

14.07.89

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Bericht des Bundes und der Länder über Nachwachsende Rohstoffe

DER BUNDESMINISTER
FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN

Bonn, den 14. Juli 1989

STAATSEKRETÄR DR. KURT EISENKRÄMER

- 623-790/16 -

An den
Präsidenten des Bundesrates
Herrn Ministerpräsident
Björn Engholm

Der Bundesrat hat in einer Entschliebung, die er in seiner 589. Sitzung am 20. Mai 1988 *) gefaßt hat, die Bundesregierung gebeten, eine Gesamtkonzeption für nachwachsende Rohstoffe zu erstellen. Mein Haus hat federführend in Zusammenarbeit mit den Ländern und den beteiligten Bundesressorts einen ersten umfangreichen Bericht über nachwachsende Rohstoffe angefertigt, den ich Ihnen anliegend mit der Bitte um Kenntnisnahme übersenden darf.

Ein Bundesland hat mitgeteilt, daß es Vorschläge zu politisch-administrativen Maßnahmen vermißt. Eine Einigung hierüber konnte bisher nicht erzielt werden. Es zeichnet sich ab, daß neben EG- und bundeseinheitlichen Lösungen auch länderspezifische Antworten sinnvoll sein könnten. Den politisch-administrativen Maßnahmen sollte im Laufe der weiteren Beratungen Priorität eingeräumt werden.

Kurt Eisenkrämer

*) Drs. 99/88 (Beschluß)

Kurzfassung

Bericht des Bundes und der Länder über Nachwachsende Rohstoffe

Der Bundesrat hat in seiner 589. Sitzung am 20. Mai 1988 in einer Entschlieung die Bundesregierung gebeten, eine mit den Bundesländern abgestimmte Gesamtkonzeption für nachwachsende Rohstoffe zu erstellen. Im vorliegenden Bericht werden die ökonomischen, technischen und ökologischen Voraussetzungen dargestellt und soweit derzeit möglich auch bewertet. Darauf aufbauend sind in Zukunft politische und politisch-administrative Maßnahmen zu entwickeln.

Die Diskussion um nachwachsende Rohstoffe begann mit der plötzlichen Erdlpreissteigerung Anfang der 70er Jahre. Zwischenzeitlich wurde erkannt, daß fossile Rohstoffe zwar knapper und teurer werden, aber noch für lange Zeit ausreichen und die Preissteigerungen zumindest mittelfristig als relativ gering eingeschätzt werden, sowie große Einsparungs- und Wiederverwendungspotentiale bestehen. Seit Anfang der 80er Jahre ist es daneben vor allem der Druck der berschussituation auf den Märkten wichtiger pflanzlicher Erzeugnisse, der auf der Suche nach Lösungen zur Verringerung der berschussproblematik u.a. Produktions- und Verwendungsalternativen als eine Möglichkeit erscheinen läßt. Auch ökologisch begründete Forderungen, zur Erhaltung und Wiederherstellung einer gesunden Umwelt eine Kreislaufwirtschaft aufzubauen, sprechen für eine verstärkte Nutzung der Sonnenenergie - auch über Biomasse.

Die Darstellung erfolgt gegliedert nach Art des Rohstoffs innerhalb der beiden Bereiche industrielle und energetische Nutzung. Schlaglichtartig können folgende Punkte herausgehoben werden:

1. Nutzungen pflanzlicher Inhaltsstoffe in der Industrie

1.1 Zucker

Der Zuckermarkt in der EG sowie die Lage auf dem Weltmarkt ist in der Regel von Überschüssen geprägt. Die Stärke- und Zuckerregelung in der EG ermöglicht es der Industrie seit 1986, den Zucker zu weltmarktähnlichen Bedingungen zu beziehen. Der Absatz von Zucker im chemisch-technischen Sektor steigt daher kontinuierlich an, in der Bundesrepublik Deutschland (EG) wurden 1987/88 33.000 t

(175.000 t) Zucker verwendet. Einsatzgebiete sind organische Säuren, Pharmazeutika, Kleb- und Kunststoffe u.a. Fortschritte auf dem Gebiet der Biotechnologie können zu einer beschleunigten Entwicklung neuer Verwendungsmöglichkeiten von Zucker beitragen. Auch die Entwicklung von biologisch abbaubaren Tensiden auf Basis von Zucker und anderen biogenen Komponenten zeigt verstärkte Einsatzmöglichkeiten auf.

Eine Marktentlastung durch eine verstärkte Zuckerverwendung im Nicht-Nahrungsbereich wird aber auf absehbare Zeit nur gering sein können. Bei Absatz als Fermentationsrohstoff konkurriert Zucker mit Stärke, und für neue Produkte - in Konkurrenz zur Petrochemie - müssen z.T. noch grundlegende Forschungsarbeiten betrieben werden.

1.2 Stärke

Zur Zeit werden in der EG (12) jährlich 5,1 Mio t Mais, 1,4 Mio t Weizen und 5,2 Mio t Kartoffeln zu insgesamt rd. 5,0 Mio t Stärke verarbeitet (3,3 Mio t Maisstärke, 0,7 Mio t Weizenstärke, 1,0 Mio t Kartoffelstärke). Der Anteil der Bundesrepublik hieran beträgt rd. 740 000 t Stärke. Etwa 50 % der inländischen Gesamtzeugung werden für Nicht-Nahrungszwecke eingesetzt. Klassische Einsatzbereiche sind: Papier und Pappe, Textilien, Klebstoffe, Baustoffe, Chemikalien und Pharmazeutika.

Im Gegensatz zu Zucker besitzt Stärke bereits von Natur aus polymere Strukturen. Es gilt, nach Wegen zu suchen, das natürliche Polymer Stärke oder daraus hergestellte Derivate direkt und in technisch und wirtschaftlich sinnvoller Weise mit den künstlichen, auf Erdöl basierenden Polymeren zu kombinieren oder ganz in Konkurrenz zu petrochemischen Kunststoffen zu treten. Verwendungsmöglichkeiten im Kunststoffsektor werden vor allem dann ausgeschöpft und verwirklicht werden, wenn bei den Endprodukten eine biologische Abbaubarkeit gegeben ist, die vom Markt honoriert wird. Die Bereitstellung von Amylose-Stärke (z.B. aus Mark-erbse) durch die Landwirtschaft könnte derartige Einsatzbereiche erschließen helfen.

Innerhalb der nicht-energetischen Rohstoffverwendungen wird das Ausmaß der zukünftigen Nutzung im Nicht-Nahrungsbereich bei Stärke am günstigsten beurteilt. Nach Schätzungen der chemischen Industrie wird langfristig ein zusätzlicher Bedarf von rd. 1,4 Mio t für die EG (10), davon für die Bundesrepublik Deutschland knapp 0,5 Mio t für möglich gehalten. Dies könnte einem Flächenäquivalent in der EG von rd. 380.000 ha entsprechen.

1.3 Pflanzliche Öle

Nach Angaben der chemischen Industrie werden von den rd. 1,3 Mio t pflanzlicher Öle und Fette, die in der EG im Nicht-Nahrungsbereich ihren Absatz finden, ca. 1 Mio t aus Drittländern importiert. Aus europäischer Produktion stammen danach rd. 300.000 t, die sich aus Sonnenblumen-, Soja- und Rapsöl zusammensetzen. Sie dienen u.a. zur Herstellung von Wasch- und Reinigungsmitteln, Kosmetikprodukten, Kunststoffen, Weichmachern, Gummi, Textilhilfsstoffen, Farben und Lacken, Schmiermitteln und Hilfsstoffen zur Metallverarbeitung.

Das derzeit verfügbare Angebot an Ölen und Fetten aus Rohstoffen inländischen Ursprungs entspricht meist nicht den Qualitätsanforderungen der Industrie (Fettsäurezusammensetzung, -gehalt). Qualitäten, die unter unseren klimatischen Bedingungen angestrebt werden können, sind Öle mit hohen Anteilen an Ölsäure, Linolensäure, Erucasäure oder Fettsäuren mit funktionellen Gruppen. Mittelfristig kann bei erucasäurehaltigem Raps ein Marktpotential von ca. 10.000 ha und bei Öllein von ca. 40.000 ha erschlossen werden. Längerfristig kommen auch noch ölsäurereiche Sonnenblume, Koriander, Ringelblume und gegebenenfalls weitere, züchterisch noch sehr wenig bearbeitete Pflanzen in Betracht.

Bis zum verstärkten Anbau neuer oder qualitativ veränderter Ölpflanzenarten ist eine erfolgreiche Züchtung notwendig, für die je nach Ausgangslage ein Zeitbedarf von 5 - 15 Jahren erforderlich ist.

Für eine Verwendung in technischen Bereichen, z.B. Schmiermittel und Hydrauliköle, entwickeln sich derzeit schon beachtliche Absatzmärkte für Rapsöl.

1.4 Pflanzliche Fasern

Der Flachs-anbau ist 1986 in der Bundesrepublik Deutschland mit rd. 100 ha erstmalig in regional begrenztem Umfang wieder aufgenommen worden. Die Anbaufläche beträgt 1989 ca. 2.200 ha, womit beinahe die Hälfte des inländischen Langfaserbedarfs abgedeckt werden könnte. Für die Verarbeitung wurden drei neue Schwinganlagen errichtet, eine vierte ist noch im Bau.

Verwendet werden Flachsfasern überwiegend in der Textilindustrie. Wenn Ernte und Aufschluß von Flachs mit neuen Verfahren risikoärmer und kostengünstiger als traditionelle Verfahren gestaltet werden, dann ist mit einer Ausdehnung der Faserverwendung zu rechnen. Neue Aufschlußverfahren sind bereits relativ weit

entwickelt und werden zur Zeit unter Praxisbedingungen modellhaft erprobt. Neue Märkte werden im textilen Verwendungsbereich (bis zu 65.000 t) und im nicht-textilen Sektor (Vlies- und Filtermaterial, Verbundwerkstoffe, technische Gewebe) gesehen.

1.5 Holz

Im Vergleich zu landwirtschaftlichen Produkten nimmt Holz eine Sonderstellung ein, da die Märkte für Holz und Holzwaren praktisch liberalisiert sind. Sowohl die EG (12) als auch die Bundesrepublik Deutschland sind Nettoimporteure von Holz und Holzwaren. Die Nettoeinfuhren wären aber nur in Teilbereichen (vor allem Holzhalbwaren) und nur unter bestimmten Voraussetzungen durch eine denkbare Erhöhung der Inlandsproduktion substituierbar.

Eine Steigerung der inländischen Holzproduktion wäre in verschiedenen Bereichen möglich durch

- Ausnutzung vorhandener Nutzungsreserven, vor allem im Bereich der frühen Pflege- und Durchforstungsmaßnahmen im bestehenden Wald.
- Verstärkung der Erstaufforstungsaktivitäten zur Vergrößerung der Gesamthochwaldfläche (Umtriebszeit 80 - 200 Jahre).
- Produktion von Holz in Kurzumtriebsplantagen (Umtriebszeit 3 - 15 Jahre) mit schnellwachsenden Baumarten wie Pappeln, Weiden und Erlen.

Die Bestrebungen, bisherige Holzimporte z.T. zu substituieren bzw. neue Holzverwendungen zu erschließen, zielen in erster Linie auf die Marktsektoren Zellstoff, Holzwerkstoffe, chemische und energetische Verwertung.

Verschiedene neue Verfahren zur Zellstoffgewinnung, die z.T. schwefelfrei arbeiten und die z.T. die Nutzung aller Holzbestandteile (Cellulose, Hemicellulose, Lignin) versprechen, befinden sich im Entwicklungsstadium. Bei ihrer Praxisumsetzung kann im Inland verstärkt Zellstoff erzeugt werden, wobei die anderen Holzbestandteile ggf. einer Nutzung in der Chemieindustrie zugeführt werden könnten.

1.6 Heil- und Gewürzpflanzen

Der Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen kann für eine begrenzte Anzahl von Betrieben unter bestimmten Voraussetzungen Einkommensalternativen bieten. Allerdings sind Spezialkenntnisse erforderlich, die Anbaurisiken hoch und die Anbauer sind dem Wettbewerb eines weitgehend freien Marktes ausgesetzt. Es bedarf grundlegender Verbesserungen zur Erfolgssicherung im Anbau- und Absatzbereich.

2. Energetische Nutzung von Biomasse

2.1 Bioethanol als Motorkraftstoff

Ethanol aus zucker- und stärkehaltigen Agrarrohstoffen kann Mineralöl und dessen Folgeprodukte im Kraftstoffsektor und in der chemischen Industrie ergänzen oder gar substituieren. Im Kraftstoffbereich wären bei Unterstellung einer 5 %igen Beimischung von Ethanol zum Vergaserkraftstoff in der Bundesrepublik Deutschland ca. 1,2 Mio t und in der EG beinahe 5 Mio t einsetzbar. Dies entspricht einem Flächenäquivalent in der Bundesrepublik Deutschland von 250.000 ha auf der Basis Rüben bzw. 600.000 ha auf der Basis Getreide.

Der technische Entwicklungsstand bei der Produktion von Ethanol aus Agrarrohstoffen ist in der Bundesrepublik Deutschland sehr hoch. Rohstoffkosten von ca. 0,90 bis 1,10 DM/l und Konversionskosten von 0,40 bis 0,60 DM/l je nach Anlagenkonfiguration führen dazu, daß die Erdölpreise auf ein Mehrfaches ihres jetzigen Standes ansteigen müßten, damit Ethanol als Kraftstoffsubstitut wettbewerbsfähig werden könnte. Zur Verfolgung einer Vorsorgestrategie bieten sich die verschiedenen Pilotanlagen für weitere Forschungs- und Entwicklungsvorhaben an.

2.2 Pflanzliche Öle als Kraft- und Schmierstoffe

Pflanzenöl kann als Kraftstoff in Dieselmotoren eingesetzt werden. Allerdings bedarf es gewisser technischer Voraussetzungen, es sind spezielle Motoren erforderlich (z.B. Elsbett-Motor, Vor- und Wirbelkammermotoren), direkteinspritzende Motoren müssen umgerüstet, oder das Pflanzenöl muß verestert werden. Die Bereitstellungskosten für Rapsöl betragen rd. 1,80 DM/l, die Umsetzung zu Rapsölmethylester würden den Liter Kraftstoff mit etwa 0,20 bis 0,30 DM zusätzlich belasten.

Das Wettbewerbsdefizit gegenüber Dieselkraftstoff beträgt beim Durchschnittsertrag von 30 dt/ha (= 1.350 l/ha) derzeit rd. 1.900 DM/ha und liegt somit über der 1988/89 gewährten Beihilfe für den Nahrungsmittelraps in Höhe von rd. 1.500 DM/ha.

Der Verbrauch an Dieselkraftstoff betrug in der bundesdeutschen Landwirtschaft 1987 1,25 Mio t. Bei dem derzeitigen durchschnittlichen Rapsenertrag von 30 dt/ha wäre für die Deckung dieses Bedarfs eine Anbaufläche von rd. 1 Mio ha erforderlich, die Anbaufläche 1988 betrug 384.300 ha.

In technischen Einsatzbereichen, also der Verwendung als Schmiermittel, hat Rapsöl wieder einen Absatzmarkt gefunden. Für Rapsöl als Basisgrundstoff für Schmierstoffe spricht seine Umweltfreundlichkeit. Mehrere Hersteller von Sägeketten-Schmiermittel vertreiben bereits mit dem Umweltzeichen (Blauer Engel) ausgezeichnete Produkte. Für Hydrauliköle werden die Vergaberichtlinien für das Umweltzeichen vorbereitet. Ein Teil der umweltfreundlichen Sägekettenöle kann nach Herstellerangaben auch als Hydrauliköl eingesetzt werden. Weitere Einsatzfelder lassen einen Markt von mehreren zehntausend Tonnen Rapsöl für Schmierstoffverwendung in den nächsten Jahren erwarten.

2.3 Wärme aus Biomasse

Bei der Nutzung fester Biomasse als Brennstoff dominiert Holz. Jedoch ist der Anteil, den Holz in der Bundesrepublik Deutschland bei der Energieversorgung hat, insgesamt sehr gering. Brennholz wird als spezielles Sortiment ausgehalten oder fällt bei Durchforstungsmaßnahmen und als Abfallholz an. Die Anlage von Schnellwuchsplantagen zur ausschließlichen Gewinnung von Brennholz in Form von z.B. Hackschnitzeln ist beim derzeitigen Energiepreinsniveau nicht wirtschaftlich.

Der Einsatz von Massengetreide und anderen einjährigen Kulturarten für energetische Nutzungen wird in Forschungsprojekten untersucht. Die oftmals diskutierten Schilfarten und fremdländischen Grasarten (z.B. Elefantengras) müssen auf dem Wege der Züchtung und durch die Erprobung geeigneter Produktionssysteme zur Erreichung ihres sehr hohen Ertragspotentials erst noch weiterentwickelt werden. Ein erster Einstieg in die Ganzpflanzenproduktion zur Erzeugung von Wärme könnte mit adaptierten Kulturarten wie Getreide, Ölpflanzen und auf geeigneten Standorten eventuell noch Hirsen erfolgen. Problematisch ist die marktfähige Aufbereitung nach der Ernte. Der Rohstoff muß trocken und transportfähig sein. Die Verarbeitung zu Briketts oder Pellets würde

spezielle Maschinen erfordern und wäre mit hohen Kosten belastet. Eine in der Nähe der Erzeugung stattfindende Verwendung wäre zu bevorzugen, da dann die üblichen Ballen oder Hackschnitzel genutzt werden könnten.

3. Ökologische Aspekte

Von vielen genannten Produktionsalternativen für die Landwirtschaft können positive ökologische Wirkungen ausgehen, sofern sie eine Fruchtfolgeerweiterung darstellen und mit einem verminderten Aufwand von Pflanzenschutz und Düngemitteln verbunden sind (z.B. Verminderung von Fruchtfolgekrankheiten, Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, Erweiterung des Artenspektrums der Begleitflora und -fauna).

Ökonomisch interessante Verwendungsalternativen für Getreide (insbesondere Weizen), Zuckerrüben und Mais können gebietsweise zu einer Ausweitung der Anbaufläche und damit zu einer Fruchtfolgeverengung führen. Zu erwarten ist bei einzelnen Produkten (Kartoffeln, Zuckerrüben) eine Konzentration des Anbaus um die Zentren der weiterverarbeitenden Industrie, die zu einer starken Belastung des regionalen ökosystemaren Gleichgewichts führen kann (Gefahr von Fruchtfolgekrankheiten, Resistenzbildungen, vermehrter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln). Diese Entwicklung sollte durch die Einführung einer Prüfung der ökologischen Verträglichkeit aufgefangen und eingegrenzt werden.

Bei der Verarbeitung von Biomasse entstehen bei optimierten Verfahren keine schwerabbaubaren Rest- und Nebenstoffe. Dabei können die anfallenden Reststoffe grundsätzlich zu Futter- oder Düngemitteln aufbereitet und damit in den landwirtschaftlichen Produktionsprozeß zurückgeführt oder zur Herstellung von Biogas genutzt werden. Jedoch bereitet insbesondere bei der Verarbeitung von Hackfrüchten selbst bei diesen Verfahren die Menge des Abfalls und der Abwässer Schwierigkeiten.

Die Einflüsse von neuen Verarbeitungsverfahren, einschließlich der Verwertung von Rest- bzw. Abfallstoffen auf Landwirtschaft und Umwelt sollten bereits vor ihrer Einführung einer Prüfung unterzogen werden.

Schließlich muß für die Beurteilung der Umweltauswirkungen auch der Kreislaufgedanke berücksichtigt werden. Folgende Beispiele seien genannt:

- Aus Stärke können kunststoffähnliche Produkte (Thermoplaste, Biopolymere, Copolymere oder Zusatz zu Kunststoffen) hergestellt werden. Nach der Verwendung werden die Stärkeprodukte biologisch zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut, woraus Pflanzen auf dem Wege der Assimilation wieder Stärke aufbauen. Je nach Stär-

keprodukt ist nur ein relativ geringer Anteil an Fremdenergie zur Herstellung notwendig.

- Die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist Teil eines natürlichen CO₂-Kreislaufes. Denn was bei der Verbrennung nachwachsender Rohstoffe an Kohlendioxid entsteht, wurde zuvor der Atmosphäre entzogen. Da ein land- oder forstwirtschaftlicher Ertrag nicht ohne Einsatz von Fremdenergie entsteht, ist der CO₂-Kreislauf nicht völlig geschlossen.

Positive Umweltwirkungen bei der Verwendung von aus Agrarrohstoffen hergestellten Produkten sollten bei der Beurteilung nachwachsender Rohstoffe auch hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit in zunehmendem Maße berücksichtigt werden.

4. Förderung nachwachsender Rohstoffe

Die Erfahrungen der letzten Jahre auf dem Gebiet der Forschung und erste Schritte in den Anwendungsbereichen führen unter Berücksichtigung der ökonomischen Rahmenbedingungen zu einem differenzierten Bild der einzelnen Bereiche nachwachsender Rohstoffe. Auch wurden die Schwierigkeiten deutlich, die sich aus einer möglichst raschen Bereitstellung von kompletten Produktlinien bei gleichzeitigem erheblichen Wandel der ökonomischen Rahmenbedingungen ergeben können. Noch bestehende Forschungsdefizite, noch nicht im industriellen Maßstab anwendbare technische Verfahren sowie die derzeitigen ökonomischen Rahmenbedingungen haben insgesamt dazu geführt, daß Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe noch kein größeres Gewicht erlangt haben.

Inzwischen ist die Bereitschaft der Industrie offensichtlich geworden, verstärkt herkömmliche oder auch neue landwirtschaftliche Rohstoffe zu verwenden, wenn sie dem technischen und ökonomischen Anforderungsprofil bestimmter Produktlinien gerecht werden können. Das bedeutet die Bereitstellung geeigneter Rohstoffe in ausreichendem Umfang zu konkurrenzfähigen Preisen. Um die sich längerfristig abzeichnenden Absatzmöglichkeiten für die deutsche Landwirtschaft nutzen zu können, erlangen Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen im Bereich nachwachsende Rohstoffe vorrangige Bedeutung.

Dabei handelt es sich im Bereich Pflanzenbau um ertragssteigernde und -sichernde Maßnahmen sowie um die Verbesserung der Gehalte an Inhaltsstoffen und der Resistenz gegenüber Schadorganismen. Im Bereich Ernte und Verarbeitung liegt das Schwergewicht vor allem bei der weiteren Optimierung der technischen Verfahren aber auch bei Neuentwicklungen unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung von

Nebenprodukten bzw. der umweltverträglichen Verwertung von Rest- und Abfallstoffen. Ein vielversprechendes neues Einsatzgebiet könnte z.B. das breite Feld der Verpackungsmaterialien sein.

Die Herausarbeitung und Herausstellung (Marketing) der vorteilhaften Eigenschaften und Wirkungen (z.B. Umweltverträglichkeit) von nachwachsenden Rohstoffen und aus ihnen hergestellten Erzeugnissen können ebenfalls zur Förderung beitragen.

Bericht des Bundes und der Länder
über
Nachwachsende Rohstoffe

<u>Übersicht</u>	Seite
Anlaß	10
I. Sachdarstellung der technischen und ökonomischen Voraussetzungen	12
A. Nutzungen pflanzlicher Inhaltsstoffe in der Industrie	12
1. Zuckerstoffe	12
2. Stärke	24
3. Pflanzliche Öle	46
4. Pflanzenfasern	67
5. Holz	79
6. Heil- und Gewürzpflanzen	100
B. Energetische Nutzung von Biomasse	110
1. Bioethanol als Motorkraftstoff	110
2. Pflanzenöle als Kraftstoffe, Hydraulikflüssigkeiten und Schmierstoffe	131
3. Wärme aus Biomasse	144
II. Bewertung der technischen, ökonomischen und ökologischen Voraussetzungen und Möglichkeiten	160
C. Zusammenfassung und Bewertung der technischen und ökonomischen Möglichkeiten	162
D. Darstellung und Bewertung der ökologischen Aspekte	176
E. Maßnahmen zur Förderung nachwachsender Rohstoffe	192
III. Projektverzeichnisse	199

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
Tabellenübersicht	8
Anlaß	10
I. Sachdarstellung der technischen und ökonomischen Voraussetzungen	12
A. Nutzungen pflanzlicher Inhaltsstoffe in der Industrie	12
1. <u>Zuckerstoffe</u>	12
1.1 Zuckerstoffe - liefernde Pflanzenarten	12
1.1.1 Anbau und Züchtung	13
1.1.2 Qualitätsaspekte	13
1.2 Traditionelle Nutzungen im Nicht-Nahrungsbereich	14
1.3 Neue Nutzungsmöglichkeiten im Nicht-Nahrungsbereich	14
1.4 Voraussetzungen für eine verstärkte Nutzung	20
1.5 Ökonomische Aspekte	21
1.6 Konkurrenzbeziehungen	22
1.7 Aktivitäten	22
1.7.1 Bund	22
1.7.2 Länder	22
1.7.3 EG-Kommission	23
1.7.4 Sonstige	23
1.8 Benutzte Quellen	23
2. <u>Stärke</u>	24
2.1 Stärke - liefernde Pflanzenarten	24
2.1.1 Anbau und Züchtung	24
2.1.2 Qualitätsaspekte	26
2.2 Traditionelle Nutzungen im Nicht-Nahrungsbereich	27
2.3 Neue Nutzungsmöglichkeiten im Nicht-Nahrungsbereich	31
2.4 Voraussetzungen für eine verstärkte Nutzung	35
2.5 Ökonomische Aspekte	40
2.6 Konkurrenzbeziehungen	42
2.7 Aktivitäten	43
2.7.1 Bund	43
2.7.2 Länder	43
2.7.3 EG-Kommission	43
2.7.4 Sonstige	43
2.8 Benutzte Quellen	44
3. <u>Pflanzliche Öle</u>	46
3.1 Ölpflanzen	46
3.1.1 Anbau und Züchtung	48

	Seite
3.1.2	Qualitätsaspekte 51
3.2	Traditionelle Nutzungen im Nicht-Nahrungsbereich 52
3.3	Nutzungsmöglichkeiten heimischer Ölpflanzen im Nicht-Nahrungsbereich 55
3.4	Voraussetzungen für eine verstärkte Nutzung 57
3.5	Ökonomische Aspekte 58
3.6	Konkurrenzbeziehungen 62
3.7	Aktivitäten 63
3.7.1	Bund 63
3.7.2	Länder 63
3.7.3	EG-Kommission 64
3.7.4	Sonstige 64
3.8	Benutzte Quellen 65
4.	<u>Pflanzenfasern</u> 67
4.1	Flachs (Faserlein) 67
4.1.1	Anbau und Züchtung 67
4.1.2	Qualitätsaspekte 68
4.2	Traditionelle Nutzung 68
4.3	Neue Nutzungsmöglichkeiten 69
4.4	Voraussetzungen für eine verstärkte Nutzung 70
4.5	Ökonomische Aspekte 72
4.6	Konkurrenzbeziehungen 74
4.7	Aktivitäten 74
4.7.1	Bund 74
4.7.2	Länder 75
4.7.3	EG-Kommission 78
4.7.4	Sonstige 78
4.8	Benutzte Quellen 78
5.	<u>Holz</u> 79
5.1	Anbau und Züchtung 80
5.1.1	Herkömmliche Aufforstung mit langen Umtriebszeiten 80
5.1.2	Aufforstung mit schnellwachsenden Baumarten 80
5.2	Erstaufforstung freierwerdender landwirtschaftlicher Nutzflächen 81
5.2.1	Aufforstungspotential 81
5.2.2	Bedeutung der Holzmarktlage 81
5.2.3	Förderungsmaßnahmen 82
5.2.4	Institutionelle und rechtliche Aspekte 83
5.3	Traditionelle Holznutzung und neue Verwertungsmöglichkeiten 84
5.3.1	Struktur und Aufnahmefähigkeit des Holzmarktes 84
5.3.2	Marktsektor Massivholz und Holzwerkstoffe 87

	Seite
5.3.3	Marktsektor Zellstoff und Papier 88
5.3.4	Marktsektor Chemische Holzverwertung 90
5.4	Voraussetzungen für eine verstärkte Holznutzung 92
5.5	Ökonomische Aspekte 94
5.5.1	Gesamtwirtschaftliche Fragen 94
5.5.2	Betriebswirtschaftliche Fragen 95
5.6	Konkurrenzbeziehungen 96
5.7	Aktivitäten 97
5.7.1	Bund 97
5.7.2	Länder 97
5.7.3	EG-Kommission 97
5.7.4	Sonstige 98
5.8	Benutzte Quellen 98
6.	<u>Heil- und Gewürzpflanzen</u> 100
6.1	Pflanzenarten 100
6.1.1	Anbau 101
6.1.2	Qualitätsaspekte 102
6.2	Traditionelle Nutzungen 103
6.3	Überlegungen zu einer verstärkten Nutzung im Inland erzeugter Rohstoffe 103
6.4	Ökonomische Aspekte 105
6.5	Konkurrenzbeziehungen 105
6.6	Aktivitäten 106
6.6.1	Bund 106
6.6.2	Länder 106
6.6.3	EG-Kommission 108
6.6.4	Sonstige 108
6.7	Benutzte Quellen 109
B.	Energetische Nutzung von Biomasse 110
1.	<u>Bioethanol als Motorkraftstoff</u> 110
1.1	Technische Voraussetzungen 110
1.1.1	Motorenkonzepte 110
1.1.2	Kraftstoff- und Energieverbrauch 111
1.1.3	Verfahren zur Ethanolproduktion 112
1.2	Gesetzliche Rahmenbestimmungen 115
1.3	Ökonomische Aspekte 118
1.3.1	Wirtschaftlichkeit der Ethanolherstellung 118
1.3.2	Wirtschaftlichkeit des Ethanoleinsatzes als Kraftstoff 121

	Seite
1.4	Aktivitäten 122
1.4.1	Bund 122
1.4.2	Länder 123
1.4.3	EG-Kommission 125
1.4.4	Sonstige 126
1.5.	Benutzte Quellen 129
2.	<u>Pflanzenöle als Kraftstoffe, Hydraulikflüssigkeiten und Schmierstoffe</u> 131
2.1	Stand der Anwendungstechnik 131
2.1.1	Rapsölester als Kraftstoff 132
2.1.2	Rapsöl als Reinkraftstoff 135
2.1.3	Rapsöl als Heizöl-Substitut 136
2.1.4	Rapsöl als Schmierstoff 136
2.2	Stand der Ölgewinnungstechnik 138
2.3	Ökonomische Beurteilung 138
2.4	Aktivitäten 140
2.4.1	Bund 140
2.4.2	Länder 140
2.4.3	EG-Kommission 142
2.4.4	Sonstige 142
2.5	Benutzte Quellen 143
3.	<u>Wärme aus Biomasse</u> 144
3.1	Technische Verfahren 144
3.1.1	Verbrennung von Biomasse 144
3.1.2	Pyrolyse 145
3.1.3	Nutzung von Abfall- und Reststoffen, Biogas-Erzeugung 146
3.2	Pflanzenarten zur Produktion von Festbrennstoffen 147
3.2.1	Ein- und mehrjährige Pflanzen mit jährlicher Nutzung 147
3.2.1.1	Anbau 148
3.2.1.2	Brennstoffeigenschaften und energetische Nutzung 149
3.2.2	Holz 150
3.2.2.1	Begründung, Pflege und Ernte 150
3.2.2.2	Brennstoffeigenschaften und energetische Nutzung 151
3.3	Ökonomische Aspekte 152
3.3.1	Ein- und mehrjährige Pflanzen mit jährlicher Nutzung 152
3.3.2	Holz 153
3.4	Aktivitäten 154
3.4.1	Bund 154
3.4.2	Länder 154
3.4.3	EG-Kommission 157

	Seite
3.4.4 Sonstige	157
3.5 Benutzte Quellen	158
II. Bewertung der technischen, ökonomischen und ökologischen Voraussetzungen und Möglichkeiten	160
C. Zusammenfassung und Bewertung der technischen und ökonomischen Möglichkeiten	162
1. Nutzungen in der Industrie	163
1.1 Zuckerstoffe	163
1.2 Stärke	165
1.3 Pflanzliche Öle	166
1.4 Pflanzenfasern	168
1.5 Holz	169
1.6 Heil- und Gewürzpflanzen	170
2. Energetische Nutzungen	171
2.1 Bioethanol	171
2.2 Pflanzenöle als Kraft- und Schmierstoffe	171
2.3 Wärme aus Biomasse	172
2.4 Vergleich der Energieträger aus nachwachsenden Rohstoffen	173
D. Darstellung und Bewertung der ökologischen Aspekte	176
1. Nutzungen pflanzlicher Inhaltsstoffe in der Industrie	178
1.1 Zuckerstoffe	178
1.2 Stärke	179
1.3 Pflanzliche Öle	180
1.4 Pflanzenfasern	181
1.5 Holz	182
1.6 Heil- und Gewürzpflanzen	184
2. Energetische Nutzung von Biomasse	185
2.1 Bioethanol als Motorkraftstoff	185
2.2 Pflanzenöle als Kraft- und Schmierstoffe	188
2.3 Wärme aus Biomasse	189
3. Überlegungen zum CO ₂ -Haushalt	190

E.	Maßnahmen zur Förderung nachwachsender Rohstoffe	Seite 192
1.	Nutzungen in der Industrie	192
1.1	Zuckerstoffe	192
1.2	Stärke	193
1.3	Pflanzliche Öle	194
1.4	Pflanzenfasern	194
1.5	Holz	195
1.6	Heil- und Gewürzpflanzen	196
2.	Energetische Nutzungen von Biomasse	196
2.1	Bioethanol als Motorkraftstoff	196
2.2	Pflanzenöle als Kraft- und Schmierstoffe	197
2.3	Wärme aus Biomasse	197
III.	Projektverzeichnisse	199
1.	Projektliste des BML	199
2.	Projektliste des BMFT	220
3.	Sonstige Projekte	239

Tabellenübersicht

Teil I

Seite

Tab. 1:	Chemisch-technische Erzeugnisse aus Zucker	15
Tab. 2:	Vergleich verschiedener Stärkerohstoffe	27
Tab. 3:	Verwendung von Stärke im Nicht-Nahrungsbereich	28
Tab. 4:	Nutzung von Stärke und Stärkederivaten in der EG in 1983	29
Tab. 5:	Deckungsbeiträge und Stützungsbedarf stärkehaltiger Pflanzen	41
Tab. 6:	Ertragspotential und Anbaueignung von ausgewählten Ölpflanzenarten für industrielle Verwendungen	47
Tab. 7:	Verwendung natürlicher Öle und Fette	53
Tab. 8:	Die technisch-industrielle Verwendung der Erucasäure und wichtiger Derivate	56
Tab. 9:	Mögliche Deckungsbeiträge ölhaltiger Pflanzen	58
Tab. 10:	Wirtschaftlichkeit der Produktion von Petroselinssäure	60
Tab. 11:	Wirtschaftlichkeit der Produktion von Ölsäure	61
Tab. 12:	Beispielhafte Deckungsbeitragsrechnung für das traditionelle Verfahren der Faserleinproduktion	73
Tab. 13:	Gesamtholzbilanz der Bundesrepublik Deutschland in 1 000 m ³ (r) (Rohholzäquivalent) für 1987	83
Tab. 14:	Entwicklung von Erzeugung, Aufkommen bzw. Verbrauch von Papier und Pappe sowie Faserstoffen in der bundesdeutschen Papierindustrie	86
Tab. 15:	Verwendungsbeispiele für Zellstoff	89
Tab. 16:	Anbaufähige Heil- und Gewürzpflanzen in der Bundesrepublik Deutschland	101
Tab. 17:	EG-Richtlinie vom 05. Dezember 1985 zur Einsparung von Rohöl durch die Verwendung von Ersatzkraftstoffen im Benzin	116
Tab. 18:	Wirtschaftlichkeit von Ethanol aus Zuckerrüben, Weizen-Zuckerrüben und Weizen gegenüber Superbenzin	120
Tab. 19:	Verfahrensschema der verschiedenen Wege zur Gewinnung von Rapsöl und Rapsölester zu Kraftstoffzwecken	132
Tab. 20:	Technische Anpassungsmöglichkeiten zur Verwendung von Pflanzenöl als Kraftstoff	134
Tab. 21:	Bereitstellungskosten von Rapsöl als Dieselsubstitut bei zentraler und dezentraler Verarbeitung	139
Tab. 22:	Feuerungstechnische Kenngrößen gebräuchlicher Brennstoffe	144

Tab. 23:	Ertragsleistung und variable Kosten von Energieträgern aus Biomasse	Seite 152
Tab. 24:	Gleichgewichtspreise von Heizöl bei Energiegewinnung aus Biomasse bei einer Marktleistung von 2.500,-- DM/ha in der landwirtschaftlichen Produktion	153

Teil II

Verwendung nachwachsender Rohstoffe in industriellen und technischen Bereichen	162
Vergleich von Energieträgern aus nachwachsenden Rohstoffen	174

A. Anlaß

Unter dem Sammelbegriff "Nachwachsende Rohstoffe" werden eine Vielzahl unterschiedlicher land- und forstwirtschaftlicher Rohstoffe zusammengefaßt. Sie werden in jeweils spezifischen Verarbeitungsverfahren aufbereitet und finden in gleichfalls speziellen industriellen, technischen und energetischen Einsatzfeldern ihren Absatz. Die bisherigen Erfahrungen zur Förderung der nachwachsenden Rohstoffe haben gezeigt, daß die Chancen der nachwachsenden Rohstoffe sehr viel stärker von den Absatzmöglichkeiten bestimmt werden als etwa von der Lösung anbautechnischer- und züchterischer Fragen. Die Bereitstellung von "maßgeschneiderten Rohstoffen" seitens der Land- und Forstwirtschaft ist dennoch eine Voraussetzung, wenn der Marktanteil vergrößert werden soll.

Die agrarpolitische Aktualität nachwachsender Rohstoffe ist seit Ende der siebziger Jahre unverändert hoch geblieben. Daher hat sich die Bundesregierung mehrfach zu Fragen auf dem Gebiet nachwachsender Rohstoffe geäußert. Erinnt sei an folgende Darstellungen:

- Gesamtkonzeption Nachwachsende Rohstoffe des BML, 1983;
- Beantwortung der Großen Anfrage der Fraktion von CDU/CSU und FDP im Mai 1986;
- Veröffentlichung der Ergebnisse des Expertenkolloquiums "Nachwachsende Rohstoffe" im Oktober 1986 sowie des Expertenkolloquiums "Holz als nachwachsender Rohstoff" vom Oktober 1987;
- Spezielle Abschnitte in den Agrarberichten.

Außerdem führt der Dachverband der wissenschaftlichen Gesellschaften der Agrarforschung zur Zeit im Auftrag des Bundesforschungsministeriums eine umfassende Bestandsaufnahme durch. Im Rahmen der Neuorientierung der Gemeinsamen Agrarpolitik könnten nachwachsende Rohstoffe mittel- und langfristig eine zunehmende Rolle spielen. Der Europäische Rat hatte im Februar 1988 die EG-Kommission aufgefordert, alle Möglichkeiten zu untersuchen, um die Verwendung von landwirtschaftlichen Rohstoffen im Nichtnahrungsbereich zu verstärken und hierfür Vorschläge vorzulegen. Die EG-Kommission soll dabei Prioritäten setzen.

Von seiten der Bundesländer wurde im Frühjahr 1988 vorgeschlagen, eine gemeinsame Arbeitsgruppe "Nachwachsende Rohstoffe" von Bund und Ländern einzusetzen. Der Bundesrat hat am 20. Mai 1988 folgende EntschlieÙung zu nachwachsenden Rohstoffen gefaßt (Drucksache 99/88; Beschluß):

"Der Bundesrat hat wiederholt wirksame Maßnahmen zur Entlastung der Agrarmärkte gefordert. Im Beschluß zum Agrarbericht 1987 (Drs. 120/87) wird die Bundesregierung aufgefordert, sich dafür einzusetzen, daß die Forschung und Entwicklung im Bereich nachwachsender Rohstoffe verstärkt werden und daß mit Hilfe von Produktionsalternativen die Einkommen landwirtschaftlicher Betriebe zu stabilisieren sind.

Im Beschluß zu den Preisverhandlungen der EG-Kommission (Drs. 90/87) fordert der Bundesrat im Rahmen absatzfördernder Maßnahmen die Gewährung ausreichender Beihilfen zur verstärkten Verwendung nachwachsender Rohstoffe im industriellen Bereich.

Der Bundesrat ist der Auffassung, daß insbesondere im Hinblick auf eine Entlastung der Nahrungsmittelmärkte eine Gesamtkonzeption für nachwachsende Rohstoffe erstellt werden muß, in der die ökonomischen, technischen und ökologischen Voraussetzungen und Möglichkeiten geklärt und bewertet werden.

Der Bundesrat bittet die Bundesregierung, eine solche Gesamtkonzeption gemeinsam mit den Ländern zu erstellen."

Ein unter aktiver Beteiligung der Länder entstandener Bericht liegt hiermit vor.

Der erste Teil, die "Sachdarstellung der technischen und ökonomischen Voraussetzungen", behandelt die industrielle Nutzung (Teil A) und die energetische Nutzung (Teil B). Sie schildern ausführlich die technischen und ökonomischen Bedingungen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe.

Der zweite Teil des Berichts, die "Bewertung der technischen, ökonomischen und ökologischen Voraussetzungen und Möglichkeiten", enthält die konzeptionellen Vorstellungen. Es werden im Teil C die technischen und ökonomischen Voraussetzungen der Produktlinien bei nachwachsenden Rohstoffen bewertet und zusammengefaßt. Auch zum Flächen- und Marktpotential wird Stellung genommen. Im Teil D werden die ökologischen Vor- und Nachteile, die bei Anbau und Bereitstellung, Konversion sowie Verwendung nachwachsender Rohstoffe auftreten, dargestellt. Schließlich werden im Teil E Maßnahmen im Bereich Forschung und Entwicklung aufgeführt.

I. Sachdarstellung der technischen und ökonomischen Voraussetzungen

A. Nutzungen pflanzlicher Inhaltsstoffe in der Industrie

1. Zuckerstoffe

Zucker nennt man im allgemeinen Sprachgebrauch sowohl den Haushaltszucker (Rüben- und Rohrzucker = Saccharose) als auch die Stoffgruppe der Kohlenhydrate (Saccharide unterschiedlichen Polymerisationsgrades). Saccharose ist als Disaccharid aus je einem Molekül der Monosaccharide Glucose (Dextrose, Traubenzucker) und Fructose (Lävulose, Fruchtzucker) aufgebaut. In diesem Abschnitt werden als Zuckerstoff nicht nur die Saccharose behandelt, sondern auch das Inulin, das aus bis zu 40 Fructose-Einheiten und einem Glucose-Molekül aufgebaut ist. Damit ist vom Polymerisationsgrad her eine deutliche Abgrenzung zur Stärke gegeben, auch wenn der Baustein der Stärke (Glucose) einer des Disaccharides ist. Daraus folgt andererseits, daß die Einsatzmöglichkeiten von Zucker und Stärke gleich sind, wenn es auf den Baustein ankommt.

1.1 Zuckerstoffe - liefernde Pflanzenarten

Zucker als Disaccharid wird in der EG und in der Bundesrepublik Deutschland ausschließlich aus Zuckerrüben gewonnen, weltweit zu 60 % aus Zuckerrohr und zu 40 % aus Zuckerrüben. Zuckerhirse enthält im Stengel ein Gemisch aus Mono- und Disacchariden und kommt als neue Zuckerpflanze in Frage. Topinambur und Zichorie speichern Inulin in ihren Knollen bzw. Rüben und werden für die Produktion von Fructosesirup in Betracht gezogen.

Die Zuckerrüben-Anbaufläche in der Bundesrepublik Deutschland betrug 1988 386.000 ha, bei einem Durchschnittsertrag von 48,1 t Rüben/ha wurden 2.743.000 t Zucker erzeugt. Die Anbaufläche in der EG betrug (1987) 1,9 Mio. ha, die Zuckerproduktion 14 Mio. t bei einem Durchschnittsertrag von 7,27 t/ha, der Verbrauch 10,9 Mio. t.

Auf verschwindend geringen Flächenanteilen werden Topinambur zum Zwecke der Trinkalkoholherstellung oder als Wildacker und Zichorie zur Produktion von Kaffee-Ersatzstoffen angebaut. Aus Zuckerhirse wird bislang noch kein Zucker gewonnen, teilweise wird sie jedoch als Futterpflanze genutzt.

1.1.1 Anbau und Züchtung

Während für Rüben die Steigerung des Zuckerertrages an erster Stelle des Prioritätenkatalogs steht, sind für Topinambur, Zichorie und Zuckerhirse zunächst noch einige grundsätzliche züchterische und anbautechnische Probleme zu lösen.

Topinambur:

- Entwicklung von Sorten mit hohem Gehalt an Polyfructosanen und einem zugunsten der Knollen verbesserten Verhältnis von Knollen: Grünmasse unter Berücksichtigung eines frühen Knollenansatzes und mittlerer Stolonenlänge.
- Entwicklung angepaßter Anbauverfahren

Zichorie:

- Entwicklung von Sorten mit hohem Ertrag und guter Krankheitsresistenz.
- Entwicklung angepaßter Anbauverfahren; Überprüfung der Übertragbarkeit der Produktionstechnik von Rüben auf Zichorie.
- Prüfung des Herbizidspektrums für den Einsatz bei Zichorien insbesondere im Nachauflaufverfahren.

Zuckerhirse:

- Entwicklung von frühreifen und kältetoleranten Zuckerhirsetypen.
- Entwicklung angepaßter Anbauverfahren in Anlehnung an die Produktionstechnik von Mais.
- Erarbeitung optimaler Ernte- und Konservierungsverfahren.

1.1.2 Qualitätsaspekte

Der Qualitätsaspekt spielt bei Zuckerstoffe - liefernden Pflanzenarten eine untergeordnete Rolle, da es sich immer um die primären Bausteine Glucose und Fructose handelt. Von Bedeutung ist aber, die technologische Ausbeute durch andere Inhaltsstoffe der Pflanze so wenig wie möglich zu beeinflussen.

1.2 Traditionelle Nutzungen im Nicht-Nahrungsbereich

Die chemisch-technischen Erzeugnisse aus Zucker, die durch Produktionserstattungen begünstigt werden, sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Die mengenmäßig wichtigsten Erzeugnisgruppen sind Penicillin und andere Antibiotika, Polyalkylenglykoläther, die u.a. als technische Lösungsmittel verwendet werden, und die Milchsäuren, ihre Salze und Ester (siehe Tabelle 1).

Über die Zuckerverwendung mit Produktionserstattung im chemisch-technischen Sektor liegen folgende Zahlen vor:

	EG	BR-Deutschland
1985/86	89 000 t *)	27 000 t
1986/87	131 000 t	-
1987/88	175 000 t	33 000 t

Von den für 1987/88 genannten 175 000 t entfallen auf

- organische chemische Produkte 56 %,
- pharmazeutische Produkte 27 % und
- Kunststoffe 13 %.

1.3 Neue Nutzungsmöglichkeiten im Nicht-Nahrungsbereich

In der Biotechnologie ist Zucker ein wesentlicher Grundstoff zur Synthese von Proteinen und Peptiden, organischen Säuren, Polymerzucker mit speziellen Eigenschaften, Lipiden sowie anderen organischen Verbindungen. Fortschritte auf dem Gebiet der Biotechnologie könnten zu einer beschleunigten Entwicklung neuer Verwendungsmöglichkeiten von Zucker beitragen. Chemiker und Biotechnologen haben eine Vielzahl von Verfahren entwickelt, um eine große Zahl unterschiedlicher, z.T. technisch interessanter Produkte aus Zucker herstellen zu können.

*) ohne Spanien und Portugal

Tabelle 1: Chemisch-technische Erzeugnisse aus Zucker

Carragenan
Sorbitose
Natriumhydroxid (Ätznatron)
Natriumsilicate
Citraconsäure, Itaconsäure, Bernstein-
säure, ihre Salze und Ester
Milchsäure, ihre Salze und Ester
Zitronensäure, ihre Salze und Ester
Aminosäuren
Vitamin B 12
Penicillin
andere Antibiotika
Arzneiwaren
Synthetische organische Farbstoffe
Lichtdurchlässige Seife
Organische grenzflächenaktive Stoffe;
grenzflächenaktive Zubereitungen und
zubereitete Waschmittel
Glutinsleime (z.B. Knochenleim, Haut-
leim, Sehnenleim), Fischleim
Enzyme
Desinfektionsmittel, Insektizide, Fungi-
zide, Herbizide
Kernbindemittel für Gießereien auf der
Grundlage von Kunstharzen
Krackerzeugnisse von Sorbit; Entschalungs-
mittel für Beton, Abbindeverzögerer für
Zement; Weichmittel, Kernbindemittel für
Gießereien auf der Grundlage von Natronsilikat,
Epoxyweichmacher; Calciumpolylaktat;
Laktoglycerin
Phenoplaste
Aminoplaste
Polyalkylenglykoläther
Dextrane und Heteropolysaccharide

1. Polyole

Di-/Oligosaccharide oder deren Hydrierungsprodukte wie Palatinose, Palatinit und Dextranoligomere lassen sich aus Saccharose darstellen. Bislang sind für diese Di- und Oligosaccharide im chemisch-technischen Bereich nur wenig Anwendungen bekannt. Aber die im Vergleich zu anderen Di- und Oligosacchariden hohe Stabilität läßt langfristig verstärkte Anwendung auch dieser Produkte erwarten.

Von potentiell Interesse sind auch die Dehydratisierungsprodukte Isomannit und Hydroxymethylfurfural (HMF). HMF besitzt ein hohes Synthesepotential, z.B. in Richtung der Aromatenchemie. Ebenso eignet es sich ausgezeichnet als Zwischenprodukt für viele Synthesen.

Ein weiterer Bereich, in dem relativ rasch Entwicklungen einsetzen könnten, ist die Verwendung von Zucker als Komponente für die Herstellung von Polyol-Harzen. (Hier wird die Saccharose zunächst mit Ethylenoxyd oder Propylenoxyd umgesetzt und dann mit anderen Reaktionskomponenten wie Formalin, Harnstoff usw. kondensiert.)

2. Organische Säuren

Gerade aus Kohlenhydraten lassen sich eine Vielzahl von organischen Säuren darstellen, die gutes Synthesepotential für technisch interessante Produkte bieten. Gluconsäure, Itaconsäure, Milchsäure, L- und D-Form, sowie Zitronensäure werden heute fermentativ auf Basis von Kohlenhydraten hergestellt. Aus Kostengründen wird häufig Melasse als Rohstoff eingesetzt. Nimmt man dagegen Zucker, so steigt die Produktivität der installierten Anlagen und die Entsorgungskosten sinken. Für die chemische Industrie ist also die Verwendung von Chemiezucker in diesem Bereich eine rein wirtschaftliche Frage. Die Kostenstruktur für die Herstellung organischer Säuren dürfte sich verbessern, was die Wettbewerbsfähigkeit von Folgeprodukten der Säuren wie z.B. Weichmacher, die unmittelbar mit Petrochemikalien konkurrieren, erhöht. Längerfristig interessant könnte die Darstellung von Fumarsäure und deren Folgeprodukt Maleinsäureanhydrid durch Fermentation sein. Beide Produkte sind wichtige Basischemikalien, die heute aus fossilen Rohstoffen gewonnen werden.

Allein die Produktion von Zitronensäure könnte einen Absatz von 150.000 t Zucker jährlich in der EG bedeuten. Dabei wird allerdings neben der vollen Versorgung des Inlandsmarktes auch eine beträchtliche Ausfuhr auf den Weltmarkt unterstellt.

3. Feinchemikalien

Aus Zucker können eine Vielzahl von Feinchemikalien dargestellt werden, von denen hier nur wenige zusammengefaßt Erwähnung finden können:

Antibiotika

Häufig werden hochwirksame Antibiotika wie z.B. Penicillinderivate oder Tetracycline aus Basisverbindungen durch chemische oder biochemische Synthesen dargestellt. Diese Basisverbindungen müssen unter hohem Kostendruck bei relativ niedrigen Produkterlösen zumeist durch Fermentation erzeugt werden. Die Rohstoffkosten der Fermentationen beeinflussen wesentlich die Produktgewinne. Chemiezucker wird also vermehrt Einsatz finden, wenn die Kostenrelationen gegenüber anderen Rohstoffen günstiger werden.

Vitamine, Aminosäuren

Vitamin B₂ wird bisher aus der Vorstufe D-Ribose chemisch hergestellt. Die Vorstufe läßt sich auch mit guter Ausbeute (45 %) fermentativ im Vergleich zum chemischen Verfahren (20 - 25 %) produzieren.

Vitamin B₁₂ läßt sich auf fermentativem Wege direkt herstellen, fällt aber auch bei der fermentativen Antibiotika-Herstellung als Nebenprodukt an.

Die beiden von der Produktionsmenge her bedeutsamsten Aminosäuren sind Glutaminsäure und Lysin, die z.Z. vorzugsweise aus Melasse auf fermentativem Wege hergestellt werden. Auch hier gilt hinsichtlich des Rohstoffes das gleiche wie für Antibiotika. Des weiteren lassen sich einige Aminosäuren sowohl aus Petrochemikalien als auch aus Kohlenhydraten gewinnen. Gerade in diesen Produktbereichen werden z.Z. ständig biochemische Verfahren erarbeitet bzw. verbessert und neue Produkte entwickelt. Welche Produkte hier marktfähig werden, ist kaum vorhersehbar. Man kann aber davon ausgehen, daß diese innovativen Entwicklungen durch Senkung der Rohstoffpreise gefördert werden und sicher zur langfristigen Steigerung des Chemiezuckerverbrauchs beitragen. EG-weit wird für die Lysinproduktion ein Zuckerbedarf von 100.000 t geschätzt.

Hydrophile Bausteine

Die Natur erhöht die Wasserlöslichkeit von vielen Stoffen durch Ankoppeln eines Kohlenhydratbausteines an sonst nicht wasserlösliche Stoffe. Dieses Arbeitsprinzip der Natur versucht man heute nachzuahmen. Aus Saccharose lassen sich geeignete Bausteine, die man gezielt chemisch oder biochemisch übertragen kann, darstellen. Erwähnt sei als Beispiel ein aktivierter Glucosebaustein, das "Glucosephosphat". Es bringt für viele biochemische Umsetzungen die notwendige "Eigenenergie" mit, um sich gut auf andere Moleküle übertragen zu lassen.

4. Tenside

Je nach Verwendungszweck oder Herkunft werden Tenside auch als Detergentien, Emulgatoren oder Biolipide bezeichnet. Gerade für Tenside gibt es bedeutende Massenmärkte mit niedrigen Produktpreisen und kleine Marktsegmente mit hohen Produktpreisen.

Die Anwendungen reichen von Waschmitteln oder technischen Produkten zur tertiären Erdölförderung, Kosmetika, Pharmazeutika über Nahrungsmittel bis hin zur Herstellung von Membranen oder Flüssigkristallen.

Saccharosetenside werden in einigen Ländern, hier ist besonders Japan zu erwähnen, seit Jahrzehnten hergestellt, aber fast ausschließlich im Nahrungs- bzw. Futtermittelbereich verwendet. Neuerdings finden diese Tenside in der Bundesrepublik Deutschland Verwendung in Kosmetika. Produktpreissenkung kann naturgemäß auch hier neue Marktsegmente erschließen. Zuckertenside haben viele positive Eigenschaften wie physiologische Unbedenklichkeit und gute Abbaubarkeit.

Allerdings schränken neben den Kosten auch begrenzte Stabilität und Uneinheitlichkeit die vermehrte Anwendung bisheriger Saccharosetenside im technischen Bereich ein. Gerade bei Produkten im Preisbereich zwischen Fein- und Massenchemikalien entscheiden häufig geringe Unterschiede in den Eigenschaften über Anwendung oder Nichtanwendung.

Isomere Kohlenhydrattenside können sich - wie neuere Untersuchungen zeigen - deutlich in ihren Produkteigenschaften unterscheiden. Synthesen von stabilen Kohlenhydrattensiden aus Zucker mit einheitlicher Struktur werden z.Z. entwickelt. Für diese Produkte sollten sich Anwendungen im technisch-chemischen Bereich finden lassen, wenn die Produktkosten sich günstig entwickeln.

5. Polymere

Massenprodukte

Saccharose kann man in vielen Bereichen der Polymerchemie einsetzen. Als Polyhydroxyverbindung eignet sie sich z.B. zur Darstellung von Massenprodukten wie Polyester und Polyurethane. Zum Teil wird allerdings auch wegen des uneinheitlichen Verhaltens von Zucker bei der Polymerisation (Reaktion der Carbonsäure bzw. Isocyanate mit mehr als zwei Hydroxylgruppen der Saccharose) die Produktqualität im Vergleich zu Petrochemikalien ungünstig beeinflusst. Interessanter ist daher Zucker als Rohstoff für Phenol- oder

Aminoplasten, die als Massenprodukte in Märkten mit hohem Kostendruck verwendet werden. Die Chemiezuckerregelung kann daher auch hier zur vermehrten Anwendung führen.

Hydrophile Polymere

Die fermentative Herstellung von hydrophilen Biopolymeren wie z.B. Dextran und Laevane aus Saccharose ist seit langem bekannt. Verfahrensverbesserungen zusammen mit Rohstoffpreissenkungen sollten auch hier mittelfristig die Kostenrelationen der Produkte im Vergleich zu Petrochemikalien verbessern lassen. Interessant ist, daß vielleicht solche Produkte die Tertiärförderung von Erdöl kostengünstiger machen können. Von hohem Interesse, insbesondere für Spezialanwendungen, sind chemisch einheitliche Derivate von Zucker. Hier zeichnen sich gerade in neuerer Zeit ebenfalls positive Entwicklungen ab.

Ein neues Produkt der Biotechnologie ist Polyhydroxybutyrat (PHB), das aus Kohlenhydraten fermentativ produziert wird. Es soll u.a. zur Herstellung von Kunststoffen, Verpackungsmaterial sowie im Bereich der Medizin und in Textilien einsetzbar sein. Sein großer Vorteil ist, daß es biologisch abbaubar ist. Der Zuckerbedarf für diese neue Produktlinie wird auf etwa 200.000 t in der EG veranschlagt. PHB läßt sich allerdings auch auf Stärkebasis erzeugen.

6. Futtermittel

Back- und Futterhefe sowie Einzellerproteine (single cell protein, SCP) sind Produkte, die fermentativ in Einfachverfahren in großen Mengen als Futtermittel produziert werden. Melasse ist bei der Hefeherstellung das klassische Substrat. Mangel an inländischer Melasse sowie hohe Abfallfrachten im Abwasser sollten bei verbilligtem Rohstoff Zuckerdicksaft als Fermentationssubstrat attraktiv erscheinen lassen. Für die Herstellung von Einzellerprotein sind neben Verfahren mit Kohlenhydraten als C-Quellen vor allen Dingen solche ausgearbeitet worden, bei denen Erdölprodukte oder Methanol zum Einsatz kommen.

Die Produkte aus Zucker konkurrieren in Märkten, die mengenmäßig von weniger als hundert bis zu einigen Millionen Tonnen pro Jahr und deren Produktpreise von einigen DM bis zu mehreren zehntausend DM pro kg reichen. Marktvolumen und Produktpreise können bekanntlich eng zusammenhängen.

Für Zitronensäure, Lysin und biologisch abbaubare Kunststoffe beträgt der geschätzte Zuckerabsatz 450.000 t. Wenn der Absatz für die traditionellen Produkte (ohne Mannit, Sorbit und Lävulose) von 1984/85 mit 60.000 t auf 90.000 t ansteigt, gelangt man zu den von der chemischen Industrie geschätzten Verbrauch von Zucker als Industrierohstoff in der EG auf insgesamt 540.000 t pro Jahr. Dies entspricht einer Anbaufläche von 60.000-70.000 ha Zuckerrüben bzw. etwa 3,5 % der EG-Zuckerrübenfläche.

Darüber hinaus werden noch weitere chemische Produkte mit der Zeit hinzukommen und entwickelt werden, die man vorteilhaft aus Zucker herstellen kann.

1.4 Voraussetzungen für eine verstärkte Nutzung

Mit der neuen Zuckerregelung, die 1989 voll wirksam wird, wird wie bei der neuen Stärkeregelung eine Produktionserstattung (Rohstoffverbilligung auf Weltmarktpreis) für bestimmte Zuckerarten gewährt, die zur Herstellung bestimmter chemisch-technischer Erzeugnisse verwendet werden. Da viele chemische Erzeugnisse sowohl aus Stärke als auch aus Zucker hergestellt werden können, wurden die Stärke- und die Zuckerregelung aufeinander abgestimmt, um Wettbewerbsverzerrungen zwischen Stärke und Zucker zu vermeiden. Die Produktionserstattungen für Zucker bzw. Stärke bei der Verwendung in der Chemie ermöglichen die internationale Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie. Tabelle 1 listet die zur Zeit begünstigten Rohstoffe und Verarbeitungserzeugnisse auf. Die Anpassung der Industrie an die neuen Rahmenbedingungen erfordert eine gewisse Zeit.

Neue Einsatzmöglichkeiten können durch Nutzung der spezifischen Eigenschaften von Zucker erschlossen werden. Die Zuckerchemie wurde aber jahrzehntelang vernachlässigt. Daher wurde ein Programm zielgerichteter Grundlagenforschung zur Erarbeitung von Verfahren und Produkten auf der Basis von Sacchariden ("Saccharidchemie") und ein ähnliches zu Polysaccharidchemie durch das BMFT aufgelegt. Es erfolgte die Gründung einer Arbeitsgruppe "Forschung Saccharidchemie", der je vier Wissenschaftler aus dem Hochschul- und Industriebereich angehören. Die Forschungsprojekte innerhalb des Bereichs Saccharid- und Polysaccharidchemie sollen neue Wege zur industriellen Herstellung eines breiten Spektrums verschiedener Produkte eröffnen,

- die in ihrer Zusammensetzung und ihren funktionellen Eigenschaften denen entsprechen, die heute aus fossilen, bevorzugt petrochemischen Rohstoffen hergestellt werden oder

- die sich in ihrer Zusammensetzung und ihren funktionellen Eigenschaften insbesondere ihrer biologischen Aktivität, Verträglichkeit und Abbaubarkeit von den traditionellen Produkten vorteilhaft unterscheiden.

Die neu begonnenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Saccharid-chemie brauchen zwangsläufig eine längere Anlaufphase, bis ihre Ergebnisse in die Praxis eingeführt werden können. Daneben muß in der chemischen Industrie auch ein gewisses Umgewöhnen von den petrochemischen Rohstoffen zu den nachwachsenden Rohstoffen stattfinden. Es wird um so schneller vor sich gehen, je zahlreicher neue Saccharosederivate angeboten, je genauer ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften definiert und je eingehender ihre möglichen Einsatzzwecke beschrieben werden können.

1.5 Ökonomische Aspekte

Die EG produziert weit mehr Zucker als sie verbraucht. Der Überschuß -gegenwärtig exportiert - beträgt ein Vielfaches des Absatzpotentials für chemisch/technische Zwecke. Mit der Produktionserstattungsregelung wird der Zucker inzwischen so weit verbilligt, daß er annähernd zu Weltmarktpreisen und damit zu etwa gleichen Bedingungen wie Glucose auf Stärkebasis zur Verfügung steht.

Bei den niedrigen Weltmarktpreisen der letzten Jahre für Zucker von unter 500 DM/t ist ein kostendeckender Anbau unter Berücksichtigung durchschnittlicher Verarbeitungskosten in der Zucker- bzw. Stärke-(Zucker)Industrie nicht möglich. Zum langfristigen Gleichgewichtspreis auf dem Weltmarkt zwischen Stärke- und Rüben- bzw. Rohrzucker, der bei rd. 600 bis 700 DM/t liegen dürfte, kann in der EG ohne Subventionen

- bei Stärkezucker über die Verzuckerung von Mais noch ein Deckungsbeitrag von rd. 400 bis 800 DM/ha erwirtschaftet werden;
- im Rübenanbau keine Deckung der variablen Kosten erzielt werden. Dies gilt selbst für den Fall einer optimierten Verarbeitungs- und Produktionsstruktur bei Zuckerrüben in der EG.

Damit wird offensichtlich, daß eine Ausdehnung des Zuckerrübenanbaues aufgrund eines Nachfrageanstiegs im technischen Bereich derzeit nicht in Betracht kommt.

1.6 Konkurrenzbeziehungen

Zwischen Zucker und Glucose aus Stärke besteht in vielen Verwendungsbereichen eine Austauschbeziehung. Aufgrund der Produktionseinrichtungen und des Verfahrensablaufes wird Zucker oder Glucose aus Stärke genutzt. Glucose wird gegenüber Disaccharid aufgrund ihrer Reinheit vorgezogen. Kristalliner Zucker wird nur in den Anwendungen eingesetzt, bei denen höchste Reinheit gefordert ist, in anderen Bereichen Sirupe.

Melasse, die zu einem erheblichen Teil eingeführt wird, steht aufgrund ihrer Verunreinigungen nicht in direktem Wettbewerb zu Zucker; es ist zu erwarten, daß die Verwendung von Melasse eingeschränkt werden wird, um Entsorgungskosten einzusparen.

Melasse kann dann die Produktion von Zucker aus Rüben nur noch bedingt ökonomisch unterstützen.

Zu Produkten auf Erdölbasis bestehen vielschichtige Konkurrenzbeziehungen. Zucker wird nur dort eingesetzt werden, wo Vorteile bezüglich der Anwendung oder Abbaubarkeit gegeben sind. Aus Preisgründen allein werden die eingefahrenen Wege der Petrochemie nicht verlassen werden.

Bei einer verstärkten Verwendung von Zucker in der Industrie wird der Weltmarkt entlastet, da weniger Quotenzucker exportiert werden muß.

1.7 Aktivitäten

1.7.1 Bund

Die von BML und BMFT geförderten Forschungsprojekte gehen aus der Liste im Teil III hervor.

1.7.2 Länder

Nach Mitteilung der Länder ergeben sich folgende Aktivitäten im Bereich Zucker als nachwachsender Rohstoff:

Bayern: Die Landesanstalt für Landtechnik an der TU München wurde beauftragt, verfahrenstechnische Vorschläge für die Gewinnung, Lagerung und Aufbereitung von Zucker, Futtermitteln und Ethanol aus Zuckerhirse im Bezug auf die Verfahrensschritte von Anbau bis zum Endprodukt unter besonderer Beachtung der Wirtschaftlichkeit zu erarbeiten.

1.7.3 EG-Kommission

Die EG (Generaldirektion XII) schätzt die Zukunftschancen der Zuckerhirse günstig ein und fördert deshalb auch größere FuE-Projekte in Italien, Spanien und Griechenland. Dabei steht die Nutzung der Ganzpflanze im Vordergrund. Untersucht wird die Pyrolyse der Bagasse oder der Einsatz der Faserteile zur Papierherstellung.

Neben der Zuckerhirse wird Topinambur als vielversprechende Pflanze gesehen. Im Rahmen des Biomasse-Programms wurden mehrere Projekte gefördert, die zur Zeit auslaufen. Gegenwärtig werden neue Projekte vorbereitet.

1.7.4 Sonstige

Im Bereich Zucker können für eine industriell-technische Verwendung keine herausragenden Aktivitäten anderer Länder genannt werden.

1.8 Benutzte Quellen

AID (1987). Der Zuckermarkt. Nr. 1110.

Anderlei, J., Mechelke, W., (1986). Zwischenbericht zum Forschungsauftrag "Züchterische und anbautechnische Verbesserung an der Zuckerhirse als möglicher Rohstofflieferant", 86 NR 002.

Anonym (1986). Neue Verwendungsmöglichkeiten - Zucker für die chemische Industrie. Themen-Verlagsbeilage im journalist August 1986, S. 5-8.

BML (1988). Ergebnisvermerk über das zweite Fachgespräch Zuckerhirse am 21.03.1988 beim KTBL, Darmstadt.

Cronin, T. (1988). Starch/Sugar-Competition for Sweetener Market in Europe. Zuckerindustrie 113, 283-288.

Giehring, H. (1988). Polymere auf der Basis von Kohlenhydraten. Zuckerindustrie 113, 279-282.

Kunz, M. (1988). Saccharosederivate - Zucker als hydrophiler Baustein. Zuckerindustrie 113, 273-278.

Krattenmacher, H. (1986). Die neue Chemiezuckerregelung. Vortrag Frankfurt am 25.06.1986.

Langen, A. (1987). Vortrag bei IHK Köln am 06.11.1987.

Verband der Chemischen Industrie (VCI), 1986. Zucker als Rohstoff für die Biotechnologie und Naturstoffchemie. Manuskript zur VCI-Informationsveranstaltung/ IHK Frankfurt am 25.06.1986.

2. Stärke

2.1 Stärkeliefernde Pflanzenarten

Stärken repräsentieren bei der Vielzahl und Vielfalt, mit der sie in den verschiedenen Pflanzen vorkommen, ein überaus interessantes Rohstoffpotential. Nur wenige Stärken werden isoliert und in den Handel gebracht. Wichtige und in der Bedeutung gewachsene Stärkerohstoffe sind Mais, Kartoffel, Tapioka (Maniok), Weizen und Reis.

Weitere Rohstoffe, deren Bedeutung rückläufig ist und die meist nur noch in kleineren Betrieben in Asien verarbeitet werden, sind Sagopalme, Süßkartoffel, Pfeilwurzel (Arrowroot), Sorghum, Lotuswurzel, Taro, Kouzou, Wasserkastanie, Canna, Hangbohnen, Palerbsen und Linsen.

99 Prozent der weltweiten Stärkeerzeugung entfallen auf nur 4 Stärken: Mais-, Kartoffel-, Tapioka- und Weizenstärke. Die Stärke wird vorwiegend in hochindustrialisierten Ländern (USA, EG, Japan) erzeugt.

Eine bevorzugte Aufgabe der Stärkeforschung der letzten 100 Jahre bestand darin, die in großer Menge anfallenden Stärken in einer Weise zu modifizieren, daß sie den vielfältigen Anforderungen der verschiedensten Anwendungen genügen konnten. Eine zusätzliche Verdrängung der genannten traditionellen Stärken war die Folge. Wenn heute nur 4 Stärken 99 Prozent der Gesamterzeugung ausmachen, dann sind dafür neben der Verfügbarkeit der in der Landwirtschaft bevorzugten Rohstoffe vor allem prozeßökonomische Gründe (die ihrerseits zusammenhängen mit der Stärkeausbeute oder der Stärkeproteintrennung) verantwortlich.

2.1.1 Anbau und Züchtung

Mais, Weizen und Kartoffeln sind Kulturarten, deren Anbautechnik weitgehend optimiert ist. Bis vor wenigen Jahren wurde Mais zur Stärkeerzeugung in der EG fast gänzlich aus den USA importiert. Heute gibt es Maissorten, die im Südwesten Frankreichs und in der Poebene so gut ausreifen, daß die Stärkegewinnung auch aus europäischem Anbau möglich ist und Maisimporte aus den USA nahezu ganz verdrängen. Die zunehmende wirtschaftliche Bedeutung der Gemeinschaftspräferenz unterstützte diese Entwicklung. Maisstärke kann bei entsprechenden technischen Entwicklungen eventuell auch aus Maiskolbenschrot (CCM) gewonnen werden.

Relevant für die Bundesrepublik Deutschland sind derzeit lediglich Kartoffeln und Weizen. Die Anbaufläche für Kartoffeln in der Bundesrepublik Deutschland ist während der letzten Jahrzehnte stark zurückgegangen. Etwa 15 % der 1988 angebauten 195.000 ha wurden mit Stärkekartoffeln bestellt. Eine Ausweitung des Stärkekartoffelanbaues wäre aus Gründen der Fruchtfolgeerweiterung sehr positiv zu bewerten. Dazu muß jedoch u.a. das Ertragsniveau der Stärkekartoffeln weiter angehoben werden.

Für die Züchtung von Kartoffeln zur Industriestärkeproduktion sind gänzlich andere Selektionskriterien maßgebend, als sie für die Züchtung von Speisekartoffeln gelten. Da der erzeugte Rohstoff von der Industrie aufgenommen wird, können bestimmte, derzeit wichtige Kriterien der äußeren Qualität (z.B. Knollenform, Augentiefe, Schalenfarbe) und auch der inneren Qualität gegenüber einem hohen Stärkeertrag pro Hektar vernachlässigt werden. Im Jahr 1984 wurde in Niedersachsen mit dem modellhaften Anbau stärkereicher Massenkartoffeln begonnen. Dabei wird der dammlose Anbau und die Verwendung von geschnittenem Pflanzgut erprobt. Die Weiterentwicklung der Produktionstechnik von Kartoffeln zur Stärkeproduktion ist auf eine Reduzierung der Kosten im Bereich der Pflanzgutbereitstellung, der Bodenbearbeitung, der Düngung, des Pflanzenschutzes und der Ernte auszurichten, um die Rohstoffgestehungskosten so gering wie möglich zu halten.

