufarbeitung und einer (eventuellen) Faseraufbereitung können wiederum einer Biogasanlage zugeführt werden. Damit ist dieses Konzept ein ausgezeichnetes Beispiel für eine weitgehende und fast Rückstandslose nachhaltige Verarbeitung eines nachwachsenden Rohstoffes.

Konstruktion des Basisfalles

Für die praktische Umsetzung des Konzeptes ergeben sich eine Reihe interessanter Fragen in Hinsicht auf die optimale Prozessstruktur. Die wichtigsten davon sind:

- Was ist die ökonomisch sinnvollste Lösung für Grünlandnutzung im regionalen Maßstab?

Diese Frage widmet sich vor allem der Identifikation jener Grünlandnutzungen, die die höchste Wertschöpfung entlang der gesamten Kette erbringt. Es ergibt keinen Sinn ein Projekt wie die Grüne Bioraffinerie zu initiieren, wenn etwa die Nutzung der Silage in einer Biogasanlage für sich bereits höheres Einkommen erzielt. Da Biomasse grundsätzlich dezentral erzeugt wird (dies gilt natürlich auch für Silage) kann diese Frage nur dann gelöst werden, wenn alle Transportkosten (etwa zu zentralen Verarbeitungsstätten) mitberücksichtigt werden.

- Welche Schritte des Prozesses sollen (wenn überhaupt) dezentral realisiert werden?

Geht man von der geringen Transportdichte (und auch dem hohen Wasseranteil der Silage) aus, so erkennt man, dass dem Transport eine signifikante Rolle in der Gestaltung der optimalen Prozesskette zukommt. Eine Reihe von Prozessschritten im Konzept der Bioraffinerie (etwa die Pressung, aber auch die Biogasherstellung und Verstromung) können dezentral ebenso wie zentral durchgeführt werden. Die Wahl des richtigen „Mix“ von dezentralen und zentralen Schritten kann wesentlich zur Wirtschaftlichkeit des gesamten Konzeptes beitragen.

- Welche „Elastizität“ besteht gegenüber den Preisen der Schlüsselprodukte?

Diese Frage ist insbesondere für die Erstellung einer zukunftssicheren Prozessstruktur von Bedeutung. Wenn sich Schlüsselpreise ändern, ändert sich möglicherweise auch die optimale Prozessstruktur, da andere Produkte bevorzugt werden. Wenn diese Trends quantifizierbar werden, kann eine möglichst stabile Prozessstruktur entwickelt werden.

Diese Fragen müssen relativ früh in der Prozessentwicklung beantwortet werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind nicht nur interessant für potentielle Partner in der Umsetzung des Technologiekonzeptes. Sie sind eine notwendige Basis für die Bestimmung der optimalen Richtung der technischen Entwicklung und der effizienten Umsetzung des Konzeptes.

Für den Basisfall wurden die folgenden Annahmen in Bezug auf Rohstoffverfügbarkeit und Logistik getroffen. Ausgangspunkt war dabei eine österreichische Region mit einer Gesamtfläche von etwa 1000 km².

1. Verfügbare (freie) Silagemenge 35.511 t/a Frischmasse

2. Mittlere Distanz für „lokalen“ Transport 10 km, Transportmittel sind Traktoren mit 5 t Zuladung und einer mittleren Geschwindigkeit von 20 km/h
3. Mittlere Distanz im „zentralen“ Transport ist 60 km; Transportmittel sind Lastwagen mit 12 t Zuladung und einer mittleren Geschwindigkeit von 50 km/h
4. Das zeitlimit für transport ist 2000 h/a (Traktore und Lastwagen)
5. Es kann 1 „zentrale“ Bioraffinerie und Biogasanlage geben, die über „zentralen“ Transport beliefert wird
6. Es können bis zu 5 „lokale“ Biogasanlagen entstehen, die über „lokalen“ Transport beliefert werden
7. Die Fraktionierung kann durch mobile Pressen (die zu den Höfen fahren) oder durch stationäre Pressen bei den „lokalen“ und „zentralen“ Anlagen durchgeführt werden.
8. Die wirtschaftliche Optimierung basiert auf 5 Jahren Kapitaleinbringzeit.

Als Synthesemethode wird die Methode von (Nagy et al, 1998) verwendet, die auf kombinatorischer Beschleunigung konkaver Programmierung beruht. Diese Methode wurde von (Friedler et al., 1992a) eingeführt und verwendet die P graph Darstellung von Prozessen sowie Axiome der kombinatorisch möglichen Prozessstrukturen und kombinatorische Algorithmen (Friedler et al., 1992b), etwa den „Maximal-Struktur Generator (MSG) (Friedler et al., 1993), den Solution Struktur Generator (SSG) und das Entscheidungs-Mapping Verfahren (Friedler et al., 1995).

Diese Synthese Methode benötigt eine vollständige Liste aller Rohstoffe, Zwischenprodukte und möglichen Produkte. Es ist zu beachten, dass Transport hier als ein Prozessschritt aufgefasst wird, der Traktore und Lastwagen als Prozesseinrichtungen betrachtet und „verfügbare Zeit“ als „Rohstoff“ verwendet, ebenso wie die zu transportierenden Stoffe wie Silage, Silagesaft oder Presskuchen. Aus diesem Grund muss es auch „Zwischenprodukte“ geben, die diesen Prozessschritt verlassen. Dies sind die jeweiligen Materialien an ihrem Bestimmungsort, also der „lokalen“ oder „zentralen“ Anlage. Diese Klarstellung ist notwendig, um die folgende Tabelle 1 für den Basisfall zu verstehen.

Tabelle 1: Liste der Materialien für den Basisfall

Materials	Akronym	Preis (Euro/t)
Silage, (Rohmaterial)	S	20.578
Saft, nach mobiler Presse	J	-
Presskuchen, nach mobiler Presse	C	-
Silage, nach zentralem Transport	SC	-
Silage, nach lokalem Transport	SL	-
Presskuchen, nach lokalem Trans.	CL	-
Saft, nach lokalem Transport	JL	-
Presskuchen, zentral	CC	-

Saft, zentral	JC	-
Fasern, mögliches Produkt	F	153
Faserrestst. lokal	RFL	-
Faserstoff, zentral	RFC	-
Milchsäure, mögliches Produkt	LA	1000
Aminosäuren, mögliches Produkt	AA	1500
Saftrestst., zentral	RJC	-
Organische Masse, lokal	GODML	-
Organische Masse, zentral	GODMC	-
Elektrizität, mögliches Produkt	E	145 (Euro/MWh)

Ebenso braucht diese Methode eine vollständige Liste von Prozessschritten. Dabei spiegeln einige dieser Schritte das notwendige Handling im Logistikbereich wider, etwa die lokalen und zentralen „Konverter“ für die einzelnen Materialien.

Tabelle 2: Liste der Prozessschritte für den Basisfall

Prozessschritt	Akronym
Mobile Presse	MP
Zentrale Presse	CP
Lokale Faseraufarbeitung	LF
Zentrale Faseraufarbeitung	CF
Grüne Bioraffinerie	GBR
Lokale Biogasanlage	LBG
Zentrale Biogasanlage	CBG
Lokaer Konverter, Silage	LCS
Zentraler Konverter, Silage	CCS
Lokaer Konverter, Presskuchen	LCC
Zentraler Konverter, Presskuchen	CCC
Lokaer Konverter, Saft	LCJ
Zentraler Konverter, Saft	CCJ
Lokaer Konverter, Faserrestst.	LCRF
Zentraler Konverter, Faserrestst.	CCRF
Zentraler Konverter, Saftrestst.	CCRJ
Lokaler Transport, Silage	LTrS

Zentraler Transport, Silage	CTrS
Lokaler Transport, Presskuchen	LTrC
Zentraler Transport, Presskuchen	CTrC
Lokaler Transport, Saft	LTrJ
Zentraler Transport, Saft	CTrJ
Zentraler Transport, Faserrestst.	CTrRF

Obwohl die verwendete Synthesemethode mühelos den Prozess detaillierter zu behandeln im Stande ist, soll hier auf diese einfache Problemstellung zurückgegriffen werden, die die Bioraffinerie als Einheit betrachtet. Dies reicht in dieser Entwicklungsstufe aus und ist auch im Hinblick auf die Verdeutlichung der Ergebnisse von Vorteil.

Für die ökonomische Optimierung der Prozesskette sind einige einfache Kostenfunktionen notwendig. Diese Funktionen sind aus den Erfahrungen früherer Projekte abgeleitet oder aus der Literatur oder stammen aus Anfragen an Wirtschaftspartner in den Projekten. Abb. 2 und 3 zeigen die Abhängigkeiten der Investkosten der Presse und der Biogasanlage von ihrer Größe als Beispiel für solche Kostenfunktionen. Für die anderen Prozessschritte wurden ähnliche Funktionen verwendet. Tabelle 3 gibt hier einen groben Überblick.

Investment Costs Biogas

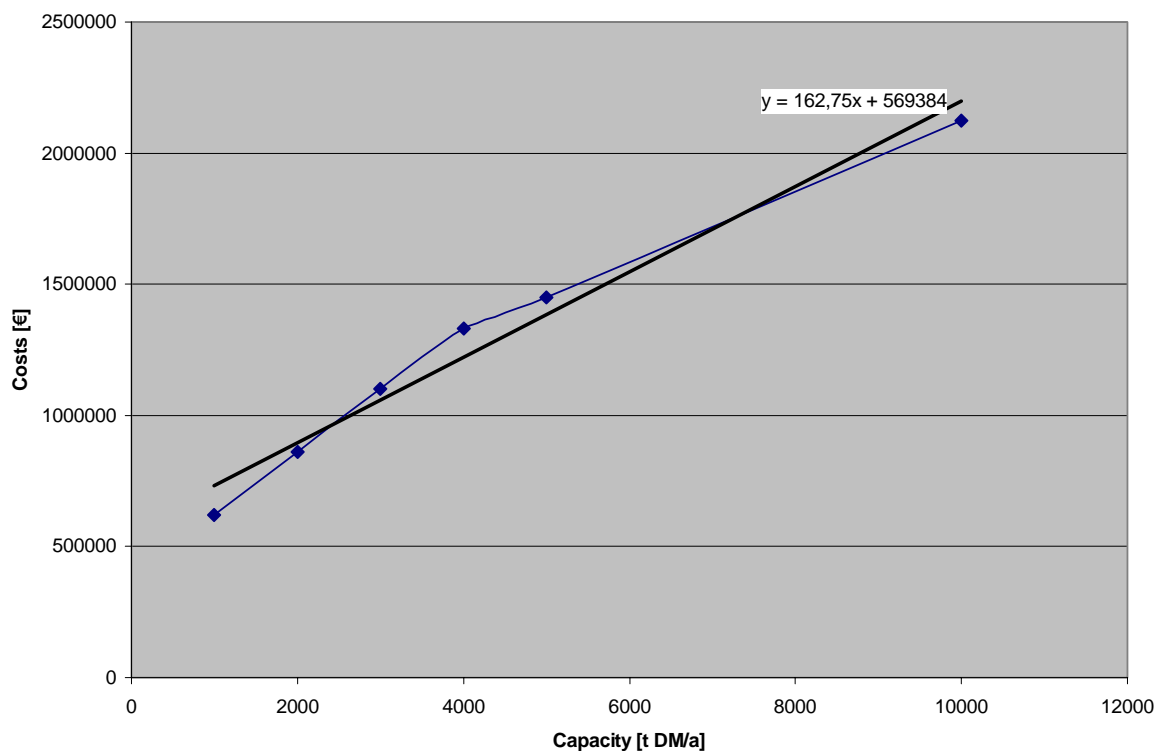


Abb. 2:: Investment Kosten der Biogasanlage als Abhängige der Größe

Investment Costs Press

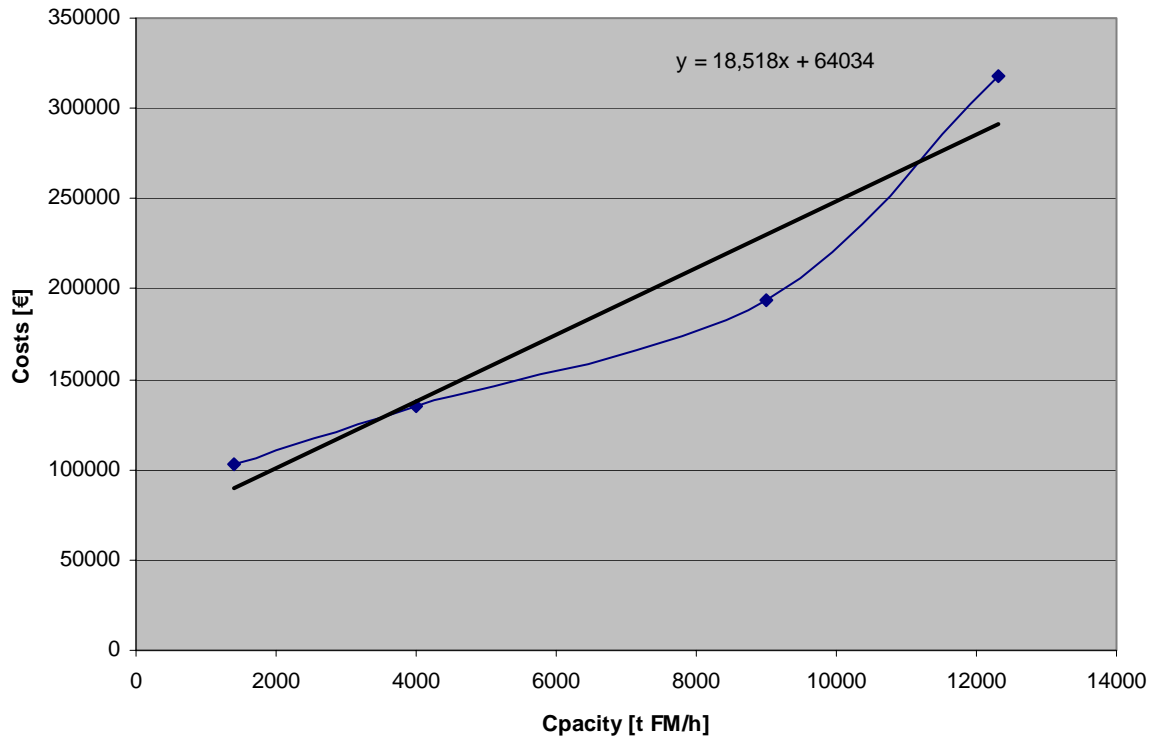


Abb. 3: Investment Kosten der Presse in Abhängigkeit der Kapazität

Tabelle 3: Ökonomische Parameter zur Optimierung des Basisfalles

Akronym	Mögliche Anzahl der Einheiten	Kosten Parameter			
		Investment Kosten		Betriebskosten	
		Fix (Euro)	Proportional (Euro)	Fix (Euro/a)	Proportional (Euro/a)
MP	2	192102 pro Einheit	18.518	0	3
CP	3	64034 Pro Einheit	18.518	0	3
LF	5	0	12.2965642	0	22
CF	1	0	12.2965642	0	22
GBR	1	0	32.25089	0	15
LBG	5	333000 pro Einheit	112.172	0	107.13719
CBG	2	333000 pro Einheit	112.172	0	44.640497
LTr -S, -C, -J	10	0	0	5400*Anzahl der Traktore	4.5 Euro/Fahrt
CTr -S, -C, -J, -RFL	10	0	0	10800*Anzahl der LKW	54 Euro/Fahrt

Diese Informationen werden zuerst dazu verwendet, die Maximal Struktur zu generieren. Diese Struktur umfasst alle möglichen Prozesswege um von Silage zu Produkten zu kommen. Sie ist in Abb. 4 dargestellt, wobei Balken Prozessschritte, Punkte jedoch Materialien darstellen.

