

Antwort

der Bundesregierung

auf die Große Anfrage der Abgeordneten Carstensen (Nordstrand), Eigen, Susset, Dr. Bötsch, Lenzer, Gerstein, Schneider (Idar-Oberstein), Link (Frankfurt), Clemens, Herkenrath, Echternach, Dr. Kunz (Weiden), Austermann, Seesing, Repnik, Biehle, Rode (Wietzen), Fellner, Dr. Jobst, Scharz (Trier), Pöpl, Boroffka, Kolb, Weiß, Jagoda, Eylmann, Hornung, Lintner, Müller (Wadern), Frau Roitzsch (Quickborn), Löher, Graf von Waldburg-Zeil, Frau Dr. Hellwig, Dr. Göhner, Schemken, Frau Dr. Neumeister, Frau Dempwolf, Maaß, Kraus, Dr. Schroeder (Freiburg), Dr. Schwörer, Magin, Ruf, Freiherr von Schorlemer, Sauter (Epfendorf), Bayha, Hedrich, Ganz (St. Wendel), Lowack und der Fraktion der CDU/CSU sowie der Abgeordneten Dr.-Ing. Laermann, Kohn, Neuhausen, Hoffie, Dr. Graf Lambsdorff, Bredehorn, Paintner, Ertl, Dr. Rumpf, Baum, Wolfgramm (Göttingen) und der Fraktion der FDP
— Drucksache 10/3735 —

Nachwachsende Rohstoffe

Der Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten hat mit Schreiben vom 28. Mai 1986 die Große Anfrage namens der Bundesregierung wie folgt beantwortet:

Einleitung

Die Situation auf den Agrarmärkten ist durch eine anhaltende Überschußsituation gekennzeichnet. Vor diesem Hintergrund gewinnen im Bereich der landwirtschaftlichen Bodenproduktion die nachwachsenden Rohstoffe zunehmendes Interesse. Durch eine Umstellung der Flächennutzung von überschüssigen Nahrungsmitteln zu Grundprodukten des Nichtnahrungs- und Energiesektors könnte mittel- und langfristig ein Beitrag zu der erforderlichen Neuausrichtung der Agrarpolitik geleistet werden.

Für die Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland und der Europäischen Gemeinschaft zeichnen sich vor allem zwei Verwendungsbereiche ab, in denen z. T. bereits gegenwärtig ein größeres

Marktpotential besteht. Einerseits hat die chemische Industrie einen hohen Bedarf an Naturstoffen, wie Stärke, Zucker, Cellulose und Hemicellulose sowie pflanzlichen Ölen und Fetten. Andererseits könnte Agraralkohol als Kraftstoffkomponente bedeutsam werden. Absatzchancen für nachwachsende Rohstoffe sind bislang nur in Teilbereichen gegeben.

Die gegenwärtig sehr entspannte Preissituation bei fossilen Energieträgern, vor allem bei Mineralöl, erschwert eine breitere Markteinführung. Dennoch setzt die Bundesregierung ihre Vorsorgepolitik auf dem Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe mit Nachdruck fort, die sie Ende der 70er Jahre mit einer umfangreichen Forschungsförderung eingeleitet hat.

Im Vordergrund stehen:

- züchterische Arbeiten zur Verbesserung des Pflanzenmaterials im Hinblick auf die industrielle Verwendung,
- Optimierung der Anbau- und Stoffumwandlungsverfahren zur Senkung der Herstellungskosten biogener Rohstoffe,
- Untersuchungen der Umweltwirkungen des Anbaues und des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe und ihrer Folgeprodukte.

Diese Arbeiten schließen die Erforschung ausländischer Pflanzenarten und Wildformen ebenso ein wie die Weiterentwicklung ehemaliger, z. Z. nicht im Anbau befindlicher Kulturpflanzen. Besondere Aufmerksamkeit gilt dem Auffinden neuer Verwendungsbereiche von Naturstoffen. Mit Hilfe der drei Pilotprojekte in Ahausen-Eversen, Ochsenfurt und Dormagen wird außerdem die Ethanoltechnologie erprobt.

Alle diese Arbeiten auf den Gebieten Forschung, Entwicklung und Modellvorhaben haben zum Ziel, bestehende Wettbewerbsdefizite abzubauen und die Chancen der Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu verbessern. Dabei wird auch auf die Erfahrungen anderer Staaten mit dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe zurückgegriffen. Detaillierte Angaben liegen allerdings nur für Teilbereiche vor; in vielen Fällen ist das Informationsmaterial lückenhaft und geht über allgemeine Aussagen nicht hinaus. Insofern müssen zur Lösung anstehender Probleme und zur Weiterentwicklung die inländischen Arbeiten im Bereich von Forschung und Entwicklung verstärkt fortgeführt werden.

Um den breiteren Einsatz nachwachsender Rohstoffe zu fördern, wurden in jüngerer Zeit zwei wichtige politische Grundsatzentscheidungen gefällt. Der EG-Ministerrat hat die Marktordnungsregelungen für Zucker und Stärke dahin gehend geändert, daß die Industrie diese Naturstoffe künftig zu weltmarktähnlichen Preisen innerhalb der EG beziehen kann. Aufgrund der jüngsten Agrarpreisbeschlüsse ist erstmals vorgesehen, daß für den Einsatz von EG-Getreide zur Herstellung von Agraralkohol im Kraftstoffsektor gemeinschaftliche Beihilfen bis zur Höhe der Ausfuhrerstattungen bei den einzelnen Getreidearten gewährt werden können.

I. Zur Situation weltweit

1. Welche Erfahrungen liegen bisher weltweit hinsichtlich der Verwendung der nachwachsenden Rohstoffe in der Industrie vor, und in welchen Industriezweigen werden schwerpunktmäßig nachwachsende Rohstoffe verwendet?

Aus nachwachsenden Rohstoffen werden bereits seit langem nicht nur Nahrungsmittel, sondern auch hochwertige Werkstoffe, Energieträger und Chemiegrundstoffe gewonnen.

Am Anfang dieser Entwicklung stehen zwei Gruppen von Naturstoffen:

- a) Holz ist neben der Nutzung als Brennstoff ein wichtiger Rohstoff für die Erzeugung von Schnittholz, Holzwerkstoffen, Holzwaren sowie von Holzschliff und Zellstoff für Papier, Pappe und einige chemische Produkte,
- b) landwirtschaftliche Erzeugnisse zur Gewinnung von Fasern für Textilien und Gebrauchsartikel sowie von Ölen und Fetten als vielseitig verwendbare Grundstoffe.

Bei diesen traditionellen Rohstoffen entfällt ein hoher Anteil auf die Entwicklungs- und Schwellenländer sowie auf einige bedeutsame Industriestaaten wie die USA (z. B. bei Baumwolle und Sojaöl).

In jüngerer Zeit werden vermehrt Stärke (aus Mais, Weizen, Kartoffeln und Maniok) und Zucker als industrielle Grundstoffe sowie Ethanol (Agraralkohol) insbesondere aus Zuckerrohr und Mais als Energieträger eingesetzt.

Holz (Lignocellulose) hat seit jeher wegen der weltweiten Verbreitung von Wald — gegenwärtig knapp 4 Mrd. ha, das sind drei Zehntel der Festlandfläche — große Bedeutung als Roh- und Brennstoff. Bemerkenswert ist, daß die Waldfläche der Erde sich auf Industrie- und Entwicklungsländer etwa zu gleichen Teilen verteilt.

Die Industrieländer decken — auch dank einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung — rd. 90 % ihres Bedarfs an Rohholz und Holzzeugnissen aus ihren Wäldern. Auf sie entfallen zugleich rd. 90 % des weltweiten Verbrauchs an Holzprodukten. Als Energiequelle spielt Holz in den meisten Industrieländern nur noch eine untergeordnete Rolle (hauptsächlich nur energetische Nutzung von Rest- und Abfallstoffen). Dagegen wird in den Entwicklungsländern Holz noch zu rd. 90 % als Brennholz genutzt.

Übersicht 1

Produktionsentwicklung von Rohholz (Mio. m³)

	1969	1980	1982
Welt	2 561	3 020	2 958
davon kommerziell ..	1 064	1 171	1 143
Europäische Gemeinschaft (10)			
Holzeinschlag		82	81

Quellen: FAO, Produktion Yearbook;
BML, Statistisches Jahrbuch über Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten, verschiedene
Jahrgänge

Anbau und Absatz von *Faserpflanzen* waren in den zurückliegenden Jahren dadurch beeinträchtigt, daß

- die Nachfrage in den Industriestaaten nur mäßig stieg,
- die Chemiefasern vordrangen,

- um die Flächen andere Feldfrüchte mit hoher Wettbewerbskraft konkurrierten.

Über die regionale Verwendung von Pflanzenfasern liegen nur für Baumwolle und Faserflachs detaillierte Angaben vor; sie lassen folgende Entwicklungen erkennen:

Übersicht 2

Entwicklung des Verbrauchs von Baumwolle und Faserflachs (in 1000 t Faseräquivalent)

	1975	1982	1983
<i>Baumwolle, Welt</i>	13 032	14 389	—
Industriestaaten	6 814	7 050	7 422
— USA	1 534	1 441	1 715
— Westeuropa	1 799	1 866	2 000
— Osteuropa einschließlich UdSSR	2 454	2 533	2 583
— Japan	664	878	790
Entwicklungsländer ...	6 218	7 338	—
— China	2 316	3 366	—
— Indien	1 127	1 112	—
— Brasilien	336	452	—
— Ägypten	174	225	—
<i>Faserflachs, Welt</i>	745	719	—
Industriestaaten	656	578	632
— USA	36	67	77
— Westeuropa	86	81	80
— Osteuropa einschließlich UdSSR	518	415	459
China	64	103	—

Quelle: FAO World Apparel Fibre Consumption Survey, Rom 1985

Der Absatz von Baumwolle, der mit Abstand bedeutsamsten Naturfaser, weist z. T. starke jährliche Schwankungen auf; er ist vor allem in der Dritten Welt stark — im Ausmaß des Bevölkerungswachstums — gestiegen. Gleichzeitig hat sich die Endverarbeitung der Baumwolle zu Textilien immer mehr in die Niedriglohnländer verlagert.

In den Entwicklungsländern wird aufgrund des hohen Bevölkerungswachstums, eines steigenden Lebensstandards insbesondere in Schwellenländern und eines vergleichsweise niedrigen Pro-Kopf-Verbrauchs an Baumwolle und anderen Fasern noch ein erhebliches Aufnahmepotential gesehen. Beachtlich ist die Expansion des Verbrauchs — und der Erzeugung — von Baumwolle wie von Flachs in China (s. auch I. 3).

Der Absatz von Faserflachs verzeichnet in Nordamerika und neuerdings in Westeuropa eine deutliche Ausweitung. Es bleibt abzuwarten, ob es sich hierbei um zeitweise Modetrends oder einen nachhaltig veränderten neuen Entwicklungsverlauf handelt aufgrund der Hinwendung der Verbraucher zu Naturfasern.

Die Erzeugung und die Verwendung von Jute, Sisal und Hanffasern ist nach dem Zweiten Weltkrieg dem intensiven Wettbewerb synthetischer Fasern ausgesetzt gewesen. Die mit dem Anstieg der Preise fossiler Kohlenwasserstoffe seit 1973/74 veränderte Kostensituation in der Kunststoffherstellung hat offenbar noch nicht dazu geführt, bei diesen drei Produkten den Trend umzukehren (vgl. Übersicht 3). Allerdings kann Jute eine vergleichsweise positive Entwicklung vorweisen, die wesentlich auf die Verbrauchszunahme in China sowie auf die Eignung als Verpackungsmaterial zurückzuführen ist. Die Fasern sind wegen ihrer geringen Elastizität und ihres hohen Wasserabsorptionsvermögens hervorragend als Verpackungsmaterial geeignet.

Die harten Fasern von Sisal werden für Stricke, Taue, grobe Säcke, Teppiche, Matten und Polstermaterialien verwendet; sie können leicht durch synthetische Fasern ersetzt werden. In vielen Ländern der Tropen und Subtropen wird Sisal zur Deckung des heimischen Bedarfs angebaut. Größere Exporteure sind nur Brasilien, Tansania und Kenia.

Hanf wird nur noch in Indien, Pakistan und Brasilien zur Fasergewinnung angebaut.

Übersicht 3

Welterzeugung an Faserpflanzen (1000 t)

Jahr	Ø 1974—76	1984
Baumwolle	12 753	17 794
Jute und ähnliche Fasern .	3 235	4 157
Sisal	579	389
Faserflachs	761	755
Hanf	314	225
andere Faserpflanzen	528	620

Quelle: FAO Production Yearbook, Vol. 38. — Rom 1985

Die Weltproduktion an natürlichen Ölen und Fetten ist in der Vergangenheit ständig gestiegen, von 42 Mio. t 1970 auf fast 62 Mio. t 1982 (Dreijahresdurchschnitt); über 70% hiervon sind pflanzlicher Herkunft (s. Übersicht 4).

Von der weltweiten Produktion natürlicher Öle und Fette wurden 1981 rd. 8 Mio. t = 13% für technische Zwecke verwendet, davon etwa 1,7 Mio. t in Westeuropa. Auch beim Anstieg der Gesamtproduktion in den folgenden Jahren blieb dieser Anteil im wesentlichen konstant. Zwei Drittel des Weltverbrauchs entfallen allein auf das preisgünstige Abfallprodukt Talg. Die übrigen technischen Verwendungen verteilen sich vor allem auf Palm-, Kokos-, Palmkern- und Sojaöl, Rizinus- und Leinöl.

Als wichtigste Einsatzgebiete der natürlichen Öle und Fette im technischen Bereich werden im allgemeinen genannt: Seifen und Waschmittel, Schmier-

Übersicht 4

Fetterzeugung nach Produkten und Regionen
1970 bis 1983 (1000 t)

Produkt Region	„1970“ a)	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Sojaöl	6 500	6 700	7 100	7 900	9 800	8 600	10 500	9 500	11 400	12 300	14 600	12 430	13 210	14 500
Sonnenblumenöl	3 800	3 700	3 700	3 600	4 500	4 000	3 600	3 800	4 700	4 600	5 300	4 670	5 150	5 800
Erdnußöl	3 400	3 700	3 700	2 900	3 300	3 300	3 700	3 500	3 400	3 600	3 300	2 970	3 820	3 300
Baumwollsaatöl	2 500	2 500	2 700	3 000	3 000	3 100	2 700	2 800	3 200	2 900	3 200	3 210	3 550	3 300
Rapsöl	2 100	2 600	2 600	2 500	2 500	2 700	2 900	2 400	3 300	3 700	3 400	3 780	4 080	4 900
Olivenöl	1 500	1 600	1 600	1 600	1 500	1 500	1 800	1 400	1 600	1 600	1 600	2 190	1 610	2 100
Kokosnußöl	2 300	2 500	2 800	2 400	2 300	2 900	3 200	3 100	3 200	3 000	2 800	2 970	3 030	2 600
Palmkernöl ¹⁾	600	700	600	600	700	700	800	700	700	800	900	930	1 100	1 100
Palmöl	1 900	2 300	2 300	2 400	2 700	2 900	3 400	3 800	4 000	4 500	5 100	5 400	6 370	6 100
Andere pflanzliche Öle ²⁾	1 100	1 200	1 200	1 200	1 300	1 400	1 600	1 600	1 600	1 800	2 000	2 490	2 570	2 500
Öle von Seetieren	1 300	1 400	1 100	1 000	1 200	1 200	1 100	1 100	1 300	1 300	1 300	1 110	1 230	1 000
Butter (Reinfett)	4 900	4 800	5 100	5 200	5 100	5 200	5 600	5 700	5 800	5 800	5 800	5 850	6 150	6 500
Schmalz, Schlachtfette, Talg	10 100	10 600	10 500	9 900	10 400	10 400	10 800	11 000	11 600	11 500	10 500	10 430	10 410	10 300
Pflanzliche Fette zusammen	25 700	27 500	28 300	28 100	31 600	31 100	34 200	32 600	37 100	38 800	42 200	41 040	44 490	46 500
Tierische Fette zusammen	16 300	16 800	16 700	16 100	16 700	16 800	17 500	17 800	18 700	18 600	17 600	17 390	17 790	17 900
Fette insgesamt	42 000	44 300	45 000	44 200	48 300	47 900	51 700	50 400	55 800	57 400	59 800	58 430	62 280	64 500
Nordamerika			11 800	11 800	13 100	11 200	13 300	12 000	15 300	16 300	19 680	15 980	17 330	18 500
Westeuropa			5 800	5 800	6 000	6 000	6 600	6 100	7 100	7 000	7 150	7 590	7 390	8 300
darunter EWG			4 000	3 800	4 000	4 000	4 400	4 000	4 700	4 400	4 920	5 530	5 570	5 900
Ozeanien			800	800	700	800	800	800	1 000	1 000	930	1 000	980	900
Andere			600	600	700	700	700	900	1 100	1 000	1 090	1 080	950	900
Osteuropa und UdSSR			7 400	7 400	8 200	8 500	7 600	8 000	8 500	8 000	7 680	7 550	7 610	8 000
Entwickelte Länder insgesamt			26 400	26 400	28 800	27 100	28 900	27 700	33 000	33 300	36 530	33 200	34 260	36 700
Afrika			3 300	2 900	3 000	3 000	3 400	3 200	3 000	3 100	3 110	3 100	3 240	3 100
Lateinamerika			3 600	3 800	4 600	4 800	5 100	5 500	5 700	6 000	7 030	6 650	6 650	6 800
Naher Osten			1 100	1 400	1 300	1 400	1 300	1 400	1 400	1 400	1 380	1 620	1 500	1 500
Ferner Osten			7 400	6 600	7 500	8 200	9 100	8 800	9 200	9 800	10 290	11 000	12 800	12 000
Asien CPE			3 000	2 900	3 000	3 200	3 600	3 600	4 300	4 600	3 820	4 150	5 120	5 600
Entwicklungsländer insgesamt			18 600	17 800	19 500	20 700	22 700	22 800	23 900	25 300	25 900	26 810	29 640	29 500
Welt			45 000	44 200	48 300	47 900	51 700	50 400	56 900	58 600	62 430	60 010	63 900	66 500

N. B.: Die Fetterzeugung eines Jahres wird anhand von Extraktionszahlen auf der Basis der erzeugten Ölsaaten und Ölfrüchte errechnet, unabhängig davon, ob die Ausgangsstoffe tatsächlich im Inland verarbeitet oder exportiert werden.

a) Ø 1969 bis 1971

¹⁾ Einschließlich Babassuöl

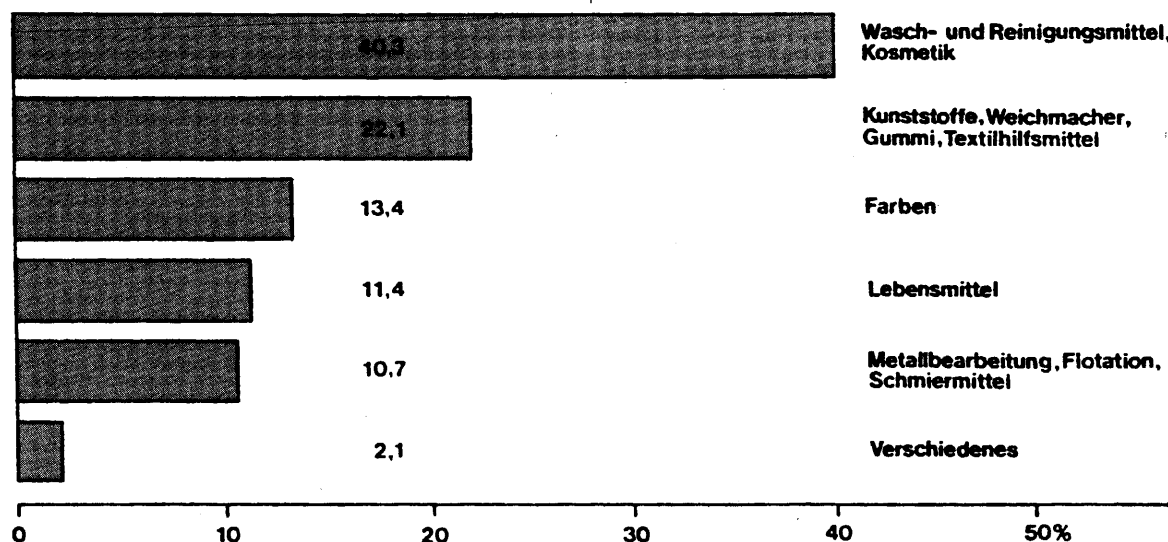
²⁾ Andere Öle zu Nahrungszwecken (Maiskeim-, Sesamöl u. a.) und technische Öle (Lein-, Rizinusöl u. a.).

Quelle: FAO

mittel, Harze, Farben und Lacke. Aufgrund technischer Fortschritte konnte die Verwendbarkeit vieler Öle wesentlich erweitert werden; so hat in neuerer Zeit ihr Einsatz zur Herstellung von Kunststoffen, Kosmetika und Pharmazeutika an Bedeutung gewonnen. Den mengenmäßigen Stellenwert der verschiedenen Verwendungen verdeutlicht Schaubild 1.

Schaubild 1

**Die weltweite Verwendung von natürlichen Ölen und Fetten in den verschiedenen Industriezweigen
(Gewichtsanteile)**



Quelle: Stein, W., Industrielle Verwertung technischer Öle und Fette, in: Agrarspectrum, Schriftenreihe des Dachverbandes Agrarforschung, Bd. 4, Nicht-Nahrungspflanzen, München 1982.

Bezeichnend für den Markt natürlicher Öle und Fette ist neben der Vielzahl unterschiedlicher Produkte mit großenteils ausgeprägten Substitutionsbeziehungen die Konkurrenz zwischen Entwicklungs- und Industrieländern, sowohl auf der Angebots- wie auf der Nachfrageseite. Nicht zu übersehen sind Bestrebungen von Ölfrüchte anbauenden Entwicklungsländern, auch die Weiterverarbeitung der gewonnenen Öle zu chemischen Produkten im eigenen Lande vorzunehmen. So soll auf den Philippinen ab Mitte 1986 der heimische Markt vor allem bei Reinigungsmitteln voll auf Kokosnußchemikalien umgestellt werden; fast 10% der Kokosproduktion würden dann zu Chemieprodukten weiterverarbeitet. Auch in Malaysia genießt die weitere Verarbeitung von Palmöl (nur 4% im Jahre 1983) in der Planung Priorität.

Zwar ist die relativ hohe Austauschbarkeit der pflanzlichen Fette gegeneinander, außerdem mit tierischen Fetten und in einigen Fällen mit synthetischen Stoffen, ein besonderes Kennzeichen des Fettmarktes. Andererseits ist die chemische Industrie jedoch auf bestimmte Öle und Fette angewiesen, für die bislang nur eine kleine Zahl von Lieferländern tropischer Früchte (Kokos, Palmkern) in Frage kommen. Sie ist daher bemüht, einseitige Abhängigkeiten durch eine breitere Rohstoffversorgung zu vermindern.

Bei *Stärke* wurden bislang vorwiegend in Industrieländern größere Absatzpotentiale im chemisch-technischen Bereich erschlossen. Stärke und Stärkederivate werden traditionell u. a. bei der Herstellung von Papier, Pappe, Textilien, Klebstoffen, Binde- und Flockungsmitteln sowie bestimmten Baustoffen verwendet. Stärke dient dabei zumeist nicht als Ausgangsrohstoff, sondern als in geringen Prozentsätzen genutztes Additiv, das auch in kleinen

Mengen dem Endprodukt gewünschte Eigenschaften verleihen kann.

In den herkömmlichen Einsatzbereichen sind mit Ausnahme der Papierherstellung keine herausragenden Steigerungen des Stärkeabsatzes zu erwarten. Das Augenmerk richtet sich deshalb auf die Nutzung von Stärke als hochwertigem, umweltfreundlichem Basisrohstoff für die Herstellung von Kunststoffen, für chemische Synthesen sowie auf ihre Nutzung als Ausgangsmaterial für Polymerisations- und Polykondensationsverfahren.

Weltweit werden heute über 500 Stärkeerzeugnisse hergestellt und in den verschiedensten Industriezweigen eingesetzt.

Verlässliche Angaben über die Produktion und Verwendung von nativen und modifizierten Stärken liegen nur sehr begrenzt vor. Für 1980 wird die Weltproduktion (Angaben jeweils ohne Süßungsmittel aus Mais) auf 8,4 Mio. t geschätzt, davon

56% aus Mais,
30% aus Kartoffeln,
8% aus Maniok (Tapioka),
4% aus Weizen,
1% aus Reis.

In den USA betrug die Stärkeproduktion 2 Mio. t im Jahre 1980, rd. 2,4 Mio. t im Jahre 1985; schätzungsweise 40% hiervon wurden im industriell-technischen Bereich eingesetzt. Zum Vergleich: Von den in der EG 1983 verwendeten 3,7 Mio. t Stärke entfielen rd. 32% (1,2 Mio. t) auf Industriestärke.

Bedeutsam als Stärkeproduzent und -verwender ist auch Japan. Vom Stärkeverbrauch von 853 000 t im Jahre 1984 entfielen 400 000 t auf den chemisch-technischen Bereich. In Schweden werden Stärke

und Stärkederivate vor allem und in steigendem Maße bei der Papierherstellung eingesetzt (derzeit 75 000 t, davon ein Drittel aus heimischer Erzeugung, insbesondere für Feinpapier).

Über die mengenmäßige Verwendung von Zucker zur Herstellung chemisch-technischer Produkte gibt es ebenfalls nur wenige Informationen. Das z. Z. genutzte Absatzpotential konzentriert sich auf Länder mit hochentwickelten chemischen und pharmazeutischen Industrien. In den Zuckerrohr anbauenden Ländern der Dritten Welt ist es bei der Rohstoffproduktion geblieben. In diesen Ländern fehlen sowohl Weiterverarbeitungsmöglichkeiten wie auch das inländische Absatzpotential. Diese Art industrieller Verwendung von Zucker dürfte daher vorerst weitgehend Sache der Industrieländer bleiben. Die wesentlichen Einsatzgebiete sind Pharmazeutika, organische Säuren, Farb-, Kleb- und Kunststoffe.

Als Folge der Energievertierungen in den 70er Jahren sowie staatlicher Stützungsmaßnahmen (s. Antwort auf Frage I.2) hat die Produktion und Verwendung von *Ethanol* aus landwirtschaftlichen Rohstoffen (Agraralkohol) in einigen Ländern Bedeutung erlangt. Dies gilt in besonderem Maße für Brasilien.

In *Brasilien* wird schon seit Ende der 20er Jahre in geringem Umfang Agraralkohol dem Benzin beigegeben, insbesondere in Jahren niedriger Zuckerpreise auf dem Weltmarkt. Als Rohstoff wird z. Z. 95% Zuckerrohr eingesetzt.

Seit Anlaufen des Proalcool-Programms Ende 1975 ist die Agraralkoholproduktion rasant gestiegen: von 600 Mio. l auf 9,2 Mrd. l in 1984/85 (Übersicht 5). Mit über 60 % der Welterzeugung an Agrar- und

Synthesealkohol ist *Brasilien* der weitaus größte Produzent von Alkohol.

Die Verwendung von Agraralkohol expandierte ebenfalls zügig, blieb jedoch mit 7,1 Mrd. l im Jahre 1984 hinter der Produktion zurück. Die Bestände sind erheblich angewachsen, trotz beachtlicher Akoholexporte (950 Mio. l im Jahre 1984, vorwiegend in die USA, die derzeit aufgrund eines Antidumpingverfahrens als Abnehmer ausfallen).

Hohe Überkapazitäten und die bei stark gesunkenen Erdölpreisen gestiegenen Stützungskosten haben die brasilianische Regierung inzwischen zu einer Streckung ihres Alkoholprogramms veranlaßt (vgl. I.2).

Die Erschließung des Treibstoffmarktes für Agraralkohol vollzog sich im Verein mit Entwicklungsschritten bei Anpassung der Motorentechnik in drei Stufen:

In der Aufbauphase wurde dem Treibstoff wasserfreier Agraralkohol zugemischt. Der Beimischungsanteil wurde nach und nach auf 22 % erhöht. Zusätzliche Destillationsanlagen wurde mit nur geringen Kosten bestehenden Zuckerfabriken angegliedert (sog. Annexanlagen).

1979 wurde mit der Errichtung autonomer Alkoholfabriken begonnen, die serienmäßige Produktion von Fahrzeugen mit Rein-Alkoholmotoren aufgenommen und das Tankstellennetz — unter Verwendung der Zapfsäulen für Superbenzin — auf wasserhaltigen Agraralkohol umgestellt. Damit wurden kaum noch rückgängig zu machende technologische Entwicklungen eingeleitet.

Zu einem Rückschlag kam es 1981 infolge vorübergehender technischer Mängel (Korrosionsschäden; Motorschäden und -versagen wegen überhöhten Wassergehalts) und anfänglicher regionaler Versorgungsengpässe beim Ausbau des Tankstellennetzes.