Prinzipiell kommen für Züchtungsfortschritte vier Ansätze in Frage:

- Erhöhung der derzeitig relativ engen genetischen Basis
- Nutzung von Heterosiseffekten durch Kreuzung mit adaptierten Primitivformen
- Verlängerung der Einlagerungsphase von Assimilaten in die Knollen
- Veränderung des Kraut: Knollen-Verhältnisses (Reduzierung des Blattapparates auf das ertragsphysiologisch notwendige Maß und damit Bereitstellung zusätzlicher Assimilate für die Knollenbildung)

Züchterische Anstrengungen wären auch bei Weizen denkbar. So könnte der Stärkegehalt auf Kosten des Proteingehaltes erhöht und die Backqualität gänzlich vernachlässigt werden. Auch im Hinblick auf den Produktionsmitteleinsatz sind Verbesserungen anzustreben.

Stärke aus Gerste und Hafer wird bislang nicht genutzt. Einzig in Finnland wird aus Gerste mit erheblichen technischen Problemen Stärke gewonnen. Gewisse Gerstenformen besitzen wie Markerbsen einen hohen Amylosegehalt. Hier bieten sich neue Ansätze für die Züchtung. Infolge der gegebenen Rahmenbedingungen und der geringen Saatgutnachfrage waren die Züchtungsaktivitäten in den praktischen Zuchtbetrieben für Körnerleguminosen in den letzten Jahrzehnten stark reduziert worden. Entsprechend der geringen Resonanz ging auch die wissenschaftliche Bearbeitung dieser Arten zurück; züchtungsmethodische und ertragsphysiologische Erkenntnisse wurden nicht vertieft. Aus diesem Grund besteht eine zunehmende Nachfrage nach

Sorten, die den heutigen Anforderungen entsprechen. Züchterische Arbeiten an speziellen amylosehaltigen Erbsen wurden aufgenommen.

Arbeiten zur Produktionstechnik müssen parallel zur fortschreitenden Züchtung und unter Berücksichtigung der Sortenentwicklung erfolgen. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Entwicklung von Fruchtfolgesystemen unter Berücksichtigung der leguminosenspezifischen Eigenschaften. Zu beachten ist dabei die weitgehende Erhaltung und Nutzung des von Körnerleguminosen gebundenen Stickstoffs für die Folgekulturen und die Vermeidung von Auswaschungsverlusten.

2.1.2 Qualitätsaspekte

Wie bereits angedeutet, speichern die verschiedenen Pflanzenarten bzw. Sorten verschiedene Arten von Stärken. Stärken können einmal aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung eingeordnet werden. Stärke wird unterschieden nach den Anteilen der Makromoleküle Amylose (lineare Stärkekette) und Amylopektin (verzweigte Stärkekette) und nach den mit dieser Struktur verknüpften chemischen, physikalisch-chemischen beziehungsweise kolloidchemischen Eigenschaften.

Stärke ist aber andererseits auch ein Begriff, mit dem in weitestem Sinne die Morphologie der Makromoleküle Amylose und Amylopektin (meist vergesellschaftet mit geringen Anteilen an Lipiden und Proteinen) in der Pflanze bezeichnet wird. Stärke bedeutet deshalb Stärkekörner und somit polymere Festkörperteilchen von mikroskopischer Dimension, aber mit definierter Größe, Form, Struktur und Kristallinität.

Tabelle 2 vergleicht die Merkmale verschiedener Stärken. Das Ziel der Pflanzenzüchtung muß sein, Sorten mit entweder einseitig hohem Gehalt an Amylose oder Amylopektin und gleichzeitig einer günstigen physikalischen Kornstruktur bei einer engen Verteilung der Korngrößen zu entwickeln.

Tab. 2: Vergleich verschiedener Stärkerohstoffe (mittlere Werte)

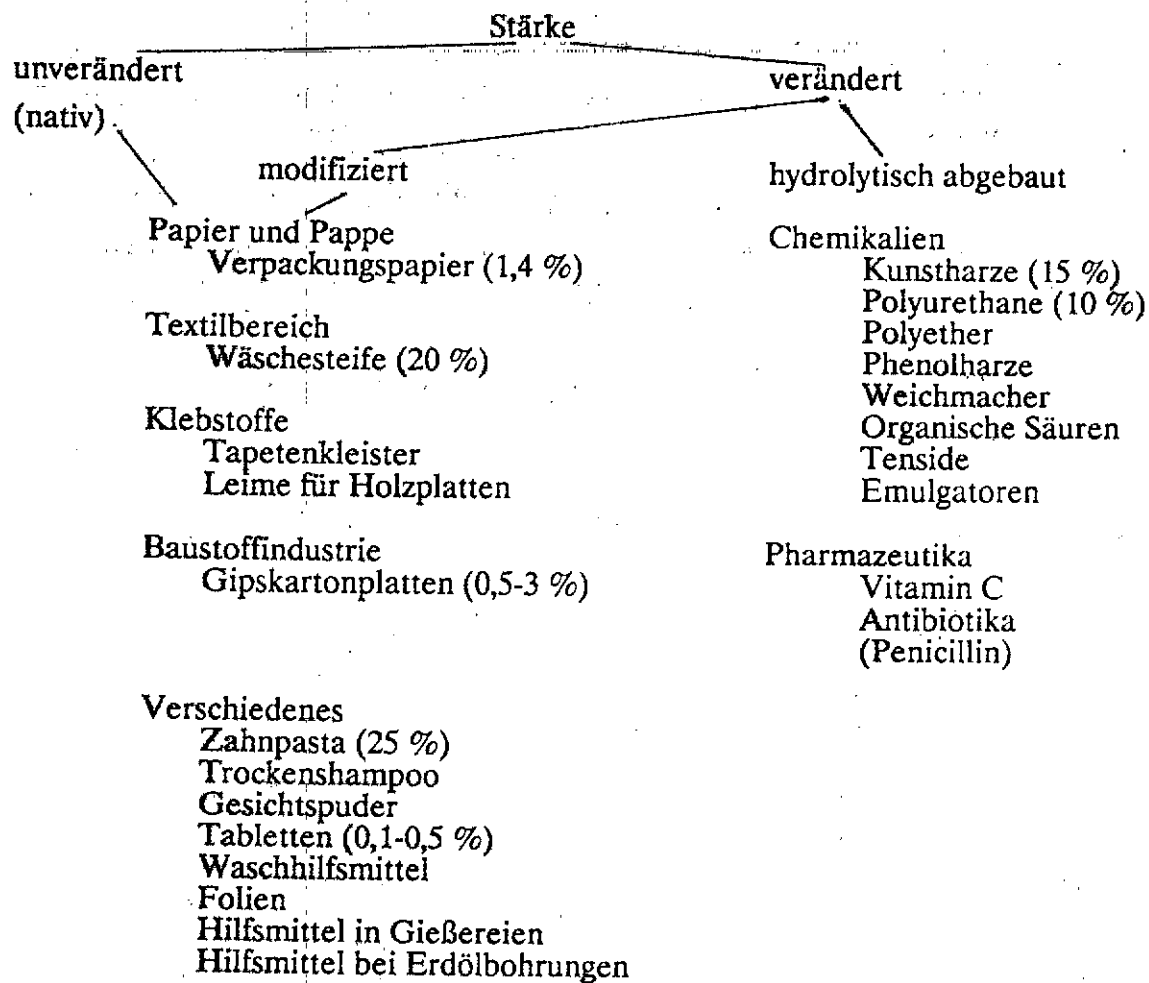
Kulturart	Mais	Wachs- mais	Amylo- mais	Weizen	Gerste	Kartoffel	Mark- erbse
Stärkegehalt (%)	68-75			62-70	54-60	17	12-31
Korndurchmesser (Spannweite in μm)	3-26	3-26	unregel- mäßig geformte Körner	2-45		5-100	
Durchschnittlicher Durchmesser (μm)	15	15		12		33	
Feuchtigkeit bei 65 % RL und 20 °C	13	13		13		19	
Lipide (% TS)	0,6	0,15		0,8		0,05	
Proteine (% TS)	0,35	0,25		0,4		0,06	
Asche (% TS)	0,1	0,07		0,15		0,4	
Phosphor (% TS)	0,015	0,007		0,06		0,08	
Amylosegehalt (% TS)	21	1-2	50-80	24		22	bis 84
Amylose, Grad der Polymerisation	800	-		800		3000	
Amylopektin, Grad der Polymerisa- tion (10^6)	2	2		2		2	
Verkleisterungs- bereich (°C)	64-74	61,5-72	≥ 85	54-65		57-70	

2.2 Traditionelle Nutzungen im Nicht-Nahrungsbereich

Im Wirtschaftsjahr 1986/87 wurden in der EG ca. 1,9 Mio. t und in der Bundesrepublik Deutschland ca. 385000 t Stärke im Nichtnahrungsbereich eingesetzt.

Durch ihren chemischen Aufbau und ihre hohe Reinheit erfüllt Stärke wesentliche Anforderungen für eine chemisch-technische Nutzung. Sie findet in mehr als 500 Produkten und in vielen Bereichen der Industrie Verwendung, zumeist in geringen Mengenanteilen und unter Nutzung ihrer spezifischen Eigenschaften. Folgende Übersicht vermittelt vereinfacht die Verwendungsmöglichkeiten von Stärke im Nichtnahrungsbereich.

Tab. 3: Verwendung von Stärke im Nicht-Nahrungsbereich
(Gehaltsangaben in Klammern)



In den klassischen Stärkeeinsatzbereichen macht man sich die positiven Stoffeigenschaften Hydrophilie, Quellvermögen, Viskosität und Filmbildevermögen zunutze. Sie verlieren jedoch immer mehr an Bedeutung, da man durch die Stärkemodifizierung, die sich von der Oberfläche des Stärkekorns bis hin zu den Primärstrukturen erstreckt, sowie über den hydrolytischen Abbau von Stärken die 'Funktionalität' von Stärke zu verbessern sucht. Damit hofft man, nicht nur dem Konkurrenzdruck gegenüber petrochemischen Substituten widerstehen zu können, sondern durch die 'Stärkeveredlung' auch den Wertschöpfungsanteil der Stärkeindustrie zu erhöhen.

Die in Tabelle 4 ausgewiesene Verwendungsstruktur zeigt, daß weniger als 1/3 der insgesamt produzierten Stärke als native Stärke eingesetzt wird und in dieser Form hauptsächlich in industrielle Verwendung fließt; bedeutendster Einsatzbereich ist die Papier- und Pappeherstellung. Der Anteil modifizierter Stärken beträgt 18 %; ihr Verwendungsanteil ist in den industriellen Verwendungsbereichen Papier, Textilien und Klebstoffe besonders hoch. Der sich auf 53 % belaufende Verwendungsanteil von Stärkehydrolysaten konzentriert sich hauptsächlich auf den Nahrungsmittelsektor, doch spielt diese Art der Stärkeverwendung auch bei der Herstellung von Chemikalien und Pharmazeutika eine überragende Rolle.

Tab. 4: Nutzung von Stärke und Stärkederivaten in der EG in 1983

Art der Stärke Einsatzbereich	Native Stärke		Modifizierte Stärke		Produkte aus hydrolytisch abgebauter Stärke		Stärke und Stärkederivate zusammen	
	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%
Nahrung	285.6	27.3	99.1	14.6	1499.9	76.3	1884.6	51.0
Tierfutter	86.8	8.3	59.8	8.8	31.1	1.6	177.7	4.8
Papier u. Pappe	446.6	42.7	288.8	42.6	-	-	735.5	20.0
Textilbereich	13.8	1.3	48.2	7.1	-	-	62.0	1.7
Klebstoffe	17.8	1.7	70.3	10.4	-	-	88.1	2.4
Chemikalien und Pharmazeutika	29.1	2.8	23.1	3.4	298.2	15.2	350.5	9.5
Sonstige industr. Nutzg.	70.1	6.7	51.1	7.5	54.3	2.7	175.5	4.8
Nicht zuzuordnen	95.4	9.2	37.0	5.5	82.6	4.2	214.9	5.8
Insgesamt	1045.3	100.0	677.4	100.0	1966.1	100.0	3688.7	100.0

Quelle: zit. bei Kleinhanß, 1988; neueres Zahlenmaterial stand nicht zur Verfügung

Bei all diesen Verwendungsbereichen haben die Primärstrukturen von Stärke eine nachgeordnete Bedeutung: Das Amylopektin ist in Anteilen von etwa 75 % in den genutzten Stärken enthalten, die Amylose kommt in Anteilen von 20 bis 25 % vor; Amylomais enthält hingegen etwa 70 % Amylose. Es werden jedoch Aktivitäten unternommen, die Primärstrukturen, insbesondere der Amylose, besser zu nutzen, zuerst im Nahrungsmittelsektor wie z.B. zur Erhöhung der Gefrierstabilität von Lebensmitteln. Hochamylosehaltige Rohstoffe für die Stärkeerzeugung werden derzeit in der EG noch nicht produziert, jedoch wird in begrenztem Umfang aus USA eingeführter Amylomais verarbeitet.

Klassische Einsatzbereiche der Stärke im Nichtnahrungsbereich sind:

Papierherstellung

Bei der Herstellung von Papier werden entscheidende Qualitätsmerkmale des fertigen Papiers, wie die innere oder die Reiß-Festigkeit des Blattes und der Glanz oder die Bedruckbarkeit der Oberfläche durch gezielte Anwendung von Stärkeprodukten in den verschiedenen Phasen des Papierherstellungs-Prozesses, maßgebend beeinflußt.

Pappeherstellung

Wellpappen wurden ursprünglich mit Hilfe überaus energieintensiver Wasserglas-Klebstoffe hergestellt. Schon vor Jahrzehnten konnten diese Klebstoffe durch Stärkeklebstoffe abgelöst werden. Von ihrer Entwicklung gingen seinerzeit entscheidende Impulse für die Entwicklung neuer Technologien der Wellpappenherstellung aus.

Textilbereich

Da die Garne, die im Spinnprozeß erzeugt werden, nicht stark genug sind, um die verschiedenen Zugkräfte beim Weben auszuhalten, muß die Oberfläche der Garne geschützt werden. Daher werden die Garne vor dem Weben mit einer Appretur geschützt, die aber nach dem Weben wieder entfernt werden muß, da sie weitere Bearbeitungsschritte wie das Färben stört.

Diverse technische Anwendungsmöglichkeiten

- Gips- und Mineralfaserplatten
Stärkeprodukte spielen bei ihrer Herstellung als Bindemittel eine wichtige Rolle.
- Düngemittel, Spezialkohlen
Produkte der Stärkeindustrie werden als Bindemittel bzw. als Träger verwandt.
- Erz- und Kohleschlamm-Aufbereitung
Stärkeprodukte werden als Flockungsmittel eingesetzt, um Erz- und Kohleanteile aus diesen Schlämmen zurückzugewinnen.
- Erdölbohrung
Stärkehaltige Lösungen werden als Hilfsmittel eingesetzt, um die Pumpfähigkeit des ausgebrochenen Gesteines zu gewährleisten, d.h. Verstopfungen von Bohrschächten zu vermeiden.

- Gußformen

In der Gießerei-Industrie werden Stärkeprodukte als Hilfsmittel bei der Herstellung von Gußformen verwendet.

- Klebstoffe

Stärke und Stärkeprodukte finden als Klebstoffe und Klebstoffkomponenten Verwendung.

- Transport-Beton

Hier werden Stärkeprodukte als Abbinde-Verzögerer verwandt.

Chemikalien und Pharmazeutika

In der chemisch-pharmazeutischen und kosmetischen Industrie hat sich insbesondere das Stärkeprodukt Dextrose einen festen Platz als Rohstoff erobert. Dextrose (D-Glucose) entsteht durch hydrolytischen Abbau der Stärke. Dextrose ist Basis für die Herstellung von Antibiotika, Vitaminen, Emulgatoren und Kunststoffen.

Besondere Bedeutung kommt einem Folgeprodukt der Dextrose zu, dem Zuckeralkohol Sorbit. Im Nahrungsmittelbereich wird Sorbit als Zuckeraustauschstoff für die Diabetikerkost verwendet. Darüber hinaus aber ist Sorbit heute der einzige Rohstoff, aus dem in wirtschaftlicher Weise Ascorbinsäure-Vitamin C hergestellt werden kann. In der Kosmetikindustrie ist Sorbit ein wichtiger, die Konsistenz stabilisierender Bestandteil von Zahnpasten und Creme aller Art. In steigendem Maße wird Sorbit neuerdings für die Herstellung des Kunststoffs Polyurethan eingesetzt.

2.3 Neue Nutzungsmöglichkeiten im Nicht-Nahrungsbereich

Weitere fermentativ erzeugbare Produkte werden zunehmend Interesse finden. Biochemische Verfahren sind den üblicherweise in der chemischen Industrie angewandten Verfahren energetisch überlegen. Sie arbeiten bei Normaldruck und bei normalen Temperaturen. Der einheitliche Rohstoff biochemischer Verfahren sind Kohlenhydrate, Stärke und insbesondere Stärkeabbauprodukte, aber auch Zucker und ggf. Cellulose.

Die Syntheseleistung der in biochemischen Verfahren benutzten Mikroorganismen übertrifft die konventionellen chemischen Verfahren um ein Vielfaches, insbesondere bezüglich der Spezifität. Andererseits muß naturgemäß immer mit Massenverlusten gerechnet werden durch denjenigen Anteil des eingesetzten Rohstoffs, der zur Vermehrung und zum Wachstum der Mikroorganismen benötigt wird.

Die Erzeugung der aus Glucose abgeleiteten organischen Säuren wie Essigsäure, Zitronensäure, Itaconsäure, Milchsäure dürfte zukünftig mittels biotechnologischer Verfahren erfolgen. Dabei wird es vornehmlich darauf ankommen, das Endprodukt über ein einstufiges Verfahren zu gewinnen, weil erst dadurch wirtschaftliche Vorteile gegenüber den konventionellen, z.B. auf Methanol basierenden Verfahren (Essig- und Ameisensäure) zu erwarten sind. So wurde z.B. in der Bundesrepublik Deutschland nur durch die im Gefolge der 'Energiekrisen' gestiegenen Erdölpreise die Umstellung der Zitronensäureherstellung von Melasse auf petrochemische Rohstoffe verhindert. Wegen der bei Melasseverwendung hohen Kosten der Abwasserbehandlung ist nach Einführung der neuen Industriezucker- und -stärkeregelung in Ländern mit hohen Umweltschutzauflagen eine stärkere Verwendung von Stärke/Zucker zu erwarten. Steigende Absatzpotentiale für Zitronensäure dürften sich insbesondere durch den partiellen Ersatz der schwer abbaubaren Phosphatderivate im Waschmittelbereich ergeben.

Vielversprechende Ansätze sind des weiteren zu sehen in der Produktion von

- Glucoseacid-Fettsäureestern, die gute Oberflächeneigenschaften besitzen und die Herstellung biologisch abbaubarer Waschmittel ermöglichen; mit Glucose veresterte Pflanzenschutzmittel erhöhen die Wirkung der reaktiven Stoffkomponenten und ermöglichen damit eine Einsparung an Wirkstoffen in der Größenordnung von bis zu 50 %;
- Sorbitol, dessen Derivate ein weites Anwendungsfeld im Bereich der Kunststoffe und chemischen Spezialprodukte (Emulgatoren, Tenside und Pharmazeutika) eröffnen.

Die Tatsache, daß in der Stärke - etwa im Gegensatz zu Zucker - bereits polymere Strukturen vorgebildet sind, legt die Frage nahe, inwieweit das natürliche Polymer Stärke oder daraus hergestellte Derivate direkt und in technisch und wirtschaftlich sinnvoller Weise mit den künstlichen, auf Erdöl basierenden Polymeren, den Kunststoffen, kombiniert werden können. Schlüsseleigenschaften der Stärke wie z.B. Dichte, Wärmeleitfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit, Brandverhalten und biologische Abbaubarkeit ließen sogar positive synergistische Effekte erwarten. Demgegenüber stehen schwierige technische Probleme wie z.B. die natürliche Kornstruktur der Stärke, ihre Wasserfreundlichkeit und ihre Unlöslichkeit in den üblicherweise in der chemischen Industrie angewendeten organischen Lösungsmitteln.

Folgende Einsatzgebiete für Stärke im Bereich Kunststoffe zeichnen sich beim derzeitigen Kenntnisstand ab:

Gemeinsame Verarbeitung von Stärke und künstlichen Polymeren

Es ist möglich, in geeigneter Weise vorbehandelte Stärken aus Mais, Kartoffeln, Weizen oder Reis mit Polyethylen durch Co-Extrusion zu kombinieren. Es entstehen "Vor"-Mischungen, die bis zu 50 % Stärke enthalten können.

Unter Verwendung dieser Vormischungen können - auf der Ebene der Kunststoff-Verarbeitung - Produkte aus Polyethylen wie Folien, Becher etc. hergestellt werden, die bis zu 10 % Stärke enthalten, ohne daß ihre bekannten Eigenschaften nachteilig beeinflußt werden. Im Gegenteil, die Bedruckbarkeit der Folien, die bis zu 10 % Stärke enthielten, war bei Verwendung der aus arbeitsmedizinischen Gründen zu bevorzugenden wasserhaltigen Druckfarben besser als die der reinen Polyethylenfolien. In Großbritannien wurden Tragetaschen aus stärkehaltigem Polyethylen (COLOROLL) Anfang der achtziger Jahre erprobt. Bei höherem Stärkegehalt als 10 % verschwinden die bekannten Eigenschaften des Polyethylens in zunehmendem Maße, und man erhält Produkte mit neuen Eigenschaften.

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß der aus Stärke über Dextrose zugängliche Sorbit in steigendem Maße als Polyol bei der Polyurethan-Herstellung Verwendung findet. Es hat auch immer wieder Versuche gegeben, Stärke bei der Herstellung von Polyurethan-Schäumen zu verwenden. Die Versuche zur Inkorporierung von Stärke in PU-Schäume haben gezeigt, daß generell nur bestimmte Eigenschaften verbessert werden können (Brandverhalten, Schrumpverhalten), so daß die Verwendung von Stärke primär auf solche Bereiche ausgerichtet werden sollte, in denen diese Eigenschaftsverbesserungen zum Tragen kommen.

Verwendung als Copolymer

Beim Einsatz als Copolymer könnten die Probleme der Unverträglichkeit von Stärke mit synthetischen Polymeren (Organophobie) beseitigt und die chemische Reaktivität von Stärke genutzt werden. Es gelang bereits, Stärke und Polyethylen (in Mengenanteilen bis 70 %) sowie Polypropylen zu polymerisieren. Voraussetzung sind jedoch niedrige Verarbeitungstemperaturen durch Verwendung geeigneter Katalysatoren, Feuchtegehalte der Stärke von weniger als 1 % und niedrige Eiweißgehalte.

Als aussichtsreiche Einsatzgebiete zeichnen sich ab:

- Produktion von Phenolharzen (Novolacke, die durch Kondensation von Phenol mit Formaldehyd hergestellt werden). Versuche haben ergeben, daß Monosaccharide bzw. Stärke unter den dort vorliegenden (sauren) Reaktionsbedingungen zu Hydroxymethylfurfurol (HMF) umgewandelt werden, das eine ähnliche Kondensationsreaktion mit Phenol aufweist wie Formaldehyd; dadurch läßt sich der gesundheitsgefährdende

Formaldehydeinsatz um etwa die Hälfte und der Gehalt an freiem Formaldehyd beträchtlich absenken.

- Produktion von Sorbitol durch Umwandlung von D-Glucose zu D-Sorbitol. Sorbitol läßt sich als sogenannter Starter in der Polyethersynthese oder als Komponente in Alkyd- oder Melaminharzen einsetzen. Durch Transglykosidierung mit Sorbitol als Alkoholkomponenten lassen sich Polyole ausschließlich auf der Basis von Kohlenhydraten aufbauen. Je nach Verzweigungsgrad der verwendeten Stärken (Amylose/Amylopektin) lassen sich die chemisch-technischen Eigenschaften günstig beeinflussen, was eine Erweiterung des Anwendungsbereiches von Polyolen ermöglichen würde.
- Produktion von Stärke-Acrylonitrilen (Craft-Copolymer). Dieses als Super-Slurper bezeichnete Produkt kann mehr als das 100-fache seines Gewichts an Wasser aufnehmen. Neben der Säuglingspflege scheint insbesondere eine Verwendung im Saatenbereich zukunfts-trächtig, in dem die mit Super-Slurper, Pflanzenschutzmittel und Mikronährstoffen pillierte Saat in der Keimphase vor Austrocknung geschützt und mit den nötigen Nährstoffen versorgt werden kann.

Gerade aus der Entwicklung neuer "Kunststoffe", basierend auf natürlichen und künstlichen Polymeren, sind weiterführende Impulse zu erwarten.

Thermoplaste aus reiner Stärke

Nicht-modifizierte Stärke kann direkt, im pulverförmigen Zustand in einem Spritzgußverfahren zur Herstellung von z.B. Wegwerf-Trinkbechern verwendet werden. Dieses Verfahren zur Verwendung von Stärke als alleinigem Rohstoff und Überführung in den thermoplastischen Zustand wurde von J. Tomka (ETH Zürich) entwickelt und wird von der Firma Capsugel (Warner und Lampert) erprobt. Eine weitere Einsatzmöglichkeit sind Medikamentenkapseln. Für die Herstellung biologisch abbaubarer Folien wird besonders die Verwendung von Amylose aus Amylomais oder Markerbse diskutiert.

Fermentative Produktion von Biopolymeren

Die mikrobielle Erzeugung von Biopolymeren auf der Basis von Stärke bzw. Stärkehydrolysaten ist ein weiteres Einsatzgebiet, das zukünftig insbesondere durch Fortschritte der Biotechnologie eine größere Bedeutung erhalten dürfte. Derzeit sind folgende Produkte und Verfahren bekannt:

- Polluan (erzeugt durch Pilze) weist ähnliche Eigenschaften wie Styren auf und eignet sich vorzüglich für die Folienverpackung von Lebensmitteln; derzeit werden in Japan ca. 4.000 t produziert.

- Xantangums (erzeugt durch Bakterien), für das derzeit eine Produktionskapazität von 15.000 t besteht; es findet ebenfalls nur im Nahrungsmittelbereich Verwendung.
- Polyhydroxy-Buttersäure (PHB) wird ebenfalls durch Bakterien erzeugt, wobei als Rohstoff Stärke und Zucker dienen können. Wegen der biologischen Abbaubarkeit wird diesem Produkt ein großes Absatzpotential zugesprochen, weil dadurch in großem Umfang Polypropylen substituiert werden könnte. 1995 soll in England mit der großtechnischen Produktion durch die Firma ICI ("Biopol") begonnen werden.

Andere mikrobiell hergestellte Biopolymere können bei der Erdölexploration, Reinigung von Öl etc. eingesetzt werden. Generell gilt, daß sich durch die Nutzung biotechnologischer Verfahren ein breites Feld für den Einsatz von Stärke und anderer Kohlenhydrate zur Herstellung von Biopolymeren öffnen könnte. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn neue Produkte entwickelt werden können, deren Erzeugung mittels petrochemischer Verfahren nicht möglich ist bzw. die spezielle Eigenschaften aufweisen.

2.4 Voraussetzungen für eine verstärkte Nutzung

Die prinzipielle Rahmenbedingung, daß Stärke für die Verwendung im Nichtnahrungsbereich zu Weltmarktpreisen zur Verfügung steht, wurde durch die EWG-Verordnung 1009/86 (in Verbindung mit der Verordnung 2169/86) geschaffen. Seit dem 1. Juli 1986 wird zum Ausgleich der Getreidepreisdifferenz EG/Weltmarkt dem Verwender von Stärke im chemisch-technischen Bereich eine Produktionserstattung gewährt. Dieser Ausgleich ermöglicht die Erhaltung und Fortentwicklung der Stärkeverwendung in der Gemeinschaft. Folgende Probleme sollen damit beseitigt werden:

- Wettbewerbsnachteile der gemeinschaftlichen Industrien gegenüber Verarbeitungserzeugnissen aus Drittländern, die aus Stärke zu Weltmarktpreisen hergestellt und ohne Einfuhrabschöpfung in die Gemeinschaft eingeführt werden,
- Gefahr der Verlagerung von stärkeverarbeitenden Industrien in Drittländer.

Es gelten folgende Einzelheiten:

a) Stärkearten

Die Produktionserstattung wird nur gewährt für Mais-, Weizen-, Kartoffel- und Reisstärke, die von zugelassenen Betrieben zur Herstellung von begünstigten Erzeugnissen verwendet wird. Als Stärke im Sinne dieser Regelung gelten die natürliche (native) Stärke und folgende aus Stärke hergestellte Erzeugnisse:

- Glukose und Glukosesirup
- Maltodextrin und Maltodextrinsirup
- Stärkezucker, karamelisiert
- Mannit

- Sorbit
- Dextrine und Dextrinleime; lösliche und geröstete Stärke; Klebstoffe aus Stärke
- zubereitete Zurichtemittel und zubereitete Appreturen auf der Grundlage von Stärke.

b) Begünstigte Erzeugnisse

Liste der begünstigten Erzeugnisse:

- Carragenan
- Glycerin, anderes als rohes
- Organisch-chemische Erzeugnisse
- Pharmazeutische Erzeugnisse
- Organische grenzflächenaktive Stoffe; grenzflächenaktive Zubereitungen und zubereitete Waschmittel und Waschlösungsmittel
- Eiweißstoffe; Klebstoffe; Enzyme (ausgenommen Dextrine und Dextrinleime usw., die als Grunderzeugnisse gelten)
- Verschiedene Erzeugnisse der chemischen Industrie
- Kunststoffe, Zelluloseether und -ester und Waren daraus
- Papier und Pappe, in Rollen oder Bogen
- Papiertapeten, Linkrusta und Buntglaspapier
- Baumwolle

Bei der Auswahl der Erzeugnisse waren maßgebend insbesondere die Höhe des Außenschutzes, der mengen- und wertmäßige Anteil der Stärke am Endprodukt, die Bedeutung für den Stärkeabsatz.

Die Stärkeproduktion in der EG kann gesteigert werden, ohne daß neue Produktionskapazitäten aufgebaut werden müssen. Die europäische Stärkeindustrie verfügte z.B. 1985/86 über eine Produktionskapazität von 5,7 Millionen Tonnen. Von der Produktionsmenge wurden 4,4 Millionen Tonnen in der EG verkauft, 500 000 Tonnen exportiert. Mithin waren die Produktionsanlagen zu 86 Prozent ausgelastet. Produktionsanlagen in Mais- und Weizenstärkefabriken sind ganzjährig in Betrieb, solche, die Kartoffeln verarbeiten, nur wenige Monate im Jahr. Daher werden Anstrengungen gemacht, in Kartoffelstärkefabriken auch z.B. Maiskolbenschrot verarbeiten zu können. Damit würde die Produktionskapazität ohne den Bau weiterer Fabriken gesteigert werden können; die Landwirtschaft hätte die Möglichkeit, einen weiteren Stärkerohstoff liefern zu können.

Neue Stärkerohstoffe, wie z.B. amylosereiche Erbsen, können derzeit nicht verarbeitet werden, es fehlt die Konversionstechnologie. Es ist anzunehmen, daß für jede neue Art von Stärkerohstoff eine spezifische Produktionsanlage errichtet werden muß. Eine deutliche Kostendegression ist aber erst bei einer vergleichsweise hohen Kapazität zu erwarten. Die industrielle Konzentration bei der Stärkeherstellung ist groß.

In der Bundesrepublik Deutschland existieren folgende Anlagen zur Stärkegewinnung aus Kartoffeln:

- Südstärke mit zwei Fabriken (Schrobenhausen und Sünching)
- Emsland-Stärke mit zwei Fabriken (Emlichheim und Wiezendorf)
- Wendland-Stärke (Lüchow)

aus Weizen:

- Crespel & Deiters (Ibbenbüren)
- Kröner (Ibbenbüren)
- Hundhausen (Ahlen/Westfalen)
- Jäckering (Hamm)
- Pfeifer & Langen (Dormagen)
- Cerestar (Zülpich; früher Maizena)
- Emsland-Stärke (Emlichheim)

aus Mais:

- Cerestar (Krefeld)
- National Starch (Hamburg).

Eine verstärkte Nutzung von Stärke als industrieller Rohstoff wird erfolgen, wenn aufgrund technischer, chemischer oder biologischer Entwicklungen bei den einzelnen Verwendungsbereichen Fortschritte gemacht werden. Im folgenden werden die derzeitigen und zukünftig möglichen Verwendungspotentiale erörtert.

Traditionelle Nutzungen

- Papier- und Pappeherstellung

In diesem schon derzeit bedeutendsten industriellen Einsatzbereich von Stärke wird nach Schätzungen der EG-Kommission ein Verbrauchsanstieg bis zum Jahr 2000 um 565.000 t auf 1,3 Mio t erwartet. Aufbauend auf den Hypothesen einer Angleichung der regionalen Verbrauchsmengen in der EG von 23,9 kg/t Papier (Italien) bis 52,5 kg/t (Niederlande) sowie der Ausschöpfung des technisch möglichen Einsatzpotentials wird teilweise sogar eine Verdoppelung des Stärkeverbrauchs für möglich gehalten. Maßgebliche Bestimmungsgründe für den zunehmenden Einsatz von Füllstoffen wie z.B. Stärke sind:

1. Der zunehmende und sich in der Bundesrepublik Deutschland bereits auf 40 % belaufende Verwendungsanteil von Altpapier. Durch die relative Abnahme der Verwendung nativer Cellulose mit guten Vernetzungseigenschaften ist in zunehmendem Maße der Einsatz von Bindemitteln erforderlich, wofür sich insbesondere kationische Stärkederivate eignen.
2. Die Preisrelation von Stärke zu Zellstoff. Wenn die Stärke billiger als Zellstoff ist, kann Stärke als Billigmacher zur Herstellung von Papier verwendet werden. Der Preisvorteil kann auch dazu genutzt werden, Stärkederivate zu entwickeln, die synthetische Substitute nicht nur aufgrund ihres Preises, sondern auch ihrer Qualitätsvorteile zurückdrängen können.

Inwieweit sich dieses Absatzpotential erschließen läßt, hängt im wesentlichen von der Entwicklung der inländischen Zellstoff und Papier verarbeitenden Industrie ab. Aufgrund höherer Rohstoffpreise und der bei geringerem Rohstoffaufkommen ungenügenden Ausschöpfung von Skaleneffekten wäre ohne die Entwicklung kostengünstiger und umweltkonformer Zellstoffgewinnungsverfahren eine rückläufige Produktionsentwicklung zu erwarten. In diesem Fall würde Stärke weniger stark nachgefragt werden.

- Textilbereich

Im Textilbereich werden Stärkeprodukte trotz ihres niedrigeren Preises zunehmend durch qualitativ hochwertige synthetische Appreturen verdrängt, welche eine größere Webgeschwindigkeit und ein vollständiges Recycling zulassen. Es ist davon auszugehen, daß in der Bundesrepublik Deutschland aufgrund einer immer mehr verbesserten Umweltschutzgesetzgebung auf stärkehaltige Appreturen zukünftig total verzichtet wird, weil diese nicht zurückgewonnen werden können und innerhalb des Unternehmens entsorgt werden müssen. Stärke wird sich in diesem Einsatzgebiet deshalb nur dann behaupten können, wenn es gelingt, deren verwendungstechnische Nachteile durch Stärkederivatisierung zu beseitigen.

- Diverse technische Anwendungsmöglichkeiten

Im Bereich Klebstoffe hat sich der Stärkeinsatz in den letzten 20 Jahren auf ein Fünftel reduziert. Der derzeit hohe Anteil modifizierter Stärken von 80 % deutet darauf hin, daß dieser Verbrauchsrückgang insbesondere die Verwendung der preisgünstigen nativen Stärken betraf. Nach neueren Versuchsergebnissen kann durch die Steigerung des Stärkeanteils von üblicherweise 5 bis 7 % in den zur Sperrholz- und Spanplattenherstellung verwendeten Klebern auf 200 % der synthetischen Komponente nicht nur eine Kostensenkung erreicht, sondern auch der Formaldehydeinsatz um eine 10er-Potenz verringert werden, allerdings verbunden mit dem Nachteil einer höheren Wasserdampfdurchlässigkeit und einer geringeren Widerstandsfähigkeit gegen Pilzbefall.

In weiteren traditionellen Anwendungsbereichen wie Gießerei und Erdölbohrung wurde Stärke ebenfalls durch synthetische Substitute zurückgedrängt. Bei zunehmender Tiefe der Erdölbohrungen erwiesen sich die hitzeinstabilen Stärkeprodukte als nicht mehr einsetzbar.

- Chemikalien und Pharmazeutika

In diesem Bereich wird Stärke zu etwa 85 % als hydrolysierte Stärke (Abbau zu Glucose) verwendet. Glucose dient hierbei als Grundbaustein für weitergehende Derivatisierungen/Synthesen, zu fermentativen Umwandlungen und als Nährsubstrat für biotechnologische Verfahren.

Stärke dürfte hier in der Größenordnung von 70 % durch andere Mono- oder Disaccharide (Zucker) substituierbar sein. Ihr Einsatz wird wesentlich vom Preisverhältnis zu Zucker und die zukünftige Entwicklung stark vom Preisverhältnis natürlicher Rohstoffe zu petrochemischen Grundstoffen bestimmt.

Neue Einsatzmöglichkeiten

Hier spielt der technische Fortschritt neben der Verfügbarkeit von Stärke zu Weltmarktpreisen die größte Rolle. Der größte Verbrauchsanstieg wird in dem gegenwärtig noch relativ unbedeutenden Bereich Chemikalien, Pharmazeutika und Kunststoffherstellung erwartet. Begründet wird dies mit der stärkeren Verbreitung biotechnologischer Verfahren und insbesondere dem Vordringen in den Markt für Kunststoffe, in dem 1984/85 kaum mehr als 15 000 Tonnen Stärke EG-weit Verwendung fanden. Allerdings ist das Marktpotential von Stärke hier infolge der sowohl zu Petrochemikalien als auch zu Zucker bestehenden Substitutionsbeziehungen wie auch des Einflusses technischer Fortschritte besonders schwer abzuschätzen.

Optimistische Schätzungen gehen von einem Verwendungspotential im Jahr 2000 von 700 000 Tonnen Stärke im Bereich Kunststoffe für die EG aus. Es dürfte jedoch schwierig sein, diesen Markt in den nächsten zehn Jahren vollständig zu erschließen, da Stärke nur dann zur Kunststoffherstellung eingesetzt werden wird, wenn es technisch und preislich günstiger ist. Stärke als Füllstoff in Kunststoffen wie z.B. Polyethylen oder PU-Schäumen wird kaum eingesetzt, da andere auch biologisch abbaubare Füllstoffe wie Mehl oder Talkum kostengünstiger sind. Die Herstellung von Kunststoffen mit Stärke als Copolymer oder fermentativ wird sich nur durchsetzen, wenn solche Kunststoffe besser biologisch abbaubar sind als herkömmliche Kunststoffe und zumindest qualitativ gleich gut sind. Nur wenn eine bessere biologische Abbaubarkeit vom Verbraucher finanziell honoriert wird bzw. vom Gesetzgeber verlangt wird, werden Kunststoffe auf Stärkebasis verstärkt entwickelt werden. Wie lange eine solche Entwicklung dauert, zeigt das Biopol der Firma ICI. Mit einer großtechnischen Produktion wird erst 1995 gerechnet werden können, obwohl das Produkt schon 1980 technisch ausgereift war.

2.5 Ökonomische Aspekte

Nach der Industriestärkeregelung werden die Stärke und ihre Derivate, die für industrielle Nutzungen verwendet werden, durch Gewährung einer Produktionserstattung auf Weltmarktpreisniveau verbilligt. Zur Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der Stärkeproduktion gegenüber Petrochemie sind in Betracht kommende Maßnahmen die gezielte Entwicklung und Anwendung kostensparender technischer Fortschritte sowie die Ausschöpfung komparativer Standortvorteile durch optimale Allokation der Rohstoffproduktion. Letztere gewinnt mit der Erweiterung der EG auf 12 Mitgliedsländer mit stark divergierenden Standort- und Strukturbedingungen zusätzlich an Bedeutung. Von besonderer Wichtigkeit ist, daß die Stärkeproduktion aus Kartoffeln oder Weizen im Vergleich zu der aus Mais wettbewerbsfähig bleibt.

Der EG-Stärkemarkt wird durch die Getreidemarktordnung geregelt. Stärke und bestimmte Stärkeerzeugnisse unterliegen damit dem Außenschutz bei Getreide, so daß die Nachfrage nach Stärke nahezu ausschließlich von der EG-Stärkeindustrie gedeckt wird (die EG ist Nettoexporteur von Stärke). Auch die Rohstoffe stammen mit Ausnahme geringer Mengen an Importmais aus der EG. Abgesehen von Stärkekartoffeln werden stärkehaltige Rohstoffe für den Markt zu Interventionspreisbedingungen erzeugt. (Die Interventionspreise für Mais und Weichweizen sind gleich.) Für Stärkekartoffeln ist ein Mindestpreis festgelegt, der die Wettbewerbsgleichheit zwischen Kartoffel- und Maisstärke sicherstellen soll. Zum Ausgleich noch bestehender kostenbedingter Nachteile der Kartoffelstärke (durch Kampagnebetrieb, hohe Umweltschutz-Kosten und ungünstige Verwertungsmöglichkeiten für Nebenprodukte) wird den Kartoffelstärkefabriken eine Prämie gewährt.

Die Deckungsbeiträge stärkehaltiger Pflanzen werden in Tabelle 5 verglichen. Legt man den Stützungsbedarf als Maßstab zugrunde, so ist die Stärkeproduktion aus Weizen am günstigsten zu beurteilen. Es ist aber zu berücksichtigen, daß bei der Stärkeerzeugung aus Weizen in großen Mengen Nebenprodukte (B-Stärke) anfallen. Sie werden meist als Futtermittel verwertet und stehen daher in Konkurrenz zu Futtergetreide. Die damit verbundene Verdrängung von Getreide auf Drittlandsmärkte führt zu höheren Kosten als der in Tabelle 5 angegebene Stützungsbedarf ausweist. Die Gewinnung von Stärke aus Mais ist insgesamt vorteilhafter.

Tab. 5: Deckungsbeiträge und Stützungsbedarf stärkehaltiger Pflanzen

Bezeichnung	Einheit	Weich- weizen	Stärke- kartoffeln	Mais
Ertrag ¹⁾	dt/ha	64,3	359,7	70,5
Erzeuger- preis ²⁾	DM/dt	38,91	14,20	35,98
Marktleistung	DM/ha	2.502,--	5.108,--	2.537,--
variable Kosten	DM/ha	1.199,--	2.382,--	1.574,--
Deckungsbeitrag	DM/ha	1.303,--	2.726,--	963,--
Stützungsbedarf ³⁾	DM/ha	1.191,--	2.977,-- ⁴⁾	1.632,--

Die Konversionskosten liegen bei der Weizenstärkeerzeugung im Vergleich zu anderen Stärkelinien am höchsten und betragen mehr als das Doppelte der von Maisstärke. Dies ist zurückzuführen auf die bei vergleichsweise kleinen Verarbeitungskapazitäten nur teilweise mögliche Ausschöpfung von Skaleneffekten, die vorrangig auf die Vitalklebererzeugung ausgerichtete und vergleichsweise teure Technologie sowie die geringere Stärkeausbeute. Die Probleme der Weizenstärkeerzeugung liegen auch im Preisrückgang für Vitalkleber, dessen Absatzpotential im Bäckereisektor nicht mehr steigt und im technologisch bedingten Anfall von B-Stärke; die Ausbeute an A-Stärke müßte erhöht werden. Während bei der Maisstärkegewinnung nahezu kein Abwasser anfällt, ist ein derart geschlossener Kreislauf in Weizenstärkefabrikationsanlagen nicht möglich. Besonders die Gewinnung von Kartoffelstärke ist mit beachtlichen Entsorgungskosten belastet. Hinzu kommt die kurze Kampagnezeit.

Die EG-Stärkemarktpolitik begünstigte in der Vergangenheit die Produktion von Weizen- und Kartoffelstärke, die ausschließlich aus inländischen Rohstoffen gewonnen wurden, während nun eine Orientierung an Maisstärke stattfindet. Von nunmehr wettbewerbsfähigen Stärkepreisen für die Industrie dürfte ein verstärkter Anreiz zur Forschung, vor allem aber Produktinnovationen in der Gemeinschaft ausgehen.

1) Bundesrepublik Deutschland: Durchschnitt 1986-1988; Spätkartoffeln

2) Durchschnittlicher Erzeugerpreis WJ 1988/89, mit MWSt. (Weizen abzgl. MVA)

3) Durchschnittliche Produktionserstattung der Wirtschaftsjahre 1986/87 bis 1988/89

4) Einschließlich Prämien an die Kartoffelstärkeindustrie

Die Stärkemarktregelung beeinflusst jedoch auch die Konkurrenzverhältnisse der einzelnen Stärkearten untereinander. So wird die Beihilfe, die die Differenz zwischen dem EG-Stärkepreis und dem Weltmarktpreis ausgleicht, für alle Stärkearten in gleicher Höhe festgesetzt. Deshalb führt eine nicht auszuschließende Veränderung der Preisverhältnisse zwischen Mais, Kartoffeln und Weizen zu Verschiebungen der Konkurrenzfähigkeit der Stärkearten zueinander. Weitere Unsicherheitsfaktoren gehen von der Entwicklung der Nebenprodukterlöse sowie unterschiedlichen Fortschritten in der Konversionstechnik aus.

Eine Entlastung des EG-Getreidemarktes durch eine verstärkte Verwendung von Stärke im chemisch-technischen Bereich ist im begrenzten Umfang möglich. Der zusätzliche Verbrauch bis zum Jahr 2000 von 1,3 bis 1,4 Mio. t Stärke, der unter der Voraussetzung von Weltmarktbedingungen vom Verband der Chemischen Industrie geschätzt wird, kommt einer Menge von rd. 2 Mio. t Mais bzw. etwa 2,6 bis 2,8 Mio. t Weizen (entspricht rd. 380 000 ha Ackerfläche) gleich. Hierfür wären Beihilfen in Höhe von rd. 520 Mio. DM bzw. 650 Mio. DM erforderlich. Bei einer geschätzten Getreideproduktion für 1990 in der Größenordnung von 165 Mio. t ergäbe sich eine geringe aber nicht unbedeutende Entlastung der Versorgungssituation. Stärke ist derzeit von der Menge her das interessanteste Produkt aus dem Bereich nachwachsender Rohstoffe.

2.6 Konkurrenzbeziehungen

Bei den traditionellen und neuen Nutzungsmöglichkeiten wurden bereits eine Reihe von Konkurrenzbeziehungen aufgezeigt. Wenn die Abbauprodukte von Stärke (D-Glucose) zu Fermentationszwecken genutzt werden, besteht ein direkter Wettbewerb zu Zucker. Bei der Herstellung von Basischemikalien stehen beide Kohlenhydratquellen im Wettbewerb zu Rohöl. Einfache Basischemikalien wie Ethylen, Butadien, Butanol oder Acetaldehyd sind kostengünstiger über petrochemische Prozesse erzeugbar, organische Säuren wie Adipinsäure, Ameisensäure, Milchsäure und Propionsäure kostengünstiger über Stärke oder Zucker.

Bei der Produktion von Kunststoffen kann Stärke nur mit Erdölprodukten konkurrieren, wenn ihr Einsatz verbesserte Produkteigenschaften mit sich bringt.

Eine verstärkte Verwendung von Stärke aus EG-Produkten dürfte keine negativen Auswirkungen auf den Weltmarkt mit Agrarrohstoffen mit sich bringen, da dann eher weniger Getreide aus der EG dort abzusetzen wäre.

2.7 Aktivitäten

2.7.1 Bund

Siehe Projektlisten des BML und des BMFT.

2.7.2 Länder

Hier sind die eingegangenen Berichte der Länder zusammengestellt. Niedersachsen, Saarland und Nordrhein-Westfalen führen keine eigenen Aktivitäten bei Stärke durch.

Schleswig-Holstein: Eine Planungsgesellschaft untersucht die Absatzmöglichkeiten für Stärke bzw. Devirate.

Rheinland-Pfalz: Es werden aktuelle Kosten- Nutzen-Analysen der Stärkeproduktion erstellt.

Baden-Württemberg: Es werden ökonomisch-technische Untersuchungen zur Beurteilung des Potentials von Stärke als Industrierohstoff angestellt. Die Anbautechnik von Mais wird mit dem Ziel einer besseren Ausreife untersucht.

Bayern: Die Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur hat in einer Studie die Möglichkeiten der Stärkeproduktion im Raum Mittelfranken für die Verwendung im industriellen Bereich untersucht. In der Pflanzenzüchtung werden die Kartoffel und die Markerbse (Amylose) bearbeitet.

2.7.3 EG-Kommission

Im Bereich Stärke sind keine EG-übergreifenden Aktivitäten bekannt.

2.7.4 Andere Länder

Hier kann eine Forschungseinrichtung in den USA hervorgehoben werden. Es handelt sich um die Plant Polymer Research Unit, Northern Regional Research Center, Agricultural Research Service, USDA, Peoria, Illinois. Forschungsprojekte sind:

- langsam freiwerdende Pestizide aus Stärkepartikel, sowie andere Substanzen wie Wachstumsregulatoren, Pheromone, Düngemittel, Medikamente und Lebensmittelzusätze.
- Kunststoffolien auf Stärkebasis wurden mittels Verfahren, die in Peoria erfunden wurden, entwickelt. Eine Firma übernahm eine Lizenz und hofft durch weitere F+E-Arbeiten biologisch abbaubare Mulchfolien, Mülleimerbeutel und ähnliche Produkte herstellen zu können.
- Ein bodenstabilisierendes Mittel zur Verhinderung der Bodenerosion.

- Ein wasseraufnehmendes Pilletierungsmaterial. Das 1974 entwickelte Stärkederivat "super slurper" kann bis zum 200fachen seines Gewichts Wasser absorbieren. Es wird in verschiedenen Produkten eingesetzt, so z.B. als Filtersubstanz in Industrietanks zur Entfernung von Feuchtigkeit.

Das Peoria-Institut arbeitet eng mit der Maisstärkeindustrie zusammen und ist bemüht, dem landwirtschaftlichen Rohstoff Mais neue Absatzchancen zu eröffnen.

In Italien ist kürzlich ein Gesetz in Kraft getreten, das für jede hergestellte Plastiktüte die Zahlung einer Steuer von 100 Lire (13 Pfennig) verlangt.

Gegen das neue umfangreiche Gesetz, das vom Parlament in Rom aus Gründen des Umweltschutzes verabschiedet worden war, läuft noch eine Klage der Hersteller von Kunststoffen vor dem italienischen Verwaltungsgericht. In dem Gesetz wird u.a. angestrebt, Methoden zur Prüfung der Abbaubarkeit von Plastik einzuführen und biologisch abbaubare Kunststoffe im Verpackungsbereich weiterzuentwickeln und anzuwenden.

2.8 Benutzte Quellen

Bauer, W., Korn, M. (1988). Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Verpackungsbereich. Manuskript, München.

Dechema (1986). Report on the 1st workshop, Agricultural Surpluses, part 3: Starch containing plants, starch related products resp. in research and development. Frankfurt am Main.

Dechema (1987). Report on the 2nd workshop, Agricultural Surpluses part 3: Starch containing plants, starch related products resp. in research and development. Frankfurt am Main.

Fachverband der Stärke-Industrie e.V. (1981). Stärke als industrielle Rohstoffalternative - Fakten und Perspektiven. Sonderdruck, Bonn.

Fachverband der Stärke-Industrie e.V. (1988). Daten zur Stärkeindustrie. Manuskript, Bonn.

Fonds der Chemischen Industrie (1986). Stärke. Heft 25 der Schriftenreihe. Frankfurt am Main.

Hollmann, P., Kleinhanß, W., Tries, B. (1988). Abschlußbericht zum Forschungsauftrag 85 NR 015 Analyse der Wettbewerbsfähigkeit der Produktion von Stärketrägern und ihrer Verwendung im non-food Bereich. Manuskript, Braunschweig-Völkenrode.

Jahnen, R. (1986). Darstellung der neuen Industriestärkeregelung. Manuskript, Bonn.

Kleinhanß, W. (1988). Perspektiven von Körnermais und CCM als nachwachsender Rohstoff. Vortrag auf der Tagung des Arbeitskreises Betriebswirtschaft des Deutschen Maiskomitees am 04.10.1988 in Worms.

Kleinhanß, W. (1988). Produktion und Verwendungsmöglichkeiten nachwachsender Rohstoffe. Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup.

3. Pflanzliche Öle

Pflanzliche Öle und Fette weisen im Gegensatz zu den einfachen Kohlenhydratbausteinen Glucose und Fructose eine Vielzahl von Modifikationen der Molekülstruktur auf. Die lange, unverzweigte Kette des Fettsäuremoleküls bietet in ihren natürlich vorkommenden Varianten der Kettenlänge sowie der Anzahl und Position funktioneller Gruppen eine solche Vielzahl von Ansätzen für chemische Umwandlungen, daß Öle und Fette sehr früh zum Ausgang einer vielgestaltigen Grund- und Kunststoffchemie wurden. Von Einzelfällen abgesehen sind aber spezielle heimische züchterische Entwicklungen für industrielle Anwendungen noch im FuE-Stadium. Durchweg hat sich die Chemische Industrie mit geeigneten Partien auf dem durch die Nahrungsmittelnutzung bestimmten Weltmarkt befriedigend versorgen bzw. ihre Verarbeitungstechniken an die vorherrschenden Lebensmittelöle anpassen können.

3.1 Ölpflanzen

Für die Produktion pflanzlicher Öle kommt eine Vielzahl von Arten in Betracht. In Tabelle 6 sind die Arten nach ihrer vorwiegend gespeicherten Fettsäure angeordnet. Zusätzlich enthält die Übersicht Informationen über Ölgehalt, Ertragsfähigkeit und Anbaueignung. Es wird ersichtlich, daß für eine sofortige Nutzung unter den gegebenen Klimabedingungen nur Raps, Sonnenblume, Lein und auch Senf in Betracht kommen.

Tabelle 6: Ertragspotential und Anbaueignung von ausgewählten Ölpflanzenarten für industrielle Verwendungen

Hauptfettsäure Pflanzenart	höchster Anteil an Haupt- fettsäure (%)	mittlerer Ölgehalt (%)	relativer Ertrag (00-Win- terrap = 100 = 30 dt/ha)	Anbaueignung für Bundesrepu- blik Deutsch- land
Laurinsäure (C12) Cuphea wrightii	54	34	28	keine
Petroselinssäure (C18:1) Koriander	82	17	80	mittel evtl. gut bei zweijährigem Anbau
Fenchel	71	14	20	
Ölsäure (C18:1) Sonnenblume (neuer Typ)	83	48	80	mittel-schlecht
Saflor (Färber- distel)	80	35	60	schlecht
Kreuzblättrige Wolfsmilch	84	48	80	mittel
Raps	60	42	100	sehr gut
Linolsäure (C18:2) Sonnenblume	80	48	85	mittel-schlecht
Saflor	79	35	60	schlecht
Schlafmohn	78	46	60	gut, Problem des Herbizid- einsatzes
Soja	52	18	55	schlecht
Linolensäure (C18:3) Lein	67	39	60	gut
Leindotter	44	39	75	gut
Erucasäure (C22:1) Raps (alter Typ)	54	42	95	sehr gut
Crambe abyssinica	59	35	70	mittel
Brauner Senf	53	40	60	mittel
Weißer Senf	53	33	65	gut
Ölrauke	47	30	30	schlecht

Tabelle 6: Ertragspotential und Anbaueignung von ausgewählten Ölpflanzenarten für industrielle Verwendungen (Fortsetzung)

Hauptfettsäure Pflanzenart	höchster Anteil an Haupt- fettsäure (%)	mittlerer Ölgehalt (%)	relativer Ertrag (00-Win- terraps = 100 = 30 dt/ha)	Anbaueignung für Bundesrepu- blik Deutsch- land
Langkettige Monoenfettsäuren (18:1, 22:1, 24:1)				
Einjähriges Gar- tensilberblatt	91	26	30	gut
Eicosensäure				
Weißer Sumpfbloom (Meadowfoam, Limnanthes alba)	77	28	40 (USA)	gering
Wachs aus 20:1, 22:1 und 24:1				
Jojoba			70 (USA)	keine
Mit konjugierten Doppelbindungen				
Ringelblume	62	19	50	mittel
Mit Acetylenver- bindung z.B.				
Creperinsäure				
Crepis alpina	74	12	40	keine
Hydroxyfettsäuren				
-Ricinolsäure				
Rizinus	87	50	40	keine
-Dimorphecolsäure				
Dimorphotheca plu- vialis	61	15	20	gering
-Lesquerolsäure				
Lesquerella gra- cilis	70	32		gering
Epoxyfettsäuren				
Vernolsäure				
Euphorbia lagascae	60	46	20	gering (Platz- festigkeit)
Vernonia ssp.	80	41		keine
Stokesia laevis	79	40		keine

Quellen: Seehuber (1987, 1988); Witzke von u. Roebbelen (1988)

3.1.1 Anbau und Züchtung

Von den unter den herrschenden Klimaverhältnissen in der Bundesrepublik Deutschland anbaubaren Ölpflanzenarten hat nur der Raps mit einer Anbaufläche von 428 200 ha 1987 und

von 384 300 ha 1988 Bedeutung erlangt. Schon vor Jahren hat sich der Rapsanbau von seinen Ursprüngen in Schleswig-Holstein auch in andere Regionen wie Bayern und Baden-Württemberg ausgedehnt. Die Anbaudichte ist in Schleswig-Holstein am höchsten, in Ostholstein reicht sie bis an die Fruchtfolgegrenze von einem Drittel der Ackerfläche. Die Ertragsbedingungen sind entlang der Nordseeküste am günstigsten, aber auch in bestimmten Gegenden Nordrhein-Westfalens und Bayerns werden Spitzenerträge erzielt, die weit über das Bundesmittel von rd. 30 dt/ha hinausgehen.

Die Produktionstechnik für den Raps ist weitestgehend bekannt. Im Vordergrund des Interesses stehen derzeit die Möglichkeiten einer Einzelkornsaat sowie die Applikation von Fungiziden. Nachdem bereits im Bereich der Öl- und Schrotqualität herausragende Fortschritte in der Pflanzenzüchtung gemacht wurden, 1973 Einführung von 0-Sorten (Erucasäurefreiheit) und 1987/88 Umstellung auf 00-Sorten (zusätzlich glucosinolatarm), stehen Fragen der Qualität, vor allem der des Schrotes, immer noch an erster Stelle, wenn es um den Forschungsbedarf bei Raps geht.

Raps eignet sich besonders gut für verschiedene biotechnologische Verfahren wie Meristemkultur und Protoplastenfusion. Auch wurden bereits erste Ergebnisse auf dem Gebiet der Gentechnik erzielt. Raps ist eine der Modellpflanzen beim Verbundprojekt Biotechnologie des BMFT.

Auch in Frankreich, Dänemark, Italien und Großbritannien hat sich der Rapsanbau ausgedehnt. In der EG (12) wurden 1988 1,84 Mio. ha (1987 = 1,86 Mio. ha; 1986 = 1,265 Mio. ha) mit einer Erzeugung von rd. 5,3 Mio. t (1987 = 5,95 Mio. t; 1986 = 3,685 Mio. t) angebaut.

Der Anbau von Sonnenblumen hatte sich bis 1987 in der EG (12) ebenfalls ausgeweitet: 1988 wurden 2,095 Mio. ha (1987 = 2,298 Mio. ha) mit einer Produktion von rd. 3,983 Mio. t (1987 = 4,038 Mio. t) angebaut. Aufgrund der klimatischen Ansprüche der Sonnenblume dehnt sich ihr Anbau in der Bundesrepublik Deutschland nur zögernd aus:

<u>Jahr</u>	<u>Anbaufläche (ha)</u>	<u>Erzeugung (t)</u>
1986	2700	8000
1987	8100	20000
1988(vorläufig)	14600	35000

Wie bei Raps ist auch die Anbautechnik für die Sonnenblume weitgehend bekannt, die Erfahrungen und Erkenntnisse aus südlichen Anbaugebieten müssen den hiesigen klimatischen Bedingungen angepaßt werden.

Die Züchtung an kühle Regionen angepaßter Sonnenblumen ist im Gegensatz zur Anbautechnik noch nicht weit fortgeschritten. Als wichtigste Zuchtziele sind zu nennen:

- Tagneutralität,
- kurze Vegetationszeit,
- hoher Ertrag und hoher Ölgehalt sowie
- Krankheitsresistenz bzw. Toleranz, insbesondere gegen Sclerotinia und Botrytis.

Soja ist als Leguminosenart eigentlich eine Eiweißpflanze - ihr Eiweißgehalt mit über 40 % beträgt mehr als das Doppelte ihres Ölgehaltes - aber bei der Produktion als Eiweißträger fallen solche Mengen von Öl an, daß Soja weltweit die größte Ölmenge liefert. Der Sojaanbau dehnte sich in den letzten Jahren in der EG stark aus, da für Südfrankreich und die Poebene geeignete Sorten gefunden wurden:

	Anbaufläche (1000 ha)		Erzeugung (1000 t)	
	1987	1988 (vorl.)	1987	1988 (vorl.)
EG-12	565	519	1808	1668
Italien		415		1393
Frankreich		95		255

In der Bundesrepublik Deutschland erfolgt der Anbau nur auf einer kleinen Fläche, da trotz jahrzehntelanger Züchtungsanstrengungen keine ausreichend angepaßten Sorten mit stabilen Erträgen vorhanden sind.

Einer weiteren Anbauausdehnung steht bei Raps, Sonnenblume und Soja in der EG die Festlegung von Produktionsschwellen und Preissenkungen bei deren Überschreitung entgegen. Der Europäische Rat beschloß im Februar 1988 folgende Produktionsschwellen:

- Raps 4,5 Mio. t (EG 10) (Ernteertrag EG 10, 1988: 5,3 Mio.t),
- Sonnenblumen 2,0 Mio. t (EG 10) (Ernteertrag EG 10, 1988: 2,7 Mio. t),
- Sojabohnen 1,2 Mio. t (Ernteertrag EG 12, 1988: 1,7 Mio t).

Die Fläche für Öllein hält sich in der Europäischen Gemeinschaft in sehr bescheidenen Grenzen. Lediglich in Großbritannien stieg die Anbaufläche 1987 auf etwa 8 000 ha. In Frankreich wurden 1987 2000 ha angebaut. Über Anbauflächen in den einzelnen EG-Ländern ist keine zutreffende offizielle Statistik vorhanden. Bei uns wurden rund 200 ha im Rahmen eines zweijährigen Modellvorhabens angebaut, insgesamt etwa 600 ha. Das Modellvorhaben zeigt, daß keine grundsätzlichen Schwierigkeiten beim Ölleinanbau bestehen, daß aber eine fundierte landwirtschaftliche Sachkenntnis zum erfolgreichen Anbau vonnöten ist. Leinsamen fallen im übrigen auch bei der Erzeugung von Lein für die Gewinnung von Fasern (Flachs) an.

Einige samenöhlhaltige Arten der Wildflora sind aufgrund ihrer Fettsäurezusammensetzung besonders für eine technische Verwertung geeignet. Wenn auch kurzfristig diese Arten nicht für einen Anbau in Frage kommen, so ist mit ihnen mittel- bis langfristig zu rechnen. So wurde mit der Kreuzblättrigen Wolfsmilch mit einem bisher auf einige Hektar beschränkten modellartigen Anbau begonnen. Naturgemäß besteht für diese Arten ein höherer Forschungs- und Entwicklungsbedarf als für bereits früher kultivierte Ölpflanzenarten. Bei den Arten aus der Wildflora kommt es neben der Sammlung, Erhaltung und Evaluierung von potentiell nutzbaren Formen zunächst darauf an, die noch vorhandenen Wildtypmerkmale zu eliminieren, bevor sie für eine landwirtschaftliche Nutzung weiteren Züchtungsarbeiten unterworfen werden.

Der Anbau von Ölpflanzen setzt voraus, daß die einzelnen Arten ertrags- und qualitätsmäßig züchterisch auf einen Stand gebracht werden, der auch eine ökonomisch erfolgreiche Produktion garantiert. Dazu ist es erforderlich, sich streng an die von der Industrie formulierten Anforderungsprofile bezüglich der Qualität zu halten. Denn pflanzliche Öle werden von der verarbeitenden Industrie nur dann wirklich nachgefragt werden, wenn diese Öle auch sinnvoll weiterverarbeitet werden können.

3.1.2 Qualitätsaspekte

Die Zusammensetzung des Öls spielt neben seinem Preis die ausschlaggebende Rolle für seine Nutzung sowohl im Lebensmittel- als auch im Nichtnahrungsbereich. Gerade im Bereich der Ölpflanzen hat die Forderung der Chemieindustrie, ihr "maßgeschneiderte Rohstoffe" anzubieten, eine große Bedeutung.

Für die Qualitätszüchtung kann Raps als Beispiel dienen. Eine Nutzung in bestimmten industriellen Bereichen erfordert einen hohen Erucasäuregehalt. Als Ausgangsmaterial dienen die vor 1973 angebauten Rapssorten mit einem Erucasäuregehalt um 45 %. Es muß eine Züchtung auf hohen Ertrag, hohen Erucasäuregehalt und niedrigen Glucosinolatgehalt erfolgen. Die ersten Bemühungen haben bereits zu einer Anmeldung beim Bundessortenamt geführt.

Die Qualitätsziele sind aus der Sicht der chemischen Industrie folgende:

- oleochemisch interessante Fettsäurespektren,
- Öle und Fette mit funktionellen Gruppen,
- hohe Gehalte an einer einzigen Fettsäure,
- Wachse in pflanzlichen Ölen und Fetten.

Zusammenfassend können die in Europa vorkommenden Pflanzen wie folgt beurteilt werden:

Im Vergleich zu der Vielfalt der in der Welt vorkommenden ölhaltigen Pflanzen kommen zur Zeit nur wenige Ölpflanzen unter den Klimabedingungen der Bundesrepublik Deutschland bzw. Mitteleuropas für eine Erzeugung industriell nutzbarer Öle (z.B. mit spezifischen langkettigen oder seltenen Fettsäuren) in Frage. Während die Qualitätsansprüche der fettchemischen Industrie mit den verfügbaren, adaptierten Kulturpflanzenarten durchaus erfüllbar sind, bedürfen sowohl das Ertragsniveau als auch die Ertragssicherheit der meisten Arten noch wesentlicher züchterischer Verbesserung. Auch fehlt es z.T. noch an der geeigneten Produktionstechnik. Lediglich bei den schon bewährten landwirtschaftlichen Kulturarten, wie Raps und (regional begrenzt) Sonnenblume stehen heute schon brauchbare, d.h. leistungsfähige und adaptierte Sorten für eine wirtschaftliche Erzeugung von Industrie-Pflanzenöl zur Verfügung unter der Voraussetzung, daß der Unterschied zwischen EG- und Weltmarkt-Preisniveau ausgeglichen wird.

3.2 Traditionelle Nutzungen im Nicht-Nahrungsbereich

Für industrielle Zwecke werden in der Bundesrepublik Deutschland jährlich etwa 700 000 t Öle und Fette verwendet; in der EG 1985 2,7 Mio. t (Baumann u.a., 1988). Etwa 2,2 Mio. t (80 %) davon enthalten Fettsäuren mit 16 und mehr Kohlenstoffatomen. Der Anteil an tierischen Fetten beträgt ca. 1,4 Mio. t (64 %). Dies sind vor allem Rindertalg und nicht eßbare Tierkörperfette. Bei den tierischen Produkten liegt der EG-Importanteil bei 300 000 - 400 000 t. Lieferländer sind die USA, Kanada, Australien und Neuseeland. Pflanzliche Öle und Fette decken weitere 800 000 t bei den langkettigen Fettrohstoffen ab. Sie werden überwiegend aus Drittländern importiert. Aus EG-Quellen kommen Sonnenblumenöl und erucasäurearmes Rübol mit einem geschätzten Anteil von knapp 300 000 t. Öle und Fette kürzerer Kettenlängen (500 000 t), z.B. C₁₂ und C₁₄, werden fast ausschließlich in Form von Kokos- und Palmkernöl aus südostasiatischen Ländern importiert.

Die Nutzungen sind sehr vielfältig; je nach Herkunft des Öles sind die in Tabelle 7 vorgestellten Bereiche zu nennen.

Tabelle 7: Verwendung natürlicher Öle und Fette

Öl-Fettart	industrielle Verwendung des Öls/Fetts
Laurics = Kokosöl, Babassuöl, Palmkernöl	Wasch- und Reinigungsmittel, Seifen, Tenside, Emulgatoren, Kunststoff- hilfsmittel, Kosmetika, Shampoos, Alkydharze
Palmöl	Seifen, Kerzen, Schmiermittel Kosmetika, Pharmazeutika
Erdnußöl	Seifen, Waschmittel, Kosmetika, Pharmazeutika
Sojaöl	Lacke, Farben, Firnis, Seifen, Schmiermittel, Alkydharze, Weichmacher, PVC-Stabilisatoren
Sonnenblumenöl	Farben, Lacke (geringe Bedeutung)
Safloröl	Schnelltrocknende techn. Öle, Alkydharze, Lacke, Farben, Firnis
Rapsöl	Schmiermittel, Tenside, Farben, Lacke PE-Additiv
Baumwollsaatöl	Waschmittel, Seifen (geringe Bedeutung)
Sesamöl	Pharmazeutika, Kosmetika (geringe Bedeutung)
Leinöl	Lacke, Farben, Firnis, Linoleum, Druckfarben, Alkydharze, Weichmacher, PVC-Stabilisatoren
Rizinusöl	Sebazinsäure: für Weichmacher und Polyamide, Parfüm, Lösemittel, Lacke, Farben, Hydraulikflüssigkeiten, Schmiermittel, Seifen, Druckfarben, Linoleum, Kosmetika, Alkydharze, Pharmazeutika
Tungöl	Schnelltrocknende Farben, Bootsan- striche, Außenanstriche, Lacke, Firnis
Oiticicaöl	Wie Tungöl
Jojobaöl	Seifen, Kosmetika
Talg	Wasch- und Reinigungsmittel, Emulgatoren, Kunststoffhilfsmittel, Kosmetika, Körperpflegemittel, Pharmazeutika, Lacke, Farben, Schmiermittel, Textil-, Papierhilfs- mittel
Fischöle	Seifen, Lacke, Farben, Firnis, Kunststoffadditive

Bei der industriellen Verwendung ist nach direkter Nutzung von Ölen sowie der indirekten mittels Zerlegung in die Fettbausteine Glycerin und Fettsäuren zu unterscheiden. Die direkte Nutzung von Ölen und daraus hergestellter Derivate (Farben, Lacke, Firnis und Seifen) mit einem Verwendungsanteil von 25 % ist in den letzten Jahren ständig zurückgegangen. Ursachen

sind a) die zunehmende Substitution der vergleichsweise teuren Öle wie z.B. Rizinusöl, aber auch Walspermöl durch synthetische Produkte, b) die im Vergleich zu den oleochemischen oder petrochemischen Grundstoffen schlechteren Endprodukteigenschaften (Vergilben von Leinölfarben) und c) die höheren Verfahrenskosten gegenüber der indirekten Verwendung.

Bei der indirekten Nutzung werden Öle und Fette in Fettsäuren und Glycerin zerlegt und den ihren chemischen Eigenschaften entsprechenden Verwendungen zugeführt. Die Produktion oleochemischer Grundstoffe hat ökonomische Vorteile, weil durch den Beiprodukterlös für Glycerin in etwa die Konversionskosten abgedeckt werden. Glycerin hat einen zwar vielseitigen, aber begrenzten Absatzmarkt im Bereich Kosmetika, Kunststoffe, Alkydharze, Stopper für PU-Schäume, wasserlösliche Farben, Sprengstoff und Celluloseverarbeitung. Neue Absatzmärkte lassen sich nur über eine niederwertige Verwendung, z.B. für Propylen, erschließen, woraus folgt, daß bei einer starken Ausweitung der industriellen Fettverwendung die hohen Beiprodukterlöse drastisch absinken würden.

Fettsäuren, direkt oder als Zwischenprodukt für Fettamine bzw. Fettalkohole verwendet, machen mit 50 % den bedeutendsten Anteil der industriellen Fettnutzung aus. Bei Seifen als dem bedeutendsten Einsatzgebiet für Fettsäuren ist ein Verbrauchszuwachs zu erwarten, sofern verschärfte Umweltauflagen eine Einschränkung des Einsatzes synthetischer Waschmittel erfordern. Durch Nutzung der chemischen Reaktivität, wie z.B. partielle Epoxidierung von Pflanzenölen, eröffnen sich bedeutende eigenständige Einsatzbereiche, insbesondere im Bereich der Kunststoffherstellung (Weichmacher für Kunststofffolien und als Starter). Von Bedeutung sind die aus Erucasäure hergestellten Erucamide, die als Antiblockmittel für PVC-Folien, Schaumbremser in synthetischen Waschmitteln und Fließverbesserer von Rohöl Verwendung finden. Die mit diesen Derivaten erreichbare größere Umweltfreundlichkeit dürfte Chancen für eine Produktionsausweitung auch einheimischer Rohstoffe eröffnen.