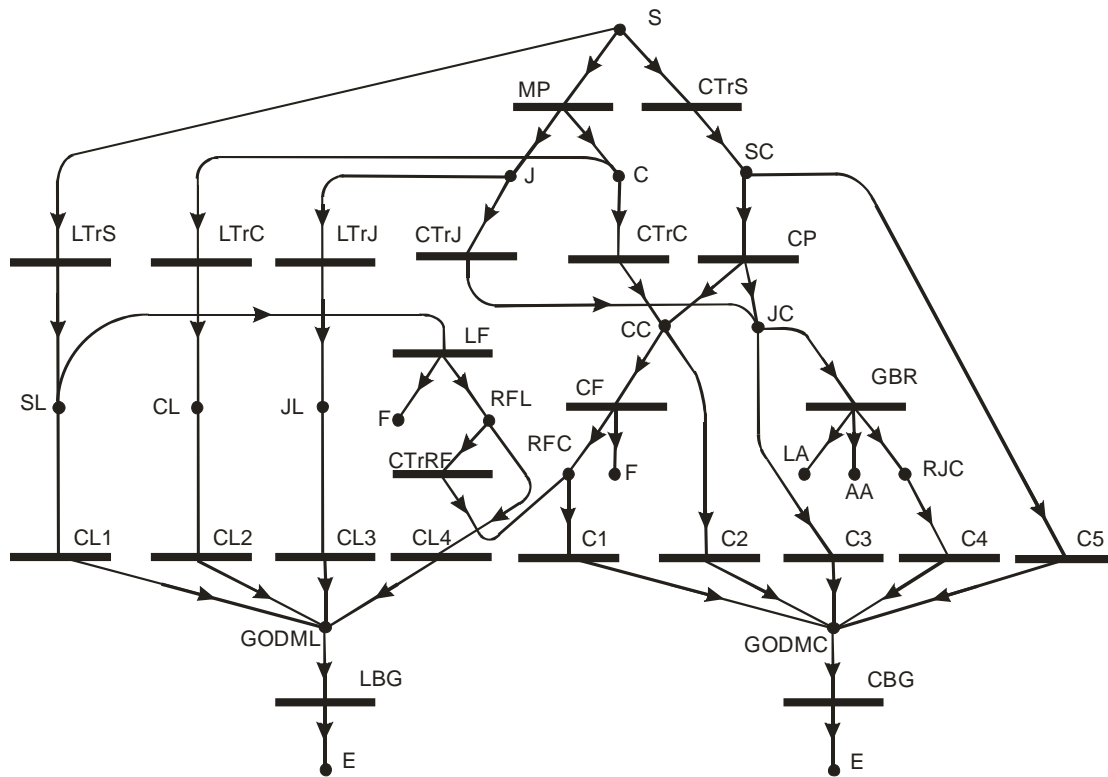


Abb. 4: Maximal Struktur für den Basisfall

Ergebnisse der Synthese des Basisfalles

Unter Verwendung der dargestellten Informationen erhält man als Basisfall eine Struktur, in der Silage zu einer zentralen Verarbeitungsanlage geliefert wird. Dazu sind 4 LKW notwendig. Dort wird die Silage fraktioniert, der Saft wird in der Grünen Bioraffinerie zu Milchsäure und Aminosäuren (bzw. Peptiden) aufgearbeitet. Der Presskuchen wird in der zentralen Biogasanlage verstromt. Die Silage wird vollständig verbraucht, es werden 884 t/a Milchsäure, 755 t/a Aminosäuren und Peptide sowie 8005 MWh Strom hergestellt. Der jährliche Gewinn beträgt 653.808 €. Diese Struktur ist in Abb. 5 dargestellt.

Rohstoffe ist, mit geringer Transportdichte und hohem Wasseranteil. Diese Aussage wurde daher eingehend hinterfragt. Die Struktur erwies sich dabei sowohl gegen die Annahme höherer Förderungen (dargestellt durch längere Kapitalwiedereinbringzeiten) und eine Verdoppelung der Transportkosten als stabil. Es ist aber hier zu sagen, dass es sich bei der erwähnten „zentralen“ Anlage noch keineswegs um eine chemische Großanlage im konventionellen Sinn handelt: Mit einer Kapazität von 35.000 Jahrestonnen Rohstoff ist sie noch durchaus als mittlere Anlage anzusehen.

➤ **Fehlende Faserschiene**

Die Resultate der Prozesssynthese favorisieren klar die Biogasgenerierung gegenüber der Faseraufbereitung. Auch hier wurde die „Elastizität“ der Struktur gegenüber diesem Preis überprüft. Bei einem Preis von 176 €/t für Fasern wird der Presskuchen zu Fasern verarbeitet. Die zentrale Biogasanlage verwertet dann nur noch die Reste aus der Faseraufarbeitung und der Safttrennung. Dies bedeutet eine Preissteigerung von rund 20 % für die Rohfaser, eine Entwicklung, die nur dann eintreten kann, wenn für die Fasern generell höherwertige Anwendungen möglich werden.

Sensitivitätsanalyse zur Verbesserung der Verfahrensentwicklung

Jeder Basisfall kann natürlich nur Ausgangspunkt für weiterführende Untersuchungen sein. Eine solide Technologieentwicklung muss von dem Wissen über die systemischen Reaktionen des Systems ausgehen und muss daher wissen, wie die gesamte Prozesskette auf Änderungen in den Randbedingungen reagiert. Nur mit diesem Wissen kann eine stabile Wertschöpfungskette entworfen werden, die es wert ist, realisiert zu werden.

Sensitivitätsanalysen sind im Falle von Prozessen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe von besonderer Bedeutung. Durch die an sich hohen Rohstoffpreise sind diese Verfahren naturgemäß gegenüber Änderungen der ökonomischen Randbedingungen besonders empfindlich. Andererseits ist gerade das Feld der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe in sehr dynamischer Entwicklung, so dass Änderungen der Rahmenbedingungen eher die Regel denn die Ausnahme sind.

Gerade für diese Fragestellungen kann das Instrument der Prozesssynthese besonders wertvoll sein. Es erlaubt bereits zu einem frühen Entwicklungszeitpunkt ein Gefühl dafür zu gewinnen, wie sich die gesamte, komplexe Wertschöpfungskette gegenüber denkbaren Veränderungen verhält. Neben der Bedeutung für die Prozessentwicklung selbst, können diese Sensitivitätsanalysen auch jene Sub-Prozesse in der Wertschöpfungskette identifizieren, deren Flexibilität besonders gefordert ist, wenn es gilt, sich an geänderte Bedingungen anzupassen. Sie sind auch ein unverzichtbares Instrument in der Diskussion mit jenen Akteuren entlang der Kette, die für die Umsetzung der Technologie entscheidend sind.

Presskuchen als Produkt

Als Beispiel für eine solche Sensitivitätsanalyse soll hier der Einfluss auf die Prozessstruktur diskutiert werden, der sich daraus ergibt, dass der Presskuchen selbst als Produkt verkauft werden kann. Der Basisfall ging davon aus, dass Gras als Überschussprodukt in einer bestimmten Region anfällt. Setzen wir nun den Fall an, dass in der betrachteten Region durchaus noch eine entsprechende Menge an Futtermittel abgesetzt werden kann, da noch ein ausreichender Viehbestand

vorhanden ist. Dies ist ein entscheidender Fall für die Implementierung der Technologie, da sich die meisten bisherigen Grünlandregionen derzeit genau in dieser Übergangsphase befinden und die Grüne Bioraffinerie daher in einer Rohstoffkonkurrenz zu herkömmlichen Nutzungen steht.

Wir führen daher ein neues Produkt ein, das aus dem Presskuchen gewonnen werden kann und entsprechend seinem Nährwert einen Preis größer als 50 €/t ab Hof erzielen kann. Die Struktur ändert sich sofort dramatisch (siehe Abb. 6). Die zentrale Bioraffinerie bleibt bestehen, allerdings wird nun die dezentrale Presse favorisiert. Der Presskuchen wird vollständig in Futter übergeföhrt, das gegenüber der Silage gewisse Vorteile hat (besseres Transportverhalten und längere Lebensdauer). Entscheidend ist jedoch, dass auch unter diesen Bedingungen die Grüne Bioraffinerie Teil des optimalen Prozesssystems bleibt.

Es ist interessant, dass sich diese Struktur erneut ändert, wenn der erzielbare Preis für Fasern steigt. In diesem Falle entsteht eine geteilte Struktur, in der Futtermittel und Fasern parallel erzeugt werden, wobei der Faseranteil aus einer zentralen Pressung heraus verarbeitet wird. In diesem Falle existiert also zentrale und dezentrale Verarbeitung nebeneinander.

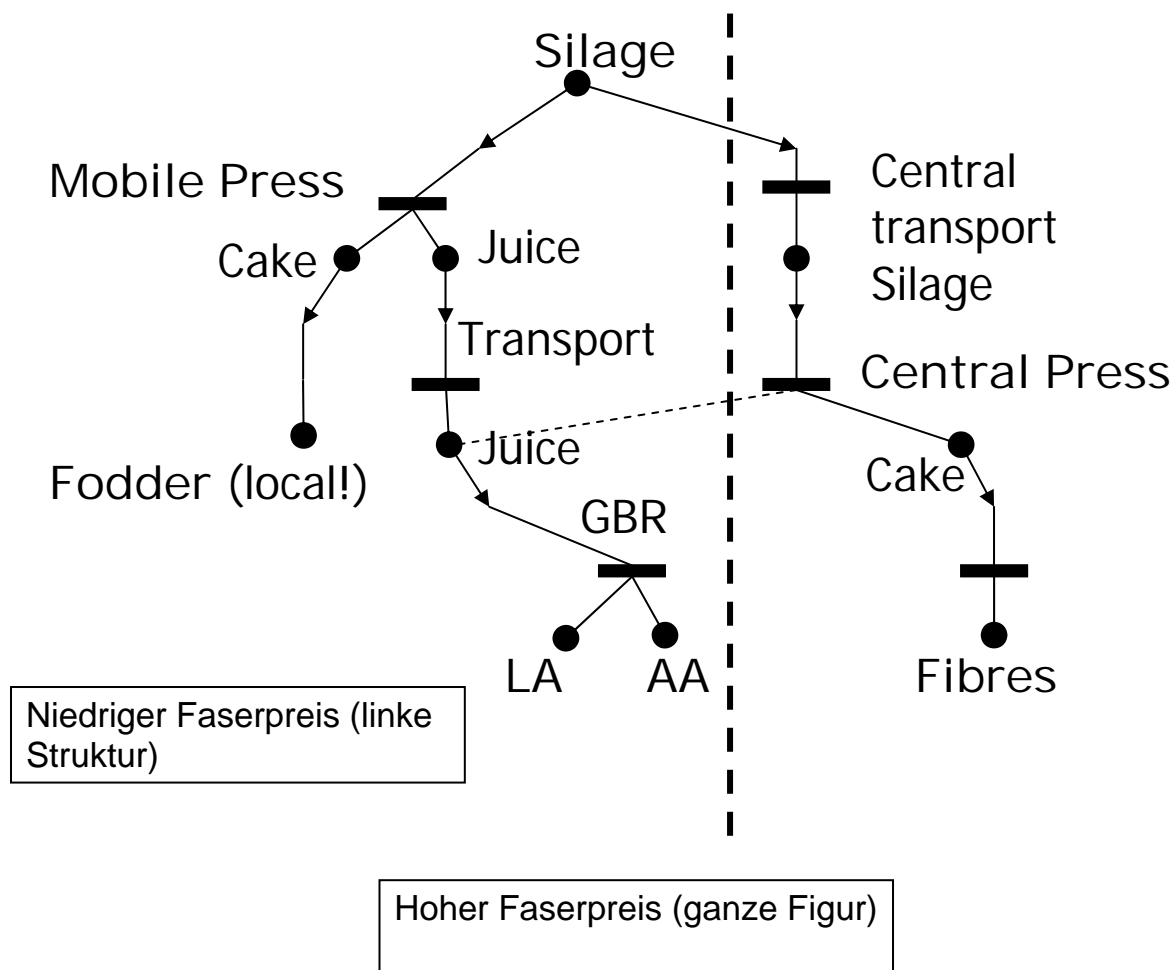


Abb. 6: Optimale Struktur bei der Annahme eines Preises für Presskuchen >50€/t

Zusammenfassung

Der Zweck dieses Beitrages war es, den Beitrag der Prozesssynthese zur Entwicklung von Verfahren auf der Basis nachwachsender Rohstoffe zu untersuchen. Da diese Prozesse starker Konkurrenz von Prozessen auf fossiler Basis ausgesetzt sind und sie auf den dezentralen Anfall der Rohstoffe Rücksicht nehmen müssen, ist entscheidend, ob es gelingt konkurrenzfähige Wertschöpfungsketten unter Berücksichtigung logistischer Fragen aufzubauen.

Die Anwendung der Prozesssynthese auf diese komplexen Fragestellungen erfordert besondere Charakteristiken der verwendeten Methoden. Kombinatorische Methoden haben sich hier als besonders geeignet herausgestellt.

Als Beispiel für die Anwendung einer solchen kombinatorischen Synthesemethode wurde in diesem Beitrag die Technologie der Grünen Bioraffinerie untersucht. Diese Technologie als Kernelement einer optimalen Wertschöpfungskette erwies sich als außerordentlich stabil gegen Änderungen der ökonomischen Rahmenbedingungen. Im Gegensatz zu den bisher verfolgten Ansätzen erwies sich jedoch eine zentrale Lösung, insbesondere zur Biogasgeneration als vorteilhaft, trotz der geringen Transportdichten und hohen Wassergehalte von Silage. Dieses Ergebnis erlaubt nun die Entwicklung von Anlagen in optimaler Größe, eine wesentliche Unterstützung der technischen Entwicklung.

Eine wichtige Anwendung der Prozesssynthese ist die Erstellung von Sensitivitätsanalysen, wobei dies nicht auf den Einzelprozess beschränkt bleibt sondern die gesamte Wertschöpfungskette umfasst. In unserem Fall zeigten diese Analysen eine bemerkenswerte Stabilität der zentralen Bioraffinerie auf. Allerdings veränderte sich der Ort der optimalen Nutzung der festen Fraktion, je nach den Preisen für die entsprechenden Produkte, wobei im derzeitigen Preisgefüge die Produktion von Biogas dominiert.

Die vorliegende Arbeit unterstreicht den Nutzen der Prozesssynthese für die Entwicklung von Prozessen und Prozessketten auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Sie ergibt nicht allein die Lösung für die komplexe Aufgabenstellung der Identifikation der optimalen Struktur der Wertschöpfungskette, sondern sie erlaubt auch eine effiziente Ausrichtung der weiteren Entwicklung. Diese Fähigkeiten sind gerade vor dem Hintergrund der Unsicherheit, die vielen Prozessentwicklungen von Verfahren auf der Basis nachwachsender Rohstoffe anhaftet, besonders wichtig. Durch die Vermeidung teurer Fehlentwicklungen können hier in Technologieentwicklung und der Umsetzung innovativer Technologien wertvolle Ressourcen gespart werden.

Danksagung

Die Autoren möchten ihren Dank gegenüber dem BMVIT ausdrücken, das die Arbeiten im Rahmen des Projektes „CheVeNa“ in der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ gefördert hat.

Literatur

Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Hopfner-Sixt, K., Buga, S., Pötsch, E., Zollitsch, W., Plank, J., Mayer, K. Nutzung der Grünlandbiomasse, sowie anderer Feldkulturen für die Biogasproduktion. Wintertagung Aigen im Ennstal 2003.

Amon, T., Jeremic, D., Amon, B., Boxberger, J., Hackl, E., Moitzi, G., Kryvoruchko, V., Hopfner-Sixt, K., Eder, M. Biogas- Noch viel Potenzial für die Anlagentechnik; Top Journal 12/2001.

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

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

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

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

Kromus et al. Grüne Bioraffinerie. Integrierte Grasnutzung als Eckstein einer nachhaltigen Kulturlandschaftsnutzung. BBK-Endbericht. Kornberg Institut, Feldbach 2002.

Kromus, S. Grüne Bioraffinerie Österreich – Entwicklung eines integrierten Systems zur Nutzung von Grünlandbiomasse. Dissertation Graz 2002.

Nagy, A. B, F. Friedler, and L. T. Fan, Combinatorial Acceleration of Separable Concave Programming for Process Synthesis, presented at the AIChE Annual Meeting, Miami Beach, FL, U.S.A., November 15-20, 1998.

Povoden, G. Proteinabbau in Grassäften. (Analysis of protein loss in grass juice). Diploma Thesis, University of Technology, Graz 2002.

Schindler J. & W. Zittel, Fossile Energiereserven und mögliche Versorgungsengpässe, Studie für den Deutschen Bundestag, LB-Systemtechnik, Ottobrunn, Germany, 2000

Neue Trennverfahren für Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen

Senad Novalin, Werner Koschuh, Vu Hong Thang
Universität für Bodenkultur Wien; Institut für Lebensmitteltechnologie
Tel.: +43-1-36006-6288; Fax: +43-1-36006-6251
e-mail: senad.novalin@boku.ac.at

Einleitung

Die Trennung, Isolierung oder Reinigung von Substanzen bzw. Produkten unterlag seit vielen Jahrzehnten im Wesentlichen nur den beiden Kriterien Qualität und Wirtschaftlichkeit. Seit einigen Jahren gewinnt ein weiteres Kriterium, nämlich „Umweltfreundlichkeit“ („Nachhaltigkeit“) zunehmend an Bedeutung, was insbesondere im Zusammenhang mit der Gewinnung von Gütern aus nachwachsende Rohstoffe gilt. Es ist heutzutage kaum denkbar solche Produkte herzustellen, ohne dabei umweltrelevante Aspekte zu berücksichtigen.

Aus der Sicht der Trennwissenschaften gehört die Gewinnung von Substanzen aus nachwachsenden Rohstoffen teilweise zu einem neuen Anwendungsfeld, so dass nicht selten wenig technologische Erfahrung vorliegt. Um umweltrelevante Kriterien und entsprechende wirtschaftliche Anforderungen erfüllen zu können, müssen „neuere“ Trennverfahren eingesetzt werden. Allerdings werden die Aufgabenstellungen letzten Endes zumeist nur mit Kombinationsverfahren („klassische“ und „neuere“) gelöst werden können.

Im vorliegenden Beitrag werden anhand einer anspruchsvollen Aufgabenstellung einige „neuere“ Trennmethode vorgestellt und diskutiert. Im Vordergrund des Interesses stehen dabei Membranverfahren und Chromatographie.

Rohstoffe und Aufgabenstellungen

Es ist zu erwarten und es wird auch durch verschiedenen Applikationen bestätigt, dass die zu verarbeitenden Medien (Extrakte, Presssäfte und sonstige Ströme) aus nachwachsenden Rohstoffen oft eine komplexe Zusammensetzung aufweisen, wodurch ihre Verarbeitung schwieriger wird. Klassische Produktionsmedien, beispielsweise Fermentationsbrühen, sind teilweise weniger problematisch, da Fermentationsprozesse über viele Jahrzehnte optimiert und verbessert werden konnten. Tendenziell wird dies auch für die chemische Industrie (z. B. chemisch-katalytische Synthesen) gültig sein. Insgesamt ist allerdings zu erwarten, dass die Herstellung von Gütern unter Einbindung nachwachsender Rohstoffe in vielen Fällen nachhaltiger und damit vorteilhafter sein wird.