Nach Behebung dieser Mängel und aufgrund massiver Kaufanreize nahm der Absatz der „Alkoholfahr-

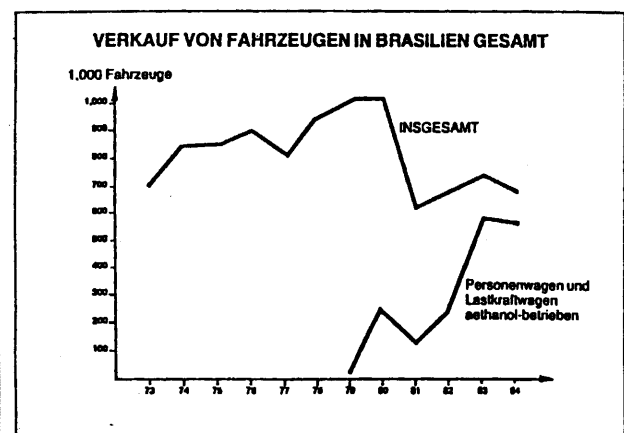
Übersicht 5

Brasilianische Ethanol-Produktion (in Mio. l)

Ernteperiode	wasserfreier Alkohol	wasserhaltiger Alkohol	Insgesamt
1974—75	216	409	625
1975—76	231	322	553
1976—77	303	367	670
1977—78	1 177	295	1 472
1978—79	2 097	394	2 491
1979—80	2 714	693	3 407
1980—81	2 104	1 601	3 705
1981—82	1 453	2 786	4 239
1982—83	3 550	2 279	5 829
1983—84	2 445	5 325	7 770
1984—85	2 725	6 518	9 243
1985—86 (Schätzung)	2 767	8 323	11 090

Quelle: Die Sonderkommission der brasilianischen Aethanolhersteller, Sao Paulo 1985

Schaubild 2



Quelle: Die Sonderkommission der brasilianischen Ethanolhersteller, Sao Paulo 1985

zeuge“ beachtlich zu. 1984 entfielen auf sie rd. 85 % aller verkauften Fahrzeuge (vgl. Schaubild 2), fuhrten über 2 Mio. Autos (17 % des Bestandes) ausschließlich mit Agraralkohol.

Neuerdings werden auch Lkw und Traktoren mit Alkoholmotoren ausgestattet. Seit kurzem steht in Brasilien auch der Einsatz von Agraralkohol in Dieselmotoren an der Schwelle zur breitflächigen Verwendung. Nach längerer Erprobungszeit erhielt ein Zwei-Kraftstoffverfahren den Vorzug, bei dem der

Motor gleichzeitig mit Alkohol und 10 bis 20 % Diesel betrieben wird.

Während 1984 von der brasilianischen Agraralkoholproduktion 76 % im Kraftstoffbereich eingesetzt wurden, entfielen auf den chemischen Sektor nur gut 6 %. Der Verbrauch in der chemischen Industrie (ohne Pharmazie) stieg von 150 Mio. l im Jahre 1971 auf 584 Mio. l im Jahre 1984. Hergestellt werden Kunststoffe wie Polyethylen, Polystyrol und Polyester, ebenfalls synthetischer Gummi sowie Pflanzenschutzmittel.

Übersicht 6

Verbrauch von Ethanol in ausgewählten Ländern bzw. Regionen
(1000 m³ A) ¹⁾

Verwendung	EG	USA	Brasilien	Japan	Indien
Kraftstoffherstellung	—	2 000 (1984)	7 600 (1984/85)	—	—
% des Verbrauchs an Ottokraftstoff	—	0,5	35	—	—
Chemische Industrie	453 (1981/82)	337 (1984)	587 (1984)	170 (1984)	325 (1982)

¹⁾ Die unterschiedlichen Erhebungsjahre (in Klammern) schränken die Vergleichbarkeit ein; außerdem handelt es sich z.T. um Synthesalkohol

Quelle: Schmoltzi, M.: Situation und Entwicklungstendenzen am Weltmarkt für Äthylalkohol. Institut für landwirtschaftliche Marktforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL). Unveröffentlichtes Manuskript, Juli 1985. — Brennerei-Kalender 1985. — Hagen 1985, S. 529. Gill, M. u. E. Allen: Status of the U.S. Ethanol Market, August 1985

Von der brasilianischen Regierung wird angesichts kritischer Stimmen zum Alkoholprogramm herausgestellt, daß durch Proalcool

- im Wirtschaftsjahr 1984/85 rd. 30 % des sonst erforderlichen Erdölimports ersetzt und dadurch die Zahlungsbilanz um 1,15 Mrd. US-Dollar entlastet wurde,
- ein noch stärkerer Preisdruck auf dem Weltzuckermarkt vermieden werden konnte,
- bis 1984 über 400 000 Arbeitsplätze beim Zuckerrohranbau und über 1,8 Mio. Arbeitsplätze in vor- und nachgelagerten Wirtschaftszweigen geschaffen wurden.

Brasilien spielt mit seinem Ende 1975 angelaufenen Proalcool-Programm eine Vorreiterrolle, die andere Länder zu einer vorsichtigen Nachahmung angeht — so z. B. Argentinien, Paraguay, Costa Rica, Kenia, Malawi und Zimbabwe, in denen bereits Agraralkohol zur Verwendung im Kraftstoffsektor erzeugt wird. Die Informationen über Erfahrungen dieser Länder mit Agraralkohol sind spärlich, zumal entsprechende Aktivitäten z. T. erst in jüngerer Zeit eingeleitet wurden.

Das 1983 erstellte „Alconafta-Programm“ Argentiniens ist in der Provinz Tucuman, dem Zentrum der Zuckerrohrerzeugung, angelaufen. Alconafta ist

eine Mischung aus 15 % wasserfreiem Alkohol und 85 % Benzin. Der Verkauf wurde nach und nach auf Superbenzin und schrittweise auf die zwölf nördlichen Provinzen ausgeweitet. Rohstoffgrundlage ist Melasse und — als Folge der Absatzschwierigkeiten auf dem Weltzuckermarkt — zunehmend Zuckerrohr zur direkten Alkoholgewinnung.

Nach brasilianischem Vorbild wurde in Paraguay ein Alkoholplan ins Leben gerufen. Durch Senkung der Einfuhrzölle für brasilianische Alkoholfahrzeuge und Preisfestsetzung auf 60 % des Benzinpreises wurde Agraralkohol interessant gemacht. Schwierigkeiten bereitet aufgrund unzureichender Erzeugerpreise vor allem die Versorgung der Brennereien mit Zuckerrohr.

Costa Rica begann 1981 mit dem Vertrieb von Agraralkohol als Treibstoffzusatz. Wegen geringer Akzeptanz wurde das Programm 1983 gestoppt, aufgrund der unbefriedigenden Zuckererlöse auf dem Weltmarkt inzwischen jedoch wieder vorangetrieben. Die für 1984/85 erwartete Agraralkoholerzeugung würde 7 % des Benzinbedarfs decken.

Auf den Philippinen soll das ursprünglich verworfene Programm zur Ethanolherstellung wegen der schwierigen Situation der Zuckerwirtschaft wiederbelebt werden; die Verwirklichung ist jedoch ungewiß.

Während in den genannten Ländern der Dritten Welt fast ausschließlich Zuckerrohr und Melasse eingesetzt werden, stellt in den USA überwiegend Mais die Rohstoffgrundlage dar. 1985 wurden 2,5 Mrd. l Agraralkohol hergestellt gegenüber 300 Mio. l im Jahre 1980.

Übersicht 7

Agraralkoholproduktion in den USA

	Mio. l
1980	303
1981	321
1982	885
1983	1 676
1984	2 144
1985	2 458

Der Verbrauch an Agraralkohol liegt noch höher, da größere Mengen eingeführt werden, insbesondere aus Brasilien.

Die Einführung von Gasohol — einem bleifreien Gemisch aus 90 % Benzin und 10 % Agraralkohol — begann 1979, nachdem mit verschiedenen Maßnahmen Herstellung und Verwendung von Agraralkohol gestützt wurden und die Benzinpreise infolge des zweiten Ölpreisschocks erneut stark anstiegen.

Nach Schätzungen des landwirtschaftlichen Forschungsdienstes des US-Landwirtschaftsministeriums (USDA) wurden 1984 bereits mehr als 2 Mrd. l Agraralkohol dem Benzin beigemischt. Absatz und Herstellung konzentrieren sich dabei auf den Mittleren Westen und einige Südstaaten, in denen besonders hohe Steuernachlässe gewährt werden.

Bei den gegenüber der EG vergleichsweise niedrigtourigen amerikanischen Fahrzeugen, die auf ein niedriges Oktanzahlniveau des Benzins ausgelegt sind, fungiert Agraralkohol als „Benzinstrecker“ sowie z. T. in unverbleitem Benzin als ein möglicher „Oktanzahlverbesserer“.

Der Anteil von Ethanol am Markt für Oktanzahlverstärker belief sich nach Angaben des US-Energieministeriums 1984 auf 24 %. Seit Januar d. J. ist in den USA der Bleigehalt im Kraftstoff von 0,13 g/l auf 0,026 g/l gesenkt worden. Auch wenn der Übergang zu den verringerten Bleigehalten nicht abrupt erfolgen wird, erwartet die amerikanische Umweltbehörde, daß bereits 1986 3,4 Mrd. l Ethanol (schätzungsweise 2,3 Mrd. l im Jahre 1985) und 2,3 Mrd. l Methanol dem Benzin beigemischt werden.

Im Chemiebereich ist die Verwendung von Alkohol auch in den USA erheblich zurückgegangen. In den letzten Jahren wurden etwa 340 Mio. l jährlich eingesetzt, überwiegend jedoch Synthesealkohol. Bedeutsamer ist die industrielle Anwendung von Alkohol als Lösungsmittel, u. a. für Pharmazeutika, Toilettenartikel, Kosmetika, Reinigungsmittel, Desinfektionsmittel usw.

In Schweden wurde 1984 eine Demonstrationsanlage in Betrieb genommen, in der neben Stärke Ethanol aus Getreide, aus Kartoffeln und aus Zuckerrüben erzeugt werden (Jahreskapazität 7 Mio. l). Der Alkohol wird regional begrenzt mit 4 % dem Normalbenzin beigemischt und von einem genossenschaftlich organisierten Tankstellennetz im Raum Stockholm vertrieben.

In anderen westlichen Ländern — außerhalb der EG-12 — spielt Agraralkohol als Industrierohstoff oder Energieträger bislang keine bedeutsame Rolle. In Japan wurden 1984 über 170 Mio. l Ethanol hergestellt. Hiervon entfielen 93,5 Mio. l auf Agraralkohol (73 Mio. l im Jahre 1980) auf der Grundlage von Zuckerrohr. Etwa die Hälfte des Ethanoleinsatzes entfiel auf die chemische Industrie.

In verschiedenen Staaten — z. B. Österreich und Südafrika — werden lediglich Pilotanlagen zur Ethanolherstellung aus agrarischen Rohstoffen betrieben.

Bei Agraralkohol wäre der Einstieg in den Treibstoffsektor ohne die erhebliche finanzielle Förderung des Staates in keinem Lande zustande gekommen. Denn unter Marktbedingungen wäre Agraralkohol als Energieträger oder chemischer Rohstoff bislang weder in Brasilien noch in den USA wettbewerbsfähig.

2. Welches sind die Hauptgründe, daß in verschiedenen Ländern nachwachsende Rohstoffe dauernd oder vorübergehend bei der industriellen Produktion und Energieerzeugung Verwendung finden?

Maßgebliche Voraussetzungen für eine Verwendung sind in erster Linie die technischen Eigenschaften nachwachsender Rohstoffe und ihre Preise im Verhältnis zu konkurrierenden Rohstoffen und Produkten.

Weitere Bestimmungsgründe sind:

- Vorkommen und Verfügbarkeit nachwachsender Rohstoffe,
- Struktur und Entwicklungsstand der Volkswirtschaft,
- Devisenbedarf und Absatzmöglichkeiten,
- wirtschaftspolitische Zielsetzungen und staatliche Maßnahmen.

Während in der Vergangenheit energie- und rohstoffpolitische Gründe für die Verwendung nachwachsender Rohstoffe maßgeblich waren, treten in jüngerer Zeit infolge anhaltender Überschußproduktion agrarpolitische Ziele im Hinblick auf eine Marktentlastung stärker in den Vordergrund.

Diesen Gründen kommt in den einzelnen Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländern unterschiedliches Gewicht zu.

Bis zum Aufkommen der Synthesefasern haben die Pflanzenfasern und insbesondere Baumwolle eine

dominierende Rolle gespielt. Seit den 50er Jahren belebten sich Produktion und Verbrauch von Baumwolle; grundlegende technische Fortschritte bei der Baumwollernte — sie erlauben eine Vollmechanisierung — und -verarbeitung verbesserten im Verein mit den Qualitätsvorteilen der Baumwolle wesentlich ihre Wettbewerbsfähigkeit.

Die *pflanzlichen Öle und Fette* haben gegenüber konkurrierenden Rohstoffen technische und dadurch häufig ebenfalls ökonomische Vorzüge. Das scheint insbesondere für die Herstellung bestimmter Reinigungsmittel, Lacke, Farben und Kunststoffe zu gelten, für die z. T. nur begrenzt substituierbare Öle wie Kokos- und Palmkernöl — die Laurinsäure enthalten — und technische Öle wie Leinöl und Rizinus benötigt werden. Zum anderen beruht die günstige Wettbewerbsposition der natürlichen Fette oft darauf, daß Abfallprodukte genutzt werden können, wie Talg, das in der Fettchemie zur Stabilisierung der Preisentwicklung der Oleochemikalien beiträgt. Auch deckt die chemische Industrie ihren Rohstoffbedarf an pflanzlichen Fetten z. T. aus Neben- bzw. Abfallprodukten der Raffination von Speiseölen.

Die Einsatzmöglichkeiten nachwachsender Rohstoffe der Produktlinien *Stärke und Zucker* werden ebenfalls in hohem Maße durch ihre chemischen und technologischen Eigenschaften bestimmt, wie unter I.1 bereits dargelegt wurde. In der chemischen Industrie kann Stärke als hochwertiger Ausgangsrohstoff eingesetzt werden, da bereits bei Zusatz vergleichsweise geringer Mengen dem Endprodukt wertsteigernde Eigenschaften verliehen werden.

Das Absatzvolumen dieser nachwachsenden Rohstoffe wird jedoch ebenfalls von ihrer Preiswürdigkeit bestimmt. In Ländern mit relativ hohen Preisen der agrarischen Rohstoffe sind die Verwendung von Stärke und Zucker im industriell-technischen Bereich wie auch die Erschließung neuer Einsatzbereiche von vornherein erheblich beeinträchtigt. Dies gilt sowohl gegenüber petrochemischen Erzeugnissen auf Basis fossiler Rohstoffe wie gegenüber Produkten auf Basis agrarischer Rohstoffe, die zu Weltmarktpreisen bezogen werden. Derartige Wettbewerbsnachteile bestehen in einigen westeuropäischen Staaten und bei Zucker in den USA, während in der EG ab dem Wirtschaftsjahr 1986/87 durch die Neuregelung bei Stärke und Zucker die agrarischen Rohstoffe zu weltmarktähnlichen Bedingungen bereitgestellt werden.

Das *brasilianische Alkoholprogramm* strebt an,

- die Einfuhrabhängigkeit bei Energie durch Erschließung heimischer Ressourcen zu verringern und damit sehr knappe Devisen einzusparen,
- durch Einsatz bislang nichtgenutzter Flächen und Arbeitskräfte das Sozialprodukt zu steigern und
- durch Anbau und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe vor allem in ländlichen Gebieten Arbeitsplätze zu erhalten und neue zu schaffen.

Darüber hinaus soll die Abhängigkeit der brasilianischen Zuckerwirtschaft vom Weltmarkt vermindert werden.

Gefördert wird die Verwendung von Agraralkohol im Kraftstoff- und im Chemiebereich. Die Stützung setzt sowohl auf der Produktions- wie auf der Absatzebene an:

- Kredite mit erheblich subventionierten Zinssätzen für die Modernisierung bestehender und die Errichtung neuer Destillationsanlagen sowie für den Aufbau von Zuckerrohranlagen und die Beschaffung von Betriebsmitteln;
- Beimischungszwang zu Benzin;
- Festsetzung des Alkoholpreises auf höchstens 65% des Benzinpreises. Bei einem Mehrverbrauch der Rein-Alkoholfahrzeuge von 15 bis 25% ergeben sich hieraus Einsparungen von 20 bis 26% der Kraftstoffkosten von Benzinfahrzeugen;
- Senkung der Fabrikpreise und der Verkaufssteuer für Alkoholfahrzeuge; günstigere Kfz-Steuer und Finanzierungsbedingungen;
- Sonderpreise für im Chemiebereich eingesetzten Agraralkohol.

Nach brasilianischen Angaben wurden an staatlichen Mitteln allein von 1976 bis 1983 umgerechnet 3,8 Mrd. US-Dollar in das Proalcool-Programm investiert.

Wegen der hohen Kosten und der steigenden Agraralkoholbestände wurde im Oktober 1985 eine Kommission eingesetzt, die die Kosten und Nutzen des Alkoholprogramms überprüfen und Vorschläge zur Preis- und Mengenfrage unterbreiten soll. Nach der Erklärung des brasilianischen Staatspräsidenten vom 7. Februar 1986 soll das Alkoholprogramm aus langfristigen strategischen Erwägungen auf dem derzeitigen Niveau fortgeführt werden. Die Destillationskapazitäten sollen entgegen bisherigen Planungen nicht weiter ausgebaut und das Programm zwecks Kostensenkung umstrukturiert werden.

Die außerordentlich zügige Expansion der Ethanolwirtschaft und die Verwendung von Agraralkohol ist entscheidend auf die staatlichen Förderungsmaßnahmen zurückzuführen. Begünstigt wurde diese Entwicklung jedoch auch dadurch, daß

- nicht oder nur sehr extensiv genutzte Flächen reichlich vorhanden sind. Ihre Nutzungskosten — die dem entgangenen Gewinnbeitrag der besten alternativen Verwendung der Flächen entsprechen — sind relativ niedrig, zumal die Exportmöglichkeiten für Zucker und andere Agrarprodukte sehr begrenzt sind,
- der Einsatz stark energiekostenabhängiger Betriebsmittel gering ist und
- die Stengelmasse (Bagasse) den Bedarf an Prozeßenergie decken kann.

Die Produktionsvoraussetzungen für Agraralkohol dürften daher in Brasilien günstiger sein als in den

USA. Als Rohstoff für die Alkoholherstellung kommt dort aufgrund der Ertrags- und Erlösrelationen in erster Linie Mais in Frage.

Anlaß für die seit 1978 ergriffenen amerikanischen Stützungsmaßnahmen war ebenfalls in erster Linie das Bestreben, die Abhängigkeit und Verwundbarkeit der amerikanischen Wirtschaft von unsicheren ausländischen Öllieferungen durch Nutzung eigener Ressourcen zu verringern. Hinzu kamen insbesondere die Ziele,

- durch Einsatz von Mais zur Ethanolherstellung den überschüssigen Getreidemarkt zu entlasten und damit den Preisdruck zu mindern,
- durch Verwendung von Benzin-Ethanolgemischen Blei aus dem Treibstoff zu verdrängen.

Letzteres war technisch möglich durch das vergleichsweise niedrige Oktanzahlniveau US-amerikanischen Benzins und damit verbunden das niedrige Verdichtungsverhältnis der Ottomotoren sowie die strikten Geschwindigkeitsbegrenzungen. Unter diesen Bedingungen wirkt sich bei der 10%igen Beimischung die Neigung von Ethanol als Kraftstoffkomponente zum Hochgeschwindigkeitsklopfen nicht aus.

Im Mittelpunkt der Förderung steht die Senkung der Mineralölsteuer des Bundes um ursprünglich (1978) 4 Cents/Gallone für Gasohol, welches mindestens 10% Agraralkohol enthält. Die Maßnahme ist bis 1992 befristet. Die Steuerbegünstigung beträgt mittlerweile 6 Cents/Gallone Gasohol oder 15,9 Cents/l = 37 Pf/l Agraralkohol (bei 2,30 DM je US-Dollar).

Neben der Bundesregierung gewähren derzeit 32 der 50 Bundesstaaten unter gleichen Bedingungen eine zusätzliche Steuerbegünstigung. Sie liegt zwischen 1 und 16 Cents/Gallone Gasohol, meist zwischen 3 und 5 Cents (18 bis 30 Pf/l Agraralkohol). Diese Förderung unterlag in der Vergangenheit in einer Reihe von Bundesstaaten allerdings starken Schwankungen und verunsicherte Investitions- und Absatzplanungen.

Hinzu kommen verschiedene, z. T. befristete Abschreibungsvorteile und Bürgschaften der Bundesregierung für die Errichtung neuer Kapazitäten der Ethanolherzeugung.

Die Erfahrungen in den USA zeigen, daß die einzelwirtschaftliche Rentabilität der Agraralkoholherstellung und die Absatzchancen von Gasohol auf dem Treibstoffmarkt in erster Linie von den staatlichen Stützungsmaßnahmen, darüber hinaus aber entscheidend von den z. T. stark schwankenden Erdöl- und Maispreisen abhängen. Bedeutsam sind auch die Erlöse für die Nebenprodukte der Maisverarbeitung, die einen beachtlichen Teil der Rohstoffkosten abdecken. Insbesondere das bei der Naßvermahlung von Mais anfallende Maiskleberfutter (lt. USDA 1985 etwa 1 Mio. t aus 3,6 Mio. t Mais) profitiert von den günstigen Absatzmöglichkeiten in der EG.

Nach einer US-Studie hat die durch die Agraralkoholherzeugung bewirkte zusätzliche Maisnachfrage 1985 (ca. 6,1 Mio. t lt. USDA) den Maiserlös um fast 4 US-Dollar/t erhöht. Dadurch stieg der Gesamtwert der Maisernte um 849 Mio. US-Dollar, und es ergeben sich — nach Abzug der Kosten der Agraralkoholförderung — für die US-Regierung Nettoeinsparungen von 227 Mio. US-Dollar bei den landwirtschaftlichen Preisstützungen¹⁾. Nicht berücksichtigt sind in dieser Berechnung die Steuervergünstigungen von Einzelstaaten und die Mehrbelastung der Verbraucher durch den Preisanstieg bei Mais.

In Schweden wird das Wettbewerbsdefizit von Agraralkohol durch die geltende Besteuerungsregelung ausgeglichen; die Mineralölsteuer beträgt 0,8 skr/l Agraralkohol, 2,33 skr/l Benzin. Die Herstellungskosten für den als Koppelprodukt hergestellten Agraralkohol liegen mit 3 skr/l (96 Pf/l) deutlich über dem Einfuhrpreis für Benzin (1,85 skr/l).

3. Wie sind in diesen Ländern speziell die Kosten-, klimatischen und landwirtschaftlichen Bedingungen im Hinblick auf Anbau und Verwertung nachwachsender Rohstoffe zu beurteilen?

Seit jeher werden in vielen Ländern Pflanzen kultiviert, die teilweise oder sogar ausschließlich der gewerblichen oder industriellen Nutzung zugeführt werden, d. h. als nachwachsende Rohstoffe dienen (s. auch Frage I.1). Klassische Beispiele sind Holz, Baumwolle, Sisal, Jute, Öl- und Kokospalme, Naturkautschukbaum in den Tropen bzw. Subtropen, Öllein, Flachs und Hanf in der gemäßigten Klimazone.

Für die Erzeugung von Holz sind die klimatischen und sonstigen natürlichen Standortbedingungen in den gemäßigten und tropischen Zonen zwar verschieden, aber insgesamt gut; weniger günstig sind sie in den arktisnahen borealen Regionen, wo sich dennoch das größte Nadelwaldgebiet der Erde befindet.

Die Verwertung von Holz ist in den Industrie- und Schwellenländern dank günstiger technischer und infrastruktureller Voraussetzungen trotz höherer Kosten mit besseren Ergebnissen möglich als in Entwicklungsländern, wo vielfach — von begrenzten Exportmöglichkeiten abgesehen — noch Subsistenzwirtschaft vorherrscht.

Die folgende Übersicht zeigt die Produktionsentwicklung einiger wichtiger landwirtschaftlicher Rohstoffpflanzen in den Tropen bzw. Subtropen:

¹⁾ Umbeck, J. R., The Impact of the Ethanol Industry on the United States Corn Market, Purdue University, 1985

Produktionsentwicklung von Rohstoffpflanzen
(1 000 t)

	1969/71	1974/76	1982	1983	1984
<i>Jute</i> , Welt	3 292	3 235	3 745	3 895	4 157
Bangladesch	1 115	789	879	954	733
China	301	687	1 060	1 019	1 489
Indien	1 189	1 131	1 291	1 335	1 404
Thailand	401	310	215	233	199
<i>Sisal</i> , Welt	645	579	436	351	389
Tansania	198	130	61	47	40
Brasilien	229	257	251	181	225
<i>Baumwolle</i> , Welt	12 170	12 753	14 829	14 404	17 727
Ägypten	520	406	460	421	390
Sudan	235	203	154	201	219
Mexiko	376	314	166	229	257
USA	2 225	2 208	2 605	1 692	2 827
Brasilien	631	547	639	552	618
China	2 154	2 299	3 598	4 637	6 077
Indien	1 088	1 174	1 281	1 119	1 250
UdSSR	2 132	2 571	2 786	2 586	2 490
<i>Naturkautschuk</i> , Welt	3 004	3 610	3 786	4 032	4 178
Indonesien	838	976	861	977	1 150
Malaysia	1 285	1 556	1 517	1 562	1 497
Thailand	295	375	576	587	580

Quelle: FAO-Production Yearbook, verschiedene Jahrgänge

Grundsätzlich beruht der Anbau landwirtschaftlich genutzter Pflanzenarten auf dem genetisch festgelegten Anpassungsvermögen der jeweiligen Pflanzenart an z.T. sehr unterschiedliche Standortverhältnisse. Sie können in gewissen Grenzen durch pflanzenzüchterische und pflanzenbauliche Maßnahmen beeinflusst werden. Daraus folgt, daß auch der Anbau von Industriepflanzen als nachwachsende Rohstoffe regional differenziert zu sehen ist. Die Produktion von Kautschuk ist in tropischen Gebieten, insbesondere Südostasien (Malaysia mit 36% der Weltproduktion), die von Zuckerrohr in Lateinamerika (mit knapp 50% der Weltproduktion), ebenfalls in den Tropen, die der Zuckerrübe dagegen in gemäßigten Klimaten anzutreffen.

Die neueren Forschungs- und Entwicklungsprogramme, insbesondere seit der Energiekrise 1973, schließen Anbaugelände sowohl der wärmeren als auch der gemäßigten Klimate ein. Die insbesondere in den USA eingeleiteten Programme für neue Ölpflanzen verteilen sich ziemlich gleichmäßig auf die unterschiedlichen Klimazonen.

Bei den nachwachsenden Rohstoffen spielt die Frage der Flächenverfügbarkeit eine besondere Rolle. In den landwirtschaftlichen Überschußgebieten, vornehmlich Nordamerikas und Westeuropas, aber auch in manchen Entwicklungsländern, insbesondere Südamerikas, können die benötigten Areale aus den vorhandenen Flächenpotentialen herausgenommen werden, ohne daß die Ernährung der Bevölkerung beeinträchtigt wird. Demgegenüber konkurrieren beide Nutzungsrichtungen in vielen Ländern der Dritten Welt um die Anbauflächen. Dabei profitieren die Industriepflanzen häufig davon, daß für sie auf dem Weltmarkt eine kaufkräftige Nachfrage vorhanden ist, die für Nahrungsmittel auf dem Binnenmarkt oft nicht besteht — trotz ungedeckten Nahrungsbedarfs breiter Bevölkerungsschichten.

Auch die Notwendigkeit, Deviseneinnahmen aus dem Rohstoffexport zu erzielen, hat viele Entwicklungsländer veranlaßt, den Industriepflanzenbau auszuweiten. Beachtliche Ertragssteigerungen bei den Nahrungspflanzen haben ebenfalls dazu beige-

tragen, daß in früher mit Nahrungsmitteln unterversorgten Ländern, wie z. B. der VR China, der Anbau von Rohstoffpflanzen ausgedehnt werden konnte.

Mit mehr als 6 Mio. t Baumwollproduktion 1984 liegt die VR China heute an der Weltspitze. Während China in den frühen 80er Jahren noch rd. 1 Mio. t Baumwolle, etwa ein Drittel des damaligen Bedarfs, importierte, ist das Land heute zum Nettoexporteur geworden.

Die Wettbewerbsfähigkeit natürlicher Rohstoffe gegenüber synthetischen Materialien ist oftmals nur durch die Qualitätsansprüche der Konsumenten gegeben, die z. B. der Baumwolle trotz eines höheren Preises den Vorzug gegenüber synthetischen Fasern geben.

Für eine Preisannäherung der natürlichen Rohstoffe an die konkurrierenden synthetischen sind unterschiedliche Bestimmungsgründe maßgebend. Der Einsatz modernster Technologien erlaubt den USA eine kostengünstige Baumwollproduktion.

Neuzeitliche Zuchtklone ermöglichen heute in Malaysia bei optimaler Düngung Kautschukerträge von 3 000 kg/ha. Vergleichsweise spektakuläre Fortschritte sind auch bei anderen Rohstoffpflanzen zu verzeichnen. Ertragssteigerungen einerseits und die Verfügbarkeit von billigen Arbeitskräften andererseits sind maßgeblich für die Wettbewerbsfähigkeit der Erzeuger aus den Ländern der Dritten Welt.

Günstig sind die klimatischen und landwirtschaftlichen Bedingungen für die Herstellung von Agraral-

kohol insbesondere in Teilen der USA und Brasiliens.

In den USA stehen 20 bis 30 % der landwirtschaftlichen Produktion, bei Getreide rd. 60 % (125 Mio. t und mehr) trotz Flächenstillegungsprogrammen als Erzeugungsüberschuß zur Verfügung. Da diese Mengen nur teilweise auf dem Weltmarkt abgesetzt werden können, müssen sie anderen Verwendungszwecken zugeführt werden.