Native Fettalkohole sind der drittwichtigste Einsatzbereich natürlicher Öle und Fette, für die vornehmlich Rohstoffe mit hoher Reinheit verwendet werden. In der Erschließung neuer Einsatzbereiche für langkettige Fettalkohole könnte sich ein eigenständiges Anwendungsgebiet für natürliche Öle und Fette entwickeln, da keine geeigneten petrochemischen Syntheseverfahren vorhanden bzw. diese nicht wirtschaftlich sind. Für die in ihrem Produktionsanteil bedeutendsten kurzkettigen Fettalkohole dürften Tenside das Hauptanwendungsgebiet sein, auf die 70 bis 75 % der insgesamt verwendeten Fettalkohole entfallen. Für ein großes Wachstumspotential bei der Verwendung nativer Fettalkohole zur Tensidherstellung sprechen folgende Gründe:

1. Der Tensidverbrauch wies bis 1980 mit 5 % p.a. weitaus höhere Wachstumsraten auf als alle anderen Verwendungsbereiche oleochemischer Grundstoffe. Allerdings hat sich der Verbrauchszuwachs seit 1980 auf 1 bis 2 % p.a. abgeschwächt, was insbesondere auf die geringe Markteinführung von Flüssigwaschmitteln sowie die geringeren Wachstumsraten des Waschmittelmarktes etc. zurückzuführen ist.
2. Nur ca. 25 % der 1 Mio. t der 1980 in Westeuropa produzierten Tenside werden aus Fettalkoholen gewonnen. Demzufolge besteht ein großes Substitutionspotential gegenüber petrochemischen Grundstoffen. Wachstumschancen für die Tensidherstellung auf nativer Basis werden in der Produktion von Fettalkoholsulfaten, Estersulfonaten und Fettalkohol-Ethoxylaten gesehen. Aus letzterem lassen sich unter Verwendung des Zuckeresters Sorbit Waschmittel ausschließlich auf Basis natürlicher Rohstoffe (Verbindung von Fett mit Kohlenhydraten) erzeugen. Aufgrund ihrer hohen Herstellkosten konnten sich Fettalkohol-Ethoxylate bisher nur in Spezialgebieten durchsetzen.

Hauptanwendungsgebiet für die fast ausschließlich auf Basis natürlicher Rohstoffe produzierten Fettamine sind die Verwendung in Weichspülern (45 %), Antibackmittel im Bergbau (12 %) und Straßenbau (10 %), Bioziden (10 %) und Textilprodukten (8 %). Wachstumschancen werden insbesondere für die Herstellung von Weichspülern gesehen, begründet in einer Angleichung der noch sehr starken regionalen Verbrauchsunterschiede von 0,1 kg je Person in Portugal und 6,4 kg je Person in der Bundesrepublik Deutschland.

Fettsäuremethylester werden überwiegend als Zwischenprodukt für die Herstellung von Fettalkoholen verwendet. Von den daraus abgeleiteten Derivaten könnte mit den Estersulfonaten eine partielle Substitution von Alkylbenzolsulfat vorgenommen werden, welches mit 42 % das mengenmäßig bedeutendste Tensid in Westeuropa (1980) ist.

3.3 Nutzungsmöglichkeiten heimischer Ölpflanzen im Nicht-Nahrungsbereich

Von den in der EG industriell verarbeiteten pflanzlichen Ölen und Fetten stammt ein großer Teil aus Drittlandsimporten.

Hierbei handelt es sich im wesentlichen um (z.T. indirekt über Saatenimporte)

- erucasäurehaltiges Rüböl (vorwiegend aus Osteuropa),
- Rizinusöl (Brasilien und Indien),
- Leinöl (Kanada),
- Sojaöl (USA, Brasilien) sowie
- Kokos- und Palmkernöl (Philippinen, Indonesien, Malaysia).

Das derzeitig verfügbare Angebot an Ölen und Fetten aus Rohstoffen inländischen Ursprungs entspricht meist nicht den Qualitätsanforderungen der Industrie (Fettsäurezusammensetzung, -gehalt). Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß Importe zu technischen Zwecken zollmäßig begünstigt sind.

Die deutsche oder europäische Landwirtschaft kann einen Absatz in der Industrie nur finden, wenn die unter hiesigen klimatischen Bedingungen erzeugbaren Öle eine breite Nutzung als Rohstoff in der Industrie erlauben. Für die Bundesrepublik Deutschland bietet sich nach Angaben der Industrie mittelfristig nur folgendes Marktpotential an:

- 10 000 ha Industrieraps (Erucasäure) und
- 40 000 ha Öllein (Linolensäure).

Allerdings müßten dann bestehende Importe verdrängt werden. Für die Erucasäure bestehen die in Tabelle 8 aufgeführten Verwendungspotentiale.

Tabelle 8: Die technisch-industrielle Verwendung der Erucasäure und wichtiger Derivate

Erucasäure und Derivate allgemein

Kunststoffe, Tenside, Netzmittel, Emulgatoren, Weichmacher, Lacke, Additive, Pharmazeutika, Flotationsmittel

Spezifische Verwendung einiger Derivate

Arachinsäure	Konservierung, Antischaummittel, Aromastoff, Hilfsstoff in der Waschmittelindustrie, Formulierungsmittel (Fungizide)
Pelagonsäure	Metallseifen, Funktion bei Kunststoffherstellung
Brassylsäure	Schmierstoff, Kunststoffweichmacher, Parfüm-, Seifen- und Kosmetikindustrie, Polyester, Nylon- und Polyamidherstellung
Erucasäureamide	Polyäthylenfolienherstellung, Gleitmittel und Antiblockiermittel, im Gemisch mit Laurylsäureamid Schmiermittel für Polyäthylen

Bei Leinöl ist eine Steigerung des Verbrauchs zu erwarten, da zur Zeit Fußbodenbeläge aus Linoleum eine gewisse Renaissance erleben. Schließlich bietet auch noch das Sonnenblumenöl Möglichkeiten einer Nutzung in der Chemie. Nachdem bereits in den USA aus einer russischen Mutante mit einem Ölsäuregehalt von über 80 % Hybridsorten entwickelt wurden, sind auch in Westeuropa Zuchtarbeiten zur Herstellung von klimatisch angepassten und hochölsäurehaltigen Sonnenblumensorten begonnen worden. Ölsäurereiches Sonnenblumenöl könnte in vielen Bereichen der Oleochemie eingesetzt werden. Teils würde es Talg verdrängen, aber es sind auch neue Verfahren denkbar, die auf diese besondere Ölqualität aufbauen.

Öl aus heimischen Pflanzen wie Raps, Senf und andere Arten aus der Familie der Brassicaceen (Kreuzblütler) können auch in technischen Bereichen Verwendung finden. Diese Möglichkeiten werden im Abschnitt B 2, Pflanzenöle als Kraftstoffe, Hydraulikflüssigkeiten und Schmierstoffe, aufgezeigt.

3.4 Voraussetzungen für eine verstärkte Nutzung

In der EG stehen der Industrie Pflanzenöle - sowohl importierte wie auch solche aus heimischer Produktion - grundsätzlich zu "weltmarktähnlichen" Preisen zur Verfügung. Nachdem in der Bundesrepublik große Konversionskapazitäten von ca. 6 Mio. Jato-Ölsaaten (Ölmühlen-Industrie) bestehen, sind im Prinzip günstige Ausgangsbedingungen für eine verstärkte chemisch-technische Nutzung von Pflanzenölen gegeben. Allerdings würde sie zunächst den Importbedarf erhöhen.

Zur Beschleunigung und Verstärkung der inzwischen angelaufenen züchterischen Bemühungen um die Bereitstellung maßgeschneiderter, industriegerechter Ölpflanzen ist eine Intensivierung der Grundlagenforschung erforderlich.

Die begrenzten Einsatzmöglichkeiten von Ölen und Fetten in der Chemie wurden bislang als zwangsläufig hingenommen. Einschränkend wirkten sich aus:

- Die Dominanz ungesättigter Fettsäuren im Kettenlängenbereich C_{16} bis C_{22} , vor allem C_{18} ; das Fehlen ungesättigter C_8 - C_{14} -Fettsäuren in natürlichen Quellen;
- das Vorliegen der Fettsäuren überwiegend in Form von Gemischen und die deshalb erforderlichen Trennoperationen.

Oleochemische Reaktionen wurden deshalb bisher zu über 90 % an der Carboxygruppe der Fettsäuren durchgeführt; nur weniger als 10 % dieser Reaktionen waren Umsetzungen an der Fettsäurekette. Hier aber liegt die Zukunft, das Potential für eine wesentliche Erweiterung der Palette fettchemischer Verbindungen. Dies wiederum ist die Voraussetzung für eine stärkere Nutzung der nachwachsenden Öle und Fette.

Industrie- und Hochschulforschung bemühen sich verstärkt, neue Reaktionsmöglichkeiten an der Kohlenstoffkette von Fettsäuren, vor allem an den CC-Doppelbindungen ungesättigter Fettsäuren aufzuzeigen. Neben den Reaktionen an der Carboxygruppe gewinnen in der Oleochemie chemische Umsetzungen am Fettsäurerest zunehmend an Bedeutung. Durch sie wird das Spektrum an Chemieprodukten auf Basis nativer Rohstoffe erheblich erweitert.

3.5 Ökonomische Aspekte

1. Einzelbetriebliche Beurteilung

Die Tabelle 9 zeigt mögliche Deckungsbeiträge ölhaltiger Pflanzen im Vergleich zu Winterraps der Qualität Doppelnul.

Tabelle 9: Deckungsbeiträge ölhaltiger Pflanzen und Stützungsbedarf

Bezeichnung	Einheit	Winter-Raps (00)	erucas. Raps	Sonnenblumen	Öllein
Ertrag	dt/ha	31,1 ¹⁾	25	25	17
Erzeugerpreis ²⁾	DM/dt	90,70	84,59	114	120
Marktleistung	DM/ha	2821	2115	2850	2040
variable Kosten	DM/ha	1417	1417	1345	997
Deckungsbeitrag	DM/ha	1404	698	1505	1043
Stützungsbedarf ³⁾	DM/ha	1777	1620	1825	1394

1) Durchschnittsertrag 1986-88 Bundesrepublik Deutschland

2) Raps: 1987/88 84,59,-- DM/dt mit Mwst zzgl. 5,90 DM 00-Zuschlag

erucas. Raps: 1987/88 84,59,-- DM/dt mit Mwst

Sonnenblumen: 1987/88 114,-- DM mit Mwst

Öllein: 1987/88 120,-- DM mit Mwst

3) Berechnung des BML, Annahmen wie in Tab. 5

Erucasäurehaltiger Raps hat aufgrund des derzeit relativ geringen Ertragsniveaus einen um 700 DM geringeren Deckungsbeitrag als Doppelnull-Raps. Erucasäurehaltiger Raps ist in der EG-Fettmarktordnung erfaßt. Für erucasäurehaltigen Raps wird die Beihilfe wie für herkömmlichen Raps gewährt, dieser Raps ist allerdings nicht interventionsfähig und der 00-Zuschlag in Höhe von 5,90 DM/dt wird nicht gezahlt. Die Beihilfe für Industrieraps wird auch weiter gewährt werden, wenn ab dem Wirtschaftsjahr 1992/93 im Grundsatz nur noch Raps der Qualität "Doppelnull" beihilfefähig ist. Das hat der Rat auf deutschen Vorschlag in den Preisverhandlungen beschlossen. Erucasäurehaltiger Raps wird möglicherweise für den Anbau interessanter, wenn mindestens die bei 00-Raps erzielbaren Hektarerträge erreicht werden; die Aussichten dafür sind gut.

Bei Sonnenblumen ist bei einem Ertrag von 25 dt/ha ein Deckungsbeitrag (DB) von 1505 DM möglich, der den DB von Winterraps der Qualität Doppelnull übertrifft. Ein Sonnenblumenanbau ist jedoch nur in einigen klimatisch begünstigten Gebieten möglich. Sonnenblumen könnten ggf. eine noch höhere Marktleistung erbringen, wenn es gelingt, Sonnenblumen mit einem höheren Gehalt an Ölsäure angepaßt an mitteleuropäische Bedingungen zu züchten.

Ein Ölleinbau ist erfolgreich, wenn er auf dem richtigen Standort und mit ausreichenden produktionstechnischen Kenntnissen durchgeführt wird. In diesem Fall kann er mit schwächeren Fruchtfolgegliedern (Wintergerste oder Winterroggen) konkurrieren.

Die Wirtschaftlichkeit der Produktion spezieller Fettsäuren wird an den Beispielen Koriander- und Sonnenblumenöl dargestellt. In diesen theoretischen Modellrechnungen werden die Erträge und Nutzungskosten variiert. Unter bestimmten Voraussetzungen ist dann der rechnerisch notwendige Stützungsbedarf je ha niedriger als der Stützungsaufwand für Getreide (1191 DM/ha Durchschnitt 1986/87 bis 1988/89).

Tabelle 10: Wirtschaftlichkeit der Produktion von Petroselinensäure

(Korianderöl, das Petroselinensäure enthält, ist in Laurin- (Kokosöl) und Adipinsäure spaltbar¹⁾).

	Bei unterschiedlichem Ertrag		Bei unterschiedlichen Nutzungskosten	
Ertrag dt/ha	20 ²⁾	30	30	30
Ölgehalt %	22	22	22	22
Ölertrag kg/ha	436	653	653	653
Variable Spezialkosten DM/ha	1200	1200	1200	1200
Nutzungskosten für Fläche DM/ha	1200	1200	1400	1000
Nebenprodukterlös DM/dt	10	10	10	10
Gewinnungskosten DM/dt	5,4	5,4	5,4	5,4
Kosten DM/kg Öl	5,39	3,56	3,87	3,26
Wert DM/kg Öl ¹⁾	2,21	2,21	2,21	2,21
Differenz Wert - Kosten DM/kg Öl	- 3,18	- 1,45	- 1,66	- 1,05
Rechnerischer Stützungsbedarf je ha	1386	947	1084	686

¹⁾ 1 t Korianderöl ergibt bei 80 %igem Petroselingehalt etwa 100 kg Glycerin (2434 DM/t), 511 kg Laurinsäure (1590 DM/t), 373 kg Adipinsäure (2779 DM/t) und 180 kg andere Fettsäuren (990 DM/t).

²⁾ Nach Versuchen derzeit zu erwartender Ertrag.

Tabelle 11: Wirtschaftlichkeit der Produktion von Ölsäure
(Sonnenblumenöl mit über 80 % Ölsäure)

	Bei unterschiedlichem Ertrag		Bei unterschiedlichen Nutzungskosten	
Ertrag dt/ha	30	4 ⁴)40	30	30
Ölgehalt %	48	48	48	48
Ölertrag kg/ha	1426	1901	1426	1426
Variable Spezial- kosten DM/ha	1500	1600	1500	1500
Nutzungskosten für Fläche DM/ha	1200	1200	1400	1000
Nebenprodukterlös DM/dt	20	20	20	20
Gewinnungskosten DM/dt	5,4	5,4	5,4	5,4
Kosten DM/kg Öl	1,79	1,37	1,93	1,65
Wert DM/kg Öl ³⁾	1,20	1,20	1,20	1,20
Differenz Wert - Kosten DM/kg Öl	- 0,59	- 0,17	- 0,73	- 0,45
Rechnerischer Stützungsbedarf je ha	841	323	1041	641

Bei der Produktion der Ölsäure über die Kreuzblättrige Wolfsmilch würden bei ähnlicher Ertragshöhe höhere Fehlbeträge auftreten, da das Nebenprodukt Schrot nur als Dünger verwendet werden könnte.

2. Gesamtwirtschaftliche Beurteilung

Ölhaltige Pflanzen (Raps, Sonnenblumen, Sojabohnen) gehören zu den in der Gemeinschaft am höchsten subventionierten Pflanzen (Subventionsbedarf bei Raps 1986/87-88/89 1 777 DM/ha). Der Stützungsbedarf bei dem wichtigsten Überschußprodukt Weizen, bezogen auf die Produktionserstattung (1986/87-1988/89) von ca. 1 200 DM/ha, liegt niedriger. Zu berücksichtigen ist aber, daß die Erstattungen in Abhängigkeit vom Weltmarktpreis und Dollarkurs großen Schwankungen unterliegen. Es läßt sich derzeit kaum abschätzen, wie hoch der - nicht nur vorübergehende - Stützungsbedarf bei den züchtungstechnisch auf besonders hohe Ölerträge oder besondere Fettsäuremuster bearbeiteten Ölpflanzen wäre.

3) Ein Handelspreis für dieses neue Öl existiert noch nicht, Schätzungen reichen bis zu 2,-- DM/l.

4) Durchschnittlicher Praxisertrag konventioneller Sonnenblumen in Rheinland-Pfalz.

Quellen: Heins, G., und Kleinhanß, W. 1988. Zwischenbericht zum Forschungsauftrag 87 NR 011.

BML-eigene Berechnungen

Die chemische Industrie, die als potentieller Interessent bestimmter pflanzlicher Öle auftritt, deckt sich derzeit in Drittländern mit den gewünschten Ölen ein. Die Produktionskosten dieser Öle in Drittländern, insbesondere in Südostasien, liegen um ein Vielfaches niedriger als in der Gemeinschaft. Die chemische Industrie ist weiterhin an einer gesicherten Versorgung zu Weltmarktpreisen interessiert. Mittelfristig ist also nicht damit zu rechnen, daß sich die Ausgaben für die in der Gemeinschaft angebauten herkömmlichen Ölpflanzen verringern. Die Weltmarktpreise, nach denen sich die Beihilfe bemißt, dürften sich langfristig nicht wesentlich ändern.

Angesichts dieser Situation und im Hinblick auf die Tatsache, daß die Einfuhr von Ölen nur mit relativ geringen Abgaben belastet wird, stellt sich die Frage der Wettbewerbsfähigkeit alternativ anzubauender Ölpflanzen. Deshalb müßten sich Forschungsvorhaben auch auf die Wettbewerbsfähigkeit konzentrieren. Ziel ist es, Pflanzen zu finden, an deren Öl die Industrie interessiert ist und die den Anbau in der Gemeinschaft zu einem niedrigeren Stützungs niveau als derzeit erforderlich ermöglichen.

Die chemische Industrie schätzt, daß bei günstigen Rahmenbedingungen, wie weltmarktähnlichen Preisen und Einführung neuer Verfahren etc., der Verbrauch an Ölen und Fetten insgesamt EG-weit und in der Bundesrepublik Deutschland langfristig verdoppelt werden könnte. Ein solcher Zuwachs würde vor allem zugunsten von pflanzlichen Ölen und Fetten erfolgen.

Es sollte auch nicht vergessen werden, daß der Welt größter Verarbeiter natürlicher Öle und Fette seinen Stammsitz in der Bundesrepublik-Deutschland hat. Zudem sind in Europa mehrere im technischen und biologischen Know-how führende Firmen ansässig.

3.6 Konkurrenzbeziehungen

Konkurrenzbeziehungen sind im Bereich Pflanzenöle äußerst vielfältig und komplex. Zunächst ist eine weitgehende wechselseitige Substituierbarkeit der Pflanzenöle und mineralischen Kohlenstoffträger zu nennen. Aufgrund des hohen Preisunterschiedes sind die jeweiligen Einsatzbereiche zur Zeit jedoch relativ klar abgegrenzt. Selbst bei einer nennenswerten Ausdehnung der Pflanzenölverwendung zu Lasten des Erdöls könnte man bei dessen überwältigender Vormachtstellung als Energie- und Rohstofflieferant kaum von einer echten Konkurrenz sprechen.

Desweiteren gibt es enge Konkurrenzbeziehungen innerhalb der einzelnen Pflanzenöle. Die meisten sind sowohl im Nahrungsmittelbereich wie auch in der chemisch-technischen

Verarbeitung verwendbar. Eine zunehmende Differenzierung der einzelnen Ölqualitäten durch züchterische Maßnahmen sollte hier künftig zu einer klareren Unterscheidung zwischen Speise-, Industrie- und ggf. sogar Energie-Ölen führen. Die Wiedereinführung von Sorten mit höherem Erucasäureanteil bei Raps und die dadurch wieder erforderlich gewordene Züchtung dieser Sorten ist bereits ein Schritt in diese Richtung.

Schließlich können Öle und Fette auch mittels Mikroorganismen produziert werden. Die Fähigkeit zur Fettspeicherung ist insbesondere bei eukaryotischen Mikroorganismen wie Hefen, Pilzen und Algen weit verbreitet und wurde schon in den vierziger Jahren als Möglichkeit zur Fettgewinnung in Betracht gezogen. Der Fettgehalt kann bis zu 70 % des Zelltrockengewichts betragen. Die Zusammensetzung ähnelt dabei in der Regel derjenigen von gängigen Fettrohstoffen wie Sojaöl und Rindertalg. Der Produktionsprozeß gleicht den üblichen Fermentationsverfahren zur Bäckerhefe- oder Einzellerprotein-Gewinnung. Hinzu kommt die Lösungsmittel-Extraktion des Fettes als weiterer Verfahrensschritt. Die Effizienz der Biotransformation vom Fermentations-Rohstoff Kohlenhydrat zu Fett ist mit rund 20 % allerdings relativ gering. Die Wirtschaftlichkeit solcher Prozesse wird daher durch die Rohstoffkosten limitiert. Fettspeichernde Mikroorganismen, die auf billigen Rohstoffen wie Methan oder Methanol wachsen können, sind bislang noch wenig beschrieben. Je höher der Produktwert, desto geringer ist die Bedeutung des Rohstoffpreises für einen ökonomischen Prozeß. Dies zeigt die kürzlich aufgenommene fermentative Herstellung von gamma-Linolensäure-reichem Öl, einem potentiellen Pharmarohstoff, aus gereinigten glucosehaltigen Substraten mit dem Pilz *Mucor* sp. im 220-m³-Maßstab. Damit scheint die noch bis vor kurzem geführte Diskussion um den möglichen Anbau der Nachtkerze zur Produktion der gamma-Linolensäure gegenstandslos geworden zu sein.

3.7 Aktivitäten

3.7.1 Bund

Siehe Verzeichnis der laufenden Forschungsvorhaben von BML und BMFT. Eine Änderung des Marktstrukturgesetzes ist in Vorbereitung, damit für verschiedene Ölpflanzenarten Erzeugergemeinschaften gegründet werden können. Sojabohnen, Leinsamen und Sonnenblumenkerne sind in der Fassung des Marktstrukturgesetzentwurfes enthalten, der das Bundeskabinett im Juni 1989 zugestimmt hat.

3.7.2 Länder

Saarland: In einem Landessortenversuch wurden 1987 neun verschiedene Öllein- und Faserleinsorten angebaut. Im Rahmen dieses Sortenversuches wurde ein Durchschnittsertrag von 13,4 dt/ha ermittelt. 1988 wurde der Sortenversuch fortgeführt.

Bayern: Die Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau erarbeitet auf der Basis von 23 Exaktversuchen mit Raps, Sonnenblumen und Öllein Anbauanleitungen für leistungsfähige und umweltverträgliche Produktionstechniken.

Baden-Württemberg: Dort wurde eine Arbeitsgruppe Öle, Fette, Protein (Leiter Prof. Dr. Kahnt, Universität Hohenheim) gebildet. Die Arbeitsgruppe hat ihre Arbeit zunächst auf die Ölsaaten begrenzt, da sie hier einen Marktbedarf und realisierbare Chancen für einen Anbau in Baden-Württemberg sieht. Laufende Forschungsvorhaben sind:

- Prüfung von Material für die Züchtung von ölsäurereichen Sonnenblumen.

Die ölsäurereiche Sonnenblume für technische Zwecke benötigt mehr Wärme als die linolsäurehaltige Sonnenblume (für Nahrungsmittelzwecke). Sie käme bei züchterischer Auslese auf Frühreife für die warmen Regionen Baden-Württembergs in Frage. Das Land könnte hier seine klimatische Sonderstellung nutzen und einen noch freien Markt besetzen.

- Realisierung des Ertragspotentials von Ölfrüchten für die non-food-Verwertung.

Verschiedene Pflanzen, deren Öle für eine industrielle Verwertung geeignet sind, werden hinsichtlich der Art ihrer Inhaltsstoffe und der möglichen späteren Erträge untersucht (z.B. Kreuzblättrige Wolfsmilch, Raps, Senf, Öllein, Koriander und andere Umbelliferen).

Rheinland-Pfalz: Dort laufende Projekte und Projektskizzen über Maßnahmen zur Stabilisierung des Anbaus von Ölpflanzen sind:

- Durchführung von Anbauversuchen.
- Modellartiger Aufbau eines Unternehmens, eines Erzeugerzusammenschlusses, das nicht nur die Ölpflanzen anbaut, sondern sie auch selbst verarbeitet bis hin zu Fertigprodukten für den Nahrungsmittelmarkt (z.B. Speiseöle) und/oder die chemische bzw. technische Industrie (Spezialöle).

3.7.3 EG-Kommission

Die EG-Kommission beabsichtigt die Arten bzw. Sortentypen erucasäurereicher Raps, ölsäurereiche Sonnenblume und Rizinus für Demonstrationsprojekte vorzuschlagen.

3.7.4 Sonstige

Es sind vor allem die Bemühungen in den USA zu nennen, neue Ölpflanzenarten anbaufähig zu machen. Diese und andere Aktivitäten können sich auf eine gesetzliche Grundlage berufen. 1984 änderte der Kongreß das "Native Latex Act" zu "The Critical Agricultural Materials Act" P.L. 98-284. Darin wird die nationale Politik wie folgt festgeschrieben: "It is

therefore the policy of the United States to provide for the development and demonstration of economically feasible means of culturing and manufacturing Parthenium and other hydrocarbon-containing plants, along with other native agricultural crops, for the production of critical agricultural materials to benefit the nation and promote economic development."

Insgesamt wird der Erzeugung agrarischer Rohstoffe für die Industrie eine strategische und industrielle Bedeutung zugemessen. So hat die USDA ein Screening von 6 500 Arten durchgeführt, um ihre Nutzbarmachung zu prüfen. Bei den ölliefernden Pflanzen wurden als aussichtsreich folgende Arten ausgewählt:

- *Crambe abyssinica*,
- Weiße Sumpflume (Meadowfoam),
- Raps und Rübsen,
- Einjähriges Gartensilberblatt,
- *Cuphea* ssp.,
- *Lesquerella* ssp.,
- *Veronia* ssp.,
- *Stokesia laevis* und
- Jojoba.

Die größte Bedeutung hat bislang Jojoba, ein immergrüner Wüstenstrauch mit Wachs in den Früchten, erlangt. Die Kulturfläche soll 20 000 ha betragen; davon steht ein großer Teil noch nicht in Produktion. Ein wirtschaftlicher Erfolg wird teilweise angezweifelt, da die Ernte manuell erfolgen muß.

Als in naher Zukunft in die Praxis umsetzbar erscheint der Anbau von Meadowfoam, *Crambe* und *Cuphea*.

3.8 Benutzte Quellen

Baumann, H., Bühler, M., Fochem, H., Hirsinger, F., Zobelein, H., Falbe, J. (1988).
Natürliche Öle und Fette - nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie. Angewandte Chemie 100, 41 - 62.

Fonds der chemischen Industrie (1986). Fette und Öle. Heft 26 der Schriftenreihe. Frankfurt am Main.

- Heins, G., Kleinhanß, W. (1989). Ökonomische Analyse der Wettbewerbsfähigkeit der Produktion und Verwendung pflanzlicher Öle und Fette als Industriegrundstoff. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 100
- Lennerts, L. (1984). Ölschrote, Ölkuchen, pflanzliche Öle und Fette. Verlag Alfred Strohthe, Hannover.
- Roebbelen, G. (1988). Chancen für Produktion und Verwendung pflanzlicher Öle. DLG-Manuskript, Frankfurt am Main.
- Seehuber, R. (1987) Versuche mit zur Produktion von Erucasäure geeigneten Kulturarten. Fett Wissenschaft Technologie 89, 263 - 268.
- Seehuber, R. (1988). Das Potential heimischer Ölpflanzen für den Industriepflanzenbau. Tagungsbericht der Wintertagung 1987 der AG für Kartoffelzüchtung und Pflanzguterzeugung der DLG am 5./6. November in Jeddigen, 35 -51.
- Seehuber, R. (1988). Gegenwärtiger Stand und Perspektiven der Körnerrapszüchtung. Landbauforschung Völkenrode 38, 42 - 48.
- Seehuber, R. (1988). First results of crossings between the ND-01 high oleic acid sunflower synthetic and S4-lines selected for earliness. Proc. of 12th International Sunflower Conference, Novi Sad, Yugoslavia, July 25 - 29, 1988, Vol. II, 466 - 470.
- Witzke von, S., Roebbelen, G. (1988). Züchterische Entwicklungen und pflanzenbauliche Eignungsprüfung von Ölpflanzen für industrielle Verwendungen. Bericht über die Arbeitstagung 1987 der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter in Gumpenstein, Nov. 1987, 55 - 66.

4. Pflanzenfasern

Für die Standortbedingungen des Bundesgebietes kommt zur Faserproduktion nur Flachs (auch Faserlein genannt) in Frage, die Fasernessel ist praktisch unbedeutend, der Anbau von Hanf nach dem Betäubungsmittelrecht verboten.

4.1 Flachs (Faserlein)

Flachs ist eine alte Kulturpflanze, die Flachsfaser war bis zu Beginn der maschinellen Verarbeitung der Baumwolle die bedeutendste Textilfaser überhaupt. Der Flachs-anbau wurde mit dem Siegeszug der Baumwolle weltweit stark zurückgedrängt. In Europa wird Flachs (in geringem Umfang auch Hanf) auf rd. 70.000 ha, vor allem in Frankreich, Belgien und den Niederlanden angebaut. In der Bundesrepublik Deutschland wurde die Flachserzeugung in den 50er Jahren vorübergehend eingestellt.

Vor allem die stärkere Verbraucherpräferenz für Produkte natürlichen Ursprungs hat die Perspektive auch für den Flachs-anbau deutlich verbessert, woraus sich das Interesse der landwirtschaftlichen Produzenten und der industriellen Verarbeiter an Flachs ergibt.

4.1.1 Anbau und Züchtung

Der früheren Bedeutung des Flachses entsprechend liegt umfangreiche Literatur zu Anbau und Züchtung vor. Wie auch aus neueren Arbeiten hervorgeht, bestehen hinsichtlich des Anbaues von Flachs keine grundsätzlichen Probleme. Ein wichtiger pflanzenbaulicher Aspekt ist, daß sich vergleichsweise geringe Unterschiede in Bodenstruktur, Sorte, Nährstoffversorgung sowie Standraum auf die Faserausbeute und die Faserqualität wesentlich auswirken und damit die Wirtschaftlichkeit des Flachs-anbaues entscheidend beeinflussen können. Die züchterische Bearbeitung von Flachs hat nie ganz aufgehört, so daß vorwiegend aus EG-Staaten Sorten mit befriedigendem Leistungsniveau verfügbar sind. Es fehlen aber an einzelne deutsche Regionen angepaßte Sorten.

Der Flachs-anbau ist 1986 in der Bundesrepublik Deutschland mit rd. 100 ha erstmalig in regional begrenztem Umfang wieder aufgenommen worden. Die Anbaufläche betrug 1987 867 ha, 1988 lag sie bei fast 1.800 ha und für 1989 werden 2.200 ha geschätzt. Zu Beginn der Wiederaufnahme des Flachs-anbaues mußte das Röststroh noch in Belgien aufgearbeitet werden. In der Zwischenzeit ist als vierte Schwinge im Bundesgebiet nach Altmorschen (Hessen), Melle (Niedersachsen) und Mielsdorf (Schleswig-Holstein) eine in Kirchberg (Hunsrück) im Bau.

4.1.2 Qualitätsaspekte

Man unterscheidet zwischen Langfasern, die vorwiegend für die Reinleinspinnerei verwendet werden, und Schwungwerg sowie Hechelwerg, die zumindest zum Teil zur Herstellung gröberer Garne genutzt werden. Die in Westeuropa produzierte Faser gilt als qualitativ hochwertig, dies nicht nur wegen der relativ günstigen Wachstumsbedingungen - an der Ärmelkanalküste besonders gut-, sondern auch wegen der vergleichsweise gut entwickelten Produktionstechnik.

Im allgemeinen wird die Qualität von Fasern, vor allem von Langfasern, nach deren Eignung zur Herstellung von hochwertigen Garnen beurteilt. Letztlich läßt sich die Qualität der Faser erst im fertigen Gewebe erkennen. Wenige erfahrene Experten können anhand einfacher, subjektiv zu wertender Kriterien wie Farbe, Griff, Geruch, Klang (der gestrafften Faser), Reißfestigkeit und Glanz, die "Qualität" von Faserpartien abschätzen. Dies ist zwar ausreichend für den Handel, jedoch kein Maß zur Qualitätsmessung mit wissenschaftlichem Anspruch. Es fehlen sichere, schnelle und reproduzierbare Meßmethoden für die Qualitätsbestimmung, die die Züchtung besserer Sorten und die Optimierung der Verfahrenstechnik bei der Verarbeitung erleichtern könnten. Alle technologischen Eigenschaften der Fasern werden vom chemischen und morphologischen Aufbau der Flachspflanze bestimmt. Deshalb müssen für ein aussagefähiges Qualitätsschema zunächst Methoden zur Erfassung dieser Kriterien entwickelt werden. Das gilt auch für die textiltechnologischen Eigenschaften wie Festigkeit, Feinheit oder Teilbarkeit.

4.2 Traditionelle Nutzung

Alle Bestandteile der Flachspflanze können sinnvoll verwertet werden. Die Leinfaser war aufgrund ihrer Eigenschaften früher das Ausgangsmaterial für vielfältige Produkte des Haushalts und Gewerbes. Der heutige Marktanteil des Leinens am Textilsektor wird auf 0,5 bis 1 % geschätzt:

- 40 % Bekleidung
- 25 % Haushaltswäsche
- 20 % Heimtextilien
- 15 % technische Zwecke.

Bei einem Prozent Leinen-Anteil an der gesamten deutschen Garnproduktion von 639.300 t werden rund 6.400 t Leinengarn jährlich produziert. Einschließlich importierter Gewebe und Garne wird der Verbrauch in der Bundesrepublik Deutschland auf insgesamt rund 25.000 t Leinengarn geschätzt.

In der Oberbekleidungsindustrie werden die höchsten Ansprüche an die Faser- bzw. Garnqualität gestellt. Seit dem in erster Linie durch Italien forcierten Leinen-Boom bleibt Leinen auf höherem Verbrauchsniveau und ist zu einem Standardprodukt der Konfektionäre geworden. An der steigenden Tendenz zu Naturstoffen partizipiert auch Leinen.

Tischwäsche aus Leinen war lange Zeit ein vielgefragtes Produkt. Heute werden - u.a. aus Kostengründen - hauptsächlich Mischgewebe angeboten. Weitere traditionelle Leinenprodukte sind Küchenhandtücher, Malerleinen, Filtertücher (beispielsweise bei der Käseproduktion) und nicht zuletzt Betttücher.

Aus schlechteren Garnqualitäten wurden und werden Produkte für Industrie und Gewerbe hergestellt: Postsäcke, Seile, Schuhgarn. Leinen ist auch sehr geeignet als Wandbespannung, die Fasern finden Verwendung in Textiltapeten.

Das billige Werg wird des öfteren für Polstermöbelfüllungen verwendet. Auch kann aus Werg oder Kurzfasern Papier, z.B. für Banknoten oder die Zigarettenindustrie, hergestellt werden.

Neben den hauptsächlich im textilen Bereich verwendeten Fasern fallen als mengenmäßig wichtigstes Nebenprodukt die Schäben (Holzteile) an. Sie werden bislang vor allem für Preßspanplatten verwendet.

Die Verwendung der Leinsamen ist dem Abschnitt Pflanzenöle zu entnehmen.

4.3 Neue Nutzungsmöglichkeiten

Nach einer 1987 angefertigten Studie der CMA ließen sich Flachsfasern (vor allem die billigen Kurzfasern) in folgenden Produkten des industriell-technischen Bereichs einsetzen:

- Baustoffe
 - Faserzementplatten (Fasern als Armierungsmittel)
 - Trockenmörtel für Maschinenputz
 - Bedachungsmaterial
 - Dämmstoffe
 - Fließestrich und Gips
 - Feuerfeste Türen
- Formpreßteile (z.B. Türverkleidungen für Kfz)
- Beläge
- Papier (z.B. Mülltüten für organische Abfälle in Privathaushalten)
- Vliesstoffe, Filtermaterial

- Bindegarne (Gärtnereien, Landschaftsbau)
- Asphalt

Insgesamt wird ein Absatzpotential von über 100.000 t Kurzfasern für die Bundesrepublik Deutschland genannt. 1987 sollen ca. 6 t Kurzfasern in der Belag- und ca. 1.000 t in der Faserzementindustrie eingesetzt worden sein. Das Interesse an der Flachsfaser erklärt sich in diesen Bereichen vor allem aus der notwendigen Suche nach Substituten für Asbestfasern und zunehmend für Synthesefasern.

Vor allem für jene Verwendungszwecke, bei denen der fertige Werkstoff Hitze, Abrieb oder direktem Kontakt mit Boden, Wasser oder der Witterung ausgesetzt ist, wird die Notwendigkeit zur Verwendung von Naturfasern in größerem Umfange erkannt. Der Flachsfaser werden dabei aufgrund ihrer Morphologie und ihrer chemischen Zusammensetzung gewisse Vorteile zugesprochen und durch Versuche bestätigt. So wird z.B. hinsichtlich des Abriebverhaltens (bei Kupplungs- oder Bremsbelägen) auf Nachteile von Asbest (Gesundheitsgefährdung), Metallfasern (Hitzeleitung ins Bremssystem) oder Synthesefasern (Verschmieren bei hoher Temperatur, Freisetzung gesundheitsgefährdender Stoffe) verwiesen, während die Flachsfasern den technischen und umweltrelevanten Anforderungen weitgehend gerecht werden. Bei Geotextilien oder der Herstellung von Fassadenplatten (Asbestersatz) sind ebenfalls Vorteile der Flachsfaser erkennbar.

4.4 Voraussetzungen für eine verstärkte Nutzung

Im Bereich der traditionellen Langfaserspinnerei (z.B. zur Herstellung von hochwertigen Reinleinen-Textilien) wird z.Z. eine schnell steigende Nachfrageentwicklung beobachtet. Vor allem in Italien, aber auch in Frankreich und Irland werden die Kapazitäten für die Reinleinen-Spinnerei erheblich ausgeweitet. In den bundesdeutschen Spinnereien dürfte kurzfristig der Langfaserverbrauch von derzeit ca. 2.500 t verdoppelt werden, mittel- bis langfristig wird das Potential auf die Größenordnung von ca. 10.000 t jährlich geschätzt, so daß sich insgesamt ein zwar beachtlicher aber begrenzter Markt ergeben dürfte.

Weit größere Möglichkeiten der Produktionsausweitung werden in der Kurzfaserverarbeitung auf leistungsfähigen Baumwollspinnmaschinen gesehen. Dazu ist die Erzeugung relativ kurzer Flachsfasern (cottonisiert) erforderlich, die gemischt mit Baumwolle, Synthesefasern oder Wolle verarbeitet werden können.

Voraussetzung für die Nutzung der Zuwachsmöglichkeiten sind vor allem die Verbesserung der Produktionstechnik, um Rationalisierungseffekte und Möglichkeiten zur Kostensenkung ausschöpfen zu können, und die Abstimmung von Angebot und Nachfrage. Da die Verfahren der Fasergewinnung über Jahrzehnte im Prinzip unverändert geblieben sind, befriedigen heute weder ihre Effizienz noch Umweltrelevanz. Folglich besteht Bedarf an neuen Verarbeitungsstrukturen und Verfahren.

Möglichkeiten zur Senkung der Produktionskosten und des erheblichen witterungsbedingten Risikos während der 4 - 6 wöchigen Röste (Faseraufschluß auf dem Feld) werden vor allem in der Verbesserung der Erntetechnik und des Fasergewinnungsverfahrens gesehen. Zwei zukunftsweisende Entwicklungen der Fasergewinnung, das Tensidverfahren zur Gewinnung vor allem von Langfasern und das Dampfdruckverfahren für cottonisierte (Kurz-) Fasern werden im Zuge von Modellvorhaben erprobt und können voraussichtlich in wenigen Jahren eingesetzt werden. Bei den Bemühungen um eine neue Ernte- und Entholzungstechnik ist das Ziel eine drastische Senkung der Kosten gegenüber den derzeitigen Rauf- und Schwingverfahren und eine Verringerung des Produktionsrisikos. Die Entwicklung neuer Entholzungstechniken ist Voraussetzung für eine Anwendung der neu entwickelten Tensid- und Dampfdruckverfahren. Sie erfordern eine möglichst vollständige Entholzung des ungerösteten (grünen) Flachses, die mit Schwinganlagen nur schlecht und unter erheblichen Faserverlusten gelingt. Die neuen Verfahren ersetzen also nicht die Röste oder das Schwingen, sondern stellen Elemente eines neuartigen Weges der Fasergewinnung dar.

Im Reinleinenbereich der Textilindustrie herrscht international ein starker Wettbewerb. Die höchsten Wertschöpfungen sind mit Garnen im feinen Nummernbereich zu erzielen, die heute von unserer Textilindustrie noch nicht hergestellt werden können. Von textilchemischer und textiltechnologischer Seite her muß versucht werden, eine Qualitätssteigerung bei Leinengarnen zu erreichen. Weitere Verbesserungen müssen bei der Veredelung des Leinens sowohl als Reinleinen als auch in Mischungen mit anderen Faserstoffen erzielt werden. Es gilt weiterhin, die in der Literatur beschriebene Pflegeleicht- und Knitterfestausrüstung von Leinengeweben in der Praxis zu überprüfen und zu verbessern. Allgemein muß auch in der Veredelung und Ausrüstung des Leinens ein Forschungs- und Entwicklungsrückstand von vielen Jahren aufgeholt werden, wenn die Flachsfaser im Textilsektor verstärkt Fuß fassen soll.

Eine verstärkte Nutzung im technischen Bereich wird von vielen Schwierigkeiten behindert. Es liegt ein gewisser Widerspruch vor zwischen dem sichtbaren Interesse an der Flachsfaserverwendung im technischen Bereich einerseits und der relativen Zurückhaltung hinsichtlich entsprechender Innovationen andererseits. Hauptgrund dafür dürfte sein, daß Flachsfasern bislang für technische Zwecke vor allem als Koppel- oder Abfallprodukt an-

geboten (z.B. Kämmlinge oder Hechelwerk) werden und einer spezifischen Konditionierung, die nur von wenigen Firmen beherrscht wird, bedürfen. Außerdem gibt es noch keine für konkrete Innovationsentscheidungen hinreichend sicheren Aussagen über Absatzvolumen, Materialpreise und Gewinnmöglichkeiten. Die Erzeugung von Kurz- oder Elementarfasern speziell für den technischen Bereich erscheint deswegen bislang nicht sinnvoll.

Es ist notwendig, die Einsatzmöglichkeiten im technischen Bereich zu untersuchen, weitere wissenschaftliche Vorarbeiten zu leisten und neue Anwendungsbereiche zu entwickeln.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für beide Absatzbereiche, Textilsektor und technischer Bereich, ist ein mengenmäßig ausreichendes Angebot an entsprechenden Qualitäten zu konkurrenzfähigen Preisen. Derzeit liegen die Preise für Langfasern deutlich über den Baumwollpreisen. Wenn cottonisierte Fasern verstärkt eingesetzt werden sollen, müssen sie in etwa gleich günstig wie Baumwolle angeboten werden. Vorbedingung dafür ist die Einführung der neuen Fasergewinnungsverfahren in die Praxis und der Nachweis, daß sie die Herstellungskosten für Flachsfasern tatsächlich deutlich senken. Bei der technischen Verwendung dürfte sich eine deutlich verstärkte Nutzung von Flachsfasern im Zuge der im textilen Bereich sich vollziehenden Ausweitung und des dabei höheren Anfalls an Koppelprodukten zu geringen Preisen ergeben. Auch können Einsatzgebiete entwickelt werden, die höhere Preise für technisch verwendbare Flachsfasern erlauben.

4.5 Ökonomische Aspekte

Für den Fasermarkt einschließlich Flachsfasern gibt es für den Anbau und den Faseraufschluß eine flächenbezogene Beihilfe in Höhe von 1470,- DM/ha (1987). Hinzu kommen rd. 85 DM/ha, die nicht an die Erzeuger gezahlt, sondern zur Förderung des Flachsbaus (Forschung, Information) verwendet werden. Die Preise für Flachsfasern werden von der Entwicklung der Baumwollpreise auf dem Weltmarkt und von den Marktstrategien der wenigen Flachshändler beeinflusst. Deswegen und aufgrund von schlechten Ernten waren in den vergangenen Jahren häufig erhebliche Sprünge der Flachsfaserpreise zu beobachten, so 1984/85 um plus 100 %, kurze Zeit später um minus 50 %.

Mit den langfristig, von extremen Schwankungen bereinigten erzielbaren Faserpreisen ist bei Anwendung traditioneller Verfahren die Wirtschaftlichkeit des Flachsbaus ohne Beihilfen voraussichtlich nicht zu gewährleisten. Grund dafür ist die hohe Kostenbelastung, die durch Anwendung der unter weitgehend anderen technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen entwickelten traditionellen Ernte- und Aufschlußverfahren entsteht.

Die in Tabelle 12 vorgestellte beispielhafte Deckungsbeitragsrechnung zeigt die hohe Kostenbelastung.

Tabelle 12: Beispielhafte Deckungsbeitragsrechnung für das traditionelle Verfahren der Faserleinproduktion

	Kosten DM/ha	Ertrag DM/ha
Variable Kosten (ohne Ernte)	1.025	
Ernte	1.150	
- Raufen	300	
- Wenden (3 x)	400	
- Pressen	300	
- Transport zur Schwinge (50 km)	150	
Schwingkosten	1.150	
Zinsanspruch und sonstiges	200	
Samen (800 kg à DM 0,50)		400
Langfasern (826 kg à DM 3,50)		2.891
Kurzfasern (627 kg à DM 0,80)		502
Summe	3.525	3.793
EG-Beihilfe (1987)		1.470
Deckungsbeitrag		1.738

Ohne EG-Beihilfe würde nur ein Deckungsbeitrag von 270,-- DM erreicht. Besonders die Ernte und die Schwinge belasten den Erzeuger mit hohen Kosten. Das Tensid- und das Dampfdruckverfahren mit vorgeschalteter Entholzung werden diese Kosten voraussichtlich deutlich verringern. Die erzielbare Kosteneinsparung durch das Dampfdruckverfahren kann bei Wertung der Ergebnisse bisheriger FuE-Arbeiten auf rund 1 000 DM/ha geschätzt werden. Hinzu kommt die weitgehende Ausschaltung des wetterbedingten Produktionsrisikos während der Röste.

4.6 Konkurrenzbeziehungen

Der Fasermarkt, auf dem weltweiter Austausch von Roh-, Halbfertig- und Fertigprodukten stattfindet, ist durch eine große Vielfalt von Faserarten und -qualitäten gekennzeichnet. Die Einsatzmengen und die auf dem Rohfasermarkt erzielbaren Preise hängen von der Eignung der auf dem Markt verfügbaren Fasern und deren Angebotsmengen ab. Für wesentliche Marktsegmente werden große Mengen Fasern mit spezifischen Eigenschaften verlangt und mit relativ hohen Preisen gehandelt.

In anderen Sektoren hingegen können Fasern relativ leicht gegeneinander ausgetauscht werden (z.B. zur Herstellung von Bindegarn oder Seilen ohne spezielle Verwendungszwecke), so daß fast ausschließlich die Preiswürdigkeit der Fasern über den Einsatz entscheidet.

Beim Einsatz als Zumischungskomponente zur Herstellung von Baumwoll-, Woll- oder Synthefasern-Mischgewebe sind sie innerhalb einer bestimmten Bandbreite gegen andere Fasern austauschbar. Für spezielle Verwendungen jedoch, z.B. als Wurstbindegarn, dürfte die Naturfaser eine gewisse Präferenz genießen.

Bei der Herstellung technischer Artikel, bei denen es beispielsweise auf das Verhalten der Faser bei Verbrennen, bei Nässe, bei Temperaturschwankungen, bei Zug-, Druck- oder Biegeverhalten, bei der Mineralisierung, bei der Bindungsintensität, auf die Oberfläche bzw. die Morphologie, die Länge oder die Form ankommt, zeigen sich, wie oben ausgeführt, neue interessante Einsatzfelder für Flachsfasern ab. Neben den Konkurrenzbeziehungen der Flachsfaser zu anderen Natur- oder Synthefasern sind für die künftige Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland die Möglichkeiten von Bedeutung, bestehende oder sich ergebende Einsatzgebiete durch Importfasern abzudecken. Faktoren wie Preise der Rohfaser, Transportkosten und Verlässlichkeit des anbietenden Marktpartners werden große Bedeutung haben.

4.7 Aktivitäten

4.7.1 Bund

Die vom BML und BMFT geförderten Forschungsprojekte gehen aus der Auflistung im Teil C hervor. Im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" wird bis einschließlich 1989 der Bau von Schwinganlagen mit 50 % (davon 60 % vom Bund und 40 % Länder) gefördert. Eine Änderung des Marktstrukturgesetzes ist in Vorbereitung, damit Erzeugergemeinschaften für Flachs gegründet werden können. Das Bundeskabinett hat im Juni 1989 dem Gesetzentwurf zugestimmt.

4.7.2 Länder

Unter Federführung des Freistaates Bayern wurde das "Spezifische Programm zur Verbesserung der Aufbereitungs- und Vermarktungsbedingungen für Faserlein - gemäß Art. 2 der VO (EWG) Nr. 355/77 des Rates vom 15.02.1977 - der Bundesrepublik Deutschland" entwickelt und der EG-Kommission vorgelegt.

Saarland:

Vierzehn saarländische Landwirte haben sich 1988 mit insgesamt 24,5 ha an dem Pilotprogramm "Flachsanbau im Landkreis St. Wendel" beteiligt. Die Landwirte haben Flachsanbauverträge mit der Hunsrücker Flachsschwinge GmbH, Kirchberg, abgeschlossen.

Hessen:

Es kamen 1988 380 ha Flachs zum Anbau und zur Ernte. Unabhängig von der Flachs- und Samenausbeute beabsichtigt die Raiffeisenwarenzentrale (RWZ)-Hessenland, den Anbau 1990 auf rd. 650 ha auszuweiten. Damit müßte die Flachsschwinge in Altmorschen in zwei Schichten gefahren werden und wäre ausgelastet. Nach Angaben der RWZ ist der Absatz gesichert. Die Möglichkeit, später eine zweite Flachsschwinge zu errichten, wird erwogen.

Das Hessische Ministerium für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz ist bemüht, die für die Textilverarbeitung ungeeignete Kurzfaser den Papierfabriken mit Spezialerzeugnissen anzudienen. Sie zeigen Bereitschaft, die inländische Produktion auf ihre Eignung und Verarbeitbarkeit zu testen und günstigstenfalls der Importware beizumengen.

Rheinland-Pfalz:

Unter Betreuung des Ministeriums für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten laufen derzeit folgende Projekte und Projektskizzen in Zusammenhang mit der Wiedereinführung des Flachsanbaues:

- Anbauversuche,
- Förderungsmaßnahmen zur Anschaffung einer Mindestausrüstung an Spezialmaschinen, wie Raufmaschine, Wender, Pressen,
- Förderung des Baues einer Flachsschwinge als Pilotvorhaben,
- Förderung des Baues von Flachslagerraum in Einzelbetrieben,
- Förderung von Forschungsarbeiten zur Optimierung der Ernte-, Be- und Verarbeitungstechniken,
- Entwicklung von Vermarktungsstrategien für die Langfaser, Kurzfaser und Nebenprodukte (Schäben) in Zusammenarbeit mit Spinnereien, Webereien, Papierherstellern und Energieunternehmen.

Schleswig-Holstein:

Die wissenschaftliche Begleitung der Wiedereinführung des Flachsangebues erfolgt durch die Christian-Albrechts-Universität (Kiel) unter folgendem Arbeitstitel:

- Umfassende Datenerfassung aller produktionstechnischen Parameter der Praxisflächen sowie deren Verrechnung zu einem regional angepaßten Anbaurezept.
- Als flankierende Maßnahme: Durchführung und Auswertung speziell interessierender Fragen des Angebues (Sorten, Düngung, Herbizide) in Einzelversuchen und deren Integration in das Gesamtkonzept.

Im Dezember 1988 wurde in Mielsdorf bei Bad Segeberg die erste Flachsschwinge in Schleswig-Holstein nach dem Kriege eingeweiht.

Niedersachsen:

Die erste niedersächsische Flachsschwinganlage wurde am 30. September 1988 in Melle/Osnabrück in Betrieb genommen. An den Investitionskosten hat sich das Land mit 1,2 Mio. DM aus Mitteln der Gemeinschaftsaufgabe beteiligt.

Der Versuchsanbau von Flachs wird seit 1986 gefördert.

Bayern:

Die Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau erarbeitet Anleitungen für den Flachsangebau und führt im Rahmen ihrer Versuchstätigkeit Sorten-, Düngungs- und Saatstärkenversuche bei Flachs durch.

Die Bayer. Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur betreut die Flachsangebauer im Rahmen eines Schlagkarteiprogrammes.

Die Gesellschaft für Zellstoff- und Umwelttechnik mbH "Fa. Organozell" wurde beauftragt, verschiedene Flachssorten auf ihre Aufschließbarkeit nach dem Organocellverfahren sowie Prüfung der erzeugten Zellstoffe auf ihre Eignung als Papier- und Chemierohstoffe zu untersuchen.

Im Bereich Flachsförderung ist beabsichtigt, in Zusammenarbeit mit der Textil AG Füssen, den Anbauern, dem Land Baden-Württemberg und der Maschinenindustrie ein integriertes Forschungsprogramm "Flachs" zu entwickeln.

Baden-Württemberg:

In Reutlingen wurde das Transferzentrum für nachwachsende Faserrohstoffe gegründet, um die Bestrebungen zur Wiedereinführung des Flachsangebues wissenschaftlich zu begleiten. Dort werden folgende Forschungsschwerpunkte, deren Finanzierung im wesentlichen durch BML und BMFT erfolgt, bearbeitet:

- Entwicklung neuer Aufschlußtechnologien für Flachsstroh (Tensid- und Dampfdruckaufschluß);
- Entwicklung neuer Verarbeitungstechnologien für Flachsfasern;
- Erarbeitung von Qualitätskriterien für Flachsfasern;
- Industriebegleitende Forschung zur Verbesserung von Qualitäten von Leinengarnen;
- Erforschung neuer Anwendungsgebiete für natürliche Faserstoffe.

Die hierfür erforderliche Infrastruktur wird vom Land Baden-Württemberg aus Mitteln des Hochschulbauförderprogrammes geschaffen.

Darüber hinaus sollen Planung und Erstellung von Pilotanlagen zum Aufschluß und zur Verarbeitung von Flachsstroh in engster Kooperation mit der Industrie erfolgen. Verbände, Landwirte und Industrie werden in Verbindung mit der Untersuchung von Qualitäten von Fasern bei der Wiedereinführung des Flachsangebues beraten. Die Koordination der Aktivitäten erfolgt über die Arbeitsgruppe "Flachs" innerhalb des Arbeitskreises Nachwachsende Rohstoffe.

Ein produktions- und verfahrenstechnischer Versuch zur Wiedereinführung des Faserleangebues läuft von 1987 bis 1989. Er umfaßt neben der fachlichen Betreuung der Landwirte die Bereitstellung aller Spezialmaschinen für die Flachsernte. In dem Versuch wurden 1988 150 ha angebaut.

Nordrhein-Westfalen:

Die Wiedereinführung des Flachsangebues wird unter Betreuung der Landwirtschaftskammern Bonn und Münster gefördert.

Die Landwirtschaftskammer Bonn ist maßgeblich an der Koordinierung zum Aufbau der Kurzfaserslinie für Flachs beteiligt.

Gefördert wurde 1988/89 ein Vorhaben zur neuartigen Gewinnung, Aufbereitung und Weiterverarbeitung von Flachsfasern im Zuge der Wiedereinführung des Angebues von Faserlein durch die Textilforschung Bielefeld e.V..

Der Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr stellt im Rahmen des Technologieprogrammes Wirtschaft Projektmittel für die "Entwicklung, Einführung und Verbreitung einer neuartigen Maschine zur Verarbeitung von Flachsfasern" (Modernisierung der Schwingtechnik) zur Verfügung.

4.7.3 EG-Kommission

Die EG fördert im Rahmen der Marktordnung für Flachs und Hanf die Verwendung von Flachsfasern. Dafür wird von der EG-Erzeugerbeihilfe für Flachs ein bestimmter Betrag (1987 85,-- DM/ha) einbehalten. Es werden vor allem Werbemaßnahmen und in geringem Umfange auch Forschungsprojekte finanziert. Beispiele aus letzter Zeit sind eine Marktstudie und Arbeiten, die sich mit dem Färbeverhalten von Leinen/Wolle-Mischgarnen und -geweben befaßten.

4.7.4 Sonstige

In Österreich wurden mehrere Jahre lang umfangreiche pflanzenbauliche Versuche zum Flachsenbau durchgeführt. Zwischenzeitlich wurden sie eingestellt, da keine Entscheidung zum Bau einer Schwinganlage gefallen ist.

4.8 Benutzte Quellen

Dambroth, M, und Seehuber, R. (1988). Flachs- Züchtung, Anbau, Verarbeitung. Ulmer-Verlag Stuttgart.

CMA (1987). Marktuntersuchung Faserlein (Flachs). Bonn.

Transferzentrum für nachwachsende Faserrohstoffe (1988). Abschlußbericht zu "Entwicklung eines wirtschaftlichen Verfahrens zum Stengel- und Faseraufschluß, sowie zur Stengel- und Faseraufbereitung". Reutlingen.

5. Holz

Die landwirtschaftlichen Nutzflächen unseres Raumes wurden durch Rodung von Wäldern gewonnen. Aus dieser Nutzungsart ausscheidende Flächen stellen somit hinsichtlich ihrer Standorteigenschaften potentielle Aufforstungsflächen dar.

Im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Rohstoffen ist Holz bereits seit langem ein mengen- und wertmäßig bedeutender Rohstoff für die gewerbliche Wirtschaft. Rohholz und Holzzeugnisse unterliegen zudem keiner Marktordnung und müssen sich ohne Protektion auf den Weltmärkten behaupten. Ein weiterer grundlegender Unterschied zwischen land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffen ist der traditionell hohe Einfuhrbedarf für Holz und Holzzeugnisse. Lediglich etwa 2/3 des jährlichen Gesamtbedarfs werden derzeit aus heimischem Aufkommen gedeckt. EG-weit betrachtet liegt der Selbstversorgungsgrad mit rund 50% noch deutlich darunter.

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Holzarten sowie der physikalischen und chemisch-technologischen Eigenschaften ist Holz ein vielseitig verwendbares Naturprodukt, das über eine breite Palette an bereits vorhandenen Verwertungsmöglichkeiten verfügt. Es wird vor allem vielseitig genutzt als Bau- und Werkstoff, als Faserstofflieferant sowie zur Herstellung von Chemierohstoffen und zur Energieerzeugung. Die heimische Holzbe- und -verarbeitung steht auf einem hohen Entwicklungsstand.

Wie das "Timber Committee" der ECE in einer Studie von 1986 (ETTS IV) ermittelte, werden in der Europäischen Gemeinschaft jährlich rund 110 Mio. m³ Schnittholz, Holzwerkstoffe und Brennholz sowie ca. 33 Mio. t Papier- und Pappeprodukte verbraucht. Dabei wird bis zur Jahrtausendwende eine Verbrauchszunahme EG-weit auf mindestens 137 Mio. m³ bzw. 51 Mio. t prognostiziert. Die forstwirtschaftliche Erzeugung in der Gemeinschaft beträgt derzeit ca. 115 Mio. m³, die EG-Kommission geht bis zum Jahr 2000 von Steigerungen aus, die nicht zur Deckung des entsprechenden Verbrauchszuwachses ausreichen. Wie hoch eine mögliche Einschlagssteigerung in der Bundesrepublik Deutschland unter Wahrung des Nachhaltigkeitsprinzips sein kann, läßt sich nach Abschluß der laufenden Bundeswaldinventur gegen Ende 1989 genauer absehen.

Den augenscheinlich günstigen Voraussetzungen für eine Ausweitung von Waldflächen stehen weniger günstige gegenüber, wie u.a.

- vielfach niedrigere Deckungsbeiträge als in der Landwirtschaft,
- eine lange Zeit ohne Erträge während der Jugendphase der Bestände,
- hohe Kultur- und Pflegekosten während der ertragslosen Zeit,
- erhebliche Minderungen des Verkehrswertes aufgeforsteter Flächen und
- restriktive gesetzliche Vorschriften

Für die Beurteilung der Möglichkeiten zur Verringerung der Nahrungsmittelüberschüsse und zur Sicherung der heimischen Rohstoffversorgung durch Aufforstung kommt es insbesondere darauf an, inwieweit

- ökonomische und ökologische Nutzen/Kosten-Erwägungen für oder gegen eine Aufforstung sprechen und
- ein erhöhtes inländisches Rohholzaufkommen international wettbewerbsfähig verarbeitet und vermarktet werden kann.

5.1 Anbau und Züchtung

5.1.1 Aufforstung mit dem Ziel des langen Umtriebs

Bei geplanten Umtriebszeiten von 80 - 150 (im Extremfall über 200) Jahren kann grundsätzlich mit allen standortgerechten Baumarten oder -mischungen aufgeforstet werden. Das Produktionsziel ist die Erzeugung starken und qualitativ hochwertigen Stammholzes. Im allgemeinen kann in Nadelholzbeständen frühestens im Alter von rd. 25 bis 30, in Laubholzbeständen erst ab einem Alter von rd. 40 bis 45 Jahren mit Erlösen gerechnet werden, weil dann in gewissem Umfang Industrie- und Brennholzsortimente aus der zur Bestandespflege notwendigen Durchforstung anfallen. Unter dem Aspekt der Vermarktung ist es ein Vorzug der langen Umtriebszeiten, daß größere Holzmengen erst spät und über Jahrzehnte verteilt anfallen und es sich dabei vornehmlich um Produkte handelt, die bereits heute für viele Zwecke Verwendung finden.

5.1.2 Aufforstung mit schnellwachsenden Baumarten

Anlagen mit schnellwachsenden Baumarten stellen mit Umtriebszeiten zwischen 3 und 15 Jahren eine Produktionsalternative dar, die landwirtschaftlichen Anbauverfahren ähnlich sind. Im Vergleich zur Forstwirtschaft in langen Umtriebszeiten erreichen Bestände mit schnellwachsenden Hölzern einen deutlich höheren Massenzuwachs je Flächeneinheit. Zudem ist die ertragslose Zeit wesentlich kürzer. Allerdings ist die Flexibilität hinsichtlich des Nutzungszeitpunktes und der Verwertung geringer sowie die Frage der Vermarktung von unmittelbarer Bedeutung.

Die bisherigen Kenntnisse und Erfahrungen über dieses Anbauverfahren lassen eine abschließende Gesamtbewertung noch nicht zu, da sich hiermit erst wenige Forschungsprojekte mit oft spezieller Fragestellung beschäftigt haben.

Die vorliegenden Ergebnisse aus Züchtungsversuchen zeigen in Wuchseistung und qualitativen Eigenschaften starke Differenzierungen zwischen den einzelnen Sorten. Mit Hilfe gezielter Auslese-, Kreuzungs- und Mutationszüchtungen sind mittel- bis langfristig weitere Verbesserungen sowohl in der Anpassung spezialisierter Sorten an kurze Bewirtschaftungsperioden als auch in Wuchseistung und Verwertbarkeit zu erwarten.

5.2 Erstaufforstung freiwerdender landwirtschaftlicher Nutzflächen

5.2.1 Aufforstungspotential

Entsprechend dem zunehmenden Landbedarf für die Agrarproduktion, für Siedlung, Industrie, Verkehrswege und sonstigen infrastrukturellen Einrichtungen nahm die ursprüngliche Waldfläche von über 90% der Gesamtfläche bis auf heute 30% ab. Dieser Flächenanteil hat sich in den vergangenen Jahrzehnten kaum verändert. Von 1951 stieg die Waldfläche der Bundesrepublik Deutschland von 6,921 Mio ha (28,3 % Anteil an Landesfläche) auf 7,360 Mio. ha (29,6 %) im Jahre 1985. Aus regionaler Sicht ist dabei eine Entwicklung mit Zunahme in peripheren Räumen und auf Grenzertragsböden sowie Waldabnahme in Ballungsgebieten zu verzeichnen. Eine Analyse der Erstaufforstungsaktivitäten seit Bestehen der Bundesrepublik Deutschland ergibt, daß sich die Fläche der jährlichen Erstaufforstung von zunächst über 7.000 ha seit Beginn der 80er Jahre auf wenig über 1.500 ha eingependelt hat.

Der mögliche Umfang künftiger Neuaufforstungen auf freiwerdenden Landwirtschaftsflächen entzieht sich noch einer hinreichend genauen Eingrenzung. Modellanalysen gehen bei Unterstellung unterschiedlich restriktiver Agrarpreispolitik von einem freiwerdenden Flächenpotential in der Bundesrepublik Deutschland zwischen 1,2 bis 2,22 Mio. ha aus (Braune u. Henrichsmeyer 1988). Bei einem Aufforstungsanteil von 10 % an diesen Flächen läge die Erstaufforstung im Durchschnitt der nächsten 11 Jahre rein rechnerisch zwischen 10.000 und 20.000 ha pro Jahr. In Anbetracht aktueller agrarpolitischer Maßnahmen ist jedoch davon auszugehen, daß die Aufforstungsfläche den o.g. Umfang nicht erreicht.

5.2.2 Bedeutung der Holzmarktlage

Vermarktungsmöglichkeiten und Absatzperspektiven von Rohholz verschiedener Sorten spielen für die Aufforstungsentscheidung eine wesentliche Rolle. Eine schlechte aktuelle Absatzlage und niedrige Marktpreise können ein psychologisches Hemmnis darstellen, obwohl Aufforstungen mit langen Umtriebszeiten erste nennenswerte Erlöse frühestens nach 25 Jahren liefern und hiebsreife Bestände z.B. bei Fichte erst ab etwa 80 Jahren zu erwarten sind. Sichere Prognosen zur Absatzlage sind über solche Zeiträume hinweg nicht mög-

lich. Entscheidend ist jedoch die Wettbewerbsfähigkeit der Holzabnehmer auf den nationalen und internationalen Märkten, die auf Dauer nur durch ständige Verbesserung der Holzprodukte, Erschließung neuer Verwendungsbereiche sowie durch Entwicklung neuer und kostengünstiger Herstellungsverfahren erreicht werden kann (vgl. Ziffer 5.4).

Die langfristigen Tendenzen auf den internationalen Holzmärkten und die Bedeutung von Holz als nachwachsendem Rohstoff erlauben eine insgesamt positive Einschätzung der künftigen Holzmarktentwicklung. Der Gesamtverbrauch an Holz und Holzzeugnissen zeigt leicht steigende Tendenz. Auch die aktuelle Marktlage ist von einer konjunkturell bedingten Erholung gekennzeichnet. So ist nach der über Jahre anhaltenden Talfahrt seit etwa Mitte 1988 auch bei den Rohholzpreisen ein spürbarer Aufwärtstrend zu verzeichnen. Die gute Konjunktur in der Holz- und Papierwirtschaft, deren verstärkte Auftriebskräfte die Nachfrage nach Holzzeugnissen mit der Folge deutlicher Zuwächse bei Produktion und Umsätzen belebt hat, begann 1987 und setzte sich 1988 verstärkt fort.

Die Langfristigkeit der forstlichen Produktion und die Besonderheit gemischter Waldbestände mit verschiedenen Baumarten bieten eine große Versorgungssicherheit und garantieren auf Erzeugerseite eine hohe Zeit- und Sortenflexibilität beim Holzeinschlag und seiner Vermarktung (stehendes Holzlager) sowie auf der Abnehmerseite lange zeitliche Spielräume für die Entwicklung neuer und zukunftsweisender Technologien. Von größerer Bedeutung ist die Berücksichtigung der aktuellen Holzmarktlage im Falle einer geplanten Kurzumtriebsbewirtschaftung, bei der ggf. innerhalb nur weniger Jahre vermarktungsfähige Sortimente zur Verfügung stehen und keine entsprechende Angebotsflexibilität besteht.

5.2.3 Förderungsmaßnahmen

Die zur Zeit praktizierte Förderung der Erstaufforstung im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK)" löst weitgehend das Problem der hohen Investitionskosten. Diese bewegen sich je nach verwendeten Baumarten in einem Rahmen von 5.000 bis 20.000 DM je ha. Es werden Zuschüsse zu den Erstaufforstungskosten (einschl. notwendiger Nachbesserungen und Zaunbau) zwischen 50 und 85% je nach Baumartenwahl gewährt. Die Gesamtausgaben (Bund und Länder) für die Förderung der Erstaufforstung aus der GAK weisen aufgrund der zunehmenden Verwendung von Laubbäumen steigende Tendenz auf. Sie verdoppelten sich von 1979 bis 1986 von rund 4 Mio. DM (1.513 ha) auf rund 8,5 Mio. DM (1.574 ha). Förderungsmöglichkeiten bestehen zudem im Rahmen der Flächenstillegung. In Verbindung mit der Extensivierung sowie mit dem "Gesetz zur Förderung der Einstellung der landwirtschaftlichen Erwerbstätigkeit (FELEG)", in dem u.a. die Aufforstung berücksichtigt ist, stehen künftig weitere Förderungsmöglichkeiten zur Verfügung.

Die Aufforstungsbereitschaft ist trotz erheblicher Kostenbeteiligung der öffentlichen Hand auf ein vergleichsweise niedriges Niveau gesunken. Die Gründe hierfür dürften vorwiegend bei den "sonstigen" finanziellen Auswirkungen einer Erstaufforstung sowie bei der Aufforstungsgenehmigung liegen. Zusätzlich zum verbleibenden Finanzierungsrest bei Anlage der Kultur hat der Waldbesitzer in den ersten Jahrzehnten keine Einnahmen. Auch die Aussicht auf u.U. hohe Einkünften bei der Endnutzung können den Nachteil dieser Liquiditätslücke meist nicht aufwiegen.

5.2.4 Institutionelle und rechtliche Aspekte

Das Bundeswaldgesetz (BWaldG) schreibt in § 10 zwingend vor, daß die Erstaufforstung von Flächen der Genehmigung der nach Landesrecht zuständigen Behörde bedarf. Die Genehmigung darf nur versagt werden, wenn Erfordernisse der Raumordnung und der Landesplanung entgegenstehen und ihnen nicht durch Auflagen entsprochen werden kann. Die Beteiligung der Landwirtschafts-, Naturschutz- und Forstbehörden im Genehmigungsverfahren soll sicherstellen, daß jedes Aufforstungsprojekt unter vielfältigen Gesichtspunkten geprüft wird.

Bei der Genehmigung von Erstaufforstungen spielen als Versagungsgründe vor allem die Gesichtspunkte des Naturschutzes, der Landschaftspflege und der Landwirtschaft eine Rolle. Die Dynamik der natürlichen Abläufe in der Landschaftsentwicklung sowie die veränderten agrarpolitischen Rahmenbedingungen werden zunehmend berücksichtigt. Daraus könnte es sich ergeben, daß Aufforstungsanträge in der Regel genehmigt werden.

Nach § 9 BWaldG darf Wald nur mit Genehmigung der nach Landesrecht zuständigen Behörden gerodet und in eine andere Nutzungsart umgewandelt werden. Bei der Entscheidung sind die Rechte, Pflichten und wirtschaftlichen Interessen des Waldbesitzers sowie die Belange der Allgemeinheit gegen- und untereinander abzuwägen. Die Genehmigung soll versagt werden, wenn die Erhaltung des Waldes im öffentlichen Interesse liegt, insbesondere wenn der Wald für die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, die forstwirtschaftliche Erzeugung oder die Erholung der Bevölkerung von wesentlicher Bedeutung ist.

Bestehende Waldflächen sind so einem weitestgehenden Schutz vor Umwandlungen unterworfen. Diese Regelungen bewirken jedoch zugleich, daß die Verfügungsfreiheit über Flächen eingeschränkt wird, wenn sie aufgeforstet sind. Dies kann einen Teil der Landwirte davon abhalten, neue Waldbestände anzulegen. Auch unter der Zielsetzung der Verstärkung von Erstaufforstungen ist es nicht angebracht, die Schutzbestimmungen zumindest im Hinblick auf neu aufgeforstete Waldflächen oder auf Schnellwuchsplantagen zu lockern, da dies mit dem Gleichheitsgrundsatz nicht vereinbar wäre.

