

## Modell zur Beurteilung von erwarteten technischen Fortschritten für nachwachsende Rohstoffe und traditionelle Agrargüter\*

HEINRICH BECKER

Institut für Betriebswirtschaft

### 1 Einleitung

Ertragssteigernde Fortschritte im Agrarbereich führen bei unelastischer Nachfrage zu Einkommenseinbußen im Agrarsektor (Cochrane, 1958). Dagegen sind Einkommenszuwächse dann zu erwarten, wenn vorleistungssparende Fortschritte bei gegebenem Produktionsvolumen realisiert bzw. neue Produkte erzeugt werden. Letzteres gälte für nachwachsende Rohstoffe, wenn diese unter vollkommenen Wettbewerbsbedingungen angeboten und nachgefragt würden. Da die inländische Erzeugung nachwachsender Rohstoffe bei gegebener Technik und vorherrschenden Produkt- und Faktorpreisen nicht wettbewerbsfähig ist (Becker, Kleinhanß, Kögl, 1988), betätigt sich der Staat als Förderer innovativer Aktivitäten.

Die Ausgaben des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMELF) für Forschungen zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit nachwachsender Rohstoffe betragen 1982 ca. 6,0 Mio DM und 1986 ca. 9,5 Mio DM, während die gesamten Forschungsausgaben im Geschäftsbereich des BMELF 1986 ca. 270 Mio DM betragen (Bradhering und Gocht, 1987). Trotz dieses relativ geringen Aufwandes wird erwartet, solche technischen Fortschritte zu fördern, die es erlauben, die wettbewerbsfähige Produktion von Nichtnahrungsgütern mit landwirtschaftlichen Produktionsfaktoren zu beginnen. So wurde 1979 unter dem Eindruck steigender Erdölpreise auf dem Weltmarkt der Forschungsschwerpunkt "Nachwachsende Rohstoffe - Produktion und Technologien ihrer Nutzung für Nichtnahrungsmittel" in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft ins Leben gerufen (Meinhold, Bühner, Hollmann und Kögl, 1980). Damals ging man von folgenden Entwicklungstendenzen aus: "Die Grenzen der Rohstoffverfügbarkeit werden sichtbar, die Energie- und Rohstoffpreise steigen, und die politische Unsicherheit nimmt in vielen rohstoff- und energieliefernden Ländern deutlich zu. Gleichzeitig steigt der Energiebedarf weltweit weiter an. Für die Bundesrepublik Deutschland als einem besonders rohstoffarmen, aber hochindustrialisierten Land wird sowohl die Preisentwicklung für Rohstoffe und Energie als auch die Versorgungssicherung zu einem zentralen Problem. Es zeichnet sich mehr und mehr ab, daß alle Möglichkeiten genutzt werden müssen, wenigstens einen Teil der benötigten Rohstoffe und Energie auch durch Erzeugung von einheimischen Rohstoffen bereitzustellen" (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, 1981, S. G18). Weiter wird festgestellt: "Während sich die Preisentwicklung für fossi-

le Energieträger mehr und mehr an den zunehmenden Knappheitsverhältnissen orientiert und unberechenbar durch politische Einflüsse beeinflusst wird und somit weitgehend autonom erfolgt, so daß die ökonomischen Voraussetzungen in vergleichsweise kurzer Zeit in noch breiterem Umfang als bisher gegeben sein werden, bestehen derzeit 'die biologischen, produktionstechnischen, technologischen, einsatz- und verwendungstechnischen Voraussetzungen' für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe nicht. Die Ursache dafür ist ... darin zu suchen, daß sich die agrarwissenschaftliche Forschung ... überwiegend mit Aufgaben befassen mußte, die ... mit der effizienten Produktion von qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln zusammenhängen. Demgegenüber besteht ein Defizit an Informationen und Erkenntnissen für die Rohstoffproduktion, Technologie sowie Einsatz- und Verwendungstechnik" (ebenda, S. G19).