1985 wurden in den USA über 6 Mio. t Mais zur Ethanolherstellung verwendet, aus denen knapp 2 Mrd. l Ethanol erzeugt wurden. Etwa 60 % des erzeugten Ethanols kommt aus Anlagen mit Naßvermahlung, die z. T. in Verbundproduktion auch Isoglucose herstellen. Der Anteil der Anlagen mit Trockenvermahlung ist jedoch in den letzten Jahren gestiegen. 1984 waren 58 Anlagen in Betrieb; die meisten weisen eine Kapazität von 75 bis 220 Mio. l/Jahr auf. Die Herstellungskosten für Agraralkohol lagen — je nach Anlagengröße — bei 38 bis 53 Cents/l (0,87 bis 1,22 DM/l; vgl. Übersicht 9).

Beachtenswert ist, daß die Erlöse für Nebenprodukte — insbesondere das aus der Trockenvermahlung anfallende „Destillers Dried Grain“ — mit 16 Cents/l mehr als die Hälfte der Rohstoffkosten abdeckt; ähnliches gilt für die Nebenprodukterlöse bei der Naßvermahlung von Mais, wo mit Maiskleberfütter ebenfalls ein wertvolles Eiweißfüttermittel anfällt, das überwiegend in die EG exportiert wird.

Bei einem durchschnittlichen Tankstellenpreis von 31 Cents/l für bleifreies Benzin (Dezember 1984) war Agraralkohol nur aufgrund der erheblichen staatlichen Stützung auf dem Kraftstoffmarkt wettbewerbsfähig (s. auch I.2).

Übersicht 9

Herstellungskosten Ethanol aus Mais, 1984¹⁾

Kosten	Anlagengrößen (Millionen l)						
	38	75	151	227	303	379	454
	Dollar/l						
Energie	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
andere direkte Kosten .	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
indirekte Kosten	0,06	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Abschreibung	0,20	0,16	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
Rohstoffkosten ²⁾	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Gutschrift/ Nebenprodukte ³⁾	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16
insgesamt	0,53	0,46	0,42	0,41	0,39	0,38	0,38

¹⁾ Annahmen: 1 t Mais ergibt 387 l Ethanol und 300 kg eiweißhaltige Nebenprodukte; Steuernachlässe des Bundes und der Einzelstaaten sind nicht berücksichtigt; die Kosten beziehen sich auf dry-milling-Verfahren

²⁾ Maispreis 118 \$/t

³⁾ Preis für Destillers Dried Grain 181 \$/t

Quelle: M. Gill and E. Allen: Status of the U. S. Ethanol Market; Economic Research Service (USDA), Washington 1984

Brasiliens Proalcool-Programm basiert überwiegend auf Zuckerrohr. Der Anbau ist in den letzten Jahren erheblich ausgeweitet worden (Mio. ha):

1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
2,5	2,6	2,8	3,1	3,4	3,8

Ein steigender Anteil der Zuckerrohrproduktion ging hierbei in die Ethanolherstellung (% der Zuckerrohrernte):

1979/80	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85
41	40	45	50	54	57

Obwohl für die Agraralkoholherzeugung riesige Flächen in Anspruch genommen wurden, entfielen auf sie 1984 nur 3,5% der genutzten Ackerfläche von 63 Mio. ha bei einem Ackerlandpotential, das von brasilianischer Seite — vielleicht etwas zu optimistisch — auf 240 Mio. ha geschätzt wird.

Zuckerrohr wird in Brasilien nach wie vor in konventioneller Weise angebaut: Bodenbearbeitung nach vorausgehender Verbrennung der Ernterückstände, Düngung und Pflanzung — soweit die Wurzelstöcke nicht zum Wiederaustrieb im Feld verbleiben —, Pflanzenschutzmaßnahmen, Nachdüngung der Ernte, Kappen der Pflanzen, Verbrennen der Blattmasse auf dem Feld, Bergen und Einbringen der zuckerhaltigen Stengel. Zuckerrohr bringt selbst auf bescheidenen Böden noch annehmbare Erträge.

Durch Entwicklung neuer, leistungsfähigerer und standortangepaßter Zuckerrohrsorten, verbesserte Anbau- und Erntetechniken und Fortschritte im Pflanzenschutz wurden in der Vergangenheit erhebliche Ertragssteigerungen erzielt; im Staat Sao Paulo, dem Hauptanbaugebiet, stieg der Ernteertrag von 15 t/ha (1947 bis 1953) auf 71 t/ha (1978 bis 1984).

Die Zuckerrohrverarbeitung ist rein privatwirtschaftlich organisiert. Um einer übermäßigen Marktmacht der Alkoholindustrie gegenüber den Landwirten vorzubeugen, dürfen die Alkoholfabriken höchstens 50% des verarbeiteten Zuckerrohrs auf eigenen Flächen erzeugen; den anderen Teil müssen sie von den Zuckerrohranbauern beziehen.

Kennzeichnend für den Weltmarkt für *Öle und Fette* ist die Vielzahl unterschiedlicher miteinander konkurrierender Produkte, zwischen denen großenteils enge Substitutionsbeziehungen bestehen.

Für die Oleochemie werden vorwiegend laurinsäurehaltige Öle verwendet. Dies sind in erster Linie Kokos- und Palmkernöl, die in der Seifen- und Waschmittelindustrie Verwendung finden.

Malaysia und *Indonesien* haben in den letzten Jahren erhebliche Anbauausweitungen des Ölpalmenanbaus vorgenommen. In diesen Ländern werden Durchschnittserträge von annähernd 5 t Öl je ha erzielt; diese Erträge sind etwa viermal so hoch wie die Rapsölerträge in der EG.

Die bisher nur begrenzt substituierbaren Fettsäuren im chemisch-technischen Bereich, die hohen Flächenenerträge verbunden mit einem niedrigen

Lohnniveau der Entwicklungsländer und einer abgabenfreien Einfuhr in die EG verschaffen diesen überseeischen Produktionsländern erhebliche Wettbewerbsvorteile.

Gegenüber den europäischen Verarbeitern haben die Stärkeproduzenten in den Getreideüberschußländern außerhalb der EG beachtliche Wettbewerbsvorteile bei der Stärkeverwendung im Nahrungsbereich. Niedrige Weltmarktpreise ermöglichen eine kostengünstige Stärkeherzeugung, die eine Substitution synthetischer Ausgangsstoffe begünstigt.

Insbesondere in den USA bestehen für eine Ausweitung der Stärkeindustrie günstige Voraussetzungen, da sie sowohl über ausreichende, preiswerte Rohstoffe als auch über eine hochentwickelte Verarbeitungskapazität verfügen.

4. Wie sind die Umweltauswirkungen in diesen Ländern durch den Anbau und die Verwertung der nachwachsenden Rohstoffe zu beurteilen, und wie werden sie gelöst?

Das Umweltbewußtsein ist von Land zu Land sehr unterschiedlich ausgeprägt. Während in vielen westlichen Industrieländern die Umweltgesetzgebung immer strenger geworden ist, werden die Belastungen der Umwelt durch die anlaufende Industrialisierung und stärkere Technisierung der Landbewirtschaftung in zahlreichen Entwicklungsländern vielfach nicht klar genug erkannt. Hinzu kommt, daß diese Staaten aus Kapitalmangel nicht so strenge Umweltbestimmungen haben wie die hochindustrialisierten Staaten und sie auch weniger konsequent einhalten. Erfahrungen aus anderen Ländern liegen nur begrenzt vor.

Die im Nordosten *Brasiliens* festgestellten Anzeichen für Bodenauslaugung werden auf eine intensive, seit Jahrhunderten einseitige Nutzung durch Zuckerrohr zurückgeführt.

Die brasilianische Regierung ist bemüht,

- die nachteiligen Auswirkungen des einseitigen Anbaues von Zuckerrohr durch Auflockerung der Fruchtfolge zu mildern. So werden in traditionellen Zuckerrohrgebieten nach vier oder fünf Jahren, also vor Anlage der Neupflanzung, regelmäßig Zwischenfrüchte angebaut — je nach Standort Soja, Bohnen, Erdnüsse, Mais, Reis oder Gemüse. Gerade Leguminosen können der Bodenausbeutung entgegenwirken und helfen Düngemittel sparen;
- eine noch stärkere räumliche Konzentration des Zuckerrohranbaues durch Freigabe oder Sperrung bestimmter Standorte für diese Kultur zu verhindern. So sollen die ab 1980 genehmigten Alkoholprojekte überwiegend in landwirtschaftlich extensiv oder noch weitgehend ungenutzten Regionen ihren Standort gefunden haben.

Bei der *Verarbeitung* ergeben sich die Hauptprobleme durch die anfallenden *Reststoffe* und deren

sinnvolle Verwendung. Pro Liter Agraralkohol fallen etwa 13 l Schlempe an, pro ha Zuckerrohr also 40 000 bis 45 000 l. Umweltprobleme verursachen insbesondere

- das Einleiten von ungeklärten Abwässern (Schlempen) in die Flüsse mit der Folge einer bedrohlichen Schädigung von Fauna und Flora und
- das Ausbringen zu großer Schlempemengen auf den Feldern, das häufig zu einer Überdüngung geführt hat.

In den letzten Jahren wurde diesen Problemen einerseits durch eine gezielt dosierte Verwendung der Schlempe als natürlichem Düngemittel — hier ergeben sich insbesondere wirtschaftliche Vorteile durch die Einsparung von Handelsdünger — und andererseits mit neueren Umweltschutzbestimmungen begegnet.

Als Lösungsansätze zeichnen sich außerdem Maßnahmen zur Herabsetzung der Schlempemengen ab, z. B. durch Verdampfen zur Anhebung der Schlempekonzentration und durch partielle Schlemperückführung im Fermentationsprozeß.

In den USA wird zur Herstellung von Stärke und Ethanol — häufig in Koppelproduktion — fast ausschließlich Mais als Rohstoff eingesetzt, der mit einem Gehalt an Feuchtigkeit in Höhe von etwa 14 % nicht nur wasserarm ist, sondern darüber hinaus neben der Stärke gleichzeitig wertvolle und gut abzusetzende Nebenprodukte (Futtermittel) liefert. Darüber hinaus ist es in den vergangenen Jahren gelungen, den Wasserbedarf erheblich, auf weniger als 1 500 l/t Mais zu senken, so daß nennenswerte Abwasserprobleme nicht bestehen. Bei der Verarbeitung von Weizen zu Stärke, wie in Schweden und der EG, werden trotz aller Anstrengungen der Industrie 3 000 bis 4 000 l/t Weizenmehl benötigt; außerdem enthält das Prozeßwasser noch hohe Anteile an sedimentierbaren und gelösten Feststoffen.

Probleme der Wasserverschmutzung durch die Stärkeherstellung aus Tapioka sind aus Thailand bekannt. In 55 modernen Anlagen mit einer Kapazität von 1 Mio. t werden jährlich 600 000 t Stärke erzeugt, davon zwei Drittel für den Export. Zur Herstellung einer Tonne Stärke werden 40 000 bis 60 000 l Wasser benötigt. Die Abwässer mit einem hohen Anteil an Säuren und Schwebstoffen werden unkontrolliert in die Gewässer eingeleitet und bedrohen damit das bestehende biologische Gleichgewicht. Ähnlich ist die Situation in Indonesien.

Der Anbau von Ölpflanzen ist zwar im allgemeinen umweltfreundlich. Die Rückstände bei der Verarbeitung der Ölpalmfrucht werfen jedoch z. B. in Indonesien große Probleme auf.

Hinsichtlich der Verwendung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen lassen sich eine Reihe positiver Umweltauswirkungen nennen:

- Durch den Einsatz von Agraralkohol als Kraftstoff in den speziellen brasilianischen Motoren und dem damit verbundenen Wegfall von Blei ist

nach brasilianischen Angaben die Bleikonzentration in den bodennahen Luftschichten wesentlich gesunken (im Stadtgebiet von Sao Paulo auf ein Viertel). Deutlich vermindert hätten sich danach auch die Emissionen von Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffen (CH) und Stickoxiden (NO_x). Allerdings träten größere Mengen an Acetaldehyd auf. Diese brasilianischen Beobachtungen sind nicht ohne weiteres auf andere Länder übertragbar.

- In den USA ist Blei in Benzin-Ethanolgemischen nicht mehr enthalten. Mit den verschärften Abgasbestimmungen könnte die Bedeutung von Agraralkohol als Oktanzahlverbesserer zunehmen (s. auch I.1).
- Der Einsatz von Zucker zur Gewinnung von Zitronensäure (weltweit etwa 300 000 t) ist von den Kosten der Verarbeitung und Entsorgung her wesentlich günstiger als die Verwendung von Melasse, die mit erheblichen Problemen der Abfallbeseitigung verbunden ist. Melasse kommt daher vorwiegend in Ländern mit relativ hohen Zuckerpreisen zum Einsatz.
- Die Erfahrungen zeigen, daß die Verwendung von Stärke als Naturprodukt besonders umweltfreundlich ist, auch in modifizierter Form. Im Gegensatz zu den meisten synthetischen Rohstoffen ist Stärke biologisch abbaubar; sie kann im Produktionsprozeß gesundheitsbedenkliche Stoffe, wie Phenol und Formaldehyd, teilweise ersetzen. Die biotechnische Verarbeitung der Stärke zeichnet sich ebenfalls durch geringe Umweltbelastungen aus, z. B. niedriger Wasser- und Energiebedarf und verminderte Abwasserbelastungen. Auch hieraus ergeben sich günstige Perspektiven für Stärke, da die Welt mehr denn je auf umweltfreundliche Rohstoffe angewiesen ist.

5. Welche Techniken und Methoden werden derzeit in erster Linie bei Anbau und Verwertung nachwachsender Rohstoffe in den Haupterzeuger- und Verwertungsländern angewendet, und welche Anstrengungen werden in diesen Ländern unternommen, diese Techniken und Methoden zu verbessern bzw. neue Techniken und Methoden zu entwickeln?

Die Anforderungen an Rohstoffpflanzen sind vielfach nicht identisch mit denen, die an Pflanzen für den Nahrungsverbrauch gestellt werden. Derzeit werden überwiegend im Anbau befindliche Nutzpflanzen als nachwachsende Rohstoffe verwendet, wobei bekannte Kultur- und Erntetechniken eingesetzt werden. Auch die Konversion und die Verfahren zur Be- und Verarbeitung der Naturstoffe erfolgen nach in der industriellen Praxis gebräuchlichen und in üblicher Weise fortentwickelten Techniken und Methoden.

Die Stärke ist seit jeher ein industrieller Rohstoff. Sie wird aus den gleichen Kulturpflanzen gewonnen, die auch für den Ernährungssektor Stärke lie-

fern, nämlich Mais, Kartoffeln, Weizen, Tapioka und Reis. Techniken und Methoden des Anbaues sind Stand des Wissens, ebenso Herstellung und Verwertung der Stärke. Begrenzender Faktor für weitere Verwertungsmöglichkeiten war bislang das gegenüber dem Weltmarktpreisniveau höhere EG-Preisniveau für Stärke. Die relativ günstigere Preisentwicklung des EG-Weizens gegenüber Mais innerhalb der vorangegangenen Jahre hat zu einer gewissen Ausweitung der Weizenstärkeherstellung in der EG geführt, allerdings ohne daß es aus den bereits genannten Gründen zu einer nachhaltigen Ausweitung des Absatzes von Stärke in den technischen Sektor gekommen ist.

Bei den *Ölpflanzen*, für die ebenfalls die einleitend genannten Aussagen grundsätzlich gelten, ist hervorzuheben, daß sie seit langer Zeit primär auf den Einsatz in der Ernährung hin gezüchtet worden sind. Die industriellen Verwender finden daher nur solche pflanzlichen Öle vor, die nicht speziell auf eine chemische Verwendung hin zugeschnitten sind. Die heute der chemischen Industrie angebotenen Fettrohstoffe verlangen oft aufwendige Trennungs- und Reinigungsprozesse, bei denen niederwertige Neben- und Abfallprodukte anfallen, für die ebenfalls Verwendungsbereiche gefunden werden müssen. Seitens der chemischen Industrie wird vermehrt an die Pflanzenzucht der Wunsch herangetragen, pflanzliche Öle zu bekommen, die auf die spätere Verwendung ausgerichtet sind, eine höhere Wertschöpfung ermöglichen und für die höhere Preise gezahlt werden können als für die Abfallprodukte des Ernährungsölmärktes.

Die Brauchbarkeit solcher Industrieöle für unterschiedliche Einsatzbereiche wird an folgenden Merkmalen gemessen:

- Kettenlänge der Fettsäure;
- Zahl, Lage und Struktur der Doppelbindungen zwischen den Kohlenstoff-Atomen;
- Vorhandensein von interessanten chemisch aktiven Gruppen an einzelnen Fettsäuren.

Sofern die bereits in vielen Ländern eingeleiteten Entwicklungsarbeiten fortgesetzt werden, ist vom züchterischen Verlauf her ein erfolgreicher Industriepflanzenanbau zur Erzeugung von technischen Ölen mit entsprechenden Sorten durchaus vorstellbar. Jüngste Entwicklungen in der Biotechnologie zeigen viele Möglichkeiten auf, wie mit Hilfe der Gen- und Zellkulturtechnik Ölpflanzen verbessert werden könnten.

Auch bei der Weiterverarbeitung werden sich durch neuere chemische und biotechnologische Verfahren zur Spaltung und Synthese von Fettsäuren technische Fortschritte bei der Gewinnung von Oleochemikalien verwirklichen lassen.

Von den *Faserpflanzen* haben Marktbedeutung Sisal, Baumwolle, Hanf und Faserlein. Die Baumwolle nimmt am Markt eine Vorrangstellung ein. Es handelt sich hierbei um eine hochentwickelte Kulturpflanze mit technisch ausgereiften Anbau-, Ernte- und Verarbeitungsverfahren. Für einen europäi-

schen Anbau in marktrelevantem Umfang kommt lediglich Faserlein in Frage. In Konkurrenz gegenüber den Kunststofffasern ist die Bedeutung des Faserleins in den vorangegangenen Jahrzehnten erheblich zurückgegangen. Dementsprechend sind Techniken und Methoden des Anbaus und der Verarbeitung auf dem alten, z.T. auch zu arbeitsaufwendigen und umweltbedenklichen Stand stehen geblieben. Erst in jüngster Zeit können vor dem Hintergrund der weltweiten Agrarüberschüsse Bemühungen beobachtet werden, dem Faserlein durch Weiterentwicklung der Anbau- und Ernteverfahren sowie insbesondere der Aufschlußmethoden zur Gewinnung der Faser neue Marktchancen zu erschließen.

Agrarischer Rohstoff für die *Ethanolherstellung* in Brasilien ist das Zuckerrohr, dessen Anbau- und Erntemethoden aus dem Zuckerrohranbau zur Zuckererzeugung voll übernommen werden. Ähnliches gilt für die USA, wo die Ethanolherzeugung auf Mais basiert, einem im übrigen für die Tierernährung erzeugten Futtermittel. Im Rahmen der bestehenden Forschungs- und Entwicklungsprogramme werden die beiden genannten Agrarerzeugnisse züchterisch und ackerbaulich weiterentwickelt.

Die meisten Verfahren zur Verwendung von Alkohol als Chemiegrundstoff sind seit langem bekannt und hatten bis in die Nachkriegszeit in vielen Ländern große Bedeutung. In der Zeit niedriger Rohölpreise sind jedoch vielfach Verfahren auf der Basis von Agraralkohol durch die Petrochemie verdrängt worden. Die seit der Ölpreiskrise von 1973/74 zu verzeichnende Trendumkehr beschränkt sich auf einige Entwicklungsländer, in denen Agraralkohol wieder eine größere Rolle als Chemiegrundstoff einzunehmen beginnt (neben Brasilien z.B. Indien und Pakistan).

Die Konversion agrarischer Rohstoffe zu Ethanol erfolgt mit Verfahren des derzeitigen Standes der Technik. Zur Weiterentwicklung der Konversionstechnik gibt es neben der üblichen verfahrenstechnischen Optimierung mehrere Ansätze. Bei der Konversion fallen die Energiekosten stark ins Gewicht, wobei die Destillation im Vordergrund steht; dies ist ein Schwerpunkt für Verfahrensentwicklung und Optimierungsansätze. Ein dritter wichtiger Bereich sind die Entsorgungsmaßnahmen, die sinnvollerweise mit der Energiegewinnung, z.B. in Form von Biogas, gekoppelt werden.

Daraus haben sich folgende Entwicklungsarbeiten als notwendig erwiesen:

- Der Einsatz immobilisierter Hefen und Bakterien, um die Ausbeute weiter zu steigern und die Fermentierleistung sowie die Betriebssicherheit zu erhöhen.
- Der Einsatz alternativer Verfahren zur Abtrennung des Alkohols: Extraktion mit organischen Lösungsmitteln oder verdichteten Gasen unter hohem Druck, um den Energieaufwand weiter zu senken.
- Die Deckung des Energiebedarfs aus der Konversion von Nebenprodukten zu Biogas.

- Die Entwicklung thermophiler, auch pentosevergärender Mikroorganismen für die technische Anwendung.

In allen Industrienationen, in denen Anlagen zur Herstellung von Agraralkohol produziert werden, u.a. auch in Brasilien und den USA, wird an den genannten Aufgabenstellungen gearbeitet.

Anpassungen der Technik an die erweiterte Nutzung des agrarischen Alkohols haben sich in der Motorenentwicklung ergeben. Aufgrund des politischen Willens und der marktrelevanten großen Mengen an Agraralkohol in Brasilien wurden dort Motoren entwickelt, die für einen reinen Ethanolkraftstoff bzw. für einen Kraftstoff mit 20% Ethanolbeimischung geeignet sind. Es handelt sich hierbei um eine speziell auf Brasilien abgestimmte Entwicklung, an der internationale — insbesondere deutsche — Firmen der Motoren- und Automobilindustrie beteiligt sind. Die derzeitige Entwicklung in Brasilien konzentriert sich nach Einführung von Ethanol-Ottomotoren auf die Verwendungsmöglichkeit von Agraralkohol in Dieselmotoren. Auch diese speziell für Brasilien marktbedeutsame Entwicklung wird von internationalen Firmen und Konzernen der Motoren- und Automobilbranche betrieben. Es handelt sich hierbei um zwei Konzepte, einmal um die getrennte Einspritzung von Diesel und Ethanol in den Verbrennungszylinder des Dieselmotors, zum anderen um die Verwendung eines mit Zündbeschleunigern und anderen Zusätzen versehenen Alkohols als Kraftstoff.

Die Entwicklung in den USA zur Verwendung von Agraralkohol im Kraftstoffsektor war auf marktübliche Ottomotoren ausgerichtet. Spezielle Entwicklungen zur Verwendung eines Ethanolkraftstoffs waren für die USA nicht aktuell angesichts der Tatsache, daß Agraralkohol z.B. z.Z. lediglich 0,5% des Benzinmarktes der USA ausmacht. Ungeachtet dessen hat die US-Regierung Forschungsversuche für den Einsatz u.a. von reinem Ethanol als Kraftstoff unterstützt. Diese Versuche haben zu einem positiven Ergebnis geführt. Eine zusätzliche Bedeutung des Ethanols im US-Kraftstoffmarkt hat sich aus der Tatsache ergeben, daß ab 1. Januar 1986 der zulässige Bleigehalt im Benzin von 0,13 g je Liter auf 0,03 g pro Liter reduziert worden ist. Um das Oktanzahlniveau des Ottokraftstoffs zu halten, muß die sich aus dem abgesenkten Bleigehalt ergebende Oktanzahlminderung durch andere Kraftstoffkomponenten ausgeglichen werden. Da die preisgünstigen Oktanzahlverbesserer Benzol, Methanol, Methyl-Tertiär-Butyl-Ether (MTBE), tertiärer Butylalkohol (TBA) u.a. möglicherweise diesen Markt nicht befriedigen können, könnte Agraralkohol künftig verbesserte Marktchancen in den USA haben.

In diesem Zusammenhang ist auch die Genehmigung der US-Umweltbehörde vom 10. Januar 1985 zu sehen, nach der ein Benzin-Alkohol-Mischkraftstoff mit maximal 5 Vol.% Methanol und u.a. mindestens 2,5 Vol.% andere Alkohole, wie Ethanol und TBA als Lösungsvermittler, auf den Markt gebracht werden darf. Der Inhalt dieser unter dem Namen

DuPont-Waiver bekanntgewordenen Regelung ist in ähnlicher Weise in der „EG-Richtlinie des Rates vom 5. Dezember 1985 zur Einsparung von Rohöl durch die Verwendung von Ersatz-Kraftstoffkomponenten im Benzin“ enthalten.

II. Zur Situation und möglichen Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland und der EG

1. Welche nachwachsenden Rohstoffe sind in der Bundesrepublik Deutschland bisher in welchem Umfang und zu welchen Zwecken angebaut und industriell verwertet worden?

Die in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten Jahren vermehrt genannten nachwachsenden Rohstoffe lassen sich nach ihren unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten unterteilen in

- Werk-, Faser- und Gerüststoffe,
- Chemieroh- und Chemiegrundstoffe und
- Heiz- und Kraftstoffe.

Ein wesentlicher Vorteil komplexer Naturstoffe besteht darin, daß sie die Pflanze unter Ausnutzung der Sonnenenergie synthetisiert (Assimilation). Ähnliche Stoffe müssen von der chemischen Industrie bisher im allgemeinen unter Einsatz fossiler Rohstoffe aus einfachen chemischen Bausteinen aufgebaut werden.

Stärke

Stärke wird seit vielen Jahrzehnten in Deutschland in den verschiedensten Industriebereichen als Rohstoff eingesetzt, so in der Papierherstellung und -verarbeitung, in der chemischen Industrie, der Textil- und Baustoffindustrie. Die Verbrauchsmengen für diese Verwendungszwecke in der Bundesrepublik Deutschland betrugen im Jahr 1984 rd. 350 000 t. Übersicht 10 zeigt die Mengen in den einzelnen Verwendungsbereichen.

Ungefähr noch einmal die gleiche Menge wurde im Lebensmittelsektor abgesetzt. Insgesamt wurden rd. 1,7 Mio. t landwirtschaftliche Erzeugnisse zu Stärke, Stärkederivaten und Verzuckerungsprodukten verarbeitet. Bezogen auf die gesamte handelsübliche Stärke sind an den Stärkerohstoffen der Mais, der größtenteils importiert wird, mit 62%, die Kartoffel mit 21% und der Weizen mit 17% beteiligt.

Unter der Verwendung von Stärke werden gegenwärtig mehr als 500 verschiedene Endprodukte hergestellt; dies ist auf die vielseitigen funktionellen Eigenschaften der Stärke und Stärkederivate zurückzuführen. Folgende spezielle Einsatzgebiete lassen sich beispielhaft nennen:

Während native und modifizierte Stärken in der Papierindustrie zur Massenleimung und Oberflächenveredelung dienen, werden sie in der Waschmittelindustrie als Schmutzträger und zur Vermeidung einer Vergrauung der Wäsche eingesetzt. Auch bei der Herstellung von Baustoffen, Farben

Verbrauch an Industriestärke in der Bundesrepublik Deutschland

	in 1000 t		in %	
	1979	1984	1979	1984
Papierherstellung	105 bis 110	135 bis 140	32	42
Chemische Industrie	100 bis 110	90 bis 110	31	28
Papierverarbeitung (incl. Wellpappe)	65 bis 70	65 bis 75	20	20
Textil-Industrie	15 bis 18	10 bis 15	5	4
Baustoff-Industrie	10 bis 12	12 bis 15	3	4
Sonstige Bereiche	25 bis 30	15 bis 20	9	2
insgesamt	320 bis 350	327 bis 375	100	100

Quelle: Mitteilung der Maizena Gesellschaft mbH vom Februar 1986

und Lacken werden Stärkederivate verwendet. Im Bergbau und Hüttenwesen dienen bei der Erz- und Kohleschlammaufbereitung Stärkeprodukte als Flotationsmittel. Bei Tiefbohrungen für die Erdgas- und Erdölförderung werden stärkehaltige Lösungen als Hilfsmittel verwendet, um die Pumpfähigkeit des ausgewaschenen Gesteins zu gewährleisten. Auch thermoplastische oder geschäumte Kunststoffe werden heute unter Mitverwendung von bis zu 50 % Stärkeprodukten hergestellt.

Für die Umwandlung von Stärke in Chemierohstoffe werden im allgemeinen zwei Methoden angewandt, die einmal auf chemisch-technischen Verfahren und zum anderen auf biotechnischen Verfahren beruhen. Beide Verfahrenswege bieten noch neue Entwicklungsmöglichkeiten, so daß mit einer Ausweitung des Absatzpotentials von Stärke gerechnet werden kann.

Zucker

In den letzten Jahren wurden in der Bundesrepublik Deutschland jährlich rd. 20 000 t Zucker im chemisch-technischen Bereich verwendet. Dies sind weniger als 1 % der durchschnittlichen jährlichen Weißzuckererzeugung. Die wesentlichen Einsatzgebiete sind Pharmazeutika, organische Säuren, Kleb- und Kunststoffe. Die vermehrte Verwendung des Naturstoffes Zucker wurde durch neue biotechnische Verfahren und Produkte begünstigt.

Pflanzliche Öle und Fette

Mit einem ebenfalls sehr breiten Einsatzspektrum zählen seit Anfang des 20. Jahrhunderts die Öle und Fette zu den besonders wichtigen biogenen Chemierohstoffen. Auf der Grundlage von Fettsäuren sowie Glycerin, Estern, Fettalkoholen wurden zunächst u. a. Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika, Lacke, Schmierstoffe und Textilhilfsmittel hergestellt, später sind Kunststoffe hinzugekommen.

Der Jahresverbrauch an pflanzlichen Ölen und Fetten für Industierzwecke beläuft sich in der Bundesrepublik Deutschland auf rd. 400 000 bis 450 000 t; hiervon werden jedoch im Hinblick auf die besonderen Ansprüche an die stofflichen Eigenschaften und aus preislichen Gründen rd. 90 % durch Importe (z. B. Palmkern- und Kokosöl, Sojaöl, Rizinusöl) gedeckt. Damit hat bislang die Eigenerzeugung von pflanzlichen Ölen und Fetten für industrielle Verwendungen nur sehr geringe Bedeutung.