Die derzeit geltenden einkommenssteuerrechtlichen Regelungen sind für die Aufforstung ausreichend. Der Einheitswert der ehemals landwirtschaftlichen Flächen sinkt nach der Aufforstung in der Regel ab und damit u.a. auch die einheitswertabhängigen Steuern (Grund-, Vermögens-, Erbschaftssteuer), die Beiträge für Wasser- und Bodenverbände, die Krankenkasse und die Berufsgenossenschaft sowie die Kammerabgabe. Zugleich sinkt damit aber auch die Beleihungsfähigkeit dieser Flächen bzw. des Betriebes entsprechend.

5.3 Traditionelle Holznutzung und neue Verwertungsmöglichkeiten

5.3.1 Struktur und Aufnahmefähigkeit des Holzmarktes

Mit fast 7,4 Mio. ha steht der Wald in der Bundesrepublik Deutschland nach der Landwirtschaft mit 13,7 Mio. ha an zweiter Stelle der Bodennutzung. Vom jährlichen Einschlag von ca. 30 Mio. m³ (dabei ließe sich das Rohholzaufkommen durch konsequentere Nutzung der Waldresthölzer und auch Flurhölzer durchaus erhöhen) entfallen etwa 60% auf Stammholz und 40% Industrieholz. Wie die Gesamtbilanz zeigt, decken das inländische Rohholz- und Altpapieraufkommen zusammen nur etwa 65 bis 70% des derzeitigen jährlichen Gesamtbedarfs an Holz und Holzzeugnissen (Tabelle 13). Die Nettoeinfuhren liegen seit Jahren in der Größenordnung von 20 bis 25 Mio. m³ (wertmäßig etwa 3 Mrd. DM). Die Bundesrepublik Deutschland führt aber auch in beträchtlichem Umfang Rohholz und Holzwaren aus. Dieser Export belief sich in 1987 auf fast 35 Mio. m³. Vom rechnerischen Gesamtverbrauch - rund 67 Mio. m³ (Rohholzäquivalente) - entfallen je die Hälfte auf die Teilbereiche Holz und Papier, wobei der letztgenannte Bereich im Verlauf der zurückliegenden 30 Jahre seinen Anteil ständig vergrößern konnte.

Tabelle 13: Gesamtholzbilanz der Bundesrepublik Deutschland
in 1 000 m³ (r) (Rohholzäquivalent) für 1987

Aufkommen		Verbleib	
			1987
Einschlag	29 403	Lagerbestände, Zunahme*	77
Altpapier	13 765	Ausfuhr	34 762
Lagerbestände, Abnahme*	-	Lieferungen in die DDR	367
Einfuhr	56 735	Verbrauch**	66 758
Bezüge aus der DDR	2 061		
Gesamt-Aufkommen	101964	Gesamt-Verbleib	101964

- * Bestandesveränderungen beim holzbearbeitenden Gewerbe an Rohholz und Holzhalbwaren und bei der Zellstoff- und Papierindustrie an Rohholz, Altpapier, Zellstoff und Papier
- ** Rechnerisch ermittelt als Saldo

Quelle: Berechnet auf der Grundlage von Daten amtlicher Statistiken (Außenhandelsstatistik, Holzstatistik, Statistik des Handels zwischen der DDR und der Bundesrepublik Deutschland) und von Angaben des Verbandes Deutscher Papierfabriken e. V. (VDP)

Eine Erhöhung des Selbstversorgungsgrades ist derzeit nur begrenzt möglich, da nicht alle nachgefragten Holzsorten in der Bundesrepublik selbst vorkommen und bestimmte Produkte aus Rohholz hier zur Zeit nicht wirtschaftlich hergestellt werden können. Ein großer Teil der importierten Erzeugnisse unterscheidet sich nach Art und Qualität erheblich von den inländischen, so daß eine Substitution durch inländisches Holz nicht immer möglich ist. Das gilt in gleichem Maße für diejenigen Bereiche, in denen es an international wettbewerbsfähigen Verarbeitungskapazitäten fehlt. Aus diesem Grund wird z.B. Zellstoff in großen Mengen importiert. Einfuhren könnten somit in nennenswertem Umfang nur im Wege von Verfahrens- oder Produktinnovationen durch Inlandsproduktion ersetzt werden (vor allem im Bereich der Halbwaren).

Die genaue Aufteilung des Holzverbrauchs nach Endverbrauchsbereichen ist nicht bekannt. Es wird geschätzt, daß die Bauwirtschaft mit etwa 50 - 60% Verbrauchsanteil weit vor der Möbelfertigung (rund 20%) und den sonstigen Bereichen liegt (Ollmann, 1987).

Mit über 13 Mio. m³ nehmen die Sägewerke die größte Rohholzmenge auf. Die heimische Sägeindustrie arbeitet seit Jahren mit einer Kapazitätsauslastung von nur rund 70%. Ausgehend von der verfügbaren Einschnittkapazität könnte sie ohne technische Probleme jährlich mindestens 2 Mio. m³ Sägerundholz mehr einsetzen. Zweitwichtigster Rundholzverbrauchsereich ist mit rund 7 Mio. m³ die Spanplattenindustrie, die Wald- und Industrierestholz zu etwa je gleichen Teilen einsetzt. An dritter Position liegt die Holzstoff- und Zellstoffindustrie mit ca. 5 Mio. m³ Rohholzeinsatz.

Der Papier- und Pappeverbrauch hat sich gegenüber 1960 mehr als verdoppelt. Gleichwohl konnte das heimische Waldholz von dieser Entwicklung kaum profitieren. Der zunehmende Einsatz von Altpapier und Füllstoffen sowie von importierten Zellstoffen hat dazu geführt, daß der Waldholzeinsatz innerhalb der letzten 25 Jahre nur um durchschnittlich etwa 1,5% pro Jahr anstieg (höher liegt der Zuwachs beim Industrierestholzeinsatz), während die Papierproduktion im gleichen Zeitraum jährliche Zuwachsraten von über 6% verzeichnete. Altpapier hat sich bei einem Jahresverbrauch von inzwischen 4,5 Mio. t (1988) zum mengenmäßig wichtigsten Faserrohstoff für die Papierindustrie entwickelt (Tabelle 14). Ein Abschwächung dieser Entwicklung ist voraussehbar, da eine weitere nennenswerte Steigerung der Altpapiereinsatzquote von derzeit ca. 43% in der Papier- und Pappeindustrie aus technischen und Qualitätsgründen nicht sehr wahrscheinlich sein dürfte.

Tabelle 14: Entwicklung von Erzeugung, Aufkommen bzw. Verbrauch von Papier und Pappe sowie Faserstoffen in der bundesdeutschen Papierindustrie

1000t	1960	1970	1980	1986	1987	1988
Holzstoffherzeugung	678	914	1148	1403	1433	1508
-"- einfuhr	39	72	87	59	56	79
-"- ausfuhr	-	-	-	-	-	-
Zellstoffherzeugung	849	828	847	816	826	850
-"- einfuhr	744	1637	2371	3018	3143	3247
-"- ausfuhr	98	60	110	127	140	191
Altpapieraufkommen	1174	2403	3282	4548	4746	5024
-"- einfuhr	206	320	429	479	596	699
-"- ausfuhr	35	184	527	949	1014	1165
Papier-/Pappeverbrauch	4396	7621	9678	11286	11687	12367

Quelle: Verband Deutscher Papierfabriken, Bonn

Für den Einsatz von Holz zur Energieerzeugung liegen keine zuverlässigen Angaben vor. Es wird geschätzt, daß aus dem Wald und aus Flurholzanbau etwa 5 bis 10 Mio m³ Holz für Energiezwecke entnommen werden (Brennholzsortimente, Waldrestholz). Zusätzlich werden Resthölzer und Abfälle, die auf allen Produktionsstufen des Holzverarbeitenden Gewerbes in einer Größenordnung von bis zu etwa 20 Mio. m³ anfallen, rund zur Hälfte für die Energieerzeugung genutzt. Über den Einsatz von Altholz zur energetischen Verwertung liegen keine Angaben vor. Es wird aber bereits heute in erheblichem Umfang als Energierohstoff in der Industrie und der Müllverbrennung eingesetzt. Die bei der Zellstoff-erzeugung im Prozeß der Chemikalienrückgewinnung anfallenden organischen Bestandteile der Ablaugen (vor allem Lignosulfonsäuren und Kohlenhydrate) dienen in der Zellstoff- und Papierindustrie ebenfalls zur Energieerzeugung, soweit eine chemische Weiterverarbeitung unwirtschaftlich ist.

5.3.2 Marktsektor Massivholz und Holzwerkstoffe

Der Rückgang der Bautätigkeit und der Möbelproduktion in den Jahren 1980 - 1985 sowie der dadurch bedingte Produktionsrückgang in der Holzbe- und -verarbeitung konnten durch eine Ausweitung der Exporte z.T. abgemildert werden. So war es z.B. der Holzbearbeitung gelungen, sich sowohl auf den Auslandsmärkten als auch gegen ausländische Konkurrenz auf dem Inlandsmarkt zu behaupten. Wesentliche Absatzimpulse gingen dabei auch von einer erheblichen Verlagerung der Holzverwendung vom Neubau hin zur Altbauerneuerung und Renovierung aus. Trotz des in den letzten Jahren einsetzenden konjunkturellen Erholungsprozesses ist jedoch deutlich geworden, daß diese Marktsektoren nicht mehr zu den Wachstumsbranchen gezählt werden können. Dies spiegelt sich u.a. in den längerfristigen Prognosen über die jährlichen Wachstumsraten wider, die sich in der Größenordnung um lediglich einen Prozentpunkt bewegen.

Mittelfristig sind hier größere Verbrauchszunahmen nicht zu erwarten. Grundlegende Innovationen, von denen längerfristig eine beträchtliche Ausweitung der Verwendung erhofft werden könnte, sind gegenwärtig nicht in Sicht. In der Möbelproduktion ist zwar von einem weiteren Vordringen von mitteldichten Faserplatten (MDF) auszugehen. Diese Entwicklung wird aber im wesentlichen zu Lasten von Massivholz und anderer Holzzeugnisse gehen und nicht zu einem nennenswerten erhöhten Rohstoffbedarf führen. Es sind somit insgesamt erhebliche Anstrengungen erforderlich, um die Marktpositionen von Massivholz und Holzwerkstoffen gegenüber konkurrierenden Werkstoffen zu behaupten. Es ist auch künftig damit zu rechnen, daß die Konkurrenz aus anderen Produktbereichen (z.B. durch Erzeugnisse unter Verwendung von "Reaktorgips") den Expansionsbemühungen enge Grenzen setzt. Andererseits zeigen die relativ geringen Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (1,8% des Umsatzes im Holzbe- und -verarbeitenden Gewerbe im Vergleich zu 3,5% im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt) sowie der relativ

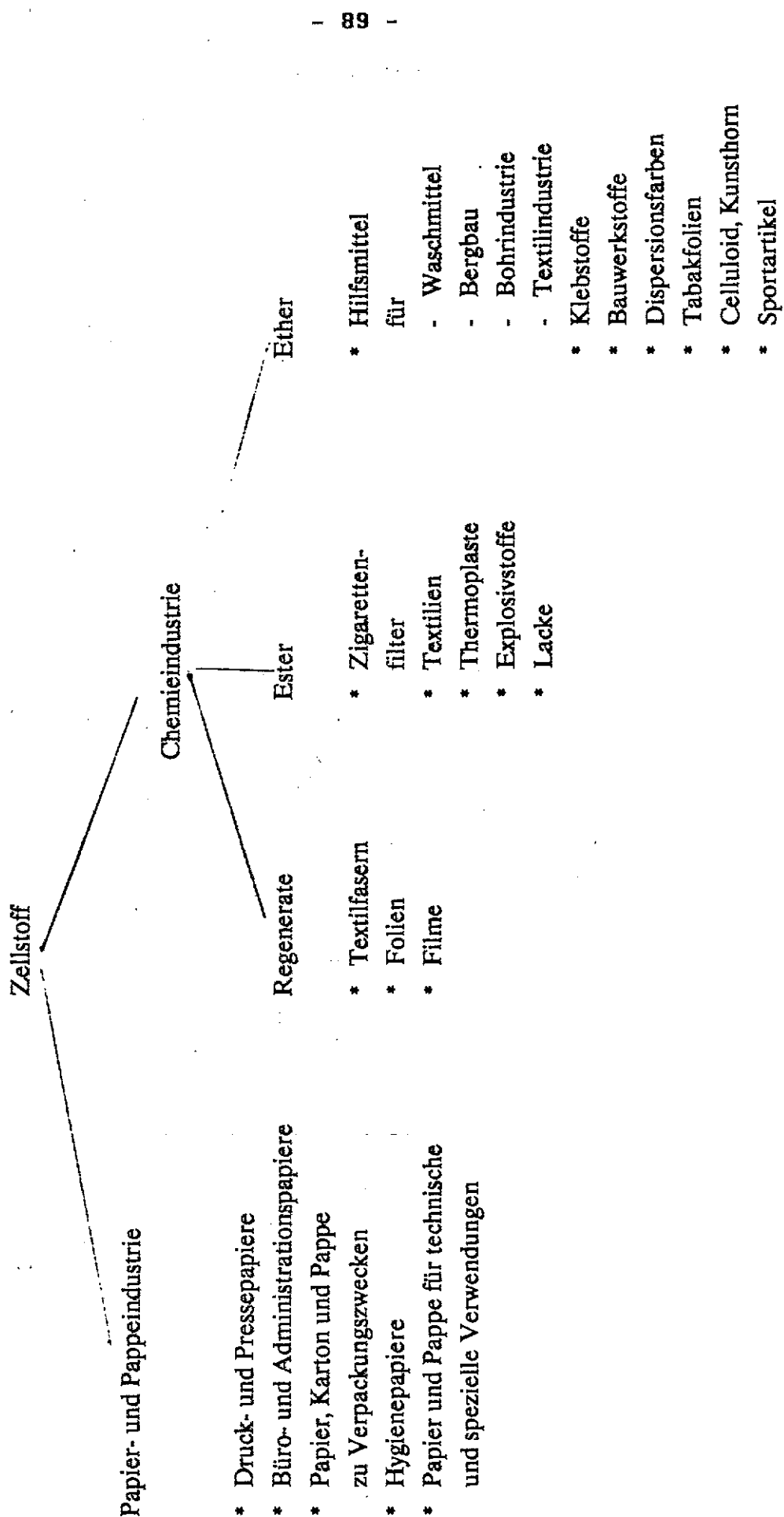
geringe Pro-Kopf-Verbrauch im Vergleich zu Nordamerika oder Skandinavien, daß im Bundesgebiet nicht unerhebliche Innovations- und Absatzreserven existieren.

5.3.3 Marktsektor Zellstoff und Papier

Von den rohholzaufnehmenden Wirtschaftszweigen bietet der Zellstoff- und Papiersektor mit prognostizierten Verbrauchszuwächsen von ca. 2 bis 3% jährlich die aussichtsreichsten Wachstumsperspektiven. Tabelle 15 gibt einen Überblick über die wichtigsten Zellstoffverwendungen. In diesem Bereich liegt zudem ein erhebliches Marktpotential, das bisher von der heimischen Zellstoffindustrie nur sehr unzureichend genutzt werden konnte. Die Ursachen hierfür liegen darin, daß die in der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich zum Ausland strengeren Umweltvorschriften und Fragen der Sicherstellung der Rohstoffversorgung eine Einführung des qualitativ besseren Sulfatverfahrens als bislang einzige Alternative zum Sulfitprozeß verhindert haben. Ob das Wachstum im Zellstoff- und Papiersektor auch der heimischen Forstwirtschaft zugute kommt, wird im wesentlichen von der erfolgreichen Praxisumsetzung neuer Holzaufschlußverfahren abhängen (vgl. Ziffer 5.4).

Vom Inlandsverbrauch in Höhe von derzeit über 3,6 Mio. t Zellstoff jährlich müssen ca. 80% in Form hochwertiger Sulfatzellstoffe eingeführt werden. Das darin liegende Substitutionspotential entspricht einer Holzmenge von rund 16 Mio. m³ und damit mehr als dem halben Jahreseinschlag. Insbesondere für zusätzlich auf den Markt gelangendes Kurzumtriebsholz, aber auch für das zur Zeit im Inland kaum verwertbare Kiefern-schwachholz wäre die Möglichkeit einer Importsubstitution bei Zellstoffen von großer Bedeutung.

Tabelle 15: Verwendungsbeispiele für Zellstoff



5.3.4 Marktsektor Chemische Holzverwertung

Die durch den Aufschluß von Holz gewonnene **Zellulose** (knapp 50% des Holzes) wird heute weit überwiegend zur Herstellung von Zellstoff für die Papier- und Pappeerzeugung eingesetzt. Lediglich etwa 250.000 Jahrestonnen von insgesamt 3,6 Mio. t Zellstoff finden noch in der inländischen Chemieindustrie für eine allerdings breite Produktpalette Verwendung (Tabelle 15). Die chemische Holzverwertung hat weltweit mit Ausnahme des Zellstoffbereiches in dem Maße an Bedeutung eingebüßt, wie die Petrochemie und kostengünstige synthetische Produkte Märkte für sich erschließen konnten.

So wären u.a. Entwicklungen zur Produktion natürlich abbaubarer Folien vorstellbar. Darüber hinaus scheint Zellulose geeignet als Trägermolekül für Arzneimittel und Farbstoffe. Hierzu bedürfte es aber entsprechender chemischer Modifikationen des Polysaccharids, die noch zu entwickeln wären. Die Hydrolyse des Holzes mit Mineralsäuren (Holzverzuckerung), die einen Zugang zu C₁-, C₅- und C₆-Oxychemikalien ermöglicht, wird zur Zeit nur noch in einigen Ostblockländern praktiziert. Grundsätzlich könnten hierfür Restholz oder Holzabfälle eingesetzt werden, die sich zur Zellstoffgewinnung nicht eignen. Man erhält - allerdings unter ziemlich drastischen Reaktionsbedingungen - zu Ethanol vergärbare Hexosen sowie eiweißreiche Hefen liefernde Pentosen. Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ließe sich erreichen, wenn neben der Zellulose eine gleichzeitige Mitverwertung sämtlicher Hemizellulosen und des Lignins erreicht werden könnte. Die Alkoholyse von Polysacchariden aus zellulosehaltigem Material wie Holz, Altpapier, Stärke oder Getreidestroh, die unter vergleichsweise viel milderen Bedingungen abläuft, bietet eine weitere Möglichkeit der Herstellung von Chemiegrundstoffen wie z.B. Methylälvulinat als Ausgangsprodukt für eine Vielzahl von "Oxychemikalien".

Lignine (20 - 30% des Holzes) fallen jährlich weltweit in der Größenordnung von 50 Mio. t als Alkalilignin aus dem Sulfataufschluß oder Ligninsulfonsäuren aus dem Sulfitaufschluß an. Sie haben bisher vor allem wegen des Einsatzes schwefelhaltiger Aufschlußchemikalien und den dadurch bedingten Veränderungen des Makromoleküls kaum eine höherwertige Verwendung gefunden, sondern werden i.A. zum Ausgleich der Wärmebilanz bei den jeweiligen Prozessen genutzt. Daneben kommen zur Zeit in der Bundesrepublik lediglich ca. 100.000 Jahrestonnen Sulfitablauge überwiegend als Bindemittel in der Viehfutter- und Klebstoffindustrie zum Einsatz. Die existierenden Verfahren zur Gewinnung phenolischer Produkte aus Lignin sind nicht konkurrenzfähig gegenüber der Herstellung von Phenolen auf der Basis Erdöl.

Zwei der unter Abschnitt 5.4 vorgestellten neuen Aufschlußverfahren bieten Aussichten auf eine entscheidende Verbesserung dieser Situation, da sie schwefelfrei arbeiten und die anfallenden technischen Lignine weniger stark kondensiert und verunreinigt sind. Potentielle Verwendungsmöglichkeiten wären insbesondere die Gewinnung von Polymeren (Phenoplasten, Epoxidharze oder Polyurethane) beispielsweise zur Herstellung von Klebstoffen bzw. schall- und wärmedämmenden Produkten.

Weiterhin besteht die Möglichkeit des Ligninabbaues zu niedermolekularen Phenolen und flüssigen Kohlenwasserstoffen (Hydrierung). Die einzigen derzeit hergestellten Abbauprodukte auf zudem mengenmäßig begrenzten Märkten sind Vanillin (Geschmacks- und Geruchsstoff in Nahrungsmitteln), UV-Absorber in Sonnenschutzcremes und Dimethylsulfoxid (Lösungsmittel in der chemischen und pharmazeutischen Industrie). Günstigere Aussichten bietet die katalytische Hydrogenolyse (direkte Verflüssigung), sofern ausreichend reines Lignin aus den neuen Aufschlußverfahren zur Verfügung gestellt werden könnte. Ähnlich verhält es sich mit der Pyrolyse, da auch hier reines Ausgangsmaterial bessere Ausbeuten an niedermolekularen Bestandteilen und damit eine verbesserte Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ermöglicht. Da das in der Chemieindustrie außerordentlich wichtige Acetylen auch aus Erdöl pyrolytisch gewonnen wird, entscheidet alleine die Frage der Wirtschaftlichkeit über die Art des eingesetzten Rohstoffes.

Hemicellulosen, die eine große Bandbreite von Polysacchariden abdecken und 25 bis 35% des Holzes ausmachen, werden bei der Zellstoffherzeugung aus prozeßtechnischen Gründen zumeist zusammen mit dem Lignin verbrannt. Angesichts des im Vergleich zum Lignin sehr niedrigen Heizwertes (ca. 16 MJ/kg gegenüber 26 MJ/kg bei Lignin) wäre ihre alternative Nutzung z.B. für biotechnologische oder chemische Zwecke sinnvoller. Die Möglichkeiten einer technischen Verwertung sind jedoch wegen der uneinheitlichen chemischen Zusammensetzung und den im Verlauf des Aufschlußprozesses mit schwefelhaltigen Chemikalien eintretenden Strukturveränderungen bislang gering. Nur in Sonderfällen wird die Gewinnung von Ethanol aus Hexosen und von Futterprotein aus Pentosen praktiziert. Die in der Sulfitablaue enthaltenen Pentosen und Hexosen werden jedoch in keinem Fall weiterverarbeitet, weil ihre Abtrennung von den Ligninsulfonsäuren und den anorganischen Aufschlußchemikalien unwirtschaftlich ist.

Perspektiven für neue Verwendungen bieten nur die Verfahren, bei denen Hemicellulosen in höherer Reinheit anfallen. Hierzu gehören das an der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH) entwickelte (nicht zur Zellstoffherstellung geeignete) Dampfdruck-Extraktionsverfahren, mit dem in Finnland bereits ein großer Teil der Weltproduktion am Zuckeraustauschstoff Xylit produziert wird, und die in Entwicklung befindlichen Organosolvverfahren.

Neue Verwertungsansätze sind z.B. enzymatisch modifizierte Hemizellulosen im Lebensmittelbereich und in der Medizin sowie als hydrophile Komponente in biologisch abbaubaren oberflächenaktiven Substanzen. Sollte sich der Einsatz von Enzymen bei der Zellstoffbleiche durchsetzen, böten sich Hemizellulosen als Kohlenstoffquelle bei der Produktion von Bleichenzymen an. Möglich wäre zudem die Vergärung von Hemizellulosen zu Butanol und Aceton oder die Herstellung von Xylonsäure als Entkalkungsmittel. In gewissen Fällen lassen sie sich zusammen mit Ligninen als Kleb- und Füllstoffe verarbeiten. Vielversprechend erscheint die Umwandlung von Hemizellulosen z.B. in Furfural und Lävulinsäure, die als universell einsetzbare Chemierohstoffe dem Holz eine Reihe interessanter Verwendungen erschließen könnten.

5.4 Voraussetzungen für eine verstärkte Holznutzung

Für eine Ausweitung der Holzverwendung im Bereich des **Massivholzes und der Holzwerkstoffe** bedarf es vor allem der Entwicklung neuer Produkte und des Angebots von Problemlösungen, die spezifischer auf die Bedürfnisse der Verarbeiter und Endverbraucher zugeschnitten sind als bisher. Die Holzbe- und -verarbeitung zählen zu den wenig forschungsintensiven Branchen. Auch fehlt es an einer systematischen und marktbezogenen Analyse der Bedarfsprofile, auf die dann Produkt- und Verfahrensentwicklungen gezielt ausgerichtet werden können. Da hier aber die Rohstoffeigenschaften des Holzes mit am besten einzusetzen sind und vom Markt auch abgegolten werden, spricht vieles dafür, daß durch intensivierte Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen auf längere Sicht Marktanteile behauptet und zusätzlich erschlossen werden können.

Vor allem drei Forschungsbereiche verdienen hierbei Priorität. Erstens muß es darum gehen, die Umweltfreundlichkeit des natürlichen Rohstoffes Holz stärker zur Geltung zu bringen. Dazu bedarf es verbesserter, umweltverträglicherer Produktionsverfahren in der Holzindustrie, weiterentwickelter moderner Endprodukte sowie eines unter den Gesichtspunkten des Einsatzspektrums und der Entsorgung mehr zielgerichteten Holzschutzes. Zweitens müßten Zukunftsmärkte systematischer und zielstrebig erschlossen werden. Drittens bliebe anzustreben, durch eine umfassende Holzausnutzung und -verwertung Belastungen der Umwelt zu verringern sowie Rohstoffkosten und Kosten der Abfallentsorgung einzusparen. Die heimische Forst- und Holzwirtschaft hat mit ihrem "Impulsprogramm Holz" mögliche Wege zur Deckung des Forschungs- und Entwicklungs- sowie des Informationsbedarfs der Wirtschaft aufgezeigt. Die Bundesregierung unterstützt diese Initiative, indem sie das Programm in eine Förderkonzeption Holz des BMFT einfließen läßt.

In der Technologie der **Zellstofferzeugung** zeichnen sich seit einiger Zeit verfahrenstechnische Entwicklungen ab, die nicht nur zu einer Entlastung bei den traditionell hohen Zellstoffeinfuhren und zu einer besseren Ausnutzung eigener Rohstoffressourcen führen können, sondern zugleich Perspektiven für eine Wiederbelebung der chemischen Holzverwertung bieten.

Eine nennenswerte Substitution importierter Zellstoffe wäre vor allem durch Einführung neuer Verfahren vorstellbar, die die hohen Qualitätsansprüche an Sulfatzellstoffe erfüllen, alle gängigen Holzarten aufschließen können sowie umweltverträglich und wirtschaftlich arbeiten. Drei neue in der Bundesrepublik Deutschland in Entwicklung befindliche Aufschlußverfahren auf Basis des Organosolvprinzips (Einsatz organischer Lösungsmittel) versprechen Aussicht auf Erfolg. Mit dem herkömmlichen Sulfitverfahren ist die heimische Zellstoffindustrie auf Dauer nicht in der Lage, an der Wachstumsentwicklung der Papierbranche teilzuhaben. Es bestünde sogar die Gefahr des Verlustes weiterer Marktanteile. Alle drei Neuentwicklungen haben inzwischen industrielle Unterstützung erfahren und werden nachfolgend kurz vorgestellt.

Das **Organocell-Verfahren** der MD-Technocell AG in München arbeitet mit Methanol/Wasser und Natronlauge (schwefelfrei). Die Zellstoffqualitäten liegen zwischen Sulfit- und Sulfatniveau. Es ist vorgesehen, das in relativ reiner Form anfallende Lignin sowie Teile der Hemizellulosen einer höherwertigen Verwendung zuzuführen. Die Chemikalienrückgewinnung soll im geschlossenen Kreislauf und damit praktisch abwasserfrei gefahren werden. Die Bleichbarkeit ist der von Sulfatstoffen ähnlich.

Das Verfahren wird seit Mitte 1988 in einer kontinuierlich laufenden Demonstrationsanlage mit einer Produktionsleistung von etwa 5 Tagestonnen erprobt und soll hierbei u.a. seine Wirtschaftlichkeit noch beweisen (Kosten ca. 30 Mio. DM, 50% Förderung durch BMFT). Sofern keine unvorhergesehenen Probleme auftreten, wird mit der großtechnischen Umsetzung des Verfahrens ab Anfang der 90er Jahre gerechnet. Die großtechnische Anlage ist auf eine Zellstoffkapazität von 120.000 Jahrestonnen projektiert. Das würde einem Holzbedarf in der Größenordnung von etwa 580.000 m³ pro Jahr entsprechen.

Die Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg (BFH) beschäftigt sich ebenfalls mit dem Holzaufschluß unter Einsatz organischer Lösungsmittel. Ein Ergebnis dieser Aktivitäten ist das ASAM-Verfahren, ein mit Methanol und Anthrachinon arbeitendes alkalisches Sulfatverfahren, das bisher im Labormaßstab zu sehr guten Ergebnissen geführt hat. Die Zellstoffqualitäten liegen deutlich über Sulfatniveau und sind in wichtigen Eigenschaften den Sulfatstoffen sogar überlegen. Eine separate Weiterverwertung von Hemizellulosen oder Lignin ist nicht möglich. Sie werden wie beim herkömmlichen Sulfatverfahren im Zuge der Chemikalienrückgewinnung eingedampft und verbrannt. Das Verfahren arbeitet aber mit geschlossenen Stoffkreisläufen und chlorfreier Bleiche.

Das ASAM-Verfahren soll zusammen mit der Kraftanlagen Heidelberg AG und der Feldmühle AG zur industriellen Reife entwickelt werden. Eine Pilotanlage wird voraussichtlich im August 1990 anlaufen (Kosten etwa 10 Mio. DM, 50% Förderung durch BMFT).

Der ebenfalls an der BFH im Labormaßstab durchgeführte Acetosolvaufschluß wird unter Einsatz von Essigsäure und Salzsäure entwickelt. Die Zellstoffqualitäten erreichen fast Sulfatniveau. Außerdem können Hemizellulosen und Lignin als Koppelprodukte in so reinem Zustand isoliert werden, daß eine höherwertige Weiterverwendung in der chemischen Industrie wirtschaftlich möglich erscheint. Z.B. ist das Acetosolvignin schwefelfrei, nur wenig kondensiert und weist außerdem keine Verunreinigungen durch Kohlenhydrate und anorganische Salze auf. Da bei diesem Verfahren keine Chemikalienrückstände auftreten, entstehen auch keine Waschwässer. Die Bleiche ist chlorfrei durchzuführen.

Zur praktischen Erprobung dieses Verfahrens hat die Firma Kunz und Co. Gschwend, mit Unterstützung des Landes Baden-Württemberg eine Pilotanlage erstellt, die im Februar 1989 in Betrieb gegangen ist (Kosten ca. 3,5 Mio. DM, 20%ige Förderung des Landes Baden-Württemberg).

5.5 Ökonomische Aspekte

5.5.1 Gesamtwirtschaftliche Fragen

Eine Aufforstung landwirtschaftlicher Flächen würde langfristig und dauerhaft die Rohstoffbasis Holz vergrößern und damit einen Beitrag zur Sicherung der Rohstoffversorgung leisten. Dem kommt angesichts des bei nur rund 50% liegenden Selbstversorgungsgrades bei Holz und Holzzeugnissen in der EG ein hoher Stellenwert zu.

Holz ist ein natürlicher und umweltfreundlicher Rohstoff, der vielseitig eingesetzt werden und damit zu einer Entlastung von Engpässen in der allgemeinen Rohstoffversorgung in

Krisenzeiten beitragen kann. Wegen der langen forstlichen Produktionszeiträume sowie der Möglichkeit einer Variation von Verwendungsart, Nutzungsintensität und -zeitpunkt des stehenden Holzvorrates in einem Zeitrahmen von Jahrzehnten stellen vor allem Waldflächen ein Rohstoffpotential dar, auf das ohne kostenträchtige Lagerung flexibel zurückgegriffen werden kann.

5.5.2 Betriebswirtschaftliche Fragen

Ein forstlicher Betriebsteil kann oft ohne größere Probleme an den landwirtschaftlichen angegliedert werden. Im einzelbetrieblichen Abwägungsprozeß für oder gegen eine Erstaufforstung sind verschiedenste Überlegungen von Bedeutung. Die persönliche Wertschätzung des damit langfristig verbundenen Vermögenszuwachses gehört ebenso dazu wie die Erhöhung der betrieblichen Flexibilität, die sich durch die Lage der forstwirtschaftlichen Arbeitsspitzen im Winterhalbjahr ergibt. Die geringe Fixkostenbelastung für diesen Produktionsbereich kann mitbestimmend sein wie auch die Möglichkeit, die landwirtschaftliche Maschinenausstattung unter Umlage der Gesamtfixkostenbelastung des Betriebes auch auf den Aufforstungsflächen zu nutzen. Im größeren forstlichen Betrieb können die unterschiedlichen Ertrags- und Aufwandsphasen der einzelnen Flächen ausgeglichen werden. In kleineren Betrieben und für erstaufgeforstete Flächen besteht diese Möglichkeit meist nicht. Kleinere Waldungen haben deshalb für den bäuerlichen Betrieb über Generationen hinweg oft allein die Funktion der Vermögensanlage (Sparkassenfunktion).

Die derzeit nicht befriedigende Ertragslage in der Forstwirtschaft und eine verbreitete Unsicherheit über die weitere Entwicklung der Waldschäden lassen eine Erstaufforstung aus einzelwirtschaftlicher Sicht vielfach wenig attraktiv erscheinen. Der Reinertrag im Privatwald betrug nach den Buchführungsergebnissen der Agrarberichte bei herkömmlichen Umtriebszeiten im Durchschnitt der Jahre 1984 bis 1987 90 DM je ha. Für Schnellwuchsplantagen liegen bisher nur Ergebnisse aus Forschungsvorhaben vor. Der forstlichen Produktion sind infolge der historischen Entwicklung im allgemeinen die ertragsarmen Standorte zugewiesen. Auf ertragsstarken Böden kann sie erheblich höhere Leistungen erbringen.

Für betriebswirtschaftliche Überlegungen von größter Bedeutung ist die zeitliche Struktur von Aufwendungen und Erträgen in der Forstwirtschaft im Vergleich zur Landwirtschaft. Mit einer Aufforstung sind zunächst erhebliche Investitionskosten verbunden. Diese werden durch staatliche Zuschüsse erheblich gemildert (vgl. Ziffer 5.2.3). Nach der Aufforstung ist aber eine längere Zeitspanne zu überbrücken, in der keine positiven Erträge zu erwarten, sondern vielmehr zusätzlicher Pflegeaufwand erforderlich ist. Dieser ertragslosen

Periode können aber am Ende der Umtriebszeit hohe Erträge gegenüberstehen. Umrechnungen dieser Erträge auf die gesamte Umtriebszeit und Kalkulationen regelmäßiger jährlicher Erträge sind wegen der langen Zeiträume in Abhängigkeit vom jeweils gewählten Zinsfuß in hohem Maße beeinflussbar sowie infolge erheblicher Unsicherheiten beim Ansatz künftiger Preis-/Kostenverhältnisse schwierig. Aufgrund der erheblichen Unterschiede in der Produktionsdauer und der zeitlichen Struktur von Aufwendungen und Erträgen zwischen land- und forstwirtschaftlicher Produktion haben deshalb Deckungsbeitragsvergleiche, die zwangsläufig nur gegenwärtige Ertrags- und Aufwandsverhältnisse in die Zukunft fortschreiben, nur geringe Aussagekraft sowohl für eine ökonomische Begründung von Erstaufforstungen als auch für die Herleitung von Förderbeiträgen, die für eine Mobilisierung der Aufforstungsbereitschaft erforderlich wären.

5.6 Konkurrenzbeziehungen

Nicht nur in der Bundesrepublik Deutschland haben konkurrierende Rohstoffe und Energieträger, die im Laufe der Zeit preisgünstig in ausreichenden Mengen verfügbar wurden, Holz aus vielen angestammten Verwendungsbereichen verdrängt. Bei einer Verteuerung dieser Konkurrenzprodukte könnte sich Holz in vielen der derzeitigen Verwertungsbereiche besser am Markt behaupten und auch wieder in solche Märkte vordringen. Eine Schlüsselrolle spielen die Preise für fossile Rohstoffe und Energieträger. Insbesondere bestimmt der Rohölpreis unmittelbar die Wettbewerbskraft hinsichtlich des Einsatzes von Holz als Energieträger und auch als Rohstoff für die chemische Industrie. Mittelbar wird durch ihn aber auch die Wettbewerbsfähigkeit in Produktionsbereichen mit hohem Energiebedarf beeinflusst.

In Falle der Anlage von Schnellwuchsplantagen in größerem Umfang könnte der Holzmarkt langfristig mit einem nennenswerten zusätzlichen Angebot an Hackschnitzeln rechnen, die dann im Wettbewerb mit Industrie- und Brennholzsortimenten aus herkömmlichen Wäldern stehen. Diese Produktion von Biomasse konkurriert ferner mit dem Anbau von Einjahrespflanzen, mit Waldrestholz und Stroh bei der thermischen und chemischen Nutzung.

5.7 Aktivitäten

5.7.1 Bund

Siehe Projektlisten des BML und BMFT.

5.7.2 Länder

Projekte, die die Forstwirtschaft in den traditionellen Bereichen betreffen, werden hier nicht aufgeführt.

In Hessen wird seit 1976 an der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt in Hannoversch-Münden der Anbau schnellwachsender Baumarten untersucht. Mögliche Verwertungsbereiche sind Energiegewinnung, Spanplatten-, Zellstoff- und Papierherstellung sowie chemische Industrie. Abschließende Ergebnisse liegen noch nicht vor.

5.7.3 EG-Kommission und Rat

Die EG hat am 29. Mai 1989 ein forstwirtschaftliches Aktionsprogramm (Strategie und Maßnahmen der Gemeinschaft auf forstwirtschaftlichem Gebiet) verabschiedet, das u.a. auf die verstärkte Förderung der Aufforstung freierwerdender landwirtschaftlicher Flächen abhebt. Wesentliche Ziele sind dabei die Stützung der ländlichen Räume und die Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen. Das erste Maßnahmenbündel im Zeitraum von 1989 bis 1992 konzentriert sich auf folgende Gebiete:

- Aufforstung landwirtschaftlicher Nutzflächen,
- Entwicklung und Aufwertung der Wälder in ländlichen Gebieten,
- Förderung der Korkproduktion,
- Schutz des Waldes gegen Luftverschmutzung und gegen Brände,
- Begleitende Maßnahmen (Förderung der Holzverarbeitung, Informationssystem, europäischer Forstausschuß).

Im Bereich der Forschungsförderung führt die EG-Kommission seit 1982 Holz- und Korkprogramme durch. Ein Fortsetzungsprogramm "Erneuerbare Rohstoffe, Wald- und Holzprodukte" ist für die Periode von 1990 bis 1992 in Vorbereitung (Mittelansatz 12 Mio. ECU). Die Programmziele verfolgen einerseits die Steigerung der Verfügbarkeit qualitativ

höherwertigen Holzes unter Wahrung ökonomischer und Umweltinteressen sowie andererseits eine Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Holzindustrien und eine Steigerung der Holzverwendung insgesamt. Folgende Schwerpunktgebiete stehen im Vordergrund:

- Ressourcen des Waldes,
- Holztechnik,
- Zellstoff- und Papierherstellung.

5.7.4 Sonstige

Im Bereich der Forschung und Entwicklung existieren weltweit nahezu 600 Forschungseinrichtungen der Forst- und Holzwirtschaft (darunter 41 in der Bundesrepublik Deutschland). Ein Überblick über die Arbeiten in Drittländern würde den Rahmen dieser Darstellung sprengen.

5.8 Benutzte Quellen

Holz als nachwachsender Rohstoff. Band 14 der Schriftenreihe des Dachverbandes Agrarforschung (1987), Verlagsunion Agrar.

IFO (1988). Bestimmungsfaktoren des Fasereinsatzes in der Papierindustrie der Bundesrepublik Deutschland. Band 36 der IFO-Studienreihe zur Industriewirtschaft.

IFO (1988). Holzbearbeitung. Heft 43 der IFO-Reihe Struktur und Wachstum.

ZHF (1987). Veränderungen der Struktur und Kapazität der Sägeindustrie. ZHF e.V. Freiburg i.Br.

BML (1988). Konzeption zur Verstärkung der Erstaufforstung in der Bundesrepublik Deutschland. Bonn.

BFH (1988). Holzbilanzen 1987 der Bundesrepublik Deutschland. Hamburg.

BML (1988). Holzmarktbericht 1. Quartal des Forstwirtschaftsjahres 1989. Bonn.

Verband Deutscher Papierfabriken (1989). Papier 1989. Bonn.

Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten Hann.-Münden (1987). Bewirtschaftung Schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb.

Anbau schnellwachsender Laubbaumarten in Kurzumtrieben auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Kolloquium an der Universität München Anfang 1988

Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala (1984). Energy Forestry.
EG-Kommission. Strategie und Maßnahmen der Gemeinschaft auf forstwirtschaftlichem Gebiet. EG-Kommission (PFOR/620)

EG-Kommission. Evaluation report of the wood programme 1989 - 1992. EG-Kommission CGC 60/88.

FAO (1986). World compendium of forestry and forest products research institutions. FAO Forestry Paper 71.

ECE/FAO (1986) European Timber Trends and Prospects to the year 2000 and beyond.

Deutscher Forstwirtschaftsrat, Deutscher Holzwirtschaftsrat (1988). Impulsprogramm Holz für die Bundesrepublik Deutschland.

Dachverband Agrarforschung (1988). Forschungsförderung Nachwachsende Rohstoffe - Bereich Holz

6. Heil- und Gewürzpflanzen

6.1 Pflanzenarten

Mit Heil- und Gewürzpflanzen werden alle Pflanzenarten bezeichnet, die durch ihre sekundären Inhaltsstoffe Krankheiten bei Mensch und Tier lindern oder heilen können, bzw. die Geschmackseigenschaften von Speisen und Getränken positiv beeinflussen und deren Verdaulichkeit verbessern. Bei einigen Arten sind die Übergänge zum Gemüse oder zu den Ölfrüchten fließend (z.B. Meerrettich, Zwiebel, Schwarzer Rettich; z.B. Lein, Ringelblume, Arzneifenchel). Zu den Hauptwirkstoffgruppen zählen z.B. ätherische Öle, Bitterstoffe, herzwirksame Glykoside, Saponine, Alkaloide, Harze, Flavonoide, Gerbstoffe, Fette und Öle.

Man kann folgende Begriffe unterscheiden:

Heilpflanzen oder Heilkräuter sind Pflanzen, die allgemein auf Gebrechen von Mensch und Tier eine lindernde oder heilende Wirkung ausüben.

Arzneipflanzen oder Medizinalpflanzen werden eigens zum Zwecke der Verwertung zu Arzneimitteln angebaut oder in größeren Mengen gesammelt. Die als "sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe" bezeichneten Wirkstoffe sind in verwertbaren Konzentrationen enthalten und ihre pharmakologische spezifische Wirkung ist meist bekannt. Unabhängig von obenstehender Definition wird im folgenden nur von Heilpflanzen gesprochen.

Unter Gewürzpflanzen bzw. pflanzlichen Gewürzen sind naturbelassene Teile von Pflanzen zu verstehen, oft getrocknet oder mechanisch bearbeitet, die wegen ihres Gehaltes an aromatischen und scharfen Bestandteilen als würzende, geschmacksverbessernde Zutaten zur Nahrung geeignet und bestimmt sind. Gewürzpflanzen sind fast ausnahmslos auch Heilpflanzen.

Die Gruppe der Heil- und Gewürzpflanzen umfaßt ca. 60 verschiedene, unter unseren Standortbedingungen kultivierbare Arten aus dem Bereich der Wurzel-, Blatt-, Blüten- oder Körnerfrüchte Tab. 16 erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Tab. 16: Anbaufähige Heil- und Gewürzpflanzen in der Bundesrepublik Deutschland

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| 1. Alant | 32. Kornblume |
| 2. Angelika | 33. Kümmel |
| 3. Anis | 34. Lein |
| 4. Arnika | 35. Liebstöckl |
| 5. Baldrian | 36. Löwenzahl |
| 6. Basilikum | 37. Maiglöckchen |
| 7. Bibernelle | 38. Majoran |
| 8. Blaue Malve | 39. Mariendistel |
| 9. Bockshornklee | 40. Minze-Arten |
| 10. Bohnenkraut | 41. Muskateller-Salbei |
| 11. Borretsch | 42. Nachtkerze |
| 12. Brennessel | 43. Pestwurz |
| 13. Dill | 44. Petersilie |
| 14. Engelwurz | 45. Quecke |
| 15. Enzian, gelber | 46. Ringelblume |
| 16. Eibisch | 47. Salbei |
| 17. Estragon | 48. Schachtelhalm |
| 18. Fenchel | 49. Schafgarbe |
| 19. Fingerhut | 50. Schlüsselblume |
| 20. Frauenmantel | 51. Schöllkraut |
| 21. Goldrute | 52. Schnittlauch |
| 22. Herzgespann | 53. Schnittsellerie |
| 23. Holunder | 54. Senf |
| 24. Huflattich | 55. Sonnenhut-Arten |
| 25. Johanniskraut | 56. Spitzwegerich |
| 26. Kalmus | 57. Steinklee, gelber |
| 27. Kamille | 58. Thymian |
| 28. Kapuzinerkresse | 59. Weidenröschen (kleines) |
| 29. Kerbel | 60. Ysop |
| 30. Knoblauch | 61. Zitronenmelisse |
| 31. Koriander | |

6.1.1 Anbau

Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts werden in Deutschland feldmäßig Heilpflanzen als Rohstoffe für die pharmazeutische Verarbeitung angebaut. Der Anbau in der Bundesrepublik Deutschland ging wegen fortgesetzter Preiseinbrüche durch Importe und damit verbundener wirtschaftlicher Unsicherheit, aber auch durch die Umstrukturierung der Land-

wirtschaft fast völlig zurück. Im gesamten Bundesgebiet dürfte unter Zugrundelegung der Daten des Statistischen Bundesamtes im Rahmen der Bodennutzungserhebung 1987 die Anbaufläche etwa bei 2200 ha liegen. Die Anbaufläche in Bayern hat sich in den letzten 10 Jahren auf etwa 700 ha verdreifacht.

In Hessen befinden sich ebenfalls größere Anbaugelände. Dort sind folgende Anbaumodelle begonnen oder in Vorbereitung, Wildfrüchteprogramm der Erzeugergemeinschaft AGRI-MED mit Sanddorn, Aronia (Zwergvogelbeere), Holunder, Eberesche, Hagebutte etc., ferner Muskatellersalbei, Fenchel u.a..

6.1.2 Qualitätsaspekte

Weltweit sind gegenwärtig etwa 850.000 verschiedene Pflanzenarten bekannt. Von diesem reichhaltigen natürlichen Angebot sind schätzungsweise 500 Arten auf mögliche Heilwirkungen näher untersucht worden. Experten schätzen, daß etwa 20.000 Arten Heileigenschaften und Wirkkräfte besitzen. Auf der Suche nach weiteren heilkräftigen Substanzen werden in den Forschungslabors vieler Länder, besonders aber in den USA und in der UdSSR, nicht nur aus der Volksheilkunde überlieferte bekannte Heilkräuter geprüft, sondern auch neue Arten systematisch und intensiv untersucht.

Von den rund 60 Heil- und Gewürzpflanzenarten, die im Inland anbaufähig sind, gibt es nur in Einzelfällen Zuchtsorten mit hoher Leistungsfähigkeit. Um die nötige Homogenität der Rohware zu erreichen und die Voraussetzung für die geforderte Standardisierung pharmazeutischer Präparate zu schaffen, wäre eine Intensivierung der Züchtungsforschung dringend geboten. Gerade weil die heutigen Herkünfte unserer Heilpflanzen noch den Wildpflanzen nahestehen, sind auf diesem Gebiet vor allem durch Selektion schnellere und bedeutsame Züchterfolge zu erwarten.

Ein künftiger inländischer Heil- und Gewürzpflanzenanbau steht und fällt mit dem Qualitätsangebot. Erschwerend dabei ist, daß nicht nur die äußere Qualität, Homogenität und Reinheit, sondern auch die nicht sichtbaren Güteigenschaften nach Maßgabe des Deutschen Arzneibuches (DAB), z.B. Mindestgehalte an Inhaltsstoffen, Unbedenklichkeit hinsichtlich Pflanzenschutzmitteln u.a. Umweltrückständen, ausschlaggebend für die Rohstoffbeurteilung sind. Die Anforderungen einzelner Arzneimittelhersteller gehen nicht selten über die allgemeinen Vorschriften hinaus. Erstrebenswert sind einheitliche Richtlinien der Probenahme und Qualitätsprüfung.

6.2 Traditionelle Nutzungen

Nach Expertenschätzung besteht etwa die Hälfte der weltweit am Markt befindlichen Arzneimittel ganz oder teilweise aus pflanzlichen Rohstoffen, sei es als isolierte Reinsubstanz, als Extrakt oder Droge.

Der Produktionswert pharmazeutischer Erzeugnisse in der Bundesrepublik Deutschland erreichte im Jahre 1987 21,4 Milliarden DM. Schätzungsweise sind ein Drittel der Erzeugnisse auf pflanzlicher Basis hergestellt. Dabei ist bemerkenswert, daß die Gruppe der Phytopharmaka zunehmend ihre Anteile am Arzneimittelmarkt erhöhen konnte. Gründe sind die wachsende Nachfrage der Bevölkerung nach natürlichen Heilmitteln, mehr Selbstmedikation und zunehmende Ablehnung chemischer Präparate.

Die Pharmaindustrie nutzt die wachsende Nachfrage der Phytopharmaka und den Trend zunehmender Selbstmedikation mit sog. milden Heilmitteln. Zur Rohstoffversorgung sollten in diesem Bereich verstärkt Heilpflanzen aus heimischem Anbau Berücksichtigung finden, weil hier die Voraussetzungen geschaffen werden könnten für erweiterte Forderungen über Wirksamkeit, Qualität und Unbedenklichkeit. Durch das System des kontrollierten Anbaues werden weitgehend Gewähr und Einflußnahme der Industrie auf die Rohdroge angeboten. In zunehmendem Maße sind landwirtschaftliche Betriebe bereit, Heilpflanzen im alternativen Anbau nach Demeter-, Bioland- oder Neuformrichtlinien anzubauen.

6.3 Überlegungen zu einer verstärkten Nutzung im Inland erzeugter Rohstoffe

Die deutsche pharmazeutische Industrie deckt heute ihren Rohstoffbedarf für die Arzneimittel auf pflanzlicher Basis zu 90 % aus Importen. Nach der Statistik des Jahres 1987 lagen die Mengeneinfuhren bei Heil- und Gewürzpflanzen mit 174.560 t bei einem Wert von 483 Mio. DM.

Bei den Importzahlen werden meistens nur Sammelgruppen ("andere" Pflanzen, "andere" Gewürze) genannt. Die gesondert ausgewiesenen Arten Anis, Sternanis, Koriander, Fenchel, Kümmel und Thymian, die im Inland kultiviert werden könnten, verfügten 1987 über eine Importmenge von 7.449 t im Wert von 12,2 Millionen DM. Der Gesamtimport an Gewürzen lag etwa bei 46.200 t im Wert von 253 Millionen DM.

Bei den Heilpflanzen sind nur Kamille, Pfefferminze und Leinsamen "für andere Zwecke" gesondert ausgewiesen. Der Import dieser Arten lag 1987 bei 27.420 t im Wert von 51 Millionen DM. Der Gesamtimport an Heilpflanzen lag etwa bei 128.360 t im Wert von 230 Millionen DM.

Neben den Rohdrogen nimmt auch der Import von Extrakten und isolierten Reinsubstanzen aus Erzeugerländern zu. Sie sind am Aufbau eigener Verarbeitungsindustrien interessiert und schränken dafür den Rohdrogenexport ein.

Nachdem es auch künftig nicht möglich sein wird, den Hauptteil des Rohdrogenbedarfes im Inland zu decken, wird die bewegte Preisentwicklung mit Versorgungsengpässen durch Mißernten und politischen Schwierigkeiten in den Erzeugerländern nicht zu ändern sein. Eine Rückbesinnung auf den heimischen Anbau begann Ende des letzten Jahrzehnts durch eine Umorientierung der drogenverarbeitenden Industrie und unserer Land- und Gartenbauwirtschaft. Lebensmittelgesetz und neues Arzneimittelgesetz, letzteres mit einer Übergangszeit bis zum Jahre 1990, fordern bindend für die Herstellung von Pflanzenheilmitteln den Nachweis über Unbedenklichkeit, Wirksamkeit und standardisierte Qualität der Rohware. Zudem wirken sich die strengeren Naturschutzgesetze einschränkend auf Wildsammlungen, vor allem in den Zulieferländern, aus.

Beschreitet die Pharma-Industrie neue Wege, z.B. mit der Herstellung von Arzneimitteln zur Stimulierung der natürlichen Körperabwehrkräfte, um Krankheiten wirksam vorzubeugen, und benötigt sie dafür Frischsäfte von Arzneipflanzen, ist hierzu der fabriksnahe Anbau geradewegs prädestiniert. Die Landwirtschaft muß dabei künftig mehr Serviceleistungen erbringen. Durch Nacherntebehandlungen über Reinigung und Trocknung hinaus, z.B. Entölen der Mariendistelfrüchte oder Schalen der Sonnenblumenkerne, sind erweiterte Dienstleistungen sinnvoll und einkommenswirksam.

Eine Ausweitung des Anbaues von Heil- und Gewürzpflanzen könnte mit einer Erweiterung des Absatzes für Kosmetika und der Herstellung von Naturfarben verbunden werden.

Weitere, gegenwärtig nicht überschaubare Einflußgrößen, von denen eine weitere Anbauausweitung ausgehen könnte, sind:

- der Naturschutz (Auswirkung der Bundesartenschutzverordnung bei den Importen);
- die Kontamination der Importware mit Pflanzenschutzmitteln und Schwermetallen;
- witterungs- oder politisch bedingte Engpässe bei der Rohwarenlieferung aus dem Ausland;
- die Bereitschaft der Abnehmerseite, für heimische Ware eventuell höhere Preise zu bezahlen;
- die Fähigkeit der Landwirte, kostengünstiger zu produzieren und die Qualität ihrer Produkte zu verbessern (maschinelle Entwicklungen, Erfahrungssammlung);
- die Aufnahme weiterer Arten in die Anbaupalette;
- die Eignung bestimmter Heil- und Gewürzpflanzenarten für weitere Verwertungsmöglichkeiten (z.B. Koriander, Fenchel, Ringelblume für die Fettstoffindustrie).

In überwiegendem Maße wird ein Vertragsanbau praktiziert. Die künftige Anbauentwicklung hängt ganz entscheidend von der Preisentwicklung für die Ernteprodukte ab, die ihrerseits vom Weltmarkt gesteuert wird. Da Heil- und Gewürzpflanzen nur in Ausnahmefällen subventioniert werden oder die Einfuhr nicht restriktiv gehandhabt wird, schlägt jede Änderung des Rohwarenangebotes auf dem Weltmarkt voll auf den Preis im Inland durch. Die Folge sind starke Preisschwankungen, wenn dieser Entwicklung nicht durch einen Vertragsanbau mit der Möglichkeit kurzfristiger Flächenreduzierung Einhalt geboten werden kann.

6.4 Ökonomische Aspekte

Infolge der vielen Arten, der relativ geringen Zahl der Betriebe, der unterschiedlichen Betriebs- und Absatzstrukturen und stark schwankender Preise ist es sehr schwierig, allgemein verbindliche betriebswirtschaftliche Aussagen zu machen. Wegen der deutlichen Zurückhaltung vieler Betriebe, aus Konkurrenzgründen realistische Angaben zu machen, gibt es wenig Veröffentlichungen über betriebswirtschaftliche Untersuchungen. Der Rohertrag pro Hektar unterliegt naturgemäß großen Schwankungen und kann bis zu 50.000 DM betragen. In der Regel gibt es wie oben ausgeführt keine öffentliche Stützung.

Vom Gesamtanbau her gesehen haben die Heil- und Gewürzpflanzen keine große Bedeutung, betrachtet man sie aber aus der Sicht des kleineren Einzelbetriebes mit hohem AK-Besatz und Flächenknappheit, so können diese Arten eine Möglichkeit zur Sicherung des Betriebseinkommens und zur Erhaltung der Tätigkeit in der Landwirtschaft bieten. Voraussetzung hierfür ist ein aufnahmefähiger Markt zu kostendeckenden Preisen.

6.5 Konkurrenzbeziehungen

Arzneimittel auf pflanzlicher Basis stehen in direkter Konkurrenz zu chemischen Präparaten. Verbände der Arzneimittelhersteller bestätigen allgemein den Trend zu den Phytopharmaka und die wachsende Nachfrage nach Heilmitteln zur Selbstmedikation.

Positiv sind auch die Tendenzen beim Würzmittelverbrauch. Auch hier ist eine Bevorzugung der heimischen Pflanzengewürze vor Kochsalz und scharfen Importgewürzen feststellbar. Diese Auswirkungen stehen in Zusammenhang mit der Änderung vieler Eßgewohnheiten, im besonderen dem Streben nach gesunden Ernährungsweisen, sowie mehr Diät- und Rohkostnahrung.

Eine vollständige Substitution der Importe durch inländische Produktion ist allerdings allein aus Preis-Kosten-Gründen völlig unrealistisch. Nicht vergessen werden dürfen in diesem Zusammenhang auch die Entwicklungshilfe-Politik der Bundesregierung und die in-

ternationalen Geschäftsverbindungen (Kompensationsgeschäfte, Kopplung bestimmter Produkte an andere). Insgesamt wird der Selbstversorgungsgrad der Bundesrepublik Deutschland bei Heil- und Gewürzpflanzen rein aus klimatischen Gründen immer niedrig bleiben müssen, da wichtige Arten wie z.B. Pfeffer, Vanille, Gewürznelken, Cinchona, Ginseng oder Hibiskus hier nicht angebaut werden können.

Darüber hinaus besteht eine Konkurrenz zu biotechnologischen Verfahren zur Herstellung von Arznei- und Gewürzstoffen. Z.B. hat derart erzeugtes Vanillin einen großen Marktanteil. Auch die Nutzung von Zellkulturtechniken schreitet voran.

6.6 Aktivitäten

6.6.1 Bund

Der Bund fördert derzeit einige wenige Projekte (Modell- sowie FuE-Vorhaben) zum Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen. Darüber hinaus werden Gewürzarten wie Petersilie, Schnittlauch oder Obstarten wie Holunder u.a. im Rahmen der Marktordnung für Obst und Gemüse nach der EG-Verordnung 1035/78 gestützt. Außerdem ist beabsichtigt, im Rahmen der Novellierung des Marktstrukturgesetzes die Liste der Erzeugnisse, die nach diesem Gesetz gefördert werden können, um Heil- und Gewürzpflanzen zu erweitern. Küchenkräuter sind in der Änderung enthalten, der das Bundeskabinett im Juni 1989 zugestimmt hat.

6.6.2 Länder

Saarland:

Der innerhalb des Forschungs- und Technologieprogramms (FTP) der saarländischen Landesregierung geförderte Betrieb Flavex Naturextrakte GmbH in Rehlingen verarbeitet Arznei- und Gewürzpflanzen (überwiegend ausländische, aber auch deutsche Ware) mittels einer schonenden Extraktion mit Kohlensäure. Die gewonnenen Konzentrate gehen zur Weiterverarbeitung in die Parfüm-, Kosmetik- und Lebensmittelindustrie.

Hessen:

Im Frühjahr 1988 wurde eine "Hessische Erzeugergemeinschaft für Medizinalpflanzen und Biorohstoffe" (AGRI-MED) gegründet. Die Erzeugergemeinschaft hatte im September 123 Mitglieder und unterstützt die Erzeuger bei der Einführung von anbauwürdigen neuen Kulturen. Erste Erfahrungen lassen erwarten, daß sich einige Kräuter- und Blütendrogen, aber auch bestimmte Samenöle zu ökonomisch interessanten Rohstoffen für pharmazeutische Zwecke entwickeln lassen. Eine Ausdehnung der Fläche von heute 50 auf 200 ha scheint daher möglich. Seitens der Landesregierung werden diese Aktivitäten durch ein umfassendes Beratungsangebot unterstützt. Gleichzeitig werden zur Minderung des Einführungsrisikos durch entsprechend hohe Investitionen Finanzierungshilfen zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurde von Hessen eine Ergänzung der Anhangliste zum Marktstrukturgesetz angeregt, um damit eine Anerkennung der Erzeugergemeinschaft nach Maßgabe des Marktstrukturgesetzes zu ermöglichen.

Im Werra-Meißner-Kreis wurde im Dezember 1987 ein "Arbeitskreis Ackerbau" mit 35 Mitgliedern gegründet. 29 davon haben 1988 zusammen ca. 50-60 ha "Muskateller-Salbei" für die Firma Henkel, Düsseldorf, angebaut. Bei erfolgreichem Verlauf des ersten Anbauversuchs ist an eine rasche und erhebliche Ausweitung der Anbaufläche gedacht sowie an die Errichtung einer eigenen Extraktionsanlage.

Weitere erwähnenswerte Aktivitäten sind:

- Entwicklung von Anbautechnologien für über 20 Pflanzenarten
- Inkulturnahme von Arzneipflanzen mit Wildcharakter, z.B. Bergarnika, Schlüsselblumen, Muskateller-Salbei, Aronia etc. in Zusammenarbeit mit Industriefirmen
- Pilotprojekte: Erntemaschinen zur Blütenpflücke; Optimierung der Beerntung von Körnerdrogen mit Mähdreschern
- Investitionen für private und landwirtschaftliche Trocknungsanlagen, Versuche zur besonders schonenden Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen nach dem System der Lufttrocknung mit Wärmerückgewinnung.
- Entölen von Körnerdrogen bzw. Ölpressung mit Hilfe von Spezial-Spindelpressen
- Versuche zur Verwertung von Ernterückständen, z.B. Stroh von Diät-Lein
- Studie beantragt zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit der Gewinnung ätherischer Öle mit mobilen Destillationsanlagen insbesondere zur Verwertung von Ernterückständen.

Bayern:

Die Landesanstalt für Landtechnik an der TU München wurde mit der Konstruktion eines automatischen Gießwagens für die Anzucht von Heil- und Gewürzpflanzen beauftragt.

Die Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau erarbeitet im Rahmen ihrer Tätigkeit pflanzenbauliche Grundlagen und Kulturanleitungen für 25 Arten im Bereich der Heil- und Gewürzkräuter.

Rheinland-Pfalz:

Unter Betreuung des Ministeriums für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten laufen 1988 folgende Projekte und Projektskizzen:

Erschließung des Marktes für Natursüßstoffe, speziell für Diabetiker, durch

- Anbauversuche mit der Süßstoffpflanze *Stevia rebaudiana*,
- Förderung des Auf- und Ausbaues geeigneter Verarbeitungs- und Vermarktungsunternehmen, hier der *Stevia Natursüßstoff GmbH*, Kaiserslautern,
- Hilfestellungen beim Klärungsprozeß hinsichtlich der lebensmittelrechtlichen Zulassung durch das Bundesgesundheitsamt (toxikologische Bedenken).

Förderung des Einstieges in den Heil- und Gewürzpflanzenanbau, mittels

- Erstellung einer Marktstudie auf der Grundlage einer zur Zeit laufenden schriftlichen Umfrage bei den deutschen Pharma- und Kosmetik-Unternehmen bezüglich der Verwendung und Verwendungsrichtung von über 70 heimischen Heil- und Gewürzpflanzen,
- Gründung geeigneter Erzeugerzusammenschlüsse,
- Entwicklung einer schlüssigen Verarbeitungs- und Vermarktungstechnik und/oder Findung absetzbarer Produkte.

6.6.3 EG-Kommission

Über Aktivitäten der EG-Kommission im Bereich der Heil- und Gewürzpflanzen liegen keine Unterlagen vor.

6.6.4 Sonstige

Bei sonstigen Aktivitäten dürfte eine Vielzahl von Bemühungen zu nennen sein, besonders von privatwirtschaftlicher Seite wie der Pharmaindustrie. Allerdings fehlt es an Unterlagen, so daß dieser Bereich nicht dargestellt werden kann.

6.7 Benutzte Quellen

Seitz (1988): Manuskript zu Arznei und Gewürzpflanzen.

Hessisches Ministerium für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, Wiesbaden.

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (1988):

Manuskript zu Heil- und Gewürzpflanzen, Freising.

B. Energetische Nutzung von Biomasse

1. Bioethanol als Motorkraftstoff

1.1 Technische Voraussetzungen

Die Verwendung von Alkoholen als Kraftstoff oder als Zusatz ist keine technische Neuheit. Bereits nach dem 1. Weltkrieg wurden Agrarprodukte zu Ethanol verarbeitet und im Kraftstoffbereich eingesetzt.

1.1.1 Motorenkonzepte

Über die Einsatzmöglichkeiten von Bioethanol als Kraftstoff in Verbrennungsmaschinen sind in den letzten Jahren eine Fülle neuer Erkenntnisse gewonnen worden. Dies trifft sowohl auf die verbrennungstechnischen Eigenschaften als auch auf die Umweltwirkungen zu. Eine Änderung des Kraftstoffes oder seiner Zusammensetzung bedingt unter Umständen völlig neue Motorenkonzeptionen.

Aus anwendungstechnischer Sicht können Ethanol bzw. ethanolhaltige Kraftstoffen in folgenden Motorenkonzeptionen zur Anwendung kommen:

a) vorhandene Ottomotoren

Beimischung von Ethanol zum Ottokraftstoff

- bis zu 5 Vol. - % (z.B. gemäß EG-Richtlinie)
- bis zu 10 Vol. - % (z.B. Gasohol in USA)
- bis zu 22 Vol. - % (in Brasilien)

b) spezielle Ottomotoren

- 85 Vol. - % wasserfreies Ethanol zu 15 Vol. - % Benzin (analog M-100-Gemisch-Versuchsprogramm BMFT 1979 - 1988)
- 100 Vol. - % wasserhaltiges Ethanol (96 % Alkohol, 4 % Wasser) - E-100-Konzept (Etwa 4 Mio. Fahrzeuge von 13 Mio. werden in Brasilien betrieben)

c) vorhandene Dieselmotoren

Beimischung von wasserfreiem Ethanol zum Dieselmotorkraftstoff

- 5 - 10 Vol. - % (Prüfstandsteste und Praxisversuche)

- bis 25 Vol. - % bei Zugabe von Lösungsvermittlern, die die Entmischung von Alkohol und Dieseldieselkraftstoff verhindern.

d) spezielle Dieselmotoren

- bis zu 90 % beim sog. Zwei-Kraftstoff-Prinzip (gleichzeitige Einspritzung von 10 % Dieseldieselkraftstoff und 90 % Alkohol in den Brennraum)
- 100 Vol. - % Ethanol in Dieselmotoren mit Fremdzündung
- 90 Vol. - % Ethanol mit 10 Vol. - % Zündbeschleuniger

1.1.2 Kraftstoff- und Energieverbrauch

Sowohl Otto- als auch Dieseldieselkraftstoffe sind Gemische vor allem aus Kohlenwasserstoffen, die bestimmte physikalische und chemische Kennwerte einhalten müssen, um ihre motorische Eignung als Kraftstoff sicherzustellen. Im folgenden sollen die Kraftstoff-Charakteristika aufgezeigt werden, die bei einem Einsatz von Ethanol wesentlich geändert werden.

Bereits beim Einsatz von 10 Vol.-% Ethanol oder Methanol wird ein Ottokraftstoff leicht flüchtig. Damit treten Probleme im Heißfahrverhalten und im Kraftstoffverbrauch auf. Ein spürbarer Kraftstoffmehrverbrauch tritt bei einer Zumischung von mehr als 5 Vol.-% Alkohol auf.

Aufgrund der hohen Oktanzahlen ermöglichen Alkohole eine höhere Verdichtung. Damit erhöht sich der Wirkungsgrad, d.h. die im Kraftstoff gespeicherte Energie wird besser ausgenutzt. Ein optimierter Alkoholmotor weist bei gleichem Verdichtungsverhältnis wie ein Benzinmotor einen energetischen Wirkungsgrad von etwa 36 % auf, der Benzinmotor erreicht jedoch nur einen Wirkungsgrad von 30 %. Dies entspricht einer Steigerung von 20 %. Der Anstieg fällt noch stärker aus, wenn das Verdichtungsverhältnis erhöht wird. Für Alkoholbetrieb in Serienmotoren kann im Durchschnitt von einem Wirkungsgradanstieg von etwa 15 bis 20 % ausgegangen werden. Ein tendenzieller Wirkungsgradanstieg ist auch bei Kraftstoffgemischen zu erwarten.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Wirkungsgradanstieg von großer Bedeutung. Der Alkohol kann preislich höher bewertet werden als es sich aus dem Verhältnis der volumenbezogenen Heizwerte von Alkohol und Benzin ergibt, weil seine Energie mit besserem Wirkungsgrad ausgenutzt werden kann. Der Preisaufschlag könnte somit bis zu 25 % betragen.

Beim Einsatz von Ethanol in Dieselmotoren kommt ein Wirkungsgradanstieg nur in geringem Umfang zustande. Dies hängt in erster Linie damit zusammen, daß das dieselmotorische Prinzip bereits höhere Wirkungsgrade aufweist (um 35 %) und eine höhere Verdichtung des Dieselmotors nicht mit Hilfe eines Alkoholkraftstoffes erreicht werden kann. Diesel-Mischkraftstoffe können mit bis zu 20 - 25 Vol.-% Alkohol ohne größere Probleme in herkömmlichen Dieselmotoren eingesetzt werden. Voraussetzung ist jedoch die Herstellung eines stabilen Gemisches, das auch bei längerer Lagerung beständig ist. Hierfür stehen sog. Lösungsvermittler zur Verfügung.

Um reine Alkohole ohne jegliche Zusatzstoffe in Dieselmotoren verbrennen zu können, wäre aufgrund ihrer Zündunwilligkeit eine extrem hohe Verdichtung notwendig. Solch hohe Verdichtungen sind bisher nicht praktikabel. Um reine Alkohole zündwilliger zu machen, sind Zündwilligkeitsbeschleuniger entwickelt worden, die in Anteilen von 10 - 12 % zugesetzt werden. Messungen an Motoren haben ergeben, daß der energetische Wirkungsgrad im Vergleich zu Dieselmischkraftstoff weitgehend unverändert bleibt. Wirtschaftlich erschwerend ist dann der Umstand, daß es sich bei den Zündwilligkeitsbeschleunigern um recht teure Chemikalien handelt, die den Kraftstoff erheblich verteuern (um 10 - 15 %).

Dieselmotoren können umgerüstet werden, so daß gleichzeitig zwei Kraftstoffe in den Brennraum eingespritzt werden (z.B. 10 % Dieselmischkraftstoff und 90 % Ethanol). Der Dieselmischkraftstoff entzündet das Gemisch, während der Alkohol den größten Teil der Energie liefert. Motoren dieser Art wurden von einem deutschen Hersteller bereits entwickelt (Motoren-Werke-Mannheim) und sind in Brasilien in begrenzter Stückzahl im Einsatz.

1.1.3 Verfahren zur Ethanolproduktion

Die großtechnische Erzeugung von Bioethanol erfolgt, wie die Trinkalkoholherstellung, durch Vergärung kohlenhydratreicher Substrate (Zucker, Stärke oder Inulin) mit Hilfe von Hefen oder Bakterien. Durch eine anschließende Destillation erhält man schließlich den reinen Alkohol. Da die Verfahren der Trinkalkoholherstellung nicht ohne weiteres auf großtechnische Herstellungsverfahren übertragbar sind, dies trifft auch für die relativ einfachen Konzepte der Alkoholgewinnung auf Basis von Mais in den USA und auf Basis von Zuckerrohr in Brasilien zu, wurden inzwischen mehrere Pilot- und Demonstrationsprojekte unterschiedlicher technischer und organisatorischer Konzeption in der Bundesrepublik Deutschland verwirklicht. Diese Projekte werden durch zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen begleitet.

Pilot- und Demonstrationsanlage für Bio-Ethanol der Deutschen Agrar-Alkoholversuchsanlagen GmbH (DAA) in Ahausen-Eversen:

Die Deutsche Agrar-Alkoholversuchsanlagen GmbH, die zur Firmengruppe der Deutschen Kornbranntwein-Verwertungsstelle GmbH Münster gehört, führt ein Projekt zur Erzeugung von Bio-Ethanol unter dem Titel "Weiterentwicklung und Optimierung einer umweltfreundlichen und energiesparenden Ethanolproduktion aus nachwachsenden einheimischen Rohstoffen" durch.