Um eine Vorstellung von der Zusammensetzung von Medien aus nachwachsenden Rohstoffen zu bekommen, sei hier ein Beispiel anhand von Silagesaft (Presssaft aus silagiertem Wiesengras) dargestellt.

Table 1: Physikalisch-chemische Charakterisierung von ultrafiltriertem Grassilage-Presssaft

Parameter	
LF	35.8 mS/cm
pH	4.04
TS	13.6%
Farbe	Dunkelbraun
<i>Kationen (g/l)</i>	
K ⁺	15.63
Na ⁺	0.15
NH ₄ ⁺	1.22
Ca ²⁺	1.78
Mg ²⁺	0.50
<i>Anionen (g/l)</i>	
Lactat	37.54
Acetate	2.08
Cl ⁻	6.41
NO ₃ ⁻	2.13
PO ₄ ³⁻	4.38
SO ₄ ²⁻	2.55
<i>Zucker (g/l)</i>	
Glucose	8.88
Fructose	14.99
Saccharose	5.36
Arabinose	1.72
Xylose	1.44
Galactose	2.86
Mannitol	3.09
Aminosäuren	26.13
unbekannte Substanzen	?

Die Aufgabenstellung besteht in diesem Fall in der Gewinnung von Milchsäure und Aminosäuren. Schon aufgrund theoretischer Überlegungen (physikalisch-chemische Eigenschaften der Inhaltsstoffe) lässt sich leicht nachvollziehen, dass die Abtrennung und Reinigung der Produkte schwierig ist und, dass für die Gewinnung der gewünschten Produkte mehrere Trennmethoden erforderlich sein werden. Zu den moderneren Trennverfahren, die hier und in vielen anderen Anwendungen eingesetzt werden können gehört die Nanofiltration.

Nanofiltration

Die Nanofiltration ist ein druckgetriebenes Membranverfahren und lässt sich bezüglich ihrer Eigenschaften zwischen den mehr bekannten Verfahren Ultrafiltration und Umkehrosmose einordnen. Die im Prinzip äußerst einfache Funktionsweise eines Nanofiltrationsprozesses ist in Abb.1 schematisch dargestellt. Die wichtigste Komponente stellt das Membranmodul dar, wobei sogenannte Wickel- oder

Spiralelemente (siehe Abb.2) zu den effizientesten und kostengünstigsten Systemen gehören.

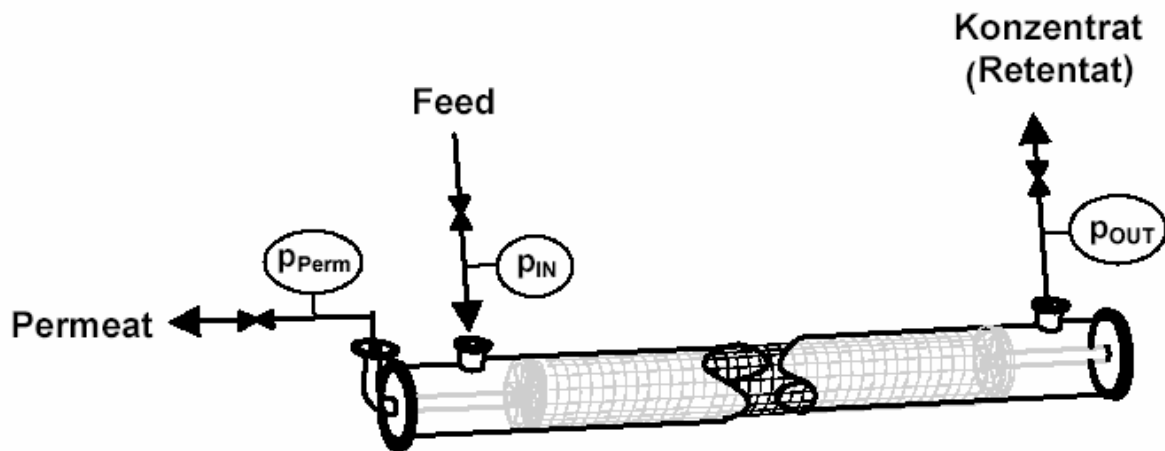


Abb.1 Prinzipielle Funktionsweise eines Nanofiltrationsprozesses mit Spiralmodulen



Abb. 2 Wickel- oder Spiralmodule für die Nanofiltration

Die Technologie ist aufgrund der Trenneigenschaften (Trennen im Molmassenbereich von ca.100 – 2000 kg/kmol) für viele Applikationen von großem Interesse. Mit geeigneten Membranen können in diesem Molekülgrößenspektrum verschiedene Trennvarianten

- Trennen und Konzentrieren,
- Konzentrieren und gleichzeitig teilweise Entsalzen sowie
- teilweise Entsalzen

durchgeführt werden. Abb. 3 zeigt die „Leistung“ des Prozesses anhand der Nanofiltration (Cut-off 1000 Dalton) des oben angeführten Silagepresssaftes.

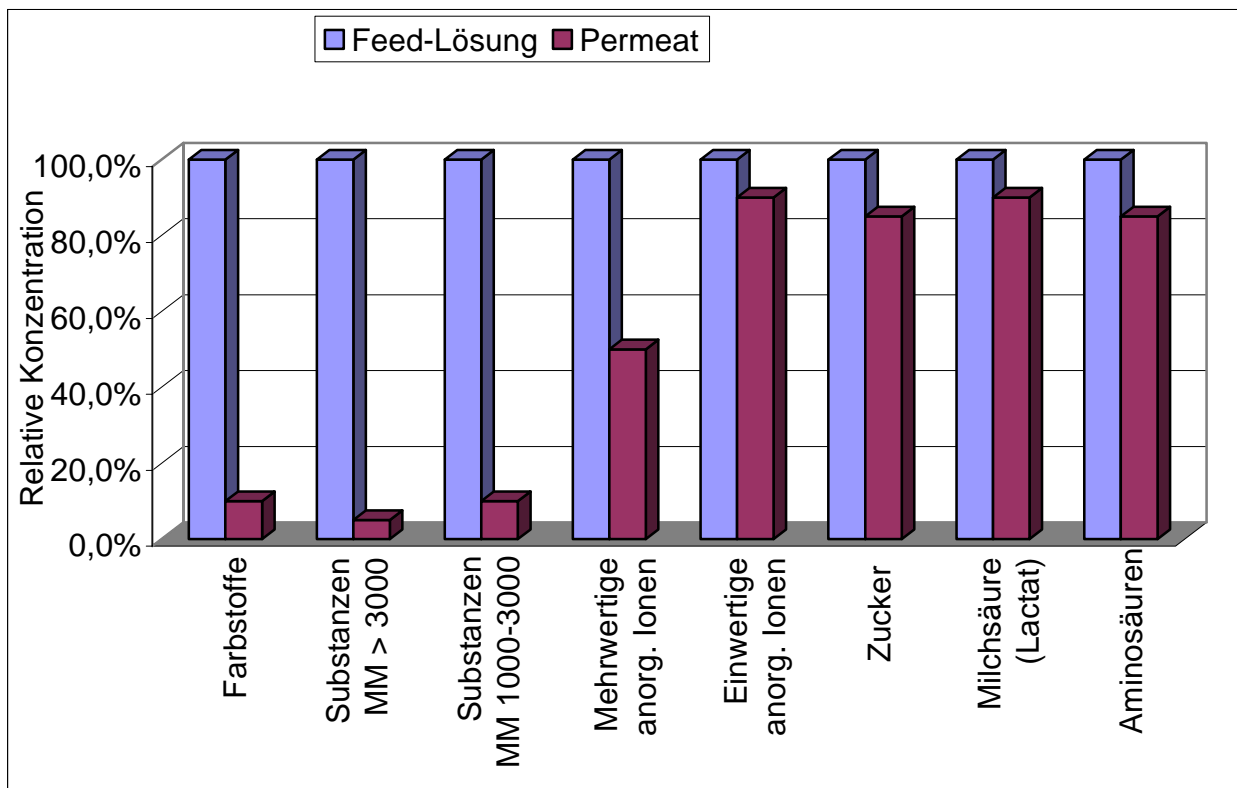


Abb 3 Nanofiltration (Cut-off ca. 1000 Dalton) von ultrafiltriertem Grassilage-Presssaft (MM...Molmasse in kg/kmol)

Bei dem dargestellten Beispiel würde man noch einen einfachen Diafiltrationsschritt (Zugabe von Wasser und „Nachfiltrieren“) vorsehen, um eine höhere Produktausbeute zu erhalten. Wie man der Abb. 3 entnehmen kann, erfolgt hier eine sehr gute Abtrennung aller Substanzen, die größer als etwa 1000 Dalton sind. Gleichzeitig wird des Mediums teilweise entsalzt. Mittels eines weiteren Nanofiltrationsschrittes, lässt sich die Lösung mit geeigneten Membranen bis zu einem gewissen Grad weiter entsalzen und gleichzeitig einengen. Die Konzentration der Produkte Milchsäure und Aminosäuren kann etwa verdoppelt werden. Da die Produktlösung weiterhin Salze und Zucker enthält, müssen zusätzliche Trennmethode angewendet werden, um die gewünschten Substanzen in „reiner“ Form zu erhalten. In einem letzten Prozessschritt wäre noch die Aufgabe zu lösen, die beiden Produkte auch voneinander zu trennen.

Elektrodialyse mit bipolaren Membranen

Wie das Silagesaft-Beispiel zeigt, können Presssäfte, Extrakte oder sonstige Medien aus nachwachsenden Rohstoffen relativ hohe Konzentrationen an anorganischen oder organischen Salzen aufweisen und es kann der pH-Wert vom Neutralwert deutlich abweichen. Auch bei geringen Salzkonzentrationen, sollten im Sinne einer

nachhaltigen Entwicklung Ionenaustauschprozesse zur Abtrennung ionogener Verbindungen vermieden werden. Alternativ dazu bieten sich die konventionelle Elektrodialyse oder unter Umständen eine chromatographische Trennung an. Wenn, wie dies beim Silagesaft der Fall ist, organische Salze (z. B. Kaliumlactat) in der Lösung vorliegen oder Säuren und Laugen für pH-Änderungen erforderlich sind, sollte über den Einsatz einer Elektrodialyse mit bipolaren Membranen (Abb. 4) nachgedacht werden. Wie man der Abb. 4 entnehmen kann, lässt sich mit dieser Technologie aus einem Salz die korrespondierende Säure und Base in effizienter Weise herstellen.

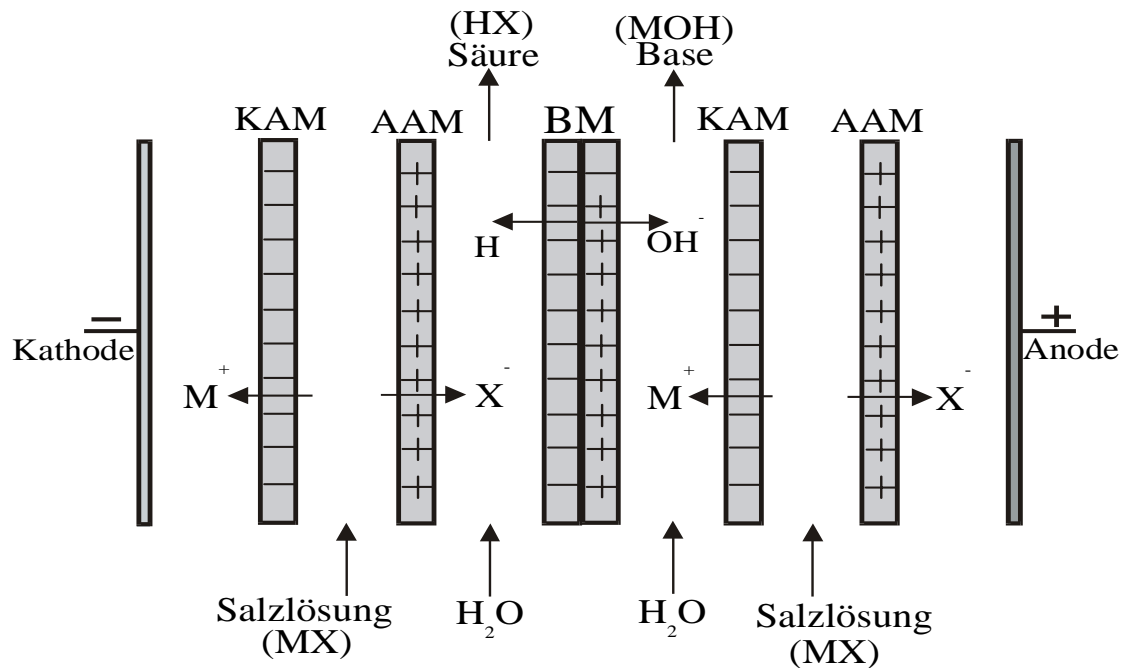


Abb.4 Prinzipielle Funktionsweise einer Elektrodialyse mit bipolaren Membranen zur Umwandlung von Salzen in die korrespondierenden Säuren und Basen. Der Prozess ist in der sogenannten 3-Kammer-Ausführung dargestellt. KAM...Kationenaustauscher-Membran, AAM...Anionenaustauscher-Membran, BM...bipolare Membran.

Im Falle des Silagesaftes kann aus Kaliumlactat Milchsäure und KOH gewonnen werden, wobei gleichzeitig eine weitgehende Trennung von ungeladenen Inhaltsstoffen erzielt werden kann. Genauso können aus anorganischen Salzen die entsprechenden Säuren und Laugen produziert und im Kreis geführt werden. Bevor eine Elektrodialyse mit bipolaren Membranen eingesetzt werden kann, müssen allerdings mehrwertige Kationen wie Ca^{++} oder Mg^{++} nahezu vollständig aus der Lösung entfernt werden.

Chromatographie

Chromatographische Trennmethode sind in der Analytik und Biotechnologie bestens bekannt und weit verbreitet. Bei der Isolierung und Reinigung von „Bulk-Produkten“ sind zwar einige Applikationen (Saccharosetrennung aus Melasse, Glucose-Fructose Trennung) bereits im industriellen Maßstab realisiert, trotzdem steht man in diesem

Anwendungsbereich erst am Anfang der Entwicklung. Im Zusammenhang mit nachwachsenden Rohstoffen wird die Chromatographie von zentraler Bedeutung sein, wenn Produkte mit hoher Reinheit gewonnen werden sollen. Aber auch zur Trennung diverser „Stoffgruppen“ (Stoffmischungen), beispielsweise in einem ersten Trennschritt (siehe Abb. 5) wird die Chromatographie im Zusammenhang mit nachwachsenden Rohstoffen von Interesse sein. Abb. 5 zeigt das Ergebnis eines Versuches zur Isolierung von Substanzen aus dem oben angeführten Silagesaft. Die Trennung zwischen Kaliumlactat und verschiedenen Zuckern gelingt hierbei besonders gut.

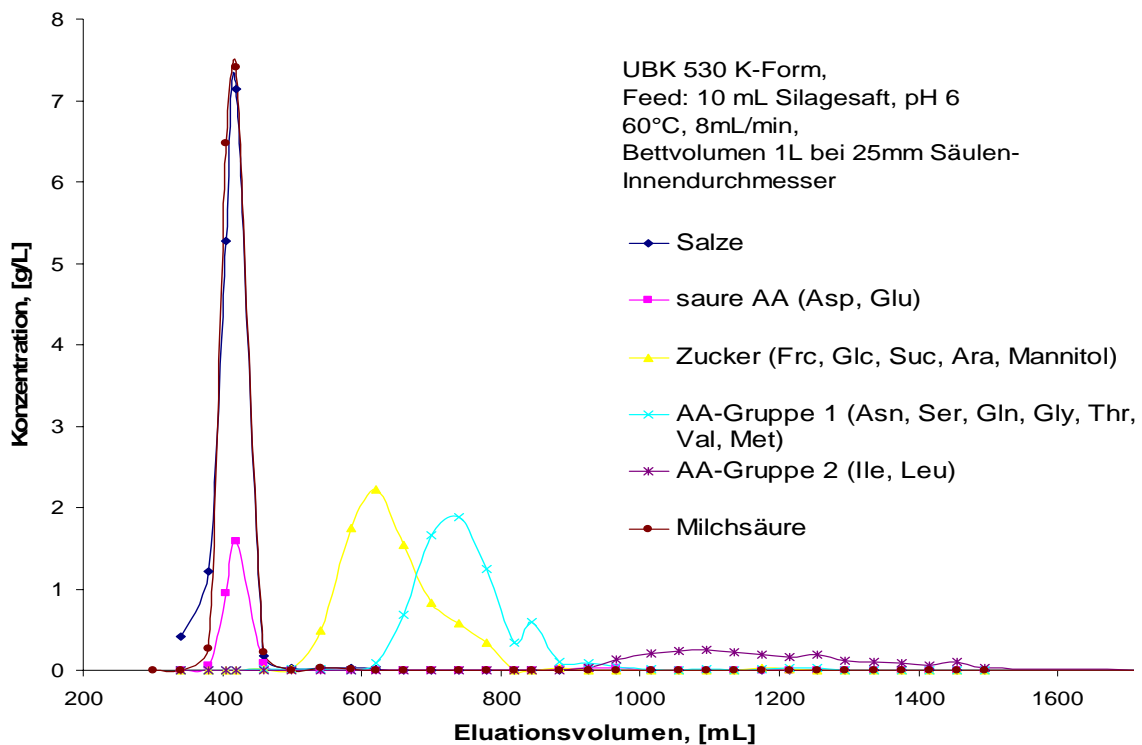


Abb. 5: Chromatographische Trennung (Ionenausschlusschromatographie) von Silagesaftinhaltsstoffen bei pH 6,0 (AA...Aminosäuren); Eluent: Wasser.