Rapsöl wurde wegen seines hohen Gehalts an Erucasäure bis in die 60er Jahre überwiegend als Industriegrundstoff verwendet. Die Züchtung und der breitere Anbau von erucasäurefreien Rapsorten — die Verbesserung des Rapsöls in Richtung Lebensmittelqualität — hatte wegen des ohnehin sehr niedrigen Selbstversorgungsgrades bei pflanzlichen Ölen und Fetten Anfang der 70er Jahre Vorrang. Dies stand nicht im Einklang mit der Nachfrage der Industrie nach besonderen Fettsäuren und hatte zur Folge, daß heute erucasäurehaltiger Raps importiert wird.

Die derzeitige Versorgungslage der chemischen Industrie bei pflanzlichen Ölen und Fetten ist dadurch gekennzeichnet, daß die benötigten Mengen und Qualitäten zwar mit erheblichen Preisschwankungen, aber insgesamt preisgünstig eingeführt werden können. Bei der Versorgung mit Rohstoffen haben sich jedoch durch Umstellungen und neue Verarbeitungsmöglichkeiten in einzelnen Erzeugerländern sowie durch Änderungen der Handelsbeziehungen Erschwernisse ergeben. Die chemische Industrie verwendet u. a. neben Talg pflanzliche Öle und Fette, die für die Nahrungsmittelproduktion aus Qualitätsgründen nicht eingesetzt werden können und ist in der Verarbeitung relativ flexibel; allerdings können sich dabei erhöhte Kosten ergeben.

Die Pflanzenzucht war bislang allein auf die Belange des Ernährungssektors hin orientiert. Hinzu

kommt, daß sich der Ölpflanzenanbau bislang fast ausschließlich auf Raps beschränkte.

Pflanzenfasern

Flachs und Hanf zählen zu den klassischen Nichtnahrungspflanzen. Im vorindustriellen Zeitalter war der Flachs- und Hanfanbau in Deutschland und Westeuropa stark verbreitet. Die meisten Tuche und Stoffe wurden aus Lein- und Hanffasern hergestellt. Die Umstellung von der Handweberei auf industrielle Fertigung im 19. Jahrhundert vollzog sich auf der Basis der Leinverarbeitung und führte zu einer blühenden Leinenindustrie. Nach 1945 ging die Bedeutung des Flachsbaus drastisch zurück, insbesondere infolge der Entwicklung bei der Herstellung synthetischer Fasern sowie aufgrund der sich verbessernden Wettbewerbsfähigkeit um die Flächen konkurrierender Nahrungspflanzen.

Während in der Bundesrepublik Deutschland Flachs und Hanf völlig aus dem Anbau verschwunden sind, hat sich in Frankreich, Belgien und den Niederlanden der Flachsbaubau zur Fasergewinnung bis heute mit einem Flächenareal von rd. 60 000 ha halten können. Die Lein-Faserproduktion in der EG liegt zwischen 50 000 bis 87 000 t je Jahr.

Da die Wettbewerbsfähigkeit der Flachsfasern lange Zeit unzureichend war, ist in der Vergangenheit die Aufbereitung der Flachsfaser kaum weiterentwickelt worden. In der Bundesrepublik Deutschland sind die vorhandenen Einrichtungen (Schwinganlagen) abgebaut worden. Um die Fasern zu gewinnen, müssen auch heute noch die recht arbeitsaufwendigen und teilweise umweltbelastenden Verfahren der Tau- oder Wasserröste durchlaufen werden. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit in der Bundesrepublik Deutschland ist nun darauf gerichtet, eine leistungsfähige Verarbeitungsstruktur (Fasergewinnung) neu aufzubauen. Dazu werden neue Verfahren (u.a. auch auf biochemischer Basis) entwickelt. Vorteilhaft ist, daß sich in der Bundesrepublik Deutschland eine kleine aber leistungsfähige Spinn-Industrie erhalten hat, die in der Welt führend ist.

Agraralkohol

Die Gewinnung von Ethanol aus stärke- und zuckerhaltigen Rohstoffen (z. B. Kartoffeln, Rüben, Getreide, Melasse) in größeren Brennereien begann erst im letzten Jahrhundert. Anfangs standen dabei die Verwendung zu Trinkzwecken und im technischen Bereich als Brennspritus im Vordergrund. Gegenwärtig wird Agraralkohol im wesentlichen im sogenannten Vorbehaltsbereich eingesetzt (784 000 hl 1984/85). Dabei handelt es sich um die Bereiche Genußmittel, Essig, Pharmazie und Kosmetik. Auch zu technischen Zwecken (einschl. Brennspritus) wird eine gewisse Menge Agraralkohol verwendet. Im Durchschnitt der letzten drei Jahre waren es rd. 150 000 hl pro Jahr. Dieser Alkohol stammte hauptsächlich aus folgenden Rohstoffen: Wein, Melasse, Bier und Rückstände der Bierbereitung. Der Ethanolbedarf der technischen Verwendungssektoren

wird überwiegend durch Synthesekalkohol (rd. 1,1 Mio. hl jährlich) gedeckt.

Zu Anfang des Jahrhunderts ist Ethanol auch als Benzinzusatz verwendet worden. So wurde der Knappheit des Benzins während des Ersten Weltkriegs durch die Zumischung von Ethanol begegnet. Im Jahr 1921/22 wurden in Deutschland rd. 270 000 hl Alkohol als Treibstoffzusatz verwendet. Im Jahr 1930 wurde die zwangsweise Beimischung von Agraralkohol zum Motorentreibstoff verfügt. Die Beimischungsanteile betrugen anfangs 2,5 %, später 10 %. Aus einer Mischung von Benzin, Benzol und Alkohol aus Kartoffeln wurde von der Reichskraftsprit GmbH ein grün gefärbter Kraftstoff hergestellt, der Monopolin genannt wurde.

Holz (Lignocellulose)

Der Rohholzeinschlag betrug 1984 in der Bundesrepublik Deutschland insgesamt 29 Mio. m³ und wick damit nur geringfügig von dem der Vorjahre ab; davon treffen rd. 17 Mio. m³ auf Stammholz, 12 Mio. m³ auf Industrieholz, Schichtholz und sonstige Sortimente. Anteilig waren der Staatswald mit 36 %, der Körperschaftswald mit 30 % und der Privatwald mit 34 % am Rohholzeinschlag beteiligt.

Der Inlandsverbrauch von Rohholz belief sich 1984 auf rd. 27 Mio. m³. Die Verwendung im einzelnen und ihre Entwicklung in den letzten Jahren ergibt sich aus Übersicht 11.

Der Selbstversorgungsgrad für Holz und Holzwaren betrug unter Einschluß des wiederverwendeten Altpapiers aus inländischem Aufkommen 1984 63 % (1983: 59 %); ohne Altpapier 46 %.

2. Welche Gründe waren bei diesen nachwachsenden Rohstoffen für ihre Substitution durch andere Stoffe ausschlaggebend?

Ein voller historischer Überblick über die Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der Vergangenheit ist kaum möglich. Einschlägige Quellen geben jedoch dahin gehend Auskunft, daß es bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts ganze Agrarlandschaften gegeben hat, deren Wohlstand auf dem intensiven und spezialisierten Anbau aller jener Pflanzen beruhte, die als „Handels-, Manufaktur-, Industrie- und Commerzpflanzen“ bekannt waren.

Schon relativ früh, von der Mitte des 19. Jahrhunderts an, bekam der Anbau von Nichtnahrungspflanzen Konkurrenz durch die Einfuhr von billigeren Naturrohstoffen aus überseeischen Ländern. Beispielhaft seien Baumwolle, Sisal, Hanf, Kokos- und Sojaöl genannt. Mit dem allmählichen Aufbau und Ausbau der Kohle- und Petrochemie auf der Grundlage billiger Rohstoffe nach der Jahrhundertwende bis in die Gegenwart wurden viele Naturstoffe durch synthetische Erzeugnisse verdrängt. Lediglich durch die Autarkiestrebungen während der beiden Weltkriege und deren Folgejahre wurden diese Entwicklung für einige Jahre unterbrochen.

Inlandsverwendung von Rohholz in 1000 m³

	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Nadelstammholz für Sägewerke ...	11 499	12 322	11 754	11 174	12 405	13 048
Laubstammholz für Sägewerke ...	3 050	3 394	3 051	2 253	2 178	2 324
Rohholz für Furnierwerke	349	354	301	252	234	260
Rohholz für Sperrholzwerke	608	552	484	448	465	480
Industrieholz für						
— Spanplattenwerke	5 107	4 947	4 588	4 124	3 574	3 455
— Faserplattenwerke	309	234	216	200	207	169
— Zellstoff- und Papierwerke	3 879	4 074	4 306	4 227	4 134	4 384
— Brennholz und sonstige ungeklärte Verwendung	1 044	2 025	2 875	4 103	3 934	3 217
Bestandsveränderungen	22	360	88	62	84	81
insgesamt ...	25 867	28 262	27 663	26 843	27 215	27 418

Quelle: Agrarbericht 1986

Erst nach der zweiten sprunghaften Verteuerung des Erdöls in den Jahren 1979/80 erfolgte eine Rückbesinnung auf die erneuerbaren biogenen Rohstoffe. Eine Aktivierung dieses theoretischen Potentials wird nunmehr auch angesichts der anhaltenden Überproduktion von Nahrungsmitteln nicht nur in der Europäischen Gemeinschaft, sondern auch in vielen anderen hochentwickelten Industrieländern angestrebt.

Dies setzt folgendes voraus:

- Verstärkung der Grundlagen- und angewandten Forschung;
- Fortschritte in der Biotechnologie;
- Verbesserung der Preisrelation zwischen den agrarischen und den fossilen Rohstoffen.

3. Wie ist aus heutiger Sicht der Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen in einzelnen Bereichen der deutschen Wirtschaft und in der Wirtschaft der EG einzuschätzen, und welche in- und ausländischen nachwachsenden Rohstoffe könnten dabei derzeit zur Bedarfsdeckung eine Rolle spielen?

Gegenwärtig sind rd. 10% der verarbeiteten Rohstoffe in der deutschen chemischen Industrie biogenen Ursprungs (z.B. Stärke, Zucker, pflanzliche Öle und Fette, Lignocellulose, Agraralkohol). Eine Steigerung dieses Einsatzes erfordert eine wesentliche Änderung der Angebotsstruktur.

Für die deutsche und europäische Landwirtschaft zeichnen sich mittel- und langfristig zwei wachsende Verwendungsbereiche ab mit einem z.T. bereits gegenwärtig beachtlichen Marktpotential (s. Antwort Frage II.1). Einmal handelt es sich um den Einsatz von Naturstoffen wie Stärke, Zucker, Cellu-

lose und Hemicellulose sowie pflanzlichen Ölen und Fetten in der chemischen Industrie. Zum anderen könnte Agraralkohol als Kraftstoffkomponente langfristig eine Rolle spielen.

Wesentliche Voraussetzungen für eine breitere Markteinführung sind:

- eine beträchtliche Verteuerung fossiler Rohstoffe,
- weitere Fortschritte bei der Bereitstellung, Stoffumwandlung und Verwendung biogener Rohstoffe sowie
- eine Verbilligung der agrarischen Rohstoffe.

Stärke und Zucker

Nach Auffassung der Industrie lassen sich künftig weit größere Mengen einsetzen, da sie diese Grundstoffe künftig aufgrund der am 26. Februar 1986 vom EG-Ministerrat beschlossenen Industriestärke- und Chemiezuckerregelung auch innerhalb der EG zu weltmarktähnlichen Bedingungen kaufen kann. Damit wird auch der sich abzeichnenden Tendenz, industrielle Verarbeitungsbetriebe auf der Grundlage agrarischer Rohstoffe in Drittländer zu verlagern, begegnet. Da die Biotechnologie auf die Verfügbarkeit billiger biogener Rohstoffe angewiesen ist, werden nun die Entwicklungschancen dieser Zukunftsindustrie in der EG erheblich begünstigt.

Bei Stärke gehen die Bemühungen der chemischen Industrie dahin, daß die natürliche molekulare Struktur soweit wie möglich erhalten bleiben soll, um Stärke und Stärkederivate vermehrt in folgende Produkte zu integrieren:

- in Herstellungsprozesse für Kunststoffe oder Kunststoffverarbeitung;
- in neue biotechnologische Prozesse;

- in chemische Synthesen;
- in Polymerisations- und Polykondensationsverfahren.

Dabei soll die Stärke wesentliche Eigenschaften des Endprodukts mitbestimmen, z.B. bei einem Kunststoff die Bedruckbarkeit mit wässrigen, leicht abbaubaren Druckfarben, die Brennbarkeit und die biologische Abbaubarkeit.

Der Einsatz modifizierter Stärke läßt in vielen Bereichen in der chemischen Industrie bedeutende Fortschritte erwarten: Integriert in Kunstharzen, Plastikfolien, thermoplastischen und geschäumten Kunststoffen, Synthesekautschuk, Waschmittel, Filmen, Folien, verleihen sie diesen weiter verbesserte Eigenschaften.

Die Verwendung von Stärke als Naturprodukt, auch in modifizierter Form, hat ökologische Vorteile. Im Gegensatz zu den meisten synthetischen Rohstoffen ist sie biologisch abbaubar. Der biotechnologische Einsatz von Stärke zeichnet sich bei optimierten Verfahren darüber hinaus durch geringe Umweltbelastungen, wie z.B. niedrigen Wasser- und Energiebedarf und verminderte Abwasserbelastung, aus. Aus all diesen Gründen wird die Bedeutung von Stärke und modifizierten Stärken für die moderne Industriegesellschaft noch erheblich zunehmen.

Zucker ist ein immer interessanter werdender Rohstoff. Eine Reihe von Verfahren zur Produktion höherwertiger Derivate wird von der chemischen oder pharmazeutischen Industrie benutzt; weitere Verfahren gelten als anwendungsreif oder befinden sich in der Entwicklung. Zucker bietet wegen seiner Eigenschaften gegenüber der in der Fermentationsindustrie zumeist verwendeten Melasse auch unter Umweltaspekten viele stoffliche und anwendungstechnische Vorteile. In der Chemiewirtschaft kann Zucker zur Herstellung folgender Derivate verwendet werden: Zuckerester, Zuckerether, Polyurethanharze. In der Biotechnologie ist Zucker ein wesentlicher Grundstoff für Proteine und Peptide, organische und Aminosäuren, Polymerzucker mit speziellen Eigenschaften, Lipide sowie andere organische Verbindungen.

Nach Schätzungen des Verbandes der Chemischen Industrie kann mittelfristig unter der Bedingung wettbewerbsfähiger Preise (Verfügbarkeit der Rohstoffe zu weltmarktähnlichen Preisen) und der Anwendung neuerer Technologien (weitere Fortschritte in der Biotechnologie) in der EG das Einsatzpotential bei

- Stärke von rd. 1,2 Mio. t auf insgesamt rd. 2,6 Mio. t (= zusätzlich 380 000 ha Getreide- und rd. 100 000 ha Kartoffelfläche),
- Zucker von rd. 100 000 t auf rd. 500 000 t (= zusätzlich rd. 50 000 ha Zuckerrübenfläche)

gesteigert werden.

Pflanzliche Öle und Fette

Bei diesen Produkten könnten künftig höhere Marktanteile dadurch errungen werden, daß durch Züchtung entsprechender Ölpflanzen die gewünschten Qualitäten auch aus heimischer Erzeugung angeboten werden können.

Als Anforderungsprofil der Industrie ergeben sich folgende Wünsche: höhere Ausbeute, möglichst viele gut verwertbare Nebenprodukte (z. B. Tocopherol, Lecithine), Fettsäuren mit mehr mittleren Ketten (C_{12}/C_{14}), Pflanzen mit kurzen Fettsäureketten (C_8/C_{10}), Öle mit sehr hohem Ölsäuregehalt, mehrfach ungesättigte Öle, Fettsäuren mit funktionellen Gruppen.

Das derzeit in der Pflanzenzucht verfügbare Material entspricht meist nicht diesen Anforderungen. Es müssen daher zunächst die früheren, heute nicht mehr bearbeiteten Kulturpflanzen, Wildpflanzen sowie in Frage kommende Kultursorten aus anderen Kontinenten auf dieses Anforderungsprofil hin evaluiert werden. Sodann sind züchterische Arbeiten zu leisten mit dem Ziel der qualitativen Verbesserung der Pflanzen, der Erhöhung und Stabilisierung ihrer Erträge und der Optimierung von Anbau- und Erntetechniken. Die bisher vorliegenden Ergebnisse zeigen zwar hinsichtlich der Fettsäurequalität und hoher Anteile einer bestimmten Fettsäure erfolgversprechende Ansätze; jedoch ist das Ertragsniveau noch nicht auf einer wettbewerbsfähigen Höhe, was umfangreiche und langwierige züchterische Arbeiten erforderlich macht.

Bislang werden an früheren und exotischen Kulturpflanzen, wie Leindotter, Senfarten, Ölräuke, Ölretisch sowie einigen Wildpflanzen, wie Euphorbia lathyris (Kreuzblättrige Wolfsmilch) und Cuphea (mittelamerikanische Wildpflanze mit besonderem Ölgehalt), züchterische Arbeiten durchgeführt.

Erst wenn sich längerfristige Erfolge bei der Züchtung dieser und anderer Ölpflanzen einstellen, kann der gegenwärtig sehr niedrige Marktanteil erhöht werden.

Gelänge es, in den nächsten fünf bis zehn Jahren ungefähr die Hälfte des deutschen Industriebedarfs an Pflanzenölen durch heimischen Anbau zu decken, so würden hierfür rd. 150 000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche benötigt.

Pflanzenfasern

Bei landwirtschaftlichen Faserpflanzen, z. B. Flachs, könnte sich nach Entwicklung neuartiger Gewinnungsverfahren eine interessante Anbaualternative ergeben.

Begrenzender Faktor für den eigenen Flachs-anbau sind Aufschluß und Aufbereitung der Flachsfasern. Hier wird die Technik von völlig veralteten Verfahren bestimmt, die aufgrund ihres hohen Arbeitsaufwandes und der kostspieligen Entsorgungsvorkehrungen nicht wirtschaftlich sind. Sollten Forschung und Entwicklung zu verbesserten Verfahren füh-

ren, werden gute Chancen für Faserlein im textilen und industriellen Bereich gesehen.

Von dem gesamten Textilfaserverbrauch der Bundesrepublik Deutschland entfallen auf Flachs derzeit 1,8 %. Mittelfristig wird ein Flachsfaseranteil in Höhe von 3 bis 5 % am gesamten Textilfaseraufkommen für möglich gehalten. In neuen Verwendungsbereichen wie Innenausstattung von Pkw, Zementfaserplatten, Asbestersatzprodukten und im Baustoffsektor besteht ein weiteres Absatzpotential.

Auf längere Sicht kann für die Bundesrepublik Deutschland allein von den Absatzmöglichkeiten im Textilbereich her mit einem Anbaupotential in der Größenordnung von bis zu 90 000 ha Flachs gerechnet werden.

Agraralkohol

Im Jahr 1985 wurden in der Bundesrepublik Deutschland rd. 90 000 t Alkohol aus Erdölprodukten (Synthesepirit) hergestellt. Dieser Synthesepirit wird als chemischer Grundstoff in den verschiedensten Verwendungen eingesetzt. Der Marktpreis des Synthesepirits entsprach 1985 ungefähr den Herstellungskosten von Agraralkohol, wie sie in einigen Jahren nach Vorkalkulationen für großtechnische Anlagen für möglich gehalten werden. Daher dürfte hier am ehesten die Wettbewerbsfähigkeit von Agraralkohol erreichbar sein.

Mit den Einsatzmöglichkeiten von Agraralkohol im Benzin haben sich in den letzten Jahren Wissenschaft, Technik und Wirtschaft eingehend befaßt. Folgende Erkenntnisse sind hervorzuheben:

- Agraralkohol ist als Kraftstoffkomponente durchaus geeignet, sei es in bleihaltigem oder bleifreiem Benzin.
- Bei Beimischungsanteilen von bis zu 5 % kommen die synergetischen Wirkungen des Alkohols im Treibstoffgemisch am besten zur Wirkung, so daß trotz des vergleichsweise niedrigeren Heizwertes von Ethanol kein volumetrischer Mehrverbrauch eintritt.
- Ergebnisse von Fahrversuchen zeigen, daß die Kraftstoffkomponente Ethanol im Autoabgas sowohl CO (Kohlenmonoxid) als auch HC (unverbrannte Kohlenwasserstoffe) reduziert. Mit der breiteren Einführung des Katalysatorfahrzeugs würden die positiven Umwelteffekte einer Ethanolbeimischung allerdings an Bedeutung verlieren.

Eine Beimischung von bis zu 5 % ist innerhalb der EG-Richtlinien möglich und für sämtliche vorhandenen Ottomotoren verträglich. Eine Beimischung von 5 % Agraralkohol zum Benzin würde auf der Grundlage heutiger Flächenerträge bedeuten:

- für die Bundesrepublik Deutschland 1 Mio. t Ethanol — rd. 360 000 ha LF = 5 % der Ackerfläche,

- für die EG 4 Mio. t Ethanol — rd. 2 Mio. ha LF = 4 % der Ackerfläche.

Untersuchungen über die überschüssigen Produktionskapazitäten deuten darauf hin, daß in der EG langfristig 5 bis 10 Mio. ha für den gezielten Anbau von speziellen Rohstoff- und Energiepflanzen bereitgestellt werden könnten, ohne die eigene Ernährung oder erforderliche Nahrungsmittellieferungen in die Dritte Welt zu gefährden (zu den Flächenansprüchen für die Erfordernisse des Natur- und Gewässerschutzes siehe Antwort zu Frage II.11).

Holz-Lignocellulose

Verschiedene Gründe sprechen dafür, das inländische Aufkommen von Holz längerfristig zu verbessern:

- Der Bedarf der Gemeinschaft an Holz und Holzzeugnissen muß zu etwa 50 % durch Importe gedeckt werden, so daß die EG gegenwärtig der weltgrößte Nettoimporteur von Holzprodukten ist. Im Jahre 1984 beliefen sich die Nettoeinfuhren auf fast 17 Mrd. ECU.
- Das Holzaufkommen in der Gemeinschaft läßt sich erheblich erhöhen, und zwar durch eine verbesserte Bewirtschaftung des Waldes und durch eine forstliche Nutzung von Böden, die von der Landwirtschaft nicht mehr benötigt werden.
- Die industrielle Struktur der Holz- und Papierindustrie ist im Vergleich mit den USA, Kanada und Skandinavien schwächer, da diese Länder über ein beachtliches Rohstoffpotential verfügen und wesentliche technologische Neuentwicklungen von dort ihren Ausgang nahmen.
- Eine langfristige Erhöhung des inländischen Holzangebotes kann sich günstig auf die Auslastung und Weiterentwicklung der Holzwirtschaft sowie der Zellstoff- und Papierindustrie auswirken; ferner lassen sich dadurch auch Arbeitsplätze im ländlichen Raum sichern.

4. Welche vorhandenen heimischen Pflanzen könnten unter den in der Bundesrepublik Deutschland herrschenden marktwirtschaftlichen, ökonomischen und klimatischen Bedingungen geeignet sein, in größerem Umfang zur Rohstoffversorgung der deutschen Industrie beizutragen?

In der EG sind nur wenige spezielle Rohstoffpflanzen mit den von der Industrie gewünschten Eigenschaften vorhanden.

Die unter klimatischen Bedingungen in der Bundesrepublik Deutschland anbaufähigen Kulturpflanzen zur Erzeugung nachwachsender Rohstoffe entstammen ganz überwiegend dem Spektrum der Nahrungskulturpflanzen. Übersicht 12 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die wichtigsten landwirtschaftlichen Pflanzenarten. Zugleich werden die innerhalb der Produktlinien herstellbaren Folgeprodukte ausgewiesen.

Übersicht 12

Pflanzenarten, Naturstoffe und Folgeprodukte

Pflanzenarten	Naturstoffe	Folgeprodukte
Beta-Rübe Kartoffel Wurzelzichorie Topinambur	Zucker Stärke Zucker ¹⁾ Stärke ¹⁾	<i>Zucker:</i> Ethanol, chemische Syntheseprodukte, Lösungsmittel <i>Polyfructosane:</i> Fructosesirup <i>Stärke:</i> Ethanol, Kunststoffe (Polymerprodukt, Thermoplaste, Elastomere, Polyurethanschäume, Polyolefine), Fasern, Hilfsstoffe für chemische Synthese- und technische Produkte, Klebstoffe u. a.
Möhre Mais Weizen Erbse Buschbohne Winterraps (Rübsen) Leindotter Öllein Senf Sonnenblume Nachtkerze Faserlein (Flachs) Hanf Ackerbohnen Ackererbsen	Zucker Stärke Stärke Stärke Stärke Öle und Fette Öle und Fette Öle und Fette Öle und Fette Öle und Fette Fasern Fasern Eiweiß Eiweiß	<i>Öle:</i> Tenside, Lacke, Kunststoffe, Weichmacher, Netzmittel, Emulgatoren, Additive, technische Hilfsstoffe, Schmierstoffe, Wachse, Pharmazeutika u. a. Textilfasern, technische Fasern Technische Fasern Klebstoffe u. a.

¹⁾ Polyfructosane

Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Von den heute im Anbau befindlichen Kulturpflanzen (s. Übersicht 12) eignen sich für die Produktion von

- Stärke: Weizen, Mais und Kartoffeln,
- Zucker: Zuckerrüben und Gehaltsrüben,
- Öl: Winterraps und Sommerraps,
- Eiweiß: Ackerbohnen und Erbsen.

Darüber hinaus sind in der Produktlinie Stärke und Zucker noch Wurzelzichorie und Topinambur regional begrenzt im Anbau, gleichwohl in anderen Gebieten anbaufähig.

Unter den *Ölfrüchten* nimmt nur der Winterraps (Rübsen) eine bundesweit bedeutende Stellung im Anbau ein. Anbaufähig sind weiterhin Leindotter, Öllein, Senf und Mohn sowie regional noch begrenzter die Sonnenblume. Überdies werden längerfristig weitere Ölpflanzenarten zur Verfügung stehen (vgl. Antwort auf Frage II.6), so daß das Sortiment der Ölfrüchte groß genug sein dürfte, um zur Rohstoffversorgung maßgeblich beitragen zu können.

Stärke, Zucker sowie pflanzliche Öle und Fette sind als Grundstoffe für die Weiterverarbeitung in der chemischen Industrie sehr gut geeignet. Fette und Öle können technisch gesehen am besten das Mineralöl ersetzen. Die Zusammensetzung dieser nachwachsenden Rohstoffe läßt sich, anders als bei den fossilen Rohstoffen, vor ihrer Gewinnung steuern; Produkte höherer Verarbeitungsstufen sind gewinnbar; die Syntheseleistung der Natur ist nutzbar.

Von den *Faserpflanzen* sind drei Arten für den Anbau geeignet: Faserlein (Flachs), Faserhanf und Faserjessell. Hanf- und Nesselfasern eignen sich nur für technische Zwecke. Alle drei Arten werden z. Z. nicht in der Bundesrepublik Deutschland angebaut, wohl aber in einigen Nachbarländern.

Die beträchtlichen Differenzen zwischen der tatsächlichen und der möglichen Nachfrage weisen aber unmißverständlich darauf hin, daß derzeit die Voraussetzungen für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe noch teilweise ungünstig sind. Die Ursachen dafür sind vielschichtiger Natur und sollen im folgenden beispielhaft erläutert werden:

1. Die relativ hohen EG-Agrarpreise haben hohe Nutzungskosten¹⁾ zur Folge.
2. Der erhöhte Einsatz von Stärke und Zucker für industrielle Zwecke wurde bisher weniger durch technische Probleme, sondern vor allem durch die bestehenden Marktordnungen und das daraus resultierende Preisniveau erschwert.
3. Im Bereich der technischen Öle und Fette behindern die gegebenen Fettsäuremuster der bisher erzeugten Ölpflanzen und niedrige Erträge die Anbauausdehnung für industrielle Zwecke. Eine intensivere züchterische Bearbeitung, die Zeiträume von mindestens 5 bis 10 Jahre erfordert, ist daher eine unerläßliche Voraussetzung für die Nutzung potentieller Absatzchancen.

¹⁾ Sie entsprechen dem entgangenen Gewinnbeitrag der besten alternativen Verwendung der Flächen.

4. Die Herstellungskosten von Alkohol lassen sich mehr durch Fortschritte in der Pflanzenzüchtung senken als durch eine technische Weiterentwicklung der Konversionsverfahren.
5. Die verstärkte Erzeugung von Naturfasern hängt — abgesehen von Verbrauchergewohnheiten und Preisen von Kunstfasern — davon ab, ob es gelingt, im produktionstechnischen Bereich (Rohstoffherzeugung und -verarbeitung) Fortschritte zu erzielen und neue Einsatzbereiche zu erschließen.
6. Generell sind die Verfahren der Umwandlung von Agrarrohstoffen in industrielle Rohstoffe zu entwickeln, besonders was die Nutzung der Nebenprodukte, die Entsorgung der Reststoffe und den Energieeinsatz anbelangt.

Wichtigste Voraussetzung für eine verstärkte Nutzung der einheimischen Rohstoffe, außer pflanzlichen Ölen und Lignocellulosen, ist die Verringerung des Preisabstandes gegenüber identischen Produkten am Weltmarkt. Dabei darf nicht außer acht gelassen werden, daß die Preise nachwachsender Rohstoffe zwei Funktionen haben, nämlich

- Kostenfaktor für die verarbeitende Industrie und
- Einkommensfaktor der Landwirtschaft.