Das Projekt, das vom BML und vom Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert wird, umfaßt die Erstellung einer Pilotanlage, die 1985 in Betrieb genommen wurde. Ziel der Pilot- und Demonstrationsanlage ist es, verlässliche Aussagen über Eignung, Konversionsmethoden und -kosten bei der Verwendung einheimischer landwirtschaftlicher Rohstoffe zur Erzeugung von Ethanol zu gewinnen. Dabei werden u.a. die Energieeinsparung bei Destillation und Absolutierung und die Entsorgung der Reststoffe mit Biogaserzeugung und Schlempeverwertung im Futtersektor untersucht. Es werden wichtige Erkenntnisse für eine wettbewerbsfähige und umweltfreundliche Ethanolerzeugung erwartet.

Ein zentrales Ziel ist die ganzjährige Rohstoffversorgung der Anlage durch die Entwicklung angepaßter Fruchtfolgen. Dabei werden zunächst verschiedene Sorten Rüben, Kartoffeln und Topinambur und später ggf. auch unkonventionelle Früchte wie Zichorie, Zuckerhirse oder Maiskolbenschrot (CCM) sowie versuchsweise auch Getreide eingesetzt.

Die Anlage ist für eine Alkoholproduktion von 13 000 m³/Jahr reines Ethanol bei 300 Arbeitstagen ausgelegt. Die volle Kapazität konnte bislang nicht ausgeschöpft werden, 1988 wurden 5 100 m³ Ethanol produziert. Bei Vollastbetrieb sollen aus der bei der Destillation anfallenden Dünnschlempe rd. 3 Mio. m³ Biogas pro Jahr erzeugt werden, die etwa dem Heizwert von 1 600 t Heizöl entsprechen. Die Anlage hat bei voller Auslastung einen Rohstoffbedarf von ca. 420 t Kartoffeln/Tag oder ca. 450 t Zuckerrüben/Tag oder ca. 215 t CCM/Tag.

Pilotanlage der Stärkefabrik Dormagen:

Projektträger ist die Firma Pfeifer & Langen in Dormagen bei Köln. Die Anlage wurde im März 1983 in Betrieb genommen. Die Produktionskapazität beträgt 3 000 m³ 96prozentiges Ethanol je Jahr (300 Tage). Die Investitionen wurden in den Jahren 1980-1982 durch den BMFT gefördert.

Bei dem in Dormagen vorgestellten Konzept der Ethanolherstellung handelt es sich um eine Annexanlage zu einer Stärke- und Glucosefabrik auf Basis von Weizenmehl. Die Alkoholproduktion dient dabei als Entsorgungslinie für einen Teil der bei der Herstellung

von Glucose aus Weizen anfallenden Nebenprodukte, der B-Stärke. Dafür war bisher Trocknung und Verkauf als Futtermittel das übliche Verfahren. Die im Werk ausschließlich zur Ethanolproduktion benötigten Anlageteile sind Stärkeverflüssigung, Stärkeverzuckerung, Bakterienvorzucht, Fermentation, Destillation und Rektifikation, Alkohollagerung und Schlempebehandlung in Form einer Dekantation. Die Abwässer der Alkohollinie werden zusammen mit anderen Rückständen aus dem Hauptprozeß einer abwassertechnischen Behandlung (anaerob, aerob) unterzogen.

Anstelle von Hefe sollte das Bakterium *Zymomonas mobilis* zum ersten Mal im technischen Maßstab eingesetzt werden, um damit die vom Betreiber erwarteten höheren Umsatzraten und Ausbeuten, bessere Substratnutzung sowie gezieltere Prozeßführung und, damit verbunden, niedrigere Biokonversionskosten bei der Entsorgung zu erreichen. Der angestrebte kontinuierliche Fermentationsprozeß konnte wegen auftretender Infektionen durch Milchsäurebakterien nur für einige Wochen aufrechterhalten werden. Die dadurch verursachten Ausfallzeiten und Unterbrechungen im Produktionsablauf haben Mehrkosten verursacht. Dennoch konnte teilweise das Ziel erreicht werden, die B-Stärke durch Veredelung zu einem höherwertigen Endprodukt zu verwerten.

Seit Abschluß der Förderung wird die Anlage mit einem neuartigen, besonders säurestabilen Hefestamm betrieben, mit dem ein nahezu störungsfreier Produktionsablauf erreicht wurde. Die Anlage konnte daher unter marktwirtschaftlichen Bedingungen zwischenzeitlich erfolgreich betrieben werden. Aufgrund der Preisverhältnisse auf dem Alkohol- und Stärkesektor liegt die Anlage zur Zeit still.

Pilotanlage der Zuckerfabrik Franken in Ochsenfurt:

Der Bau der Pilotanlage in Ochsenfurt wurde 1982 begonnen; im Januar 1983 wurde sie in Betrieb genommen. Die Ethanolherstellung erfolgt im engen Rohstoff- und Energieverbund mit der Zuckerfabrik. Die Produktionskapazität beträgt 4 000 m³ 99,8prozentiges Ethanol je Jahr; von 1983 - 1985 wurden insgesamt 2889 m³ Alkohol hergestellt. Hierfür wurden zuckerhaltige Rohstoffe in Form von Roh-, Dünn-, Dicksaft, Kristallisations- und Fructoseablauf sowie Melasse mit einem Zuckeräquivalent von insgesamt 5 500 t eingesetzt.

Ziel des Projekts ist die Verarbeitung von Nebenprodukten der Zuckergewinnung unter Einsatz modernster, noch nicht in der Praxis erprobter Technologien. Wesentliche Bestandteile des Konzepts sind eine kontinuierliche Fermentation und energiesparende Mehrstufendestillation und -rektifikation. Die Schlempe wird in einer Biogasanlage überwiegend zu Methan umgesetzt, das bei der Dampferzeugung für die Destillation als Ener-

gieträger eingesetzt wird und damit einen wesentlichen Anteil an der positiven Energiebilanz hat.

Obwohl mehrere kontinuierlich arbeitende Fermenter entwickelt wurden, ist es bislang nicht befriedigend gelungen, diese kontinuierlich arbeitenden Systeme in die Gärpraxis der Alkoholgewinnung zu übertragen. Deshalb wurde der Betrieb der Anlage unterbrochen, um auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse in einer erneuten ingenieurtechnischen Arbeitsphase eine konzeptionelle Abänderung vorzunehmen. Vieles spricht für eine zweistufige Gärführung zur Ausschaltung der zentralen fermentationstechnischen Problembereiche. Das Unternehmen hat über die Umsetzung dieses neuen gärungstechnischen Ansatzes noch nicht entschieden.

1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Eine Reihe von jüngeren gesetzgeberischen Aktivitäten üben einen direkten oder indirekten Einfluß auf die Einsatzmöglichkeiten von Ethanol aus. Dies betrifft insbesondere die Verwendung von Ethanol als Kraftstoff oder Kraftstoffkomponente.

Durch Beschluß des EG-Umweltrates vom 27./28.06.1985 wurde erstmals auf EG-Ebene eine Einigung über Emissions-Grenzwerte bei Ottomotoren erzielt. Es ist eine schrittweise Verschärfung der Abgaswerte hinsichtlich Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide bis 1994 vorgesehen. Neben diesen gesetzlich beschränkten Schadstoffen hält die Diskussion über die Aufnahme weiterer Schadstoffe in die Emissionsbegrenzung unvermindert an. Hierzu zählen:

- die Aromaten Benzol, Toluol, Xylol,
- polycyclische Aromaten,
- Blei,
- Aldehyde (Formaldehyd, Acetaldehyd),
- sekundär gebildete Aldehyde
(sie bilden sich in der Luft nach der Abgasemission).

Auch zur Begrenzung der Dieselemissionen sind Rechtsgrundlagen geschaffen worden. Dieses gilt sowohl für die Partikelemissionen als auch für gasförmige Schadstoffe. Die Begrenzung der Partikel auf 1,1 g/Test (Typprüfung) bzw. 1,4 g/Test (Serienprüfung) soll nach dem Wortlaut der EG-Richtlinie 88/436/EWG lediglich einen ersten Schritt zur Kontrolle dieser Emissionen darstellen. 1989 wird über eine weitere Herabsetzung der Grenzwerte entschieden werden. In dieser zweiten Grenzwertstufe sollen 0,8 g/Test bzw. 1,0 g/Test erzielt werden.

Die Zumischbarkeit sauerstoffhaltiger Komponenten - wie z.B. Ethanol und Methanol - zum Benzin wurde 1985 in einer EG-Richtlinie festgelegt (Tabelle 17). Demnach kann Ethanol bis zu 5-Volumen-Prozent beigemischt werden, wobei der Gesamtsauerstoffgehalt des Benzins Werte zwischen 2,5 und 3,7 Gewichtsprozent einnehmen kann.

Tab. 17: EG-Richtlinie vom 05. Dezember 1985 zur Einsparung von Rohöl durch die Verwendung von Ersatzkraftstoffkomponenten im Benzin

- Mitgliedstaaten müssen sauerstoffhaltige Komponenten bis zu den in Spalte A ausgeführten Werten zulassen (ab 01.01.1988)
- Mitgliedstaaten können höhere Werte (Spalte B) zulassen. Bei Werten über denen der Spalte B ist eine Kennzeichnung an der Tanksäule vorgeschrieben

KOMPONENTE	A	B
Methanol	3 Vol %	3 Vol %
Ethanol	5 Vol %	5 Vol %
IPA	5 Vol %	10 Vol %
TBA	7 Vol %	7 Vol %
Ether *)	10 Vol %	15 Vol %
Sonstige	7 Vol %	10 Vol %
Mischungen **)	2,5 Gew %	3,7 Gew %
	Sauerstoff bei Einhaltung der Einzelwerte	Sauerstoff bei Einhaltung der Einzelwerte

Zur Umsetzung der EG-Richtlinie in nationales Recht wurde den Mitgliedstaaten ein Wahlrecht über die Höhe des Gesamtsauerstoffgehaltes innerhalb der gesetzlichen Grenzen eingeräumt. In der Bundesrepublik Deutschland hat sich die Wirtschaft daraufhin auf einen Grenzwert von zunächst maximal 2,8 Gewichtsprozent geeinigt. Dies hat in der neu-gefaßten DIN-Norm für Ottokraftstoffe vom 27. Juni 1988 seinen Niederschlag gefunden (BGBl. I, S. 969). Ausdrücklich wird auf den vorläufigen Charakter dieses Wertes hingewiesen; Bundesregierung, Mineralölindustrie und Mineralölhandel streben zu einem möglichst frühen Zeitpunkt die Einführung des oberen zulässigen Grenzwertes von 3,7 Gewichtsprozent Gesamtsauerstoffgehalt an.

*) In Übereinstimmung mit nationalen Regelungen

**) Azeton ist bis zu 0,8 Vol.-% erlaubt, wenn es als Beiprodukt bei der Herstellung sauerstoffhaltiger Komponenten anfällt.

Von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung für die Verwendung von Ethanol als Kraftstoff oder Kraftstoffkomponente ist die Belastung durch die Mineralölsteuer (Mineralölsteuergesetz i. d. F. vom 11.10.1978, letzte Neufassung seit dem 01.01.1989 in Kraft, s. BGBl. I vom 22.12.1988, S. 2270). Steuergegenstand sind:

- Mineralöl
- Gemische aus Mineralöl und anderen Stoffen
- Kraftstoffe, die ganz oder teilweise aus Kohlenwasserstoffen bestehen.

Aus diesen Besteuerungsgrundsätzen ergibt sich, daß Ethanol

- im Gemisch mit Mineralöl (Benzin oder Dieselmotorkraftstoff) der Mineralölsteuer unterliegt.
- als Reinkraftstoff in Diesel- oder Ottomotoren dagegen nicht besteuert wird, weil es sich nicht um einen Kohlenwasserstoff im Sinne des Mineralölsteuergesetzes handelt. Kohlenwasserstoffe sind gemäß Zollltarif "Verbindungen, die ausschließlich Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten". Ethanol enthält aber stets neben den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff auch noch das Element Sauerstoff.

Die zum 01.01.1989 in Kraft getretene Neufassung des Mineralölsteuergesetzes sieht vor, den BMF zur Gewährleistung der Gleichmäßigkeit der Besteuerung von Kraftstoffen zu ermächtigen und nach Maßgabe der Heizwertunterschiede besondere Steuersätze vorzusehen. Dies betrifft Kraftstoffgemische, die aufgrund ihrer Zusammensetzung einen niedrigeren Heizwert aufweisen als z.B. Benzin oder Dieselmotorkraftstoff. In vielen Fällen bedingt der niedrigere Heizwert einen mengenmäßigen Mehrverbrauch; dann ist der Alternativkraftstoff steuerlich benachteiligt, weil die Mineralölsteuer volumenbezogen (Benzin) oder gewichtsbezogen (Dieselmotorkraftstoff) erhoben wird. Demnach handelt es sich bei dieser Neuregelung um die Aufhebung einer steuerlichen Benachteiligung und nicht um eine Steuerbegünstigung für Alternativkraftstoffe. Praktische Relevanz kann diese Neuregelung z.B. für Benzin-Alkoholgemische mit hohem Alkoholanteil erhalten.

Bei allen mineralölsteuerrechtlichen Regelungen ist grundsätzlich davon auszugehen, daß sie wegen des Diskriminierungsverbots des Artikels 95 EWG-Vertrag in gleichem Maße auf Erzeugnisse inländischer Herkunft und auf gleichartige Erzeugnisse aus dem freien Verkehr anderer EG-Mitgliedstaaten anzuwenden sind. Das bedeutet insbesondere, daß in Begünstigungen immer auch gleichartige Alkohole und alkoholhaltige Kraftstoffe aus dem freien Verkehr anderer EG-Mitgliedstaaten einzubeziehen wären. Angesichts der Tatsache, daß Ethanol in den meisten anderen Mitgliedstaaten erheblich billiger als in der

Bundesrepublik Deutschland angeboten wird, würde jede steuerliche Begünstigung zu einem Absaugeffekt in die Bundesrepublik Deutschland führen und deshalb in erster Linie den ausländischen Herstellern zugute kommen. Der Bundeshaushalt würde außerdem bei einem Verzicht auf die Besteuerung des Ethanolanteils in Kraftstoffen auch im Vergleich mit den Haushalten der Erzeugerländer einseitig belastet.

1.3 Ökonomische Aspekte

1.3.1 Wirtschaftlichkeit der Ethanolherstellung

In einer Vielzahl von Studien (insbesondere in der Bundesrepublik Deutschland und in den USA) sind inzwischen die wirtschaftlichen und technischen Grundlagen der Ethanolherstellung methodisch aufgearbeitet und erschöpfend dargestellt worden. Jüngere Systemstudien in der Bundesrepublik Deutschland (sog. Modellstudien Plattling und Michaelisdonn sowie Groß-Munzel) stellen am konkreten Planungsprojekt die Produktströme, die Anlagentechnik, die wirtschaftlichen und technischen Wirkungen einer Verbundwirtschaft mit einer Zuckerfabrik und die Konversionskosten dar. Hinzu kommen die langjährigen Erfahrungen aus der deutschen Brennereitechnologie sowie die Erkenntnisse aus dem Betrieb der drei Pilotanlagen (Ahausen-Eversen, Ochsenfurt, Dormagen). Die Einflußfaktoren auf die Konversionskosten sind vielfältig. Die maßgeblichen sind

- Investitionskosten und Abschreibungen,
- Energiekosten,
- Entsorgungskosten,
- Anlagengröße,
- Auslastungsgrad,
- Verbundwirtschaft und
- Rohstoffgrundlage.

Geleitet vom Grundgedanken einer möglichst ganzjährigen Ausnutzung der Anlagenkapazitäten wurden mit Hilfe der bereits genannten Systemstudien technische Grundkonzepte erarbeitet, deren Realisierung jedoch aufgrund der gegenwärtig ungünstigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Ethanolerzeugung zurückgestellt wurde. Neben der Vielstoffanlage, wie sie die Pilotanlage Ahausen-Eversen darstellt, wurden insbesondere technische Konzepte entwickelt, die in eine Zuckerfabrik integriert sind und den Kampagnebetrieb verlängern können.

Ethanol kann aus zuckerhaltigen (z.B. Rüben, Melasse, Zuckersaftströme der Zuckerfabriken, Zuckerhirsesaft), stärkehaltigen (z.B. Kartoffeln, Getreide, Mais, Corn-Cob-Mix) und sonstigen Rohstoffen (Topinambur, Zichorie) hergestellt werden. Von besonderer verarbeitungstechnischer Bedeutung ist dabei der unterschiedliche Trockensubstanzgehalt der Rohstoffe.

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der Ethanolerzeugung (Tab. 18) zeigen deutlich, daß

- die Wirtschaftlichkeit entscheidend vom Erdölpreis abhängt;
- die Rohstoffkosten stark ins Gewicht fallen;
- der Stützungsbedarf über dem Stützungsbedarf des Getreideanbaus liegt.

Die Rohstoffkosten als bedeutendster Kostenfaktor (55 % der Gesamtkosten) werden beeinflusst durch

- Erträge,
- variable Spezialkosten,
- Nutzungskosten des Bodens,
- Rohstoffmix der Anlage,
- Nebenproduktverwertung und
- Fruchtfolgerestriktionen in der Region.

Die zitierten und anderen z.T. ebenfalls modellhaften Untersuchungen kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen in bezug auf die Herstellungskosten für Ethanol aus Großanlagen. Dies ist vor allem auf die unterschiedlichen Annahmen über die Anlagengrößen und Bau- und Betriebskosten derartiger Produktionsstätten (Kostendegression) sowie über die eingesetzten agrarischen Rohstoffe und deren Preise zurückzuführen. Nach diesen Kalkulationen würden die Herstellungskosten von Agraralkohol aus wirtschaftlich und technisch optimierten Großanlagen - von extremen Schätzungen abgesehen - in der Größenordnung von 1,20 bis 1,60 DM/l liegen. Auch die in Tab. 18 angeführten Modellrechnungen kommen zu Herstellungskosten innerhalb dieses Bereichs. Die Systemanalyse zur Wirtschaftlichkeit von Agraralkohol, die vom Dachverband Agrarforschung im August 1988 vorgelegt wurde, kommt zu ähnlichen Ergebnissen.

Tab. 18: Wirtschaftlichkeit von Ethanol aus Zuckerrüben, Weizen-Zuckerrüben und Weizen gegenüber Superbenzin auf Preisbasis 1988/89

		Zuckerrüben ¹⁾	Zuckerrüben/ Weichweizen- Verbund ²⁾	Weizen
Herstellkosten				
- Rohstoff ³⁾	DM/dt DM/l ⁴⁾	8,00 0,82		41,90 1,07
- Rohstoffmix	DM/dt Weizen DM/dt Rüben DM/l ⁵⁾ Weizen Rüben Verhältnis 73:27		41,90 8,00 1,23 0,85 1,13	
- Verarbeitung		0,40	0,59	0,40
- Nebenprodukterlöse		-	-0,32	
Gesamt		1,22	1,40	1,47
Raffinerieabgabepreis für Superbenzin	DM/l	0,39	0,39	0,39
Stützungsbedarf für Ethanol	DM/l	0,83	1,01	1,08
Stützungsbedarf	DM/ha Zuckerrüben DM/ha Weizen	4.079 ⁶⁾	4.801 ⁷⁾ 2.209 ⁷⁾	2.709 ⁸⁾

1) Am Beispiel einer optimierten Annexanlage zur Zuckerfabrik Plattling, Jahreskapazität 570.000 hl Ethanol (45.600 t)

2) Am Beispiel einer Annexanlage zur Zuckerfabrik Michaelisdonn; Rohstoffmix 27 % Alkohol aus Zuckerrüben (80 Tage), 73 % Alkohol aus Weizen (270 Tage), Jahreskapazität 250.000 hl (20.000 t)

3) Basis: B-Rüben-Mindestpreis plus Schnitzelvergütung, Fracht- und sonstige Nebenkosten

4) Ausbeute: 9,72 l A/dt Rüben; 39 l A/dt Weizen

5) Ausbeute: 9,40 l A/dt Rüben/34,02 l A/dt Weizen (rel. niedrige Ausbeute bei Weizen, bedingt durch Kleie- und Klebergewinnung als Nebenprodukte)

6) 475,2 dt Rüben/ha = 4619 l A/ha (1984/85) und 505,6 dt Rüben/ha = 4914 l A/ha (1988/89)

7) 475,2 dt Rüben/ha = 4467 l A/ha; 59,8 dt Weizen/ha = 2034 l A/ha (1984/85) und

505,6 dt Rüben/ha = 4753 l A/ha; 64,3 dt Weizen/ha = 2187 l A/ha (1988/89)

8) 64,3 dt Weizen/ha = 2508 l A/ha

Quelle: Modellstudien Plattling und Michaelisdonn des Instituts für Zuckertechnologie der TU Braunschweig (BML-Projekte 85 NR 001 und 85 NR 019); für Weizen MELF Bayern

1.3.2 Wirtschaftlichkeit des Ethanoleinsatzes als Kraftstoff

Bei der möglichen Zumischung von bis zu 5 Volumenprozent Ethanol in der EG könnten in der Bundesrepublik Deutschland etwa 1,0 Mio. t Ethanol im Kraftstoffsektor abgesetzt werden. Diese Menge könnte auf einer Fläche von rd. 250.000 ha Zuckerrüben oder rd. 600.000 ha Getreidefläche erzeugt werden ($2040 \text{ l Ethanol je ha Getreide} \times 0,8 = 1,63 \text{ t je ha}$; $1,0 \text{ Mio t} : 1,63 \text{ t/ha} = 613.000 \text{ ha}$).

Als Ersatzprodukt für möglicherweise in Zukunft knapp werdenden Tertiärbutanol - der als Lösungsvermittler beim Einsatz von Methanol im Ottokraftstoff benötigt wird - könnten etwa zusätzlich 0,5 - 0,6 Mio. t Ethanol als Zumischkomponente abgesetzt werden.

Potentialschätzungen für Reinalkohol-Kraftstoffsysteme (in Benzin- oder Dieselmotoren) sind gegenwärtig nicht möglich. Dazu liegen zu wenig verlässliche Prognosen über die weitere Entwicklung des Bedarfes an alternativen Kraftstoffkonzepten vor. In jedem Falle würde bei einem Einsatz von Reinalkoholkraftstoffen das Nachfragepotential bei weitem das mögliche Angebot von Ethanol aus landwirtschaftlichen Rohstoffen im Bundesgebiet übertreffen.

Bei Preisen für Benzin (in 1988 ab Raffinerie etwa 0,25 DM/l) kann für Ethanol als Mischungskomponente ein Preis zwischen 0,25 DM/l und 0,30 DM/l erwartet werden. Diese Preisspanne dürfte auch gelten für Ethanol als Zumischkomponente zum Dieselmotorkraftstoff; um 10 - 20 % niedrigere Preise sind jedoch bei Reinalkoholmotor-Konzepten zu erwarten (niedrigerer Heizwert). Die nicht erhobene Mineralölsteuer bei Reinalkoholkonzepten ließe jedoch einen deutlich erhöhten Erzeugerpreis für Ethanol zu. Beim E-100-Konzept beträgt der Steuerwegfall 0,51 DM/l, um die der Erzeugerpreis höher angesetzt werden könnte.

Exkurs: Bioethanol als Rohstoff für die Chemische Industrie

Technische Verwendungsmöglichkeiten für Ethanol bestehen nicht nur im Kraftstoffsektor, sondern auch in der chemischen Industrie. Ethanol könnte dort sowohl direkt als auch indirekt - nach Produktumwandlung - eingesetzt werden.

Die direkten Verwendungsmöglichkeiten für die hochwertige und teure Chemikalie "Ethanol", z.B. als Lösungsmittel, sind begrenzt. Insgesamt beträgt die Nachfrage der chemischen Industrie in der EG etwa 0,8 Mio. t. Davon werden etwa 50 % synthetisch auf

der Basis der Petrochemikalie Ethylen hergestellt, etwa 50 % entfallen auf im Getränkesektor nicht absetzbaren Gärungsalkohol. Hier können z.T. höhere Erlöse als beim Absatz im Kraftstoffbereich erzielt werden.

Ein erheblich größeres Marktpotential eröffnet sich, wenn Agraralkohol in andere, für die chemische Industrie besser geeignete Grundstoffe transformiert wird. Dies gilt vor allem für die Umwandlung von Bio-Ethanol zu Ethylen. Denn das Produktionsvolumen dieser Primärchemikalie beläuft sich in der EG auf rd. 8 Mio. t. (in 1982). Für die vollständige Substitution dieser Menge wären ca. 14 Mio. t Ethanol erforderlich. Dies entspricht einem Mehrfachen des bei einer 5-%igen Kraftstoffbeimischung geschätzten Bedarfs.

Die Erschließung dieses Absatzpotentials ist weniger ein technisches als vielmehr ein ökonomisches Problem. Ob Bio-Ethanol als Basischemikalie Verwendung findet oder nicht, ist vor allem von der Preisrelation zu den petrochemischen Rohstoffen abhängig. Entsprechende Berechnungen zeigen, daß Bio-Ethanol unter den derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen im Chemiesektor nicht wettbewerbsfähig ist. Das Wettbewerbsdefizit fällt sogar noch größer aus als das im Kraftstoffbereich. Hinzu kommt, daß die Infrastruktur der chemischen Industrie auf Verarbeitung von fossilen Rohstoffen ausgerichtet ist und damit erhebliche Marktzutrittsfraktionen für Agraralkohol bestehen. Auch deshalb ist es wenig wahrscheinlich, daß Bio-Ethanol in absehbarer Zeit Bedeutung als Primärchemikalie erlangen wird.

1.4 Aktivitäten

1.4.1 Bund

Die im Abschnitt 1.1.3 vorgestellten Pilot- und Demonstrationsvorhaben wurden Seiten des Bundes mit erheblichen Mitteln gefördert. Zur Zeit werden noch die Pilotanlage Ahausen-Eversen mit Betriebskostenzuschüssen und die wissenschaftliche Begleitforschung mit Projektmitteln finanziert.

1.4.2 Länder

Hessen:

Ein Pilotprojekt zur Ethanolgewinnung aus Topinambur auf einem landwirtschaftlichen Betrieb wurde bis 1988 gefördert.

Saarland:

Es ist ein Demonstrationsvorhaben im Energiebereich Biomasse und Energieerzeugung aus Abfällen (Vorschlag der Saarberg-Interplan, ein Unternehmen des Saarberg-Konzerns) geplant. Im Jahre 1989 wird Saarberg-Interplan bei der EG-Kommission einen Antrag für ein Demonstrationsvorhaben stellen. Vorgeschlagen wird der Bau einer Vielzweck-Viel-frucht-Demonstrationsanlage mit einer Produktionskapazität von 24 000 l/Tag zur Konver-sion von Biomasse. Dabei sollen zum Einsatz kommen: zellulosehaltige Stoffe wie Abfall-holz, Stroh und Altpapier, zuckerhaltige Stoffe, z.B. Zuckerrübe, Futterrübe und Zucker-hirse, sowie stärkehaltige Stoffe. Ebenso kann auch biogener Hausmüll verarbeitet werden. Positiv erscheint die Verwertung von Abfall zur Energieerzeugung, die Auslegung der An-lage auf mehrere Kulturarten und damit die Vermeidung einer Monokultur sowie die mögliche Nutzung der Abwärme zur Grünfütterttrocknung.

Bayern:

Die Bayer. Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur hat in einer Regional-studie im Einzugsbereich der Zuckerfabrik Plattling die agrarstrukturellen, pflanzenbau-lichen, ökonomischen und ökologischen Auswirkungen einer großtechnischen Anlage zur Erzeugung von Ethanol untersucht.

Die Bayer. Staatsregierung führte von Februar 1987 - Februar 1988 einen Demonstrations-versuch mit Dienstfahrzeugen der Staatsregierung und der Polizei im Raum München mit bleifreiem Normalbenzin durch, dem 5 % Bioethanol beigemischt wurden. Insgesamt wur-den rd. 1 Mio. l Ethanol-Mischkraftstoff eingesetzt. In einem Begleitprogramm wurden vom TÜV Bayern die Auswirkungen des Ethanol-Zusatzes auf Abgasverhalten, im Kraft-stoffverbrauch, die Motorleistung, das Betriebsverhalten und die Verträglichkeit mit den Bauteilen des Kraftstoffversorgungssystem untersucht.

Das Staatsministerium für ELF beteiligt sich an einem Flottenversuch des Bundesministers für Forschung und Technologie mit vier alkoholgetriebenen Pkw (VW), bei dem ein Me-thanol-Ethanol-Treibstoffgemisch eingesetzt wird.

Im Rahmen eines Pilotprojektes wird bei der Brennereigenossenschaft Rohr (Mittelfranken) die Rationalisierung von Brennereien zur Herstellung von Bioethanol (Hohenheimer-Direkt-Maischverfahren von Prof. Pieper) gefördert.

In einem Flottenversuch mit Omnibussen, Lkw's und Sonderfahrzeugen der Stadt München wird der Einsatz von Treibstoffgemischen aus Dieselkraftstoff und Ethanol getestet. Der TÜV Bayern wurde beauftragt, die Verminderung der Partikelemission und Partikelzusammensetzung durch Beimischung von Bioethanol zu Dieselkraftstoff zu prüfen.

Niedersachsen:

Das Land Niedersachsen beteiligte sich sowohl an der Investition der Pilotanlage Ahausen-Eversen als auch an einem Betriebskostenzuschuß zur Verlustabdeckung bei Volllastung der Anlage. Auch für 1989 wurden 1,575 Mio. DM bereitgestellt. Es besteht Landesinteresse an der Fortführung der Pilotanlage nach 1990. Ziele sind die Verarbeitung neuartiger Rohstoffpflanzen sowie Optimierung der Rohstoffausbeute und Energiebilanz.

Das Planungsstadium des Vorhabens zur Verbundproduktion von Ethanol und Zucker in Groß Munzel ist abgeschlossen. Mit dem Bau der Anlage soll - nach erneuter Verschiebung auf Wunsch der Betreibergesellschaft - Mitte 1989 begonnen werden. Die acht niedersächsischen Zuckerunternehmen als Gesellschafter der Bioethanol-GmbH stehen laut einstimmiger Entschliebung voll zu den in einer Rahmenvereinbarung zwischen dem Land Niedersachsen und der Bioethanol-GmbH geschlossenen Verpflichtungen.

Ziel des Projektes ist es, unter Anwendung der neuesten brennerei-technologischen Entwicklungen die Alkoholherstellung in die Zuckerfabrik Groß Munzel so zu integrieren, daß sich daraus Kostendegressionseffekte ergeben. So soll eine energiesparende, umweltfreundliche und kostengünstige Ethanolerzeugung erreicht werden. In der Anlage sollen etwa 40 000 t Zucker aus Zuckerrübensäften zu insgesamt 25 000 m³ Ethanol verarbeitet werden.

An technischen Neuerungen gegenüber anderen Pilotanlagen sind hervorzuheben:

- a) Rückführung der Schlempe zur Extraktion in der Kampagne bei kombinierter Zucker- und Ethanolgewinnung

- b) Fermentation
 - kontinuierlich, Heferückführung
 - Vorkalkungssaft als Gärsubstrat (Nutzung auch des Invertzuckers für die Fermentation)
 - immobilisierte Hefe (Hierzu laufen zwei Modelluntersuchungen)

c) Schlempeeindampfung; geringstmöglicher Anfall an Abwasser

Das Land Niedersachsen wird sich mit 14 Mio. DM an den Investitionskosten beteiligen. Zusätzlich wird begrenzt auf 5 Jahre ein Betriebskostenzuschuß gewährt, der den Preisabstand zwischen den Herstellkosten und dem erzielbaren Preis als Kraftstoffkomponente überbrücken soll. Die Herstellkosten des Alkohols werden je nach Rohstoffpreis zwischen 1,- und 1,10 DM/l Ethanol betragen.

Die Nähe zu größeren Treibstoffherstellern erlaubt eine frachtgünstige Belieferung der Abnehmer. Da das Ethanol als vollwertige Mischkomponente in die Kraftstoffproduktion der abnehmenden Raffinerie integriert wird, könnte der Preis des Ethanols aufgrund der hohen Oktanzahlen über dem Preis anderer Komponenten liegen.

1.4.3 EG-Kommission

Die EG-Kommission hat im Rahmen des mehrjährigen Forschungsprogramms "Nicht-Nukleare Energieträger" (DG 12) im Jahre 1985 F + E-Maßnahmen in vorhandenen innovativ ausgerichteten Ethanolanlagen angeboten. Gefördert werden je eine Anlage in der Bundesrepublik Deutschland (Ahausen-Eversen; 250.000 DM), Italien, Frankreich, Belgien, Vereinigtes Königreich.

Im Rahmen des "Biomasse-Programms 1984 - 1988" der Kommission wurden einige technisch ausgerichtete F + E-Projekte mit Grundlagencharakter gefördert, welche auf alkoholtechnische Anwendungsfelder bezogen sind.

Eine von der EG-Kommission in Auftrag gegebene Studie über die volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzen einer Beihilferegulierung zur Ethanolerzeugung kam 1987 zu dem Ergebnis, daß die Förderung der Ethanolerzeugung zum gegenwärtigen Zeitpunkt zu erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten führen würde und damit gesamtwirtschaftlich nicht sinnvoll wäre. Die Kommission hat darauf hin im November 1987 den Beschluß gefaßt, vorerst keine Beihilferegulierung einzuführen. Erst bei einem Wiederanstieg der Erdölpreise könnte eine Maßnahme zur Förderung der Ethanolerzeugung in Frage kommen.

1.4.4 Sonstige

Brasilien

Angesichts der geringen fossilen Energievorräte, insbesondere an Erdöl, initiierte die brasilianische Regierung im Jahre 1975 das nationale Alkoholprogramm Proalcool. Proalcool sieht die sukzessive Steigerung der Produktion von Ethylalkohol aus nachwachsenden Rohstoffen vor. Die Ziele von Proalcool sind ökonomischer (gesamtwirtschaftlicher) und sozialer Art:

- Einsparungen von Devisen durch die Substitution importierter flüssiger Energieträger,
- Beitrag zum Bruttosozialprodukt über ungenutzte Produktionsfaktoren (Land und Arbeit),
- Anstieg der inländischen Nachfrage nach Industriegütern und Dienstleistungen zur Konstruktion und zum Aufbau der Alkoholanlagen,
- Verringerung der individuellen Einkommensdisparitäten.

Der gesamtwirtschaftliche Nutzen des Alkoholprogramms, ehemals die Triebfeder des Konzeptes, steht immer mehr in Frage. Ursachen sind

- Anstieg der eigenen Rohölproduktion (durch umfangreiche Ölfunde bereits 60 % Selbstversorgung erreicht);
- Verfall der Weltmarktpreise für Benzin (Brasilien muß infolge der Substitution von Benzin durch Alkohol Benzinüberschüsse exportieren);
- Anstieg der Weltzuckerpreise. Der Rohstoff Zuckerrohr wird dadurch tendenziell besser verwertet, wenn Zucker statt Alkohol hergestellt wird);
- Minderung der Steuereinnahmen durch verbilligte Abgabe des Alkohols.

Die Umweltvorteile des Treibstoffs Alkohol zeigen sich in den Ballungsgebieten; es wird seit der verstärkten Einführung von Reinalkoholfahrzeugen über eine deutlich verbesserte Luftqualität berichtet. Die früheren Probleme mit der Verseuchung der Flüsse durch die Einleitung der Reststoffe sind inzwischen offenbar geringer geworden.

Bei anhaltend niedrigen Ölpreisen und gefestigten Zuckerpreisen sind der weiteren Expansion der Alkoholproduktion enge Grenzen gesetzt. Das Schwergewicht liegt gegenwärtig auf der Versorgung des bestehenden Kfz-Bestandes mit Reinalkoholmotoren.

USA

In den Vereinigten Staaten entwickelte sich das öffentliche Interesse an Alkoholkraftstoffen bereits während der ersten Energiekrise Anfang der 70er Jahre. Das Bewußtsein um die zunehmende Abhängigkeit von Energieimporten und schwindenden eigenen Vorräten sowie die Diversifizierung der Versorgungsstruktur waren die zentralen Motive der später eingeleiteten nationalen und einzelstaatlichen Ethanolpolitik.

Das "Energiesicherungsgesetz" von 1980 und das "Landwirtschaftsgesetz" von 1980 stellten die Förderung der Ethanolerzeugung auf eine rechtliche Basis. Als Produktionsziel bis zum Jahre 1990 wurde die Herstellung von 30 Mio. t Ethanol vorgesehen; dies entspricht einem Anteil von 10 Prozent am gesamten Ottokraftstoffverbrauch der USA bzw. ist gleichbedeutend mit einer flächendeckenden Versorgung mit "Gasohol" (90 % Benzin plus 10 % Ethanol). Es ist abzusehen, daß nur ein Bruchteil dessen erreicht wird; etwa 8 % des gesamten Benzinverbrauchs in den USA ist gegenwärtig "Gasohol". Trotz des Verfalls der Energiepreise weisen die Absatzmengen weiterhin eine leicht steigende Tendenz auf.

Den zunächst sehr zügigen Aufbau der Ethanolindustrie ermöglichte eine Mischung aus nationalen und einzelstaatlichen Subventionen, Zinsvergünstigungen und Steueranreizen. Im Zentrum steht dabei die Ermäßigung der Mineralölsteuer auf den ethanolhaltigen Kraftstoff Gasohol um zwei Drittel (3 cents gegenüber 9 cents). Bezogen auf den Ethanolgehalt von 10 % ergibt sich eine Subvention von 60 cents/Gallone (heute etwa 0,28 DM/l Ethanol). Darüber hinaus gewähren knapp 30 Staaten weitere einzelstaatliche Steuerbefreiungen oder Subventionen, die im Durchschnitt noch einmal 0,20 - 0,30 cents/Gallone (DM 0,10 - 0,15/l Ethanol) ausmachen.

Anders als in der EG - und insbesondere in der Bundesrepublik Deutschland - stützte sich der Ausbau der Ethanolkapazitäten in den USA auf zwei althergebrachte Produktionsverfahren, den Naß- und den Trockenvermahlungsprozeß für Mais.

Die anhaltende Ethanolproduktion kann nicht allein durch die gewährten Subventionen in der Startphase erklärt werden. Folgende Faktoren spielen darüber hinaus eine große Rolle:

- Weltmarktpreise für den Rohstoff (zeitweise darüber hinaus zusätzliche Rohstoffverbilligungen);

- Nebenprodukterlöse (vorwiegend Eiweißfuttermittel) decken im Mehrjahresdurchschnitt 45 - 50 % der Rohstoffkosten ab; im Jahre 1987 sogar bis zu 80 %;
- Rohstoffpreisschwankungen sind ausgeprägter als bei Erdöl; dadurch temporär "windfall profits" in erheblichem Umfang eingetreten; Großunternehmen mit gestreuten Aktivitäten ermöglichen Überbrückung von Verlustphasen;
- traditionelle, robuste Herstellungstechniken; Ausnutzung der Kostendegression durch Großbetriebe;
- keine Entsorgungsprobleme (Schlempe) durch Herstellung international vermarktungsfähiger Futtermittel;
- ökonomische Notwendigkeit einer energetischen Optimierung entfällt; Bezug von Kohle als Brennstoff zu Weltmarktpreisen; Kraft-Wärmekopplung aufgrund der Betriebsgröße wirtschaftlich durchführbar.

Die politische Begründung der Förderung von Ethanol in Benzingemischen hat sich inzwischen - insbesondere in einigen Staaten - grundlegend gewandelt. Neben den agrarpolitischen stehen zunehmend umweltpolitische Motive im Vordergrund; sie sorgten in den letzten Jahren für weiteren Auftrieb in der Ethanolpolitik.

Das nationale Gesetz über die Reinhaltung der Luft schreibt die regionale Einhaltung bestimmter Schadstoffgrenzen in der Umgebungsluft vor. Regionen, die diese Werte nicht einhalten oder einhalten können, drohen ab 1988 empfindliche finanzielle Belastungen. Als Problemschadstoffe haben sich Kohlenmonoxid und Ozon (in unteren Luftschichten) herausgestellt. In einigen Staaten (z.B. Californien, Colorado) wird die verstärkte Einführung alkoholhaltiger Kraftstoffe (Gasohol) oder von Reinalkoholkraftstoffen als eine effiziente Maßnahme zur Einhaltung der Grenzwerte angesehen. Denn der Einsatz von Gasohol anstatt reinen Benzins verringert den Ausstoß an Kohlenmonoxid um etwa 10 - 30 Prozent.

Die Zukunft der Ethanolindustrie in den USA wird wie bisher von der weiteren Gewährung der Steuerbefreiungen abhängen; die nationale Steuerbefreiung soll 1992 auslaufen. Von einem kürzlich durch den Präsidenten unterzeichneten Gesetz zur verstärkten Förderung und Einführung alternativer Kraftstoffe und Kfz-Antriebssysteme können weitere nachhaltige Impulse ausgehen; dieses neue Gesetz, das Methanol, Ethanol und Druckgas in den Mittelpunkt stellt, dürfte die technische Weiterentwicklung erheblich beschleunigen. Von besonderem Interesse sind dabei sog. "Umschaltkonzepte", Fahrzeuge, die wahlweise

mit verschiedenen Kraftstoffen betrieben werden können. In Frage könnten dabei Motoren kommen, die mit Benzin und einem Reinalkohol oder mit Dieselmotoren und einem Reinalkohol betrieben werden. Bereits jetzt zeichnet sich ab, daß die USA hier eine technische Führungsrolle übernehmen könnten (für eine entsprechende Entwicklungsrichtung plädieren auch Teile der Industrie in der Bundesrepublik Deutschland).

Frankreich

Am 1. Juli 1988 wurde in Frankreich die Mineralölsteuer für den Ethanolanteil im Benzin vom Benzinsteuersatz auf den Steuersatz für Dieselmotoren ermäßigt, der etwa die gleiche Höhe wie der deutsche Dieselmotorensteuersatz (rd. 44 Pf/l) hat. Bei der Beimischung von Ethanol zum Dieselmotoren würde danach der Ethanolanteil in Deutschland und Frankreich gleich hoch belastet. Bei der Beimischung von Ethanol zum unverbleiten Benzin ergäbe sich gegenüber Frankreich eine um 13 Pf/l höhere Belastung. Gleichwohl hat Frankreich damit keinen Anreiz geschaffen, ausländisches Ethanol zu importieren, weil die französischen Ethanolpreise anders als die der Bundesrepublik Deutschland besonders niedrig sind. Die Herstellung wurde vom größten Produzenten auf eine Menge von 32.000 m³ limitiert, so daß bei der in der EG zulässigen Beimischung von 5 % Ethanol auf diese Weise maximal 1600 m³ Ethanol abgesetzt werden können. Dem Vernehmen nach nimmt die Mineralölgesellschaft Elf Aquitaine beim Vertrieb des "grünen" Superbenzins Verluste hin, da die Steuerermäßigung nicht ausreicht, den Wettbewerbsnachteil auszugleichen. Das ethanolhaltige Benzin wird an mehreren Tankstellen wie auch an bestimmte Autoflottenbetreiber vertrieben. Zum Beispiel setzt die Stadt Orléans 20 Autos ein.

1.5 Benutzte Quellen

EG (1987). Cost-benefit analysis of production and use of bioethanol as a gasoline additive in the European Community.

Grosskopf, W., Henze, A., Koos, R. (1988). Forschungsförderung Nachwuchsende Rohstoffe Bereich Gärungsalkohol-Stand und Perspektiven. Dachverband Wiss. Gesellschaften der Agrar-, Forst-, Ernährungs-, Veterinär- und Umweltforschung e.V. (Hrsg.), Band 1a. Verlagsunion Agrar, Frankfurt.

Gushee, D.E. (1988). Alternative fuels for motor vehicles - some environmental issues. CRS Report for Congress 88-624 S.

- Weidmann, K., Menrad, H. (1985). Fahrzeugkonzept und Flottenversuche mit Alkohol-Diesel-Mischkraftstoffen, Entwicklungslinien zu Kraftfahrzeugtechnik und Straßenverkehr - Forschungsbilanz 1984/BMFT, Verlag TÜV Rheinland, Köln, S. V16-V27.
- Menrad, H., König, A. (1986). Alkoholkraftstoffe. Springer-Verlag, Wien-New York.
- Quadflieg, H., (1986). Eurosuper; Erprobung eines ethanolhaltigen Ottokraftstoffs im Straßenverkehr, Abschlußbericht des TÜV Rheinland, Köln.
- Schmoltzi, M. (1986). Situation und Entwicklungstendenzen am Weltmarkt für Äthylalkohol, Agrarwirtschaft, Sonderheft 109.
- Thier, E. (1988). Bioethanol-Daten, Fakten, Fachausdrücke. Landwirtschaftliche Arbeitsgruppe Bioethanol und Biogas, Bonn.
- United States Departement of Energy (1988). Assessment of costs and benefits of flexible and alternative fuel use in the U.S. transportation sector. Technical report one: study objectivites and methodologies. Progress report two: the international experience. Washington, DOE/PE-0085 und 0086.
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (1988). E 5-Ottokraftstoff. Abschlußbericht zum Untersuchungsvorhaben des TÜV Bayern.

2. Pflanzenöle als Kraftstoffe, Hydraulikflüssigkeiten und Schmierstoffe

Von den möglichen Energieträgern aus agrarischer Produktion zeichnen sich Pflanzenöle dadurch aus, daß sie sowohl in flüssiger Form als auch mit einer hohen Energiedichte leicht gewinnbar sind. Für die Bundesrepublik Deutschland ist Raps die produktivste Ölfrucht. Aus EG-Sicht käme auch noch die Sonnenblume zur Ölproduktion für energetische Zwecke in Frage.

Die meisten Pflanzenöle können unter gewissen technischen Voraussetzungen in reiner Form oder in beliebiger Mischung mit Dieselöl in selbstzündenden Motoren als Kraftstoff eingesetzt werden. Der Ausgang des vorigen Jahrhunderts erfundene Dieselmotor wurde zunächst mit Pflanzenöl betrieben, das dann allerdings sehr rasch vom wesentlich preiswerteren Mineralöl verdrängt wurde. Nach der ersten Energiekrise im Jahre 1973 wurde zunächst im Ausland, auch unter Beteiligung deutscher Motorenhersteller, das Thema Pflanzenöl als Kraftstoff wieder aufgegriffen und für einige Jahre an technischen Lösungen gearbeitet.

Das theoretisch maximale Produktionspotential an Rapsöl ergibt sich aus der Ackerfläche von 7,3 Mio. ha, einer geschätzten Fruchtfolge- und Standortrestriktion von 25 % sowie einem durchschnittlichen Samenertrag von 30 dt/ha. Es könnten dann 5,475 Mio. t Rapssaat oder bei einer Ölausbeute von 40 % 2,19 Mio. t Rapsöl erzeugt werden. Der Verbrauch an Dieselkraftstoff beträgt insgesamt 15,872 Mio. t davon in der Landwirtschaft 1,25 Mio. t (Bundesrepublik Deutschland, 1987).

2.1 Stand der Anwendungstechnik

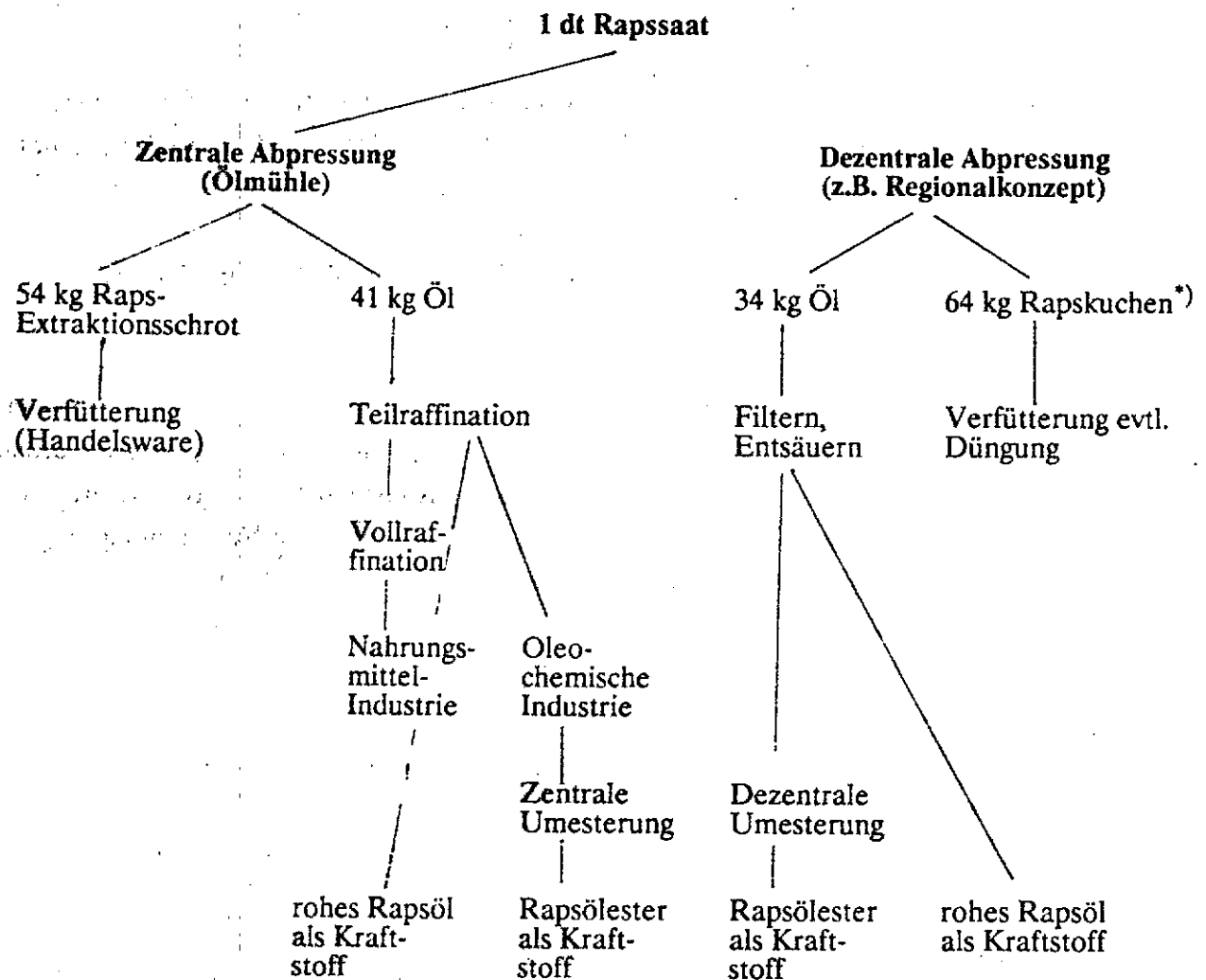
Handelsübliche pflanzliche Öle (z.B. Raps-, Soja-, Palm- oder Sonnenblumenöl) lassen sich unter praktischen Bedingungen nicht in konventionellen Dieselmotoren als Kraftstoffe einsetzen. Im Bereich der F + E werden prinzipiell zwei Wege beschritten, um dies zu erreichen:

- Anpassung der Motoren an den Kraftstoff und
- Anpassung des Kraftstoffes an die Motoren.

Eine weitere, wichtige technische Verwendungsmöglichkeit ist die Herstellung von Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten auf der Basis von Rapsöl.

Das Verfahrensschema zur Gewinnung von Rapsöl und Rapsölester ist in Tabelle 19 dargestellt.

Tab. 19: Verfahrensschema der verschiedenen Wege zur Gewinnung von Rapsöl und Rapsölester zu Kraftstoffzwecken



2.1.1 Rapsölester als Kraftstoff

Alle pflanzlichen und tierischen Öle und Fette lassen sich durch einen chemischen Verarbeitungsschritt, die Umesterung, in ein Folgeprodukt mit teilweise stark veränderten technischen Eigenschaften umwandeln. Auf der Grundlage von Rapsöl entsteht durch die Zugabe von Methanol Rapsölmethylester (im folgenden kurz Rapsölester genannt) und Glycerin. Der Umwandlungsschritt ist mit Ethanol aufgrund seines im Vergleich zu Methanol höheren Preises teurer. Die Umesterung bietet für den Einsatz von Rapsöl folgende Vorteile:

*) Die Differenz von 3 kg entsteht durch die bessere Reinigung der Saat in der großindustriellen Ölmühle.

- Rapsölester ist in jedem beliebigen Verhältnis mit Dieselkraftstoff mischbar.
- Rapsölester entspricht in den als Motorkraftstoff relevanten physikalischen Eigenschaften weitgehend dem Dieselkraftstoff.
- Rapsölester kann weitgehend problemlos in jedem herkömmlichen, am Markt befindlichen Dieselmotor eingesetzt werden. Allerdings muß noch das Problem der Verdünnung des Motorschmieröles gelöst werden.
- Rapsölester kann als Lösungsvermittler für den Zusatz von Alkohol zum Dieselkraftstoff verwendet werden.

Die Produktion von Rapsölester bietet die technische Möglichkeit, innerhalb kurzer Zeit ein vollwertiges Substitut für Dieselkraftstoff zu erschließen. Der Einsatz von Rapsölester verteuert den Kraftstoff um 0,20 - 0,30 DM/l gegenüber dem rohen Rapsöl, dafür entfallen Umrüstkosten für den Motor. Tabelle 20 vergleicht die Vor- und Nachteile der beiden Verwendungsmöglichkeiten von Pflanzenöl als Kraftstoff.

Tab. 20: Technische Anpassungsmöglichkeiten zur Verwendung von Pflanzenöl als Kraftstoff

I. Anpassung des Motors an den Pflanzenölbetrieb

= pflanzenöлтаuglicher Dieselmotor

Vorteil: Kosteneinsparung durch Nutzung des rohen Pflanzenöls

Nachteil: nur langsame Markteinführung möglich

Technik: 1. Vorkammermotor

Vorteile

- serienmäßig verfügbar
- Umrüstung vorhandener Direkteinspritzer möglich

Nachteile

- um 15 % höherer Verbrauch als Direkteinspritzer
- Leistungsabfall nach Umrüstung vorhandener Direkteinspritzer, soweit nicht durch Korrektur der Einspritzpumpe vermeidbar
- Umrüstung teuer; 5 000 - 10 000 DM/Motor

2. Direkteinspritzer: Elsbett-Motor, Volkswagen (in Entwicklung)

Vorteile

- kein Mehrverbrauch; hohe Leistungsdichte

Nachteile

- noch keine Serienfertigung

II. Anpassung des Pflanzenöls an den Motor (Umesterung)

Vorteile: - einsetzbar in allen vorhandenen Dieselmotoren als Ersatzprodukt für Dieselkraftstoff
- rasche Marktdurchdringung möglich, insbesondere in der Landwirtschaft

Nachteile: - aufwendiger chemischer Aufbereitungsschritt notwendig
0,20 bis 0,30 DM/l Rapsölester
- Absatzprobleme bei Glycerin
- Mehrverbrauch bis 8 % (volumenbezogener Heizwert ist um 6 % niedriger als bei Pflanzenöl)

2.1.2 Rapsöl als Reinkraftstoff

Aus technischer Sicht ist der Einsatz rohen Rapsöls als Kraftstoff für Dieselmotoren möglich. Hierzu stehen heute folgende Motorbauarten zur Verfügung bzw. sind in Entwicklung:

- Vorkammermotor: weit verbreitet in PKW, nur bestimmte Typen sind pflanzenöltauglich; Industriemotoren
- Direkteinspritzer-Motor: als derzeit völlig pflanzenöltauglich wird der Elsbett-Motor angesehen.

Rohes Rapsöl kann somit nur in Ausnahmefällen in heute am Markt befindlichen Dieselmotoren eingesetzt werden. Versuche, Rapsöl in kleinen Mengen Dieselkraftstoff beizumischen, sind fehlgeschlagen. Ein störungsfreier Dauerbetrieb war nicht möglich. In einigen wenigen Typen von Vor- und Wirbelkammermotoren können sämtliche rohen Pflanzenöle als Kraftstoff eingesetzt werden. Versuche (mit relativ kurzen Laufzeiten) mit Rapsöl, Palmöl, Sojaöl oder Sonnenblumenöl sind in der Literatur beschrieben worden.

Die Anpassung von Vorkammer- als auch Direkteinspritzermotoren an den Betrieb mit Pflanzenöl ist möglich, aber mit hohen Kosten verbunden. Als schwerwiegender Nachteil einer Umrüstung von Direkteinspritzung auf das Vor- oder Wirbelkammerv Verfahren ist neben den Kosten auch ein durchschnittlicher Kraftstoff-Mehrverbrauch von ca. 15 % zu berücksichtigen.

Eine Besonderheit stellt der Entwicklungsmotor der Firma Elsbett dar. Der direkt-einspritzende Elsbett-Motor besitzt konstruktive Merkmale, die eine bessere Eignung für Pflanzenöl-Kraftstoff als bei konventionellen Motoren ergeben. Hierzu gehören weitgehend selbstreinigende Zapfendüsen, die bisher nur in Vor- oder Wirbelkammermotoren üblich waren, sowie ein geringeres Spiel zwischen Kolben und Zylinder, so daß mögliche Verbrennungsrückstände nicht so leicht zu den Kolbenringen vordringen und diese verklemmen können, dazu höhere Einspritzdrücke durch spezielle Pumpe-Düse-Elemente, durch die eine feinere Kraftstoffaufbereitung bewirkt wird, und schließlich eine spezielle Luftführung, die ein heißes Zentrum der Verbrennung mit einem kalten Mantel im Zylinder herstellen soll. Nach diesem Merkmal wird der Motor auch Duotherm-Motor genannt.

In Einzelfällen sind vorhandene Dieselmotoren von der Fa. Elsbett umgerüstet worden. Eine Umrüstung ist jedoch mit etwa 2000,- DM pro Zylinder sehr aufwendig; eine Umlage der Kosten dieser Investition auf den im Laufe von 10 Jahren verbrauchten Kraftstoff würde z.B. auch bei einem gut ausgelasteten Schlepper den Kraftstoff überschlagsmäßig um 0,35 - 0,40 DM/Liter verteuern.

Das allgemeine Problem pflanzenöлтаuglicher Motoren ist, daß sie für zwei verschiedene Kraftstoffe - Pflanzenöl (oder auch nur Rapsöl) und Diesekraftstoff - verbrauchs- und abgasoptimiert sein müssen. Die Erprobung vorhandener Prototypen wird zeigen, ob dieses Entwicklungsziel erreicht werden kann.

2.1.3 Rapsöl als Heizölsubstitut

Eine technisch vermutlich einfacher durchsetzbare energetische Verwendung von Rapsöl ist die als Heizöl-Substitut. Die Verbrennung zur Strom- und Wärmezeugung in Kraftwerken wirft zunächst noch ungeklärte Fragen der Verbrennungstechnik und der Abgasemissionen auf. Es ist zu erwarten, daß diese Probleme mit relativ geringem Forschungsaufwand gelöst werden könnten.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Alternative des Verbrennens durchaus vergleichbar mit der Variante des Absatzes von Rapsöl als Kraftstoff. Die Raffinerieabgabepreise von Heizöl und Diesekraftstoff unterscheiden sich praktisch kaum. Die Verbrennung von Pflanzenöl würde sich auch für regionale, kleinräumige Lösungen und damit für eine mengenmäßig gestaffelte Markteinführung eignen.

Allerdings stellt sich bei dieser "inferioren" Verwendung eines von Natur aus hochwertigen Rohstoffes die Frage, ob Wärme-Energieträger nicht besser und kostengünstiger über andere nachwachsende Rohstoffe erzeugt werden könnten.

2.1.4 Rapsöl als Schmierstoff

Der Schmierstoffmarkt könnte für Rapsöl ein großes Absatzpotential bieten. In der Bundesrepublik Deutschland werden rund 1 Mio t pro Jahr an den unterschiedlichsten Schmierstoffen verbraucht. In folgenden Bereichen können bereits interessante Entwicklungen aufgezeigt werden:

1. Sägeketten-Schmiermittel

In der bundesdeutschen Forstwirtschaft werden rund 6 000 t Kettenschmieröle verbraucht. Hinzu kommt der Verbrauch im Hobbybereich, wodurch der Gesamtverbrauch etwa 8 000 - 10 000 t betragen dürfte. Der Einsatz von Ketten-Schmierölen aus Mineralöl stellt eine permanente Umweltverschmutzung dar, da es sich hierbei um eine Verlustschmierung handelt. Mit Stand vom Juni 1989 gab es elf Umweltzeichennehmer (Hersteller) und ca. 55 Produkte, die den "Blauen Engel" tragen. Die Gewerkschaft Gartenbau, Land- und Forstwirtschaft (GGLF) hat mit der Tarifgemeinschaft deutscher Länder (TdL) vereinbart, daß anerkannt umweltfreundliches

Kettenschmieröl einzusetzen ist, soweit dieses zu dem in der Motorsägenentschädigung eingerechneten Preis für Waldarbeiter verfügbar ist. Alle Landesforstverwaltungen haben bereits für den Einsatz in ihren Zuständigkeitsbereichen die Verwendung der mit dem Umweltzeichen ausgezeichneten Öle wirksam geregelt.

2. Hydrauliköl

Der Gesamtverbrauch an Hydrauliköl beträgt in der Bundesrepublik Deutschland jährlich etwa 145 000 t. Hydrauliköle auf der Basis von Rapsöl werden bereits auf europäischen Märkten angeboten, jedoch von kleineren Unternehmen, die nur über geringe Marktanteile verfügen. Die Vergaberichtlinien für das Umweltzeichen ähneln denen für Kettenschmieröle; ihre Veröffentlichung wird demnächst erfolgen. Auch für Hydrauliköle auf Pflanzenölbasis spricht ihr Umweltvorteil, da durch Undichtigkeiten und andere technische Fehler ein großer Teil des Öles unvermeidlich in die Biosphäre gelangt. Die Qualitätsforderungen an Hydrauliköle sind allerdings höher als an Kettenschmieröle, so daß nur langsam umweltfreundliche Produkte angeboten werden.

3. Motoren-Schmiermittel und sonstige Einsatzfelder

Auf der Basis von Pflanzenölen können grundsätzlich auch Motoren- und Getriebeschmiermittel hergestellt werden. Besonders Rizinusöl kann für derartige anspruchsvolle Schmieraufgaben eingesetzt werden. In den USA sollen bereits hochwertige Motorenöle auf der Basis von Rizinusöl und Jojobaöl am Markt angeboten werden. Die Entwicklung eines Motorenöls auf der Basis von Rapsöl erscheint z.Z. wenig aussichtsreich.

In der Bauindustrie werden Öle bei der Verschalung im Betonbau eingesetzt. Ein weiteres Beispiel sind Schmieröle bei Bohrungen. In beiden Fällen gelangt das Öl in die Umwelt. Auch hier ergeben sich Ansatzpunkte, Öle mineralischer Herkunft durch solche pflanzlichen Ursprungs zu ersetzen. Die qualitativen Ansprüche sind relativ gering.

Weitere Einsatzfelder könnten die Verwendung als Staubbindemittel in Getreidelagern oder als oberflächenaktiver Stoff bei der Formulierung von Pflanzenschutzmitteln sein (Erfahrungen vor allem in den USA). Hier ist zu berücksichtigen, daß die Absatzpotentiale vergleichsweise gering sind und die Nachfrage davon abhängen wird, ob diese technischen Anwendungsfelder in Zukunft von der Industrie entwickelt werden (effektiver Bedarf bisher nicht bewiesen).

2.2 Stand der Ölgewinnungstechnik

Die EG und insbesondere die Bundesrepublik Deutschland verfügen über eine gut strukturierte und leistungsfähige Ölmühlenindustrie. 1985/86 wurden in der EG (12) 28,3 Mio. t Ölsaaten (einschl. 6,6 Mio. t Oliven) verarbeitet, davon in der Bundesrepublik Deutschland 5,5 Mio. t. Bei der Verarbeitung von Raps in großen Ölmühlen (Pressung und Extraktion) werden aus 100 kg Saat 40 kg Öl (Schwankungsbreite 39 - 41 kg) und 53,5 kg Rapsschrot (52 - 56 kg) gewonnen. Diese Zahlen werden in den FEDIOL-Statistiques für die Bundesrepublik Deutschland 1985 angegeben.

Die dezentrale, d.h. erzeugernahe Verarbeitung der Ölsaate, geht einher mit einer Reduzierung der Transportwege und Umschlagskosten für die Ölsaate zwischen dem landwirtschaftlichen Betrieb und dem Verarbeitungsbetrieb sowie bei der Verteilung des Pflanzenöls und des Nebenprodukts Rapsschrot, ausgehend vom Verarbeitungsbetrieb bis hin zum Kraftstoffabnehmer. Gleichzeitig können in beiden Richtungen die Handelsspannen verringert werden. Als Nachteile müssen eine geringere Ölausbeute sowie das Fehlen von Kostendegressionseffekten aufgrund der Betriebsgröße berücksichtigt werden. Eine Marktmacht als Anbieter des Nebenprodukts in marktfähigen Großmengen kann nicht erreicht werden. Die für eine dezentrale Ölgewinnung einsetzbare Technik kann sich ausschließlich auf die erste Stufe der Gewinnungstechnik stützen, d.h. die mechanische Abpressung. Dagegen wendet die industrielle Ölsaatenverarbeitung in der zweiten Stufe die Extraktion an und erzielt eine nahezu vollständige Ölausbeute; sie ist nur in Großanlagen wirtschaftlich und umweltverträglich einsetzbar.

2.3 Ökonomische Beurteilung: Die Wettbewerbsfähigkeit von Rapsöl als Kraftstoff

Zur Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von Rapsöl als Kraftstoff sind die Bereitstellungskosten des Öls dem Preis für Dieselkraftstoff gegenüberzustellen. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist dabei allein der Dieselpreis ohne Steuern die relevante Vergleichsgröße.

Tabelle 21 zeigt die Berechnung der Bereitstellungskosten für 1988/89. Es wird deutlich, daß die Kosten, je nachdem, ob das Öl in zentralen Großanlagen oder auf dem landwirtschaftlichen Betrieb gewonnen wird, unterschiedlich ausfallen. Sie betragen bei zentraler Abpressung etwa 1,78 DM/l und bei dezentraler Verarbeitung je nach Größe der Anlage 1,87 bis 2,47 DM/l. Dabei sind die Rohstoffkosten, die Erlöse für die Nebenprodukte, die Preßkosten und die Transportkostenvorteile des dezentralen Konzepts eingerechnet.

Demgegenüber beträgt der abgabenfreie Preis für Dieselkraftstoff (1988/89) etwa 0,35 DM/l. Damit weist Rapsöl gegenüber dem herkömmlichen Dieselkraftstoff ein erhebliches Wettbewerbsdefizit auf. Es beträgt im günstigsten Fall (zentrale Abpressung) 1,43 DM/l. Bezogen auf die Fläche entspricht dies 1931 DM/ha (1350 l/ha x 1,43 DM/l). Subventionen in mindestens

dieser Höhe müßten also aufgebracht werden, um Rapsöl am Kraftstoffmarkt absetzen zu können. Weder die Flächenstilllegungsprämie (maximal 1200 DM/ha) noch die Rapsbeihilfe (in 1988/89: rd. 1500 DM/ha) würden ausreichen, um die Deckungslücke zu überbrücken. Aus der Sicht des Verbrauchers verschlechtert sich die Wettbewerbsposition des Rapsöls als Dieselsubstitut weiter, wenn auch die Kosten für Umrüstung der Motoren (035-0,40 DM/l) berücksichtigt werden. Die Verwendung von Rapsölester würde die Umrüstung zwar überflüssig machen, den Liter Öl aber zusätzlich mit etwa 0,20 bis 0,30 DM/l belasten.

Tabelle 21: Bereitstellungskosten von Rapsöl als Dieselsubstitut bei zentraler und dezentraler Verarbeitung (Preisbasis 1988/89)

a. zentrale Verarbeitung

+ Rohstoffkosten	1,94 DM/l
. 45 l Öl aus 1 dt Rapssaat	
. Interventionsankaufspreis für Rapssaat: 87,2 DM/dt	
- Erlös Rapsschrot	0,38 DM/l
. 0,54 dt Schrot aus 1 dt Rapssaat	
. Preis für Rapsschrot: 32 DM/dt	
+ Verarbeitungskosten	0,12 DM/l
+ Transportkosten	0,10 DM/l
= Bereitstellungskosten	1,78 DM/l

b. dezentrale Verarbeitung

+ Rohstoffkosten	2,33 DM/l
. 37,4 l Öl aus 1 dt Rapssaat	
. Interventionsankaufspreis für Rapssaat: 87,2 DM/dt	
- Erlös Rapskuchen	
. 0,64 dt Kuchen aus 1 dt Rapssaat	0,55 DM/l
. Preis für Rapsschrot: 32 DM/dt	
+ Verarbeitungskosten	
. je nach Kapazität der Anlage	0,09 - 0,69 DM/l
= Bereitstellungskosten	1,87 - 2,47 DM/l

Quellen: ZMP, Götzke und Kleinhanß (1988), BML-eigene Berechnungen

Aus Sicht des einzelnen Landwirts, der das Rapsöl im eigenen Betrieb erzeugt und verwertet, kann die Wettbewerbsfähigkeit etwas anders beurteilt werden. Denn für ihn ist der um die Gasölbeihilfe (0,41 DM/l) verminderte Zukaufspreis für Dieselmotorkraftstoff maßgebend, der derzeit bei 0,50 DM/l und damit um 0,15 DM/l über dem Dieselpreis ohne Steuern liegt. Aber auch dann kann die Rentabilitätsschwelle nicht erreicht werden. (Selbst bei Inanspruchnahme der Rapsbeihilfe, niedrigen Verarbeitungskosten und Vernachlässigung der Motorumrüstkosten hätte der Landwirt gegenüber der Alternative "Erzeugung von Nahrungsrap für den Markt" noch einen Verlust von überschlagsmäßig 200 DM/ha zu tragen.)

2.4 Aktivitäten

2.4.1 Bund

Siehe Auflistung der F + E-Vorhaben von BMFT und BML. Hervorzuheben ist die 1988 angelaufene Prüfstandsuntersuchung von pflanzenöltauglichen Dieselmotoren. Sechs Motoren werden auf ihr Leistungs-, Verschleiß- und Abgasverhalten hin untersucht. Hierbei wird von besonderem Interesse sein, ob der Einsatz von Rapsöl zu verringerten partikel- und gasförmigen Emissionen führt, was wegen der Schwefelfreiheit und des chemischen Aufbaues durchaus erwartet werden könnte.

2.4.2 Länder

Hessen:

Auch das Land Hessen unterrichtet Landwirte durch Demonstrationsbeispiele von der Möglichkeit energetischer Pflanzenölverwertung auf dem eigenen Betrieb. So laufen derzeit Bemühungen, bei der DEULA Witzenhausen und den durch das Land Hessen selbst bewirtschafteten Staatsdomänen pflanzenöltaugliche Schlepper zu stationieren.

Niedersachsen:

Auf dem Landschaftspflege- und Recyclinghof des Landkreises Emsland in Papenburg wird ein Demonstrationsvorhaben zum praxisnahen Einsatz von pflanzenöltauglichen Elsbett-Motoren durchgeführt. Die entsprechenden Motoren und Fahrzeuge (Schlepper und Pkw) wurden bei Firma Elsbett in Hilpoltstein gebaut bzw. umgerüstet. 550 000,- DM Landesmittel wurden hierfür bereitgestellt.

Die Übergabe der Fahrzeuge und Motoren erfolgte im Herbst 1988.

Im einzelnen waren dies:

1. ein 99 KW-Fendt-Favorit 612 LSA,
2. ein Pkw Audi 100,
3. eine Schneckenpresse,
4. ein Stromaggregat,
5. ein lauffähiger Elsbett-Motor für Anschauungs- und Versuchszwecke.

Bei der VEBA Öl AG wurde ein Forschungsprojekt in Auftrag gegeben, in dem untersucht werden soll, inwieweit Pflanzenöle in einer Mineralölraffinerie verarbeitet werden können.

Im einzelnen wurden folgende Fragen geklärt:

- Mischbarkeit des Pflanzöles in dem mineralölstämmigen Einsatzprodukt des Hydrocrackers;
- Thermisches Verhalten der Mischung;
- Auswirkungen auf die Katalysatoren;
- Beeinflussung der Prozeßparameter;
- Beeinflussung der Produktqualitäten.

Bayern:

Seit 1980 werden an der landwirtschaftlichen Lehranstalt des Bezirks Oberfranken in Bayreuth Erprobungsversuche mit Pflanzenöl als Ersatz für Dieselkraftstoff durchgeführt. Seit 1986 wird auch die Verwendung von Pflanzenöl als Ersatz von Heizöl untersucht.

Die Bayer. Landesanstalt für Landtechnik an der TU München wurde 1988 mit folgendem Forschungsvorhaben beauftragt: "Verwendung von Rapsöl zu Motortreibstoffen und als Heizölersatz in technischer und umweltbezogener Hinsicht".

Das Vorhaben gliedert sich in folgende Teilprojekte:

- chemische-physikalische Untersuchungen an Rapsöl zur Ermittlung von Kraftstoffeigenschaften;
- Untersuchung der Abgaszusammensetzung von Dieselmotoren verschiedener Leistungsklassen und Bauarten bei Betrieb mit reinem Rapsöl, verestertem Rapsöl und einem Diesel-Rapsöl-Gemisch;
- Einsatz von Rapsöl bzw. Rapsölgemischen als Ersatz für Heizöl.