Zusammenfassung

Die Abtrennung und Gewinnung von Produkten aus Silagepresssaft gehört sicherlich zu den schwierigeren Trennaufgaben, da viele Inhaltsstoffe mit ähnlichem Trennverhalten in relativ hohen Konzentrationen vorliegen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass Medien biogenen Ursprungs in vielen Fällen ähnliche Probleme zeigen werden. Die technologischen und ökonomischen Schwierigkeiten werden stark von den erwünschten Produkten („einfache“ Extrakte oder Konzentrate, teilweise „veredelte“ Produkte oder isolierte Reinsubstanzen) abhängig sein. Im Zusammenhang mit nachwachsenden Rohstoffen werden an die Trenntechnologien zum Teil höhere Anforderungen gestellt als dies in diversen „klassischen“ Industriebereichen der Fall ist. Die Lösung vieler Aufgabenstellungen wird nur mit moderneren Technologien wie

Membranverfahren oder Chromatographie gelingen. Downstream-processing ist in weiten Industriebereichen ein maßgeblicher Kostenfaktor und es ist davon auszugehen, dass sich dies bei der Gewinnung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen nicht ändern wird. In jedem Fall sollten neben den Rohstoffen auch die entsprechenden Produktionsprozesse Kriterien einer nachhaltigen Güterproduktion erfüllen.

Konventionelle chemische Nutzungsstrategien für nachwachsende Rohstoffe

Günter Povoden ; Institut RNS, TU - Graz

Folgende Strukturierung des Einsatzes von Chemie für nachwachsende Rohstoffe wird diskutiert:

1.) Chemische Verfahren ohne Änderung des Wertstoffes

Wir betrachten zunächst chemische Trennverfahren ohne chemische Veränderung des Wertstoffes, durch direktes Herauslösen aus der Matrix. Die Methoden, die sich dazu anbieten sind beispielsweise Extraktion (auch superkritisch), Ionenaustauschersysteme, Chromatographie oder Membranfiltration. Beispiele sind etwa das Lyocell-Verfahren von Lenzing, Milchsäuregewinnung durch Membranfiltration oder Chromatographie, oder Cellulose-Gewinnung aus Holzfasern durch superkritisches Methanol. Hier besteht großer Forschungsbedarf, vor allem bei Bioabfällen mit komplexer Matrix.

2.) Einsatz von Chemie mit Änderung des Wertstoffes

Ein weiterer Einsatz von Chemie besteht bei Aufschlussverfahren mit Änderung des Wertstoffes durch Herunterbrechen der Wertstoffe auf kleinere Einheiten, wie beispielsweise bei der Pyrolyse von Biomasse zu Bio-Öl, oder saurer Hydrolyse von Zellulose. Die dabei entstehenden kleineren Einheiten sind oft besser für biotechnologische Weiterverarbeitung (Fermentation). Wichtige Fragen sind hier, wie energieaufwendig und/oder umweltbelastend entsprechende Prozesse sind.

3.) Chemie zur Unterstützung der Biotechnologie

- a.) Weitere chemische Hilfe für die Biotechnologie besteht in der Abtrennung von Substanzen, die biotechnologische Prozesse behindern.
- b.) Die oben erwähnte saure Hydrolyse von Zellulose wäre ein Beispiel für eine Pre-Hydrolyse zur Beschleunigung von anschließenden Fermentationsprozessen, da durch die langen Reaktionszeiten sonst zu große Reaktoren benötigt würden.
- c.) Weiters bietet die Chemie Unterstützung durch Trennung (Reinigung) von Substanzen vor und nach biotechnologischen Prozessen, wobei hier die wichtige Frage im Raum steht, ob es sinnvoll ist, vorher ein reines Substrat herzustellen, um danach eine weniger aufwendige Reinigung betreiben zu müssen, oder ob der biotechnologische Prozess ohne Vorreinigung genauso gut abläuft, dafür jedoch im Anschluss eine gründliche Trennung sinnvoller erscheint.

4.) Chemische Modifikation von Wertstoffen und Produkten

Die Wertstoffe können (egal ob biotechnologisch oder konventionell gewonnen) chemisch modifiziert werden, um bestimmte Produkteigenschaften zu erhalten, wobei hier gerade nachwachsende Rohstoffe ein großes Potenzial bieten (Hydroxy-Gruppen, Amine und Säuren in Nawaros lassen weitere Reaktionen zu). Als Beispiel sei hier die Hydrophobierung von Kunststoffen aus Stärke, oder die Vernetzung von Fasern genannt. Wichtige Fragestellungen könnte man hier folgendermaßen formulieren: Wie ändert sich der „Life Cycle“ des Produkts durch die Modifikation? Ist das Produkt dann z.B. weniger gut biologisch abbaubar? Welche Alternativen gibt es? Oder ein anderer Fall: Ist z. B. ein Ersatz von Methanol durch Ethanol bei der Biodiesel Erzeugung besser im Sinne der Nachhaltigkeit, jedoch vielleicht schlechter bei der technologischen Umsetzung?

Zukunft der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Tagung auf Schloss Seggau
6. – 7. November 2003



Der Gletschermann mit seiner gesamten Ausrüstung – optimal gewappnet für die Lebenswelt des Hochgebirges

**Traditionelle Nutzung
Nachwachsender Rohstoffe-
Eine Chance für neue
Industrien?**

Dr. Robert Wimmer, GrAT
rw@grat.at

GRAT

Traditionelle Nutzung
Nachwachsender
Rohstoffe

Aus historischen Quellen

Noch bestehende
Nutzungsformen aus
unterschiedlichsten
Lebensbereichen

In „Entwicklungsländern“

Wissensgrundlage für
neue Industrien

Als Vorreiter zukünftiger
Wirtschaftsformen auf der
Basis nachwachsender
Rohstoffe

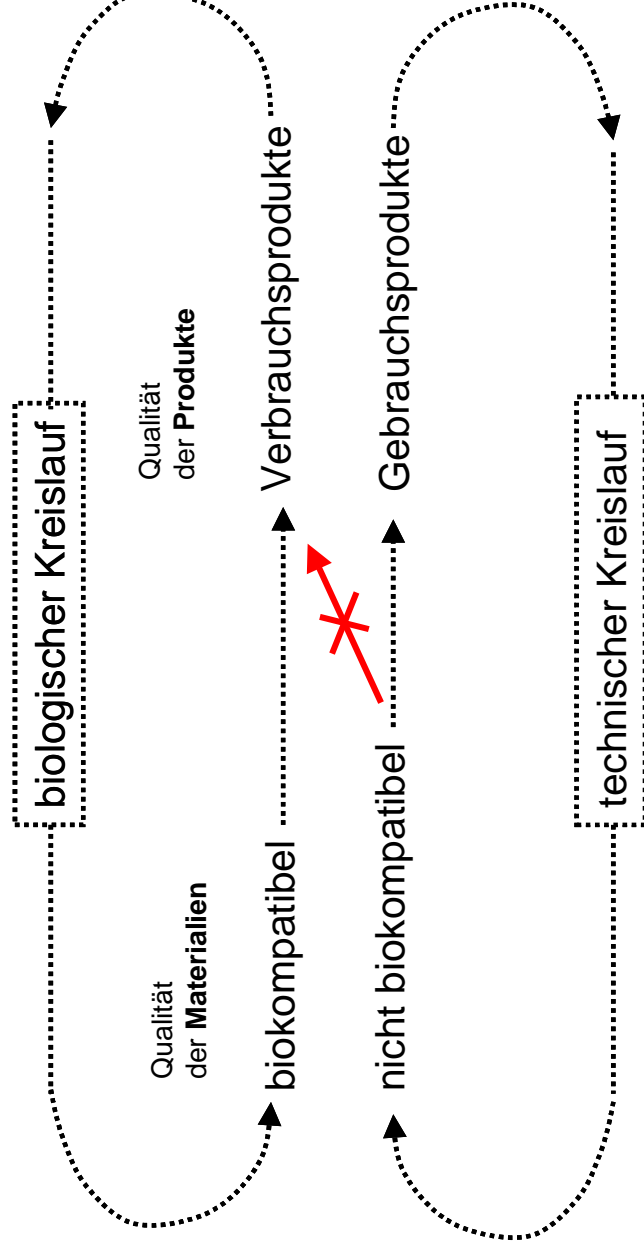
Nachhaltiges Wirtschaften braucht

Reversible Technologien	Technologische Entwicklungen sind so zu gestalten, dass sie zumindest teilweise wieder rückgängig gemacht werden können. Dadurch kann im Falle unerwünschter Systemwirkungen korrigierend eingegriffen werden.
Fehlertolerante, sanfte Technologien	Fehler sind unvermeidlich und auch durch die aufwändigsten Kontrollsysteme nicht 100%ig auszuschließen. Fehler sind daher mit zu planen und sollten überschaubare sowie räumlich und zeitlich begrenzte Auswirkungen haben.
Geringe Eingriffstiefe	Durch möglichst geringe Eingriffe in die komplexen Zusammenhänge natürlicher Systeme soll das Risiko unvernünftiger negativer Auswirkungen minimiert, und die Funktionsfähigkeit natürlicher Stoff-kreisläufe nicht beeinträchtigt werden.

Mit der Nutzung nachwachsender Rohstoffe können alle drei Prinzipien realisiert werden, wenn die Anwendungsbereiche systematisch geplant werden und der gesamte Lebenszyklus der hergestellten Produkte, insbesondere die Rohstoffgewinnung (Anbaumethoden) und die Entsorgungswege (kaskadische Nutzung, Kompostierung, Kreislaufführung) in die Planung einbezogen wird.

Trennung von **natürlichen** und **technischen** Stoffkreisläufen und den daraus folgenden Konsequenzen für die Gestaltung von Produkten.
Das Konzept orientiert sich an zwei Prämissen:

1. An der Qualität der verwendeten Werkstoffe, Materialien und Substanzen und ihrer Kompatibilität mit natürlichen Kreisläufen.
2. An Qualität und Einsatzzweck der Produkte und die technischen Möglichkeiten sie in geschlossenen Kreisläufen herzustellen, zu verwenden und rückzuführen.



Fossile, mineralische Industrierohstoffe

Nachwachsende Rohstoffe

Homogene Zusammensetzung
Zentrale Verfügbarkeit
Hohe Transportdichte
Zentrale Verarbeitungsanlagen
Standardisierte Halbfertigprodukte
Geringes Syntheseniveau

Inhomogene Zusammensetzungen
Regionale und saisonale Unterschiede
Begrenzte Lagerfähigkeit
Breites Spektrum an
Ausgangsrohstoffen auf hohem
Syntheseniveau (Syntheseleistung der
Natur)



Anpassen woran?

Struktur und Weitergabe von Know-how bei industriellen und traditionellen Verarbeitungsstrategien

In industriellen Verarbeitungsprozessen werden die Materialeigenschaften aus den Verarbeitungsanforderungen heraus definiert, also gewissermaßen aus der Beziehung (Material-Maschine). Sie haben dementsprechend wenig zu tun mit dem informellen Wissen das in der Beziehung Mensch-Material die entscheidende Rolle spielt. Das Know-how für handwerkliche Verarbeitungsformen ist stark subjektiv geprägt und baut auf einem empirischen, intuitiven Wissen über das Material auf.

Diese Unterschiede spiegeln sich in der Dokumentation, Anwendung und Weitergabe des Wissens wieder. Die Art der Beschreibung und die verwendeten Definitionen für die Werkstoffeigenschaften (nachwachsend - nicht nachwachsend, N/mm²,...) sind bestimmt durch die dahinterliegenden Normen und Werte und weisen vor allem in den folgenden Punkten erhebliche Unterschiede auf:

- Standardisierbarkeit
- Dokumentation
- Reproduzierbarkeit
- Flexibilität
- Möglichkeit individueller Lösungen

Die Nutzungszugänge unterscheiden sich grundsätzlich, je nachdem ob von den verfügbaren Ressourcen ausgegangen wird (oder von Knappheit ausgegangen werden muss) oder ob von den zu erfüllenden Bedürfnissen ausgegangen werden soll (z.B. im Rahmen nachhaltiger Entwicklung)

Potentiale (Verfügbare Ressourcen)

Bedürfnisse (definierte Probleme)

Know-how

Potential und Bedürfnisse sind über das vorhandene Know-how gekoppelt, das verfügbare Potential an Rohstoffen gezielt nutzbar zu machen.

GRAT

Derzeit befinden wir uns in einer Übergangsphase, gekennzeichnet durch einige industrielle Trends wie z.B. Ganzpflanzennutzung, Pflanzenfaser Compounds

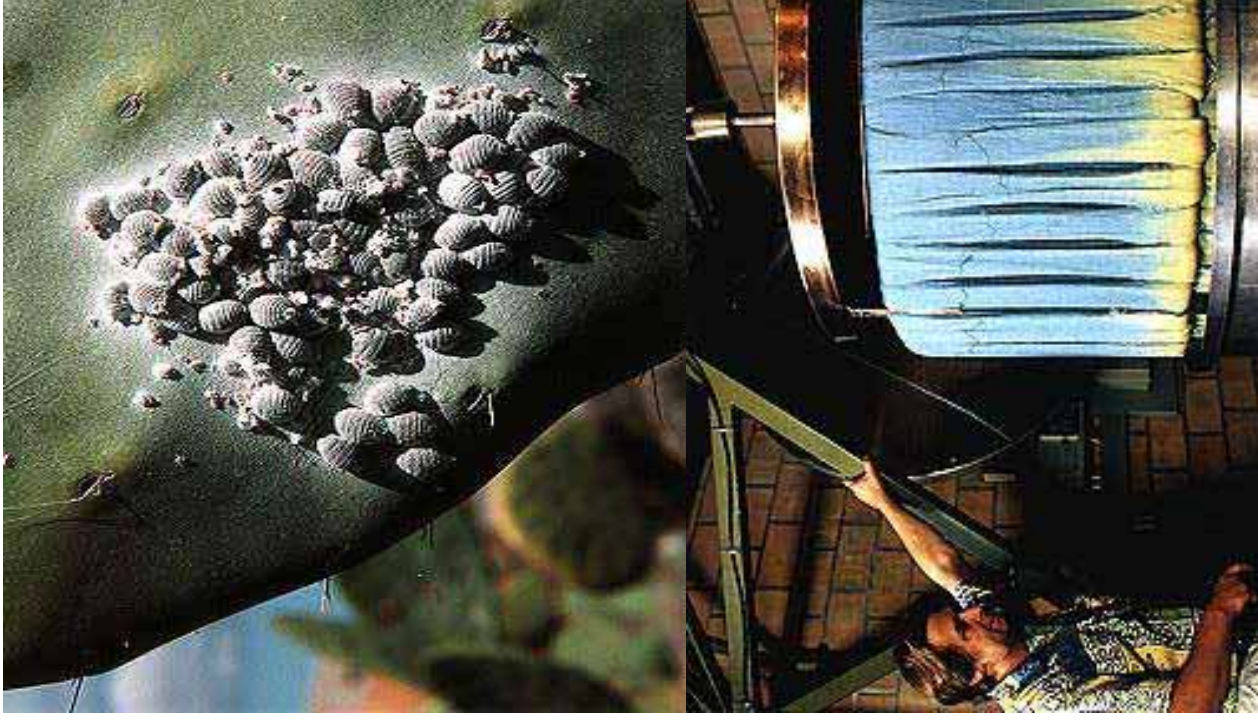
Die industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist eindeutig im Zunehmen

Grund dafür sind fast ausschließlich die funktionellen Vorteile (wie etwa die Gewichtsersparnis durch Pflanzenfaser-Verbundwerkstoffe im Fahrzeugbau)

Das Hauptproblem in den industriellen Anwendungen liegt darin, dass fast ausschließlich Materialverbünde zwischen synthetischen und biogenen Rohstoffen hergestellt werden



GrAT



Beispiele mit PotentialFärben



GrAT

Beispiele mit Potential Verpackung

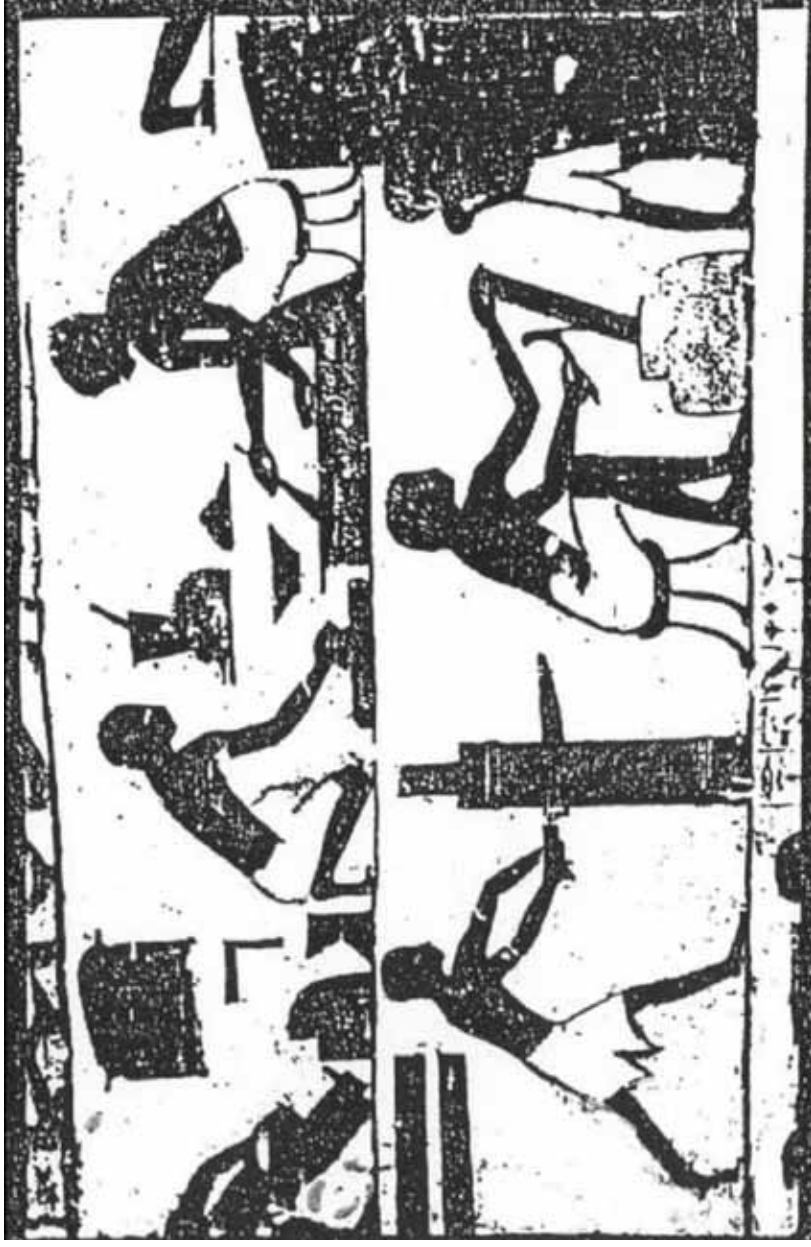


Manche Lebensmittel verpacken nur im natürlichen Behälter als Verpackungsmittel und zur Steuerung der Reifung bei Frisch- und Weichkäse.