Wenn nachwachsende Rohstoffe wettbewerbsfähig werden und gleichzeitig einen ungeschmälernten Beitrag zu den landwirtschaftlichen Einkommen leisten sollen, so setzt dies erhebliche Produktivitätsfortschritte voraus. Zu diesem Zwecke muß der Einsatz von Vorleistungen, Arbeit und Fläche je produzierter Einheit in allen Bereichen der Rohstoffherzeugung und Rohstoffkonversion deutlich gesenkt werden. Legt man die Entwicklung der Durchschnittserträge des letzten Jahrzehnts zugrunde, so waren hier bei Getreide größere Fortschritte zu beobachten als bei den Hackfrüchten. Letztere weisen jedoch bei regionalisierter Analyse ein erhebliches Ertragspotential auf, das

- bei Kartoffeln um bis zu 40 % über dem Bundesdurchschnitt,
- bei Zuckerrüben um bis zu 30 % über dem Bundesdurchschnitt und
- bei Futterrüben um bis zu 70 % über dem Bundesdurchschnitt

liegt.

Verteuerungen bei den fossilen Rohstoffen bei konstanten Agrarpreisen würden dagegen eine Verringerung des Wettbewerbsdefizits von nachwachsenden Rohstoffen, wenn auch zu Lasten der Konsumenten, bedeuten. Bei den Konversionsverfahren konnten bereits in den letzten Jahren, speziell bei der Agraralkoholherzeugung, erhebliche Fortschritte bei der Einsparung von Energie und bei der umweltfreundlichen Nutzung der Reststoffe erreicht werden. Diese Fortschritte kommen besonders den hochproduktiven Hackfrüchten zugute, bei denen aus den Reststoffen Futter- und Düngemittel sowie Biogas gewonnen werden.

Um Stärke und Zucker vermehrt in der Industrie einsetzen zu können, hat der EG-Ministerrat Ende Februar 1986 Einvernehmen darüber erzielt, daß künftig diese Grundstoffe zu weltmarktähnlichen Bedingungen zur Verfügung stehen.

5. Welche Anforderungen sind nach Meinung der Bundesregierung an Pflanzen und ihren Anbau zu stellen, damit sie den in der Bundesrepublik Deutschland herrschenden marktwirtschaftlichen, ökologischen und klimatischen Bedingungen so genügen, daß sie in größerem Umfang als bisher zur Rohstoffversorgung der deutschen Industrie beitragen können?

Die unter II.4 aufgeführten Pflanzenarten mit Ausnahme von Wurzelschwiebe und Topinambur sind zwar verbreitete Kulturarten; dennoch ist eine weitere Steigerung an verwertbarer Trockensubstanz über züchterische Maßnahmen eine Forderung, die für alle Pflanzenarten gleichermaßen gilt. Durch hohe Erträge an industriell verwertbaren Inhaltsstoffen der Biomasse je ha wäre eine stärkere Senkung der Stückkosten (durch Senkung der Rohstoffkosten) ohne Senkung der bäuerlichen Einkommen (Deckungsbeiträge) möglich. Von besonderem Interesse wären solche Pflanzenarten, aus denen sich gleichzeitig mehrere für die Industrie verwendbare Inhaltsstoffe gewinnen ließen. Eine Nutzung möglichst aller Bestandteile der Pflanze einschließlich der Verwertung der Reststoffe steigert die Wirtschaftlichkeit, insbesondere durch Vermeiden von Entsorgungsproblemen und -kosten.

Aus ökologischen wie ökonomischen Gründen ist die Verbesserung der Resistenz gegenüber verschiedenen Krankheiten und Schädlingen ein allgemein vordringliches Zuchtziel, weil dadurch der Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln verringert werden kann. Demgegenüber treten bestimmte Qualitätseigenschaften, wie sie für Nahrungskulturpflanzen typisch sind, in ihrer Bedeutung zurück bzw. entfallen gänzlich; z. B. Knollenform und Kocheignung bei der Kartoffel, Zuckerqualität bei der Rübe oder der Hülsenanteil bei der Buschbohne.

Zucker, Stärke, Ethanol

Der Industrie geht es hauptsächlich um den Gehalt an Zucker und Stärke. Es wäre also wünschenswert, den Anteil dieser Kohlenhydrate zu Lasten der übrigen Stoffe zu erhöhen. Dies müßte gemeinsam von Pflanzenzüchtungsinstituten und chemischer Industrie bearbeitet werden.

Im einzelnen ist festzustellen:

Beta-Rüben bieten positive Aussichten für eine erfolgreiche züchterische Weiterentwicklung. Die generelle Notwendigkeit, den ökonomisch verwertbaren Ertrag, d. h. hier die vergärbare Trockensubstanz, zu erhöhen, gilt auch für diese Fruchtart. Derzeit infolge der weitverbreiteten engen Fruchtfolge bestehende phytosanitäre Probleme sollten an Bedeutung verlieren, wenn durch das mit dem An-

bau von Industriepflanzen angestrebte breitere Artenspektrum neue Fruchtfolgesysteme eingeführt werden.

Bei der *Wurzelzichorie* können auch Verbesserungen der Kulturtechniken einen wesentlichen Beitrag zur Ertragssteigerung leisten. Soll diese Pflanze zur Produktion von Fructosesirup verwendet werden, so ist während der Selektion auf hohen Fructoseertrag und gute Saftqualität zu achten.

Bei der *Zuckerhirse* wird zunächst eine Anpassung an die klimatischen Bedingungen der Bundesrepublik Deutschland erforderlich sein. Darüber hinaus sind die Steigerung des Ertrages an vergärbare Trockensubstanz durch Züchtung sowie eine in Anlehnung an den Mais zu verbessernde Anbautechnik notwendig.

Resistenzfragen sind bei der *Kartoffel* von besonderer Bedeutung. An erster Stelle sind Resistenz gegen Nematoden sowie Kraut- und Knollenfäule zu nennen. Zur Erreichung von Maximalerträgen muß eine weitere Verlängerung der Vegetationszeit angestrebt werden wie auch eine gute Widerstandsfähigkeit der Knollen für niedrige Erntetemperaturen.

Höchstserträge bei *Mais*, eine klimatisch nicht optimal adaptierte Fruchtart, setzen eine rasche Samenkeimung und Jugendentwicklung der Pflanzen voraus, die wiederum von der Kältetoleranz abhängen. Auch die Druscheignung ist ein wichtiges Kriterium einer Körnermaissorte.

Von den Getreidearten *Mais* und *Weizen* werden neben den allgemeinen züchterischen Maßnahmen im wesentlichen eine dauerhaftere Resistenz gegenüber verschiedenen Pilzkrankheiten und weiteren Schadorganismen verlangt.

Im Vergleich zu den vorgenannten Arten ist der Anbau der *Körnerleguminosen* trotz vieler Vorteile (Luftstickstoffbindung durch Knöllchenbakterien, Verbesserung der Bodenstruktur, Aufschluß von Nährstoffen aus tieferen Bodenschichten, Bodengesundung in phytosanitärer Hinsicht bei getreidereichen Fruchtfolgen und hoher Vorfruchtwert) problematischer. Alle Körnerleguminosen weisen ein Mißverhältnis von Gesamtertrag an Biomasse zum Körnerertrag auf. Die Körnerleguminosen sind züchterisch jahrzehntelang vernachlässigt worden. Der Pflanzenzüchtung fällt daher als Hauptaufgabe zu, das seit Jahrzehnten bestehende relativ niedrige Ertragsniveau an das anderer Hauptkulturarten heranzuführen, um wettbewerbsfähige Kulturen in entsprechenden Anbausystemen zu ermöglichen.

Dringend erforderlich erscheint die Reduzierung des ertragsphysiologisch überflüssigen Anteils der Grünmasse, d. h. eine Änderung des Korn-Stroh-Verhältnisses zugunsten des Kornanteils. Dazu gehören auch eine bei allen Arten verbesserte Standfestigkeit kombiniert mit Mähdruschfähigkeit, gleichmäßiger Abreife sowie bestimmte Resistenzeigenschaften. In diesem Zusammenhang sind einige Merkmale in Mutanten und Wildformen interessant, die nach Einkreuzung in die Kulturformen

mit anschließender Selektion auf die erwähnten Zuchtziele die Ertragsleistung steigern und die erforderliche Ertragsstabilität verbessern können.

Pflanzliche Öle und Fette

Mit Ausnahme von *Winterraps* sind die anderen Ölfrüchte über viele Jahre kaum angebaut worden. Demzufolge ist, von der *Sonnenblume* abgesehen, eine züchterische Bearbeitung nicht erfolgt. Daraus ergibt sich die generelle Notwendigkeit, die Ölerträge je Flächeneinheit züchterisch so anzuheben, daß wettbewerbsfähige Kulturen entstehen.

Die für die Verwendung des Rapsöls als Speisefett aus ernährungsphysiologischen Gründen erfolgte Umstellung auf erucasäurefreie und glucosinolatarme Sorten ist hierbei entweder durch Selektion rückgängig zu machen oder es ist auf die älteren erucasäurehaltigen Sorten zurückzugreifen. Mehrjährige Versuche haben gezeigt, daß die alten Ölpflanzen *Leindotter*, *Öllein*, *Mohn* und *Senf* über eine ausreichende, zum Teil sogar über eine außerordentlich große genetische Variabilität des Ertragsvermögens verfügen, die züchterisch nutzbar ist.

Bei pflanzlichen Ölen und Fetten geht es darum, eine den Anforderungen der Industrie entsprechende Kohlenstoffkettenstruktur zu erreichen. Zur Zeit muß die chemische Industrie ihren Bedarf an nativen Ölen aus Drittländern decken. Wenn es gelingt, Ölpflanzen, beispielsweise mit hohem Ölsäuregehalt, in der Bundesrepublik Deutschland zu züchten bzw. hiesige Pflanzen so umzuzüchten, daß sie im Ölsäuregehalt und in der C-Kettenstruktur den Bedürfnissen der chemischen Industrie entsprechen, bestehen interessante Kooperationsmöglichkeiten zwischen Industrie und Landwirtschaft. Es bleibt daher zu untersuchen, inwieweit im Rahmen der natürlichen Variabilität oder durch Auslösung von Mutationen Verbesserungen erzielt werden können.

Eine weitere bemerkenswerte Ressource für Ölpflanzen ist unter den Wildarten zu finden. Insbesondere ist die *Kreuzblättrige Wolfsmilch* (*Euphorbia lathyris*) hervorzuheben, die sich durch einen sehr hohen Ölgehalt mit einer einzigen dominierenden Fettsäure, der Ölsäure, auszeichnet. Nachteilig ist, daß diese wie alle Wildarten eine Reihe von charakteristischen Merkmalen besitzt, die dem Anbau entgegenstehen und eliminiert werden müssen; Züchtungserfolge stellen sich dabei erst nach 15 bis 25 Jahren ein. Erste ermutigende Ergebnisse der Züchtung in deutschen Pflanzenzüchtungsinstituten liegen beispielsweise auf dem Gebiet der Wolfsmilchgewächse vor.

Pflanzenfasern

Auch hier ist ein entscheidender Nachholbedarf hinsichtlich moderner Anbautechniken zu verzeichnen. Züchterisch steht der *Faserlein* vor allem in einigen westeuropäischen Nachbarländern auf einem hohen Stand. Die dortigen Sorten sind sehr ertragreich, besitzen einen hohen Fasergehalt und

gute Qualitätseigenschaften. Daher könnte für bestimmte Anbauggebiete in der Bundesrepublik Deutschland jederzeit auf diese Sorten zurückgegriffen werden.

Außer den Möglichkeiten, die die vorgenannten Produktlinien bieten, sollte auch der Anbau von *Gewürz- und Arzneipflanzen* Beachtung finden.

Lignocellulose

Die Anlage von Beständen mit schnellwachsenden Baumarten außerhalb des Waldes und deren Bewirtschaftung in kurzen und mittleren Umtriebszeiten (etwa 3 bis 15 Jahre) stellen andere Anforderungen als konventioneller Waldbau mit langen Produktionszeiträumen (80 bis 120 Jahre). Sie betreffen hauptsächlich

- die Baumarten: Aspen, Pappeln, Weiden und deren Hybriden, weil sie raschwüchsig sind und frühzeitig hohe Holzerträge erbringen;
- die stofflichen Eigenschaften des Holzes: geringere Qualitätsanforderungen für die energetische Nutzung und z. T. für die Herstellung von Holzwerkstoffen; ausreichende Faserlänge für die Zellstoffproduktion (erfordert Umtriebszeit von 10 bis 15 Jahren);
- den Standort: frische und feuchte Böden für Pappeln und Weiden (wärmebegünstigte und gut nährstoffversorgte Böden für Schwarzpappeln); größere Standorttoleranz für Aspen;
- die ökonomische Leistungsfähigkeit: höher als bei konventioneller Waldwirtschaft oder Neuaufforstungen.

Weitere Anforderungen ergeben sich an Anbau, Pflege, Schutz und Erntetechnik.

Hinsichtlich der *ökologischen* Anforderungen an die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe gelten folgende Aspekte:

- Keine zusätzliche Inanspruchnahme bislang landwirtschaftlich ungenutzter Flächen. Der Flächenbedarf des Naturschutzes wird ohne Konkurrenz mit nachwachsenden Rohstoffen befriedigt werden können (siehe dazu auch Antwort auf Frage II.11).
- Keine Intensivierung der Flächenbewirtschaftung, sondern möglichst Verringerung des Betriebsmitteleinsatzes. Es ist der Notwendigkeit Rechnung zu tragen, landwirtschaftliche Betriebsmittel mit ökologischen Folgewirkungen (z. B. Dünge- und Pflanzenschutzmittel) sparsamer einzusetzen. Dabei sind auch Industriepflanzen zu züchten, die als sog. „Low-Input-Varieties“ gelten.
- Erhöhung der angebauten Artenzahl zwecks Erweiterung der Fruchtfolge.
- Erhaltung der offenen Kulturlandschaft.
- Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Umwelt, die sich durch die Verarbeitung nach-

wachsender Rohstoffe einschließlich der Reststoffe ergeben.

6. Welche Forschungsergebnisse aus dem In- und Ausland liegen bisher vor, die geeignet sind, zum Zwecke der Rohstoffversorgung

- geeignete ausländische Pflanzen hier anzusiedeln,
- heimische Pflanzen umzuzüchten,
- ausländische bzw. heimische Pflanzen genetisch so zu verändern, daß sie z. B. den klimatischen, ökologischen und wirtschaftlichen Bedingungen in der Bundesrepublik Deutschland genügen?

In den letzten Jahren sind weltweit Pflanzen verstärkt auf ihre Verwendbarkeit als Rohstoffe für den Nichtnahrungssektor untersucht worden. In ihren Bemühungen, Industriepflanzen in den benötigten Qualitäten und zu wettbewerbsfähigen Preisen anbieten zu können, steht die Forschung noch am Anfang. Die pflanzenbaulichen und -züchterischen Forschungsinstitute sowie Saatzuchtanstalten in der Bundesrepublik Deutschland pflegen dabei enge Kontakte und den Austausch mit entsprechenden Einrichtungen des Auslandes.

Zucker, Stärke, Ethanol

Mit Sicherheit besitzen die heimischen *Beta-Rüben* (Zucker- und Futterrüben) erhebliche Leistungsreserven, die durch züchterische Weiterentwicklung zu einer wertvollen Rohstoffpflanze führen können. Ertragssteigerungen können erreicht werden durch Ausschöpfen der gesamten verfügbaren genetischen Variabilität der Beta-Rüben mit Hilfe von Kreuzungen zwischen Futter- und Zuckerrübenhybriden.

Schaubild 3 zeigt den Ertragsverlauf von 1952 bis in die Gegenwart und die weitere Ertragsprognose bis zur Jahrtausendwende unter Berücksichtigung der verschiedenen Zuchtrichtungen.

Die sich hieraus ergebende Entwicklung der Ethanolerträge zeigt Übersicht 13.

Übersicht 13

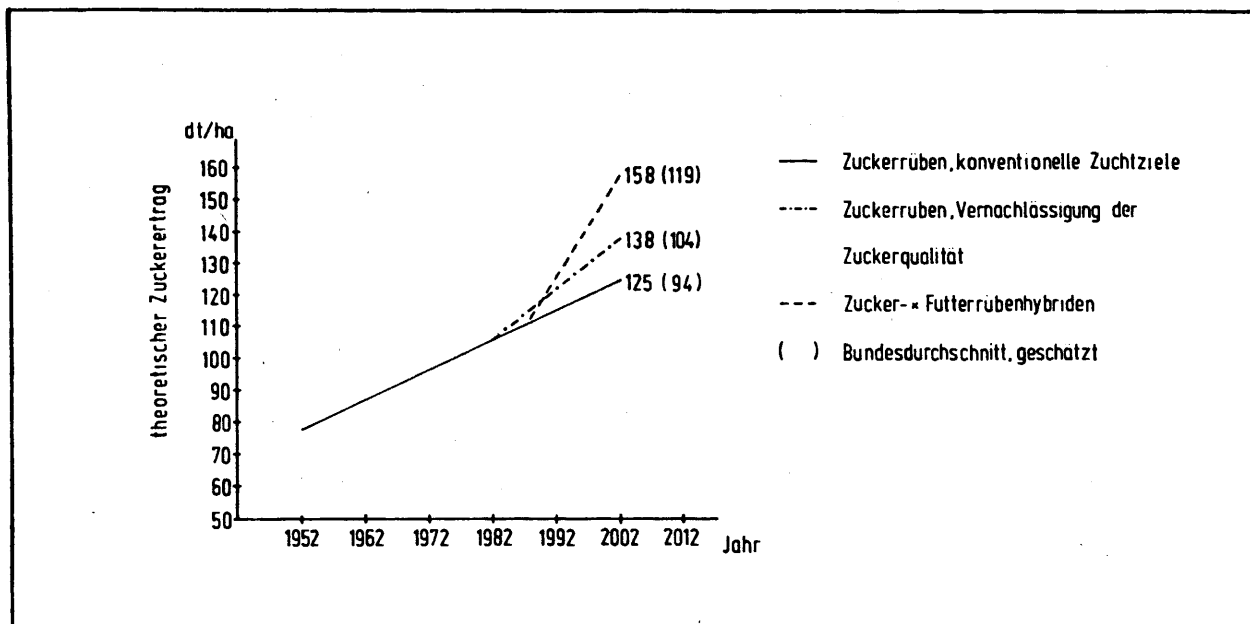
Durchschnittliche Ethanolerträge (l/ha)

Pflanze	derzeit	im Jahr 2000
Beta-Rübe	5 000 bis 6 000	7 000 bis 9 000
Wurzelzichorie	4 200	6 000
Kartoffel	5 000	9 300
Topinambur	5 000	7 000
Mais	2 300	3 000
Weizen	2 000	2 600

Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Schaubild 3

Prognose der Entwicklung des Zuckerertrages bei Beta-Rüben



Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Der Anbau der heimischen *Wurzelichorie* ist in der Bundesrepublik Deutschland weitgehend noch unbekannt. Das heutige durchschnittliche Leistungsniveau französischer und belgischer Sorten liegt bei 400 dt Wurzeln/ha. Ein bei der Bundesforschungsanstalt in Braunschweig-Völkenrode durchgeführter Sortenversuch hatte ein ähnliches Ergebnis. Der Ertragszuwachs in Frankreich lag in der letzten Dekade bei 23 %. Legt man einen mittleren Gehalt von 18 % an vergärbarem Zucker zugrunde, so sind schon in absehbarer Zeit Erträge von fast 90 dt vergärbarer Trockensubstanz je ha möglich.

Ein sicherlich nicht unbeachtliches Leistungspotential kann noch ausgeschöpft werden, wenn Heterosiszüchtung oder die Entwicklung triploider Hybridsorten analog der Beta-Rübe in Betracht gezogen werden können.

Von den zuckerliefernden Pflanzen ausländischer Provenienz ist die *Zuckerhirse* besonders beachtenswert. Aus Österreich werden Versuchsergebnisse von 70 dt an vergärbarer Substanz je ha berichtet. Erste Anbauerfahrungen in der Bundesrepublik Deutschland deuten auf ähnlich hohe Erträge hin. Darüber hinaus kann die anfallende Baggasse sämtliche Prozeßenergie für die Ethanolherzeugung liefern. Züchterisch ist die Zuckerhirse wie der Mais zu beurteilen. Analog zu der Entwicklung der Maiserträge dürfte diese Pflanze nach einem Adaptationsprozeß von ungefähr 20 Jahren auch in klimatisch weniger begünstigten Gebieten anbaufähig sein.

Von stärkeliefernden ausländischen Pflanzenarten stammen die ertragsstärksten aus dem tropischen bzw. subtropischen Bereich. Süßkartoffel, Maniok und Yam z. B. sind in weiten Bereichen tropischer

und subtropischer Länder Hauptlieferant von Stärke. Langjährige Adaptationszüchtungen an europäische Klimate sind nicht erforderlich, da die Erfolgsaussichten sehr unsicher sind und genügend einheimische Stärkepflanzen zur Verfügung stehen.

Von den bereits im Anbau befindlichen Pflanzen nimmt die *Kartoffel* als traditionelle Stärke- und Ethanolpflanze einen hervorragenden Platz ein. Der Anteil des Kartoffelanbaus für die Stärke- und Alkoholherstellung liegt derzeit bereits bei 15 % der Kartoffelanbaufläche. Insbesondere hat der Anbau zur Stärkegewinnung in den letzten Jahren eine beträchtliche Ausweitung erfahren.

Aus den Daten des Bundessortenamtes geht hervor, daß bei den mittelspät bis spät reifenden Sorten im Zeitraum von 1952 bis 1981 die Knollenerträge jährlich um 3,86 dt/ha erhöht werden konnten. Bei gleichbleibender Steigerungsrate wäre bis zum Jahr 2000 mit Erträgen von mehr als 500 dt/ha zu rechnen.

Um eine noch höhere Steigerungsrate zu erreichen, bieten sich vier Möglichkeiten an:

- Erhöhung der genetischen Variabilität, da die derzeitige genetische Basis relativ schmal ist;
- Nutzung von Heterosiseffekten durch Kreuzung mit adaptierten Primitivformen;
- Verlängerung der Vegetationsperiode;
- Schaffung eines veränderten Pflanzentyps durch Reduzierung des Blattapparates auf das ertragsphysiologisch notwendige Maß.

Zur Erzielung möglichst hoher Erträge sollten Sorten mit einer längeren Vegetationsdauer angestrebt werden, weil jeder zusätzliche Tag photosynthetischer Aktivität einen Mehrertrag von über 6 dt/ha bringt.

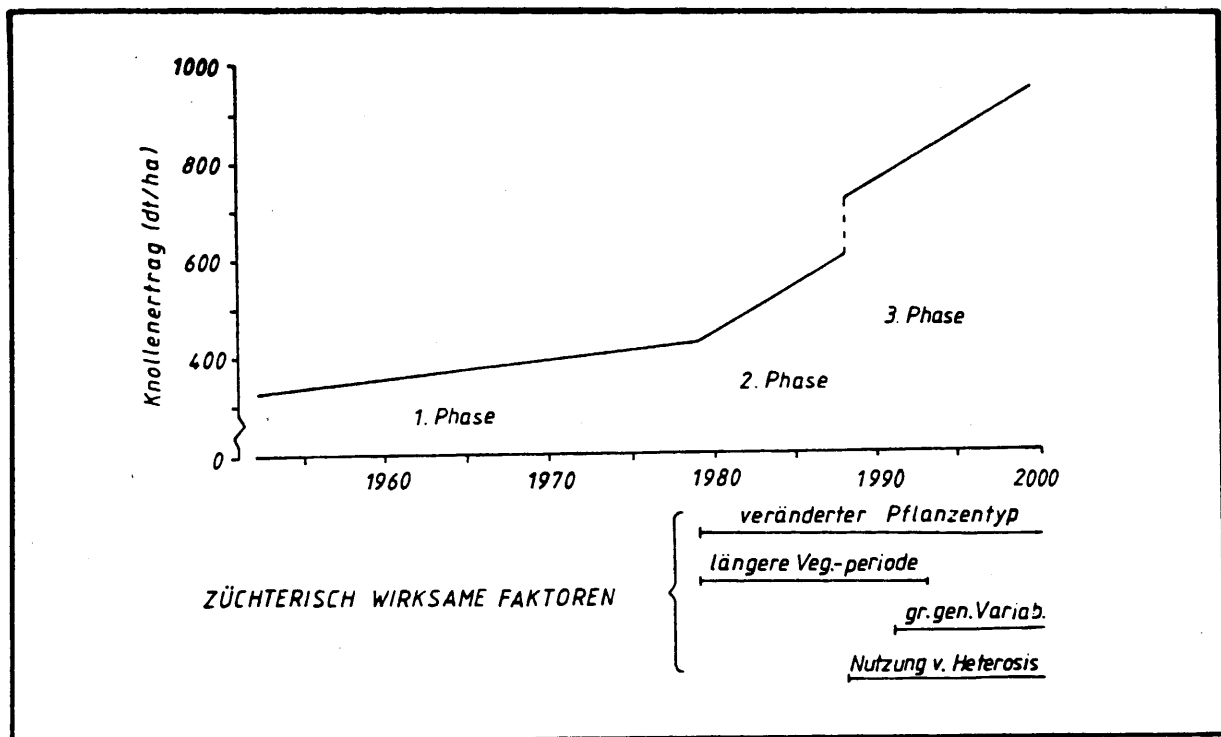
Darüber hinaus sollte ein Pflanzentypus mit reduziertem Blattapparat entwickelt werden. Nach Un-

tersuchungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) reichen 30 % der gebildeten Blattmasse aus, um die erblich vorgegebene Ertragsleistung zu erbringen.

Schaubild 4 zeigt die Ertragsentwicklung der Industriekartoffel unter Berücksichtigung der vorgenannten Faktoren bis zur Jahrtausendwende.

Schaubild 4

Geschätzte Ertragsentwicklung bei der Ethanol/Stärke-Kartoffel



Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Bei einem gegenwärtigen Durchschnittsertrag im Versuchsanbau von 790 dt/ha und einem Stärkegehalt von 19 % ergibt sich ein Stärkeertrag von 150 dt/ha.

Neben der Kartoffel besitzt die *Topinamburpflanze* ein sehr hohes Ertragspotential. Der durchschnittliche Knollenertrag von mehreren in der FAL geprüften Herkünften lag bei 530 dt Frischmasse bzw. 115 dt Trockenmasse je ha. Die Konkurrenz der Zuckerrübe sowie auch ungelöste Probleme in der Verarbeitungstechnik haben bisher jedoch eine umfangreichere Nutzung dieses Ertragspotentials verhindert. Nachdem inzwischen die Ausbeute an der fermentierbaren Substanz des Inulins deutlich erhöht werden konnte, dürften diese Schwierigkeiten weitgehend ausgeräumt sein. Französischen Versuchsberichten zufolge konnten durch die Verwendung von Hefen mit Inulaseaktivität bereits 6 500 l Ethanol je ha erzeugt werden.

Für Topinambur sind noch Anpassungsmöglichkeiten an die in Europa herrschenden Tageslängen zu überwinden; dieser Tatbestand behindert noch die Herstellung neuer genetischer Varianten. Durch den Einsatz technischer Hilfsmittel (Phytotroni) ist dieses Problem jedoch lösbar.

Bei *Mais* haben große Erfolge in der Hybridzüch-

tung sowie bei der Mechanisierung der Kultur zu einer sprunghaften Ausbreitung des Maisanbaus in der Bundesrepublik Deutschland seit Beginn der 60er Jahre geführt (1950/54: 52 000 ha; 1985: 1,11 Mio. ha). Unter den landwirtschaftlich genutzten Kulturpflanzen der Bundesrepublik Deutschland weist der Mais die mit Abstand höchsten Ertragssteigerungsraten auf.

Der jährliche Ertragszuwachs beim Körnermais betrug je nach Reifegruppe seit der Einführung der Hybridsorten zwischen 1,15 und 1,52 dt/ha. Bei einem gleichbleibenden Trend wären bis zum Jahr 2000 Körnererträge von 92 dt/ha zu erwarten. Bei einem mittleren Stärkegehalt des Maiskorns von 66 % errechnet sich daraus ein Stärkeertrag von 61 dt/ha.

Der *Weizen* hat in den letzten Jahrzehnten eine stetige Zunahme im Ertrag durch Sortenverbesserung und durch verbesserte Anbautechniken erfahren. Die jährliche Ertragszunahme betrug in den zurückliegenden drei Jahrzehnten im Mittel der Bundesrepublik Deutschland 1,69 dt/ha, wobei in den letzten 15 Jahren eine stärkere Ertragszunahme als zuvor zu verzeichnen war. Bei Fortsetzung dieser Tendenz ergibt sich daraus ein Ertrag von etwa 75 dt/ha im Jahre 2000, woraus bei einem mittleren Stärkegehalt des Weizenkorns von annähernd 70 %

ein Stärkeertrag von 52 dt/ha resultiert. Nicht auszuschließen ist, daß bei einer intensiveren Anwendung der Hybridzüchtung auch bei dieser Getreideart ein noch etwas größerer Ertragszuwachs je Jahr möglich wird.