In einem ersten Pilotversuch wurde der Ankauf einer Ölpresse gefördert, um Erkenntnisse über die Herstellung und Verwendung von Pflanzenöl auf einem landwirtschaftlichen Betrieb (Stauderer, Brünhausen) zu gewinnen.

Das Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr hat die Entwicklung eines pflanzenöltauglichen, ölgekühlten Vielstoff-Dieselmotors mit integrierter Einspritzanlage sowie zwei mit Pflanzenöl betriebene Dieselgeneratoren mit angeflanschter Ölpresse (Firma Elsbett-Konstruktion) gefördert.

Die Bayer. Staatsregierung beabsichtigt, 1989 auf staatlichen Versuchsgütern 3 von der Fa. Elsbett umgerüstete Schlepper einzusetzen, die mit Pflanzenöl betrieben werden sollen, um die Zuverlässigkeit dieses Motorenkonzeptes und Umweltauswirkungen festzustellen.

Baden-Württemberg:

Im Rahmen eines Pilotprojektes sollen zwei Schlepper, die mit Elsbett-Motoren ausgerüstet werden sowie eine oder mehrere Schlepper mit Wirbelkammermotoren auf landwirtschaftlichen Betrieben zum Einsatz kommen. Das Rapsöl soll mittels Ölpresen aus dem auf den Betrieben angebauten Raps gewonnen werden. An dem Pilotprojekt sind neben dem Land auch die Landmaschinenindustrie sowie genossenschaftliche Einrichtungen beteiligt. Das Vorhaben soll den bei der Firma Porsche laufenden Prüfstandversuch ergänzen.

2.4.3 EG-Kommission

Aktivitäten sind nicht bekannt.

2.4.4 Sonstige

Die Motorenindustrie (Lkw-, Pkw- und Schlepperhersteller) und Motorenentwickler setzen sich seit einiger Zeit verstärkt mit der Entwicklung pflanzenöltauglicher Motoren auseinander. Hierfür werden inzwischen erhebliche Eigenmittel aufgebracht. Diese Entwicklung wird durch die verschiedenen oben beschriebenen öffentlich geförderten Versuche unterstützt.

Eine interessante und bereits weit gediehene Eigeninitiative der Wirtschaft zeigt sich im Bereich der Schmierstoffentwicklung. Dort führten die sich abzeichnenden strengeren gesetzlichen Rahmenbedingungen beim Umwelt- und Arbeitsschutz schon vor Jahren zu einer intensiven Entwicklungsarbeit, um den gesetzlichen Auflagen entsprechende neue Produkte bereitstellen zu können. Die bereits am Markt befindlichen Beispiele sind Motorsägekettenöle, Hydrauliköle, Kompressorenöle, Haftöle, Schmierfette. Metallbearbeitungsöle (Gefahr durch Ölnebelbildung am Arbeitsplatz) auf der Basis von Rapsöl werden folgen, evtl. auch Motoren- und Getriebeöle.

In Österreich wurde der Bau einer dezentralen Gewinnungsanlage (30.000 t Raps/a) von Rapsöl (Regionalprinzip) mit angeschlossener Umesterung beschlossen. Der Rapsölester wird von den am Projekt beteiligten Landwirten im vorhandenen Schlepperbestand als Kraftstoff eingesetzt.

2.5 Benutzte Quellen

- Anonym (1989). Pflanzenöl als Motorentreibstoffe, Ergebnisse einer Umfrage bei Motorenherstellern. Landtechnik 44, 51-54.
- Dohne, E. (1987). Pflanzenöl als Motortreibstoff. Agrartechnik, 17-23.
- Götzke, H. (1988). Ökonomische Überlegungen zur Verwendung von Pflanzenölen als Energieträger. Agrarwirtschaft 37, 355-358.
- Götzke, H., Kleinhanß, W. (1988). Produktion von Rapsöl als Treibstoff - Eine Chance für die deutsche Landwirtschaft? Landbauforschung Völkenrode 38, 17-41.
- Vellguth, G. (1988). Pflanzenöl als Dieselkraftstoff-Substitut. Landbauforschung Völkenrode 38, 12-16.
- Zaske, J. (1989). Pflanzenölmotoren für Entwicklungsländer. Landtechnik 44, 49-50.

3. Wärme aus Biomasse

Das theoretische Absatzpotential von Biomasse für die Wärmegewinnung ist nahezu unbegrenzt. Bei einer jährlichen Energieertragsleistung je ha von rd. 5 t Öläquivalent könnten rd. 1,5 Mio ha (ein Fünftel der Ackerfläche) rd. 2,8 % des Gesamtprimärenergieverbrauchs der Bundesrepublik Deutschland abdecken. Biomasse in Form verschiedener Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft und den Verarbeitungsbetrieben könnte einen zunehmenden Energiebeitrag leisten. Für eine umfangreiche Energieträgernutzung zur Wärmegewinnung bietet sich die Festbrennstoffherstellung an, weil dadurch hohe Erträge an Energieeinheiten je ha erzeugt werden können.

3.1 Technische Verfahren

3.1.1 Verbrennung von Biomasse

Wie bei jedem Brennstoff hängt bei Biomasse das Brennverhalten von der chemischen Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften ab. Tabelle 22 zeigt die wichtigsten Merkmale im Vergleich zu anderen konventionellen Brennstoffen.

Tabelle 22: Feuerungstechnische Kenngrößen gebräuchlicher Brennstoffe
(aus Tagungsbericht der ISES-Tagung 1985, Freising)

Brennstoff	Heizwert (bei üblichem Feuchtegehalt) kJ/kg	Aschegehalt Gew.-%	Gehalt an flüchtigen Bestand- teilen in Gew.-%
Stroh	14 300	4 - 5	65 - 70
Getreidepflanzen	15 000	4 - 5	65 - 70
Schilfarten	14 500	4 - 5	65 - 70
Holz (Rinde)	16 000	0,5 - 2	60 - 70
Torf	13 500	1 - 3	40 - 70
Braunkohle	20 000	3 - 18	40 - 60
Steinkohle	32 000	3 - 17	8 - 35
Holzkohle	30 100	0,5 - 1	20 - 25
Koks	30 000	9 - 17	1 - 10
Heizöl EL	42 000	-	-

Der Heizwert von Stroh und Getreideganzpflanzen liegt in einem ähnlichen Bereich wie der von Holz, Torf und Braunkohle. Dagegen haben Holzkohle, Steinkohle und Koks etwa den doppelten Heizwert. Heizöl besitzt, auf das Gewicht bezogen, fast den dreifachen Wert. Der Feuchtegehalt des Brennstoffs muß möglichst gering sein, um eine umweltfreundliche und effektive Verbrennung sicherzustellen. Ein besonderes Problem der Brennstoffe Holz, Stroh und Ganzpflanzen liegt im hohen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen. Sie zwingen bei absätzig beschickten Feuerungsanlagen zu einer zweigeteilten Verfeuerung, wobei im Primärbereich mehr oder weniger vergast wird, im zweiten Bereich unter Verwendung womöglich vorgewärmter Sekundärluft die Gase bei hoher Temperatur verfeuert werden. Das Brennverhalten der Brennstoffe Holz, Ganzpflanzen und Stroh hängt auch stark von der physikalischen Struktur ab.

An Feuerungsanlagen sind folgende Anforderungen zu stellen:

- Leichte Bedienbarkeit bei geringer Arbeitsbelastung,
- hoher Wirkungsgrad mit 70 bis 80 %,
- umweltfreundliche Verbrennung und
- ausreichende Regelbarkeit der Heizleistung.

Unter wirtschaftlichen Verhältnissen entscheiden die Brennstoffpreise, der Heizwert des Brennstoffs in Verbindung mit dem Wirkungsgrad, die erforderliche Darbietungsform, die Kosten der Feuerungsanlage einschl. Lagerraum, der Arbeitsaufwand und der Preis der zu verdrängenden Energieträger über die energetische Verwendung von Biomasse.

3.1.2 Pyrolyse

Die Pyrolyse von Biomasse dient vor allem der Herstellung von Energieträgern zur Wärmeproduktion. Unter Pyrolyse wird im allgemeinen die thermische Zersetzung kohlenstoffhaltiger Substanzen unter Sauerstoffabschluß verstanden. Dabei werden die flüchtigen Stoffe (Wasser, Teer, Benzol, Gas u.a.) kondensiert (Pyrolyseöl) und ein fester Rückstand (Holzkohle) gewonnen. Das Problem ist, daß die Zusammensetzung des Pyrolyseöls sehr variabel ist und Stoffe enthalten kann, die bei der Verbrennung die Umwelt schädigen können.

Der Verbrauch von Holzkohle verlagert sich von der industriellen Nutzung auf die Verwendung von Grillkohle für den Freizeitmarkt. Unter Einwirkung von Dampf kann Holzkohle zu Aktivkohle veredelt werden, die sowohl in der chemischen Industrie als auch im Bereich des Umweltschutzes zunehmende Bedeutung erlangt.

Der bedeutendste Anwendungsbereich von Pyrolyseöl könnte in seiner Verwendung als flüssiger Brennstoff als Konkurrenzprodukt zu Heizöl liegen, das sich, wenn nicht weiter veredelt, mit Mineralöl mischen ließe.

Bei den Rahmenbedingungen in der EG ist bei kurzfristiger Betrachtungsweise eine Konkurrenzfähigkeit der Pyrolyseprodukte gegenüber fossilen Brennstoffen nur in wenigen Fällen gegeben. Die Herstellung von Grillkohle und Aktivkohle kann dann wirtschaftlich betrieben werden, wenn Biomasse kostengünstig zur Verfügung steht. Bei einem Inlandsverbrauch von rd. 90 000 t ist das Marktpotential unter Berücksichtigung der Importe (rd. die Hälfte) begrenzt.

3.1.3 Nutzung von Abfall- und Reststoffen, Biogas-Erzeugung

Die Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Abfall- und Reststoffen wie Stroh, Industrierestholz, Waldrestholz und tierische Exkremente sowie organischer Müll zur Energiegewinnung ist aus energiepolitischer Sicht und im Rahmen einer umweltgerechten Entsorgung anzustreben. Im Hinblick auf die Brennstoffeigenschaften und die energetische Nutzung sind an die Abfall- und Reststoffe grundsätzlich die gleichen Anforderungen zu stellen wie bei der Verfeuerung von Ganzpflanzen und Hackschnitzel.

Der Einsatz von Abfall- und Reststoffen sowie die Erzeugung von Biogas zur Energiegewinnung sind bei der Preis-Kosten-Situation im Energiebereich nur bei günstigen einzelbetrieblichen Voraussetzungen konkurrenzfähig. Stroh und Waldrestholz mit relativ geringen Estandskosten können bei steigenden Energiepreisen für die hofeigene Energieerzeugung wirtschaftlich eingesetzt werden.

Für bäuerliche Betriebe wird bei den derzeitigen Energiepreisen die Biogaserzeugung insbesondere wegen der hohen Investitionskosten und der während der Sommermonate in der Regel nur sehr eingeschränkten Möglichkeiten zur innerbetrieblichen Gasnutzung die Wirtschaftlichkeit nicht erreichen. Das Verfahren kann neben der Energiegewinnung wesentlich zur Lösung umweltrelevanter Probleme beitragen. Daher hat die Biomethanisierung für die Behandlung von Flüssigmist in überbetrieblich eingesetzten Anlagen sowie für die Entsorgung der organischen Rest- und Abfallstoffe bei der Verarbeitung von landwirtschaftlichen Produkten eine gewisse Bedeutung.

Grünpflanzen eignen sich in frischem oder auch in siliertem Zustand für die Gewinnung von Biogas, wobei Energieerträge aus der organischen Trockenmasse von 10.000 kJ/kg bis 16.000 kJ/kg technisch erzielt werden können. Da im Gegensatz zur Verbrennung der Rohstoff sich in natürlichem Feuchtezustand verwerten läßt, kann über die Biomethanisierung ein breites Spektrum von Grünpflanzen einer energetischen Nutzung zugeführt werden.

3.2 Pflanzenarten zur Produktion von Festbrennstoffen

Die Variationsbreite an Pflanzen zur Produktion von Festbrennstoffen reicht von Einjahrespflanzen wie Massengegetreide, Raps, Senf, Sonnenblumen und Gras über mehrjährige Kulturen mit jährlicher Nutzung wie Schilfarten, Elefantengras und Grünland bis zu schnellwachsenden Baumarten wie Pappeln, Aspen oder Weiden mit mehrjährigem Ernterhythmus und zu den Baumarten mit langen Umtriebszeiten.

3.2.1 Ein- und mehrjährige Pflanzen mit jährlicher Nutzung

Einjahrespflanzen haben den Vorteil, daß sie sehr schnell einer Nutzung zugeführt sowie Anbau und Ernte mit vorhandener landwirtschaftlicher Technik durchgeführt werden können und die energetische Umsetzung in Anlagen zur Holz- und Strohverfeuerung bekannt und möglich ist. Besondere Grasarten liefern nach einer mehrjährigen Aufwuchsphase vermutlich höhere Erträge als Einjahrespflanzen.

Folgende Grasarten kommen zur Energiegewinnung in Frage:

Miscanthus sinensis "Giganteus", Elefantengras: Ein aus Japan nach Dänemark exportierter Klon des perennierenden Grases.

Phragmites communis bzw. *Phragmites australis*, Schilf: Schilfrohr besitzt auch in Europa eine traditionelle Nutzung als Heiz- oder Baumaterial.

Sorghum bicolor und andere Hirsearten sind als Kulturpflanzen weltweit verbreitet, zeichnen sich aber durch einen hohen Wärmebedarf aus.

Polygonum sachalinense, mehrjährige Grasart aus Ostasien (Japan, Insel Sachalin und Südkurilen); Nutzung als Zierstaude.

Arundo donax, Pfahlrohr; stammt vermutlich aus Zentralasien und ist heutzutage auch in Südeuropa anzutreffen.

Spartina pectinata, *Spartina cynosuroides*: Versuche in Irland und England zeigten eine geringe bis mittlere Ertragsfähigkeit dieser C_4 -Pflanze auf.

Bei diesen Arten handelt es sich vorwiegend um sogenannte C_4 -Pflanzen. Im Gegensatz zu den bei uns heimischen C_3 -Pflanzen zeichnen sich C_4 -Pflanzen auf Grund ihres speziellen Stoffwechselweges durch eine effizientere CO_2 -Ausnutzung und damit durch einen höheren photosynthetischen Wirkungsgrad aus. Daraus kann im Endeffekt eine höhere Stoffproduktion resultieren. Voraussetzung dafür sind normalerweise Temperaturen, die in unseren Breiten nur kurz-

zeitig vorherrschen. Einige C₄-Arten, bzw. Varietäten davon wie Elefantengras, werden als an die niedrigen Temperaturen in Mitteleuropa angepaßt bezeichnet.

3.2.1.1 Anbau

Anbau, Pflege, Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen für Einjahrespflanzen sind den Landwirten bekannt. Daher könnten Landwirte diese Produktionsrichtung aufnehmen, sobald Absatzmöglichkeiten vorhanden sind. Der Einstieg in diese Produktion kann ohne zusätzliche Investition beim Landwirt erfolgen, weil in der Regel vorhandene Maschinen und Geräte genutzt werden können.

Die Kenntnisse für den Anbau mehrjähriger Kulturen mit jährlicher Nutzung sind noch nicht ausreichend. Untersuchungen über praktikable Vermehrungsmöglichkeiten der Pflanzen für den großflächigen Anbau sowie Möglichkeiten zur Technisierung des Anbaues sind angelaufen. Nach Informationen aus Dänemark und ersten Erfahrungen in Bayern soll *Miscanthus sinensis* giganteus gegen Kälte ausreichend widerstandsfähig sein und einen sehr hohen Ertrag liefern. Pflege und Pflanzenschutzmaßnahmen scheinen nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht erforderlich. Die Nährstoffansprüche sind vermutlich relativ niedrig, da keine Blüten und Früchte gebildet werden und ein Rückzug der Nährstoffe in die Wurzel erfolgt.

Für die Ernte von Einjahrespflanzen (vor allem Getreide) bieten sich mehrere Verfahren an, wobei grundsätzlich auf vorhandene Maschinen zurückgegriffen werden kann, die evtl. weiterzuentwickeln und anzupassen sind. Die Wahl der Ernteverfahren wird weitgehend vom Abnehmer bestimmt.

Die übliche Art der Ernte besteht darin, den Mähdrescher einzusetzen und Stroh und Korn getrennt zu ernten und zu verwerten. Die energetische Nutzung von Stroh kann fast als Stand der Technik betrachtet werden, wobei allerdings nicht übersehen werden darf, daß weitere technische Maßnahmen zur Anlagenverbesserung der Senkung der Umweltbelastung dienen können. Dieses Verfahren eignet sich besonders für die Wärmeerzeugung in landwirtschaftlichen Betrieben oder bei größeren Wärmeverbrauchern im ländlichen Raum.

Soll die Ganzpflanze so geerntet werden, daß ein Korn-Stroh-Gemisch vorliegt, dann sind hierfür bestimmte Ernteverfahren anzuwenden. Ein Verfahren besteht darin, einen Schwadmäher zur Ernte einzusetzen und das Korn-Stroh-Gemisch lufttrocken aus dem Schwad mit Pressen, als Langgut mit Ladewagen oder mit Einsatz eines Häckselladewagens zu ernten. Bei diesen Verfahren treten Verluste bis zu 10 % auf.

Die geringsten Verluste sind bei der Direkternte stehender Pflanzen zu erwarten, bei der Selbstfahrerhächsler mit Schneidwerk eingesetzt werden, wie sie bei der Ganzpflanzenernte zur Futtermittelgewinnung Verwendung finden. Allerdings ist davon auszugehen, daß bei diesen Verfahren teilweise eine Nachtrocknung des eingelagerten Korn-Stroh-Gemisches erforderlich ist. Um die Verluste möglichst gering zu halten, wäre auch der Einsatz einer Ballenpresse mit vorauslaufendem Mähwerk denkbar.

Nach Erfahrungen in der Praxis liegt das Problem bei Verfahren, in denen Mähen und Häckseln, Pressen oder Brikettieren in einem Arbeitsgang erfolgen, darin, daß Ganzpflanzen bei der üblichen Druschreife durch den hohen Wasseranteil im Stroh noch einen hohen Gesamtfeuchtegehalt aufweisen. Durch Abwarten der erforderlichen Ganzpflanzenreife verringert sich die Erntezeitspanne erheblich, was zu höheren Kapitalkosten der Maschinen durch die zwangsläufig verringerte Einsatzzeit führt. Gegebenenfalls sind hohe technische Aufwendungen für die Nachtrocknung notwendig. Daher bietet sich an, einen Schwadmäher vorzuschalten, wodurch allerdings höhere Verluste auftreten werden.

Über die Ernte mehrjähriger Schilfarten liegen in der Bundesrepublik Deutschland noch keine ausreichenden Erfahrungen vor. Es ist davon auszugehen, daß grundsätzlich die o.g. Verfahren zur Ganzpflanzenernte nach Anpassung der Technik in Betracht kommen. Der Einsatz selbstfahrender Häcksler und Großballenpressen mit Mähwerken erscheint am besten geeignet, wenn es gelingt, das Material im Stand entsprechend abzutrocknen.

3.2.1.2 Brennstoffeigenschaften und energetische Nutzung

Die aus der Strohfeuerung bekannten Feuerungsanlagen einschl. Dosierung und Ballenauflösung kommen auch für die energetische Nutzung halmgutartiger Ganzpflanzen in Frage. Durch den Kornanteil entsteht eine höhere Energiedichte. Eine versuchsweise Verfeuerung von Ganzpflanzen (Wintergerste) ergab, daß dieses Verfahren der Wärmegewinnung im Hinblick auf den Schwefel- und CO-Gehalt und der Stickoxide im Rauchgas den gesetzlichen Anforderungen entsprechen kann. Trotzdem erscheinen in kleineren Anlagen noch Verbesserungen nötig und möglich, im Vergleich zu Stroh sind beim Verbrennen des Kornes aufgrund seines Schwefels- und Eiweißgehaltes ungünstigere Emissionswerte zu erwarten.

Im Hinblick auf die Aufbereitungsform beim Einsatz von Ganzpflanzen zur Wärme- und Energiegewinnung ist davon auszugehen, daß unter ökonomischen und technischen Gesichtspunkten

- Kleinverbrauchern brikettierte Biomasse angeboten werden soll,
- landwirtschaftliche Betriebe sowie Verbraucher in ländlichen Bereichen gehäckselte Biomasse, Hochdruckballen oder Rundballen einsetzen können und
- Großverbraucher kubische Ballen am günstigsten verwerten können.

3.2.2 Holz

Aus unseren Wäldern werden jährlich - grob geschätzt - rd. 3 Mio m³ Brennholz bereitgestellt. Daneben ist die Anlage spezieller Schnellwuchs (Energie-) -wälder eine weitere Möglichkeit kommerzieller energetischer Holznutzung. Die Vorzüge dieser bei uns noch im Versuchsstadium befindlichen Produktionsalternativen beruhen darauf, daß unter den in der Bundesrepublik Deutschland vorherrschenden klimatischen Bedingungen einige Baumarten wegen ihres raschen Wuchses in der Jugendphase sehr gut für die Produktion von Biomasse genutzt werden können. Je nach Standort und Baumart beträgt die Zeit bis zur erstmaligen Nutzung zwei bis etwa zwanzig Jahre. Als Baumarten kommen vor allem Pappeln, Erlen, Weiden und Aspen in Betracht. Die ganz kurzen Umtriebszeiten von drei bis fünf Jahren setzen einen Stockausschlagbetrieb voraus. Dazu eignen sich in erster Linie Pappel- und Weidenarten, die drei- bis viermal auf den Stock gesetzt werden können.

3.2.2.1 Begründung, Pflege und Ernte von Schnellwuchswäldern

Standortbedingungen und sorteneigenes Wuchsverhalten sowie spezielle Produktionsmethoden wirken sich auf Höhe und Wert der Biomasseerträge aus. Die Wahl des Pflanzverbandes ist von dem durch Standort, Sorte und Umtriebszeit festgelegten Produktionsziel abhängig. Bewährt haben sich Reihenabstände von wenigstens 2,0 m, die den Einsatz von in der Landwirtschaft gebräuchlichen Pflegemaschinen erlauben. Die Stecklinge werden mit speziellen Pflanzmaschinen gesetzt.

Bei sog. Kurzumtriebsplantagen sind im Hinblick auf die Auswahl der Baumarten, die Bestandsdichte, sowie der anwendbaren Technik nach Löffler u.a. folgende Verfahren zu unterscheiden:

- Die sog. Mini-Rotation mit Produktionszeiträumen von unter 5, in der Regel von 2 bis 3 Jahren,
- die sog. Midi-Rotation mit Produktionszeiträumen von 5 bis unter 10, häufig von 5 bis 6 Jahren und
- die sog. Schnellwuchsplantagen mit Umtriebszeiten von 10 bis ca. 15 - 20 Jahren.

Erfahrungen aus der Praxis zeigen, daß der Zeitraum bis zur 1. Nutzung länger ist als zwischen den Folgenutzungen.

Da die Ernte während der Vegetationsruhe erfolgt, wird das Laub am Standort belassen und der Nährstoffaustrag möglichst gering gehalten.

Es ist davon auszugehen, daß die anfallende Biomasse in Form von Hackschnitzeln verwertet wird und deshalb an irgendeiner Stelle der Ernte- und Transportkette das Material gehackt werden muß. Ob der Hackvorgang im Anschluß an die Fällung, nach einer eventuellen Trocknungsphase auf der Fläche, auf einem mit Lkw-befahrbaren Sammelplatz oder erst beim Verwender geschehen soll, wird von der einzusetzenden Technik, der Entfernung zum Verwendungsort und von der Verwertung durch einen landwirtschaftlichen Betrieb bzw. Kleinverbraucher oder einen industriellen Großabnehmer beeinflusst.

Die Ernte von Kurzumtriebsplantagen auf kleineren Flächen für die Verwendung im landwirtschaftlichen Betrieb ist mit Kettensägen oder Motorsensen und anschließender Beschickung von schlepperangetriebenen Hackgeräten möglich. Das geschnittene Material sollte auf dem Feld vorgetrocknet werden. Bei dünneren Bäumen und Austrieb von verschiedenen Baumarten ist auch der Einsatz sog. Vollernter, die sich noch in der Entwicklung befinden, möglich.

3.2.2.2 Brennstoffeigenschaften und energetische Nutzung

Von der Schwachholzverwertung sind Feuerungsanlagen für Hackschnitzel hinreichend bekannt. Die Heizwerte liegen im Bereich von 15,5 bis 17,0 MJ je kg bei einem Feuchtegehalt von 15 %. Die flüchtigen Bestandteile betragen bei trockenem Holz 65 bis 75 % der brennbaren Substanz. Der Aschegehalt des Holzes liegt bei 0,5 % ohne Rindenanteil und bei 2,5 % mit üblichem Rindenanteil bei Schwachholz. Durch die Verschmutzung bei der Ernte kann sich ein noch wesentlich höherer Aschegehalt ergeben. Der Feuchtegehalt der Hackschnitzel muß unter 30 % liegen.

Das Holz wird entweder in Fein- oder Grobhackschnitzel aufbereitet. Feinhackschnitzel (Teilchengröße bis 20 mm) haben den Vorteil, daß sie sich leichter dosieren und fördern lassen. Grobhackschnitzel weisen Vorzüge in geringem Aufwand bei der Zerkleinerung und bei der Trocknung auf. Für beide Hackschnitzelarten gibt es Feuerungsanlagen mit automatischer Brennstoffzuführung.

Weitere technische Verbesserungen bezüglich Vereinfachung der Bedienung, Verringerung der Emissionswerte durch Verbesserung der Anlagenauslegung und Anlagensteuerung sowie Erhöhung der Standfestigkeit des hitzebelasteten Materials durch Einsatz hochwertiger Keramikwerkstoffe erscheinen möglich.

3.3 Ökonomische Aspekte

3.3.1 Ein- und mehrjährige Pflanzen mit jährlicher Nutzung

Die Wirtschaftlichkeit der Energieträgerproduktion hängt von den Bereitstellungskosten für die Biomasse, dem Energieertrag je Flächeneinheit, den Verwertungskosten, dem Arbeitsaufwand, dem Preisniveau der zu verdrängenden fossilen Energieträger sowie von den Einkommenserwartungen konkurrierender landwirtschaftlicher Fruchtarten ab.

Nachdem derzeit mögliche Ertragssteigerungen bei konsequenter Ausrichtung der Produktion auf höchste Energieerträge nicht hinreichend abgeschätzt werden können, ist eine abschließende Aussage zur Wirtschaftlichkeit nicht möglich. Auch die Preisentwicklung von Öl und Erdgas ist unsicher.

Tab. 23: Ertragsleistung und variable Kosten von Energieträgern aus Biomasse

Fruchtart (Ganzpflanzen)	Ertrag dt/ha 16 % H ₂ O	Öläquivalent ^{*)} l/ha	variable Kosten einschließl. Ernte DM/ha
Raps, Senf	100 - 150	4 000 - 6 000	1 000 - 1 500
Sonnenblumen	120 - 160	4 800 - 6 400	1 000 - 1 500
Getreide	120 - 180	4 800 - 7 200	1 000 - 1 500
Schilfarten	150 - 300	6 000 - 12 000	1 000 - 1 500
Zuckerhirse	150 - 300	6 000 - 12 000	1 000 - 1 500

In Tabelle 23 werden der Energieertrag ausgewählter Fruchtarten, die Energieleistung sowie die entstehenden Produktionskosten einschl. der Ernte angegeben. Je nach Fruchtart werden Erträge zwischen 100 und 300 dt je ha bei einem durchschnittlichen Feuchtegehalt angenommen. Bei der Annahme, daß 1 dt Biomasse durchschnittlich rd. 40 l Heizöl ersetzt, ergeben sich Heizöläquivalente von rd. 4 000 bis 12 000 l je ha. Die variablen Kosten für die Produktion einschl. der Ernte von Energieträgern werden in Anlehnung an die üblichen Werte in der Agrarproduktion mit rd. 1 000 bis 1 500 DM je ha angenommen. Bei einem Vergleich der Wirtschaftlichkeit sind auch die zusätzlichen Aufwendungen für die Feststofffeuerung gegenüber dem Heizöleinsatz sowie eventueller Transporte zu berücksichtigen, die beim Einsatz großer Feuerungsanlagen auf rd. 0,05 bis 0,20 DM je l Heizöläquivalent zu veranschlagen sind. Verfahrensmehrkosten von rd. 0,10 DM je l (0,20 DM je l) entsprechen rd. 40 DM (80 DM) Mehrkosten je t Festbrennstoff.

^{*)} 1 kg Biomasse entspricht durchschnittlich 14,85 MJ, 1 l Heizöl entspricht 36,00 MJ

Verfahrensmehrkosten von rd. 0,10 DM je l Öläquivalent sind vermutlich in großen, mit modernen Technologien ausgerüsteten Feuerungsanlagen zu erreichen. In kleineren Anlagen sind Mehrkosten bis zu 0,30 DM/l Öläquivalent anzusetzen.

Tab. 24: Gleichgewichtspreise von Heizöl bei Energiegewinnung aus Biomasse bei einer Marktleistung von 2 500,- DM/ha in der landwirtschaftlichen Produktion

Ertrag dt/ha	Öl­äquivalent l/ha	Gleichgewichtspreise je l Öl- äquivalent bei Verfahrensmehr- kosten	
		0,10 DM/l ^{*)}	0,20 DM/l ^{**)}
100	4 000	0,73	0,83
120	4 800	0,62	0,72
150	6 000	0,52	0,62
180	7 200	0,45	0,55
200	8 000	0,41	0,51
250	10 000	0,35	0,45

In Tabelle 24 werden die Gleichgewichtspreise für Heizöl ermittelt. Es wird davon ausgegangen, daß die konkurrierenden Alternativen im Marktfruchtbau eine durchschnittliche Marktleistung von rd. 2 500 DM je ha erreichen. Unter Berücksichtigung der Verfahrensmehrkosten bei der Verfeuerung von Festbrennstoffen gegenüber von Heizöl liegt die Rentabilitätsschwelle für den Einsatz von Biomasse bei Heizölpreisen zwischen 0,35 und 0,83 DM je Liter. Nimmt man den durchschnittlichen Weizenertrag (Korn und Sroh) von rd. 120 dt je ha, dies entspricht einem Heizöläquivalent von 4800 l je ha, wäre das Verheizen je nach Verfahrensmehrkosten ab einem Heizölpreis von rd. 0,62 bzw. 0,72 DM je l interessant. Beim Heizölpreis in 1988 von 0,30 DM/l ohne Steuern würde die Marktleistung bei Verfahrensmehrkosten von 0,20 DM/l allerdings nur 480,- DM/ha betragen.

3.3.2 Holz

Holz kann im Rahmen der Gesamtenergieversorgung immer nur eine untergeordnete Rolle spielen. Eine Aufforstungsfläche von 1 Mio. ha als Energiewald (knapp 8 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche) könnte z.B. bei einem Ertrag von 15 t atro pro ha und Jahr Erdöl in einer Größenordnung von nur etwa 5 bis 7 Mio. t pro Jahr (kaum 5 % des derzeitigen Rohölverbrauchs bzw. lediglich 2 % des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland) ersetzen.

^{*)} entspricht rd. 40,- DM Verfahrensmehrkosten je t Biomasse

^{**)} entspricht rd. 80,- DM Verfahrensmehrkosten je t Biomasse

Es ist davon auszugehen, daß hohe Biomasseerträge, ähnlich wie bei landwirtschaftlichen Kulturen nur bei guten natürlichen Ertragsvoraussetzungen erzielt werden. Die Erträge auf Versuchstandorten in der Bundesrepublik bewegen sich im Bereich von 10 bis 20 t Trocksubstanz pro ha und Jahr. Nachdem ein erheblicher Teil der Kosten einer Kurzumtriebsplantage auf die Ernte und den Transport entfallen, hängt die Wirtschaftlichkeit u.a. sehr stark davon ab, ob es gelingt, effektivere und kostengünstigere Verfahren zur Ernte- und Aufbereitungstechnik zu entwickeln.

Kalkulationen über die Wirtschaftlichkeit der Kurzumtriebsplantagen kommen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Deshalb ist eine abschließende ökonomische Bewertung derzeit nicht möglich.

Im Vergleich zu konkurrierenden Energieträgern weist Holz eine vergleichsweise geringe Energiedichte auf und fällt räumlich breit gestreut an. Holz besitzt demnach vor allem unter dem Aspekt des dezentralen Einsatzes (Rohstoffnähe sowie kleinere Anlagengrößen) komparative Vorteile, die für den Eigenbedarf und in lokalen Verbundsystemen von Bedeutung sind. Eine Rentabilitätsschwelle für die Holzverfeuerung gegenüber anderen Energieträgern kann nicht pauschal angegeben werden. Bereits heute wird Industrierestholz zur Deckung des Wärme- und Prozeßenergiebedarfs in vielen Betrieben der Holzwirtschaft ökonomisch eingesetzt. Modellrechnungen zeigen zudem, daß für landwirtschaftliche Betriebe eine Holzfeuerung schon bei Heizölpreisen um 0,30 DM/l günstig sein kann, sofern sie geringe Nutzungskosten für die eigene Waldarbeit und den vergleichsweise niedrigeren Bedienungskomfort von Holzheizungen in Kauf nehmen.

3.4 Aktivitäten

3.4.1 Bund

Siehe Projektlisten des BML und des BMFT.

3.4.2 Länder

Von den Ländern wurden seit dem ersten Energiepreisschock 1973 erhebliche Mittel aufgewendet, um die Möglichkeiten der energetischen Nutzung von Abfall- und Reststoffen aus der Be- und Verarbeitung land- und forstwirtschaftlicher Erzeugnisse zu untersuchen. In vielen Forschungs-, Erprobungs- und Demonstrationsvorhaben wurde die Energiegewinnung aus Abfall- und Reststoffen einschließlich der Entwicklung und Optimierung dafür geeigneter Feuerungsanlagen sowie die Gewinnung und Verwendung von Biogas untersucht.

Saarland:

Das geplante Vorhaben wurde unter Punkt 1.4.2 vorgestellt.

Hessen:

Seit 1976 wird von der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt Hann.-Münden der Anbau schnellwachsender Baumarten untersucht. Mögliche Verwertungsbereiche sind Energiegewinnung, Spanplatten-, Zellstoff- und Papierherstellung sowie chemische Industrie. Abschließende Ergebnisse liegen noch nicht vor.

Mit einem neuen "Versuchsobjekt Holzerzeugung im Kurzumtrieb" sollen die bisherigen Forschungsergebnisse in die Praxis umgesetzt werden. 1989 wird auf einer Staatsdomäne die Aufzucht mit Hölzern für den Kurzumtrieb begonnen.

Als Pilotprojekte auf landwirtschaftlichen Betrieben werden eine Biogasanlage und eine biogasgetriebene Kraft/Wärme-Kopplung gefördert.

Bayern:

Die Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau in Veitshöchheim untersucht verschiedene *Miscanthus*- und *Arundo donax*-Arten (C 4-Pflanzen) auf ihre pflanzenbaulichen Eigenschaften und ihr Energieertragspotential unter den dortigen klimatischen Bedingungen. Vorrangig sind Untersuchungen über praktikable Vermehrungsmöglichkeiten der Pflanzen, um große Flächen bepflanzen zu können sowie zur Technisierung der Pflanzung und der Ernte.

An der Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität München wurden im Rahmen des Vorhabens "Demonstrationsanlagen für die Verfeuerung von Holz und Stroh" Untersuchungen an Feuerungsanlagen durchgeführt, wobei die Kriterien Verbrennungsqualität, Anlagenwirkungsgrad und Umweltfreundlichkeit im Mittelpunkt standen. Darüber hinaus wurden Studien zur Brennstoffbergung und -aufbereitung durchgeführt und verschiedene Brennstoffformen - Scheitholz, Hackschnitzel und Stroh (HD-Ballen-gehäckselt-brikettiert) - auf ihre Einsatzmöglichkeiten in serienmäßig hergestellten Feuerungsanlagen untersucht.

An der Staatlichen Versuchsgüterverwaltung in Grub wurde eine Versuchsanlage für die Verbrennung von Einjahres-Energiepflanzen errichtet. Mit der Anlage sollen heiztechnische, umweltbezogene und ökonomische Parameter bei der Verwertung von Einjahres-Energiepflanzen und anderem häckselbarem organischen Aufwuchs zur Energienutzung in Feuerungsanlagen gewonnen werden.

Am Lehrstuhl für forstliche Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnik an der forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilian-Universität München wird die Bereitstellung und Verwertung forstlicher Biomasse als Rohstoff zur Energiegewinnung untersucht.

Das Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr hat die Errichtung und Erprobung von zwei (in Aufbau und Funktionsweise unterschiedlichen) Holzvergasungsanlagen gefördert, mit deren Hilfe Holzabfälle energetisch genutzt werden sollen.

Baden-Württemberg:

In einer sozial-wissenschaftlichen Untersuchung wird die Motivationsstruktur bäuerlicher Waldbesitzer zur Anlage von Flächen zur Erzeugung von Holz im Kurzumtrieb unter Berücksichtigung unterschiedlicher betriebsstruktureller und sozioökonomischer Gegebenheiten, aber auch unterschiedlicher regionaler Vorgaben geprüft. Insbesondere soll auch die Möglichkeit der Anlage von Niederwald im Kurzumtrieb in Wasserschutzgebieten sowie die bisherige Nutzungsform und Nutzungsintensität der für das Anlegen von schnellwachsenden Baumarten in Frage kommenden Flächen geprüft werden.

Im Frühjahr 1988 ist der Praxisversuch "Energieproduktion und -verwertung" angelaufen. Zielsetzung ist die Erzeugung und die energetische Verwertung von Hackschnitzeln aus "Energieniederwäldern" (vier- bis fünfjähriger Umtrieb) in Verbundprojekten. Rund 23 ha Energieniederwald wurden mit Stecklingen ertragsreicher Pappel- und Weideklone auf seither landwirtschaftlich genutzten Flächen von Staatsdomänen und des Versuchsguts eines baden-württembergischen Energieversorgungsunternehmens begründet. Für waldbauliche und landschaftspflegerische Begleituntersuchungen wurden zudem rund 4 ha mit verschiedenen anderen Baum- und Straucharten aufgeforstet. 1989 sollen auch einige Landwirte, Gemeinden und Gewerbebetriebe in den Praxisversuch einbezogen werden. Die auf den Energieniederwaldflächen erzeugten Hackschnitzel sollen in entfernungsmäßig günstig gelegenen, in feuerungstechnischer und immissionsschutzrechtlicher Hinsicht dem Stand der Technik entsprechenden Hackschnitzel-Heizanlagen verwertet werden. Für private und kommunale Interessenten, die sich an diesem Praxisversuch beteiligen, bestehen Fördermöglichkeiten aus Landesmitteln.

In einem Vorhaben werden die praktischen Möglichkeiten und Folgen des Anbaues einjähriger zellulosehaltiger Pflanzen (Gräser, Mais, Sonnenblumen und Topinambur) auf verschiedenen Standorten und unter verschiedenen Anbaumethoden sowie die Ertragserwartungen untersucht.

3.4.3 EG-Kommission

Im Rahmen des Biomasse-Programms wurde eine Vielzahl von Forschungsvorhaben gefördert. Da sie in dem Band "Biomass for Energy and Industry", Hrsg. von Grassi, G., Delmon, B., Molle, J.-F. und Zibetta, H., als Proceedings of the International Conference on Biomass for Energy and Industrie von Orléans, 1987, ausführlich auf beinahe 1 400 Seiten mit anderen Aktivitäten dargestellt sind, erübrigt sich hier eine Darstellung.

Die EG-Kommission hat ein spezifisches Forschungs- und Entwicklungsprogramm im Bereich der nichtnuklearen Energie und Energienutzung mit der Programmbezeichnung "Joule" für die Periode 1989 bis 1992 in Vorbereitung. Die Programmschwerpunkte lauten "Energie und Umweltmodelle", "Rationale Energienutzung", "Optimierung der effizienten und sauberen Nutzung fossiler Energiequellen" sowie "Erschließung erneuerbarer Energiequellen". Insbesondere in den Punkten Biomasseerzeugung, Ernte, Lagerung und Konversion werden verschiedene Berührungspunkte mit dem Programm "Eclair" (Agroindustrielle Technologien) erkennbar, das sich ebenfalls in der Planung befindet.

Des weiteren führt die EG-Kommission ein Demonstrationsprogramm auf dem Gebiet nicht-nukleare Energie durch, das in dem wichtigen Bereich zwischen Forschung und Markteinführung ansetzt. Ein Teilbereich dieses Programmes ist die Biomasse.

3.4.4 Sonstige

Insbesondere seit der Ölkrise in 1973 wird in Schweden verstärkt nach Möglichkeiten der Substitution von fossilen Energieträgern gesucht. Als eine Alternative wird die energetische Verwertung von Holz aus speziell angelegten Energiewäldern mit Weiden-, Pappel-, Erlen- und Birkenhölzern verfolgt. Die noch im Versuchsstadium befindlichen Projekte lieferten bisher Ertragsleistungen bei Weiden während der ersten 4 Wachstumsperioden zwischen 8 und 15 t Trockenmasse pro ha und Jahr.

Ähnliche Bestrebungen wie in Schweden sind auch aus Österreich bekanntgeworden. Die längerfristigen Zielsetzungen dort sind darauf ausgerichtet, einen möglichst großen Teil des Wärmebedarfs im ländlichen Raum u.a. durch Biomasse (Brennholz, Restholz, Holz aus Energiewäldern) zu decken. Ein wesentlicher Grundsatz der energetischen Holznutzung besteht darin, die Versorgung von Heizanlagen aus der unmittelbaren Umgebung vorzusehen (Umkreis 10 bis 15 km). Um die Versorgung der Heizkraftwerke langfristig zu sichern, soll neben der klassischen Rohstoffbasis (Durchforstungs- und Restholz) schrittweise die Pflanzung schnellwachsender Baumarten im Einzugsbereich der Anlagen erfolgen. Auf Versuchsflächen wurden bisher z.B. in der Steiermark mit Pappeln und Weiden Flächenerträge um 10 t atro Holz pro ha und Jahr erzielt. Die Investitionskosten für die Heizwerke werden mit Zuschüssen und verbilligten Krediten gefördert. Im Zuge dieser Entwicklung hat in Österreich die Zahl moderner Holzfeuerungsanlagen

im Zeitraum von 1980 bis 1986 von 80 auf mehr als 1 700 zugenommen. Darunter befinden sich über 100 Anlagen mit mehr als 1 MW Leistung.

3.5 Benutzte Quellen

Hofstetter, E.: Karbonisierungs- und Pyrolyseanlagen. Endbericht zum Vorhaben ESE-R-065-D (B), Studie 1, Technische Universität München, Landtechnik Weihenstephan und Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1983).

Löffler, H., Patzak, W., Dürrstein, H.: Ernte von Kurzumtriebsplantagen. Forstliche Forschungsberichte Nr. 90/1988/ Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt.

Strehler, A.: Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Holz. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 90/1988, Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt

Strehler, A. (1988). Landtechnische Entwicklungen für die Produktion von Industrierohstoffen und Energieträgern. Sonderheft 1, Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, BLV-Verlagsgesellschaft mbH München

Strehler, A. (1985). Wärme aus Holz und Stroh - Technischer Stand und Kosten. Tagungsbericht "Energie aus Biomasse - Erfahrungen mit verschiedenen technischen Lösungen und Zukunftsaussichten", ISES-Tagung November 1985, Freising, Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan

Strehler, A. u.a. (1985). Demonstrationsanlagen für die Verfeuerung von Holz und Stroh. 5. Bericht über den Erprobungsbetrieb 1985 auf dem Schloßgut Erching, herausgegeben vom BStMELF (1986)

Strehler, A. u.a. (1984). Weiterentwicklung und praktischer Einsatz von Anlagen zur Energiegewinnung aus Holz und Stroh im landwirtschaftlichen Bereich. Schriftenreihe Landtechnik Weihenstephan (1984)

DLG (1985). Wärme aus Holz und Stroh. Manuskript 045.

Weidinger, A. (1988). Verheizung von Weizen. DLZ 8/1988 1134 f.

Weisgerber, H. (1988). Raschwüchsige Baumarten in Kurzumtriebszeiten - Aktuelle Erkenntnisse der Züchtung und Produktion. Forstliche Forschungsberichte Nr. 90, Schriftenreihe

der Forstlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt

Thoma, H. (1989). Durchführbarkeitsstudie zur energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen durch direkte Verbrennung. Bericht zum BMFT-Projekt 031927.

II. Bewertung der technischen, ökonomischen und ökologischen Voraussetzungen und Möglichkeiten

Die Diskussion um nachwachsende Rohstoffe begann mit der plötzlichen Erdölpreissteigerung Anfang der 70er Jahre. Zwischenzeitlich wurde erkannt, daß fossile Rohstoffe zwar knapper und teurer werden, aber noch für lange Zeit ausreichen und die Preissteigerungen zumindest mittelfristig als relativ gering eingeschätzt werden, und daß große Einsparungs- und Wiederverwendungspotentiale bestehen. Seit Anfang der 80er Jahre ist es daneben vor allem der Druck der Überschußsituation auf den Märkten wichtiger pflanzlicher Erzeugnisse, der auf der Suche nach Lösungen zur Verringerung der Überschußproblematik u.a. Produktions- und Verwendungsalternativen als eine Möglichkeit erscheinen läßt. Auch ökologisch begründete Forderungen, zur Erhaltung und Wiederherstellung einer gesunden Umwelt eine Kreislaufwirtschaft aufzubauen, sprechen für eine verstärkte Nutzung der Sonnenenergie - auch über Biomasse.

Die durch die Beschlüsse des Europäischen Rates vom Februar 1988 neu ausgerichtete Gemeinsame Agrarpolitik versucht die Überschußproduktion zu begrenzen. Garantiemengenregelung, Flächenstillegung, Extensivierung und Umstellung der Erzeugung sowie Produktionsaufgaberente wurden als geeignete Maßnahmen beschlossen. Ein anhaltender agrartechnischer Fortschritt, nahezu stagnierende Bevölkerung und nur noch mäßig steigender Nahrungsmittelverbrauch in der EG erschweren die Schaffung eines Marktgleichgewichtes. Ein Absatz der Überschüsse außerhalb der EG ist aus außen-, handels- und haushaltspolitischen Gründen nur begrenzt möglich.

Neben den bereits beschlossenen Maßnahmen zur Verringerung der Erzeugung könnten auch nachwachsende Rohstoffe mittel- bis langfristig einen Teilbeitrag leisten. Die Zielrichtung von Produktions- und Verwendungsalternativen liegt schwerpunktmäßig in

- einer Marktentlastung,
- einer Einkommenssicherung der Landwirtschaft sowie
- im Ersatz umweltfeindlicher Stoffe.

Bei der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen ist jedoch den Ansprüchen der Ziele

- Verbesserung von Agrar-Ökosystemen sowie
- Sicherung und Entwicklung der natürlichen Lebensgrundlagen

Rechnung zu tragen. Produktions- und Verwendungsalternativen können zu einer langfristigen Versorgung der Industrie mit biogenen Rohstoffen beitragen. Eine steigende Nachfrage ist festzustellen.

Exkurs

Außenwirtschaftliche Konsequenzen

Produktionsbeihilfen sind GATT-rechtlich grundsätzlich zulässig. Wenn es durch derartige GATT-konforme Subventionen jedoch zu einer Ausweitung der Förderung von Produktions- und Verwendungsalternativen kommen sollte, die die GATT-Vorteile der Drittländer durch eine entsprechende Beschneidung der Drittlandeinfuhren gleicher oder konkurrierender Produkte schmälern würden, so erwüchsen den betroffenen Drittländern daraus GATT-Rechte. Nach Artikel XXIII GATT läge ein sogenannter "non-violation-case" vor. Den Drittländern erwüchsen dann Kompensationsrechte gegenüber der EG bzw. Rechte auf Gegenmaßnahmen.

Handelspolitisch würde die Gemeinschaft ihre Stellung in neuen GATT-Runden durch die Schaffung neuer Subventionstatbestände bzw. Erhöhung bestehender Subventionen sicherlich nicht erleichtern. Die Drittländern würden einwenden, daß die Überschußsituation der Gemeinschaft z.B. bei Getreide und Zucker durch Produktions- und Verwendungsalternativen nicht beseitigt wird, andererseits ihre Absatzinteressen bei Futtermitteln und bei Industrieprodukten, die aus landwirtschaftlichen Grundstoffen hergestellt werden, beeinträchtigt werden.

C. Zusammenfassung und Bewertung der technischen und ökonomischen Möglichkeiten

Die Produktion von Rohstoffen für eine industrielle und energetische Nutzung ist eine traditionelle Aufgabe der Land- und Forstwirtschaft. Folgende Tabelle gibt den derzeitigen Stand der Verwendung nachwachsender Rohstoffe in industriellen und technischen Bereichen an:

Verwendung nachwachsender Rohstoffe in industriellen und technischen Bereichen (alle Zahlen sind ca-Angaben)

Rohstoff	Jahr	Bundesrepublik Deutschland (1000 t)	EG (1000 t)	Importanteil EG (%)
Zucker	87/88	33	175	-
Stärke	86/87	385	1900	5 ^{*)}
Öle und Fette	1986	700	2700	50
davon pflanzliche		400	1300	77
davon Rapsöl		40	.	-
Faserlein	1983	10,8	58	-
Holz	1987	66758 ^{**)}		
	1986		284900 ^{**)}	43

Ein gewisser Teil von Agrarprodukten wird bereits im Nicht-Nahrungsbereich eingesetzt. Allerdings werden davon je nach Rohstoff 5-77 % aus Drittländern in die EG eingeführt. Einzig bei Zucker und Faserlein wird der industrielle Rohstoffbedarf durch die Produktion in der EG gedeckt. Die hohen Importanteile weisen darauf hin, daß die Industrie Rohstoffqualitäten benötigt, die die europäische Landwirtschaft nur zum Teil zur Verfügung stellen kann. Holz mit einem Importanteil von etwas über 40 % wird ebenfalls nicht in ausreichenden Mengen und Qualitäten innerhalb der EG produziert.

Im Vergleich zur Getreideproduktion in der EG von mehr als 160 Mio. t stellt sich die Summe der agrarischen Rohstoffe (ohne Holz), die im Nicht-Nahrungsbereich genutzt werden, in Höhe von rd. 5 Mio t sehr bescheiden dar, zumal davon ein hoher Anteil importiert wird.

^{*)} 1988 stammten ca. 5 % des für die Stärkeherstellung in der EG verbrauchten Maises aus nicht EG-Ländern

^{**)} in 1000 m³ (Rohholzäquivalent)

Detaillierte Zahlen werden in den jeweiligen Sachkapiteln aufgeführt.

Das Ausmaß der bestehenden energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist ebenfalls gering. Hier wird bisher nur Holz genutzt; der Anteil von Stroh und Biogas an der Energieversorgung ist vernachlässigbar.

1. Nutzungen in der Industrie

1.1 Zuckerstoffe

Zucker als Disaccharid wird in der EG und in der Bundesrepublik Deutschland ausschließlich aus Zuckerrüben gewonnen. Potentielle Zuckerlieferanten sind Zuckerhirse (Mono- und Disaccharide), Topinambur und Zichorie (beide Inulin). Für sie ist noch ein hoher Forschungs- und Entwicklungsaufwand im Bereich der Rohstoffbereitstellung, d.h. des Anbaus und der Züchtung und vor allem der Verwertung erforderlich.

Der Zuckermarkt in der EG und der Weltmarkt für Zucker sind in der Regel von Überschüssen geprägt. Nur in einzelnen Jahren ist ein knappes Angebot auf dem Weltmarkt gegeben. Die neue Stärke- und Zuckerregelung in der EG ermöglicht es der Industrie seit 1986, den Zucker zu weltmarktähnlichen Bedingungen zu beziehen. Dadurch vergrößerte sich der Absatz von Zucker im chemisch-technischen Sektor wie folgt:

Wirtschaftsjahr	1985/86	1987/88
Bundesrepublik Deutschland	27000 t	33000 t
EG-12	89000 t	175000 t

Der Verbrauchsanstieg in der Bundesrepublik Deutschland war bisher langsamer als in der EG. Es erfordert einen gewissen Zeitbedarf, bis sich die Industrie an die neuen Regelungen angepaßt hat.

Die wichtigsten Verwendungsbereiche sind:

- Penicillin und andere Antibiotika,
- Polyalkylenglykoläther (u.a. als technische Lösungsmittel)
- Milchsäuren, ihre Salze und Ester,
- Aminosäuren,
- Vitamine B-12,

- Sonstige (Carragenan, organische Säuren, Arzneiwaren, Tenside, Leime, Enzyme, Pestizide, Aminoplaste u.a.)

Erweiterte und neue Nutzungsmöglichkeiten sind in folgenden Bereichen möglich:

- Herstellung von Hydroxymethylfurfurol, das ein wichtiges Ausgangsprodukt für viele Synthesen darstellt.
- Verwendung als Komponente für die Herstellung von Polyol-Harzen.
- Verdrängung von Melasse zur Herstellung von organischen Säuren (Umweltgründe).
- Verstärkte Produktion von Vitaminen und Aminosäuren.
- Verstärkte Produktion von Tensiden.
- Vermehrte Anwendung als Rohstoff für Phenol- oder Aminoplaste.
- Fermentative Herstellung von Biopolymeren, z.B. Polyhydroxybutyrat.

Die wichtigste Voraussetzung für die verstärkte Verwendung von Zucker, die Verbilligung des Rohstoffes auf Weltmarktniveau, ist mit der neuen Chemiezuckerregelung inzwischen gegeben. Solange die Weltmarktpreise niedrig sind, wird Zucker u.a. aufgrund seiner Reinheit bevorzugt als Kohlenstoffquelle genutzt. Liegen keine wirtschaftlichen Vorteile vor, werden preislich günstigere Kohlenstoffquellen eingesetzt werden. Nur bei erweiterten Einsatzmöglichkeiten, die auf der Nutzung der spezifischen Eigenschaften von Zucker beruhen, ist eine dauerhafte industrielle Verwendung von Zucker zu erwarten. Das Saccharid- und Polysaccharid-Programm des BMFT ist ein guter Ansatz, die jahrzehntelang vernachlässigte Grundlagenforschung in der Zuckerchemie voranzubringen. Es sind vor allem Forschungen notwendig, die aufzeigen, welche Vorteile Zuckerderivate in der Verwendung gegenüber Petroprodukten haben. Dabei ist der Umweltaspekt besonders hervorzuheben; Beispiele sind biologisch vollständig abbaubare Kunststoffe und Verpackungsmaterialien sowie biologische Tenside.

Eine Marktentlastung durch eine verstärkte Zuckerverwendung im Nicht-Nahrungsbereich wird auf absehbare Zeit nur gering sein können. Bei Absatz als Fermentationsrohstoff konkurriert Zucker mit Stärke, und für neue Produkte in Konkurrenz zur Petrochemie müssen z.T. noch grundlegende Forschungsarbeiten betrieben werden. Eine Haushaltsentlastung kann nicht erwartet werden, da sich die Zuckermarktordnung weitgehend selbst trägt. Ein zusätzliches Flächenpotential ist nicht gegeben; es ist jedoch anzunehmen, daß ein Anteil von schätzungsweise 3 % der derzeitigen Produktion nicht mehr exportiert werden muß, sondern im Inland genutzt werden kann. Dadurch könnte langfristig eine Entlastung des Weltagrarmarktes, eine höhere inländische Wertschöpfung sowie eine Sicherung des Einkommens der Landwirte zustande kommen.

1.2 Stärke

Sehr viele Pflanzen speichern Stärke, 99 % der weltweiten Stärkeerzeugung entfallen auf nur 4 Rohstoffe: Mais, Kartoffeln, Tapioka und Weizen. Die Stärkearten haben unterschiedliche Qualitäten, in vielen Einsatzbereichen spielt dies aber keine Rolle. Gänzlich ohne Bedeutung ist die Qualität, wenn Stärke zu Glucose abgebaut wird. Aufgrund vielfältiger Modifizierungsmöglichkeiten findet Stärke in mehr als 500 Produkten und in vielen Bereichen der Industrie Verwendung.

Klassische Einsatzbereiche sind:

- Papier und Pappe,
- Textilbereich,
- Klebstoffe,
- Baustoffindustrie,
- Chemikalien und
- Pharmazeutika.

Werden aus der Glucose fermentativ Produkte hergestellt, besteht eine enge Konkurrenz zu Zucker. Nur wenige Bakterien oder Hefen, zumindest solche, die für die Massenproduktion eingesetzt werden, verlangen eine bestimmte Kohlenstoffquelle.

Im Gegensatz zu Zucker besitzt Stärke bereits von Natur aus polymere Strukturen. Es gilt, nach Wegen zu suchen, das natürliche Polymer Stärke oder daraus hergestellte Derivate direkt und in technisch und wirtschaftlich sinnvoller Weise mit den künstlichen, auf Erdöl basierenden Polymeren zu kombinieren oder ganz in Konkurrenz zu petrochemischen Kunststoffen zu treten.

Auf dem Kunststoffsektor zeichnen sich beim derzeitigen Entwicklungsstand folgende Einsatzgebiete ab:

- gemeinsame Verarbeitung von Stärke und künstlichen Polymeren zu Kunststoffen;
- Einbeziehung von Stärke in Polymerisations- bzw. Kondensationsprozesse zur Polymer-Erzeugung;
- Herstellung von thermoplastischen Kunststoffen aus reiner Stärke.

Diese Verwendungsmöglichkeiten werden vor allem dann ausgeschöpft und verwirklicht, wenn bei den Endprodukten eine biologische Abbaubarkeit gegeben ist, die vom Markt honoriert wird.

Auch in Bereichen traditioneller Nutzungen wird eine Ausweitung des Stärkeeinsatzes erwartet. Dies gilt besonders für die Papier- und Pappeherstellung, dem schon derzeit bedeutendsten industriellen Einsatzbereich von Stärke. Es zeichnet sich sowohl ein Verbrauchsanstieg bei Papier als auch eine vermehrte Verwendung von Stärke und Stärkederivaten anstelle von Kunststoffen zur Oberflächenbehandlung von Papier ab. Im Bereich Klebstoffe ist ebenfalls ein verstärkter Einsatz von Stärke möglich.

Durch die neue Stärkemarktregelung steht Stärke der Industrie zu weltmarktähnlichen Bedingungen ausreichend zur Verfügung. Durch diese Industriestärkeregelung sind die wesentlichen Voraussetzungen für die Erschließung des Absatzpotentials bei stärkehaltigen Agrarrohstoffen geschaffen.

Das Stärkepreisniveau wird weltweit durch den Maispreis bestimmt, da die Maisstärke die wettbewerbsfähigste Stärkeart darstellt. Es folgt eine abnehmende Wettbewerbsfähigkeit von Weichweizen und insbesondere von Kartoffeln als Stärkerohstoffe. Ein weiterer und neuer Stärkerohstoff für die deutsche Landwirtschaft könnte die Markerbse mit sehr hohem Amyloseanteil darstellen. Bislang wird Amylose-Stärke nur sehr begrenzt aus Mais gewonnen, könnte aber vermutlich vor allem im Kunststoffbereich neue Märkte erschließen.

Das Ausmaß der zunehmenden Stärkenutzung wird innerhalb der Produktlinien nachwachsender Rohstoffe am günstigsten beurteilt. Mittelfristig ist ein bedeutender zusätzlicher Absatz von Stärke, die im Fall von Getreidestärke (Mais und Weizen) innerhalb der Garantiemenge erzeugt wird, zu erwarten. Damit könnte auch eine Entlastung des Weltmarktes verbunden sein.

1.3 Pflanzliche Öle

Von der rd. 1,3 Mio. t pflanzlicher Öle und Fette, die in der EG im Nicht-Nahrungsbereich ihren Absatz finden, wird ein sehr großer Anteil aus Drittländern importiert. Aus europäischer Produktion stammen rd. 300 000 t, die sich aus Sonnenblumen-, Soja- und Rapsöl zusammensetzen. Die Importe können zum größten Teil nicht durch eine Produktion in der EG ersetzt werden, da diese aus klimatischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht möglich ist. Daher ist es primär Aufgabe der Pflanzenzüchtung, Arten so an das europäische Klima zu adaptieren, daß Sorten mit der von der Industrie geforderten Ölqualität anbauwürdig werden. Neben der Erfüllung der Qualitätskriterien sind hohe Erträge erforderlich, um mit dem sehr hohen Produktionspotential der Palmen in den Tropen und Subtropen mithalten zu können. Im Grunde sind daher Qualitäten anzustreben, die nur im gemäßigten bzw. europäischen Klima erzeugbar sind, und wodurch eine Abgrenzung zu Palmölen gegeben ist. Solche Qualitäten sind Öle mit hohen Anteilen an Ölsäure, Linolensäure, Erucasäure oder Fettsäuren mit funktionellen Gruppen. Pflanzenarten, die Fettsäuren mit funktionellen Gruppen speichern, mit Ausnahme von Rizinus in Südfrankreich, besitzen noch keine Anbauwürdigkeit.

Viele Verwendungen in der europäischen Industrie beruhen auf in der Bundesrepublik Deutschland nicht erzeugbaren pflanzlichen Ölen und Fetten. Öle von Pflanzenarten, die in der Bundesrepublik Deutschland potentiell anbauwürdig sind, finden folgende industrielle Verwendung:

Rapsöl:	Schmiermittel, Tenside, Farben, Lacke, PE-Additiv, Flotationshilfsmittel.
Leinöl:	Lacke, Farben, Firnis, Linoleum, Druckfarben, Alkydharze, Weichmacher, PVC-Stabilisatoren.
Sonnenblumenöl:	Farben, Lacke (geringe Bedeutung).
Safloröl:	Schnelltrocknende technische Öle, Alkydharze, Lacke, Farben, Firnis.

Es wird erwartet, daß der Verbrauch an Ölen und Fetten zunimmt. Der Anteil von Fetten tierischer Herkunft (Talg) ist begrenzt, da er nur ein Nebenprodukt ist. Auch deshalb könnten unter Umständen Ölpflanzen wichtig werden, die sich bei uns derzeit noch in der züchterischen Bearbeitung befinden. Es handelt sich unter anderem um die ölsäurereiche Sonnenblume und um die Kreuzblättrige Wolfsmilch.

Im Bereich Öle und Fette kommt es weniger als bei den Kohlenhydraten Zucker und Stärke darauf an, neue Verwendungsmöglichkeiten und Märkte zu finden. Es ist vor allem notwendig, heimische Öle einzusetzen bzw. Voraussetzungen für eine Produktion der erforderlichen Qualitäten über die Bereitstellung geeigneter Sorten zu schaffen. Wo züchterische Aktivitäten auf eine Importsubstitution hinauslaufen, sollten die Implikationen auf dem Weltmarkt sorgfältig abgewogen werden.

Je nach Weltmarktpreisen, die von Jahr zu Jahr sehr stark schwanken können, ist die Stützung für die Produktion von Ölpflanzen je Hektar höher als die für den Getreideanbau. Deshalb müssen sich Forschungsvorhaben in erster Linie auf die Wettbewerbsfähigkeit, die durch den Ertrag einer spezifischen Fettsäure bestimmt wird, konzentrieren. Das konkrete Ziel muß sein, Pflanzen zu finden, an deren Öl die Industrie interessiert ist und die den Anbau in der Gemeinschaft zu einem niedrigeren Stützniveau als derzeit erforderlich ermöglichen. Die Förderung des erucasäurereichen Rapses, der ölsäurereichen Sonnenblume und auch des Ölleins würde nur eine finanzielle Entlastung mit sich bringen, wenn die Industrie die spezifischen Qualitätsvorteile entsprechend honoriert. Kurz- bis mittelfristig ist keine größere Marktentlastung zu erwarten, da Züchtungsarbeiten bis zum Erfolg fünf bis fünfzehn Jahre dauern können. Für eine Verwendung

in technischen Bereichen, Schmiermittel und Hydrauliköle, entwickeln sich derzeit schon beachtliche Absatzmärkte für Rapsöl.

1.4 Pflanzenfasern

Für einen Anbau unter unseren Bedingungen kommt lediglich Flachs in Frage. Der Anbau von Hanf ist aufgrund der Vorschriften des Betäubungsmittelgesetzes nicht möglich.

1988 wurden wieder rd. 1 800 ha mit Flachs bestellt, nachdem Flachs viele Jahre bei uns nicht angebaut wurde. Auch drei neue Schwinganlagen sind bereits in Betrieb; weitere sind im Bau oder in der Planung. Damit hat der Flachsanbau zunächst in seiner traditionellen Art wieder Eingang in die deutsche Landwirtschaft gefunden.

Der derzeitige Bedarf an Flachsfasern im traditionellen Verwendungsbereich ist sehr gering, er wird auf 1 bis 2 % des gesamten Textilfaserverbrauchs geschätzt. Eine Anbaufläche von bis zu 6 000 ha würde dem derzeitigen Bedarf der Leinenindustrie zur Herstellung von Reinleingarnen genügen. Auch wenn man den verstärkten Trend zu Naturfasern berücksichtigt, wird die Verwendung von Flachsfasern im Textilbereich auf konventionelle Art nur wenig erweiterungsfähig sein. Erst wenn die Flachsfaser genauso gut wie die Baumwolle mit anderen Fasern verarbeitet werden kann und preislich auf ähnlichem Niveau liegt, wird sie darüber hinaus eingesetzt werden.

Für einen wirtschaftlichen Flachsanbau ist es zur Zeit notwendig, einen möglichst hohen Anteil an Schwungflachs zu erzeugen; dies kann bisher nur auf dem klassischen Weg der Verarbeitung von Raufen-Rösten-Schwingen erfolgen. Da er durch einen hohen Aufwand und ein hohes Risiko geprägt ist, werden von der Bundesregierung zwei Modellvorhaben zur Entwicklung verbesserter Aufschlußverfahren, das Dampfdruck- und das Tensidverfahren, gefördert. Auch die Entholzungstechnik (bisher Schwingen) muß an die neuen, vielversprechenden Verfahren angepaßt werden. Dazu sind noch umfangreiche Entwicklungsarbeiten erforderlich.

Wenn neue Verfahren die Ernte und den Aufschluß von Flachs kostengünstiger als das traditionelle Verfahren gestalten, sind neue Einsatzbereiche im größeren Umfang zu erwarten. Im textilen Bereich ist dies vor allem die Herstellung von Mischgarnen in leistungsfähigen OE-Spinnmaschinen. In nicht-textilen Bereichen sind es

- Vlies- und Filtermaterial,
- Verbundwerkstoffe für Fahrzeugkonstruktion und Baumaterial,
- technische Gewebe.

Einzelbetrieblich ist der Anbau von Flachs nur bei Erzeugung guter Qualitäten lohnenswert. Eine gute Kenntnis des Produktionsverfahrens ist dazu Voraussetzung. Für Flachs gibt es zwar keine Intervention, aber eine Flächensubvention sowie die Möglichkeit der Erstattung von Lagerhaltungskosten bei hohen Erträgen und niedrigen Preisen. Daher würde ein verstärkter Flachsanbau nur dann zu einer Entlastung des EG-Agrarhaushaltes führen, wenn es gelänge, kostengünstige Ernte- und Aufschlußverfahren zu entwickeln, die einen Subventionsabbau ermöglichen. Die Umsetzung der neuen Verfahren in die Praxis kann zu einer Anbaufläche von ca. 65 000 ha in der Bundesrepublik Deutschland führen.

1.5 Holz

Im Vergleich mit landwirtschaftlichen Produkten nimmt Holz eine Sonderstellung ein, da die Märkte für Holz und Holzwaren praktisch liberalisiert sind. Die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten von Massivholz oder Holzwerkstoffen sind oft traditionell gewachsen. Wie das Beispiel des Holzleimbau verdeutlicht, werden Marktchancen aber auch durch Innovationen genutzt. Der Wunsch nach natürlichen Bau- und Werkstoffen kommt dem Holz sehr entgegen. Zur Steigerung des Absatzes bedarf es jedoch verstärkter FuE-Anstrengungen sowie einer intensivierte Ausbildung und Information von Verarbeitern bzw. Nachfragern.

Im Bereich Zellstoff ist die deutlichste Zunahme des Holzverbrauches prognostiziert. Damit einheimisches Holz verstärkt zur Zellstoffproduktion genutzt werden kann, ist die großtechnische Umsetzung der sich zur Zeit im Pilotmaßstab befindlichen neuen Zellstoffgewinnungsverfahren (Organocell-, ASAM- und Acetosolvaufschluß) erforderlich. Damit kann frühestens ab Anfang der 90er Jahre gerechnet werden. Die Möglichkeit einer Importsubstitution bei Zellstoffen wäre insbesondere für zusätzlich auf den Markt gelangendes Kurzumtriebsholz (Konkurrenzproblem zu schwachem Durchforstungsholz) und für das zur Zeit im Inland kaum verwertbare Kiefern schwachholz von großer Bedeutung.

Im Bereich der inländischen Chemieindustrie haben die Petrochemie, kostengünstige synthetische Produkte aber auch verfahrensseitige Umweltprobleme die Nutzung von Cellulosederivaten erheblich zurückgehen lassen. Hier sind FuE-Maßnahmen vordringlich. Im Rahmen des Polysaccharid-Programms des BMFT wird auch die Grundlagenforschung zur Cellulosechemie gefördert. Eine Ausdehnung der Forschung auf diesem Gebiet ist wünschenswert, damit neue Möglichkeiten oder verbesserte Herstellungs- und Aufbereitungsverfahren der Cellulose die Wettbewerbsstellung gegenüber Produkten der Petrochemie verbessern können.

Neue bzw. wieder aufzugreifende Einsatzmöglichkeiten von Cellulose sind unter anderem

- natürlich abbaubare Folien,
- Trägermoleküle für Arzneimittel und Farbstoffe,
- Chemiegrundstoffe (z.B. Methyllävulinat als Ausgangsprodukt für eine Vielzahl von "Oxychemikalien").

Wenn sich die beiden schwefelfreien Aufschlußverfahren (Organocell, Acetosolv) in der Praxis durchsetzen, können neben der Cellulose auch die anderen Bestandteile des Holzes (Lignine, Hemicellulosen) höherwertig genutzt werden. Beispiele hierfür sind:

- Gewinnung von Polymeren (Phenoplasten, Epoxidharze und Polyurethane) beispielsweise zur Herstellung von Klebstoffen, schall- und wärmedämmenden Produkten sowie von Düngemitteln.
- Abbau von Lignin zu niedermolekularen Phenolen und flüssigen Kohlenwasserstoffen. Derzeitige Beispiele sind Vanillin, UV-Absorber in Sonnenschutzcremes und Dimethylsulfoxid.
- Anwendung der direkten Verflüssigung bei ausreichend reinem Lignin.
- Herstellung des Zuckeraustauschstoffes Xylit.
- Herstellung von Tensiden.
- Vergärung von Hemicellulosen zu Butanol und Aceton.
- Umwandlung von Hemicellulosen z.B. in Furfurol und Lävulinsäure.

Inwieweit eine verstärkte Aufforstung zur Entlastung im Ernährungsbereich beitragen kann, wird nicht zuletzt wesentlich von der Ausweitung bestehender sowie der Erschließung neuer Märkte für Holz und Holzzeugnisse abhängen.

1.6 Heil- und Gewürzpflanzen

Für die Nutzung als Heil- und Gewürzpflanzen, Farb- und Duftstoffe liefernde Pflanzen könnten für die Bundesrepublik Deutschland rund 60 Arten theoretisch in Frage kommen. Ihr Anbau ist aber nur in wenigen Fällen lohnenswert. Ein großes Marktangebot zu günstigen Konditionen aus Drittländern erschwert eine rentable Erzeugung. Entscheidend ist vor allem die Qualität der Produkte. Die Art und Zusammensetzung der Inhaltsstoffe müssen den Ansprüchen der Verwender genügen, und die Produkte müssen rückstandsfrei von Pflanzenschutzmitteln, Schwermetallen und anderen unerwünschten Substanzen sein. Die Forderung nach Rückstandsfreiheit bietet der heimischen Landwirtschaft eine wenn auch begrenzte Chance, die Wettbewerbsfähig-

keit zu anderen Erzeugern zu erlangen, da bei einer Produktion vor Ort eine sichere Qualitätskontrolle erfolgen kann. Unter den aufgezeigten Rahmenbedingungen bietet der Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen keine realistische, flächenwirksame Alternative für klassische landwirtschaftliche Kulturen. Er kann bestenfalls in Einzelfällen zur Einkommenssicherung von Betrieben mit geeigneten Flächen und größerer Arbeitskapazität beitragen.