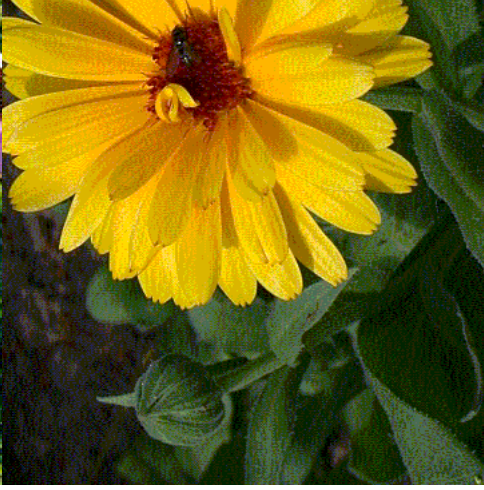
GrAT

Beispiele mit PotentialKleben



Beispiele mit PotentialKosmetik/Arzneimittel

GRAT



Johanneskraut
(*Hypericum perforatum herba*)

- Anwendung:
 - Kraut
 - Seit 2000 Jahren
 - Stimmungsaufhellend
 - Antidepressiv, antibakteriell, entzündungshemmend
- Inhaltsstoffe:
 - Hyperforin, Hypericin, Flavonoide
 - Gerbstoffe, ätherische Öl

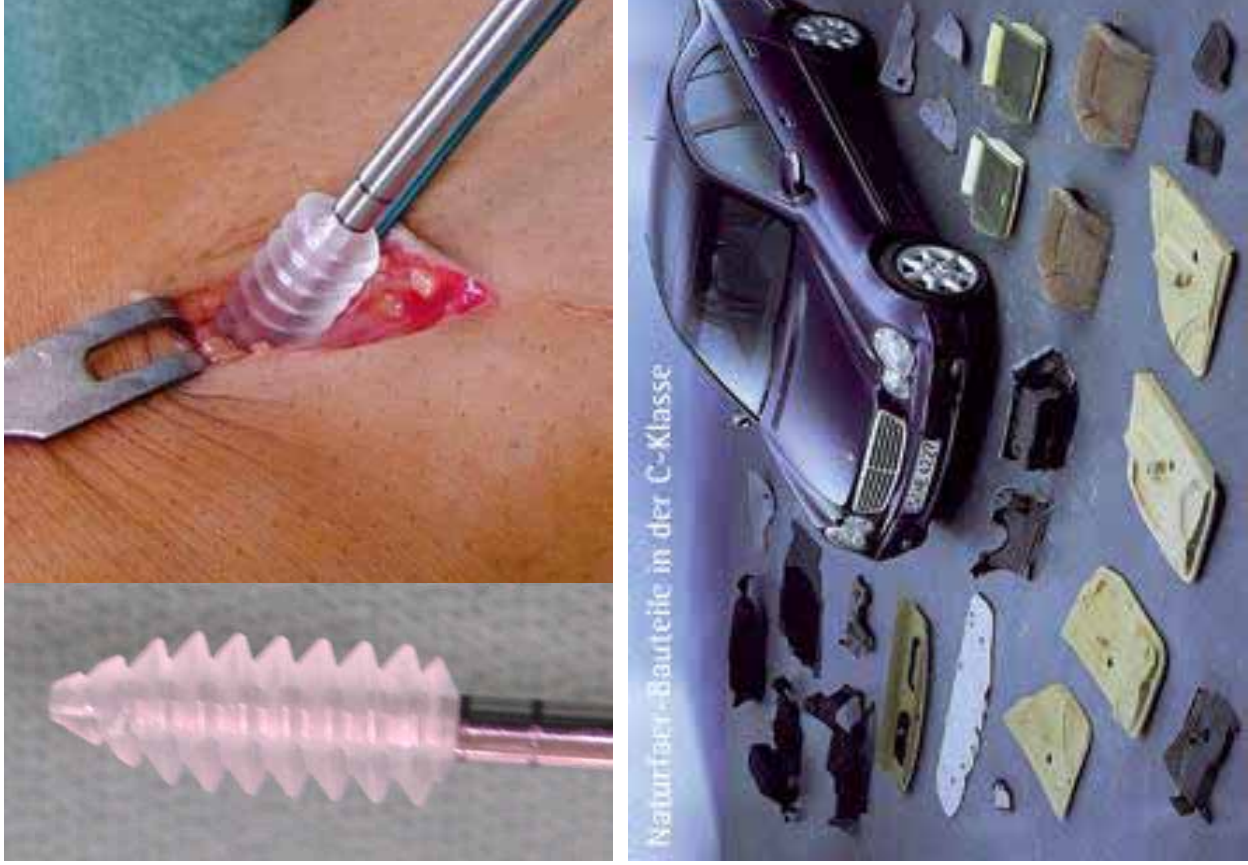
Beispiele mit PotentialGebrauchsprodukte



Beispiele mit PotentialWerkstoffe

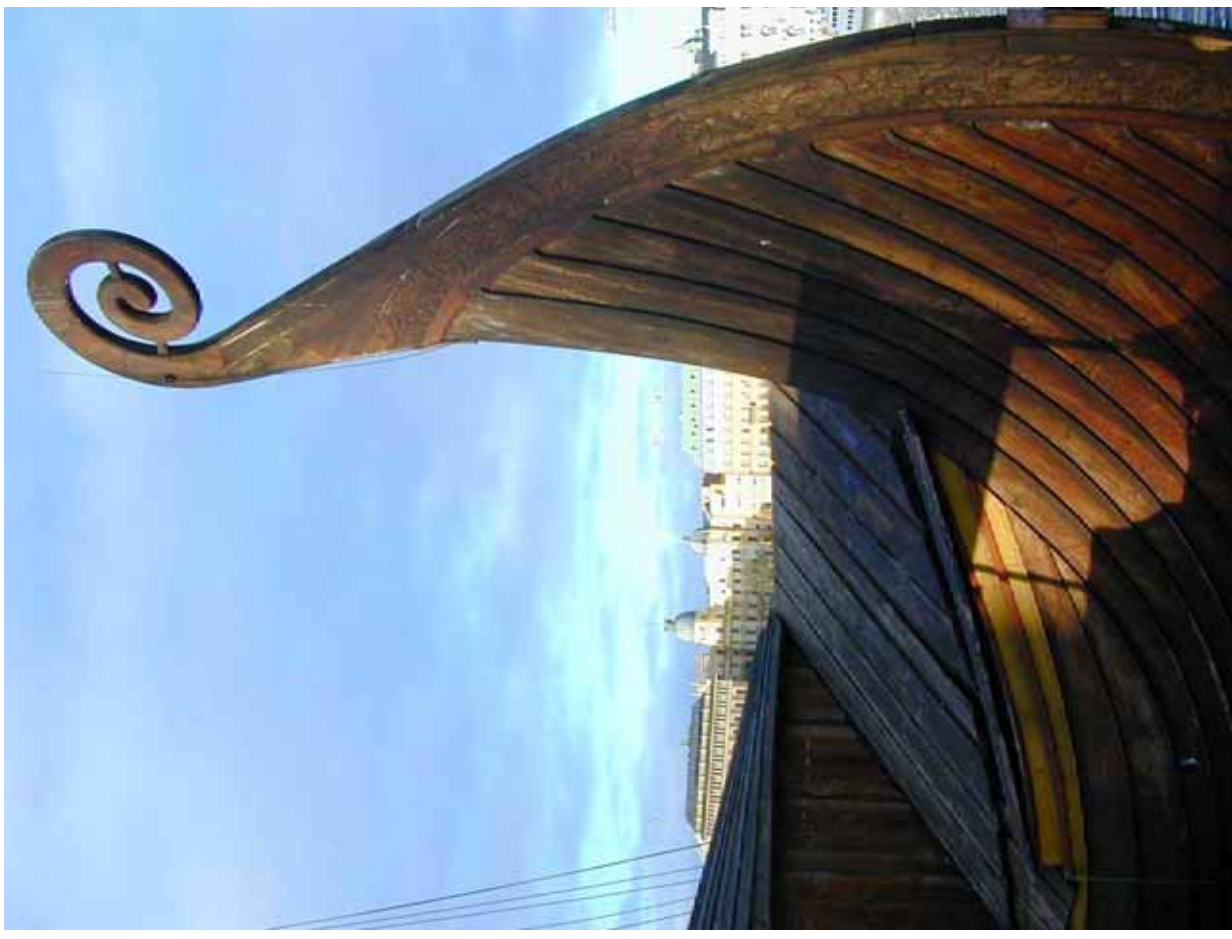


GrAT



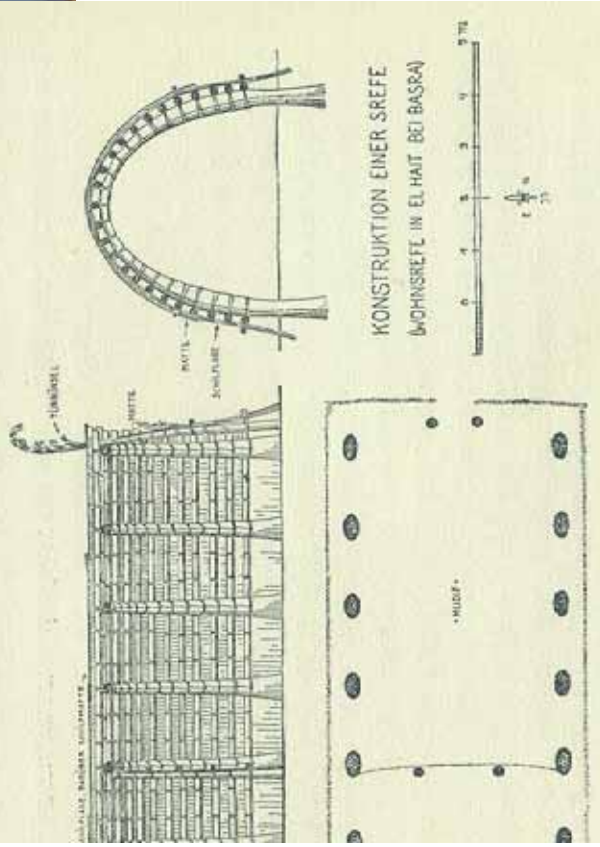
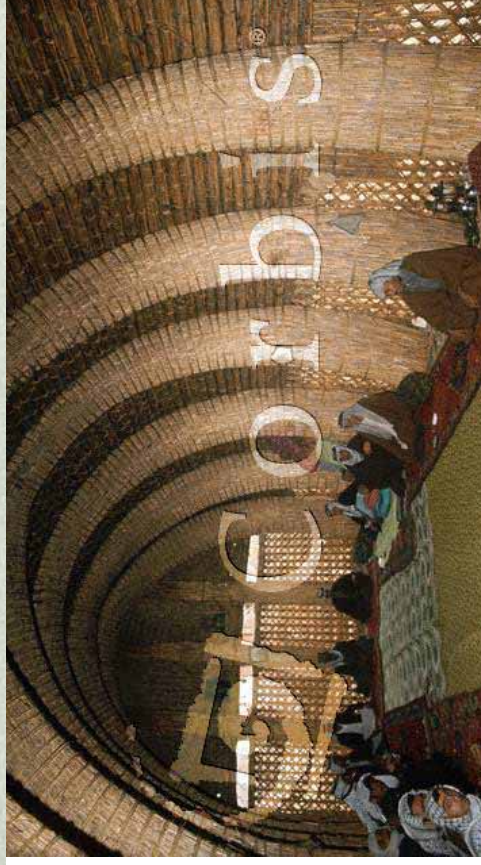
GrAT

Beispiele mit PotentialHolzverarbeitung/Konservierung



GRAT

Beispiele mit Potential“Überschussrohstoffe“



GrAT

Beispiele mit PotentialBauen



www.nawaro.com

nawaro nachwachsende Rohstoffe



[Login](#) [News](#) [Nawaro-Info](#) [Bauprodukte/Rohstoffe](#) [0-Service](#) [Kontakt](#)

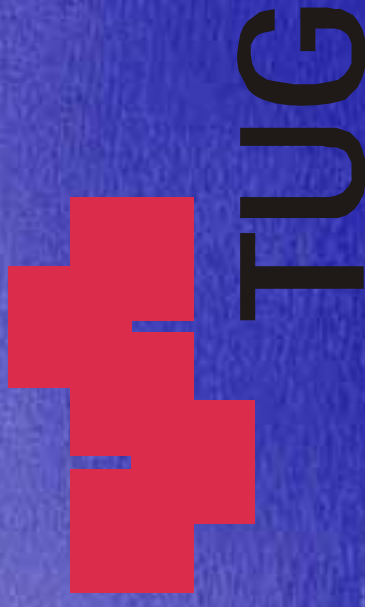
Nachwachsende Rohstoffe (NAWARO) sind wichtiger Bestandteil einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Entwicklung. Neben den positiven Auswirkungen einer Kreislaufwirtschaft sind die NAWAROs auch vielfältig einsetzbar. Die Verwendung von Nutzpflanzen kann sowohl stofflich als auch energetisch erfolgen.



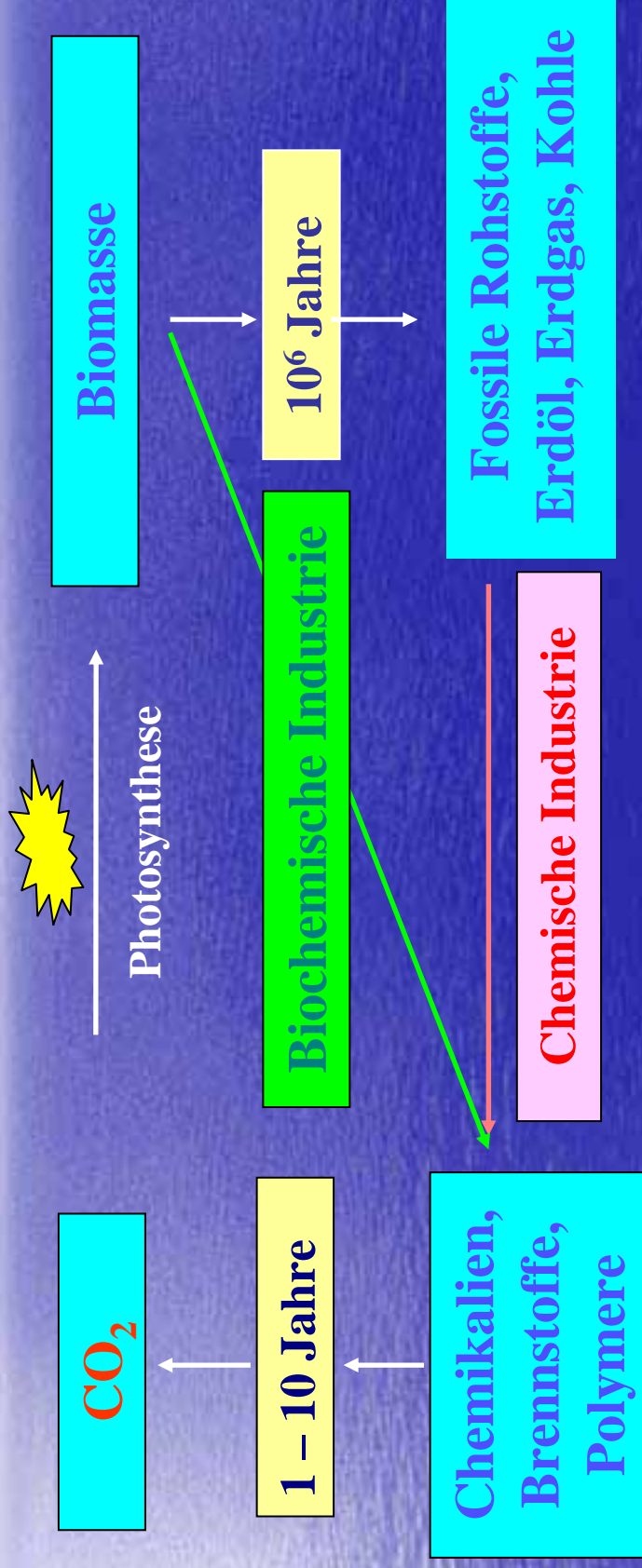
GrAT

Beispiele mit Potential Textilien

neue Chancen für Massenprodukte aus der Biotechnologie



G. Braunegg
Institut für Biotechnologie
Technische Universität Graz
A-8010 Graz, Austria, Petersgasse 12
Tel.: ++43 – 316 – 873 – 8412
Email: braunegg@biote.tu-graz.ac.at



Ergebnis: ein Bilanzproblem!