1980/81 durfte man davon ausgehen, daß die sich ändernden Weltmarktbedingungen und die Notwendigkeit, Angebotsüberschüsse auf den Märkten für Nahrungsmittel abzubauen, die Erzeugung und Konversion nachwachsender Rohstoffe begünstigen würden. Die steigende Wettbewerbsfähigkeit hätte eine Importsubstitution von fossilen Energieträgern durch nachwachsende Rohstoffe zur Folge haben können. Statt dessen sank die Wettbewerbsfähigkeit von inländischen nachwachsenden Rohstoffen aufgrund eines Verfalls der Weltmarktpreise. Richtig antizipiert wurde, daß die Nahrungsmittelüberschüsse und somit die Ausgaben für die Marktstützung anwachsen.

Die Zielsetzung der folgenden Ausführungen ist es, ein Verlaufsmodell darzustellen, welches es erlaubt, zukünftige technische Fortschritte im Bereich traditioneller Agrarprodukte sowie im Bereich nachwachsender Rohstoffe bei verschiedenen Weltmarktbedingungen ex-ante zu beurteilen. Dieser Ansatz ist einerseits eine starke Vereinfachung zu komplexen komparativen statischen Wettbewerbsanalysen nachwachsender Rohstoffe, die mit Hilfe von aggregierten linearen Programmierungsmodellen durchgeführt wurden (Kögl, 1986), andererseits stellt er eine Erweiterung dar, da die Wirkungen insbesondere von technischen Fortschritten und beliebigen Weltmarktpreisentwicklungen auf die Erzeugerpreise eines NR-Produkts und eines um die Fläche konkurrierenden Nahrungsgutes im Zeitverlauf dargestellt werden. Während innerhalb der linearen Programmierungsmodelle vereinfachend gefragt wird, zu welchen Preisen wieviel nachwachsende Rohstoffe angeboten werden, steht im Verlaufsmodell die Frage im Vordergrund, wie zeitabhängige Technik- und Weltmarktbedingungen auf die Preise von Nahrungsgütern und nachwachsenden Rohstoffen innerhalb von Marktordnungen in der europäischen Wirtschaftsgemeinschaft einwirken.

\* Für die kritische Durchsicht und die gegebenen Anregungen bedanke ich mich bei Herrn Dr. K. Frenz.

Die Beziehungen innerhalb des Verlaufsmodells werden mittels eines Beispiels erläutert: Die nachwachsenden Rohstoffe sind als Produkte definiert, die um die Weizenanbaufläche in der Europäischen Gemeinschaft konkurrieren und als Energiesubstitute (über Ethanol) dienen. Es wird unterstellt, daß eine vorgegebene Fläche entweder mit Brotweizen<sup>1</sup> oder mit Rohstoffweizen zur Ethanolproduktion bestellt wird. Brotweizen wird entweder im Inland verbraucht oder exportiert. Das Modell kann dahingehend erweitert werden, daß andere Nahrungsgüter, nachwachsende Rohstoffe und Endprodukte Berücksichtigung finden. Hier geht es zunächst darum, die Funktionsfähigkeit eines Verlaufsmodells zu demonstrieren und auf die Notwendigkeit ihrer Formulierung zu verweisen, wenn es darum geht, Aussagen über die Wettbewerbsfähigkeit neuer Produkte bei Unsicherheiten über Technologieentwicklungen und Weltmarktconstellation abzuleiten.

Das Verlaufsmodell erfaßt die Wirkungen technischer Fortschritte im Ertrags-, Kosten- und Konversionsbereich auf Produzenten- und Konsumenteneinkommen. Bei vorgegebenen Staatsausgaben zur Marktstützung und bei exogenen Weltmarktpreisen auf Getreide- und Energiemärkten erlaubt das Modell, die Weizenpreise für Brot- und Rohstoffweizen innerhalb der EG, den Energieerzeugerpreis (Ethanol) und die Aufteilung der Staatsausgaben auf Marktstützungskosten für Brotweizen und für nachwachsende Rohstoffe (NR) intern zu bestimmen. Darauf aufbauend wird anhand verschiedener Annahmen über Weltmarktpreise gezeigt, welche Wirkungen unterschiedliche technische Fortschritte auf Produzentenrenten, Konsumentenrenten und Staatsausgaben haben. Die Förderung der NR-Produktion wird dann mit einkommensorientierten agrarpolitischen Alternativen wie direkten Einkommensübertragungen und Flächenstillegungen verglichen.