2. Energetische Nutzung von Biomasse

Das theoretische Absatzpotential für Biomasse im Energiebereich übersteigt die europäischen Produktionsmöglichkeiten um ein Vielfaches. Die Bereitstellungskosten für biogene Energieträger, die keinen konkurrenzfähigen Absatz zulassen, stellen zur Zeit eine nur schwer überwindliche Schwelle dar. Auch die gegenwärtigen Fortschritte bei der Abgasreinigung von Kraftfahrzeugen mit Otto- oder Dieselmotoren machen den Einsatz alternativer Energieträger nicht zwingend notwendig.

2.1 Bioethanol als Motorkraftstoff

Ethanol kann gemäß einer EG-Richtlinie bis zu 5 Vol.-% dem Ottokraftstoff beigemischt werden. Der technisch mögliche Anteil von 5 % Ethanol an den 95 Mio. t Ottokraftstoff, die pro Jahr in der EG verbraucht werden, würde den Absatz von rd. 5 Mio. t Ethanol bedeuten. Dies entspricht rechnerisch einer Fläche von 1,25 bis 3 Mio. ha (bei einer Ethanolproduktion von durchschnittlich 2000 l/ha bei Weizen und 5000 l/ha bei Zuckerrüben).

Bei der Produktion von Ethanol aus Agrarrohstoffen entstehen Rohstoffkosten von ca. 0,90 bis 1,10 DM/l und Konversionskosten von 0,40 bis 0,60 DM/l je nach Anlagenkonfiguration, im Vergleich zu Raffinerieabgabepreisen für Erdölprodukte von 0,30 bis 0,40 DM/l. Bereitstellungskosten von 1,47 DM/l Ethanol entsprechen bei Weizen einem Wettbewerbsdefizit von 2700 DM/ha. Eine Nutzung von Bioethanol kann daher auf absehbare Zeit allein aus wirtschaftlichen Gründen nicht angestrebt werden. Es sollten aber im Rahmen der Vorsorgestrategie sowohl die Forschung und Entwicklung zur kostengünstigen und umweltfreundlichen Bereitstellung der Rohstoffe als auch ihre Verwendung weiter verfolgt werden.

2.2 Pflanzenöle als Kraft- und Schmierstoffe

Pflanzenöl kann als Kraftstoff eingesetzt werden. Allerdings bedarf es gewisser technischer Voraussetzungen, ohne die der Betrieb eines Dieselmotors (Ottomotoren sind nicht geeignet) nicht möglich ist. In einem vom BMFT geförderten Prüfstandsversuch werden 1989 sechs verschiedene Dieselmotoren, die die Hersteller als pflanzenöltauglich bezeichnen, auf ihr Betriebsverhalten untersucht. Versorgungstechnisch wenig aufwendig wäre eine Einführung von Pflanzenöl als Kraftstoff für ausgewählte Bereiche wie z.B. die Landwirtschaft, die ihren Kraftstoff nicht von öf-

fentlichen Tankstellen beziehen. Der Subventionsbedarf dürfte bei günstigen Bedingungen 1,43 DM/l Rapsöl, das als Dieselsubstitut eingesetzt wird, oder bei 1931 DM/ha liegen (ohne Umrüstkosten). Für die meisten Dieselmotorentypen muß Pflanzenöl verestert werden. Dadurch steigen die Kosten um 0,20 bis 0,30 DM/l.

Der Verbrauch an Dieselmotorkraftstoff betrug in der bundesdeutschen Landwirtschaft 1987 1,25 Mio. t. Bei dem derzeitigen durchschnittlichen Rapsenertrag von 30 dt/ha wäre für die Deckung dieses Bedarfs eine Anbaufläche von rund 1 Mio. ha erforderlich.

In technischen Einsatzbereichen, also der Verwendung als Schmiermittel, hat Rapsöl wieder einen Absatzmarkt gefunden. Für Rapsöl als Basisgrundstoff für Schmierstoffe spricht die umweltgerechte Formulierungsmöglichkeit. Mehrere Hersteller von Sägeketten-Schmiermitteln vertreiben bereits mit dem Umweltzeichen (Blauer Engel) ausgezeichnete Produkte. Für Hydrauliköle werden die Vergaberichtlinien für das Umweltzeichen vorbereitet. Ein Teil der umweltfreundlichen Sägekettenöle kann nach Herstellerangaben auch als Hydrauliköl eingesetzt werden. Weitere Einsatzfelder lassen einen Markt von mehreren zehntausend Tonnen Rapsöl für Schmierstoffverwendung in den nächsten Jahren erwarten. Die Haushaltsbelastung ist bei der technischen Nutzung pflanzlicher Öle, die innerhalb bestehender Marktordnungen erzeugt werden, in etwa gleich groß wie beim Absatz im Nahrungsmittelsektor. Bei dem großen Verwendungspotential ist aber eine Marktentlastung im Nahrungsbereich möglich.

2.3 Wärme aus Biomasse

Die Erzeugung von Biogas aus Rest- und Abfallstoffen ist bis heute aufgrund hoher Investitionskosten nicht wirtschaftlich. Nur wenn damit eine ohnehin notwendige Entsorgung verbunden ist, dürfte sie vorteilhaft sein.

Bei der Nutzung fester Biomasse als Brennstoff dominiert Holz. Jedoch ist der Anteil, den Holz in der Bundesrepublik Deutschland bei der Energieversorgung hat, insgesamt sehr gering. Brennholz wird als spezielles Sortiment ausgehalten oder fällt bei Durchforstungsmaßnahmen und als Abfallholz an. Die Anlage von Schnellwuchsplantagen zur ausschließlichen Gewinnung von Brennholz in Form von z.B. Hackschnitzeln ist beim derzeitigen Energiepreisniveau nicht wirtschaftlich.

Der Einsatz von Massengetreide und anderen einjährigen Kulturarten für energetische Nutzungen wird in Forschungsprojekten untersucht. Die oftmals diskutierten Schilfarten und fremdländischen Grasarten (z.B. Elefantengras) müssen auf dem Wege der Züchtung und durch die Erprobung geeigneter Produktionssysteme zur Erreichung ihres sehr hohen Ertragspotentials erst noch weiterentwickelt werden. Ein erster Einstieg in die Ganzpflanzenproduktion zur Erzeugung von Wärme könnte mit adaptierten Kulturarten wie Getreide, Ölpflanzen und auf geeigneten

Standorten eventuell noch Hirsen erfolgen. Problematisch ist die marktfähige Aufbereitung nach der Ernte. Der Rohstoff muß trocken und transportfähig sein. Die Verarbeitung zu Briketts oder Pellets würde spezielle Maschinen erfordern und wäre mit hohen Kosten belastet. Eine in der Nähe der Erzeugung stattfindende Verwendung wäre zu bevorzugen, da dann die üblichen Ballen oder Hackschnitzel genutzt werden könnten.

2.4 Vergleich der Energieträger aus nachwachsenden Rohstoffen

Einen Hinweis auf die Energieaufwands-/ertragsverhältnisse bei der Umwandlung nachwachsender Rohstoffe in technisch nutzbare Energieträger gibt die Energiebilanz. Zu den verschiedenen Konversionsverfahren liegen wissenschaftliche Analysen vor. Sie kommen überwiegend zu dem Ergebnis, daß die Summe des Energieertrags höher als die Summe des Energieaufwands für die landwirtschaftliche Produktion und Konversion ist. Als Durchschnittswerte können folgende Angaben gemacht werden; die Nebenprodukte wurden nicht energetisch bewertet, da sie nicht ohne weiteres als Energieträger genutzt werden können.

	Input: Output- Verhältnis	Nebenprodukte
Ethanol aus Weizen	1:1, 1	Kleie, Kleber, Stroh
Ethanol aus Zuckerrüben	1:1, 2	Schnitzel, Schlempe, Blatt und Kopf
Rapsöl	1:1, 35	Stroh + Schrot
Rapsölmethylester	1:1, 2	Stroh + Schrot + Glycerin
Ganzpflanze (z.B. Massenweizen)	1:9	keine

Aus energetischer Sicht wäre also die Ganzpflanzenproduktion zu bevorzugen. Außerdem fallen dabei keine belastenden Nebenprodukte an. Positive Energiebilanzen ersetzen Wirtschaftlichkeitsanalysen nicht. Energiebilanzen zeigen jedoch auf, ob und inwieweit es aus rein energetischer Sicht sinnvoll ist, bestimmte Produkte zu erzeugen.

In folgender Tabelle sind die Zahlen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die verschiedenen Verfahren der Energieträgerproduktion zusammengefaßt, um einen Vergleich zu ermöglichen. Bei den derzeit niedrigen Preisen für fossile Energieträger sind alle Verfahren noch weit von einer Wirtschaftlichkeit entfernt. Bei der Ganzpflanzenverbrennung ist der Stützungsbedarf je Energieeinheit am niedrigsten. Jedoch müßte der Heizölpreis etwa um 150 Prozent ansteigen, damit bei sonst gleichen Bedingungen die volle Wettbewerbsgleichheit erreicht werden könnte. Der Stützungsbedarf je ha liegt bei allen Verfahren deutlich über dem durchschnittlichen Stützungsaufwand der letzten Jahre für die Nahrungsmittelproduktion.

Vergleich von Energieträgern aus nachwachsenden Rohstoffen

	Bioethanol ¹⁾		Pflanzenöl ²⁾	Ganzpflanzen-
	Zuckerrüben	Weizen	(Raps)	verbrennung ³⁾
				(Getreide)
Bereitstellungskosten				
DM/l Ethanol	1,22	1,47		
DM/l Pflanzenöl			1,78	
DM/l Öläquivalent				0,72 ⁴⁾
Wert bei Substitution				
von Superbenzin	DM/l 0,39	0,39		
von Dieselkraftstoff	DM/l		0,35	
von Heizöl	DM/l			0,30
Stützungsbedarf				
DM/l Ethanol	0,83	1,08		
DM/l Pflanzenöl			1,43	
DM/l Öläquivalent				0,42
DM/ha	4079	2709	1931	2016

Aus ökonomischer bzw. agrarpolitischer Sicht ist festzustellen, daß

- neben anderen denkbaren Alternativen zur heutigen Agrarpolitik hier längerfristig eine zusätzliche Chance bestehen könnte, die derzeitigen und durch wissenschaftlich-technische Fortschritte künftig weiter entstehenden Produktionskapazitäten, die für den Nahrungsbe- reich nicht benötigt werden, für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe und damit die Si- cherung landwirtschaftlichen Einkommens zu nutzen,
- das Wettbewerbsdefizit gegenüber fossilen Rohstoffen z.T. erheblich ist. Kostenrechnungen sind im wesentlichen derzeit nur für die nachwachsenden Rohstoffe vorgelegt worden, die fos- sile Energieträger ersetzen können. Dagegen sind für den Bereich der Chemiegrundstoffe we- gen der häufig mehrstufigen Verarbeitungsschritte und der Vielzahl der Endprodukte kaum entsprechende Informationen bekannt.

- 1) aus Tab. 18
- 2) aus Tab. 21 und zugehörigen Text
- 3) aus Tab. 24 und zugehörigen Text
- 4) ind. Verfahrensmehrkosten

- der Einstiegszeitpunkt in die Produktion heimischer nachwachsender Rohstoffe in Abhängigkeit von der Preisentwicklung der Konkurrenzprodukte, der Ausgestaltung der Marktordnungen und technisch-wissenschaftlicher Fortschritte unterschiedlich sein wird. Günstige Rahmenbedingungen für einen vermehrten industriell-technischen Einsatz wurden bereits bei Zucker und Stärke durch Änderung der Marktordnungsregelungen geschaffen. Bei pflanzlichen Ölen wird wegen der noch zu lösenden züchterischen Probleme ein längerer Zeitraum erforderlich sein.

D. Darstellung und Bewertung der ökologischen Aspekte

Beim Anbau nachwachsender Rohstoffe (ohne Holz) ergeben sich auf den ersten Blick grundsätzlich die gleichen Umweltauswirkungen, wie sie die Landwirtschaft auch sonst kennzeichnen. Die landwirtschaftliche Produktion wird im zunehmenden Maße kritisiert, da sie viele negative Auswirkungen auf die Umwelt habe. Die von landwirtschaftlicher Seite unternommenen Bestrebungen für umweltschonendere Verfahren (Fruchtfolgevielfalt, integrierter Pflanzenschutz) gelten auch für nachwachsende Rohstoffe. Für die ökologische Beurteilung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe, der derzeit und in naher Zukunft zum überwiegenden Teil aus üblichen Kulturarten wie Kartoffeln, Weizen oder Raps besteht, werden die zur Zeit gültigen Rahmenbedingungen zugrunde gelegt. Ob der Landwirt für die Nahrungsmittelindustrie (rd. 80 % der landwirtschaftlichen Erzeugnisse werden weiterverarbeitet) oder für die Non-food-Industrie produziert, ist grundsätzlich kein Unterschied, denn beide Bereiche sind ähnlich strukturiert. Die Holzerzeugung bietet grundsätzlich ökologische Vorzüge, die bei Betriebsformen mit Reinbestandscharakter allerdings nur eingeschränkt zum Tragen kommen.

Allerdings können einige Produktlinien, vor allem die, die der Erzeugung von festen oder flüssigen Energieträgern dienen, eine erhebliche Änderung in der jeweiligen Struktur der landwirtschaftlichen Produktionsweise bewirken. Vor einer großflächigen Umstellung der Flächennutzung muß daher eine Untersuchung im Sinne einer Umweltverträglichkeitsprüfung angestellt werden. Dabei sind die Auswirkungen insbesondere

- aus ökosystemarerer Sicht,
- aus der Sicht des Bodenschutzes,
- unter dem Gesichtspunkt der Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen, wie etwa das Grundwasser, sowie
- aus der Sicht des Arten- und Biotopschutzes

mit systemanalytischen Maßstäben und Methoden zu prüfen. Nur eine solche Prüfung bietet die Gewähr, daß die "richtigen" Fragen zur Einführung dieser neuen Anbauformen gestellt und auch die "richtigen" Akzente in der Forschungsförderung gesetzt werden. Nur solche Pflanzenarten und Anbauformen sind akzeptabel und damit ggf. förderungswürdig, welche die Stabilität des Naturhaushalts insgesamt nicht gefährden.

Aus dem verstärkten Anbau nachwachsender Rohstoffe darf keine Mehrbelastung der Ökosysteme resultieren. Zu unterstützen sind Umstellungen, die den in der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung sowie im Bund-Länder-Maßnahmenkatalog Bodenschutz geforderten Maßnahmen zur Umkehr der umweltbelastenden Trends der modernen Landwirtschaft entsprechen.

Eine grundsätzliche Frage aus ökologischer Sicht ist, ob der Anbau nachwachsender Rohstoffe nicht in Konkurrenz tritt zu den für die Belange des Natur- und Umweltschutzes erforderlichen Flächen.

Die Umstellung landwirtschaftlicher Flächen auf den Anbau nachwachsender Rohstoffe ist aus der Sicht des Umwelt- und Naturschutzes zu begrüßen, wenn

- ein standortangepaßter, bedarfsorientierter Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln Stoffeinträge verhindern wird;
- Bodenerosion vermieden wird;
- die genetische Variabilität innerhalb einzelner Nutzpflanzen vergrößert wird;
- die Spezialisierung von Betrieben gemildert und Fruchtfolgen erweitert werden. Der verstärkte Anbau von nachwachsenden Rohstoffen darf nicht zu vermehrtem Grünlandumbruch führen.

Bei jeder Produktlinie müssen Umweltauswirkungen und Technologiefolgen geprüft und abgeschätzt werden. Die Bundesregierung hat schon eine Anzahl von entsprechenden Forschungsvorhaben gefördert (siehe Teil III, Projektlisten). Insbesondere sind folgende Fragen zu klären:

- Welche Folgen hat der Einsatz neuer Arten und Sorten, werden die natürlichen Genressourcen oder die Variabilität der Flora und Fauna bedroht?
- Führt die Zulieferung für verarbeitende Industrien zu einer starken räumlichen Konzentration von Anbau und Industrie (Minimierung der Transportkosten), einer Spezialisierung des Anbaus (Verengung der Fruchtfolgen) und einem Anbau auf höchster Intensitätsstufe (Auslastung der industriellen Kapazitäten)?
- Welche Probleme treten bei der Konversion auf, ist das Reststoff-Management umweltverträglich?

Dabei ist auch zu untersuchen, welche Möglichkeiten sich anbieten, etwaige negative Folgen zu vermindern oder auszuschließen. Diese allgemeinen Grundsätze sind Richtschnur für die Beurteilung der Umweltauswirkungen der einzelnen Produktlinien nachwachsender Rohstoffe. Im folgenden sind wichtige Umweltaspekte dargestellt.

1. Nutzungen pflanzlicher Inhaltsstoffe in der Industrie

1.1 Zuckerstoffe

Rohstoffbereitstellung

Der Anbau von Zuckerrüben ist durch eine hohe Intensität geprägt. Die langsame Bodenbedeckung nach der Aussaat kann zur Erosionsgefährdung beitragen, der Pflanzenschutzmittelaufwand ist relativ hoch und die schweren Erntemaschinen können - nicht richtig eingesetzt - die Bodenstruktur schädigen. Bei schlechter Düngeplanung kann es zu Nitratverlagerungen in den Untergrund kommen. Durch enge Fruchtfolgegestaltung können Krankheiten wie Nematodenbefall oder Rizomania Probleme bereiten. Die Einführung einer neuen zuckerliefernden Pflanze wie Zuckerhirse würde Fruchtfolgeprobleme mildern, aber die Anbauintensität kaum verringern. In den letzten Jahren sind jedoch deutliche Fortschritte in Richtung auf eine umweltverträgliche Düngung und eine Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes gemacht worden.

Konversion

Die Zuckerrübenverarbeitung ist technisch ausgereift. Dies gilt auch für die technischen Verfahren bei der Entsorgung der Abfälle. In zunehmendem Maße macht es jedoch Schwierigkeiten, die anfallenden Erd- und Kalkschlämme abzulagern, da die Kapazität der vorhandenen Deponieflächen abnimmt. Es wird deshalb verstärkt daran gearbeitet, die anfallenden Abfälle so aufzubereiten, daß sie als Erde bzw. Bodenverbesserungsmittel eingesetzt werden können. Probleme bereiten dabei neben der Vermarktung der erzeugten Produkte vor allem die darin enthaltenen pflanzenschädigenden Erreger (Nematoden, Pilze), da diese nicht leicht zu eliminieren sind.

Verwendung

Hier bieten sich einige positive Möglichkeiten an:

- Über Zucker fermentativ erzeugte Kunststoffe sind potentiell biologisch besser abbaubar als konventionelle Kunststoffe. Von Vorteil wäre dies vor allem für bestimmte Verpackungsmaterialien.
- Zuckertenside haben viele positive Eigenschaften wie physiologische Unbedenklichkeit und gute Abbaubarkeit, Anwendung z.B. bei Kosmetika. Auch die breite Palette der üblichen oberflächenaktiven Wasch- und Benetzungsmittel kann erschlossen werden.
- Melasse, die zum überwiegenden Teil importiert wird, wird verdrängt, damit entfallen Entsorgungsprobleme.

1.2 Stärke

Rohstoffbereitstellung

Die zur Stärkegewinnung geeigneten Pflanzen sind weitgehend der traditionellen Anbaupalette zuzurechnen; ihr Anbau unterliegt dann ökologischen Bedenken, wenn er in zu engen Fruchtfolgen, mit hoher spezieller Intensität und vor allem zu hoher Düngung (Gülle) erfolgt. Gegenwärtig wird besonders die Problematik des Maisanbaus aufgrund der Erosionsgefährdung, des Einsatzes bestimmter Pflanzenschutzmittel und hoher Güllemengen diskutiert. Lösungen zur Minderung und Verhinderung derartiger Probleme liegen vor und werden in die Praxis eingeführt.

Konversion

Die Maisstärkeerzeugung ist aufgrund ihres nahezu geschlossenen Wasserkreislaufes weitgehend umweltneutral. Bei der Weizenstärkegewinnung ist technisch noch kein geschlossener Kreislauf möglich, so daß eine geringe Umweltbelastung erfolgt. Bedingt durch den hohen Feuchtegehalt des Rohstoffs fallen bei den konventionellen Verfahren der Gewinnung von Kartoffelstärke erhebliche Mengen Abwasser an. Die kostengünstigste Möglichkeit zur Entsorgung der Abwassermengen stellte bisher die Verregnung auf umliegenden landwirtschaftlichen Flächen dar, so daß diese Form der Abfallbeseitigung bei vielen bestehenden Kartoffelstärkefabriken anzutreffen ist. Die Errichtung neuer Produktionskapazitäten setzt jedoch aufgrund stark gestiegener Kosten für die Erschließung der Verregnungsflächen und der Gefahr von Umweltbeeinträchtigungen den Einsatz neuer Technologien zur Abwasserbehandlung voraus. Möglich sind eine Eiweißabtrennung aus dem Kartoffelfruchtwasser und eine Eindampfung des in den verschiedenen Prozeßstufen anfallenden Abwassers. Dadurch wird die Abwasserbelastung (Menge und Verschmutzungsgrad) gegenüber der bisher üblichen Verfahrensweise erheblich gesenkt und gleichzeitig mit dem Eiweiß ein hochwertiges Viehfutter gewonnen. Dennoch ist die mit der Stärkeherstellung aus Kartoffeln verbundene Abwasserbelastung auch bei "optimierten" Verfahren noch erheblich.

Anwendung

- Bei der Phenolharzproduktion (Novolacke) kann ein erheblicher Teil des Formaldehyds durch Stärke ersetzt werden.
- Es besteht die Möglichkeit, daß Stärkeprodukte synthetische Bindemittel, von denen Umweltgefährdungen ausgehen können, in manchen Bereichen wie z.B. lösungsmittelfreie, wasserhaltige Lacke und Farben ersetzen können.
- Der Einsatz von Komplexbildnern auf Basis von Kohlenhydraten als Phosphatersatz ist im Zusammenhang mit der Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln von besonderer Bedeutung.

- Stärke als Basisrohstoff in der Fermentation verursacht keine Abfallprobleme wie z.B. Melasse.

Entsorgung, Abfallbeseitigung

Wenn native Stärke zur Produktion von Kunststoffen eingesetzt wird, etwa als Füllstoff, wird dieser Teil schnell biologisch abgebaut und verringert die Müllhalden. Eine Modellrechnung mit Daten von 1978 zeigt, daß bei einer Kunststoffproduktion von 3 Mio. Tonnen in der Bundesrepublik Deutschland knapp die Hälfte für einen Zusatz von 15 % Stärke geeignet wäre. Damit wären rd. 0,2 Mio. Tonnen Kunststoffabfall jährlich weniger auf Müllhalden zu lagern.

Auch wenn Stärke als Copolymer bei der Kunststoffherstellung genutzt wird, kann dies zu einer besseren Abbaubarkeit des gesamten Kunststoffproduktes führen.

Ideal wäre es, wenn native Stärke zu Thermoplasten umgeformt und damit der ganze "Kunststoff" biologisch abgebaut werden könnte. Solange Stärke derivatisiert oder modifiziert werden muß, ist in jedem Fall die Abbaubarkeit erneut zu prüfen.

Mit dem fermentativ erzeugten Produkt Biopol liegt ebenfalls ein grundsätzlich voll abbaubarer Kunststoff vor. Es stellt sich das Problem der realisierbaren Einsatzmöglichkeiten unter Wahrung der Abbaubarkeit.

1.3 Pflanzliche Öle

Rohstoffbereitstellung

Zur Gewinnung hochwertiger Fette sind zahlreiche Kultur- und Wildpflanzen grundsätzlich geeignet; zur Verbesserung der Fruchtfolgen können viele von ihnen nach entsprechender züchterischer Bearbeitung einen wichtigen Beitrag leisten. Prinzipiell positiv zu bewerten ist die zur Zeit noch relativ geringe spezielle Intensität einiger dieser Pflanzen.

Die notwendige Züchtungsarbeit hinsichtlich der Verbesserung von Ertrag und Qualität sollte gleichzeitig auch auf Erhalt der günstigen ökologischen Eigenschaften abzielen.

Raps als zur Zeit flächenmäßig und ökonomisch wichtigste Öl-liefernde Pflanze wird häufig innerhalb enger Fruchtfolgen mit hoher spezieller Intensität angebaut und unterliegt dann den gleichen ökologischen Nachteilen vergleichbarer intensiver Kulturen. In Regionen mit relativ geringem Rapsanbau kann ihm aber auch eine fruchtfolgeverbessernde Wirkung zukommen.

Konversion

Die Ölgewinnung erfolgt in großen Ölmühlen. Sie ist meist eine Kombination einer Pressung und einer nachfolgenden Extraktion mit einem organischen Lösungsmittel (Hexan), das so gut wie völlig zurückgewonnen werden kann. Die anfallenden Schrote können verfüttert oder, falls sie wie das Rizinusschrot toxische Substanzen enthalten, als Düngemittel genutzt werden.

Anwendung

Die Verarbeitung von Pflanzenöl in der Chemie-Industrie erfordert, verglichen mit fossilen Rohstoffen, meistens einen geringeren Energieaufwand und hinterläßt weniger schädliche Nebenprodukte. Ebenso ist die Entsorgung der auf Basis von Pflanzenölen hergestellten Produkte in der Regel unproblematischer.

1.4 Pflanzenfasern

Rohstoffbereitstellung

Der Anbau von Flachs ist wegen der relativ geringen speziellen Intensität des Leins ökologisch positiv einzuschätzen. Insbesondere ist auf den äußerst geringen Stickstoffbedarf (auf vielen Standorten wird empfohlen, keinen Stickstoff zu geben) und den niedrigen Pflanzenschutzmitteleinsatz hinzuweisen.

Konversion

Nach Entwicklung der neuen Verfahren erfolgt die Fasergewinnung entweder auf physikalischer Basis (Dampf) oder mit Hilfe umweltfreundlicher Chemikalien (die verwendeten Tenside beispielsweise sind biologisch vollständig abbaubar), so daß nach gegenwärtigem Kenntnisstand von Abwässern nur sehr geringe Belastungen ausgehen.

Die weitere Verarbeitung der Leinfasern im Industriebereich erfolgt auf traditionellem Wege und ist nicht mit spezifischen Umweltbelastungen verbunden.

Auch die Aufarbeitung in Schwinganlagen ist umweltneutral.

Anwendung

Leinen ist ein Naturgewebe mit sehr hohem Tragekomfort und Hautfreundlichkeit. In der Papierindustrie ist reines Leinen recycling-fähig. Auch in technischen Bereichen können Leinenge-webe oder Materialien aus Leinen sehr umweltfreundlich sein. So hat z.B. der Übergang zu Kunststoffnetzen in der Fischerei dazu geführt, daß ihr Verlust auf See größere Meeresober-

flächen zum Veröden bringt, während Fischnetze aus Leinenfasern ohne Schaden für die Meeresumwelt verrotten würden. Bindegarne in gärtnerischen und landwirtschaftlichen Anwendungen aus unbehandelter Naturfaser würden die Probleme vermeiden, die bei der Abfallbeseitigung entsprechender Kunststoff-Artikel entstehen. In Baustoffen und technischen Reibbelägen kann Flachs Asbestfasern in vielen Bereichen ohne Qualitätsverluste ersetzen.

1.5 Holz

Rohstoffbereitstellung

Wald ist ein Nutzökosystem, das bei standortgerechter Baumartenzusammensetzung der potentiellen natürlichen Vegetation der Landfläche am nächsten steht. Hierauf begründen sich grundsätzliche ökologische Vorzüge. Dies gilt für Kurzumtriebswirtschaft in Plantagen mit geringen Klonzahlen allerdings nur in eingeschränkter Weise.

Das in langen Umtriebszeiten bewirtschaftete Ökosystem Wald ist eine vergleichsweise extensive und naturnahe Bodennutzungsform mit wichtigen Funktionen für die Erhaltung und Verbesserung der Umweltqualität.

Die Ausfilterung von Fremdstoffen aus der Luft führt bei der derzeitigen Schadstoffbelastung zu einer Beanspruchung dieser Waldfunktion, die die Belastungsgrenzen bereits überschreitet. Als Lieferant des nachwachsenden Rohstoffes Holz trägt auch der Wald zur Substitution fossiler Rohstoffe bei und begrenzt damit indirekt die Freisetzung von zusätzlichem CO_2 . Aufforstungsmaßnahmen leisten zudem einen Beitrag zur Wiedereinbindung von bereits freigesetztem CO_2 .

Wald schützt den Boden vor Erosion. Zum einen geschieht dies durch Verhinderung von Winderosion. Zum anderen ist dies eine Folge der Fähigkeit, Niederschlagsextreme (Hochwasserschutz) auszugleichen. Des weiteren besteht eine Bodenschutzwirkung durch die Verhinderung von Lawinen und Muren. Die Filter- und Sorptionswirkung des humusreichen, intensiv durchwurzelten Waldbodens bewirkt eine Verbesserung der Grundwasserspense hinsichtlich Qualität und Nachhaltigkeit (Trinkwasserschutz). Die Wirkung des Waldes auf globale Klimavorgänge ist noch nicht eindeutig geklärt. Kleinräumig aber kann der Wald das Klima erheblich beeinflussen. Er puffert Temperaturschwankungen ab, schützt vor Kälteextremen durch Frost und Wind und fördert den Luftaustausch, was besonders in Siedlungsräumen mit häufigen austauscharmen Wetterlagen vorteilhaft ist. Weiterhin haben Wald und auch dichte Grünanlagen eine besondere Funktion für den Lärmschutz.

Die Bedeutung von Waldflächen für den Biotop- und Artenschutz ist vor allem von dem bisherigen Umfang und Art des Waldes der betroffenen Landschaft abhängig. In Gebieten intensiver landwirtschaftlicher Nutzung ist die Wirkung einer Erstaufforstung durch Schaffung von Refugien mit nur periodischen Bewirtschaftungsmaßnahmen (von i.a. nicht unter 5 Jahren Abstand) besonders groß. Hinzu kommt ein wichtiger Effekt durch Schaffung neuer Wald/Feld-Randlinien. Diese weisen in der Regel eine überdurchschnittlich hohe Artenvielfalt auf. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Übergang Wald/Feld nicht abrupt erfolgt, sondern sich naturnahe Saumgesellschaften entwickeln können. Dazu sollte auf einem mehrere Meter breiten Streifen keine Nutzung erfolgen. In Gebieten hoher Bewaldung nimmt die Bedeutung der Biotopfunktion zusätzlicher Waldflächen ab.

Ebenso verhält es sich mit der Wirkung des Waldes für Erholung und Tourismus. Studien der empirischen Sozialforschung haben positive Auswirkungen auf den Erholungswert einer Landschaft durch Erhöhung der Waldanteile auf bis zu 70 % nachgewiesen. Nachteilig können sich dagegen Aufforstungen seltener Wiesentäler in walddreichen Gebieten auswirken. Dies kann mit dem Instrumentarium der Landesplanung und Raumordnung verhindert werden. Im Einzelfall bedarf es unter diesem Gesichtspunkt einer Abwägung, ob durch eine Erhöhung des Waldanteils der Freizeit- und Erholungswert einer Landschaft noch zu verbessern ist oder ob er möglicherweise eingeschränkt wird.

Konversion

Die deutsche Papierindustrie hat im internationalen Vergleich einen sehr hohen Stand der Abwasserreinigung erreicht. Viele der innerbetrieblichen Maßnahmen, wie z.B. das Führen des Wassers im Kreislauf, sind als vorbildlich anzusehen. Der bei der Abwasserreinigung entstehende Schlamm kann nach Entwässerung deponiert oder industriell bzw. landwirtschaftlich genutzt werden. Weitere Verbesserungen werden angestrebt.

Bei der Zellstoffproduktion sind neue Anlagen nach dem Sulfitverfahren vor allem wegen verschärfter Umweltvorschriften nicht in Sicht. Anlagen, die das Sulfatverfahren nutzen, existieren in der Bundesrepublik Deutschland nicht. Die in Erprobung befindlichen Aufschlußverfahren arbeiten nach bisherigen Erkenntnissen umweltverträglich. Inwieweit die chemische Holzverwertung wieder eine größere Bedeutung erlangt, wird nicht zuletzt von der Entwicklung umweltverträglicher Konversionsverfahren abhängen.

Anwendung

Die Holzbe- und verarbeitenden Branchen haben sich auf steigende Umweltaanforderungen einzustellen. Sie betreffen u.a. die gesundheitliche Unbedenklichkeit einzelner Endprodukte (z.B. Formaldehydproblem), sowie die erhöhten Anforderungen bei der Wiederverwertung und auch Beseitigung (beispielsweise durch die in wesentlichen Verwendungsbereichen (Außenbau) nicht vermeidbaren Einsatz von Holzschutzmitteln).

Holz und Holzzeugnisse einschließlich Papier, Karton und Pappe sind grundsätzlich unbedenkliche Materialien bei der Müllverbrennung. Sie lassen sich zudem in Deponien oder bei der Kompostierung leicht abbauen. Die Altpapier-Einsatzquote in der Papierindustrie von ca. 43 % (1988) ist zwar nur noch wenig steigerungsfähig, das Altpapier wird aber ebenfalls vom Wachstum der Branche profitieren.

1.6 Heil- und Gewürzpflanzen

Rohstoffbereitstellung

Durch einen verstärkten Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen wird, wenn auch in nur bescheidenem Umfang, grundsätzlich die Artenvielfalt gefördert. Vom Aussterben bedrohte Arten werden wieder in Kultur genommen und viele Arten sind als Bienen- und Schmetterlingspflanzen geeignet. Durch Auflockerung der Fruchtfolgen sind ferner günstige Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit zu erwarten. Allerdings gilt auch hier, daß diese günstigen Eigenschaften in dem Maße an Bedeutung verlieren, in dem der Anbau räumlich und zeitlich konzentriert wird. Deshalb ist auch für Heil- und Gewürzpflanzen der Einbau in vielseitige Fruchtfolgen zu fordern.

Wesentlich ist ferner, daß Rohdrogen zur Herstellung von Medikamenten rückstandsunbedenklich erzeugt werden müssen. Dies bedeutet Einschränkungen oder teilweise Verbote beim Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln. Generell sind Herbizide zur chemischen Unkrautbekämpfung unerwünscht. Bemerkenswert ist bei den zwar noch bescheidenen Züchtungsbemühungen, daß auf die Erhaltung hoher Krankheits- und Witterungsresistenzen besonderer Wert gelegt wird.

Konversion

Durch fast immer obligatorische Trocknung des Erntegutes ist bei Heil- und Gewürzpflanzen mit einem erhöhten Energieaufwand zu rechnen, der allerdings durch den Einsatz von Sonnenkollektoren umweltfreundlich gestaltet werden kann.

Beim Waschen stark verzweigter Wurzelstöcke (z.B. Baldrian, Roter Sonnenhut, Angelika) werden große Wassermengen benötigt, die zu Abwasserproblemen führen und die Errichtung von speziellen Absetzbecken bei der Waschanlage erforderlich machen können.

Anwendung

Wie die laufende Prüfung des Bundesgesundheitsamtes zeigt, kann die Anwendung von Phytopharmaka auch erhebliche Risiken mit sich bringen. Die Erforschung aller Nebenwirkungen kann dazu führen, daß weitere, bislang für unbedenklich gehaltene Pflanzenmedikamente in ihrer Anwendung eingeschränkt werden.

2. Energetische Nutzung von Biomasse

2.1 Bioethanol als Motorkraftstoff

Rohstoffbereitstellung

Die Entwicklung neuer umweltfreundlicher Kraftstoff-Alternativen ist vor dem Hintergrund der nach wie vor hohen Schadstoffbelastungen wichtig, die durch den Kraftfahrzeugverkehr verursacht werden, und die insgesamt - und speziell bei NO_x - nachhaltig vermindert werden müssen. Die Bereitstellung von Rohstoffen für die Ethanolherzeugung erfolgt unter denselben Bedingungen wie die Nahrungsmittelproduktion. Die Einführung neuer Kulturpflanzenarten zur Ethanolherzeugung in die Praxis wäre grundsätzlich positiv zu bewerten, weil damit eine Fruchtfolgeausweitung verbunden sein kann und die Kulturartenvielfalt zunähme. Aber es könnten sich auch ökologische Probleme ergeben. Denn die hohe Transportkostenempfindlichkeit (z.B. bei Rüben) und die begrenzte Haltbarkeit (z.B. Vorprodukte bei Zuckerhirseverwendung) zwingen zu einer Anbaukonzentration um die Verarbeitungsstandorte. Daraus sich ergebende negative Auswirkungen auf Fruchtfolgen und Anbauintensität müßten von vornherein durch entsprechende organisatorische, administrative und technische Maßnahmen gering gehalten oder verhindert werden.

Konversion

Bei einer unabhängigen Anlage wie sie die Pilotanlage Ahausen-Eversen darstellt, ist die umweltverträgliche Entsorgung der Rückstände aus der Ethanolherstellung noch nicht völlig gelöst. Jedoch sind große Fortschritte bei der Biogaslinie gemacht worden.

Die Energiebilanz bei der Nutzung ertragreicher Arten ist positiv. Beim Einsatz von Getreide geht die Bilanz allerdings gegen Eins, so daß die eingesetzte Energie nahezu gleich dem Energiegehalt des Ethanols und der Reststoffe ist. In neuerer Zeit wurden jedoch gerade für trocken-

substanzzreiche Rohstoffe Verfahren erarbeitet (Biostilverfahren u.a.), die einen geringen Energieaufwand für die Gewinnung eines hochwertigen handelsfähigen Nebenprodukts erfordern.

Verwendung

Bei der Betrachtung ökologischer Aspekte des Bioethanoleinsatzes muß zwischen Otto- und Dieselmotoren unterschieden werden.

a) Ethanol in Ottomotoren

Durch die Beimischung von 5 % Ethanol zu Benzin sind keine generellen Umweltvorteile zu erreichen. Beim BML-Fahrversuch (Fahrzeuge ohne Katalysator) mit 5-%igem ethanolhaltigen Benzin waren die Abgasemissionen bei

- Kohlenmonoxid (CO) um rd. 20 % niedriger;
- unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC) um ca. 7 % niedriger;
- Stickoxiden (NO_x) nahezu unverändert, bei den modernen Motortypen leicht höher;
- Aldehyden um 22 % höher.

Eine 1988 von TÜV Bayern durchgeführte Untersuchung unter Praxisbedingungen ergab, daß eine 5-%ige Ethanolzumischung zu unverbleitem Normalbenzin die Schadstoffkomponente Kohlenmonoxid im Autoabgas um rd. ein Drittel verringerte, keinen nennenswerten Mehrverbrauch auslöste, sowie die Emissionen von Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden im Durchschnitt nahezu unverändert blieben.

Der künftig als Folge der Abgasgesetzgebung weiter steigende Anteil der Katalysatorfahrzeuge wird dazu führen, daß die geringfügige Verbesserung der Abgasemissionen keine Rolle spielen wird.

b) Ethanol in Dieselmotoren

In der letzten Zeit gewinnen Alkohole zunehmendes Interesse im Dieselmotorenbau. Alkoholbeimischungen sind in der Lage, die Partikelemissionen, das zentrale Schadstoffproblem im dieselmotorischen Antrieb, deutlich zu reduzieren.

Zur Erfüllung des auf EG-Ebene beschlossenen Zeitplans zur schrittweisen Verringerung der Dieselemissionen verfolgt die Industrie drei Entwicklungswege:

- Rußfilter und anschließender Katalysator für gasförmige Emissionen,
- Veränderung der Motortechnik sowie
- Änderung der Qualität des Dieselkraftstoffes.

Im Bemühen, durch technische Veränderungen die Partikel-Emissionen zu senken, ergibt sich der Zielkonflikt, daß die NO_x -Emissionen und die Partikel-Emissionen gleichzeitig weiter wesentlich gesenkt werden sollen. Nach dem Stand der Technik sind durch Optimierung des Gesamtsystems für beide Schadstoffe zwar noch gewisse Fortschritte zu erwarten; die Höhe der NO_x -Emission ist aber durch das dieselmotorische Verbrennungsverfahren vorgegeben. Grundsätzlich würde sich eine wesentliche Verringerung der NO_x -Emission durch motorische Maßnahmen tendenziell nachteilig auf die Partikel- und HC-Emissionen, aber auch auf Leistung und Kraftstoffverbrauch auswirken. Der Partikelaustritt sowie die Zusammensetzung der Partikel kann durch motorische Maßnahmen (Einspritzsystem, Brennraum) und eine Verbesserung der Dieseldieselkraftstoffqualität, aber auch durch eine Umstellung auf andere Kraftstoffe für Dieselmotoren verbessert werden.

In smoggefährdeten Großstädten und Ballungsgebieten sind die Verkehrsemissionen von größerer Bedeutung als dies für eine gesamte Region oder das Gebiet der Gemeinschaft insgesamt der Fall ist. Besonderes Interesse an alternativen Antriebskonzepten (Alkoholbetrieb, Oberleitungsbusse, Duo-Busse) zeichnet sich daher bei Unternehmen des öffentlichen Personennahverkehrs ab. Dem stehen jedoch erhebliche Mehrkosten entgegen.

Im Bereich des Einsatzes von Alkohol-Dieselmischkraftstoffen wurden bereits umfangreiche Untersuchungen bezüglich der Auswirkungen auf die Abgaszusammensetzung angestellt. Es zeigt sich, daß sich erhebliche Verbesserungen bei allen wichtigen Schadstoffen einstellen. So führt eine Zumischung von 30 % Ethanol und ca. 10 % Lösungsvermittler zum Dieseldieselkraftstoff zu folgenden Veränderungen bei den Abgasen:

<u>Abgaskomponente</u>	<u>Veränderung in %</u>
Partikel	- 20/-30
Kohlenmonoxid	-5
Polycyclische Aromaten	-36
Benzo (a) pyrene	-75.

c) Ethanol als alleiniger Kraftstoff

Die folgende Tabelle zeigt, daß die Emission von Reinalkoholmotoren weit unter den strengen kalifornischen Abgasgrenzwerten liegen.

<u>Emissionswerte (g/Meile)</u>	<u>HC</u>	<u>CO</u>	<u>NO_x</u>
Methanol-100-VW-Golf	0,14	0,8	0,32
Ethanol-100-VW-Golf	0,30	1,5	0,29
<u>Kalifornische Grenzwerte</u>	<u>0,41</u>	<u>3,4</u>	<u>0,40</u>

Quelle: Menrad, H., Decker, D. und Weidmann, K.: Alcohol Fuel Vehicles of Volkswagen, SAE 820968

Allerdings sind die Emissionswerte serienmäßiger Pkw mit Ottomotor und geregelterm Drei-Wege-Katalysator z.T. noch günstiger (z.B. bei NO_x).

Auch Nutzfahrzeugmotoren, die mit reinem Alkohol betrieben werden, erweisen sich als umweltfreundlich. Der Alkoholbetrieb von Nutzfahrzeugen führt zu

- einer nahezu vollständig rußfreien Verbrennung,
- einer drastischen Reduzierung (50-70 %) der NO_x-Emission,
- wenig veränderten CO- und HC-Emissionen, aber
- deutlich erhöhten Aldehyd-Emissionen.

Alkoholbetriebene Nutzfahrzeuge weisen also bestimmte Umweltvorteile auf. Derzeit werden aber bereits Stadtbusse mit Rußfiltern am Markt eingeführt.

2.2 Pflanzenöle als Kraft- und Schmierstoffe

Rohstoffbereitstellung

Bei "ordnungsgemäßer Landbewirtschaftung" ließen sich bei der Produktion von Ölsaaten selbst bei einem Flächenanteil von 15-20 % Umweltbelastungen vermeiden. Zusammen mit den übrigen Blatt- und Hackfrüchten würde sich die Fruchtfolge wieder der traditionellen 3-Felder-Wirtschaft nähern. Eine gewisse Gefahr bestünde allerdings bei einer zu großen Ausdehnung des Rapsanbaues auf günstigen Standorten mit entsprechenden Betriebsstrukturen. Dort wäre in vielen Fällen mit einem Drittel Raps an der Ackerfläche der pflanzenbaulich vertretbare Anteil erreicht, wie es heutige Praktiken bereits demonstrieren.

Konversion

Den Ölsaaten wird heute mit weitgehend umweltneutralen Verfahren und ohne Anfall nicht verwertbarer Nebenprodukte das Öl entzogen. Auch der dabei erforderliche Energiebedarf hält sich in vertretbaren Grenzen. Lediglich bei der Veresterung könnte sich eine Belastung ergeben, falls das anfallende Glycerin keinen zusätzlichen Markt findet.

Anwendung

Hierbei besteht weitgehende Übereinstimmung über die sich gegenüber Mineralöl ergebenden Vorteile:

- allgemein günstigeres Abgasverhalten, das im einzelnen z.Z. geprüft wird,
- geringere Gefahr einer Boden- und Wasserverschmutzung bei Betriebs-, Transport- und Lagerunfällen.

Vor allem die Verwendung von umweltfreundlichen Schmierstoffen auf Pflanzenölbasis ist unter ökologischen Gesichtspunkten als sehr vorteilhaft zu bezeichnen. Diese werden im Vergleich zu Mineralölprodukten schneller und vollständig abgebaut. Allerdings besteht z.B. bei Hydraulikölen, die nach Gebrauch als Abfallöl anfallen, im Gegensatz zu Mineralölprodukten noch kein bekanntes Recyclingkonzept. Eine Herstellerfirma nimmt ihre Produkte auf Pflanzenölbasis wieder zurück und leitet sie einer Verbrennung zu.

2.3 Wärme aus Biomasse

Rohstoffbereitstellung

Befürchtungen, wonach der Energiepflanzenanbau mit zunehmenden ökologischen Belastungen verbunden sei, erscheinen nicht begründet. Es ist davon auszugehen, daß beim Anbau von Energiepflanzen ebenso wie bei der Nahrungsmittelproduktion nicht die maximale, sondern die optimale Intensität anzustreben wäre. Eventuellen Gefahren durch Bodenverdichtung könnten beim Energiepflanzenanbau durch sachgemäße Bodenbearbeitung sowie in Kurzumtriebsplantagen durch schonende Ernteverfahren, Erosionsschäden durch langfristige Bodenbedeckung und Anwendung dem Relief angepaßter Kulturverfahren wirksam begegnet werden.

Bei Düngungsmaßnahmen ergibt sich für die gesamte Pflanzenproduktion - auch für Energiepflanzen - die Forderung nach einer stärkeren Orientierung an den pflanzenspezifischen Bedarfswerten. Nachdem die Qualität des produzierten Materials bei der Verwendung im Energiesektor keine Rolle spielt, ist beim derzeitigen Kenntnisstand davon auszugehen, daß eine Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes im Energiepflanzenanbau gegenüber der Nahrungsmittelproduktion möglich ist. Positive Effekte gehen auch von der Auflockerung der Fruchtfolgen durch die größere Pflanzenvielfalt aus. Sollte jedoch Biomasse in Großfeuerungsanlagen (z.B. Braunkohlekraftwerken) genutzt werden, muß negativen Umweltauswirkungen aufgrund einer Anbaukonzentration entgegengewirkt werden.

Verwendung

Die Wärmeengewinnung aus Biomasse ist hinsichtlich der Umweltbelastung an den Werten alternativer Energieträger zu messen. Dabei ist vor allem darauf hinzuweisen, daß bei der Verbrennung von Biomasse im Rauchgas kein bzw. nur wenig Schwefel enthalten ist. Der Eiweißgehalt der Körner bei der Getreideganzpflanzenverbrennung kann zu Problemen bei den NO_x -Emissionen führen. Feuerungsanlagen müssen bei Nutzung von Pflanzen als Brennstoff hinsichtlich der Emissionswerte optimiert werden und können dann als umweltfreundlich bezeichnet werden.

Die Emissionen bei der Verfeuerung von Biomasse können auch, wie z.B. beim Pyrolyseöl möglich, die Umwelt gefährden. Besonders Kleinf Feuerungsanlagen können bei bestimmten Energieträgern nur unter Schwierigkeiten die Auflagen des Bundesimmissionsschutzgesetzes erfüllen.

3. Überlegungen zum CO_2 -Haushalt

Der energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe wird in letzter Zeit vor allem deshalb ein positiver Umwelteffekt zugeschrieben, da damit ein geschlossener CO_2 -Kreislauf verbunden sei: Was bei der Verbrennung nachwachsender Rohstoffe an Kohlendioxid entsteht, wurde zuvor der Atmosphäre entzogen. Damit trage diese Nutzungsform nicht zur Anreicherung der Erdatmosphäre mit Kohlendioxid und somit zur Verstärkung des Treibhauseffektes bei.

Diese einfache Theorie ist aber aus zweierlei Gründen nicht voll überzeugend.

Erstens: Ein landwirtschaftlicher Ertrag kommt nicht ohne Aufwand in den Bereichen Saatgut, Aussaat, Düngung, Pflege, Ernte und Transport zustande. Dies erfordert den Einsatz von Fremdenergie, der je nach Kulturart etwa 30-50 % des Energiebetrages im Erntegut beträgt. Damit ist zwar eine positive Energiebilanz, aber kein geschlossener CO_2 -Kreislauf gegeben. Die angestrebte "nachhaltige" Nutzung des Waldes verändert die CO_2 -Bilanz nicht, da dann gerade so viel eingeschlagen wird wie nachwächst, es wird soviel CO_2 frei, wie vorher festgelegt wurde. Mit jedem Hektar neuen Waldes wird aber überschüssiges CO_2 erst einmal wieder eingebunden. Neuaufforstungen - vor allem im weltweiten Maßstab - sind deshalb auch unter diesem Gesichtspunkt positiv zu bewerten.

Zweitens: Der Anteil, den nachwachsende Rohstoffe an der Gesamtenergieversorgung haben können, kann bei den begrenzten Flächenressourcen der EG nur wenige Prozent betragen. Folgende Beispielsrechnung soll diesen Sachverhalt verdeutlichen:

Aufgrund einer EG-Richtlinie und aus technischen Gründen ist eine Zumischung von maximal 5 % Ethanol zu Ottokraftstoffen möglich. Bei einem Gesamtverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland von 25 Mio. t Benzin (1987) wären 1,25 Mio. t Ethanol erforderlich. Bei einem geschätzten durchschnittlichen Ethanolertrag von 4 000 l/ha (3,2 t/ha) würde eine landwirtschaftliche Fläche von 390 000 ha gebunden. Betrachtet man die Gesamtmenge des energetischen Verbrauchs von Erdölprodukten von 103 Mio. t, so würde durch die Erzeugung auf 4 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche etwas mehr als 1 % des Erdöls substituiert. Bei Berücksichtigung anderer fossiler Energieträger (Erdgas, Kohle) wäre der Substitutionseffekt noch geringer. Der tatsächliche Substitutionsgrad dürfte aber aufgrund des nicht unerheblichen Einsatzes von Fremdenergie bei der landwirtschaftlichen Produktion nur etwa die Hälfte, also 0,5 % betragen. Die allgemeine Erkenntnis, daß Energiesparen der einfachste, schnellste und wirtschaftlichste Weg ist, den Anstieg des Treibhauseffektes zu verringern, wird dadurch bestätigt.

E. Maßnahmen zur Förderung nachwachsender Rohstoffe

Die Bestandsaufnahme hat ergeben, daß schon heute die Verwendung nachwachsender Rohstoffe in vielen Bereichen technisch möglich ist. Zahlreiche weiterführende Entwicklungen werden derzeit von der Forschung bearbeitet. Darüber hinaus sind Forschungen in den Bereichen Umweltverträglichkeitsprüfungen und Technologiefolgenabschätzungen ein unverzichtbarer Bestandteil der weiteren Förderung von nachwachsenden Rohstoffen.

Es hat sich bestätigt, daß heute viele nachwachsende Rohstoffe der chemisch-technischen Industrie in allen Produktlinien zum Weltmarktpreis zur Verfügung stehen. Die Industrie macht davon bereits in erheblichem Umfange Gebrauch. Soweit nachwachsende Rohstoffe durch EG-Marktregelungen begünstigt werden, gelten für sie die Vorschriften der EG-Agrarleitlinie. Die EG-Kommission ist im Februar 1988 vom Europäischen Rat aufgefordert worden, Vorschläge zu machen, um die Verwendung von landwirtschaftlichen Rohstoffen im Nicht-Nahrungsbereich zu verstärken. Der EG-Ministerrat hätte auf der Grundlage solcher Vorschläge darüber zu entscheiden, ob weitere Maßnahmen ergriffen werden sollen, die den Einsatz von Agrarrohstoffen verstärken.

Trotz vieler positiver technischer Entwicklungen und der Förderung durch Marktregelungen können agrarische Rohstoffe angesichts der relativ niedrigen Preise fossiler Rohstoffe einerseits und des vergleichsweise hohen Kostenniveaus nachwachsender Rohstoffe andererseits generell nicht oder nur unter Gewährung von Stützungsbeträgen konkurrieren, die im allgemeinen mindestens denen für den Nahrungsbereich entsprechen.

Um die Einsatzmöglichkeiten und die Wettbewerbsfähigkeit nachwachsender Rohstoffe zu verbessern, haben Bund und Länder seit längerem in einer Art Vorsorgestrategie Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in erheblichem Umfang gefördert. Dennoch besteht bei nachwachsenden Rohstoffen nach wie vor ein erhebliches Defizit bei Forschung und Entwicklung sowie Modell- und Demonstrationsvorhaben, das im folgenden für die einzelnen Produktlinien erläutert wird.

1. Nutzungen in der Industrie

1.1 Zuckerstoffe

- Rohstoffbereitstellung

- = Züchtungsforschung bei Topinambur (Inulinerttrag, Saftqualität) und Zuckerhirse (Zuckerertrag, Zuckergehalt, klimatische Anpassung)
- = Resistenzeigenschaften gegenüber Schadorganismen und nichtparasitären Beeinträchtigungen

- Konversion
 - = Entwicklung von Konversionsverfahren für Zuckerhirse und Topinambur
- Grundlagen und Anwendung
 - = systematische Erfassung der wichtigsten technischen Eigenschaften von Zucker und seiner Derivate sowie deren Anwendungsfelder
 - = Entwicklung neuer Produkte auf der Basis von Zucker und seiner Derivate unter Anwendung chemischer und biotechnologischer Methoden
 - = Bestimmung der Umweltfreundlichkeit von Zuckerprodukten im Vergleich zu Konkurrenzprodukten fossilen Ursprungs

1.2 Stärke

- Rohstoffbereitstellung
 - = Verbesserung des Harvest-Index; höhere und/oder sichere Erträge und/oder Senkung der speziellen Intensität sowie Resistenz gegen Krankheiten und Schädlingen
 - = Züchtung auf Ertrag, Stärkegehalt und Stärkequalität
 - = Fortentwicklung der Anbau- und Ernteverfahren für stärke liefernde Rohstoffe
 - = Fortentwicklung von Schnellmethoden für die Bestimmung des Stärkegehaltes
- Konversion
 - = Verbesserung der Konversionstechnik in der Stärkeproduktion, insbesondere der Entsorgung bei der Kartoffelstärkeproduktion
 - = Verbesserung der Verwertungsmöglichkeiten der Nebenprodukte bei der Weizen- und Kartoffelstärkeproduktion
 - = Entwicklung von Gewinnungsverfahren für Amylose aus Erbsen bzw. Trennverfahren für Amylopektin/Amylose
- Grundlagen und Anwendung
 - = Systematische Erfassung der wichtigsten Eigenschaften und Anwendungsfelder der Stärke verschiedener Pflanzen
 - = Entwicklung neuer Modifikationen und Derivatisierung und ihrer Einsatzmöglichkeiten
 - = Entwicklung neuer Produkte auf der Basis von Stärkederivaten unter Anwendung chemischer und biotechnologischer Methoden
 - = Entwicklung von Methoden zur Identifikation bestimmter Stoffparameter
 - = Bestimmung der Umweltfreundlichkeit von Stärkeprodukten im Vergleich zu Konkurrenzprodukten fossilen Ursprungs

In der Anwendung sind vorwiegend solche Bereiche zu fördern, bei denen die Umweltfreundlichkeit der Produkte durch Stärke oder Stärkederivate verbessert wird. Hier kommt der Entwicklung von Thermoplasten aus Amylosestärke besondere Bedeutung zu.

1.3 Pflanzliche Öle

- Rohstoffbereitstellung

Unter Berücksichtigung der Wettbewerbsfähigkeit sind eine Reihe von Ölpflanzenarten züchterisch und pflanzenbaulich verstärkt zu entwickeln (siehe Tabelle "Ertragspotential und Anbaueignung von ausgewählten Ölpflanzenarten für industrielle Verwendung"). Mit dem Anbau neuer Arten wären die Vorstellungen der Industrie zum großen Teil verwirklicht. Um eine Einführung in die Praxis zu erreichen, müßten die wenigen Institute, die sich mit Ölpflanzen beschäftigen, ausgebaut werden und koordiniert zusammenarbeiten.

- Grundlagen und Anwendungen

Systematische Arbeiten zur Trennung und Spaltung von Fettsäuren sowie deren Modifikation

1.4 Pflanzenfasern

- Rohstoffbereitstellung

- = Entwicklung einer leistungsfähigen Ernte- und Entholzungstechnik
- = Untersuchungen zur Anbautechnik
- = Entwicklung objektiver Qualitätskriterien

- Konversion

- = Fortführung der Modellvorhaben "Tensidaufschluß" und "Dampfdruckaufschluß" bis zur Praxisreife

- Grundlagen und Anwendung

- = Untersuchungen zur Verbesserung der Nebenproduktverwertung
- = Erschließung neuer und Erweiterung alter Verwendungsbereiche im technischen Sektor
- = Veredlung und Ausrüstung von sowohl Reinleinen als auch Leinen in Mischungen mit anderen Fasern
- = Entwicklung von Methoden zur Erfassung der textiltechnologischen Eigenschaften

1.5 Holz

- Rohstoffbereitstellung

- = Erhaltung der genetischen Variabilität und Ressourcen
- = Entwicklung geeigneten Vermehrungsgutes und geeigneter Verfahren (Kurzumtrieb)
- = Züchtung spezieller Hochleistungssorten (Qualität, Resistenzen) (Kurzumtrieb)
- = Optimierung der Anbauverfahren, Umtriebszeiten und Erntemethoden (Kurzumtrieb)

- Konversion

Für den Bereich der Zellstoffproduktion und der chemischen Holzverwertung ergeben sich in kurz- und mittelfristiger Perspektive folgende Schwerpunkte:

- = Weiterentwicklung der neuen umweltverträglichen Aufschlußverfahren
- = weiterer Abbau der Umweltbelastungen durch die Zellstoffbleiche
- = Verbreiterung der Rohstoffbasis durch Biomasse aus Schnellwuchsplantagen und Einjahrespflanzen
- = höherwertige Nutzung aller Holzbestandteile

- Grundlagen und Anwendung

Zur Sicherung und Ausweitung der Holzverwendung kommt es darauf an, die Umweltfreundlichkeit des Rohstoffes Holz durch neue Verfahren und Produkte besser zum Tragen kommen zu lassen und die technischen Eigenschaften von Holz in verschiedenen Verwendungsbereichen zu verbessern. Ansatzpunkte hierfür sind z.B. in den folgenden Bereichen zu suchen:

- = Weiterentwicklung der Verfahren zur Herstellung lamellierter Werkstoffe und Bauelemente
- = Entwicklung neuer Leime für erhöhte Belastbarkeit und verschärfte Umweltauflagen
- = Optimierung der Verleimungstechniken (Einsatz natürlicher Harze, Kombinations- und Mischverleimung)
- = Optimierung der Eigenschaften von Holzwerkstoffen im Hinblick auf spezifische Verwendungsrichtungen
- = Verbund von Holz mit anderen Werkstoffen
- = Qualitätssicherung von Holzprodukten
- = Verbesserung des technischen, konstruktiven, biologischen und chemischen Holzschutzes

In längerfristiger Perspektive unter dem Aspekt der Rohstoffversorgung kommt es vor allem darauf an, die Grundlagenforschung im Bereich der Chemiegrundstoffe zu verstärken. Hierzu gehört die Verbesserung der Zellstoffeigenschaften im Hinblick auf spezielle Verwertungslinien. Für Lignin und Hemicellulosen erscheint zunächst eine Charakterisierung vordringlich, da in Abhängigkeit von Holzart und Aufschlußverfahren ein breites Spektrum verschiedener Stoffe mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften anfällt.

1.6 Heil- und Gewürzpflanzen

- Auslesezüchtung zur Entwicklung von Sorten mit hohem Anbauwert und hohem Wirkstoffgehalt (im allgemeinen keine Sorten vorhanden)
- Fortsetzung der Erarbeitung pflanzenbaulicher Grundlagen für die Kultivierung möglichst vieler Arten und Absicherung der bisherigen Ergebnisse durch Versuche an mehr Standorten
- Fruchtfolgeversuche, Ermittlung von Nährstoffentzügen und Nährstoffbedarf der einzelnen Arten
- Versuche zur Beeinflussung des Wirkstoffgehaltes der Pflanzen durch Boden, Witterung, Saatgutherkunft (Stamm, Sorte), Erntetermin und Aufbereitung
- Entwicklung und Verbesserung von Maschinen und Geräten für Anbau, Ernte und Aufbereitung
- Demonstrations- und Modellvorhaben zur Einführung in die Praxis
- Ermittlung betriebswirtschaftlicher Daten, Marktstudien, Beratung

2. Energetische Nutzungen

2.1 Bioethanol

Weltweit wurde in den letzten Jahren ein erheblicher Forschungsaufwand betrieben. Gleichwohl bestehen in Teilbereichen noch Forschungslücken.

- Rohstoffbereitstellung
 - = Erweiterung des Artenspektrums durch z.B. Topinambur und Zuckerhirse, um eine ganzjährige Belieferung alkoholproduzierender Anlagen und vielgliedrige "Energiepflanzen-Fruchtfolgen" zu ermöglichen
 - = Entwicklung kostensparender Anbau- und Ernteverfahren für Kartoffeln und Zuckerrüben sowie für "neue" Pflanzen
- Konversion
 - = Verbesserung der Konversionstechnik
 - = Optimierung umweltfreundlicher Entsorgungsverfahren
 - = Verbesserung der Gärtechnologien in Richtung einer verbreiterten Rohstoffbasis

2.2 Pflanzenöle als Kraft- und Schmierstoffe

- Rohstoffbereitstellung

Zur Erreichung einer besseren Wirtschaftlichkeit der Verwendung von Rapsöl als Kraftstoff spielt die züchterische Erhöhung des Ertrages eine bedeutende Rolle. Die Aufnahme einer eigenständigen Zuchtichtung "Energieraps" unter Vernachlässigung der Qualitätsaspekte kann zur Ertragssteigerungen von mindestens 2 -3 % pro Jahr führen (Nahrungsmittelraps 1 % pro Jahr).

- Konversion

Die dezentrale Rapsabpressung müßte soweit optimiert werden, daß sie unter Einbeziehung der sonstigen Vorteile (Transportkostensparnis, Handelsspanne, Nebenproduktverwertung als Futter- oder Düngemittel) die Wirtschaftlichkeit einer Großmühle erreicht.

- Grundlagen und Anwendung

Das Konzept des pflanzenöлтаuglichen Dieselmotors bedeutet, auf konstruktive Weise die Motortechnik an einen gegebenen Kraftstoff anzupassen. Inzwischen arbeiten verschiedene Motorenhersteller, die vom BMFT gefördert wurden oder werden, an der Entwicklung moderner pflanzenöлтаuglicher Dieselmotoren. Entwicklungsziel ist der pflanzenöлтаugliche Dieselmotor, der sowohl mit Dieselkraftstoff als auch mit verschiedenen Pflanzenölen jeweils im Verbrauchsoptimum betrieben werden kann und die künftigen Abgasgrenzwerte erfüllt.

BMFT führt 1988/89 in Zusammenarbeit mit BML einen umfangreichen Prüfstandtest durch. Darauf aufbauend können sich möglicherweise weitere motortechnische Forschungsansätze ergeben. Sollten sich die pflanzenöлтаuglichen Motoren als relativ seriennah erweisen, kann auch im ersten Schritt an einen repräsentativen und wissenschaftlich begleiteten Praxistest gedacht werden.

Prüfung der Einsatzmöglichkeiten und Anforderungsprofile im technischen Sektor (Schmierstoffe, Hydraulikflüssigkeiten)

2.3 Wärme aus Biomasse

- Rohstoffbereitstellung

- = Fortführung der Vorhaben bei schnellwachsenden Baumarten
- = Fortführung der Vorhaben bei ein- und mehrjährigen Energiepflanzen einschließlich neuer Arten
- = Entwicklung kostengünstiger Ernteverfahren für schnellwachsende Baumarten und Energiepflanzen
- = Ertragssteigerung durch Züchtung, neue Anbaumethoden u.a.

- Grundlagen und Anwendung
 - = Entwicklung umweltfreundlicher und zugleich wirtschaftlich arbeitender Feuerungsanlagen
 - = Prüfung der Verfeuerungsmöglichkeiten in Großanlagen
 - = Förderung der Akzeptanz bei potentiellen Klein- und Großverbrauchern

III. Projektverzeichnisse

In den Projektverzeichnissen sind FuE- und Modellvorhaben von Bundesforschungsanstalten sowie anderen Forschungseinrichtungen aufgeführt. Die sehr umfangreichen, einschlägigen FuE-Maßnahmen der Bundesforschungsanstalten, die aus ihren Etatmitteln finanziert wurden bzw. werden, sind nicht mit aufgenommen.