Rohstoff	Verbrauch ^a	Reserve ^b
Erneuerbare Biomasse ^c	6.0	170
Mineralöl	3.2	135
Erdgas	1,900 ^d	140,000 ^d
Kohle	3.4	850

a) 10^9 t/Jahr

b) 10^9 t

c) Durch Photosynthese

d) 10^9 m³

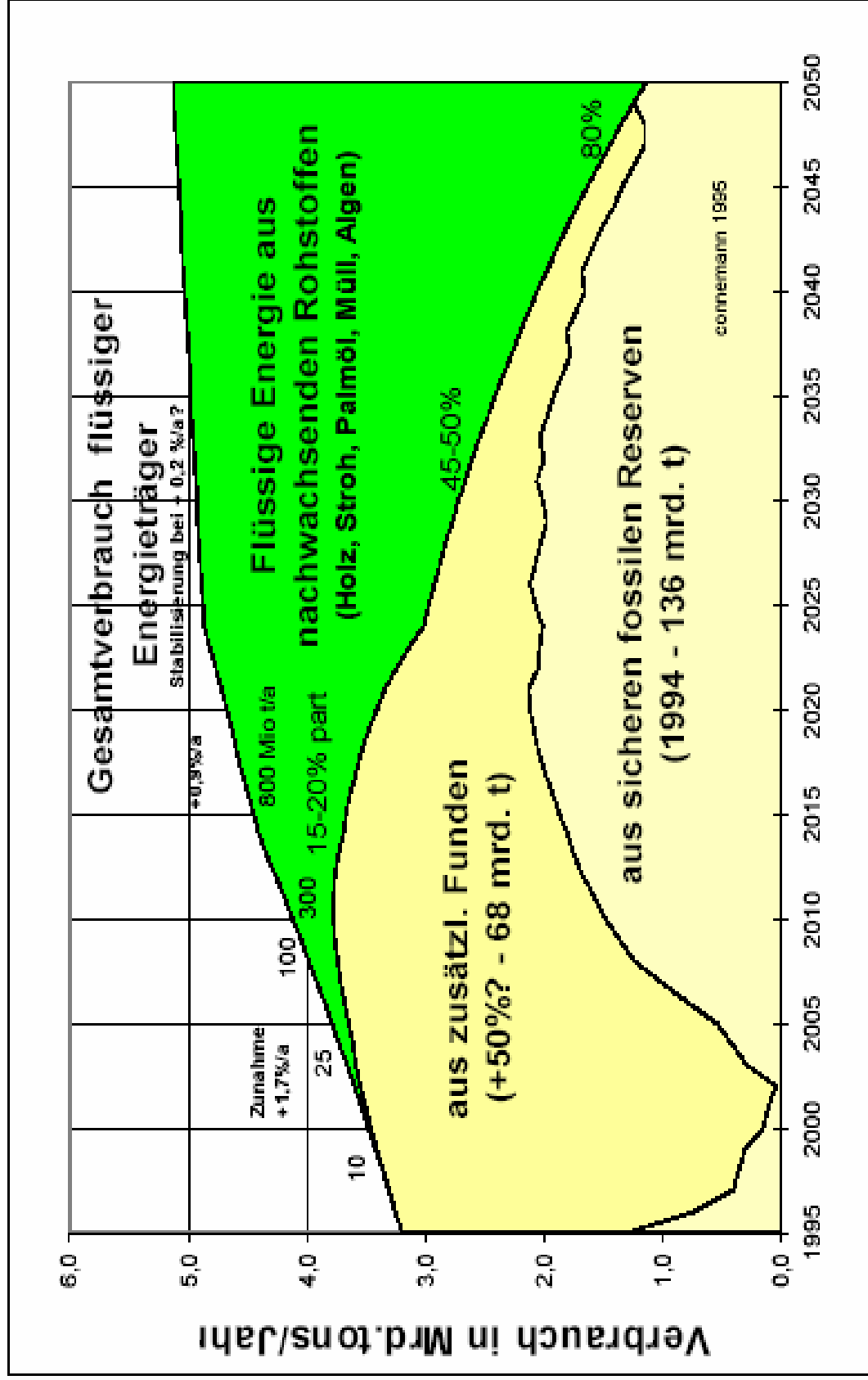
Deutschland, USA (2001): weniger als 10% der gesamten Produktion von Chemikalien basiert auf erneuerbaren Rohstoffen!



TUG

Gesamtverbrauch flüssiger Energieträger

Stabilisierung bei +0,2 %/a?



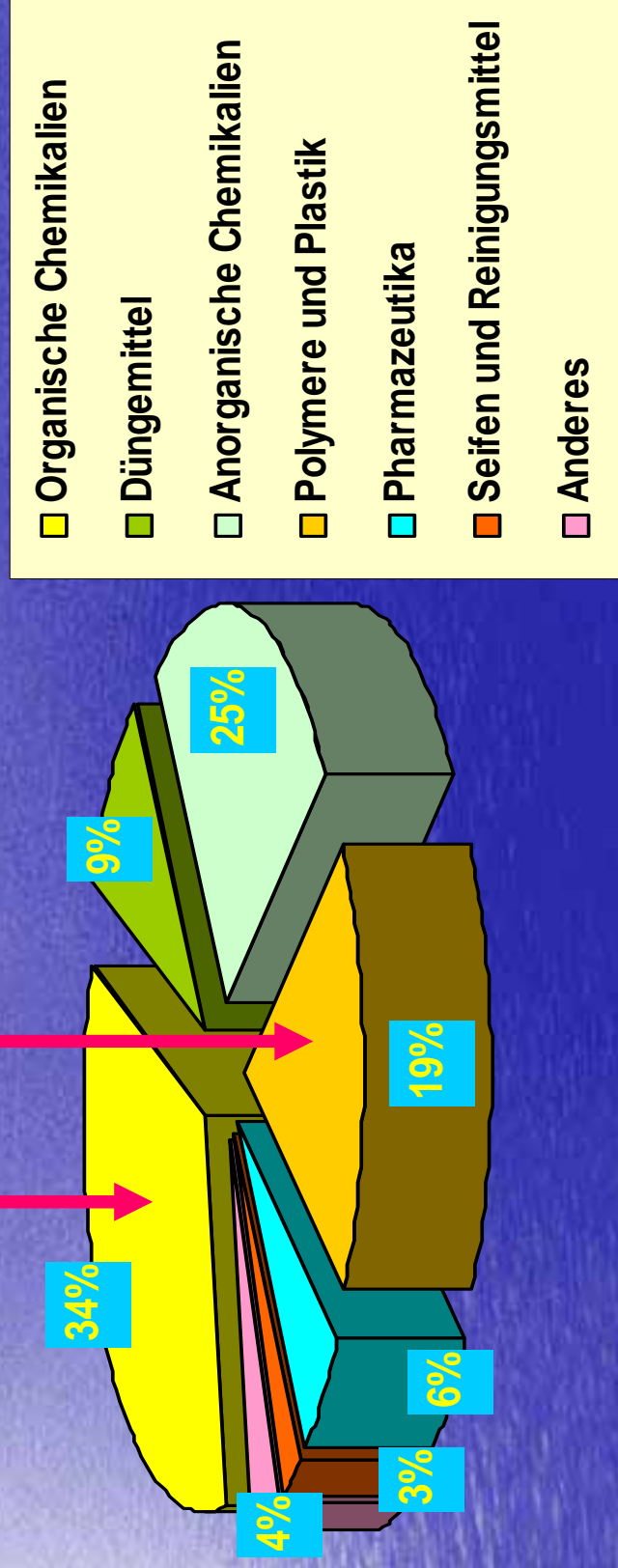


TUG

Relativer Energieverbrauch der chemischen Industrie in den USA

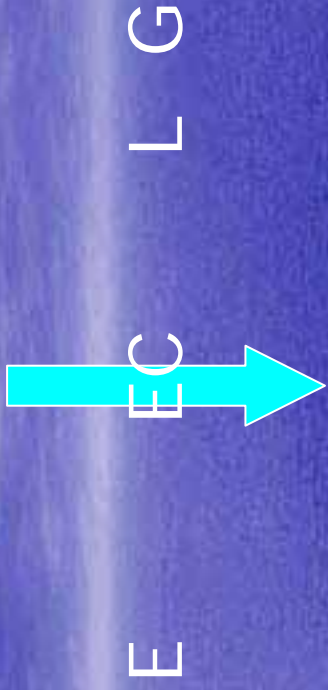
Source: Department of Energy

Zielgebiete



Nach Eissen et al. (2002) gelten diese Daten für vergleichbare Industrieländer

nachhaltige industrielle
biotechnologie



Produktion von Chemikalien

Monoere ligore Polyere

aus erneuerbaren Rohstoffen

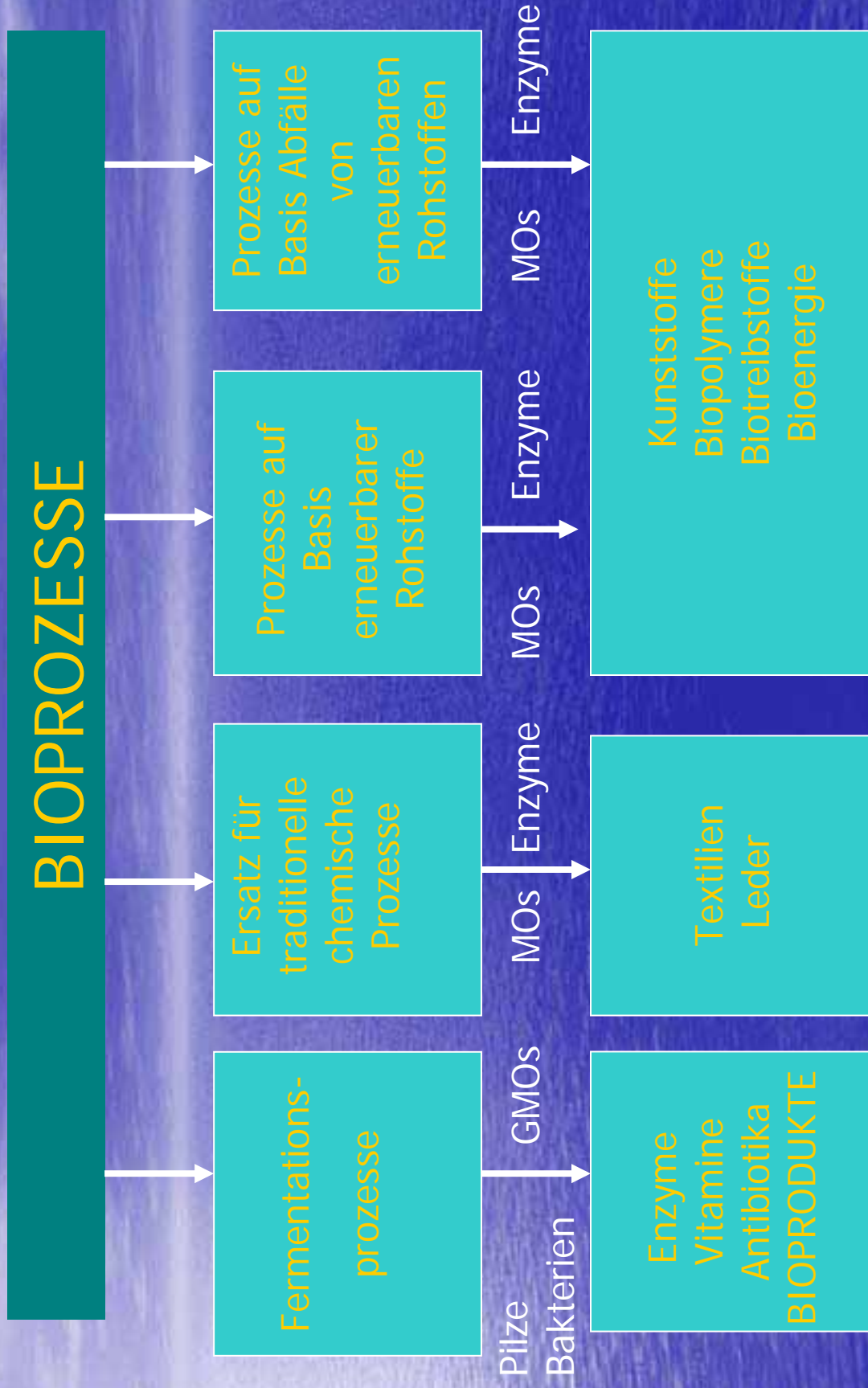
wie landwirtschaftlichen Abfall oder pflanzlichen Produkten

über biotechnologische Methoden



Saubere Prozesse weniger Abfälle
geringerer Einfluss auf die Umwelt

White Biotechnology



Key en biotechnologischer Produkte

Low volume High Price Produkte

Hauptmarktsegment:

Pharmazeutische und Medizinische
Produkte: hoher Marktwert

Verbrauch an Rohstoffen:

Sehr gering

Engineering Challenge:

Gering, „Ideale Reaktoren“ mit
Volumina von ca. 100L – 5m³

**Produktabtrennung/
Produktreinigung**

oft sehr spezifisch oder
komplex

**Einfluss auf Nachhaltigkeit
& „Cleaner Production“:**

sehr gering bis vernachlässigbar



TUG

Why are biotechnological products

High Quality Low Price Products

Market segment:

Mass products: Fine chemicals
Polymer reagents

Requirement for raw materials:

high

Engineering Challenge:

Real reactors

often segregated

Systems Mass transfer problems

Product separation

Product purification

low energy requirements

Influence on sustainability

Cleaner Production :

high influence Reduction of fossil C conversion of industrial waste and excess product waste reduction