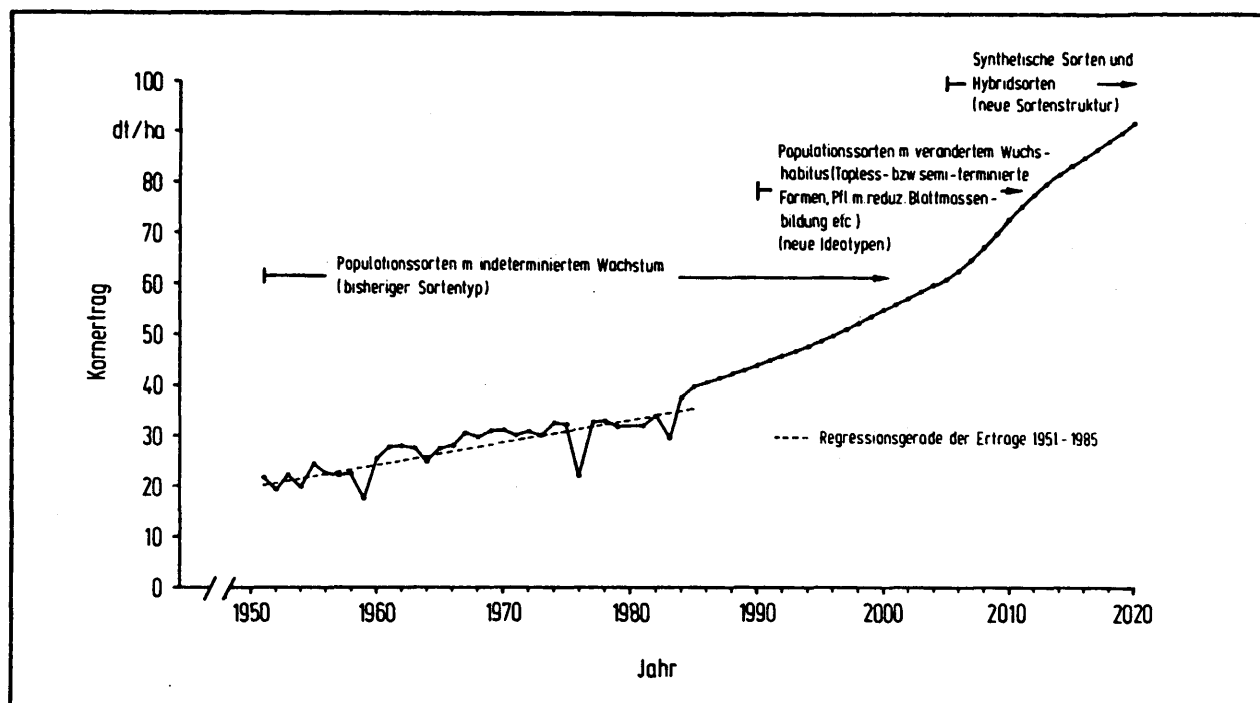
Die vergleichsweise niedrigen Samenerträge der *Körnerleguminosen* und die unzureichende Ertragsstabilität beeinträchtigen ihren Anbau. Vieles deutet darauf hin, daß das genetisch angelegte Ertragspotential gegenüber dem heute realisierten wesentlich höher liegt. Auch ein Vergleich der heutigen mittleren Samenerträge mit der beobachteten Variationsbreite verschiedener Formen der drei Körnerleguminosenarten Ackerbohnen, Erbsen und Buschbohnen weist das aus.

Spezies	Mittlerer Samenertrag in dt/ha	Variationsbreite der Samenerträge in dt/ha
Ackerbohnen	40	25 bis 70
Körnererbsen	44	35 bis 68
Futtererbsen	34	20 bis 55
Buschbohnen		
Trockenkochbohnen	24	20 bis 30
Grüne Bohnen	18	15 bis 25
Wachsbohnen	15	12 bis 25
Gelbe Lupine	20	12 bis 25

Zur Anhebung der Erträge sind im einzelnen folgende züchterische Maßnahmen erforderlich und möglich:

Schaubild 5

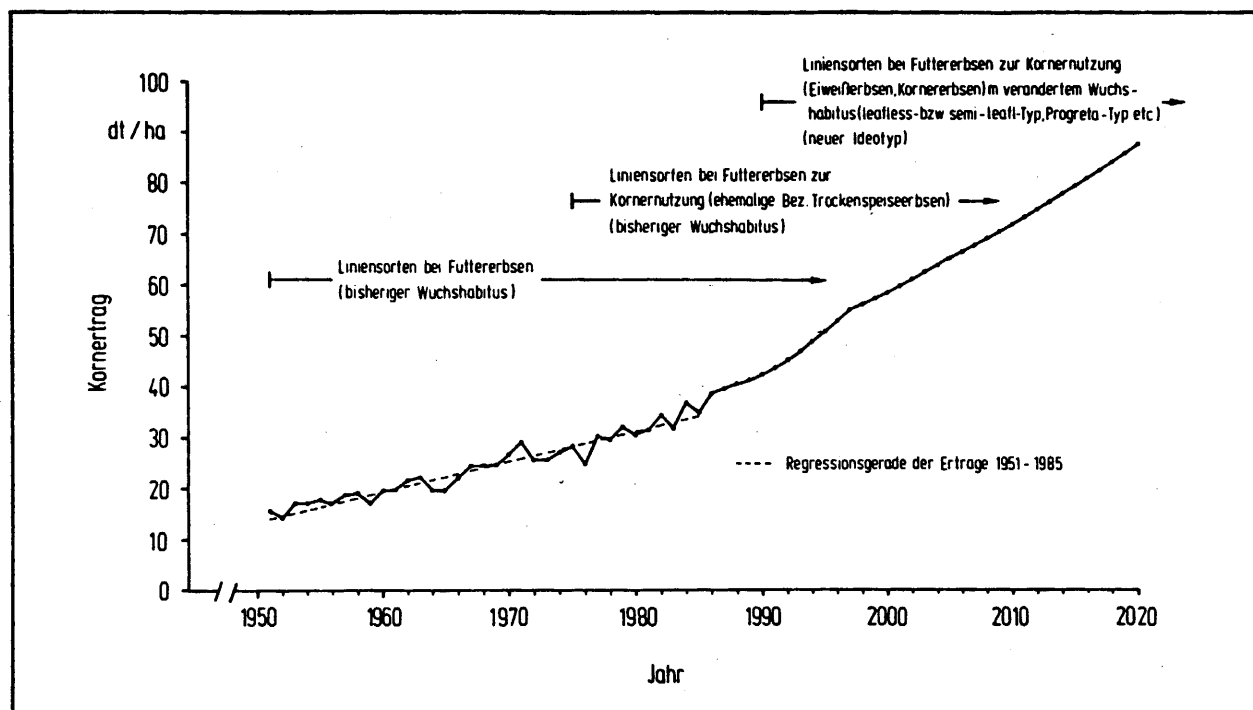
Ertragsverlauf (mittlerer Kornertrag) bei Ackerbohnen zwischen 1951 bis 1985 sowie zu erwartende Kornerträge bis zum Jahr 2020 in der Bundesrepublik Deutschland



Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Schaubild 6

Ertragsverlauf (mittlerer Kornertrag) bei Futter- bzw. Körnererbsen zwischen 1951 bis 1985 sowie zu erwartende Kornerträge bis zum Jahr 2020 in der Bundesrepublik Deutschland



Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Bei den gegenwärtigen Stärkegehalten der Samen sind folgende Stärkeerträge zu erzielen:

Spezies	Stärkegehalt des Samens in %	Mittlerer Stärkeertrag in dt/ha		
		1980	1990	2000
Körnererbsen ...	50	15	22	29
	55	17	25	32
Ackerbohnen	45	15	20	25
	50	16	22	27
Buschbohnen		Kornertrag in dt/ha		
			40	50
			20	25
	50	—	20	25
	55	—	22	28

Neben Stärkegehalt und -ertrag spielt bei den Körnerleguminosen die Stärkequalität eine wichtige Rolle. Während in der Kartoffel-, Mais- und Weizenstärke des Amylopektin mit einem Anteil von rd. 75% vorherrscht, gibt es bei den Erbsen Herkunft, die bis zu 80% Amylose an der Gesamtstärke enthalten. Amylose ist für bestimmte Produktionsbereiche der Chemie von besonderer Bedeutung. Die folgende Aufstellung gibt einen Überblick über die gegenwärtigen Verhältnisse und die daraus resultierende Spannbreite der Amyloseerträge.

Art	Korn-erträge dt/ha	Amylose in der Stärke %	Amyloseertrag dt/ha
Weizen	50 bis 70	25	7,5 bis 10,5
Mais	50 bis 70	25	8,3 bis 11,3
Kartoffel ...	300 bis 400	25	13,5 bis 18,0
Körner-erbsen	40 bis 60	50 bis 80	10,0 bis 22,0

Pflanzliche Öle und Fette

Das Artenspektrum der ölliefernden Pflanzen ist sehr groß. Von den ausländischen Ölpflanzen ist die *Sojabohne* an erster Stelle zu nennen. Obwohl tropischen Ursprungs findet sich zunehmend in Europa Interesse, nachdem in den USA durch intensive Züchtungsarbeit eine große Variabilität erzeugt worden ist, die auch anderen Ländern als Züchtungsbasis dient. Das Sojaöl als Industriegrundstoff ist wegen seines hohen Anteils an Linolsäure (46 bis 51%) interessant.

Ertragshöhe und -sicherheit der europäischen Sorten lassen noch zu wünschen übrig. So weisen die drei bisher beim Bundessortenamt registrierten Sorten einen nur mittleren Korn- und Ölertrag auf. Durch konsequente und intensive Züchtungsarbeit kann es aber auch in der europäischen Sojazüchtung gelingen, die Erträge zu steigern und die notwendige Ertragssicherheit zu erreichen.

Die *Euphorbia lathyris* (Kreuzblättrige Wolfsmilch) ist in unseren Breiten keine neue Pflanze. Aus Amerika kamen vor Jahren Meldungen über ihre hervorragende Eignung als Energie-(Treibstoff-)Pflanze. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß der Samen ein Öl mit 80% Ölsäureanteil enthält, eine Qualität, die von der Industrie besonders nachgefragt wird. Darüber hinaus enthält die Stengelmasse verarbeitungsfähige Kohlenwasserstoffe. Der züchterische Versuchs-anbau hat erste positive Ansätze ergeben.

Die zweijährige Pflanze bietet nach neueren Erkenntnissen die Chance, durch Herbstaussaat innerhalb eines Jahres zur Ernte gebracht zu werden. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Nutzung dieser Pflanze gegeben. Ein breiterer Versuchs-anbau mit Modellcharakter ist für dieses Jahr geplant, wobei vor allem folgende Einzelfragen geklärt werden sollen:

- Erprobung geeigneter Anbau- und Ernteverfahren;
- optimale Nutzung der Inhaltstoffe der Stengelmasse;
- technische Gewinnung der Öle;
- Verwertung der Rückstände.

Die Züchtungsarbeiten, um aus den Wildformen der verschiedenen *Cuphea*-Arten eine Kulturpflanze für die industrielle Nutzung zu erhalten, sind in den USA weit gediehen. Ebenfalls erfolgversprechend sind die züchterischen Arbeiten des Instituts für Pflanzenzucht an der Universität Göttingen. Die *Cuphea*-Pflanzen sind subtropischer bzw. tropischer Herkunft und kommen als Kräuter oder Strauch vor. Unterteilt nach 12 Gattungen sind bisher rd. 65 von den geschätzten 260 Arten untersucht worden. *Cupheas* enthalten im allgemeinen 5 verschiedene Fettsäuren. Fettsäuren mit 18 Kohlenstoffatomen (C_{18}) kommen zu einem deutlich geringeren Anteil als in anderen Ölpflanzen vor, meist handelt es sich um C_{10} - und C_{12} -Fettsäuren. Auch C_8 - und C_{14} -Fettsäuren sind in geringem Anteil enthalten. Das Fettsäurespektrum dieser Pflanze entspricht damit den am meisten gefragten Anforderungsprofilen der fettchemischen Industrie. Die *Cuphea* wäre die einzige Ölpflanze, mit der die in Europa ausschließlich aus Drittlandseinfuhren stammenden kurz- und mittelkettigen Fettsäuren aus Kokos- und Palmkernöl substituiert werden könnten. Nach jetzigem Erkenntnisstand scheint *Cuphea* nicht für den Anbau in der Bundesrepublik Deutschland, jedoch für die mediterranen Standorte in der EG geeignet. Der Zeitbedarf bis zur Entwicklung einer anbaufähigen Pflanze — Beseitigung störender Wildpflanzenmerkmale, klimatische Adaptation an europäische Verhältnisse und Steigerung der Ölerträge — wird auf noch mindestens 10 Jahre geschätzt.

Weiter ist die *Andenlupine* zu nennen, die von allen Lupinenarten den höchsten Gehalt an fettem Öl im Samen (bis zu 24%) besitzt. Die *Andenlupine* könnte ohne große Schwierigkeiten für die Mittelmeerländer adaptiert werden. Aber auch Bestrebungen, sie an mitteleuropäische Verhältnisse anzupassen,

sind im Gange. In Anbauversuchen sind bisher nur Kornserträge von maximal 15 dt/ha erzielt worden bei hoher Instabilität der Erträge.

Längerfristig könnten auch der *chinesische Ölrettich* und die *Ölcrambe* aus dem mediterranen Bereich wegen ihres relativ hohen Erucasäuregehalts interessant werden. Die genetische Variabilität von *Crambe* ist nach ersten Versuchen nicht hoch einzuschätzen. Das Ausgangsniveau im Kornsertrag von *Ölrettich* liegt bei 10 bis 15 dt/ha, das von *Crambe* bei 20 bis 25 dt/ha.

Einen Überblick über die im europäischen Klimabereich zur Verfügung stehenden Ölpflanzenarten bringen die beiden folgenden Übersichten.

Aus diesen Übersichten ist zu erkennen, daß Ölpflanzen für industrielle Zwecke in ausreichender Zahl sowohl hinsichtlich der Ölqualität (Ölsäure, Linolsäure, Erucasäure) als auch der pflanzenbaulichen Belange vorhanden sind.

Von den heimischen Ölfrüchten hat der *Winterraps* den durch die Selektion auf Erucasäurefreiheit und Glucoseinolatarmut bedingten Ertragsrückgang weitgehend aufgeholt. Erucasäurehaltige Sorten spielen derzeit im Anbau eine untergeordnete Rolle. Sicherlich besteht hier ein gewisser züchterischer Nachholbedarf. Der vom Bundessortenamt für die Jahre 1948 bis 1981 festgestellte durchschnittliche jährliche Ertragszuwachs betrug 0,43 dt/ha, in den letzten 14 Jahren 0,53 dt/ha. Bei gleichbleibender Tendenz kann daher mit Samenerträgen von 36,8 dt/ha und mit Ölerträgen von ca. 15 dt/ha um die Jahrtausendwende gerechnet werden.

Vom *Leindotter* sind Winterformen in der züchterischen Entwicklung, die ein Kornsertragsvermögen von 35 bis 40 dt/ha erreichen sollen; 25 bis 30 dt/ha werden für *Öllein* angegeben.

Das Ertragspotential des *Sarepta-Senfs* schließlich ist dem vom *Sommerraps* gleichzusetzen. Inzwischen sind winterharte Formen aus ausländischen Herkünften selektiert worden, so daß möglicherweise ertragreichere Winterformen entwickelt werden können. Da der Senf überdies im Gegensatz zum Raps phomaresistent ist, liegt hier ein besonderer Vorteil für den Anbau.

Langfristig können auch einige *Wildarten* der feldmäßigen Ölproduktion zugeführt werden. Gemeinsam ist allen Wildarten, daß sie mehr oder weniger zahlreich und ausgeprägt Wildtypmerkmale besitzen, die für den Anbau hinderlich sind und durch die erwünschten „Kulturmerkmale“ ersetzt werden müssen. Fruchtanfall bei Reife und langanhaltende Keimruhe der Samen sind typische Beispiele. Je nach Art ist für diese Entwicklungsarbeiten ein Zeitraum von 15 bis 20 Jahren anzunehmen, bevor die eigentliche Sortenzüchtung beginnen kann. Ausschlaggebend für eine erfolgreiche Bearbeitung ist die artspezifische genetische Variabilität. Ihre Größenordnung zu überprüfen und weitere für die Ertragsbildung wichtige genetische Parameter abzuschätzen, ist z.Z. Gegenstand eingehender Unter-

Übersicht 14

Qualitätsaspekte der Ölpflanzen

Kulturart	Spannweite im Ölgehalt n. Literatur- angaben	Ölgehalt 1982	Eiweiß- gehalt 1982	Öl- und Eiweiß- gehalt	Hauptfettsäuren (> 25%) nach Literaturangaben			
					Öl 18:1	Linol 18:2	Linolen 18:3	Eruca 22:1
		(Sommerformen)						
Raps	40 bis 52	36,3	28,9	65,2	< 70	< 40		< 60
Rübsen	38 bis 48	39,7	29,5	69,2	< 58			< 67
Sarepta-Senf	11 bis 46	37,0	32,4	69,4	< 37	< 33		< 69
Schwarzer Senf	13 bis 38	30,5	34,4	64,9	< 29		< 28	< 65
Gelber Senf	22 bis 41	31,3	33,8	65,1	< 33			< 62
Crombe	25 bis 50	43,0	24,7	67,7				< 59
Leindotter	33 bis 41	40,7	27,3	68,0			< 39	
Ölrettich	31 bis 50	35,3	34,8	70,1	< 40			< 31
Ölrauke	22 bis 35	30,7	35,7	66,4	< 36			< 44
Sonnenblume	40 bis 50	34,5	18,0	52,5	< 78	< 85		
Saflor	17 bis 50	22,5	15,9	38,4	< 79	< 81		
Ölmadie	24 bis 43	24,0	31,7	55,7	< 25	< 75		
Lein	30 bis 47	41,5	24,7	66,2	< 38		< 66	
Mohn	40 bis 55	45,0	21,6	66,6		< 75		
Ölkürbis	40 bis 58	41,3	33,2	74,5	< 46	< 70		

Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Übersicht 15

Ackerbauliche Aspekte der Ölpflanzen

Kulturart	Samenertrag (dt/ha) in Mitteleuropa nach Literatur- angaben	Anpassung an klimatische Bedingungen	Anpassung an Bewirtschaf- tungsformen	Vorhandensein von Winterformen
Raps	> 30	++	++	ja
Rübsen	> 20	++	++	ja
Sarepta-Senf	12	+	++	möglich
Schwarzer Senf ..	6	+	—	nein
Gelber Senf	17	++	++	nein
Crambe	20 bis 25	0	+	nein
Leindotter	6 bis 29	++	++	ja
Ölrettich	10 bis 15	++	++	nein
Ölrauke	7 bis 16	+	+	möglich
Sonnenblume	> 30	0	0	nein
Saflor	13 bis 36	—	+	nein
Ölmadie	7	+	—	nein
Lein	5 bis 26	++	++	möglich
Mohn	7 bis 30	++	—	möglich
Ölkürbis	12 bis 25	0	—	nein

Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Anmerkung: +, ++ = gut oder sehr gut angepaßt
 0 = noch fraglich
 — = nicht angepaßt

suchungen. Außerdem laufen Versuche zur Optimierung der Saatgutgewinnung.

Eine Sonderstellung nimmt die Familie der *Doldenblütler* (Umbeliferen) ein, die allenfalls als Gewürz-, Medizin- und Gemüsepflanzen genutzt werden. Alle Umbeliferen enthalten in ihrem Samenöl die Petroselinssäure, aus der mittelkettige Laurinsäure gewonnen werden kann, eine Fettsäure, die sonst nur in der tropischen Ölpalme (im Palmkernöl), in der Kokos- und Babassupalme sowie in einigen Cupheaarten zu finden ist. Insbesondere sind Fen-

chel und Koriander als Petroselinssäure liefernde Arten zu nennen.

Arbeiten zur Abschätzung des in dieser Pflanzenfamilie vorliegenden Rohstoffpotentials sind in der FAL eingeleitet worden.

Pflanzenfasern

Übersicht 16 zeigt die Eigenschaften der in Mitteleuropa anbaubaren Faserpflanzen im Vergleich zur Baumwolle.

Übersicht 16

Eigenschaften von Faserpflanzen für den Anbau in Mitteleuropa

Art	Klimatische Adaption	Aufbereitung	Faser		Eignung für	
			-ertrag	-qualität	Textilien	Techn. Zwecke
Faserlein (Flachs)	gut	schwer	hoch	gut	gut	gut
Hanf	gut	schwer	sehr hoch	mittel	schlecht	gut
Große Brennessel	gut	sehr schwer	hoch	schlecht	schlecht	gut
Baumwolle	keine	leicht	mittelhoch	gut	sehr gut	sehr gut

Von ausländischen Faserpflanzen, deren Anbau in Westeuropa lohnend erscheint, ist allenfalls die aus China stammende *Ramie* zu nennen. Frühere Versuche sind jedoch abgebrochen worden, weil die Faserisolierung langwierig und kostspielig ist.

Das Ertragspotential der Faserpflanzen ist mit Ausnahme des Flachses noch nicht abzuschätzen. Die westeuropäischen *Faserleinsorten* erbringen Erträge in der Größenordnung von 12 bis 28 dt Gesamtfasern je ha bzw. 6 bis 21 dt besonders hochwertige Langfasern je ha (Durchschnittserträge von Baumwolle: rd. 6 dt/ha). Die genetische Variationsbreite erscheint groß genug für weitere Zuchtfortschritte.

Lignocellulose

Zwei Anbau- und Bewirtschaftungsformen zur Gewinnung von Lignocellulose sind zu unterscheiden:

Wald mit langen Zeiträumen von der Begründung bis zur Endnutzung (Umtriebszeiten von 80 bis 120 Jahren).

Ausländische Baumarten haben an der Waldfläche der Bundesrepublik Deutschland nur einen geringen Anteil, obwohl Anbauversuche schon seit langer Zeit unternommen worden sind und — soweit sie sich standörtlich bewährt haben — auch noch fortgesetzt werden.

Sowohl ausländische als auch heimische Baumarten können durch züchterische Maßnahmen in ihrem Ertragspotential noch gesteigert werden.

Selektionszüchtung, Kreuzungszüchtung, Verklonung und Resistenzzüchtung könnten — konsequent angewandt — innerhalb von wenigen Jahrzehnten nach wissenschaftlicher Einschätzung zu Zuwachssteigerungen bis zu 20% führen. Würden diese Züchtungsmethoden, die frühestens nach einem Jahrzehnt Ergebnisse erwarten lassen, weiterentwickelt und angepaßt, so wären nach Aussagen von Wissenschaftlern weitere Zuwachssteigerungen von bis zu 25% möglich; der heutige Zuwachs von rd. 5 Vorratsfestmetern je ha und Jahr würde sich entsprechend erhöhen.

Neue Methoden wie somatische Hybridisierung und genetische Beeinflussung können erst später eingesetzt werden.

Restriktiv könnten sich auswirken:

- eine unzureichende Saatgutversorgung beim Ausgangsmaterial,
- eine träge Umsetzung von Forschungsergebnissen in die Praxis,
- Intensität und ungünstiges Zusammentreffen von Streßfaktoren (Umweltbelastungen).

Schnellwuchsbestände von Forstpflanzen mit kurzen (3 bis 5 Jahren) oder mittleren (10 bis 20 Jahren) Umtriebszeiten.

Die Möglichkeit, durch den Anbau schnellwachsender Baumarten auf bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen und die Bewirtschaftung im kurzen oder mittleren Umtrieb ein zusätzliches Potential an Lignocellulose zu gewinnen, wird in den

Ländern Europas und Amerikas z.T. seit Jahrzehnten und mit unterschiedlicher Intensität erforscht.

Im Kurzumtrieb sind schnellwachsende Baumarten (Pappeln, Aspen, Weiden) in der Bundesrepublik Deutschland nur in wenigen Versuchsanlagen getestet worden, so daß repräsentative Praxiserfahrungen noch ausstehen.

Wie bereits in der Antwort der Bundesregierung vom 11. Januar 1984 auf eine Kleine Anfrage (Drucksache 10/900) ausgeführt wurde, sind gegenwärtig in einem vom BML geförderten Versuch 14 ha auf 11 Standorte verteilt; von weiteren 10 ha eines 1983 begonnenen und vom BMFT geförderten Projektes in Süddeutschland entfallen 4 ha auf Sortenversuche, 3 ha auf Pflanzenschutzversuche. Angebaut wurden diverse Sorten bzw. Klone von Pappeln, Aspen und Weiden.

In- und ausländische Ergebnisse besagen, daß gegenwärtig bei den verwendeten Baumarten unter mitteleuropäischen Verhältnissen im Stockausschlagbetrieb Erträge von 10 bis 15 t Trockensubstanz je Jahr und ha als gesichert angenommen werden können; in Einzelfällen wurden auch weit höhere Erträge erzielt (zum Vergleich: Im Wald der Bundesrepublik Deutschland liegt der nutzbare durchschnittliche Ertrag je Jahr und ha etwa bei 2 bis 2,5 t Trockensubstanz). Es bestehen Chancen, daß durch weitere züchterische Bearbeitung das genetische Potential der in Frage kommenden Baumarten noch besser ausgeschöpft bzw. erhöht werden kann, so daß in Verbindung mit Maßnahmen der Bewirtschaftung künftig noch höhere Trockensubstanzerträge erwartet werden dürfen.

Dies gilt auch für die Nutzung in mittleren Umtriebszeiten. In Ergänzung der erwähnten Versuchsanbauten fördert der BML ab 1986 ein 10 ha großes Modellvorhaben im östlichen Nordrhein-Westfalen auf einem Getreidestandort mittlerer Höhenlage als interdisziplinäres Verbundprojekt. Hierbei sollen auch ökonomische Bedingungen ermittelt werden.

Kleintechnische Versuche haben ergeben, daß Holzhackschnitzel aus Kurzumtrieb außer der energetischen Verwertung auch für die Herstellung von Spanplatten in gewissen Grenzen geeignet sind. Der Anbau im mittleren Umtrieb zielt darauf ab, maschinell entrindbares Holz zu erzeugen, das sich für die Erzeugung von Holzschliff oder Zellstoff eignet. Die Einsatzmöglichkeiten sind beachtlich. So entspricht die Nettoimportquote bei Zellstoff in der Bundesrepublik Deutschland von 79% einem Rohholz-Äquivalent von rd. 10 Mio. m³, d.h. etwa einem Drittel des inländischen Holzeinschlags.

7. Welche Forschungsanstrengungen werden in der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe derzeit mit welchen Zielen unternommen?

Seit der zweiten sprunghaften Steigerung der Energiepreise Ende der 70er Jahre fördert die Bundesre-

gierung (BMFT, BML) eine umfangreiche Forschung mit dem Ziel, land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse in verstärktem Maße für die Energie- und Rohstoffgewinnung zu nutzen. Dabei stehen verschiedene Motive im Vordergrund:

- Schonung vorhandener endlicher Rohstoffvorkommen, Erschließung erneuerbarer Ressourcen;
- Technologieentwicklung;
- Erweiterung der landwirtschaftlichen Produktions- und Absatzmöglichkeiten.

Dies drückt sich auch in den Programmen und Schwerpunkten der Forschungsförderung aus.

Im Programm „Rohstoffforschung“ förderte BMFT seit 1979 30 Projekte mit rd. 46 Mio. DM, die zum Ziel hatten

- die Gewinnung und Bereitstellung von Rohstoffen durch verbesserte Hektarerträge,
- die Herstellung von Grundstoffen für die chemische Nutzung,
- die Verwendung biogener Abfallstoffe.

Im gleichen Zeitraum förderte BMFT im Rahmen der Biotechnologieförderung 35 Projekte mit rd. 30 Mio. DM, in deren Mittelpunkt Biokonversionsverfahren standen, und zwar

- zu Aufschluß und Verwertung von Cellulose,
- zur energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen,
- zur Nutzung stärkehaltiger Rohstoffe, darunter eine Pilotanlage zur Umwandlung von B-Stärke in Alkohol,
- zur Biosynthese chemischer Rohstoffe, Veredelung von Abfall- und Inhaltsstoffen.

Die verschiedenen Forschungsförderungsaktivitäten des BMFT sind seit 1985 in dem Programm „Angewandte Biologie und Biotechnologie“ zusammengefaßt. Neue Ansätze werden vornehmlich durch die Einführung und Anwendung neuer biologischer Methoden bei der praktischen Pflanzenzüchtung, aber auch durch neue chemische und biotechnische Methoden in der Konversionstechnik und durch neue Konzepte zur integralen Nutzung von Biomasse zu erwarten sein.

BML hat nach Vorarbeiten 1982 mit einem vierjährigen Forschungsprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ begonnen, in dem 30 Einzelprojekte bearbeitet wurden.

Hinzu kommen zwei Pilotanlagen zur Erzeugung von Agraralkohol. Insgesamt belaufen sich die Aufwendungen des BML seit 1982 auf rd. 40 Mio. DM. Eine ähnlich große Zahl von Projekten wurde in den Bundesforschungsanstalten des BML im Rahmen eines neuen Arbeitsschwerpunktes „Nachwachsende Rohstoffe“ aus etatisierten Mitteln bearbeitet.

Gleichgerichtete Forschungsanstrengungen werden teilweise auch von den Bundesländern gefördert. Die finanzielle Ausstattung ist jedoch geringer, und die Projekte sind an den regionalen Bedürfnissen und Gegebenheiten orientiert. Ebenso unterstützt die EG entsprechende Forschungsarbeiten durch ihre Programme.

Folgende Ziele sind für die Forschung maßgeblich:

- Erkundung von Absatzmöglichkeiten für nachwachsende Rohstoffe, in denen nach Möglichkeit ihre spezifischen Eigenschaften Wettbewerbsvorteile begründen; Entwicklung von Anforderungsprofilen der industriellen Verwertung.
- Züchterische Bearbeitung von Pflanzen im Hinblick auf derartige Anforderungsprofile in qualitativer und quantitativer Hinsicht.
- Reduzierung der Rohstoffkosten durch züchterische und pflanzenbauliche Maßnahmen zur Steigerung der Flächenerträge.
- Senkung der Konversionskosten der nachwachsenden Rohstoffe durch Entwicklung von energie- und kapitalsparenden Verfahren für Aufschluß und Verarbeitung der Pflanzen und zur kostengünstigen und umweltfreundlichen Verwertung der Reststoffe.
- Ökonomische Untersuchungen zur Wettbewerbsfähigkeit, Standortanalysen und Einführungsstrategien.
- Ermittlung ökologischer Auswirkungen.