Im folgenden wird zunächst begründet, warum die Öffentliche Hand Forschungsförderung im NR-Bereich betreibt. Danach wird die Struktur des Verlaufsmodells vorgestellt, und

<sup>1</sup> Brotweizen umfaßt alle Weizenverwendungen zur Nahrungsmittelerzeugung.

es werden für zwei verschiedene Weltmarktszenarien für einen Zeitraum von 15 Perioden bis zum Jahr 2000 Wirkungen technischer Fortschritte auf Produzenten- und Konsumentenrenten analysiert.

## 2 Motivation zur öffentlichen Forschungsförderung im Bereich nachwachsender Rohstoffe

Die Öffentliche Hand erwartet von einer Forschungsförderung im Bereich nachwachsender Rohstoffe eine Stabilisierung der Erzeugereinkommen, eine Reduktion der Marktordnungsausgaben und eine Imports substitution. Die Höhe der Marktordnungsausgaben für Getreide findet sich in Tabelle 1. Wurden 1976 in der EG pro ha Getreidefläche 85.0 DM an Marktordnungsausgaben aufgewandt, so sind es 1986 ca. 200 DM gewesen. Insgesamt stiegen die Marktordnungsausgaben für Getreide von ca. 2 Mrd DM 1976 auf über 7 Mrd DM 1986.

Aufbauend auf Arbeiten zur Ethanolherzeugung, die in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (siehe u.a. Kögl, 1986) und im Institut für landwirtschaftliche Technologie und Zuckerindustrie (Institut für landwirtschaftliche Technologie, 1987) erstellt wurden, kommen Großkopf, Henze und Kloos (1988) in einer Beurteilung der Forschungsförderung der Ethanolproduktion aus landwirtschaftlicher Biomasse zur Schlußfolgerung, daß eine weitere Förderung aus Kostengründen nicht zu vertreten sei. Die Autoren schätzen die inländischen Produktionskosten derart hoch ein, daß sie Weltmarktbedingungen für Energie ausschließen, die die inländische Produktion von Bioethanol konkurrenzfähig zu fossilen Energieimporten werden lassen. Dieses Ergebnis wird aus einer statischen Betrachtung bekannter Ergebnisse gewonnen. Wünschenswert wäre es gewesen, wenn die Autoren ihre Ergebnisse anhand alternativer Szenarien über zukünftige technologische und Weltmarktentwicklungen gewonnen hätten. Ein solches Vorgehen wird im Verlaufsmodell beschrieben (siehe Kap. 3). Zunächst wird angedeutet, warum trotz der Aussagen von Großkopf, Henze und Kloos erwartet werden

Tabelle 1: Ausgaben des europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (Abt. Garantie) nach Marktordnungsbereichen (Mill. DM)

Marktordnungsbereich	1976	1977	1978	1979	1980	1981 1)	1982	1983 1)	1984 1)	1985 1)	1986 2)
Getreide	2232.2	2147.3	2848.0	3924.9	4189.2	4822.7	4360.6	5565.9	3696.0	5151.7	7098.5
Milcherzeugnisse 3)	7508.5	9314.7	10277.6	11364.0	11927.5	8390.2	7953.2	10023.1	12189.4	13231.0	13542.0
Ölsaaten				546.4	927.2	1462.6	1721.3	2156.0	1468.5	2476.6	3809.5
Zucker	829.0	1964.3	2247.7	2358.9	1443.8	1926.4	2968.1	3000.9	3654.6	4024.0	3645.2
Rindfleisch	2354.1	1503.5	1635.1	1878.0	3421.9	3606.6	2769.1	3959.2	5704.8	6123.1	5954.0
Währungsausgleich				1777.8	749.2	598.1	747.4	1113.3	842.0	727.0 4)	1215.45 4)
Sonstige	7448.8	7589.7	5193.7	4353.3	5616.1	7157.5	9127.6	10477.7	13597.0	12516.8	14082.1
Subventionen je ha Getreide Anbaufläche	85.0	83.0	99.8	137.5	146.2	170.6	153.9	153.4	101.1	143.0	198.2
Abt. Garantie insgesamt	20372.7	22519.6	22202.1	26203.4	28274.9	27964.2	29647.2	36296.2	41152.4	44250.3	48131.4