Erneuerbare Rohstoffe und Massenprodukte

Erneuerbare Rohstoffe

ca. 1/3 der Menge an fossilen Rohstoffen davon

Fette und Öle
Polysaccharide
sonstige z. B. Proteine und Proteinhydrolysate

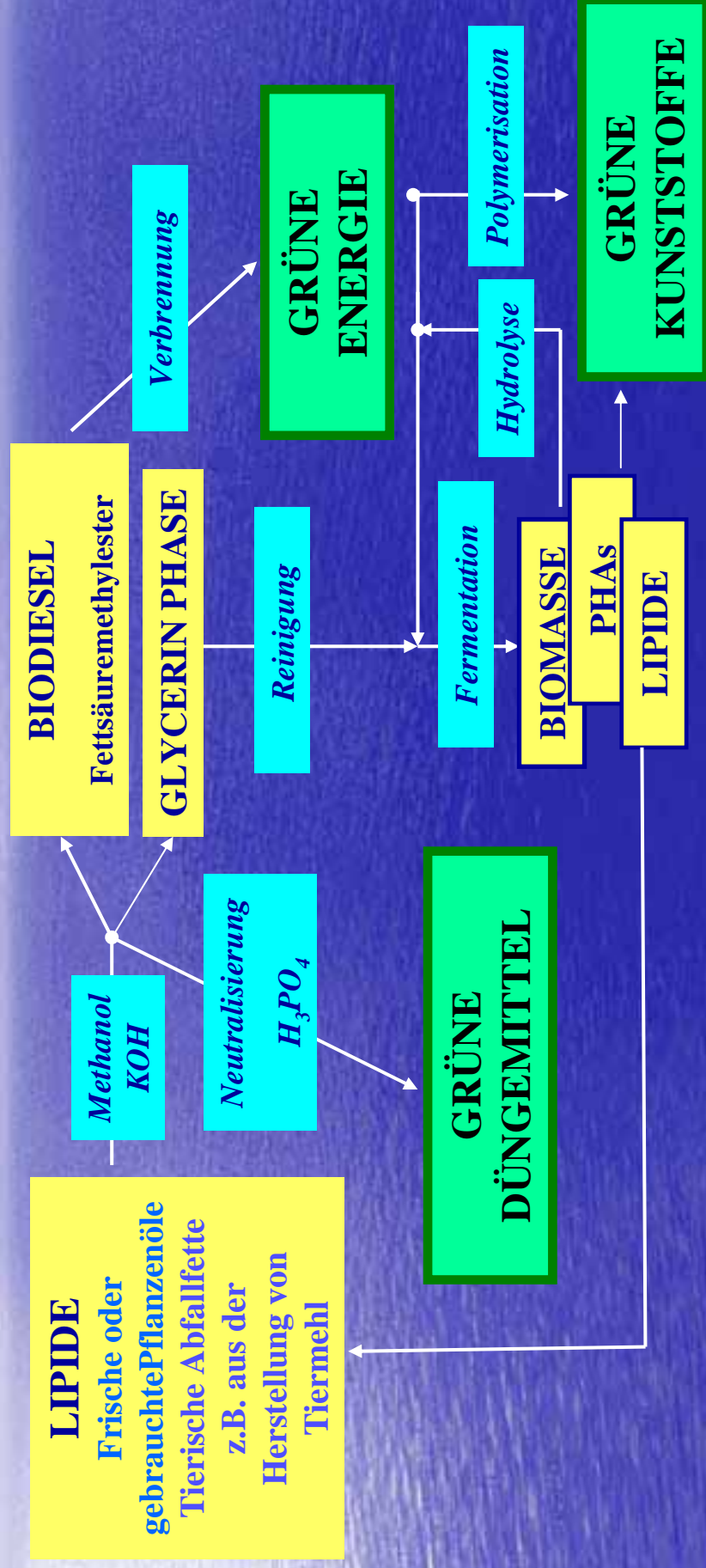
Massenprodukte, klassisch

Ethanol
Sorbit
Zitronensäure

Neue Massenprodukte

Acrylamid aus Acrylnitril (30.000 t/a, Nitto Chemical Company, Japan)
Polylaktat aus Stärke (140.000 t/Jahr, Cargill Dow)
PHA aus Rohrzucker (2005: 5000 t/a, Biocycle, Brasilien)

erwertung von Abfallfetten

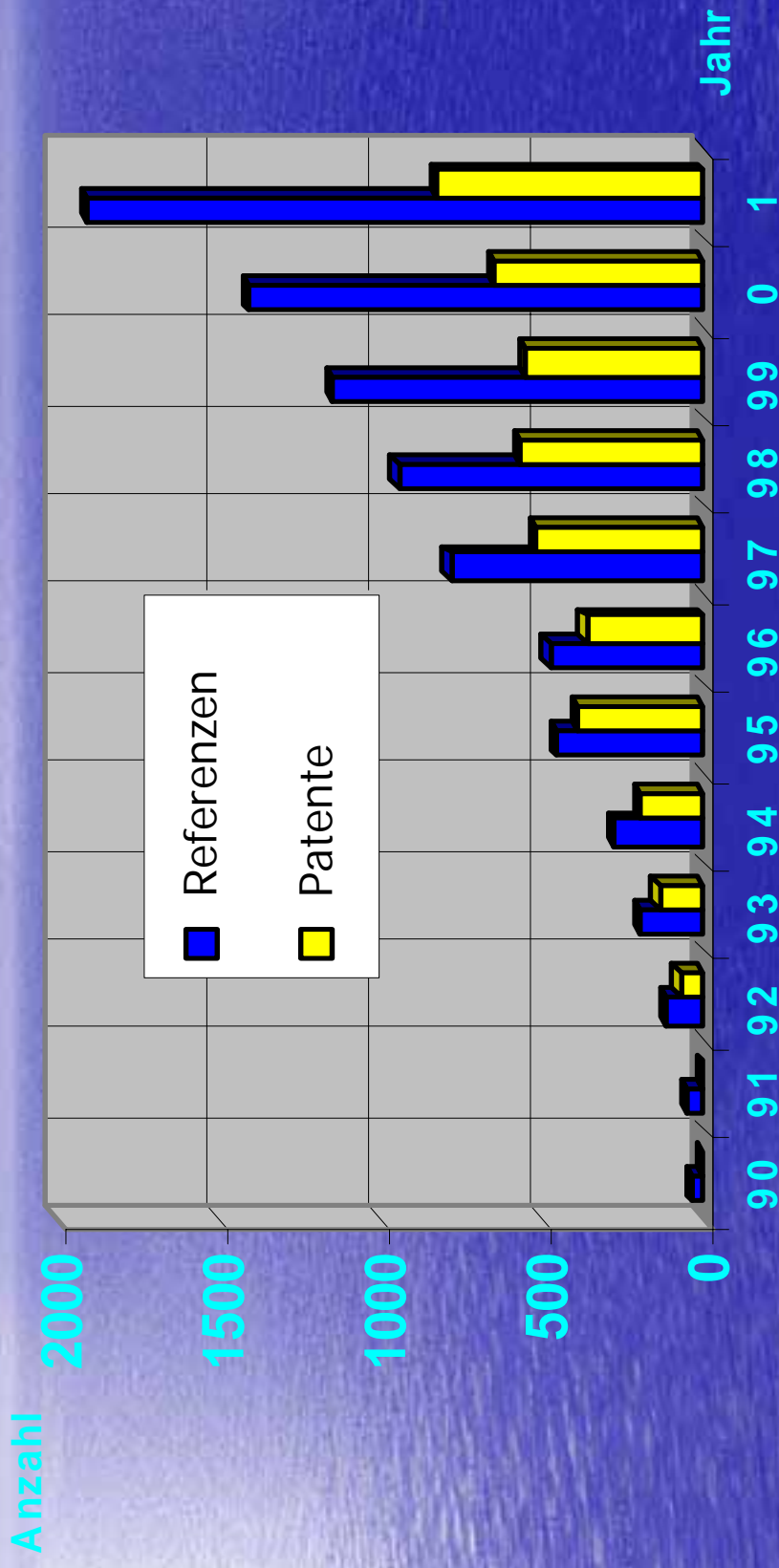




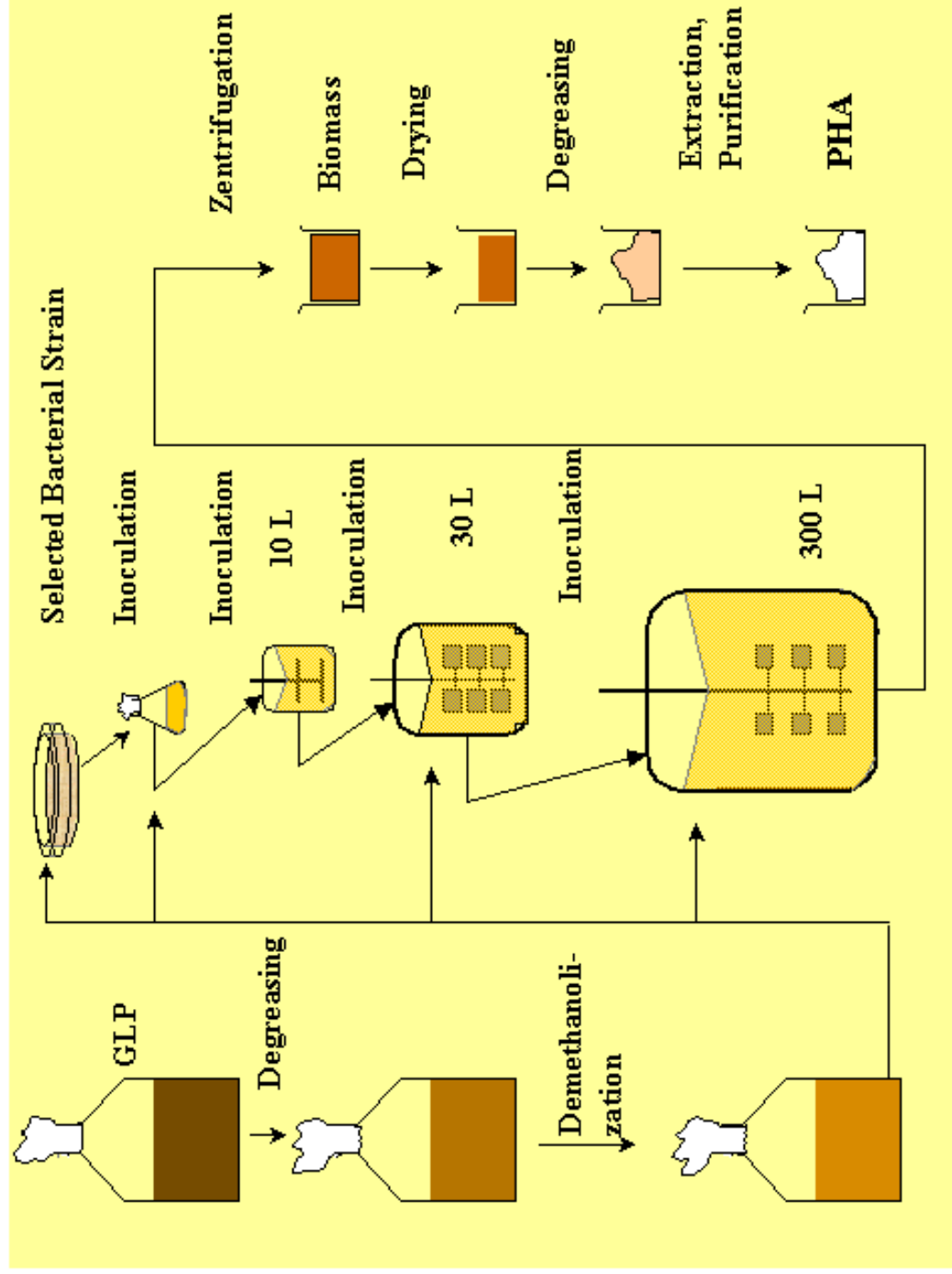
TUG

Referenzen und Patente zu polymeren in den Chemical

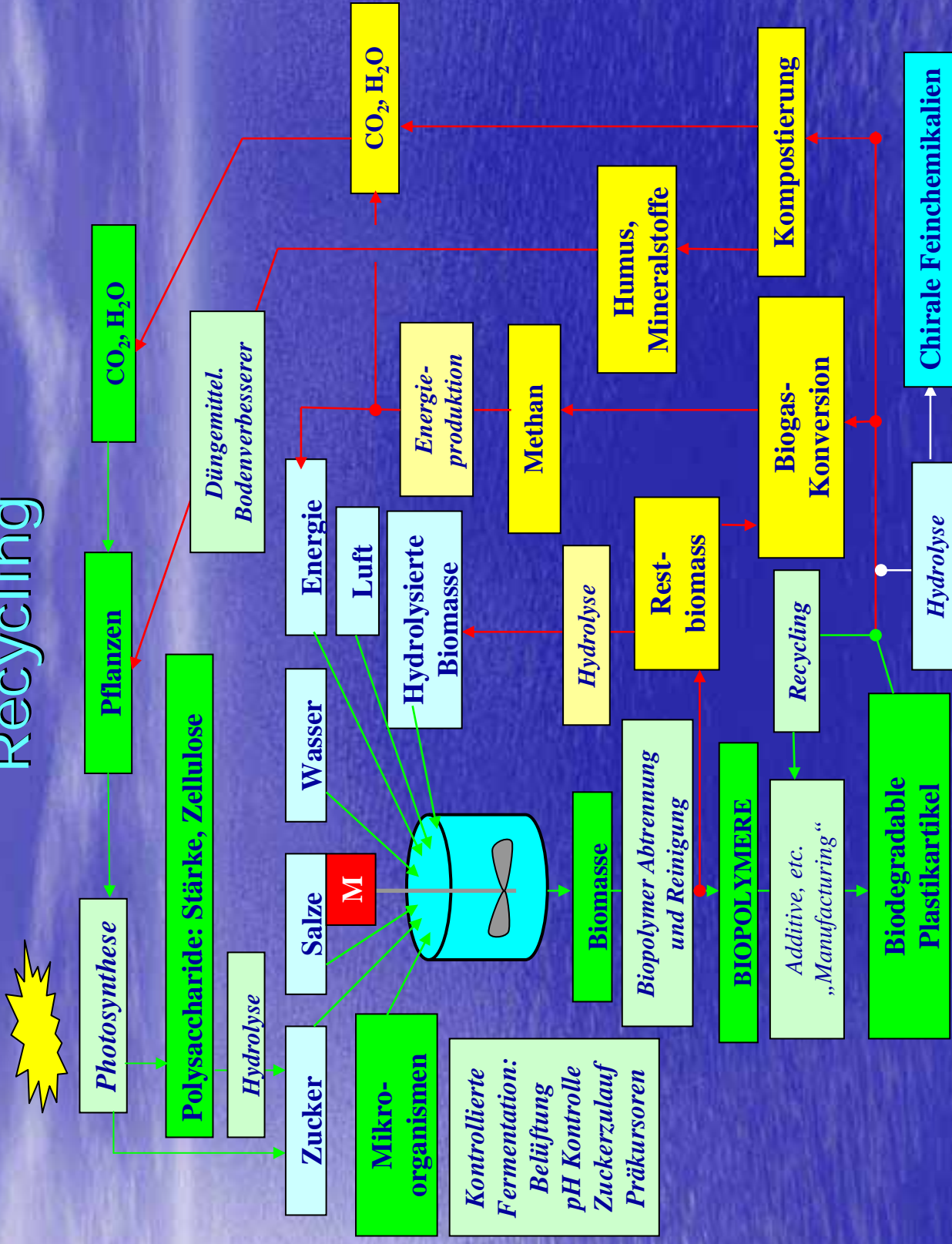
Abstracts Chiellini



P A Produktion aus Glycerin hase



P A: Zyklen von Erstellung und Recycling



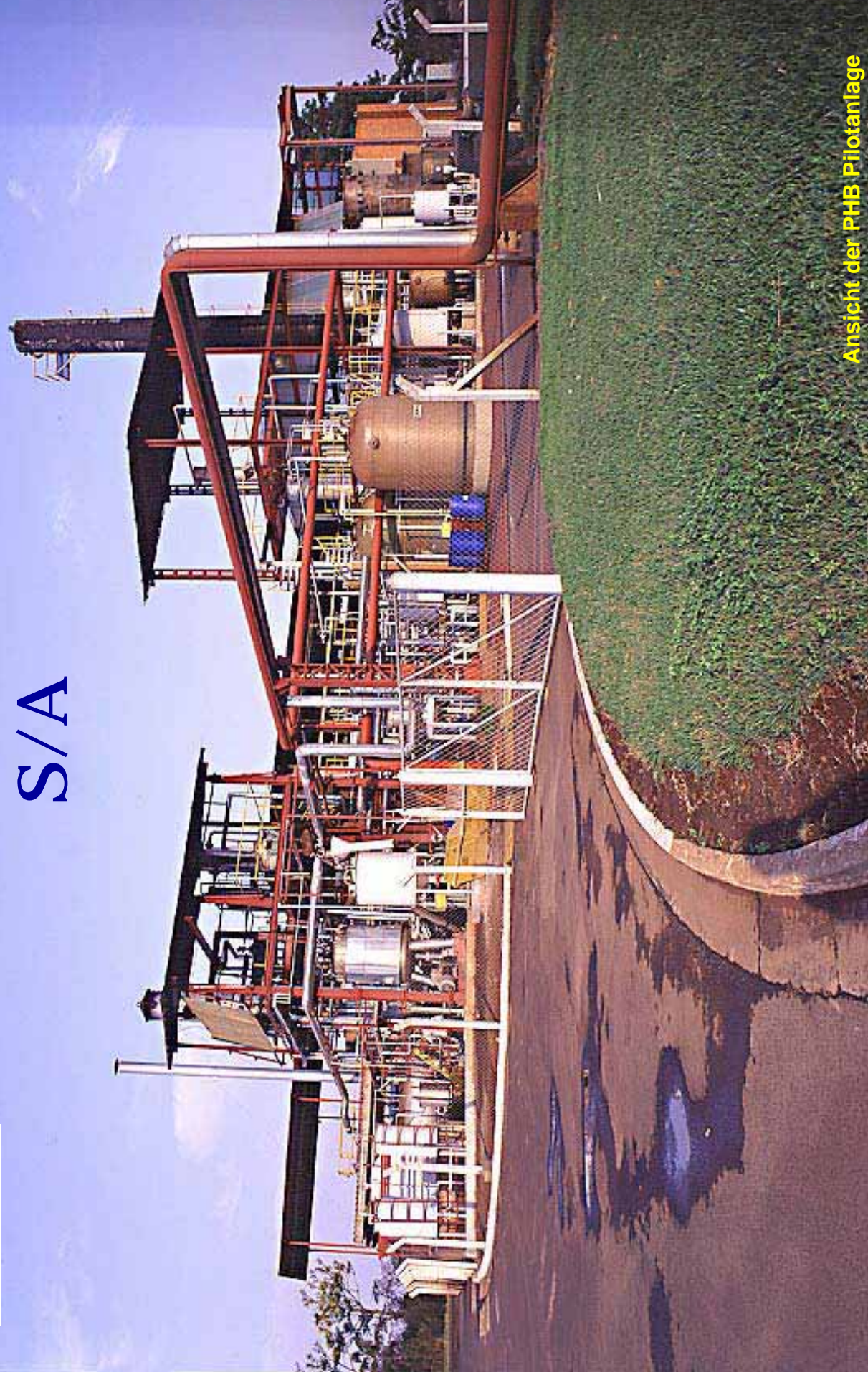
: t P As aus Rohrzucker:

Standort: sina da Pedra Serrano rasilien





PHB INDUSTRIAL S/A



Ansicht der PHB Pilotanlage

1 ha = 10.000 m²

1 ha = 85 t Zuckerrohr

1 t Zuckerrohr = 127 kg Zucker oder (57 kg
Zucker + 54 kg Ethanol)