8. Wie beurteilt die Bundesregierung den hiesigen und derzeitigen Stand der Forschungen auf dem Gebiet der Bereitstellung, Verarbeitung und Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen in industriellen und staatlichen Forschungseinrichtungen im Vergleich zum Ausland?

Die Grundlagenforschung in den Bereichen der Kohlenhydrat- und Fettchemie war in Deutschland nach erfolgreichen Anfängen zu Beginn des 20. Jahrhunderts nahezu völlig eingestellt worden. Während die Petrochemie in den zurückliegenden Jahrzehnten ausgebaut wurde, sind Forschung und Entwicklung im Bereich der biogenen Rohstoffe bis Ende der 70er Jahre weithin vernachlässigt worden. Seitdem sind die Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Naturstoffe in einigen Industriebereichen und staatlichen Forschungseinrichtungen verstärkt worden.

Auf dem Gebiet der *Bereitstellung* steht die Forschung teilweise noch in den Anfängen, weil hier im wesentlichen pflanzenzüchterische Arbeiten zu leisten sind, für die Zeithorizonte von 10 bis 20 Jahren anzusetzen sind.

Am weitesten fortgeschritten sind die Arbeiten an *landwirtschaftlich* genutzten Pflanzen, bei denen es unter Vernachlässigung von Nahrungsmittel-Qualitätsaspekten auf eine Steigerung der Flächener-

träge ankommt (Rüben, Kartoffeln, Topinambur). Hier ist die Entwicklung von aussichtsreichen Basispopulationen so weit fortgeschritten, daß sie in den nächsten Jahren im Versuchsanbau erprobt werden können. Für Industriezwecke besonders wertvolle Inhaltstoffe finden sich andererseits oftmals in wenig bearbeiteten Sorten oder in Wildpflanzen, wo niedrige und schwankende Erträge sowie fehlende pflanzenbauliche Erfahrungen umfangreiche und langwierige Forschungsarbeiten notwendig machen; über deren Erfolgsaussichten kann noch nicht zuverlässig geurteilt werden.

Hinsichtlich des Anbaus und der Bereitstellung von Holz (*Lignocellulose*) wird auf die Ausführungen in der Antwort zu Frage II.6 Bezug genommen.

Im Bereich von *Verarbeitung und Verwendung* sind durch die bisherigen Forschungsarbeiten eine Reihe von Fortschritten erzielt bzw. interessante Aspekte eröffnet worden:

- So ist die generelle Eignung von agrarischem Ethanol als Treibstoffzusatz erprobt worden. Die Konversionskosten von Agraralkohol dürften sich aufgrund der Erfahrungen mit den bestehenden Pilotanlagen weiter senken lassen.
- Versuche mit Umwandlungsprodukten aus Zucker, Stärke und Lignocellulose haben zu interessanten Zwischenprodukten, Verfahrensentwicklungen und Verwendungsmöglichkeiten geführt; Einsatzmöglichkeiten ergeben sich in den Bereichen Papier, Kunststoffe, Waschmittel, Klebstoffe, Farben und vielen anderen Chemieerzeugnissen sowie biotechnologisch hergestellten Produkten.

Wesentliches Ziel bei der Herstellung und Verwendung von Produkten aus Biomasse ist es, unter Ausnutzung der Strukturvorteile spezieller Formen der Naturstoffe zur Einsparung von Verfahrensschritten oder zu verfahrenstechnischen Vereinfachungen zu gelangen, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit der nachwachsenden Rohstoffe verbessert würde.

Ein weiterer Beitrag zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit ist von kostengünstigen und umweltschonenden Verwertungen der Rest- und Abfallstoffe (z. B. zu Futtermitteln und Düngern) zu erwarten. Hier ist aufgrund der bisher vorliegenden Ergebnisse mit technologischen Fortschritten zu rechnen, die z. B. dazu führen sollten, daß die benötigte Prozeßenergie über das bei der Reststoffverwertung gewonnene Biogas gedeckt werden kann.

Die bisherigen Ausführungen beschreiben zwar im wesentlichen den Stand in der Bundesrepublik Deutschland; sie geben aber auch in groben Umrissen den internationalen Forschungsstand wieder. Denn generell kann gesagt werden, daß sich die Forschung auf dem Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe ganz überwiegend auf die westlichen Industrieländer konzentriert, mit denen die Bundesrepublik Deutschland durch intensiven wissenschaftlichen Austausch und durch vielfältige wirtschaftliche Verflechtungen wie multinational tätige Unternehmen verbunden ist. Allerdings ist beim

Vergleich des hiesigen Standes der Forschungen mit dem Ausland zu berücksichtigen, daß unterschiedliche natürliche Voraussetzungen, Unterschiede in der Verfügbarkeit der Rohstoffe nach Preis und Menge und unterschiedliche agrar-, rohstoff- und energiepolitische Konzeptionen verschiedene Ansätze, Schwerpunkte und Zielsetzungen der Forschung bedingen. Dies erschwert in gewisser Weise den internationalen Vergleich über den Stand der Technik bei nachwachsenden Rohstoffen.

Für die einzelnen Produktlinien läßt sich dennoch vereinfacht folgendes sagen:

- Bei der Verwendung von *Stärke* ist der Anschluß der hiesigen Forschungsentwicklung an den westlichen Standard schon dadurch mitbedingt, daß auf diesem Gebiet international tätige Firmen auch hier tätig sind. Während in den USA die Stärkeproduktion allein auf der Basis Mais erfolgt, werden hier vor allem Getreide und auch Kartoffeln eingesetzt. Im Hinblick auf diese Rohstoffe bestehen aufholbare Defizite, die vor allem die Reststoffverwertung und umweltschonende Abwasserbeseitigung betreffen. Gewisse Defizite bei der Kartoffelverarbeitung bestehen auch gegenüber den Niederlanden. Schließlich weist die Züchtung von Leguminosen, die zur Gewinnung von Amylosestärke herangezogen werden können, Defizite gegenüber Ländern wie USA und Frankreich auf.
- Ebenso wie bei Stärke entspricht bei *Zucker* der hiesige Standard dem westlicher Industriestaaten. Dies gilt auch für die neuen Entwicklungen auf dem Gebiet der Biotechnologie. Eine gewisse Einschränkung hinsichtlich der Verwendungsbreite ergab sich allerdings durch die bisherige Zuckermarktregelung der EG.
- Der Forschungsbedarf bei *pflanzlichen Ölen und Fetten* liegt zu einem guten Teil in züchterischen Arbeiten, um geeignete Pflanzen dem Bedarf anzupassen. Ihr Erfolg wird mit durch die klimatischen Voraussetzungen bestimmt, die das hierzulande mögliche Artenspektrum und den Umfang von Forschungsarbeiten eingrenzen. Insofern besteht ein deutliches Defizit gegenüber den USA, die die Bewertung und Bearbeitung von Ölpflanzen in einem sehr weiten Umfang aufgenommen haben.
In der anwendungsorientierten Forschung ist die chemische Industrie sehr leistungsfähig. Sie weist jedoch große Defizite in der Grundlagenforschung auf.
Schließlich ist darauf hinzuweisen, daß die Bundesrepublik Deutschland zu den wenigen Ländern gehört, in denen erfolgreich daran gearbeitet wird, Dieselmotoren mit Pflanzenölkraftstoffen zu betreiben.
- Unter den hierzulande anbaubaren *Faserpflanzen* ist Flachs die aussichtsreichste, weil schon heute wachsende Märkte für Fasern und Nebenprodukte bestehen. Gleichwohl ist die Forschung bei dieser Pflanze in den meisten europäischen

Ländern zurückgeblieben, so daß vor allem Anbau, Aufbereitung und Verarbeitung noch weiterhin mit traditionellen Methoden erfolgen.

Die Bundesrepublik Deutschland ist neuerdings bemüht, die Wiedereinführung des Flachsbaus hierzulande durch die Entwicklung neuartiger (Kombination aus physikalischen und enzymatischen) Verfahren zur Aufbereitung und Verarbeitung sowie durch die Optimierung von Anbau- und Erntetechniken voranzubringen. Dabei wird zum Teil auf Erfahrungen aus Nachbarländern wie die Niederlande, Österreich und Frankreich zurückgegriffen, zum Teil aber sollen eigene Innovationen der deutschen Forschung auf diesem Gebiet in einigen Jahren einen Spitzenplatz sichern.

- Bei *Lignocellulose* weist der Forschungsstand insgesamt ein hohes Niveau auf, das grundsätzlich nicht hinter dem des Auslandes zurücksteht. Es gibt aber Felder, vor allem bei Hemicellulose und Lignin, auf denen sowohl die Grundlagenforschung als auch die angewandte Forschung zeitweise in den Hintergrund getreten sind, z. B. die Chemie der Cellulose, Hemicellulose und des Lignins. Hier wurden aber in den letzten Jahren verstärkt Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aufgenommen, die insbesondere die Anwendung umweltfreundlicher Holzaufschlußverfahren und die bestmögliche Nutzung aller Stoffkomponenten zum Ziele haben. Einen Schwerpunkt bildet auch die Erforschung von Waldschäden.
- Bei der Herstellung von *Agraralkohol* hat die Bundesrepublik Deutschland in den letzten Jahren aufgrund einer konzentrierten Förderungspolitik große Fortschritte erreicht. In Brasilien (Basis: Zuckerrohr) und den USA (Basis: Mais) liegen allerdings weitaus mehr Erfahrungen mit großtechnischen Anlagen vor. Japan kann auf große Fortschritte in der Fermentationstechnologie verweisen, die aber zum großen Teil noch nicht in Großanlagen erprobt wurden. Hierzulande sind aber mit einigen Pilotanlagen ganz wesentliche Fortschritte in der Entwicklung effizienter und energiesparender Verfahren zur Alkoholherstellung auf der Basis eines breiten Rohstoffangebots gemacht worden. Dabei konnte die kontinuierliche Fermentation nahezu bis zur Praxisreife vorangebracht werden. Zusammen mit Österreich werden darüber hinaus Verfahren der Reststoffverwertung entwickelt, so daß die deutsche Ethanoltechnologie in Europa führend sein dürfte.

9. Auf welchen Forschungsgebieten sind nach Meinung der Bundesregierung am ehesten technische Fortschritte bei der Bereitstellung und Verarbeitung von geeigneten Pflanzen für die Herstellung von Rohstoffen zu erwarten, und welchen Beitrag kann die Gen- und Biotechnologie hierzu leisten?

Bei der *Bereitstellung* von geeigneten *landwirtschaftlich nutzbaren Pflanzen* sind am ehesten auf

dem Gebiet *Acker- und Pflanzenbau* Fortschritte zu erwarten, da in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten 30 Jahren die landwirtschaftliche Produktion primär auf die Nahrungsmittelerzeugung ausgerichtet war und nicht auf die Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen für eine industrielle Verwendung.

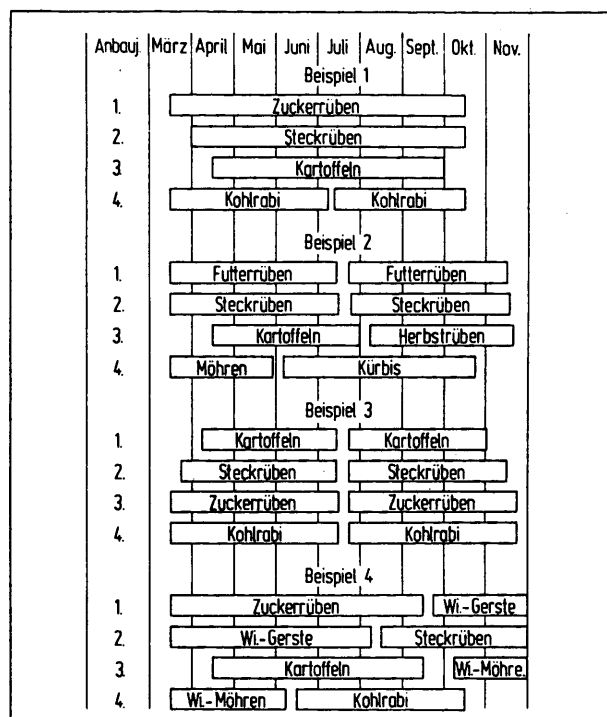
Die erreichbaren Fortschritte beziehen sich auf die Schaffung von optimalen Bedingungen bezüglich Bestellung, Pflanzenpflege, Pflanzenschutz und Düngungsmaßnahmen im Hinblick auf eine Bestandsführung entsprechend den andersartigen An-

sprüchen an Ertrag, Qualitätsmerkmale und Verarbeitungseigenschaften für den Industripflanzenbau.

Die Umstellung auf Fruchtfolgen, die auf die Produktion von Industripflanzen ausgerichtet sind, ist bereits mit vorhandenen Sorten diverser Kulturpflanzenarten durchführbar. Die Ethanolherzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen erfordert z. B. eine ausgedehntere Kampagne als sie z. Z. bei der Zuckergewinnung üblich ist. Schaubild 7 zeigt Beispiele für derartige Fruchtfolgen, die bereits in der praktischen Erprobung sind.

Schaubild 7

Beispiele für die Gestaltung von Fruchtfolgen zur Herstellung von Ethanol



Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Beim landwirtschaftlichen Anbau, auch von nachwachsenden Rohstoffen, wird der Einsatz der Mikroelektronik technische Fortschritte erbringen. Dies bezieht sich auf Einsparung von technischen Mitteln wie Dieselkraftstoff, Pflanzenbehandlungsmittel etc. sowie die zeit- bzw. energieoptimale Arbeitsdurchführung durch den Einsatz von z. B. Bordcomputern.

In der landwirtschaftlichen Verfahrenstechnik und Landtechnik sind durch Forschungen auf dem Gebiet Mikroelektronik bei Meß-, Steuer- und Regelaufgaben für folgende Probleme der Bereitstellung von geeigneten Pflanzen zur Herstellung von Rohstoffen technische Fortschritte zu erwarten:

1. Verbesserte Ressourcenschonung und Input/Output-Relationen durch Anwendung der Mikroelektronik für Fahrerinformationssysteme, Steuer- und Regeleinrichtungen und Anlagen zur Sy-

stemoptimierung bei landwirtschaftlichen Anbau-, Pflege- und Erntemethoden sowie der Lager- und Vorratshaltung. Auch die wirtschaftliche Erzeugung von Energieträgern aus nachwachsenden Rohstoffen, z. B. Ethanol, Rapsöl usw., wird durch den Einsatz von Computerelektronik verbessert werden können.

2. Entwicklung von ausreichend genauen und robusten mikroelektronischen Sensoren zur genauen Steuerung und Regelung landtechnischer Verfahren. Diese Forderung gilt auch für die weiter unten erörterten industriellen Verfahren der Verarbeitungstechnik.

In zweiter Linie sind Fortschritte für die Bereitstellung von geeigneten Pflanzen für die Herstellung von Rohstoffen auf dem Forschungsgebiet *Pflanzenzüchtung* zu erwarten. Hier sind die Züchtungsziele in erster Linie auf ein hohes Ertragspotential,

auf Resistenz gegen Pflanzenkrankheiten, auf die von der Industrie nachgefragten Qualitäten und auf günstige Verarbeitungseigenschaften gerichtet.

Fortschritte bei Industriesorten sind erst über einen längeren Zeitraum zu erwarten. Pflanzenzüchtung benötigt einen beträchtlichen Zeitaufwand, wenn es sich um eine gezielte Veränderung der Erbanlagen handelt. Auch wenn es nur um die Anhebung des Ertrages oder des ökonomisch verwertbaren Ertragsanteils geht, sind — unter Berücksichtigung erforderlicher Saatgutvermehrungen und der amtlichen Sortenzulassung — erst nach Jahren neue Sorten für den praktischen Anbau verfügbar. Noch langwieriger gestaltet sich in der Regel der Zuchtlauf, wenn zur Erreichung bestimmter Zuchtziele Wildarten eingekreuzt werden müssen. Wenn es um die Entwicklung einer Kulturpflanze aus Wildarten geht, ist schon vor Beginn der eigentlichen Sortenzüchtung ein Vorlauf von etwa 15 bis 20 Jahren erforderlich.

Für die Züchtung und Vermehrung von Pflanzen sind pflanzliche Zellkulturen besonders geeignet. Bundesforschungsanstalten (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Resistenzgenetik in Grünbach, die FAL und das Max-Planck-Institut in Köln-Vogelsang) sind auf diesem Gebiet erfolgreich tätig.

Zu den züchterischen Maßnahmen zählt auch der Einsatz der Gentechnik, die seit einigen Jahren verstärkt experimentell erprobt wird. Zielgrößen sind z.B. gesteigerte Photosyntheseleistungen, ertragreichere, streßresistente (z.B. gegen Versalzung und Trockenheit) und krankheitsresistente Sorten.

Über die im Zusammenhang mit der Nutzung als Industriepflanzen interessanten Pflanzenarten, an denen bio- bzw. gentechnologisch gearbeitet wird, gibt Übersicht 17 Auskunft.

Übersicht 17

Pflanzenarten, an denen biotechnologisch gearbeitet wird

Pflanzenart	Angewendete Methoden					Gentechnische Selektion auf Resistenz geg. Krankheiten und Streßfaktoren
	in-vitro-vegetative Vermehrung	Erzeugung Haploider	Protoplastenfusion		Genmanipulation	
			Isolierung (P)	Fusion (F)		
Beta-Rüben	+			+ P		+
Kartoffel	+	+		+ P/F	+	+
Topinambur	+	+				
Wurzelzichorie	+			+ P		
Mais	+	+		+ P		+
Weizen		+		+ P		+
Ackerbohne	+					
Erbse	+			+ P		+
Buschbohne	+			+ P		+
Lupine	+			+ P		
Raps	+	+		+ P/F		+
Senf	+					
Mohn	+	+				
Sonnenblume	+	+		+ P	+	+
Wolfsmilch	+					
Öl- und Faserlein	+	+				
Hanf	+					
Brennessel	+					

Anmerkung: Nur in den mit + oder Symbolen gekennzeichneten Feldern wird gearbeitet

Quelle: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

Die in-vitro-vegetative Vermehrung müßte bei allen aufgeführten Pflanzen in den nächsten Jahren in großen Mengen möglich sein. Der Erfolg der anderen Methoden hängt entscheidend von der Regenerationsfähigkeit der verwendeten Gewebe, Zellverbände oder Einzelzellen ab. Die Protoplastenfusion (sog. „Zellverschmelzung“) wird in zunehmendem Maße eingeführt und verspricht am ehesten praktisch verwertbare Ergebnisse.

Eine generelle Beurteilung der Erfolgsaussichten der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung ist außerordentlich schwierig, wenn nicht unmöglich, da es sich einerseits um sehr komplexe Zusammenhänge handelt, andererseits die Grundlagenforschung noch nicht ausreicht, um bei beliebigen Pflanzenarten gezielt und erfolgreich genetisch manipulieren zu können. Es führt ein komplizierter Weg von der Identifizierung des oder der benötigten Gene bis zu ihrem Einbau in den Empfängerorganismus, der dort erwünschten Merkmalsexpression und der Übertragung des betreffenden Merkmals auf die sich wiederum sexuell vermehrende Nachkommenschaft. Daher dürfte die Entwicklung dieses Forschungszweiges bis zur Anwendungsreife trotz aller beeindruckenden Einzelerfolge aufs Ganze gesehen eher langsam verlaufen, obwohl jederzeit Überraschungen möglich sind. Zudem darf nicht verkannt werden, daß nur in Verbindung mit den klassischen Züchtungsverfahren anwendungsorientierte Ergebnisse erzielt werden können.

Im Bereich der *Verarbeitung geeigneter Pflanzen* für die Herstellung von Rohstoffen sind bereits biotechnische Verfahren bekannt, so für die Verarbeitung von Biomasse (Ernteprodukten und Reststoffen) zu Ethanol, Methan (Biogas), Aceton-Butanol, Glycerin, Essigsäure, Zitronensäure u.a. Werden hier weitere Fortschritte erzielt, so wird auch der Bedarf an solchen Naturstoffen zunehmen, die Ausgangsstoffe für Vitamine, Antibiotika, Fettalkohole, spezielle Polysaccharide und andere alte und neue chemische Verarbeitungserzeugnisse sind.

Technische Fortschritte sind auch auf den Forschungsgebieten *Wärme- und Verfahrenstechnik* zu erwarten. Diese beziehen sich zum einen auf eine energetische Optimierung, zum anderen auf die Optimierung des Prozeßablaufs, wobei die Entwicklung der Mikroelektronik neue Möglichkeiten der Steuerung, Regelung und Überwachung eröffnet. Dies betrifft bei der Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe gesteuerte bzw. geregelte Verfahrensabläufe nach Optimalkriterien, wie sie z.B. für die Ethanolherzeugung aus Zuckerrüben bei der zeit- und energieoptimalen bzw. materialschonenden Auslegung der einzelnen Prozeßstufen, wie der Gärungs- oder der Destillationsstufe, vorkommen. Diese technischen Fortschritte lassen sich sowohl bei bestehenden Anlagen durch Mikrocomputereinsatz als auch bei in der Forschung bzw. Entwicklung befindlichen neuen Verfahrensabläufen realisieren, deren optimale Gestaltung oftmals erst durch Mikrocomputereinsatz in einfacher Weise möglich wird, wie z.B. bei Mehrfachregelungen oder der notwendigen gleichzeitigen Verarbeitung vieler

Eingangsgrößen des betrachteten Verfahrensabschnittes oder Gesamtsystems.

Technische Fortschritte sind u.a. auch zu erwarten für die Prozeßführung bei Fermentationsanlagen durch mikrocomputergesteuerte Datenerfassungs- und Regelungssysteme, wobei die Verringerung des Massendurchsatzes, Verkürzung der Konversionszeit und die Verminderung des Energiebedarfs für die Abtrennung des Nutzproduktes Zielfunktionen sind.

Im einzelnen sind zu nennen:

- Konstanthalten von Prozeßgrößen wie Temperatur, pH-Wert, Stoffkonzentration, Druck, Rührerdrehzahl, Füllstandshöhe;
- Sammeln, Speichern, Darstellen und Weiterarbeiten von Meßwerten;
- Durchfahren vorgegebener Sollwertkurven bzw. Kennfelder;
- Überprüfen und Vorgeben von Grenz- bzw. Sollwerten;
- dynamische Prozeßführung.

Kurzfristig ist eine praktische *Anwendung von neuartigen biotechnischen und gentechnischen Verfahren* bei der Konversion bzw. technischen Verarbeitung von geeigneten Pflanzen für die Herstellung von Rohstoffen im großtechnischen Maßstab nicht zu erwarten. Bisher erzielte Laborergebnisse lassen sich nicht dahin gehend bewerten, welche im Prinzip möglichen Verfahren sich auch im großtechnischen Maßstab am schnellsten durchsetzen werden.

Durchführbar ist bereits heute der Einsatz gentechnologisch manipulierter Mikroorganismen oder Enzyme im Rahmen biotechnologischer Verfahren zur Beseitigung von Rückständen. Im großtechnischen Maßstab wird z.B. die Beseitigung der bei der Ethanolherzeugung anfallenden Schlempe mit Hilfe biotechnologischer Verfahren in der Pilotanlage Ahausen-Eversen durchgeführt. Für die industrielle Praxis aussichtsreiche Ansätze für eine effizientere und kontinuierliche Ethanolproduktion bietet das Ethanol bildende Bakterium *Zymomonas mobilis*, bei dem man auch erhofft, durch gentechnologische Methoden das verarbeitbare Substratspektrum (z.B. Vergärung von Pentosen und Direktvergärung der Stärke) erheblich zu erweitern. Gleichartige Ansätze zeigen versuchsweise im industriellen Maßstab eingesetzte neuartige Hefen.

Soweit von dieser Frage die Produktlinie *Stärke* angesprochen wird, bestehen realistische Aussichten, den Anteil an Kartoffeln und Weizen als Rohstoff für die Stärkeindustrie in der Bundesrepublik Deutschland weiter zu steigern, wenn der Absatz der Stärke gleichfalls erhöht werden kann und insbesondere die Entsorgung der Kartoffelstärkefabriken besser in den Griff zu bekommen ist. Während die Entwicklung neuer Stärkezeugnisse sowie die Erschließung zusätzlicher Anwendungsmöglichkeiten Aussicht auf Erfolg versprechen, besteht bei der Entsorgung insbesondere in der Kartoffelstärkein-

dustrie noch ein erheblicher Forschungsbedarf. Neben Mais, Weizen und Kartoffeln bieten sich auch noch Gerste, Hafer und Triticale als Rohstoffe für die technische Stärkegewinnung an. Möglicherweise kommen auch noch Leguminosen in Frage, die sich insbesondere bei verschiedenen Erbsensorten durch einen höheren Amyloseanteil in der Stärke auszeichnen. Ihr möglicher Einsatz als neuer Rohstoff in der Stärkeindustrie erfordert jedoch zunächst die Entwicklung neuer Prozeßtechnologien.

Aus dem Bereich der pflanzlichen *Öle und Fette* sind synthetisch-organische und biotechnologische Arbeiten an der Bundesanstalt für Fettforschung, Münster, zu nennen, die zur Entwicklung einiger wertvoller Substanzen aus sehr billigen pflanzlichen und tierischen Fetten und Ölen geführt haben. An derselben Anstalt wird die Erzeugung wertvoller Lipide mit Hilfe pflanzlicher Zellkulturen betrieben.

Langfristig ist zu erwarten, daß die Biotechnologie, insbesondere bei der Verarbeitung der Nebenprodukte und Reststoffe, stärker zum Einsatz kommen wird. Aus der Entwicklung der neuen Technologien werden Verfahren erwartet, die wesentlich geringeren Kapital- und Energieaufwand erfordern, die umweltfreundlicher sind und die höhere Ausbeuten und/oder höherwertige Produkte liefern.

Die Schwerpunkte der biotechnologischen Forschung im Agrar- und Ernährungsbereich sind in dem Programm der Bundesregierung „Angewandte Biologie — Biotechnologie“ enthalten. Zudem hat das BML in seinem Bericht „Biotechnologie und Agrarwirtschaft“ Stand und Perspektiven biotechnologischer Forschung und Entwicklung dargelegt, u. a. auch für nachwachsende Rohstoffe.

10. Wie beurteilt die Bundesregierung derzeit und für die Zukunft den bisherigen Betrieb von bestehenden Demonstrations- bzw. Pilotanlagen zur Verwertung nachwachsender Rohstoffe, auch hinsichtlich der Vermarktung der dabei erhaltenen Produkte?

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es zur Zeit mehrere großtechnische Pilotanlagen, in denen biogene Rohstoffe verarbeitet werden. Von diesen, mit staatlichen Mitteln geförderten Projekten werden nachstehende kurz beschrieben.

1. Pilotanlage zur Herstellung von Ethanol der Zuckerfabrik Franken GmbH in 8703 Ochsenfurt/Unterfranken (Bayern).
2. Stärkeverzuckerungsanlage der Zuckerfabrik Pfeifer & Langen in 4047 Dormagen bei Köln (Nordrhein-Westfalen).
3. Pilotanlage zur Herstellung von Ethanol der Deutschen Agrar-Alkoholversuchsanlagen GmbH in 2724 Ahausen-Eversen Kreis Rotenburg an der Wümme (Niedersachsen).
4. Pilotprojekte zur Gewinnung industrieller Grundstoffe aus lignocellulosehaltigen Stoffen.

Zu 1.

Der Bau der Pilotanlage in Ochsenfurt wurde 1982 begonnen; in Betrieb genommen wurde die Anlage im Januar 1983. Die Ethanolherstellung erfolgt im engen Rohstoff- und Energieverbund mit der Zuckerfabrik. Die Produktionskapazität beträgt 40 000 hl 99,8prozentiges Ethanol je Jahr.

Bislang wurden folgende Alkoholmengen hergestellt:

1983	0,805 Mio. Liter
1984	1,039 Mio. Liter
1985	1,045 Mio. Liter

Hierfür wurden zuckerhaltige Rohstoffe in Form von Roh-, Dünn-, Dicksaft, Kristallisations- und Fruktoseablauf sowie Melasse eingesetzt mit einem Zuckeräquivalent von insgesamt 5 500 t.

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:

- kontinuierliche Fermentation,
- energiesparende Mehrstufendestillation und -rektifikation,
- Umsetzung der Schlempe zu Biogas.

Mit dem erstmalig eingesetzten, kontinuierlichen Fermentationsverfahren der Firmen Uhde/Hoechst werden gegenüber dem Chargenverfahren grundsätzlich folgende Vorteile erreicht:

- niedrigere Investitionskosten,
- höhere Alkoholausbeuten,
- niedrigere Personalkosten durch den kontinuierlichen Betrieb.

Bei der Mehrstufendestillation wird gegenüber konventionellen Destillen 50 % Energie eingespart.

Da mit der Pilotanlage Erfahrungswerte für größere Anlagen gesammelt werden sollen, wurde darauf verzichtet, die Schlempe wie bei Kleinanlagen zu verfüttern bzw. auf Ackerflächen zu verbringen. In Ochsenfurt wird die Schlempe in einer Biogasanlage überwiegend zu Methangas umgesetzt, das bei der Dampferzeugung für die Destillation als Energieträger eingesetzt wird und damit einen wesentlichen Anteil an der positiven Energiebilanz hat.