1. Projektliste des BML (Stand Mai 1989)

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
<u>Zuckerstoffe</u>		
85 NR 002	Züchterische und anbautechnische Verbesserung an der Zuckerhirse als möglicher Rohstofflieferant (1985-88)	Kleinwanzlebener <u>Saatzucht, Einbeck</u> Seitzer, F./ Anderlei, J.
87 NR 018	Nährstoffaufnahme von Topinambur mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Kalium auf Ertrag und Inhaltsstoffe der Knollen (1987-89)	Landwirtschaftliche Forschungsanstalt Büntehof, <u>Hannover</u> Beringer, H.
87 NR 038	Zuckerhirse-Anbauversuche mit dem Pflanzverfahren zur Steigerung der Flächenproduktivität bei weitgehender Vermeidung von Bodenerosion, Nitratreintrag und Herbizidapplikation (1988-90)	Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau der Gesamt- <u>hochschule Kassel</u> Scheffer, K.
87 NR 043	Verfahren zur Ernte und Saftgewinnung von Zuckerhirse (1987-89)	Landtechnik Grube, <u>Brake</u> Grube, G.
87 NR 045	Dezentrale mechanische Verarbeitung von Zuckerhirse (1987-88)	Institut für Agrartechnik der Universität <u>Göttingen</u> Gunther Claus, H.
88 NR 006	Züchterische Verbesserung der Zuckerhirse als möglicher Rohstofflieferant (1989-91)	KWS Kleinwanzlebener Saatzucht, Institut für <u>Pflanzenzüchtung (GFP)</u> Brook, R. von / Anderlei

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
<u>Stärke</u>		
81 NR 035	Erschließung neuer Einsatzgebiete für die Nebenprodukte nachwachsender Rohstoffe (1982-86)	Inst. für Stärke- und Kartoffeltechnologie der BFA für Getreide- und Kartoffelverarbeitung Kempf, W.
81 NR 037	Haltbarmachung von Kartoffeln für die technische Stärkegewinnung (1983-87)	BFA für Getreide- und Kartoffelverarbeitung Detmold
85 NR 009	Züchtung leistungsstarker Kartoffelstärke- und Biomasse-Sorten mit hohem Krankheitsresistenzniveau (1987-90)	Nordkartoffel-Zuchtgesellschaft, Ebstorf Reitzig, D.
85 NR 015	Analyse der Wettbewerbsfähigkeit der Produktion von Stärketrägern und ihrer Verwendung im non-food-Bereich (1986-87)	Institut für Betriebswirtschaft der FAI Meinhold, K.
85 NR 017	Charakterisierung der Leguminosenstärke unter besonderer Berücksichtigung von Erbsen (1987-90)	Institut f. Stärke- und Kartoffeltechnologie der BFA für Getreide- und Kartoffelforschung Kempf, W.
85 NR 018	Anwendung von Weizenkleber in der Papierindustrie (1987-89)	Bergthaler, W. Inst. für Stärke- und Kartoffeltechnologie der BFA für Getreide- und Kartoffelverarbeitung Kempf, W.
87 NR 003	Aufbau von Basispopulationen mit hohem Amylosegehalt bei Erbsen (1987-90)	Institut f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAI Dambroth, M.
87 NR 008	Gewinnung von Erbsenstärke im Technikumsmaßstab (1987-89)	Inst. für Stärke- und Kartoffeltechnologie der BFA für Getreide- und Kartoffelforschung Kempf, W.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
87 NR 016	Preisbildung und Verwendung von Stärke im Nichtnahrungsbereich (1988-89)	Institut für landwirtschaftliche Marktforschung <u>FAL</u> Uhlmann, F.
87 NR 027	Aufbau einer genetisch breiten Ausgangspopulation für die Körnererbsenzüchtung unter besonderer Berücksichtigung von Resistenz- und Ertragsmerkmalen (1988-91)	Institut für angewandte Genetik der Freien Universität Berlin, GFP Odenbach, W.
87 NR 039	Ergänzende Untersuchungen zur Entwicklung von Methoden zur Bestimmung von Amylose (1987)	Institut für Organische Chemie und Biochemie der Universität Hamburg König, W.A.
87 NR 050	Untersuchungen zur Eignung von Tuberosum-Andigena Hybriden für die Züchtung von Stärkekartoffelsorten (1988-90)	Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der <u>FAL</u> Dambroth, M.
89 Nr 005	Untersuchung über den derzeitigen und künftigen Stärkeinsatz in der papiertechnischen Industrie (1989)	Papiertechn. Institut <u>München</u> Rebmann, G.
<u>Pflanzliche Öle</u>		
81 NR 032	Erstellung von Basispopulationen von zur Gewinnung von fetten Ölen geeigneten Pflanzenarten unter Berücksichtigung von Öllein, Leindotter und Mohn (1982-85)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der <u>FAL</u> Dambroth, M.
82 NR 004	Aufbau von Basispopulationen bei Erbsen, Lupinen u. Phaseolus-Bohnen mit hohen Kornerträgen zur Gewinnung von Chemiegrundstoffen wie Stärke, Eiweiß, Öl, Lecithin u.a. (1984-86)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der <u>FAL</u> Dambroth, M.
82 NR 005	Markchancen von Produkten aus Biomasse im Energie- u. Chemiemarkt mit besonderer Berücksichtigung der Produktlinien aus Ölen und Fetten sowie Lignocellulose; Teil I: Produktlinien aus Ölen und Fetten (1982-84)	Arbeitsgemeinschaft Nachw. Rohstoffe b.d. Verbindungsstelle <u>Landw.-Industrie e.V.</u> Schliephake, D.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
82 NR 006	Untersuchungen über die Erzeugung, Bewertung u. Züchtung von Cuphea-Arten zur Gewinnung von MCT-Samenölen (1983-85)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der Uni Göttingen</u> Roebbeln, G.
82 NR 007	Untersuchungen über die Erzeugbarkeit und Qualitätsbewertung von Pflanzenarten zur Gewinnung von Samenölen mit ungewöhnlichen Fettsäuren (1983-86)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der Uni Göttingen</u> Roebbeln, G.
82 NR 008	Selektion von Winterrapssorten für den besonderen Verwendungszweck Industrierohstoffe (1984-87)	Saatzucht-Abteilung für Forschung u. Entwicklung der Norddeutschen <u>Pflanzenzüchtung der GFP</u> Frauen, M.
83 NR 001	Euphorbia lathyris L. - Lieferant von Fettsäuren u. Kohlenwasserstoffen - Teil a) Züchterische Bearbeitung verschiedener Formen unter verschiedenen Anbaubedingun- gen (Standort, Anbau, Ernte) (1984-87)	Saatzucht-Abteilung für Forschung u. Entwicklung der Saat- zucht v. Borries <u>Eckendorf der GFP</u> Graf v.d.Schulenburg, H.
83 NR 002	Euphorbia lathyris L. - Lieferant von Fettsäuren u. Kohlenwasserstoffen - Teil b) Optimierung der Saatgutbereitstellung (1984-87)	Saatzucht-Abteilung für Forschung u. Entwicklung der Saat- zucht v. Borries <u>Eckendorf der GFP</u> Graf v.d. Schulenburg, H.
85 NR 008	Züchterische Entwicklung und Versuchsanbau von einheimischen Pflanzenarten zur Erzeugung von Samenölen für industrielle Verwendungszwecke (1986-89)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der Uni Göttingen</u> Roebbeln, G.
85 NR 010	Züchtung von erucasäurehaltigen Winterölrapsorten als nachwachsende Rohstoffe für die Industrienutzung (Beginn 1987-90)	Norddeutsche Pflanzen- <u>züchtung Lemke KG, Holtsee</u> Frauen, M.
87 NR 002	Untersuchungen über die Evaluierung von Sonnenblumengenotypen mit guter Kältetoleranz in Kombination mit Frühreife und hohem Ölgehalt unter	Sémundo Saat- zucht <u>Grund Schwalheim, GFP</u> Böhm, J.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
	besonderer Berücksichtigung des Ölsäureanteils (1987-90)	
87 NR 004	Entwicklung von erucasäurehaltigen und glucosinolfreien Winterraps-sorten zur Produktion von pflanzlichen Ölen als Rohstoff für den industriellen Bereich mit Hilfe der Mikrosporenkultur (1987-90)	Kartoffelzucht Böhm Zuchtstation Kaltenberg <u>GFP</u> Böhm, H.
87 NR 005	Entwicklung von kältetoleranten Populationen der Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i>) mit einem hohen Anteil Ölsäure am Gesamtfettgehalt in den Samen (1987-90)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der FAL, GFP</u> Dambroth, M.
87 NR 006	Züchtung von Senfformen zur Erzeugung erucasäurereicher Öle für industrielle Verwendung (1987-90)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der Uni Gießen, GFP</u> Friedt, W.
87 NR 007	Untersuchungen über die Eignung semidomestizierter Pflanzenarten, insbesondere aus der Familie der Doldenblütler (Umbelliferen), für Industriepflanzenbau (1987-90)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der FAL</u> Dambroth, M.
87 NR 009	Die Entwicklung von Ausgangsmaterial für die Züchtung von kokarzinogen-armen kreuzblättrigen Wolfsmilch-sorten ohne Keimruhe (1987-90)	W. von Borries-Eckendorf <u>OHG Leopoldshöhe, GFP</u> Graf v.d. Schulenburg, H.
87 NR 011	Ökonomische Analyse der Wettbewerbsfähigkeit der Produktion und Verwendung pflanzlicher Öle und Fette als nachwachsende Rohstoffe (1987-88)	Inst. für Betriebswirt- <u>schaft der FAL</u> Meinhold, K.
87 NR 012	Modifizierung und Veredelung von Fetten und anderen Lipiden mit Hilfe von Lipasen (1987-89)	<u>BFA für Fettforschung</u> Mukherjee, K. D.
87 NR 015	Preisbildung und Verwendung einheimischer Ölsaaten als Nahrungs- und Industriegrundstoffe (1987-89)	Inst. für landwirt- schaftliche Marktfor- <u>schung der FAL</u> Kersten, L.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
87 NR 017	Auswirkungen einer Düngung mit Rapspreßkuchen auf das Wachstum, den Ertrag und den Nährstoffentzug unterschiedlicher Kulturpflanzen (1987-89)	Inst. für Pflanzenernährung und Bodenkunde <u>der FAL</u> Sauerbeck, D.
87 NR 024	Schaffung von Genotypen mit hohem Korn- und Ölertrag sowie ertrags-sichernden Eigenschaften und deren Einsatz für gezielte Kreuzungs-zwecke sowie ein Selektionsprogramm bei Öllein mit dem Ziel hoher Flächen-erträge, um eine wettbewerbs-fähige Produktion in der Bundesre-publik Deutschland zu erlangen (1987-90)	Deutsche Saatveredelung <u>Lippstadt-Bremen, GFP</u> Lütke-Entrup, E.
87 NR 025	Züchtung ertragreicher Genotypen des Lein (<i>Linum usitatissimum</i>) mit verbesserter Samenqualität als Industrierohstoff (1988-91)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der Uni Gießen, GFP</u> Friedt, W.
87 NR 026	Die Ertragsphysiologie von Lein (<i>Linum usitatissimum</i>) mit ver-besserter Samenqualität als In-dustrierohstoff (1988-90)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der Uni Kiel, GFP</u> Geisler, G./ Diepenbrock, W.
87 NR 037	Genetische Analysen über die Ver-erbung von Ertragsmerkmalen nach Kreuzungen verschiedener Koriander-formen (1987-90)	Saatzucht v. Borries-Eckendorf, Leopolds-höhe, GFP Graf v.d. Schulenburg, H.
87 NR 040	Analyse und Bewertung von Kori-anderkuchen für Futterzwecke (1987-88)	Inst. für Tierernährung <u>der FAL</u> Rohr, K.
87 NR 046	Entwicklung von Ausgangsmaterial mit niedrigerem Gehalt an Indolyl-Glucosinolaten für die Körnerraps-züchtung und Erarbeitung einer Schnellmethode für deren Bestimmung (1988-90)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der Uni Göttingen, GFP</u> Thies
87 NR 047	Untersuchungen zur Nutzung ertrags-physiologischer Merkmale als in-direkte Selektionskriterien für den Samenertrag von Winterraps	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der Uni Kiel, GFP</u> Geisler, G.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
	(1988-90)	
88 NR 004	Abpressen von Öl, technische und logistische Verfahrensoptimierung (1989-91)	Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik, Abt. Agrotechnik, Quakenbrück Jansen, H. D.
89 NR 004	Untersuchung von Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung von Samenölerträgen (1989-92)	Insitut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der <u>FAL</u> Dambroth, M.
89 NR 008	Wettbewerbsverhältnisse und Marktpotential für natürliche Öle und Fette als Synthesegrundstoff	Institut für landw. Marktforschung der <u>FAL</u> Buchholz, H.E.
	Modellvorhaben	
	Modellartiger Anbau von Euphorbia lathyris für den zukünftigen Großflächenanbau in der Bundesrepublik Deutschland (1986-89)	Frhr. v. Rotenhan'sche <u>Guts- und Forstverwaltung</u> KTBL, Dohne, E.
	Züchterische Verbesserung verschiedener Ölpflanzen zur Erzeugung industrieller Rohstoffe (Ringversuch Ölpflanzen) (1987-89)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der <u>FAL GFP</u> Dambroth, M.
	Modellvorhaben Ölleinbau (1987-88)	Saatzucht-Treuhand- <u>Gesellschaft, Bonn</u> Baudisch, H.
	Verwertung von Ölleinstroh als Mulchmaterial im Landschafts- und Zierpflanzenbau (1988-89)	LWK Rheinland <u>BDP Bonn</u> Niepenberg, Baudisch, H
	Modellvorhaben eucrasäurehaltiger Raps (1988-91)	Landvolkverband <u>Gifhorn</u> Niebuhr

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
<u>Pflanzenfasern</u>		
85 NR 011	Vereinfachung der Verfahren zur Ernte und Zwischenaufbereitung von Faserlein (1986-88)	Inst. für Technologie der FAL Dernedde, W.
85 NR 013	Analyse der Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Faserlein in der Bundesrepublik Deutschland (1987-89)	Inst. für Betriebswirtschaft der FAL Meinhold, K.
87 NR 042	Versuche über die wirtschaftliche Weiterverarbeitung von Flachs- schäben mit Hilfe des Strangpreß- verfahrens nach System Heggen- staller (1988)	Fa. Heggenstaller Unterbernbach Heggenstaller, A.
87 NR 048	Erprobung eines grundlegend neuen Konzepts zur Faserflachsernte in einem Arbeitsgang (1987-88)	Inst. für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel Isensee, E.
84 HS 049	Der Flachs, sein Markt, seine Aufbereitung und Verarbeitung (1984-85)	Fachgebiet Chemie, Textil- technik u. Marketing des Technischen Ber- atungsdienstes an der Fachschule für Technik u. Wirtschaft, Reutlingen Wurster, J.
85 HS 022	Entwicklung eines wirtschaftlichen Verfahrens zum Stengel- und Faser- aufschluß sowie zur Stengel- und Faseraufbereitung (1985-87)	Fachbereich Chemie und Textiltechnik der FH Reutlingen Wurster, J.
Modellvorhaben		
	Hochtemperatur-Aufschluß von Grün- flachs zur Erzeugung von Kurzfa- sern im industriellen Maßstab (1988-91)	Pfeifer & Langen Wurster, J.
	Tensid-Aufschluß von Grünflachs zur Gewinnung von Langfaser im in- dustriellen Maßstab (1988-90)	Füssener Textil AG Wurster, J.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
<u>Holz</u>		
81 NR 004	Entwicklung rationeller Verfahren zur Aufarbeitung, zum Transport und zur Lagerung von Waldrestholz (1982-83)	BFA für Forst- und Holz- <u>wirtschaft</u> Wippermann, H.-J.
81 NR 005	Wirtschaftliche Kriterien zur Bewertung von optimierten Verfahren der Produktion, Nutzung und Verarbeitung von Holz als Energieträger und Chemierohstoff (1982-85)	BFA für Forst- und Holz- <u>wirtschaft</u> Bruening, E.F.
81 NR 006	Umwandlung lignocellulosischer Roh- und Reststoffe in flüssige Produkte durch thermische Druckbehandlung (1982-85)	BFA für Forst- und Holz- <u>wirtschaft</u> Faix, O.
81 NR 034	Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb zur Energiegewinnung (1982-86)	Forschungsinstitut für schnellwachsende Baum- <u>arten, Hann. Münden</u> Weisgerber, H.
81 NR 043	Vergleichende Erhebung und Beurteilung der Holzernteverfahren in der Forstwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland (1982-85)	Kuratorium für Wald- arbeit u. Forsttechnik <u>e.V. (KWF)</u>
82 NR 002	Enzymatischer Aufschluß von Holz (Lignocellulose) und Transformation von Holzaufschlußprodukten (1982-86)	Forstbotanisches Insti- <u>tut der Uni Göttingen</u> Huettermann, A.
82 NR 005	Marktchancen von Produkten aus Biomasse im Energie- und Chemiemarkt, mit besonderer Berücksichtigung der Produktlinien aus Ölen und Fetten sowie Lignocellulose; Teil II: Lignocellulose (1982-84)	Arbeitsgemeinschaft Nachw. Rohstoffe b.d. Verbindungsstelle <u>Landw.-Industrie e.V.</u> Schliephake, D.
85 NR 006	Rohholzaufkommen - EG (1986-88)	Ordinariat für Welt- forstwirtschaft der <u>Uni Hamburg</u> Brüning, R.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
86 NR 002	Umwandlung lignocellulosischer Roh- und Reststoffe in flüssige Produkte durch thermische Druckbehandlung (1987-89)	BFA für Forst- und Holz- wirtschaft Faix, O.
86 NR 003	Enzymatische Konversion und Solubilisierung von Lignin (1986-90)	Forstbotanisches Insti- tut der Uni Göttingen Huettermann, A.
86 NR 004	Technisch-wirtschaftliche Bestimmungsfaktoren des Fasereinsatzes in der deutschen Papierindustrie und die Konsequenzen für den nachwachsenden Rohstoff Holz (1987-88)	Ifo-Institut für Wirt- schaftsforschung, München Grefermann, K.
87 NR 013	Verwertung von Hemicellulosen durch chemische Umwandlung in Furfural und Lävulinsäure (1987-90)	Inst. f. Holzchemie u. chem. Technologie d. Hol- zes der BA f. Forst- u. Holzwirtschaft Nimz, H.
87 NR 022	Hybridaspfen für den Anbau in Schnellwuchsplantagen als alternative Nutzung für landwirtschaftliche Flächen: Entwicklung einer Massenvermehrungsmethode mit Zellkulturtechniken für Hybridaspfenklone (1987-89)	Institut für Forstgene- tik und Forstpflanzen- züchtung der BFH Hamburg Ahuja, M.R.
87 HS 023	Analyse und Quantifizierung der Holzverwendung im Bauwesen (1988-90)	Forstwissenschaftl. Fa- kultät der Uni München Institut für Holzfor- schung (DGFH) Kroth/Schulz, H.
87 HS 040	Untersuchung über die Einsatzmöglichkeiten von Druckschliff aus schnellwachsenden Hölzern in der Papierindustrie (1988-90)	Papiertechnisches Institut (PTI) der PTS München Großmann, H.

Modellvorhaben

Anlage forstlicher Schnellwuchs- bzw. Baumplantagen mit kürzeren Umtriebszeiten-Canstein (1985-95)

Forschungsinstitut für schnellwachsende Baum-
arten, Hann.-Münden
Weiserger, H.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
<u>Heil- und Gewürzpflanzen</u>		
88 NR 002	Technik und Verfahren für die Ernte von Medizinalpflanzen und Biorohstoffen (1989-91)	Institut für Landtechnik <u>der Universität Gießen</u> Eichhorn, H.
88 NR 007	Untersuchungen über die Möglichkeiten eines feldmäßigen Anbaus von Knöterich-Arten mit fungiziden und insektiziden Eigenschaften und Entwicklung von Anbau-, Pflege-, Ernte- und Aufbereitungsverfahren (1989-90)	BBA - Institut für biologische Schädlings- <u>bekämpfung, Darmstadt</u> Klingauf
<u>Bioethanol als Motorkraftstoff</u>		
80 UM 014	Ethanol- und Biomassegewinnung aus Abfallprodukten der Zuckerherstellung (1980-82)	Frankenzucker AG, <u>Ochsenfurt, TU München</u> Kammerer, F.X./Drawert
81 NR 019	Vergleichende Analyse der Wirtschaftlichkeit der Erzeugung von Ethanol, Methanol, Butanol-Aceton aus nachw. Rohstoffen (1982-85)	Inst. für Betriebs- <u>wirtschaft der FAL</u> Meinhold, K.
81 NR 024	Absatzpotential für Energie aus Biomasse (1982-85)	Inst. f. ldw. Markt- <u>forschung der FAL</u> v. Bremen, L.
81 NR 030	Erstellung von Basispopulationen von zur Ethanolgewinnung geeigneten stärkehaltigen sowie zuckerhaltigen Pflanzenarten, die bisher nicht zur Alkohol-Erzeugung benutzt werden (1982-85)	Inst.f.Pflanzenbau u. <u>Pflanzenzüchtung FAL</u> Dambroth, M.
81 NR 040	Differenzierte Standortanalyse der Wettbewerbsfähigkeit d. Ethanol-erzeugung aus nachw. Rohstoffen mit komparativen Standortvorteilen (1983-85)	Inst. f. Betriebs- <u>wirtschaft der FAL</u> Meinhold, K.
81 NR 042	Untersuchungen zur Eignung von <i>Daucus carota</i> L. und <i>Helianthus tuberosus</i> L. als nachwachsende Rohstoffe	Inst. für Angewandte <u>Genetik, Uni Hannover</u> Wricke, G.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
	(1983-89)	
81 NR 044	Untersuchungen zum Energiebedarf der Ethanolherzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen (1982-88)	Versuchs- u. Lehranstalt f. Spiritusfabrikation u. Fermentationstechnologie in Berlin (VLSF) Misselhorn, K.
81 NR 047	Produktionsverfahren der Biomassegewinnung (1982-85)	Inst.f.Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung FAI Dambroth, M.
82 NR 001	Züchtung einer Beta-Rübe mit hohem Biomasse-Ertrag, insbesondere Zuckerertrag (1983-86)	Inst.f.Pflanzenzüchtung der KWS Burba, M.
82 NR 005	Markenchancen von Produkten aus Biomasse im Energie- u. Chemiemarkt mit besonderer Berücksichtigung der Produktlinien aus Ölen und Fetten sowie Lignocellulose; Produktlinie Alkohol: Zum Kraftstoffmarkt in der Bundesrepublik, seiner möglichen Entwicklung u. der Bedeutung sauerstoffhaltiger Komponenten im Zusammenhang mit d. Herstellung bleifreien Benzins (1982-83)	Arbeitsgemeinschaft Nachw. Rohstoffe b.d. Verbindungsstelle Landw.-Industrie e.V. Schliephake, D.
82 NR 009	Erstellung von Ausgangsmaterial aus dihaploiden Kartoffelpopulationen für die Züchtung von hochertragsreichen u. stärkehaltigen Kartoffelsorten für leichte Böden, die für die Ethanolgewinnung geeignet sind (1984-87)	Pflanzenzücht SakaGhR Zuchtstation Windeby der GFP von Kameke, K.
83 NR 003	Entwicklung eines Verfahrens zur Umsetzung von Agraralkohol zu Ethyl-tert.-butyl-ether (ETBE) als hochoktanige Kraftstoffkomponente (1984-85)	VEBA OEL AG Bruderreck, H.
85 NR 001	Untersuchung über die Möglichkeiten der Kostensenkung bei der Verbundproduktion von Zucker und Ethanol auf der Basis von Zuckerrüben (1985-87)	Inst.f.landw. Technologie u. Zuckerindustrie der TU Braunschweig Austmeyer, K.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
85 NR 004	Methangewinnung aus pflanzlichen Biomassen und festen Rest- und Abfallstoffen aus Landwirtschaft und Agrarindustrie im 2-Stufen-Verfahren (1986-88)	Inst. für Grünland- u. Futterpflanzen- <u>forschung der FAL</u> Zimmer, E./Kuentzel, U.
85 NR 019	Untersuchung über die Möglichkeiten der Kostensenkung bei der Verbundproduktion von Zucker und Ethanol auf der Basis von Zuckerrüben und Getreide (1986-87)	Inst.f. landw. Technologie u. Zuckerindustrie <u>der TU Braunschweig</u> Austmeyer, K.
87 NR 010	Entwicklung eines Feststoff-Fermentationsprozesses zur Herstellung von Ethanol aus Zuckerrüben und anderen zuckerhaltigen Früchten (1987-90)	Inst. für Technologie <u>der FAL</u> Weiland, P.
87 NR 044	Entwicklung und Optimierung eines Verfahrens zur Biomethanisierung fester und halbfester Reststoffe aus der Ernte und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe (1988-90)	Institut für Technologie <u>der FAL</u> Weiland, P.
81 UM 023	Projekt zur Weiterentwicklung und Optimierung einer umweltfreundlichen und energiesparenden Ethanolproduktion aus nachwachsenden einheimischen Rohstoffen (1983-89)	Deutsche Agraralkohol- versuchsanlage GmbH <u>Ahausen-Eversen</u> Burlage
81 UM 023	Projektbegleitende pflanzenbauliche Untersuchungen zur umweltverträglichen, kontinuierlichen und kostengünstigen Bereitstellung von nachw. Rohstoffen. (1983-90)	Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung <u>der FAL</u> Dambroth, M.
81 UM 023	Gewinnung von Biogas und festen Wertstoffen aus Rückständen der Alkoholdestillation und pflanzlichen Zuschlagstoffen (1983-89)	Inst. für Technologie der FAL <u>Baader, W.</u>
81 UM 023	Thermische Linie zur Verwertung und Entsorgung von Schlempen aus Alkoholanlagen im ganzjährigen Vielstoffbetrieb (1983-90)	Inst. für Landtechnische Grundlagenforschung <u>der FAL</u> Batel, W.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
81 UM 023	Wirtschaftliche Optimierung der Produktionstechniken von Ethanol aus nachw. Rohstoffen (1983-88)	Inst. für Betriebswirtschaft der FAL Meinhold, K.
81 UM 023	Biologische Kenndaten für Schlempe/ Pflanzenstoffgemische bei der Biogasgewinnung (1983-86)	Inst. für Grünland- u. Futterpflanzenforschung der FAL Zimmer, E.
81 UM 023	Entwicklung einer Feuchtkonservierung u. Nährwertbestimmung v. Schlempen u. Pülpn aus der Ethanolproduktion als Futtermittel (1986-88)	Institut f. Grünland- u. Futterpflanzenforschung der FAL Zimmer, E.
81 UM 023	Verhalten von Spurenkomponenten bei der destillativen Reinigung von Agraralkohol und deren Einfluß auf den Energiebedarf (1983-86)	Versuchs- und Lehranstalt f. Spiritusfabrikation u. Fermentationstechnologie, Berlin Misselhorn, K.
81 UM 023	Statische Messung von Aktivitätskoeffizienten v. Gärungsnebenprodukten z. wirtschaftlichen Optimierung der destillativen Reinigung von Agraralkohol (1987-90)	Versuchs- u. Lehranstalt f. Spiritusfabrikation u. Fermentationstechnologie Berlin Misselhorn, K.
81 UM 023	Verdaulichkeit, Nährwert und Akzeptanz von Schlempen und Pülpn aus der Ethanolproduktion bei Wiederkäuern (1986-87)	Inst. f. Tierernährung der FAL Oslage, H.
81 UM 023	Erstellung von Stoff- und Energiebilanzen als Voraussetzung zur Optimierung von Alkoholanlagen für einen Mehrstoffbetrieb. Untersuchungen zur thermischen Behandlung bzw. Konservierung von Neben- und Reststoffen, Optimierung der Hackfruchtlinie (1986-88)	Institut für landtechnische Grundlagenforschung der FAL Batel, W
87 UM 007	Erstellung einer neuen Brennereianlage mit einem Schlemperecyclingverfahren in einem kontinuierlichen Maischverfahren (1987-1989)	Wenning, J., Rhede

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
Modellvorhaben		
	Entwicklung einer neuen Anbau-Konzeption für hochertragreiche Kartoffeln zur Erzeugung von Stärke und/oder Ethanol (1986-90)	Nordkartoffel-Zuchtgesellschaft m.bH. <u>Ebstorf</u> Hülsmann, G.
	Modellartiger größerflächiger Anbau von Topinambur für den zukünftigen Anbau in der Bundesrepublik Deutschland (1986-89)	Rotenburger Agrar-Bio-Energie GmbH (RABE), <u>Rotenburg/Wümme</u> Kuratorium für Technik u. Bauwesen i.d. Landwirtschaft e.V., <u>Darmstadt</u> , Dohne, E.
	EUROSUPER - Erprobung eines ethanolhaltigen Otto-Kraftstoffs im Straßenverkehr (1984-86)	<u>TÜV Rheinland</u> Quadflieg, H.

Pflanzenöle als Kraftstoffe, Hydraulikflüssigkeiten und Schmierstoffe

88 NR 003	Niedertemperaturkonvertierung von landwirtschaftlichen Roh-, Rest- und Abfallstoffen zu technischen Fettsäuren, Öl und Kohle (1988-89)	Institut für Organische Chemie der Universität <u>Tübingen</u> Bayer, E.
88 NR 004	Abpressen von Öl, technische und logistische Verfahrensoptimierung (1989-91)	Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik, Abt. , Agrotechnik, Quaken- <u>brück</u> Jansen, H. D.
89 NR 003	Entwicklung und Untersuchung einer umweltfreundlichen Hydraulikflüssigkeit auf Rapsölbasis (1988-92)	Institut f. hydraul. und pneumatische Antriebe der RWTH <u>Aachen</u> Backé, W.

Wärme aus Biomasse

79 UM 016	Erweiterung einer Dunganlage zur Biogasanlage (1979-82)	G.von Reden-Lütcken, Bad Liebenzell-Mött- <u>lingen</u> v. Reden-Lütcken, G./ Dohne / Maurer
-----------	---	--

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
79 UM 018	Biogasanlage unter Verwendung eines vorhandenen Güllebehälters (1979-82)	<u>M. Wallner, Gilching</u> Wallner, M./Perwanger, A.
79 UM 021	Biogasanlage unter Verwendung eines gebrauchten Heizöltanks (1979-82)	<u>W. Freitag, Twistetal-Berndorf</u> Freitag, W./Onken/Dohn
79 UM 128	Biogasanlage für einen landwirtschaftlichen Betrieb mit Rinder- und Schweinehaltung (1979-82)	<u>H. Westkämper, Paderborn-Sande</u> Westkämper, Heinz u. Hubert
80 UM 010	Biogasanlage nach dem System BIMA (1980-83)	<u>M. Heindl, Altenmarkt</u> Heindl, M./Perwanger, A.
80 UM 012	Bau einer Biogasanlage unter Verwendung von Holzbehältern mit zusätzlicher Nutzung von Sonnenenergie (1980-83)	<u>J. Stadtler, Oberfischbach</u> Stadtler, J./Perwanger, A.
81 NR 046	Mikrobiologische Untersuchungen zur Konservierung und nachfolgenden Methanproduktion bei ausschließlicher oder überwiegender Vergärung von pflanzlicher Biomasse (1982-85)	<u>Inst. für Grünland- und Futterpflanzenforschung der FAL</u> Zimmer, E./Kuentzel, U.
81 UM 013	Anaerobe Flüssigmistbehandlung und innerbetriebliche Biogasverwertung (1982-83)	<u>A. Lichtner, Bruchsal</u> Lichtner, A./Maurer, K.
81 UM 024	Biogasanlage mit pneumatischer Auf-rührung (1981-83)	<u>Abtei Münster-Schwarzach</u> Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Weißenstephan
81 UM 029	Biogasanlage im landwirtschaftlichen Schweinemastbetrieb mit Abfallfütterung (1981-83)	<u>O. Fuchs, Krombach</u> Fuchs, O./Dohne
81 UM 034	Biogasanlage, kombiniert mit Stallneubau (1982-84)	<u>Strom (Standort)</u> Hochschule Bremerhaven

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
83 UM 012	Bessere Gasausnutzung bei einer vorhandenen Biogasanlage (1983-84)	<u>Adam Reinhardt</u> Reinhardt, A./Schulz
83 UM 019	Biogaserzeugung im Güllespeicher (1984-86)	<u>Böhm, Tittling</u> Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan
86 UM 007	Zentrale anaerobe Güllebehandlung Wietzen (1979-90)	<u>Wietzen (Standort)</u>
83 HS 023	Biogaserzeugung im Güllespeicher (1984-86)	<u>Kaspar Böhm, Tittling</u> Böhm/Perwanger
79 UM 019	Entwicklung und Erprobung eines automatischen Beschickungssystems für Holz- und Strohverbrennungsöfen (1979-82)	<u>H.Ch. Heilmann, Buchloe</u> Heilmann, H.Ch./ Strehler, A.
79 UM 026	Energiegewinnung aus Holz, Stroh und Sonne in Verbindung mit einer bestehenden Ölzentralheizung (1979-82)	<u>F. Weber, Dornhaslbach</u> Weber, F./Strehler, A.
79 UM 039	Energiegewinnung aus Reststroh über Großballenkette und Einblasefeuerung (1979-83)	<u>J. Selmayr, Hallbergmoos</u> Selmayr, J./Strehler, A.
79 UM 040	Automatische Untersuchungsfeuerung für Holzhackschnitzel (1979-82)	<u>J. Pöttinger, Siegbertsbrunn</u> Pöttinger, J./Strehler, A.
79 UM 045	Abfallholz als Energiequelle für Heizung und Trocknung (1979-82)	<u>G. Nold, Ast</u> Nold, G./Strehler, A.
79 UM 068	Voruntersuchung über Ernte und Aufbereitung von schwachem Waldholz als Rohstoff für eine zentrale Energieversorgungsanlage der Verbandsgemeinde Emmelshausen (1979-81)	<u>Verbandsgemeindeverwaltung Emmelshausen</u> Löffler
79 UM 079	Einsatz biologischer und regenerativer Energiequellen zur Farm- und Gebäudeheizung (1979-83)	<u>Rheinische-Waren-Zentrale e.G., Euskirchen-Palmersheim</u> Rheinische-Waren-Zen-

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
		trale e.G. / Cremer
79 UM 137	Gewächshausheizung durch Strohverbrennung (1980-82)	<u>H. Trübenbach, Birkenbach</u> Trübenbach, H./ Brenndörfer
80 UM 001	Erprobung einer Einblasefeuerungsanlage für Strohmehl (1980-82)	<u>K. von Lenthe, Gehrden</u> Lenthe, K. von/Strehler, A.
80 UM 003	Erprobung einer Strohheizungsanlage mit kontinuierlicher Beschickung (1980-82)	<u>K. Volckens, Neustadt/Holstein</u> Volckens, K./Strehler, A.
80 UM 011	Entwicklung von Holzbriketts zur umweltfreundlichen Energiegewinnung (1980-83)	<u>Fa. Klebing, Aschaffenburg</u> Klebing/Strehler
80 UM 029	Rindenverbrennungsanlage (1981-83)	<u>Hornitex-Werke Gebr. Künnemeyer GmbH u. Co. KG</u> Brinkmann/Marntzky
81 UM 004	Wärmerückgewinnung aus fermentiertem Stroh (1981-83)	<u>Biowärme-Gesellschaft, Handewitt</u> Biowärme-Gesellschaft/ Isensee, E.
82 UM 005	Handbeschicktes Strohfeuerungs-system mit Unterbrand (1982-83)	<u>A.Kitzinger, Oberzeitldorn</u> Kitzinger, A./Strehler, A.
82 UM 009	Hackschnitzelfeuerungsanlage zur Gewächshausheizung im Gemüsebau (1982-83)	<u>E.Buck, Torkenweiler</u> Buck, E./Gemsa, P.
82 UM 016	Bau einer Strohverbrennungsanlage (1982-83)	<u>H. Fellner, Hirschau</u> Fellner, H./Strehler, A.
83 UM 002	Umrüstung einer Ölheizung auf Holzvergaserheizung (1983-84)	<u>Franz Hingerl</u> Hingerl, F./Strehler, A.
83 UM 005	Kopo-Holzfeuerungsanlage (1983-84)	<u>Alois Hirl</u> Strehler, A.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
83 UM 008	Hackschnitzelvorofenfeuerung an einem bestehenden Ölkessel (1983-85)	<u>Rolf Otterbach</u> Otterbach, R./Heins, F.
83 UM 010	Energiesparheizanlage (1983-85)	<u>Karl Kappler</u> Kappler, K./Heins, F.
83 UM 017	Unterbrandkessel für Strohballen mit ausgemauerter Primär- und Sekundärbrennkammer (1984-85)	<u>Thomas Loibl</u> Loibl, T./Strehler, A.
85 UM 001	Verbrennung von Abfällen nach dem JÜL-Gasverfahren (1985-87)	<u>Renate Weber, Gartenbaubetrieb Aufdermauer-Weber</u> Weber, R./Mattek (KFA Jülich)
85 UM 005	Vorofenfeuerung für Grobhackschnitzel (1985-87)	<u>Künzelsau (Standort)</u> Kraus, U., Landtechnik Weihenstephan
85 UM 007	Wasserummantelter Vorofen zur Verbrennung von Häckselstroh und Holzhackschnitzel (1985-87)	<u>F.W. Frhr. v. Rotenhan</u> v. Rotenhan, F.W./Kraus
85 UM 009	Schieberostkessel für eine breite Palette von Festbrennstoffen (1985-86)	<u>Heinrich Degen</u> Degen, H./Hege
85 UM 017	Automatische Strohfeuerungsanlage mit Drehrost (1986-87)	<u>Josef Burger</u> Burger, J./Kraus
85 UM 018	Strohheizkessel mit automatischer Beschickung für aufgelöste HD-Ballen (1986-88)	<u>Gerhard Dieckmann, Holtdorf</u> Dieckmann, G./Kraus
85 UM 019	Vorofenfeuerung mit Schubrost für die Rapsstrohverbrennung (1986-88)	<u>Erich Romsteck, Kersbach</u> Romsteck, G./Kraus
87 UM 004	Erprobung der energetischen Nutzung von landwirtschaftlichen Einjahrespflanzen (1987-89)	<u>Fa. Petry, Neumarkt</u> Hollfelder, P.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
88 NR 003	Niedertemperaturkonvertierung von landwirtschaftlichen Roh-, Rest- und Abfallstoffen zu technischen Fettsäuren, Öl und Kohle (1989-90)	Institut f. organ. Chemie <u>der Uni Tübingen</u> Bayer, E.
	Modellvorhaben	
	Umstellung auf ökologische Energiepflanzenproduktion (1988/89-1990/91)	Gesellschaft zur Förderung der <u>Agrarenergie</u> Deß, H.
<u>Gesamtbetrachtungen</u>		
81 NR 039	Abschätzung von Angebotspotentialen, Beschäftigungseffekten der Ethanolherzeugung und deren Wirkung auf das Nahrungsmittelangebot sowie Wertung von Politikmaßnahmen zur Förderung der Produktion nachw. Rohstoffe (1982-85)	Inst. f. Betriebswirtschaft der <u>FAL</u> Meinhold, K.
81 NR 048	Systemanalytische Untersuchung zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe (1982-83)	Dornier-System GmbH <u>Friedrichshafen</u> Schnell
85 NR 014	Auswirkung der Produktion nachwachsender Rohstoffe auf das Nahrungsmittelangebot sowie Wertung von Politikmaßnahmen zur Förderung nachwachsender Rohstoffe (1986-87)	Inst. für Betriebswirtschaft der <u>FAL</u> Meinhold, K.
85 HS 042	Funktionen und Leistungen der Land- und Forstwirtschaft über die Nahrungsmittel- und Holzproduktion hinaus (Vorstudie) (1985-86)	Abt. Agrarwirtschaft und Agrarpolitik des <u>If-Instituts, München</u> Loesch
87 NR 041	Ersatz von synthetischen Produkten durch umweltfreundliche Naturgrundstoffe - Teil 1: Erfassung und Bewertung von natürlichen Wirkstoffen, Substitutionsmöglichkeiten (1988-90)	Lehrstuhl für Ökologische Chemie der <u>TU München-Weihenstephan</u> Korte, F.

Projekt-Nr.	Thema	<u>Ausführende Stelle</u> Projektleiter
87 NR 049	Untersuchungen zur Virusresistenz bzw. Virusanfälligkeit von Kulturpflanzen, die als Anbaualternative bzw. als Industriepflanzen empfohlen werden, um den Züchtern bei der Selektion von tolerantem oder resistentem Material zu helfen (1988-90)	Institut für Viruskrankheiten der Pflanzen <u>der BBA</u> Weidemann / Casper
87 NR 053	Ersatz von synthetischen Produkten durch umweltfreundliche Naturgrundstoffe - Teil 2: Erfassung und Bewertung von synthetischen Wirkstoffen (1989-91)	Institut für wassergefährdende Stoffe an der <u>TU Berlin</u> Lühr, H.-P.
88 HS 013	Die neue Biotechnologie: Technologische Trends und soziale Folgen ihrer industriellen Anwendung für die Agrarwirtschaft (1988-89)	Landesinstitut Sozialforschungsstelle <u>Dortmund</u> Ammon, U.
89 NR 006 89 NR 007	Ökologische und ökonomische Bewertung von Umweltwirkungen der Produktion und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe	Inst. f. Betriebswirtschaft <u>der FAL</u> Neander, E. Lehrstuhl f. Landschafts- <u>ökologie der TU Münche</u> Haber

2. Projektliste des BMFT (Stand Februar 1989)

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
<u>Zuckerstoffe</u>		
03 8548	Thermophiler Biokatalysator zur Hydrolyse der Raffinose bei der Rübenzucker-gewinnung (1983-87)	Boehringer Mannheim GmbH, Tutzing
03 8619	Reaktionstechnische Untersuchungen zur anaeroben Fermentation von Rübenschnitzeln und Isolierung und Analyse von hochmolekularen Produkten (1985-86)	Inst. f. landwirtschaftliche Technologie u. Zuckerindustrie der TU Braunschweig
<u>Stärke</u>		
03 C 141	Olefinpolymerisation in Gegenwart von Stärke und anderen Füllstoffen in der Wirbelschicht mit löslichen Ziegler-Katalysatoren (1982-84)	Inst. f. Anorganische u. Angewandte Chemie der Uni Hamburg
03 8583	Gewinnung von Essigsäure mittels anaerober Homoacetat-Vergärung von Stärkehydrolysaten (1984-87)	Pfeifer & Langen, Dormagen
03 8656	Fermentative Aufbereitung von Nebenprodukten und hochbelasteten Abwässern aus der Kartoffel- und Weizenstärkeproduktion mittels eines Blasen-säulenreaktors (1984-86)	Emsland Stärke GmbH, Emlichheim
03 8772	Ausbau einer entwickelten Anlage zum Aufschluß und zur Vergärung von stärkehaltigen Rohstoffen für Mischsubstrate mit Wärmerückgewinnung und Vakuumdestillation (1986-87)	Inst. f. Lebensmitteltechnologie u. Analytische Chemie der TU München

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
<u>Kohlenhydrate, Polysaccharidchemie</u>		
03 C 069	Vinylcitrate aus Citronensäure als neue Monomere (1980-82)	Bayer AG, Leverkusen
03 C 073	Verwertung von Poly- β -hydroxy-buttersäure (1979-82)	Bayer AG, Leverkusen
03 C 075	Polykondensate auf Basis nachwachsender Rohstoffe (1980-83)	Bayer AG, Leverkusen
03 C 143	N-Heterocyclen aus Kohlenhydraten (1982-84)	Bayer AG, Leverkusen
03 8409	Entwicklung enzymatischer und mikrobieller Verfahren zur Aminosäure-Synthese (1982-88)	Degussa AG
03 8425	Optimierung von Zellkulturen zur Naturstoffgewinnung und Entwicklung von Bioreaktortechnologien für pflanzliche Zellkulturen (1982-86)	Pharm. Inst./ Pharm. Biologie der Uni Tübingen
03 8504	Entwicklung eines kontinuierlichen Verfahrens zur Herstellung von Butanol und Aceton aus kohlenhydrathaltigen Substraten (1983-85)	Inst. f. Mikrobiologie der Uni Göttingen
03 8625	Anaerobe Fermentationen, Fermentationsrohstoffe und -produkte (1985-87)	Inst. f. Mikrobiologie der Uni Göttingen
03 8626	Forschungsverbund anaerobe Fermentationen. Teilprojekt Fermentative Herstellung von Butandiol - 2,3 (1985-87)	Hüls AG, Marl

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 8629	Methodenentwicklung zur biotechnologischen Nutzung von pflanzlichen Zellkulturen im technischen Maßstab (1985-89)	BAT Cigarettenfabriken GmbH, Hamburg
03 8654	Pflanzenzellkulturen (PZK) zur Auffindung neuer therapeutisch relevanter Naturstoffe und deren Gewinnung durch Fermentationsprozesse (1985-88)	A. Nattermann & GmbH, Köln
03 8659	Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften bei Xanthan und neuartigen mikrobiellen Polysacchariden (1985-87)	Henkel KG aA, Düsseldorf
03 8660	Begasen von W/O-Emulsionen (Xanthan-Fermentation) (1985-87)	Ekato Rühr- und Mischtechnik GmbH, Schopfheim
03 8684	Forschungsverbund Anaerobe Fermentation. Teilprodukt 3: Abfallkohlenhydrate als Fermentationsrohstoffe (1985-87)	Kali Chemie AG, Sparte Bioprodukte, Hannover
03 8807	Extracelluläre Polyssaccharide - Biosynthese, Charakterisierung und Prozeßtechnik (1985-89)	Technische Uni Braunschweig
031 8705 A	Entwicklung eines Fermentationsverfahrens zur Herstellung von Xanthan aus Apfelmelasse (1985-87)	Pektin-Fabrik Hermann Herbstreith KG
031 8844 A	Entwicklung eines großtechnisch durchführbaren Fermentations- und Aufbereitungsverfahrens für Glucane zur tertiären Erdölförderung (1986-89)	BASF AG

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
031 9026 A	Entwicklung eines umweltentlastenden Komplexbildners mit Bestandteilen nachwachsender Rohstoffe (1988-90)	Chemische Fabrik Tübingen R. Beitlich GmbH & Co.
<u>Verbundprojekt Polysaccharid-Forschung</u>		
031 9088 A	1.1: Charakterisierung von Polysacchariden (1988-91)	Inst. f. Makromolekulare Chemie der Uni Freiburg
031 9173 A	1.2: Rheologie von Polysaccharidlösungen (1988-91)	Inst. f. Technische und makromolekulare Chemie der Uni Hamburg
031 9134 A	1.3: Analytische Charakterisierung chemisch modifizierter Polysaccharide (1988-90)	Inst. f. Organische Chemie der Uni Hamburg
031 9059 A	1.4: Einfluß der Feinstruktur der Cellulose auf ihre Derivatisierung unter verschiedenen Reaktionsbedingungen (1988-90)	Inst. f. Holzforschung der Uni München
031 9135 A	2.1: Gewinnung von Chemiezellulosen aus einheimischen Rohstoffen mit hohem DP-Wert und Alpha-Cellulosegehalt (1987-90)	Ordinariat für Holztechnologie - Holzchemie - der Uni Hamburg
031 9156 A	2.2: Charakterisierung und Modifizierung von Polymeren auf Saccharidbasis zum Aufbau übermolekularer Strukturen in wässrigen Systemen (1988-91)	Inst. f. Physikalische Chemie der TU Clausthal
031 9057 A	2.4: Darstellung von Polyvinylzuckern und chemische Stabilisierung von helicalen Strukturen der Amylose (1988-91)	Inst. f. Organische Chemie II der Uni Düsseldorf

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
031 9126 A	2.5: Polyester und Polyurthane aus Kohlenhydratbausteinen-Synthese, Charakterisierung, Eigenschaften (1988-90)	Deutsches Kunststoff-Inst.
031 9122 A	2.6: Synthese und Charakterisierung von Polyamiden aus Kohlenhydratbausteinen (1988-91)	Organisch-chemisches Institut der Uni Münster
031 9077 A	2.7: Synthese und Charakterisierung von Polysacchariden (1988-90)	Fachbereich 3 - Chemie, Pharmazie und Biowissenschaften - der TU Braunschweig
031 9056 A	3.1: Untersuchungen zur Alkalibehandlung und Kationisierung von Cellulose (1988-90)	Inst. f. Makromolekulare Chemie der TH Darmstadt
031 9055 A	3.2: Supramolekulare Strukturen und Verbundwerkstoffe aus Polysacchariden (1988-90)	Max-Planck-Inst. f. Polymerforschung
031 9054 A	3.4: Entwicklung von hämocompatiblen Polysacchariden durch Oberflächenderivatisierung von Cellulose mit Endothelzelloberflächen-Heparansulfat (1988-91)	Medizinische Fakultät der TH Aachen
031 9121 A	3.5: Gezielte Synthese von Cellulosederivaten mit stereoselektiver Trennwirkung (1988-90)	Inst. f. Physikalische Chemie der TU Clausthal
<u>Öle und Fette</u>		
03 C 074	Entwicklung eines Trennverfahrens für thermisch instabile Produkte (1978-81)	Wiss.Abt. der Walter Rau Lebensmittelwerke GmbH & Co. KG, Hilter/T.W.

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 C 135	Aufbau von Basispopulationen von Ölmadie, Ölrettich und Sonnenblumen zur Gewinnung technischer Öle (1982-86)	Inst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung der FAL
03 C 171	Induktion und Selektion von Mutanten aus annuellen Cuphea-Wildarten für die Erzeugung von fettchemischen Rohstoffen (1983-87)	Inst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung der Uni Göttingen
03 C 219	Eigenschaften von Tensidmischungen auf Basis nachwachsender Rohstoffe (1985-88)	Henkel KG aA, Düsseldorf
03 8565	Fettalkohole durch Bioreduktion von Fettsäuren (1984-86)	Henkel KG aA, Düsseldorf
03 8658	Biotransformation von Fettsäuren (1985-89)	Henkel KG aA, Düsseldorf
03 8808	Fettsäurederivate aus regenerierbaren natürlichen Fetten und Ölen (1985-88)	Henkel KG aA, Düsseldorf
031 8843 A	Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur Gewinnung von hochwertigen Proteinen aus Rapssaaten (1986-89)	Sep.Ges. für techn. Studien, Entwickl. Planung mbH
031 8889 A	Integrale Nutzung von Raps zur Brenn- und Treibstoffsubstitution in der Landwirtschaft (1986-89)	GET Gesellsch. f. Entwicklungstechnologie
031 8974 A	Biotechnologie für die Züchtung von Ölpflanzen, Nutzung veränderter Kettenlängen und Desaturierung von Fettsäuren (1987-89)	Uni Göttingen

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
031 8877 A	Gewinnung von verbesserten Ölen für die Behandlung von Leder durch Umsetzung von Abfall- und Überschußfetten mit Biokatalysatoren (Lipasen) - Phase 1: Erarbeitung der Grundlagen (1986-89)	Chemische Fabrik Stockhausen GmbH
031 8978A	Charakterisierung und Isolierung von Enzymen zur Biosynthese ungewöhnlicher Fettsäuren in Alternativ-Ölsaaten (1987-90)	Bundesanstalt für Fettforschung
031 9079 A	Versuche zur Erweiterung der genetischen Variation des Fettsäuremusters beim Lein (1987-90)	Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Uni Gießen
<u>Verbundprojekt Fettchemie</u>		
031 9038 A	Intensivierung der Forschung auf dem Gebiet der Fettchemie: 1.1) Lipolytische Enzyme; 1.2) Glykolipid (1987-90)	Inst. f. Biochemie und Biotechnologie der TU Braunschweig
031 9039 A	Intensivierung der Forschung auf dem Gebiet der Fettchemie: 2.1) Metathese, 2.2) Hydrierung; 2.3) Oxidation (1987-90)	Inst. f. Technische Chemie und Petrochemie der TH Aachen
031 9036 A	Intensivierung der Forschung auf dem Gebiet der Fettchemie: 3.1) Funktionalisierung; 3.2) Addition und Kolbe-Elektrolyse (1987-90)	Inst. f. Organische Chemie der Uni Münster
031 9037 A	Intensivierung der Forschung auf dem Gebiet der Fettchemie: 3.3) An- und en-Reaktion; 3.4) Amphiphile (1987-88)	Fachbereich Chemie der Uni Oldenburg

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
031 9170 A	Neue Einsatzmöglichkeiten nativer Öle und Fette als Chemierohstoffe - 1.3 Umprogrammierung der Hefe-Fettsäuresynthese in Richtung kürzerkettiger Produkte (1988-91)	Inst. f. Mikrobiologie und Biochemie der Uni Erlangen-Nürnberg
031 9035 A	Neue Einsatzmöglichkeiten nativer Öle und Fette als Chemierohstoffe: 2.4) Heterogene Katalyse für saure oder basische Reaktionen in der Fettchemie (1987-90)	Fachgebiet Angewandte Chemie der Uni -GH-Duisburg
031 9188 A	Neue Einsatzmöglichkeiten nativer Öle und Fette als Chemierohstoffe: 4.1) Analytik; 4.2) Strukturermittlung; 4.3) Fließverhalten, Tensidlösungen (1988-91)	Lehrstuhl für Ökologische Chemie und Geochemie der Uni Bayreuth
<u>Pflanzenfasern</u>		
031 9141 A	Entwicklung von Verfahren zur qualitätsbestimmenden Beurteilung und Klassifizierung von Flachs-Phase I (1987)	Transferzentrum Reutlingen
031 9141 B	Bestimmung des optimalen Erntezeitpunkts für Flachsstroh im Hinblick auf die Erzeugung von cottonisiertem Fasermaterial unter Anwendung der Faktoren- und Musteranalyse (1988-89)	Transferzentrum Reutlingen
<u>Holz</u>		
03 C 025	Untersuchungen zur chemisch-technologischen Verwertung von Rinden tropischer Kiefern unter Einbeziehung einheimischer Nadelhölzer (1980-84)	Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Braunschweig

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 C 067	Entwicklung cellulosehaltiger, thermoplastisch verarbeitbarer Blackcopolymerer (1977-81)	Inst. f. Makromolekulare Chemie der Uni Freiburg
03 C 070	Hydroxymethylfurfurol: Verfahren zur Herstellung und Anwendung für Polymere (1979-82)	Technochemie GmbH, Dossenheim
03 C 071	Pilotanlage zur Erprobung neuer Verfahren zur Totalhydrolyse cellulosehaltiger Stoffe (1978-81)	Hans Knauth Industrieanlagen, Meersburg
03 C 076	Bereitstellung forstlicher Biomasse (1980-83)	Lehrstuhl f. Forstliche Arbeitswissenschaft u. Verfahrenstechnik der Uni München
03 C 077	Gewinnung von Lignin aus Holzabfällen und Verwertung zur Herstellung von Polyurethanhartschäumen (1980-81)	Bayer AG, Dormagen
03 C 078 03 C 150	Duroplastische Leime aus lignocellulosischen Rest- und Abfallstoffen (1980-82; 1983-84)	Inst. f. Holzchemie u. chem. Technologie des Holzes der BA f. Forst- u. Holzwirtschaft
03 C 080	Biomasseproduktion in forstlichen Plantagen für die Rohstoff- und Energiegewinnung (1981-84)	Inst. f. Forstgenetik u. Forstpfl. Züchtung der BA f. Forst- und Holzwirtschaft
03 C 098	Gewinnung von Ethanol aus den Hemicellulosen (Xylanen) von Laubhölzern und Einjahrespflanzen (1981-83)	Inst. f. Holzchemie und chem. Technologie des Holzes der BA f. Forst- und Holzwirtschaft
03 C 099	Verwertung von lignocellulosehaltigen Roh- und Abfallstoffen zu Äthanol; Hydrolyse der lignocellulosehaltigen Stoffe (1981-83)	Fa. Hans Knauth, Meersburg

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 C 100/ 03 C 100 A	Erzeugung von Grundstoffen für duroplastische Leime, Athanol und Enzyme aus lignocellulosehaltigen Rest- und Abfallstoffen in einer Pilotanlage (1981-83)	Fritz Werner Industrie-Ausrüstungen GmbH, Geisenheim
03 C 102	Untersuchungen zur Fermentation von Hydrolysaten aus verschiedenen Aufschlußverfahren für lignocellulosehaltige Rohstoffe (1981-84)	Inst. f. Lebensmitteltechnologie u. Analytische Chemie der TU München
03 C 103	Herstellung von Ethanol und Ligninformkoks aus verschiedenen Biomassen- kontinuierliche Totalhydrolyse und Totalvergärung (1981-82)	Zellplan GmbH, München
03 C 108	Herstellung von Ethanol und Ligninformkoks aus verschiedenen Biomassen - Untersuchung zur Herstellung und Verwertung von Koks aus Restcellulolignin (1981-82)	C. Deilmann AG, Bad Bentheim
03 C 118	Untersuchung zur Nutzung von Lignin als Rohstoff (1982)	Rütgerswerke AG, Castrop-Rauxel
03 C 127	Produktion von Biomasse auf problematischen Standorten mit generativ und vegetativ vermehrten Hochleistungssorten verschiedener Baumarten (1982-85)	Forschungsinst. f. schnellwachsende Baumarten, Hann.-Münden
03 C 151 031 9150 B	Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen zur Biomasserzeugung mit schnellwachsenden Baumarten (1983-87; 1988-93)	Inst. f. Forstgenetik u. Forstpflanzenzüchtung der BA f. Forst- u. Holzwirtschaft
03 C 152	Durchführung der Planungsphase des Forschungsvorhabens "Forstliche Schnellwuchsplantagen (1983)	Forschungsinst. f. schnellwachsende Baumarten, Hann.-Münden

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 C 157	Forstliche Schnellwuchsplantagen - standortkundliche Vorplanung (1983)	Lehrstuhl f. Bodenkunde der Uni München
03 C 176 031 9175 B	Züchterische Maßnahmen zur Steigerung und Sicherung der Produktion und anbautechnische Untersuchungen zur Biomasseproduktion in forstlichen Schnellwuchsplantagen (1983-87; 1989-92)	Forschungsinst. f. schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden
03 C 177 031 9175 B	Kurzumtrieb schnellwachsender Baumarten; Teilprojekt: Standorts- und ernährungskundliche Untersuchungen; Anschlußprojekt mit C 157 (1983-87; 1988-92)	Lehrstuhl für Bodenkunde der Uni München
03 RN 8201	Verwendung der Rindenextrakte von Fichte und Kiefer zur Herstellung von Holzleimen (1982-87)	Fraunhofer-Inst. f. Holzforschung, Braunschweig
03 RN 8401	Gipsspanplatte nach dem Halbtrockenverfahren einschl. der Untersuchung von Modifikationsmöglichkeiten durch den Zusatz von Puzzolanen (bilaterales Vorhaben mit Neuseeland) (1984-89)	Fraunhofer-Inst. für Holzforschung
03 VM 128	Aufstellung und Betrieb einer kontinuierlich arbeitenden Laboranlage zur Verwertung von Holz, Einjahrespflanzen und organischen Reststoffen zur Chemierohstoffgewinnung (1977-80)	Inst. f. Holzchemie der BA f. Forst- und Holzwirtschaft
03 VM 217 A	Erstellung einer kontinuierlich arbeitenden Laboranlage zur Verwertung von Holz, Einjahrespflanzen und organischen Reststoffen zur Chemierohstoffgewinnung (1977-80)	Projektierung Chemische Verfahrenstechnik GmbH, Ratingen

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 8406	Entwicklung und Erprobung eines Pilotreaktors für die enzymatische Cellulosehydrolyse (1982-85)	DECHEMA, Frankfurt
03 8416	Reaktionstechnische Probleme bei der biologischen Verwertung von cellulosehaltigen Rückständen - mikrobiologische Untersuchungen (1983-86)	Inst. f. Technische Chemie der Uni Hannover
03 8451	Reaktionstechnische Probleme bei der biologischen Verwertung von cellulosehaltigen Rückständen - Untersuchung der Meß- und Regeltechnik (1983-86)	Inst. f. Regelungstechnik der Uni Hannover
031 8828	Fermentative Gewinnung von Chemikalien aus Hemicellulosen (Pentosen) in Zusammenarbeit mit dem VTT Helsinki/ Finnland (1986-87)	BA für Forst- und Holzwirtschaft
031 8872 A	Voraussetzungen und Möglichkeiten der Holzernte in Durchforstungsbeständen (1986-88)	Uni München
031 8861 B	Konstruktion eines Xylose fermentierenden Hefestammes für die Alkoholherstellung (1983-86)	Inst. f. Mikrobiologie der Uni Düsseldorf
031 8800 A	Verwertung von Lignocellulosen zur Herstellung plattenförmiger Werkstoffe (Bilaterales Vorhaben mit VR China) (1986-89)	Fraunhofer-Inst. f. Holzforschung
031 8821 A	Begleitforschung zur Optimierung der Eigenschaften der neuen Holz-Gips-Platte "Sasmo X" unter Nutzung industrieller Zwangsanfallstoffe (1986-89)	Fraunhofer-Inst. f. Holzforschung

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
031 8918 A	Untersuchungen zur Isolierung und Kultur von Protoplasten verschiedener Baumarten (Fagus, Abies, Tilia, Ulmus, Prunus) und zur Regeneration von Pflanzen (1986-89)	Uni Frankfurt
031 8919 A	In-vitro-Kultur bei Waldbäumen: Untersuchungen zur klonalen Vermehrung von Forstgehölzen aus Organexplantaten durch Gewebekultur (1987-89)	Forschungsanstalt für Weinbau
031 8920 A	In-vitro-Kultur bei Waldbäumen: Untersuchungen über In-vitro-Techniken zur Züchtung und Anzucht von Waldbäumen (1987-89)	Förderverein für schnellwachsende Baumarten e.V.
031 8921 A	Untersuchungen zur vegetativen Vermehrung von Eiche, Buche und Tanne (1987-89)	Planta GmbH
031 8927 A	Chemiezellstoff durch enzymatische Nachreinigung (1987-90)	BA für Forst- u. Holzwirtschaft
031 9001 A	Verwendung von Enzymen aus thermophilen Bakterien zur Aufbereitung von cellulose- und hemicellulosehaltigen Materialien für Fermentationen (1988-91)	Inst. f. Botanik und Mikrobiologie der TU München
031 8938 A	Verbundprojekt: Biotechnologische Erzeugung und Verwertung von Industrieholz - Teilvorhaben 1 (1987-91)	Uni Göttingen
031 8940 B	Untersuchungen zur Nutzbarmachung von Pappel-Industrieholz für die Spanplatten- und Zellstoffherstellung (1988-90)	Fraunhofer Inst. f. Holzforschung

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
<u>Heil- und Gewürzpflanzen</u>		
03 8683 A	Biologisch-chemisches Screening (1985-88)	Hoechst AG
031 8890 A	Isolierung und Strukturaufklärung von Wirkstoffen aus Heilpflanzen des Nahen und Fernen Ostens mit nachgewiesener pharmakologischer Wirksamkeit (1986-90)	Uni Bochum
<u>Bioethanol als Motorkraftstoff</u>		
03 C 007	Vorplanung einer Pilotanlage zur Erzeugung von Biosprit auf Basis Zuckerrüben (1980)	Uhde GmbH, Dortmund
03 C 008	Gärungsalkohol aus Agrarprodukten als Biokraftstoff (1980)	Dornier System GmbH, Friedrichshafen
03 C 115	Anbau und Bereitstellung von lignocellulosehaltigen Rohstoffen zur Athanologewinnung (1982-84)	Inst. f. Pflanzenbau der Uni Hohenheim
03 C 136	Erstellung von Basispopulationen von Beta-Rüben, Topinambur und Zichorie für die Gewinnung technischer Alkohole aus nachwachsenden Rohstoffen (1982-86)	Inst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung der FAL
03 8373	Gewinnung von Alkohol aus Weizenstärkefraktionen mittels bakterieller Fermentation (<i>Zymomonas Mobilis</i>) (1982-84)	Pfeifer & Langen

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
02 8414 A	Ausbau einer entwickelten Anlage zum Aufschluß und zur Vergärung von stärkehaltigen Rohstoffen für Mischsubstrate mit Wärmerückgewinnung und Vakuumdestillation (1982-86)	Inst. f. Lebensmitteltechnologie u. Analytische Chemie der Uni München
03 8487	Konstruktion eines Xylose fermentierenden Hefestammes für die Alkoholherstellung (1983-86)	Inst. f. Mikrobiologie der Uni Düsseldorf
03 8503	Anaerobe Fermentation Teilprojekt 4: Reaktionstechnische Probleme bei der biologischen Verwertung von cellulosehaltigen Rückständen-Produktion von Ethanol mit immobilisierten Zellen (1983-86)	Inst. f. Technische Chemie der Uni Braunschweig
03 8544	Entwicklung eines Verfahrens zur simultanen Erzeugung und Extraktion von Gärungsethanol unter Einsatz hochmolekularer biophiler Extraktionsmittel (1983-85)	Versuchs- u. Lehranstalt f. Spiritusfabrikation u. Fermentationstechnologie, Berlin
03 8558	Isomerisierung von Hydrolysaten landwirtschaftlicher Rohstoffe zur Gewinnung vergärbare Pentosen (1984-87)	Krupp Industrietechnik GmbH, Werk Buckau Wolf, Grevenbroich
03 8568	Entwicklung einer Apparatur zur Erfassung der Filtrationseigenschaften von Biosuspensionen und zur Ankopplung von Analysenautomaten bei industriellen Fermentationsprozessen (1984-87)	Fachgebiet Biotechnologie der TU Berlin
03 8618	Forschungsverbund Bioverfahrenstechnik - Teilprojekt 2: Prozeßtechnik biologischer Produktionsverfahren (1984-86)	Inst. f. Mikrobiologie der Uni Göttingen

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 8772	Ausbau einer entwickelten Anlage zum Aufschluß und zur Vergärung von stärkehaltigen Rohstoffen für Mischsubstrate mit Wärmerückgewinnung und Vakuumdestillation (1986-87)	Inst. f. Lebensmitteltechnologie und analytische Chemie der TU München
03 8780	Untersuchungen zum Scale-up und Betrieb eines neuen Bioreaktors für die fermentative Gewinnung von Ethanol in einer mit Hefepartikeln beschickten Gas/Feststoff-Wirbelschicht (1985-88)	Fraunhofer-Inst. f. Lebensmitteltechnologie und Verpackung München
031 8743 A	Entwicklungsarbeiten zur Übertragung des FERMEX-Verfahrens in die industrielle Praxis (1986-88)	Versuchs- u. Lehranstalt f. Spiritusfabrikation u. Fermentationstechnologie, Berlin
031 8926 A	Entwicklung eines kontinuierlichen Verfahrens für die industrielle Ethanolgewinnung bis zur Praxisreife (1987-89)	Zuckerfabrik Franken
<u>Pflanzenöle als Kraftstoffe, Hydraulikflüssigkeiten und Schmieröle</u>		
	Projekt "Pflanzenölmotoren"; Untersuchung von Dieselmotoren auf deren Betriebsverhalten und Emissionen beim Betrieb mit rohem Rapsöl (1988-90)	Entwicklungszentrum der Porsche AG in Weissach
<u>Wärme aus Biomasse</u>		
03 C 001	Planung und Bau einer Biogas-Demonstrationsanlage zur Versorgung eines landwirtschaftlichen Produktions- und Veredelungsbetriebes mit Energie und biologischem Dünger (1979-81)	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, München

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 C 006	Nutzung neuer Energiequellen in der Landwirtschaft durch Umrüstung einer Güllesammelanlage zu einer Biogas-Anlage (1980-81)	Hochschule Bremerhaven/Landwirt P. Hildebrandt, Ringstedt
03 C 017	Biogas-Projekt Gedelitz-Vorstudie (1980)	Dr.-Ing. U. Loll, Darmstadt
03 C 079	Biologische Untersuchungen mit einem Zweiphasenhochfermenter zur Ermittlung der Prozeßparameter für den pH-statischen mesophilen und thermophilen Betrieb der Biogasanlage C 001 (1981-82)	Botanisches Inst. d. Uni München
03 C 081 03 C 082	Inbetriebnahme der Biogas-Demonstrationsanlage C 001 PLR und Überleitung in den weitgehend selbsttätigen, pH-statischen Betriebsablauf bei mesophiler und thermophiler Methangärung (1981-82, 1982-84)	Planungsbüro Wilfried Schraufstetter, Ismaning
03 C 092	Detailplanung und Erstellung der Bauunterlagen für eine Biogaseinschaftsanlage im Ortsteil Quickborn der Gemeinde Gusborn (1981)	Landkreis Lüchow-Dannenberg
03 C 133	Biogaseinschaftsanlage Quickborn-Biogasenergieverbundsystem mit dezentraler Biogaserzeugung und zentraler Energiespeicherung, Gasverteilung und Verwendung (1982-87)	Landkreis Lüchow-Dannenberg
03 C 145	Biogaseinschaftsanlage Quickborn-Wissenschaftliches Begleitprogramm, weitergehende Detailplanung und technische Baubetreuung (1982-87)	Dr.-Ing. U. Loll, Abwasser-Abfall-Aquatechnik, Darmstadt

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 E 5319	Musterhof Liebenau - Düngewertbestimmung von Gülle aus dem Biogasprozeß (1985-89)	Stiftung Liebenau Meckenbeuren
03 8151	Mikrobiologie der mesophilen und thermophilen Methangärung (1979-85)	Botanisches Inst. d. Uni München
03 8358	Entwicklung einer umweltfreundlichen Konzeption der Beseitigung von Schlachtabfällen unter gleichzeitiger Rohstoff- und Energiegewinnung (1982-85)	Bundesverband der Großschlächter und Fleischgroßhändler e.V., Heidelberg
03 8430	Entwicklung einer umweltfreundlichen Konzeption der Beseitigung von Schlachtabfällen unter gleichzeitiger Rohstoff- und Energiegewinnung (1982-86)	Mannesmann Ver- fahrens- und Um- welttechnik GmbH, Düsseldorf
03 8563	Beurteilung und Optimierung von Biogasanlagen durch art-spezifische und quantitative Bestimmung der mikrobiellen Zusammensetzung mittels immunologischer Methoden (1985-86)	Fraunhofer-Inst. f. Grenzflächen- u. Bioverfahrenstech- nik, Stuttgart
03 8564	Untersuchungen zu einer Biogasanlage am Hamburger Schlachthof im Technikumsmaßstab (vergleichende Untersuchungen zum Modell in Essen) (1983-86)	Behörde für Wirt- schaft, Verkehr u. Landwirtschaft der Stadt Hamburg
03 8777	Verbundprojekt: Biologische Schlachthofentsorgung-Phase I (1985-86)	Schmidt Reuter Industriegesell- schaft, Köln
03 C 086	Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus Biomasse - Bereitstellung von Biomasse, Bewertung und Weiterverarbeitung von Produkten (1981-83)	Volkswagenwerk AG, Wolfsburg

Projekt-Nr.	Thema	Ausführende Stelle
03 C 087	Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus Biomasse - Prüfung und Entwicklung von Verfahren zur Verflüssigung (1981-83)	Inst. f. Erdölforschung, Clausthal-Zellerfeld
03 C 088	Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus Biomassen - Bereitstellung und Bewertung der Biomassen bzw. deren Verflüssigungsprodukte (1981-83)	Lehrstuhl für Biochemie u. Biotechnologie der TU Braunschweig
03 VM 197	Verfahren zur Zerkleinerung pflanzlicher Rohstoffe (1978-80)	GEF Ges. f. Industriewärme u. Verfahrenstechnik mbH, Krefeld
03 VM 409	Hochdruckverdichtung von Stroh- und Holzabfällen zu rieselfähigem Schüttgut (1979-80)	MAN, Neue Technologie
031 9275 A	Durchführbarkeitsstudie zur energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen durch direkte Verbrennung (1988-89)	Büro für agrar-ökonomische Gutachten, Expertisen und Projektstudien Dr. Hartmut Thoma
<u>Gesamtbetrachtungen</u>		
031 8924 A	Bestandsaufnahme und Evaluierung der Forschung in den Bereichen Nachwachsende Rohstoffe und Biotechnologie (1986-88)	Dachverband wissenschaftlicher Gesellschaften
031 9153 A	Technikfolgenabschätzung zum Thema nachwachsender Rohstoffe (1988-89)	Kernforschungszentrum Karlsruhe

3. Sonstige Projekte

Ein Suchauftrag an die Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI) zeigte folgende Forschungsvorhaben zu nachwachsenden Rohstoffen in der Bundesrepublik Deutschland auf, die nicht vom BML oder BMFT gefördert werden.

Fördernde Stelle	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
<u>Zuckerstoffe</u>		
-	Erarbeitung technischer Vorschläge zur Gewinnung von Zucker, Futtermittel und Ethanol aus Zuckerhirse in bezug auf die Verfahrensschritte vom Anbau bis zum Endprodukt unter besonderer Beachtung der Wirtschaftlichkeit (1985-87)	Bayerische Landesanstalt für Landtechnik Strehler, A.
<u>Stärke</u>		
Forschungsgemeinschaft für Verpackungs- und Lebensmittelkunde e.V.	Untersuchungen zur Optimierung der enzymkatalysierten Glucoseisomerisierung: Entwicklung eines Bioreaktors für immobilisierte Enzyme	Fraunhofer-Inst. f. Lebensmitteltechnologie und Verpackung, <u>München</u> Bauer, W.
<u>Pflanzliche Öle</u>		
DFG	Untersuchungen über die Veränderung der Ölqualität beim Lein durch Mutagenese, Kreuzung und Selektion (1982-87)	Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Uni Gießen Marquard, R.
DFG	Züchterische Veränderung der Ölqualität bei der Sonnenblume (1986-88)	Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Uni Gießen Friedt, W.

Fördernde Stelle	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
<u>Pflanzenfasern</u>		
-	Wirtschaftlichkeit der Flachsproduktion zur Zellulose-, Faser- und Ölgewinnung (1987-90)	Inst. f. Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues der <u>Tu München</u> Steinhauser, H.
<u>Holz</u>		
DFG	Identifizierung und Quantifizierung von aus dem Holz und Holzkomponenten freigesetzter Substanzen durch Gaschromatographie/Massenspektroskopie (1984-88)	Inst. f. Holzchemie und Chemische Technologie der BFA für Forst- und Holzwirtschaft <u>Faix, O.</u>
-	Bereitstellung und Transport forstlicher Biomasse (1980-89)	Inst. f. Ökonomie der BFA für Forstwissenschaft <u>Wippermann, H.-J.</u>
-	Selektion der lignolytischen Pilzarten für die Eignung technologischer Prozesse (1985-87)	Inst. f. Bodenbiologie der <u>FAL</u> <u>Zadrazil, F.</u>
-	Scale-up des Produktionsverfahrens für <i>Agrocybe aegerita</i> (1979-87)	Inst. f. Bodenbiologie der <u>FAL</u> <u>Zadrazil, F.,</u> <u>Grabbe, K.</u>
DFG	Charakterisierung lignocellulosischer Materialien durch Pyrolyse und GCMS-Analyse des Pyrolysats (1985-87)	Inst. f. Holzchemie und Chemische Technologie der BFA für Forst- und Holzwirtschaft <u>Faix, O.</u>
EG	Hackschnitzelernte - ein Weg zur Nutzung größerer Anteile der Wald-Biomasse (1983-87)	Inst. f. Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der <u>Uni Freiburg</u> <u>Grammel, R.H.</u>

Fördernde Stelle	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
-	Biokonversion von Cellulose und verwandten Materialien (1971-)	Laboratorium für Technische Biochemie der <u>Uni Hohenheim</u> Bruchmann, E.-E.
DFG	Untersuchung der übermolekularen Cellulosestruktur	Inst. f. Holzforschung der <u>Uni München</u> Fengel, D.
<u>Heil- und Gewürzpflanzen</u>		
-	Phytochemische Untersuchungen an <i>Satureja hortensis</i> L. unter besonderer Berücksichtigung der ätherischen Öle (1984-)	Fachrichtung Ernährungs- u. Hausaltswissenschaften im Fachbereich Analytische und Biologische Chemie der <u>Uni des Saarlandes</u> Jork, H.
-	Ätherische Öle in Gewürzpflanzen in Abhängigkeit von ökologischen Faktoren (1984-)	Inst. f. Obst-, Gemüse- und Weinbau der <u>Uni Hohenheim</u> Buchloh, G.
-	Phytochemische Untersuchungen der Wurzeln von <i>Artemisia dracunculus</i> (1984-)	Fachrichtung Ernährungs- u. Hausaltswissenschaften im Fachbereich Analytische und Biologische Chemie der <u>Uni des Saarlandes</u> Jork, H.
-	Morphologisch-anatomische u. phytochemische Untersuchungen an <i>Artemisia dracunculus</i> (1981-)	Fachrichtung Ernährungs- u. Hausaltswissenschaften im Fachbereich Analytische und Biologische Chemie der <u>Uni des Saarlandes</u> Jork, H.
Konrad-Andenauer-Stiftung	Der Gehalt von ätherischen Ölen, Vitamin C, Chlorophyll und Nitrat in Petersilie in Abhängigkeit von Sorte und verschiedenen Düngungs-	Inst. f. Obst-, Gemüse- und Weinbau der <u>Uni Hohenheim</u> Buchloh, G. Neubeller, J.

Fördernde Stelle	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
stufen (1982-)		
<u>Bioethanol als Motorkraftstoff</u>		
-	Enzymtechnologisches Untersuchungen zur Auto-Amylolyse von Getreide bei der industriellen Bioethanolproduktion (1985-)	Inst. f. Lebensmitteltechnologie der <u>Uni Hohenheim</u>
-	Züchtung von Kartoffel Genotypen mit besonderer Eignung zur Biospritverwertung (1985-)	Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau <u>Munzert, M.</u>
-	Entwicklung eines energiesparenden Verfahrens zur Gewinnung von Alkohol aus schwer aufschließbaren stärkehaltigen Rohstoffen durch drucklosen Stärkeabbau und Schlempe-Recycling	Inst. f. Lebensmitteltechnologie der <u>Uni Hohenheim</u> Pieper, H. J.
-	Produktionstechnische und wirtschaftliche Bedingungen der Verwertung von Stärkekartoffeln zur Äthanolproduktion in ausgewählten Gebieten Bayerns	Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur <u>Neumann, H.</u>
<u>Pflanzenöle als Kraftstoffe</u>		
BMZ, GTZ	Pflanzenöl als Kraftstoff in der Landwirtschaft (1984-)	Bayerische Landesanstalt für Landtechnik <u>Strehler, A.</u>
<u>Wärme aus Biomasse</u>		
-	Biogasproduktion mit Schlempe (1986-)	Bayerische Landesanstalt für Tierzucht <u>Richter, W.</u>

Fördernde Stelle	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
GTZ	Ermittlung des Biogasertrages von unbeheizten Biogasanlagen (1984-88)	Inst. f. Agrartechnik der <u>Uni Hohenheim</u> Bischoff, T.
-	Analyse der Ethanolherstellung aus Molke (1982-87)	Inst. f. Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre der <u>Uni Kiel</u> Stamer, H.
-	Erprobung einer Biogasanlage an der Staatlichen Versuchsgüterverwaltung Grub (1981-)	Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Richter, W.
DFG	Verbesserung im Betrieb von Biogasanlagen (1985-87)	Inst. f. landw. Verfahrenstechnik Isensee, E.
DAAD	Verfahrenstechnische Untersuchungen von unbeheizten Biogasanlagen	Inst. f. Agrartechnik der <u>Uni Hohenheim</u> Bischoff, T.
Industrie	Untersuchungen an Feldhäckslern in neueren Einsatzgebieten. Lieschkolbensilage, Ganzpflanzensilage, Grünlandentsorgung, Ernte von nachwachsenden Rohstoffen (1987-)	Bayerische Landesanstalt f. Landtechnik Schurig, M.
<u>Gesamtbetrachtungen</u>		
DFG	Effizienzbeurteilung der Erzeugung und Verwertung von Stärke, Zucker und ölhaltigen pflanzlichen Agrarprodukten als Industrierohstoffe in der EG (1983-)	Inst. f. Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie der <u>Uni Bonn</u> Wolffram, R. E.

Fördernde Stelle	Thema	Ausführende Stelle Projektleiter
-	Der Einfluß veränderter Rahmenbedingungen auf dem Getreide- und Zuckermarkt der Europäischen Gemein- schaft auf die Wettbe- werbsstellung der Stärke-, Zucker- und Athanolproduk- tion in der Bundesrepublik Deutschland (1985-)	Inst. f. Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie der <u>Uni Bonn</u> Wolffram, R. E.