1) Vorläufige Abrechnung. 2) Haushaltsansatz. 3) Davon Mitverantwortungsabgabe: 1979 = -236.4 Mill. DM; 1980 = -559.5 Mill. DM; 1981 = -1201 Mill. DM; 1982 = -1284.1 Mill. DM; 1983 = -1202.5 Mill. DM; 1984 = -1678.2 Mill. DM; 1985 = -1421.2 Mill. DM; 1986 = 1443 Mill. DM 4) Darin enthalten Ausgleichszahlungen im Rahmen des Währungsausgleichs in Höhe von 304.2 Mill. DM in 1985 und 252 Mill. DM in 1986.

Quelle: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland

kann, daß die Forschung zur Bioethanolproduktion auch zukünftig gefördert wird.

Der steigende Selbstversorgungsgrad in der EG bei gleichzeitigem Verfall der Weltmarktpreise hat dazu geführt, daß für immer größere EG-Marktüberschüsse immer höhere Exporterstattungen zu leisten sind (siehe Tabelle 1). Durch institutionelle Marktordnungsänderungen versucht die EG-Kommission dem entgegenzuwirken, indem sie die Differenz zwischen den EG-Erzeugerpreisen und den Weltmarktpreisen verringert. Die Bundesregierung setzt diesem Verfahren kurzfristig ihr Konzept von Flächenstilllegungen und langfristig das Konzept von Produktionsalternativen im Bereich nachwachsender Rohstoffe entgegen. Beide Konzepte dienen insbesondere der Einkommensstabilisierung in größeren Marktfuchtbaubetrieben. Sie sind nur dann finanziell tragbar, wenn es bei unveränderten Weltmarktbedingungen gelingt, erwartete Ertragszuwächse im Getreideanbau zu verringern und/oder zu erreichen, daß die Produktionsalternative "Nachwachsende Rohstoffe" wettbewerbsfähig wird. Die Einkommenszielsetzung der Agrarpolitik begründet demzufolge die Ausgestaltung der Forschungspolitik im Bereich nachwachsender Rohstoffe.

Auslöser von Forschungsaktivitäten sind hier also nicht Marktconstellationen, die insbesondere durch Erwartungen über Produkt- und Faktorpreisentwicklungen eine latente Nachfrage nach Innovationen hervorrufen, sondern das politisch-administrative System, das versucht, Forschungsinstitutionen dahingehend zu beeinflussen, daß technische Neuerungen im NR-Bereich bereitgestellt werden (Abbildung 1) (De Janvry, 1978). Es ist demzufolge die Zielsetzung der Administration, durch die Förderung der Forschung eine Absatzerweiterung landwirtschaftlicher Produkte u.a. im Bereich der Ethanolherzeugung aus Biomasse zu erreichen. Eine Erweiterung des Preisverhältnisses zwischen Petroprodukten und inländischen Agrarerzeugnissen sollte die Wettbewerbsfähigkeit der Ethanolherzeugung ebenso verbessern, wie Ertragsstei-