Nach Angaben der Frankenzucker GmbH zeigen die Ergebnisse der Ochsenfurter Anlage, daß das Energie-Output-Input-Verhältnis 2,5 : 1 beträgt, d. h. die für die Erzeugung und Verarbeitung der Rohstoffe einschließlich Entsorgung aufgewandte Energie wird in Form von Alkohol und Nebenprodukten mehr als verdoppelt. Diese Aussage gilt für Zuckerrüben.

Obwohl mehrere kontinuierlich arbeitende Fermenter entwickelt wurden, ist es bislang nicht befriedigend gelungen, diese kontinuierlich arbeitenden Systeme in die Gärpraxis der Alkoholgewinnung zu

übertragen. Möglicherweise liegt dies an einer nicht genügend beachteten Adaptionsfähigkeit des Fermenterbetriebes in bezug auf die verfügbaren Substrate. Zusammen mit der Firma Krupp-Industrietechnik beabsichtigt daher der Betreiber, die Entwicklungsarbeiten mit einem neuen Anlagenkonzept fortzusetzen.

Zu 2.

Projektträger ist die Zuckerfabrik Pfeifer & Langen in Dormagen bei Köln. Die Anlage wurde im März 1983 in Betrieb genommen. Die Produktionskapazität beträgt 30 000 hl 96prozentiges Ethanol je Jahr (300 Tage).

Im Jahr 1984 wurden 1,13 Mio. Liter Alkohol aus 1 908 t B-Stärke (Trockensubstanz) hergestellt. Für 1985 lautet die Produktionszahl auf 1,3 Mio. Liter Alkohol. Davon wurden 0,6 Mio. Liter unter Verwendung einer neuartigen Hefe erzeugt.

Bei dem in Dormagen vorgestellten Konzept der Ethanolherstellung handelt es sich um eine Annexanlage zu einer Glucosefabrik auf Basis von Weizenmehl. Die Alkoholproduktion dient dabei als Entsorgungslinie für einen Teil der bei der Herstellung von Glucose aus Weizen anfallenden Nebenprodukte (B-Stärke). Für diese Fraktion 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 über mehrere 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 einigermaßen optimal zu verwerten.

Nach Abschluß der Förderung wird nun die Anlage wegen der noch nicht behobenen Infektionen der *Zymomonas*-fermentation mit einem besonders geeigneten und neuartigen Hefestamm betrieben, mit dem ein nahezu störungsfreier Produktionsablauf erreicht wird.

Zu 3.

Das Ziel der Pilotanlage Ahausen-Eversen besteht darin, in großtechnischem Maßstab die Herstellung von agrarischem Ethanol aus heimischen landwirtschaftlichen Rohstoffen zu erproben. Einen Schwerpunkt der Entwicklung bilden dabei die Bemühungen, erstmalig die ganzjährige Auslastung einer Ethanolanlage durch den saisonal wechselnden Einsatz verschiedener Rohstoffe mit unterschiedlichster Charakteristik zu gewährleisten. Hierbei soll die Weiterentwicklung und Optimierung einer umweltschonenden und energiesparenden Agraralkoholproduktion erreicht werden. Ein wichtiger Bestandteil des Gesamtsystems ist dabei die Aufbereitung der anfallenden Nebenprodukte gemäß ihren wertbestimmenden Inhaltsstoffen und die Nutzung von Biogas zur Energieversorgung der Konversionsanlage. Daneben besteht ein wichtiges Teilziel in der Suche nach geeigneten Organisationsformen, um die Einbindung einer bäuerlich strukturierten Landwirtschaft in die Agraralkoholproduktion zu gewährleisten.

Begonnen wurde das Vorhaben im April 1983. Die Pilotanlage hat im Oktober 1985 den Betrieb aufgenommen. Die Versuchsphase wird voraussichtlich Ende 1986 abgeschlossen sein. Die Produktionskapazität beträgt für 99,8prozentiges Ethanol 130 000 hl/Jahr (300 Tage).

Bis Mitte April wurden 3 600 t Zuckerrüben, 1 700 t Gehaltsrüben und 5 000 t Kartoffeln zu insgesamt 0,73 Mio. Liter Alkohol verarbeitet.

Die vorliegenden Betriebserfahrungen lassen erkennen, daß über das in der Pilotanlage realisierte Mehrrohstoffkonzept eine ganzjährige Auslastung der Ethanolanlage mit einem optimierten Rohstoffmix gewährleistet werden kann. Dabei erleichtert die organisatorische und wirtschaftliche Einbindung der rohstoffliefernden Landwirtschaft eine Entsorgung der Anlage bei Reststoffen. Hinsichtlich des gesamten Produktionsprozesses zeigen Vorkalkulationen eine positive Energiebilanz der Agraralkoholproduktion bei den in der ersten Projektphase einzusetzenden Rohstoffen Zucker- bzw. Futterrüben, Kartoffeln, Getreide und Maiskolbenschrot. Die Zuckerrübe weist dabei das günstigste Output-/Inputverhältnis auf.

Aufgrund der breiten Rohstoffpalette der Pilotanlage und der Flexibilität in der Reststoffaufbereitung sind positive Auswirkungen auf die Fruchtfolge der landwirtschaftlichen Betriebe bzw. generell auf die Umweltsituation zu erwarten.

Die Zuckerfabrik Franken GmbH hat bislang den Agraralkohol an die BRENNTAG-AG & Co., Mülheim/Ruhr, eine Tochtergesellschaft der VEBA-Öl AG, geliefert, die diesen auf dem Markt für technische Alkohole eingesetzt hat. Die Deutsche Agraralkoholversuchsanlagen GmbH (DAA) will den in Ahausen-Eversen produzierten Alkohol ebenfalls im technischen Bereich absetzen. Ein geringer Teil der Jahresproduktion soll für einen vom Land Niedersachsen großangelegten Fahrversuch (Betan-

kung von Polizeifahrzeugen mit Euro-Super) eingesetzt werden.

Aufgrund des jüngsten Erdölpreisverfalls sind die Preise für Synthesepirit ebenfalls stark gesunken. Damit haben sich die Absatzmöglichkeiten von agrarischem Ethanol im technischen Sektor erheblich verschlechtert.

Zu 4.

Bei der Papierfabrik Dachau wurden zur Gewinnung von Zellstoff mit Unterstützung des Bundesministers für Forschung und Technologie in einer kleinen Pilotanlage Versuche zur Delignifizierung von Holz in einem zweistufigen Verfahren mittels Methanol und Alkali durchgeführt. Zur Rückgewinnung wird eine zweistufige Membran-Elektrolyse verwendet, in der das Lignin ausgeflockt wird. Die Qualitätsprüfung des Zellstoffs auf Reißfähigkeit, Reißlänge etc. ergab Werte, die mit denen eines Sulfatzellstoffes vergleichbar sind. Eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens auf Grund der bekanntgegebenen Versuchsergebnisse war den Sachverständigen bisher nicht möglich, da die Verwendung der Hemicellulosenfraktion und des Lignins noch nicht geklärt sind. Das Unternehmen beabsichtigt, die Versuche in einer größeren Anlage fortzusetzen.

Neue Verfahren zur Totalhydrolyse cellulosehaltiger Stoffe wurden im Zeitraum von 1978 bis 1983 in einer halbtechnischen Pilotanlage mit dem Ziel der Gewinnung von Glukose für die Alkoholfermentation erprobt und weiterentwickelt. Es gelang durch verfahrenstechnische Verbesserungen, die Energiekosten zu senken. Für die saure Hydrolyse der Cellulose konnten jedoch keine wesentlichen Fortschritte gegenüber dem Stand der Technik erreicht werden. Die Pilotanlage wird für weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten genutzt.

Das sog. Dampf-Druckextraktions-Verfahren wird im halbtechnischen Maßstab in einer Pilotanlage zur Erzeugung von Grundstoffen für duroplastische Leime, Ethanol und enzymatische Umsetzungen aus lignocellulosehaltigen Rest- und Abfallstoffen erprobt. Dieses Verfahren eignet sich für xylanhaltige Rohstoffe wie Laubhölzer, Stroh und Zuckerrohrbagasse. Dabei wird eine integrale Rohstoffnutzung durch die Komponententrennung in Faserstoff (für Futtermittel, Einsatzstoff für enzymatische Hydrolyse) und in Hemicellulosen (für Chemierohstoffe, Fermentationssubstrate) angestrebt. Nach befriedigend verlaufenen Versuchen ist aus verfahrens- und apparatetechnischer Sicht eine großtechnische Anwendung möglich. Ein wirtschaftlicher Einsatz scheitert jedoch an dem derzeitigen Energiepreinsniveau. Da die Entwicklerfirma inzwischen die Biomassenutzung nicht weiter verfolgt, werden Verhandlungen zur Übernahme der Pilotanlage durch eine interessierte Firma in der Bundesrepublik Deutschland oder im mittel- bzw. südamerikanischen Raum geführt.

Eine kombinierte Herstellung von Ethanol und Ligninformkoks aus verschiedenen Biomassen wurde

bereits in den Jahren 1981 und 1982 untersucht. Die ursprüngliche Verfahrenskonzeption berücksichtigte auch eine mögliche Verwendung von Eukalyptusholz in Brasilien. Die Arbeiten konnten für den Untersuchungsteil zur Gewinnung von Ligninkoks erfolgreich abgeschlossen werden. Das untersuchte Verfahren zur kontinuierlichen Totalhydrolyse erbrachte allerdings nicht die erwarteten Ausbeuten an gärfähigen Substraten für die Ethanolfermentation.

11. Wie beurteilt die Bundesregierung mögliche ökologische Vorteile, aber auch Probleme beim Anbau und bei der Verarbeitung von Ackerfrüchten zu Rohstoffen?

Befürchtungen, daß durch die nachwachsenden Rohstoffe dem Entstehen von Monokulturen und einer Konzentration zu wachsenden Betriebsgrößen Vorschub geleistet wird, erscheinen unbegründet. Einmal dürften diese neuen Produktionsrichtungen kaum über 5 % der Ackerflächenbeanspruchung hinausgehen. Zum anderen bestünde durch einen vermehrten Anbau nachwachsender Rohstoffe generell die Chance, weitere Ackerfrüchte — wie z. B. Körnerleguminosen, Faserlein, Zichorie, Topinambur, Zuckerhirse, neue Ölpflanzen — in die heutigen Fruchtfolgen einzugliedern, was zu einer Auflockerung der Fruchtfolgen führen würde. Vielen ackerbaulichen Schwierigkeiten, die mit zu engen Fruchtfolgen zusammenhängen, könnte hiermit entgegengewirkt werden.

Es ist ein wesentliches Forschungsziel, bei der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe höhere Erträge weniger mit Hilfe eines gesteigerten Betriebsmitteleinsatzes als vielmehr aus veränderten Selektionskriterien bei der Züchtung anzustreben. Bei aufgelockerten Fruchtfolgen durch den Anbau neuartiger Rohstoffpflanzen könnte der Einsatz für ertragssichernde Vorleistungen, wie Dünge- und Pflanzenschutzmittel, möglicherweise gesenkt werden. Andererseits haben bestimmte Rohstoffpflanzen wie Lein, Leindotter, Mohn und Baumarten einen deutlich geringeren Stickstoffbedarf als die derzeit hauptsächlich angebauten Kulturarten. Für Körnerleguminosen (Stärkepflanzen) ist überhaupt keine oder nur eine sehr schwache Stickstoffdüngung notwendig. Die nach der Ernte von Körnerleguminosen im Boden verbleibenden auswaschungsgefährdeten Stickstoffmengen können durch anschließenden Gründungs- bzw. Zwischenfruchtanbau genutzt und somit der Auswaschung entzogen werden. In der daran anschließenden Fruchtfolge müßten allerdings Nicht-Leguminosen angebaut werden. Außerdem kann sich als positive Wirkung eine erhöhte Artenvielfalt ergeben, weil sich zugleich mit der Vergrößerung der Zahl der angebauten Früchte auch die Zahl der begleitenden Waldkräuterarten vermehrt.

Viele als nachwachsende Rohstoffe in Frage kommende Pflanzen sind geeignet zur Anwendung von bodenschonenden und bodenschützenden Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung (z. B.

Beta-Rübe, Kartoffeln, Topinambur, Wurzelzichorie).

Beim Anbau von Intensivkulturen wie Rüben, Kartoffeln und Mais können, wie beim gegenwärtigen Ackerbau, auf bestimmten Standorten Probleme hinsichtlich der Nitratbelastung der Gewässer und der Erosion auftreten.

Von besonderer Bedeutung ist die mögliche Flächenkonkurrenz mit den Erfordernissen des Natur- und Gewässerschutzes bezüglich des erheblichen Flächenbedarfs zur Schaffung von Biotopverbundsystemen und Wasserschutzebenen, die überwiegend nicht landwirtschaftlich genutzt werden dürfen. Bei realistischer Einschätzung des Flächenbedarfs kann angesichts der derzeitigen Überschussproduktion in der EG davon ausgegangen werden, daß sowohl die Flächenansprüche für die Produktion nachwachsender Rohstoffe als auch für den Natur- und Gewässerschutz erfüllt werden können.

Bei der Verarbeitung von Biomasse entstehen im allgemeinen bei optimierten Verfahren keine schwerabbaubaren und schädlichen Rest- und Nebenstoffe. Die bei der Verarbeitung von Biomasse anfallenden Reststoffe können grundsätzlich zu Futter- und Düngemitteln aufbereitet und damit in den landwirtschaftlichen Produktionsprozeß zurückgeführt und/oder zur Herstellung von Biogas genutzt werden.

Die chemische Industrie verarbeitet nicht zuletzt aus Kostengründen geringerwertige Fette und Öle, die die Ernährungsindustrie nicht nutzen kann. Dadurch werden Abfälle in diesem Bereich verwertet und verursachen insofern keine Umweltbelastungen.

Ökologische Schwierigkeiten bei der Verwertung können sich bei der Verarbeitung stark wasserhaltiger Rohstoffe ergeben. Dies ist hauptsächlich bei der Verarbeitung von Rüben und Kartoffeln zu Ethanol sowie in der Kartoffelstärkeindustrie der Fall. So ist bei der Agraralkoholerzeugung nach Abtrennung der gewünschten Inhaltsstoffe für das Haupt- und Nebenprodukt (Ethanol/Futtermittel) das Abwasser noch mit sauerstoffzehrenden organischen Verbindungen belastet. In der Kartoffelstärkeindustrie wird durch die Hitzekoagulation nur etwa die Hälfte des im Kartoffelfruchtwasser enthaltenen Proteins ausgefällt. Die Möglichkeit der — bisher auch teilweise praktizierten — Abwasserverdampfung ist wegen des hohen Energieverbrauchs kostenmäßig nicht sinnvoll. Weiter enthalten diese Abwässer einen relativ hohen Anteil an Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumverbindungen, die zur Vermeidung von Gewässerüberdüngungen entfernt werden müssen.

Nach derzeitigem Stand der Technik ist eine umweltverträgliche Entsorgung der Abwässer möglich, z. B. in Form einer mehrstufigen biologischen Behandlung mit anaerober Vorreinigung, aerober Nachreinigung und simultaner Nitrifikation/Denitrifikation sowie chemischer Ausfällung. Bei der Agraralkoholerzeugung können von den Reststoffen derzeit durch die anaerobe Vorbehandlung be-

reits bis zu 85% der organischen Inhaltsstoffe abgebaut werden, wobei mit dem gleichzeitig erzeugten Biogas der thermische Energiebedarf für die Destillation und Absolutierung nahezu vollständig gedeckt werden kann.

Zur Reduktion des derzeit noch erheblichen Kostenaufwandes für die umweltneutrale Entsorgung bei Verarbeitung stark wasserhaltiger Ackerfrüchte sind die laufenden verfahrenstechnischen Entwicklungen fortzuführen, um durch Verbesserungen in der Prozeß- und Bioreaktortechnik eine höhere Effizienz zu erreichen. Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf erstreckt sich vor allem auf die Verbesserung der Anlagenleistung und Betriebssicherheit sowie auf eine nutzbringende Verwertung der bei der Abwasserreinigung anfallenden Schwermetallfreien und eiweißreichen Überschußschlämme.

12. Wie beurteilt die Bundesregierung aus ökonomischer und energetischer Sicht Aufwand und Ertrag vom Anbau bis zur Verwertung nachwachsender Rohstoffe?

Die aus nachwachsenden Rohstoffen in der EG zu erzeugenden industriellen Grundstoffe und Energieträger konkurrieren auf ihren Märkten sowohl mit fossilen Rohstoffen in- und ausländischer Herkunft als auch mit vom Weltmarkt bezogenen Roh- und Grundprodukten. Da die meisten dieser Produkte sich im marktwirtschaftlichen Wettbewerb befinden, konkurrieren die heimischen nachwachsenden Rohstoffe mit Erzeugnissen, die zu Weltmarktpreisen angeboten werden.

Kostenrechnungen sind im wesentlichen derzeit nur für die nachwachsenden Rohstoffe vorgelegt worden, die fossile Energieträger ersetzen können. Dagegen sind der Bundesregierung für den Bereich der Chemiegrundstoffe wegen der häufig mehrstufigen Verarbeitungsschritte und der Vielzahl der Endprodukte kaum entsprechende Informationen bekannt. Für die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit nachwachsender Rohstoffe sind deren Preise ein besonders wichtiger Bestimmungsfaktor.

In der Europäischen Gemeinschaft war die industriell-technische Verwendung von Zucker und Stärke in den letzten Jahren dadurch erheblich beeinträchtigt, daß die Preise der agrarischen Rohstoffe deutlich über den Weltmarktpreisen lagen. Dieser Wettbewerbsnachteil konnte durch die gewährten Produktionserstattungen nur teilweise ausgeglichen werden. So betrug der Preisunterschied beispielsweise im Durchschnitt der Jahre 1981/82 bis 1983/84 bei

- Weizen 164 DM/t, die Produktionserstattung nur 67 DM/t;
- Zucker 765 DM/t, die Produktionserstattung lediglich 95 DM/t.

Damit verzeichneten bisher in der EG hergestellte industriell-technische Erzeugnisse auf Basis landwirtschaftlicher Produkte gegenüber Dritt-

landsprodukten auf Basis von Agrarerzeugnissen wesentliche Wettbewerbsnachteile. Ende Februar 1986 erzielte der EG-Ministerrat Einvernehmen darüber, daß Stärke und Zucker aus EG-Produktion für den industriell-technischen Bereich künftig zu weltmarktähnlichen Bedingungen zur Verfügung stehen sollen.

Beim *Agraralkohol* befürwortet die Bundesregierung Bestrebungen der EG-Kommission, die Umwandlung von agrarischen Rohstoffen in Ethanol zu fördern, soweit es wirtschaftlich vertretbar ist. Die entstehenden Kosten für die Förderung dürfen mittelfristig nicht höher sein als die Ausgaben für die Überschußverwertung von Getreide. Um die Haushaltsrisiken zu begrenzen, wäre ein Ausgabenplafonds für die Marktstützung des Agraralkohols vorzusehen. Aufgrund der diesjährigen Agrarpreisbeschlüsse ist erstmals vorgesehen, daß für den Einsatz von EG-Getreide zur Herstellung von Agraralkohol durch eine Verordnung des Rates gemeinschaftliche Beihilfen bis zur Höhe der Ausfuhrerstattung für die betreffende Getreideart gewährt werden können.

Hauptproblem ist das derzeit erhebliche Wettbewerbsdefizit von agrarischem Ethanol gegenüber Vergaserkraftstoffen. Zu den Herstellungskosten von Bioethanol liegen bisher in der Literatur nur Angaben auf der Basis von Modellkalkulationen vor, da Anlagen der hierbei zugrunde gelegten Größenordnungen weder bei uns noch in anderen EÜ-Ländern existieren — in der Bundesrepublik Deutschland arbeiten derzeit lediglich drei Pilotanlagen. Die Produktionskapazitäten größerer Brennerien herkömmlicher Art betragen etwa 300 000 bis 400 000 l, der Pilotanlage in Ahausen-Eversen 13 Mio. l und der in Modellkalkulationen unterstellten „optimierten“ Anlagen 40 Mio. l und mehr. Die US-Agraralkoholanlagen weisen sogar Kapazitäten von mehr als 150 Mio. l auf (vgl. I. 3).

Die zitierten Untersuchungen¹⁾ kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen in bezug auf die Herstellungskosten für Ethanol aus Großanlagen. Dies ist vor allem auf die unterschiedlichen Annahmen über die Anlagengröße und Bau- und Betriebskosten derartiger Produktionsstätten (Kostendegres-

sion) 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.

Um zu einer besseren Beurteilung der Produktionskosten zu kommen, beabsichtigt die Bundesregierung, eine Systemanalyse zur Wirtschaftlichkeit von Agraralkohol unter den Produktionsverhältnissen in der Bundesrepublik Deutschland zu vergeben. Dabei sollen auch Aspekte wie Energiebilanz sowie Auswirkungen auf den Agrarsektor und Umwelt berücksichtigt werden.

Der finanzielle Stützungsbedarf von Agraralkohol als Treibstoffzusatz entspräche annähernd dem Unterschied zwischen Herstellungskosten von Agraralkohol und Raffinerieabgabepreis für Superbenzin vor Steuern. Dieser Raffinerieabgabepreis betrug im Durchschnitt des Jahres 1985 0,66 DM/l. Aufgrund des Erdölpreisverfalls und des gesunkenen Dollarkurses lag er Mitte April 1986 bei 0,33 DM/l. Maßgeblich für politische Entscheidungen wären allerdings die Preise und Kosten etwa ab 1990, da von der Planung bis zur Inbetriebnahme moderner Anlagen etwa drei Jahre vergehen.

Hinsichtlich der künftigen Ölpreise herrscht Ungeißheit. Ölmarktexperten sind sich zwar einig, daß das gegenwärtig niedrige Preisniveau kein Dauerzustand sein wird. Niemand ist jedoch in der Lage, als verlässliche Kalkulationsgrundlage eine konkrete Größenordnung für den Ölpreis der 90er Jahre zu nennen. Denn Weltölangebot und -nachfrage werden nicht nur von ökonomisch-rationalen, sondern auch von politischen Faktoren beeinflußt.

Die Verarbeitungsindustrie von *pflanzlichen Ölen und Fetten* in der EÜ kann aufgrund des hierfür weitgehend liberalisierten Marktes den Rohstoff zu Weltmarktpreisen beziehen. Die Wettbewerbsfähigkeit des heimischen Ölsaatenanbaues kann derzeit nur durch Beihilfen sichergestellt werden. Die Konkurrenzfähigkeit heimischer Ölpflanzen gegenüber dem Weltmarktangebot setzt künftig erhebliche Anstrengungen voraus sowohl hinsichtlich des Ölertrages je Hektar als auch der von der chemischen, kosmetischen und pharmazeutischen Industrie geforderten Fettsäuremuster.

Die *Pflanzenfaserproduktion* in der EÜ war in der Vergangenheit nur wegen der bestehenden EÜ-Marktordnungsregelungen möglich. Die in den letzten Jahren angestiegenen Preise für Flachsfasern deuten darauf hin, daß der Anbau von Faserlein aus betriebswirtschaftlicher Sicht interessant werden könnte, falls die Probleme bei der Verarbeitung gelöst werden.

Zusammenfassend ist aus ökonomischer Sicht festzuhalten, daß

— neben anderen denkbaren Alternativen zur heutigen Agrarpolitik hier eine zusätzliche Chance besteht, die derzeitigen und durch wissenschaft-

- ¹⁾ a) Meinhold, K. und Kögl, H.: Erweiterung der Produktpalette Landwirtschaft durch Anbau von Industriepflanzen, in: Existenzsicherung in der Landwirtschaft, Bd. 10 der Schriftenreihe agrarspectrum des Dachverbandes Agrarforschung, München 1985
- b) Kammerer, F. X.: Die Pilotanlage zur Herstellung von Bioalkohol und Biogas im Annex-Betrieb zur Zuckerfabrik Ochsenfurt, Ausarbeitung der Frankenzucker-Südzucker, Juli 1985
- c) EG-Kommission: Zitiert in Le Club de Bruxelles, The Future of Bioethanol in Europe, Jan. 1986
- d) Beirat für Wirtschafts- und Sozialfragen: Landwirtschaftliche Produktionsalternativen am Beispiel Ethanol, Ölsaaten und Eiweißfutterpflanzen, Wien 1985
- e) US General Accounting Office (US-Rechnungshof): Importance and impact of Federal Alcohol Fuel Tax incentives, June 1984

lich-technische Fortschritte künftig weiter entstehenden Produktionskapazitäten, die für den Nahrungsbereich nicht benötigt werden, für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe und damit die Sicherung landwirtschaftlichen Einkommens zu nutzen,

- 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.

Der Energieaufwand zur Erzeugung und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe setzt sich ebenso wie bei der Agrarproduktion für Nahrungszwecke aus dem Aufwand an Energie für den landwirtschaftlichen Produktionsbereich, dem nachgelagerten Verarbeitungsbereich und der Entsorgung zusammen.

Die Bedeutung der Nutzung der Sonnenenergie durch Ackerpflanzen (Photosynthese) wird durch einen Vergleich mit der vom Menschen zugeführten Fremdenergie deutlich. Ausgehend von der bekannten mittleren Sonneneinstrahlung in unseren Breiten ergibt sich eine jährlich zugestrahlte Energiemenge von 13 690 GJ je ha, hiervon nutzt die Pflanze etwa 2%. Im Durchschnitt des letzten Jahrzehnts betrug der direkte und indirekte landwirtschaftliche Energieeinsatz durch den Menschen weniger als 44 GJ/ha und Jahr. Der Energiegehalt der geernteten Biomasse von Einjahrespflanzen erreicht das Sechsfache der eingesetzten technischen Energie. Wegen des deutlich geringeren Fremdennergieeinsatzes in der Forstwirtschaft ist diese Relation bei der Holzproduktion noch wesentlich günstiger.

Biomasse ist jedoch in den meisten Fällen erst nach einer entsprechenden Vorbehandlung (z. B. Trocknung, Auspressung von Ölen) oder nach ihrer Umwandlung (z. B. Konversion zu Ethanol) energetisch nutzbar.

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 ist.

Hierbei sind moderne energietechnisch optimierte Produktionsverfahren zugrunde gelegt. Die Energiebilanz verbessert sich deutlich, wenn unter Nutzung der hier erreichten technischen Fortschritte die sog. Ganzpflanzenverwertung, d. h. auch Nutzung der Rest- und Nebenstoffe als Futter-, Düngemittel, Brennstoff und/oder Biogas, angestrebt wird.

Die Übersicht 18 gibt beispielhaft die Energiebilanz des Gesamtprozesses bei Gewinnung von Pflanzenöl und Ethanol aus nachwachsenden Rohstoffen wieder. Es ist anzumerken, daß positive Energiebilanzen Wirtschaftlichkeitsanalysen nicht ersetzen können. Energiebilanzen zeigen jedoch auf, ob und inwieweit es aus rein energetischer Sicht sinnvoll ist, bestimmte Produkte zu erzeugen.

Im Vergleich mit landwirtschaftlichen Produkten nimmt Holz eine Sonderstellung ein:

- Die Märkte sind für Holz und Holzwaren praktisch liberalisiert.
- Im Inland wird Holz, von Ausnahmen abgesehen, auf Standorten produziert, die für die Landwirtschaft nicht geeignet sind.
- Die Produktionszeiträume dauern im konventionellen Waldbau Jahrzehnte; der Anbau schnellwachsender Baumarten erfordert bis zur Ernte je nach Zielsetzung 3 bis 15 Jahre.
- Die Kapitalkosten sind hoch und selbst bei Schnellwuchsbeständen im Kurzumtrieb landwirtschaftlichen Sonderkulturen vergleichbar. Die Deckungsbeiträge liegen im allgemeinen weit unter dem Niveau der landwirtschaftlichen Produktion.

Für die konventionelle Forstwirtschaft sind sonst übliche Aufwands-/Ertragsvergleiche schon wegen der langen Produktionszeiträume ohnehin problematisch und deshalb kaum anwendbar.

Für die Erzeugung von Holz kann energetisch von einem Verhältnis von 8 : 1 bis 10 : 1 (Output/Input) ausgegangen werden.

Für Schnellwuchsbestände liegen Vorkalkulationen, z. T. ausländischer Herkunft, und erste Vergleichsrechnungen zu landwirtschaftlichen Nutzungen vor, die noch der praktischen Überprüfung und Bestätigung bedürfen; es gibt aber Anhaltspunkte dafür, daß bei optimiertem Anbau und rationeller Bereitstellung Holz zu wettbewerbsfähigen Preisen bereitgestellt werden kann.

Übersicht 18

**Energieinput und -output bei der Herstellung von Energieträgern
aus nachwachsenden Rohstoffen in der Bundesrepublik Deutschland**

Rohstoff	Raps	Zuckerrüben	Kartoffeln	Weizen	Maiskolben- schrot
Energieäquivalent	Gigajoule (GJ) je Hektar				
<i>Input</i>					
Landwirtschaft	22,6	33,7	40,6	26,2	28,0
Konversion	5,2	64,1	43,5	29,9	25,7
Summe	27,8	97,8	84,1	56,1	53,7
<i>Output</i>					
Rapsöl	37,5				
Ethanol		101,8	64,1	44,5	46,7
Pülpe bzw. Dickschl.		32,3	12,2	10,1	12,0
Biogas		14,7	11,2	9,6	10,2
Blatt und Düngewert		11,0			
Schrot	25,2				
Stroh	(32,9)			(88,1)	
Summe	62,7 (95,6)	159,8	87,5	64,2 (152,3)	68,9
Summe Output	2,26	1,63	1,04	1,14	1,28
Summe Input	(3,44)			(2,71)	

Quelle: Institut für landtechnische Grundlagenforschung der FAL, Braunschweig-Völkenrode