Hektarertrag: 10,80 t Zucker

3 kg Zucker = 1 kg PHB (BIOCYCLE)

Formaler Hektarertrag an PHB: 3,6 t

Energiegewinnung durch Bagasseverbrennung

1 ha = 85 t Zuckerrohr

1 t Zuckerrohr = 280 kg Bagasse

Hektarertrag = 23,8 t Bagasse

1,89 t Bagasse führen zu 1 MWh elektr. Energie

Formaler Hektarertrag an Energie: 12,61 MWh

Energieverbrauch rtega

Prozessenergieverbrauch pro t Zuckerrohr: 11 kWh

Verbrauch pro ha (85 t) = 0,95 MWh

Prozessenergieverbrauch pro t PHB: 1,0 MWh

pro ha (3,6 t PHB) : 3,6 MWh

Energiebilanz des Systems

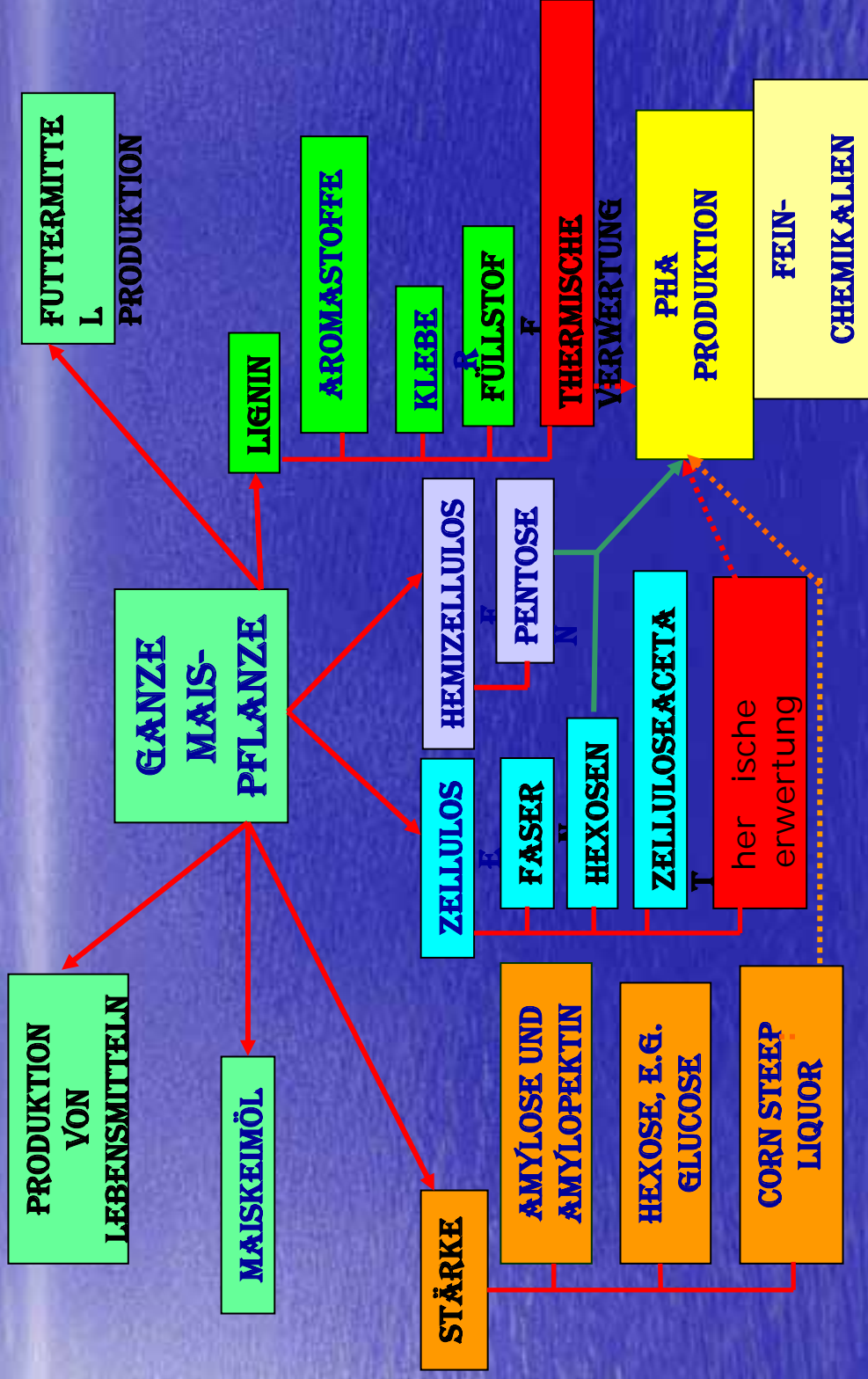
rtega

Energie (MWh / ha)			
Produktion	Verbrauch		Überschuss
	Zuckermühle	PHB	
	0,95	3,60	
12,61	4,55		8,06

- Biocycle wird als Nebenprodukt den Energiebedarf einer Stadt von 400.000 Einwohnern gleichwertig liefern! (bezogen auf Verbrauchsniveau Sao Paolo)



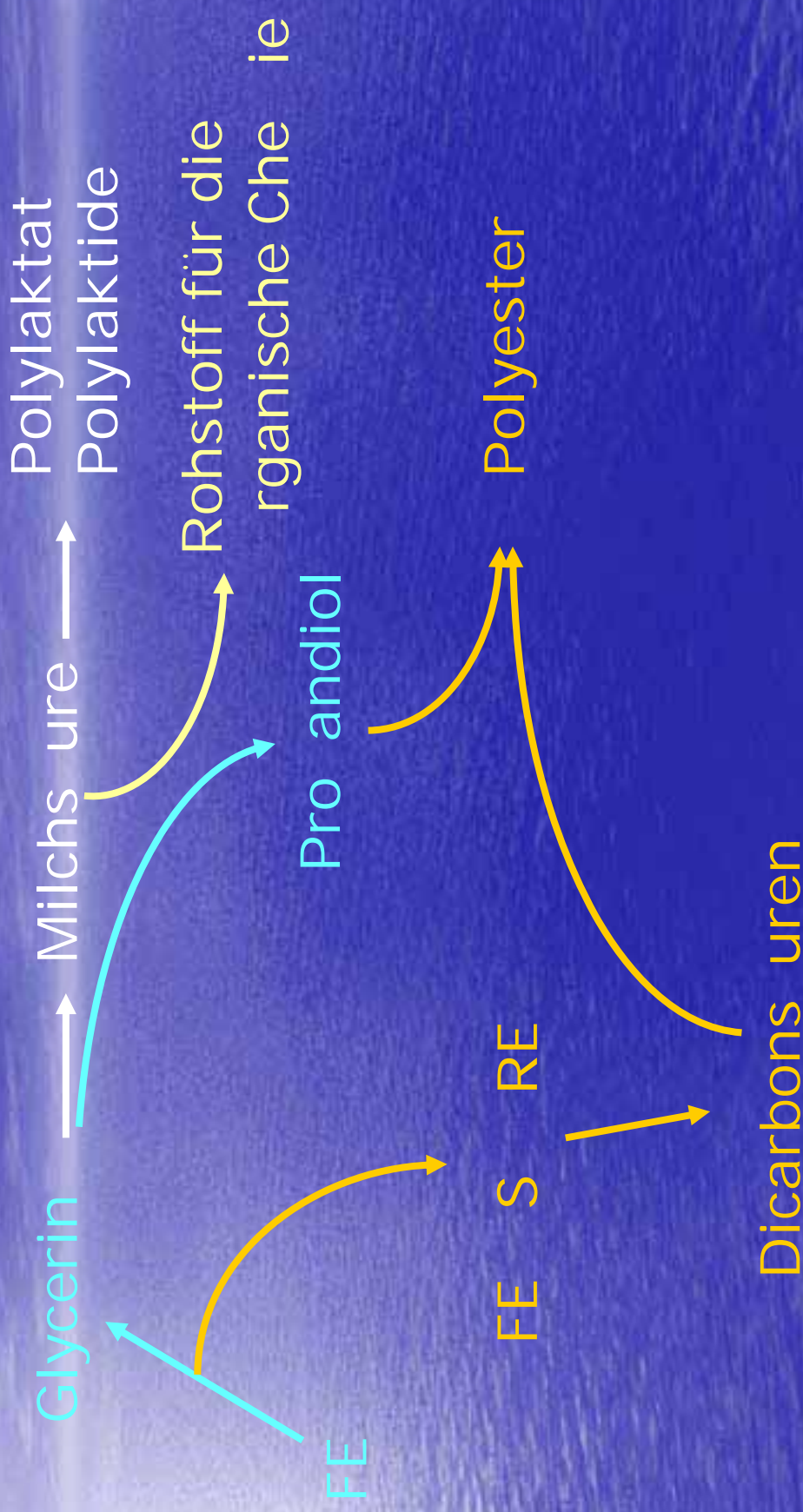
TUG Ganz pflanzenverwertung von Mais





TUG

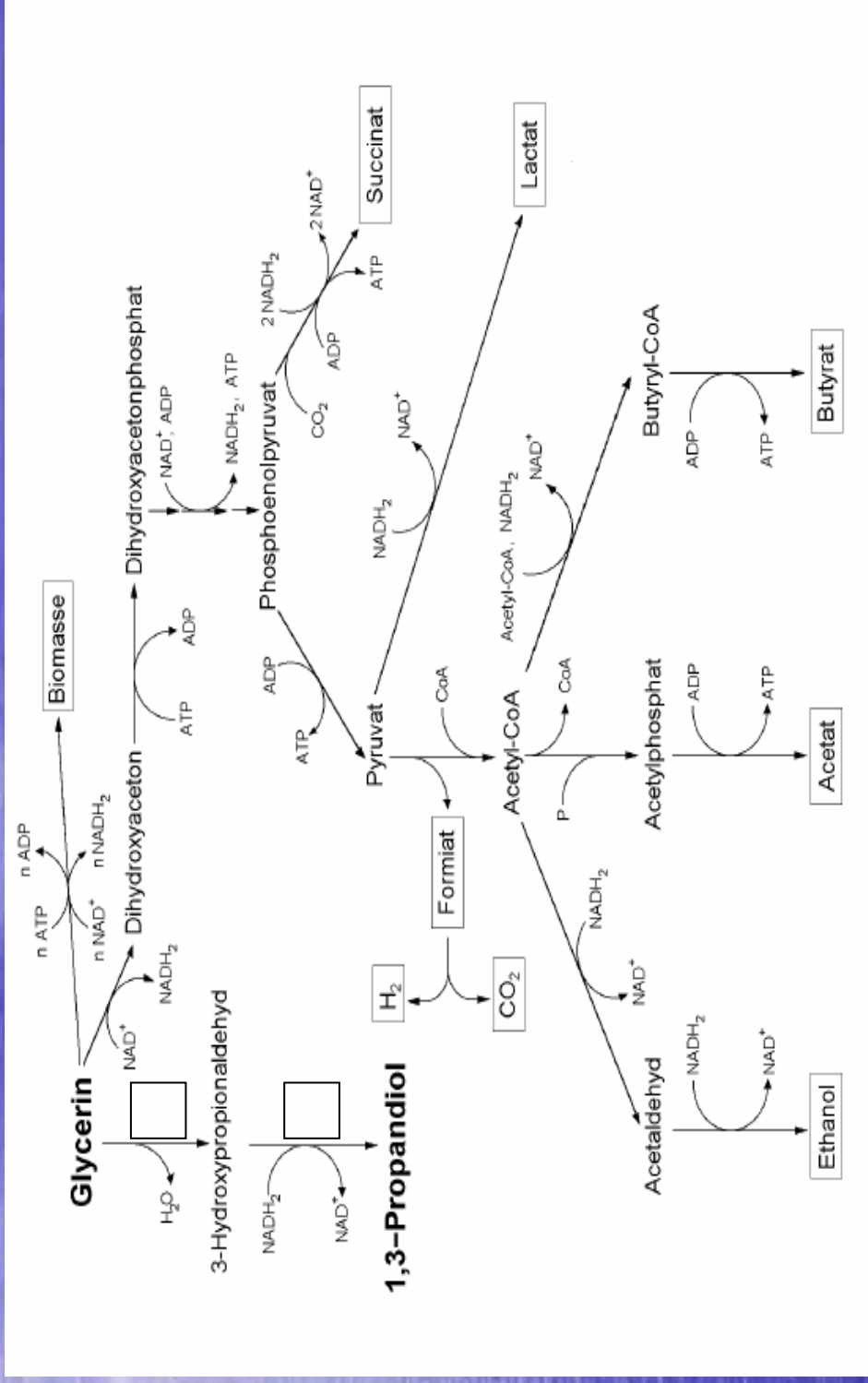
Leitere Produkte aus Glycerin





TUG

Stoffwechsel von Glycerin bei *Clostridium butyricum* nach ZE. G.



: Diol Dehydratase EC : PD: AD idoreduktase



TUG

eitere Produkte

Alkohole und etone

Ethanol n utanol sobutanol so ro anol utandiol

Glycerin Aceton Dihydro yaceton

rganische S uren

Essigs urre Milchs urre Zitronens urre Pro ions urre
als urre α etoglutars urre tacons urre eins urre

A inos uren

L Gluta ins urre L Lysin L Phenylalanin L Methionin
L As aragins urre L Leucin L soleucin L yrosin



TUG

Reaktionstypen von Biotransformationen (Weber, 1993)

Reaktionen

Oxidationen

Beispiele

Hydroxylierung, Epoxidierung, Dehydrierung, oxidative Spaltung aromatischer Ringe, Oxidation von Heterofunktionen, oxidative Entfernung von Substituenten

Reduktionen

Reduktion von organischen Säuren, Aldehyden und Ketonen, Reduktion von Heterofunktionen, z.B. -NO₂, Hydrierung von C=C-Doppelbindungen

Hydrolysen

Hydrolyse von Estern, Aminen, Amiden, Lactonen

Kondensationen

O- und N-Glycosidierung, N-Acylierung, Phosphorylierung, Aminierung, Esterbildung

Isomerisierung

Wanderung von Doppelbindungen bzw. Sauerstoff-Funktionen, Racemisierungen



TUG

Zielvorstellung für den zukünftigen Prozessentwurf: integrierte Prozesse

- **Schließen von Kreisläufen: Nutzung industrieller Abfälle als neue Rohstoffe**
- **Verwertung von Abfällen und Überschussprodukten industrieller Herkunft als Rohstoffquelle für biotechnologische Produkte**
- **Integration von Biokatalysatoren in bestehende Technologien zur Herstellung von Chemikalien: Vermeidung von toxischen Nebenprodukten**
- **Nutzung der katalysierenden Vielfalt der Mikroorganismen bei der Erarbeitung neuer Prozesstechnologien**

Fallstudien (SeedQuest 2003)

• ASFA in : Reduktion des traditionellen chemischen Stufenprozesses auf Stufe: Senkung der Prozesskosten u

• DSM Challenge in Antibiotika : Energie und Materialreduktion u jeweils variable Kosten u gesenkt

• Prozyklische scouring : Energie Alkalilösung durch Enzymung ersetzt. Emissionen in Wasser u reduziert Energieverbrauch u gesenkt Gesamtkosten u gesenkt

Fallstudien (SeedQuest 2003)

- Cargill Dow ein iokunststoff: Mit der erstellung von biologisch abbaubare unstoff erringerung der Abh ngigkeit von fossile n ut u sowie Reduktion von kli awirksa en Gasen u verglichen it ko etitiven Poly eren auf fossiler asis
- DuPont neues Poly er auf io asis: Eine der Schlsselche ikalien für ein i e tilbereich einge setztes neues Poly er wird aus Glukose aus Maisst rke hergestellt. erringerung des fossilen n uts u



TUG

Folgerungen

Eine **euorientierung** der **ischen ndustrie** ist **orbedingung** für die **Entwicklung** **nachhaltiger** Prozesse. **iele Prozessstufen** und sogar **vollständige echnologien** **laufender** Prozesse **üssen an die otwendigkeit** **der achhaltigkeit** **angeasst** werden.

Diese **orbedingung** wird nur erfüllt wenn die **ei e** **iotecnologie** auf der **asis solider** **wissenschaftlicher** und **ethodischer** Grundlagen **aufgebaut** wird.



TUG

Folgerungen

Moderne o ti ierte Produktions rozesse werden in igh tech L ndern wie Euro a entwickelt werden die **Produkt herstellung** wird bevorzugt aber in enen L ndern erfolgen welche **billige erneuerbare Rohstoff uellen** besitzen.



TUG

Folgerungen

Die Inhalte der akademischen Ausbildung für eine neue Generation von Ingenieuren müssen neu definiert werden. Eben der **Genetischen Engineering** Produktion von neuen Katalysatoren muss der Schwerpunkt auf **Chemieingenieurwesen** und **biotechnische** Verfahrenstechnik gelegt werden. Egleitend wird sich die Rolle von **Life Cycle Analysis** und **Life Cycle Assessment** wesentlich verstärken.



TUG

Folgerungen

5. In den wesentlichsten Interessensgebieten müssen interdisziplinäre und transdisziplinäre Forschungsschwerpunkte als Arbeitsbasis für die führenden Wissenschaftler aus Universitäten und der Industrie eingerichtet werden. Solche Schwerpunkte sind Garant für **fokussierte Kooperation** im Rahmen der Aufgabenstellungen, sie müssen aber **flexibel** genug angelegt werden um der künftigen Notwendigkeit von „Cleaner Production“ und Nachhaltigkeit zu genügen.