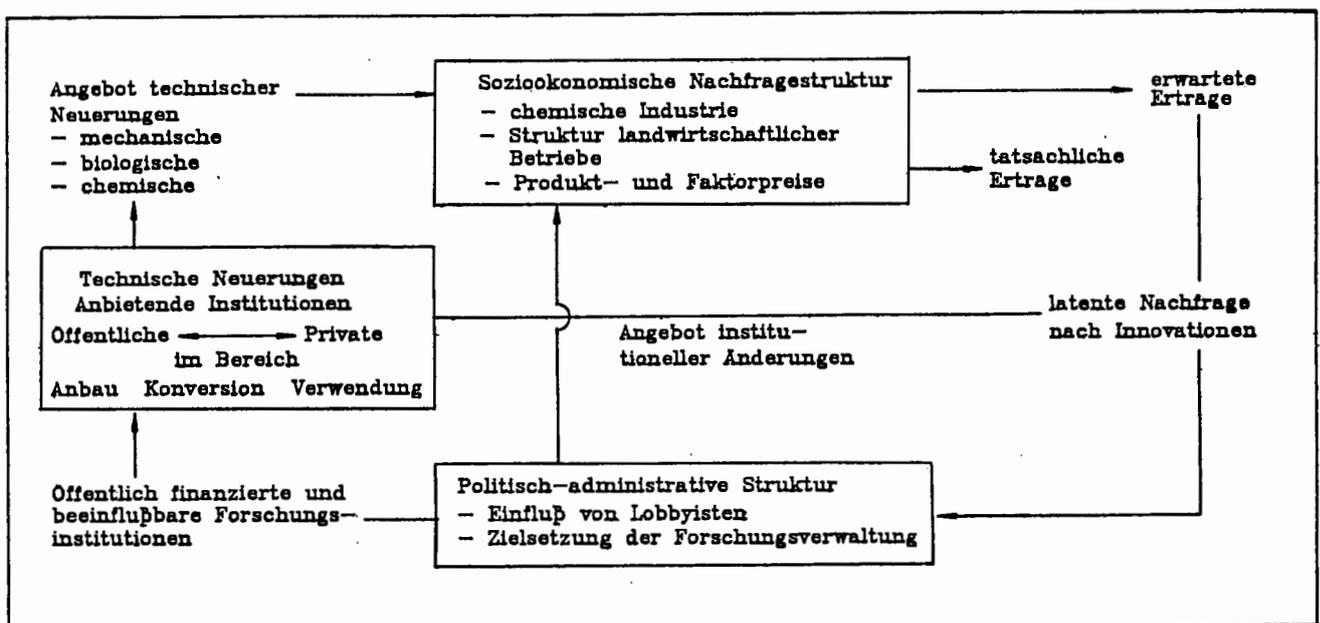
gerungen spezieller Energiepflanzen, die zu sinkenden Rohstoffpreisen bei konstanten Deckungsbeiträgen führen würden (Henze, 1986, S. 378f.) Meinhold, Kögl und Haimböck prognostizierten, daß bei einer Rohölpreissteigerung von 20 % und bei Ertragszuwächsen von 40 % 1990 die Ethanolproduktion pro ha nicht mehr Subventionen erfordern würde als die Exporterstattungen für Getreide (Meinhold, Kögl, Haimböck, 1985). Sie unterstellten hierbei stagnierende Getreidepreise und die Substitution des ertragsarmen Getreideanbaus auf Grenzstandorten durch ertragreiche Ethanolpflanzen. Ferner gingen sie davon aus, daß die Konversionskosten je l Ethanol auf ca. 0,50 DM/l reduzierbar seien. Diese Erwartungen bezüglich der Weltmarktpreisentwicklung, der inländischen Erträge und der Konversionskosten haben sich nicht erfüllt (Kögl, 1988).

### 3 Verlaufsanalyse technischer und institutioneller Änderungen im Bereich nachwachsender Rohstoffe und traditioneller Agrargüter

#### 3.1 Möglichkeiten der Beurteilung zukünftiger technischer Neuerungen und institutioneller Änderungen im Marktbereich

Ex-post Analysen über Nutzen und Kosten technischer Fortschritte beruhen zum überwiegenden Teil auf dem Konzept der ökonomischen Rente (Just, Hueth und Schmitz, 1982, S. 33f.). Dabei wird festgestellt versucht, wie sich aufgrund der Übernahme technischer Fortschritte, die zu verlagerten Angebotsfunktionen führen, Konsumenten- und Produzentenrente ändern (Hertford und Schmitz, 1977, S. 148ff.). Bei regulierten Märkten ist es darüber hinaus erforderlich zu analysieren, wie die Staatsausgaben durch die Einführung technischer Neuerungen beeinflusst werden.

Abbildung 1: Angebot und Nachfrage nach technischen und institutionellen Neuerungen im Bereich nachwachsender Rohstoffe



Wenn technische Fortschritte mittels des Konzepts der Konsumenten- und Produzentenrente beurteilt werden, sind Annahmen zu treffen über den Verlauf der Angebots- und Nachfragefunktionen (Norton und Davis, 1981, S. 685f.). Die tatsächlichen Nutzen und Kosten von realisierten technischen Fortschritten hängen im wesentlichen vom Marktmechanismus, den Forschungskosten, der verlagerten Angebotsfunktion sowie von der Bereitschaft der Erzeuger ab, neue Technologien auch einzusetzen. Demzufolge sind bei den Kosten auch die Umstellungskosten bei den Erzeugern zu beachten (Wise, 1984, S. 21 f.).

Zur Beurteilung von erwarteten technischen Fortschritten werden Rangfolge- (Fox, 1987, S. 450), Kosten/Nutzen- (Ramallo de Castro und Schuh, 1977), Simulations- (Pinstrup-Anderson und Franklin, 1977) und Optimierungsmodelle (Scobie, 1979) verwandt. Für die hier zu analysierende Fragestellung - nämlich erwartete technische Fortschritte im traditionellen Agrarbereich und im Bereich nachwachsender Rohstoffe zu beurteilen - wird ein Verlaufsmodell entwickelt, welches insbesondere das Angebot, die Nachfrage, die Preise, die Einkommen, die Produktionskosten und Marktordnungskosten in Abhängigkeit erwarteter technischer Fortschritte für 15 Anbauperioden projiziert. An die Darstellung obiger Werte schließt sich eine beispielhafte Kosten-Nutzen-Betrachtung im Zeitverlauf an. Diese beispielhafte Betrachtung beansprucht nicht, wie in anderen Studien geschehen (siehe z.B. Haimböck, 1985), die Abbildung der Realität, sondern die Funktionsweise des Modells soll dargestellt werden. Es wird untersucht, wie sich Produzentenrente, Konsumentenrente und Marktordnungsausgaben bei gegebenen oder auch variablen Rahmenbedingungen aufgrund ertragssteigernder und kostensparender Fortschritte im Zeitverlauf ändern, wobei im Modell zwei Produkte existieren, nämlich ein traditionelles Agrargut (Brotweizen) und ein Ausgangsprodukt (Rohstoffweizen) für nachwachsende Rohstoffe (Ethanol). Anhand dieser Änderungen wird dann mittels des Verlaufsmodells gezeigt, welche wohlfahrtsökonomischen Auswirkungen der Anbau nachwachsender Rohstoffe (Getreide) zur Substitution von Energieimporten in der Europäischen Gemeinschaft hätte (Ethanol verdrängt fossile Motorenkraftstoffe). Dazu wird vereinfachend angenommen, daß auf einer vorgegebenen Fläche zunächst Brotweizen für eine exogen vorgegebene Inlandsnachfrage und für Exporte erzeugt wird, und daß die dann nicht benötigte Fläche zur Erzeugung eines Rohstoffweizens dient. Letzterer wird zur Produktion von Energiesubstituten genutzt. Als Energiesubstitut wird im Modell Ethanol erzeugt, welches über eine Beimischung im Kraftstoffbereich verbraucht wird.

### 3.2 Struktur des Verlaufsmodells

Das Verlaufsmodell (siehe Anhang I) ist ein Zweiproduktsektormodell auf der Erzeugerstufe (Brot- und Rohstoffweizen) (siehe A6 bis A15) und ein Dreiproduktmodell auf der Verbraucherebene (Inlandsverbrauch für Nahrungszwecke, Exporte und nachwachsende Rohstoffe) (siehe A1 bis A5). Es wird ein funktionaler Zusammenhang zwischen der Angebots- und Nachfrageentwicklung, den Weltmarktpreisen für Weizen, Nebenprodukte und Energie (hier Motorenbenzin) unterstellt (siehe Anhang I). Die gesamte Weizenfläche, Erträge, variable Kosten, gesamte Marktstützungsmittel und Weltmarktpreise werden in verschiedenen Szenarien (siehe Kap. 4.1) anhand vorgegebener Anfangswerte und Wachstumsraten bestimmt. Das Modell ist derartig spezifiziert, daß mittels des Produktionsverfahrens "Brotweizen" zunächst soviel Fläche genutzt

wird, daß die Erzeugung des Brotweizens dem Inlands- und Exportbedarf entspricht. Die hierfür nicht mehr benötigte Weizenanbaufläche wird dann mittels des Produktionsverfahrens "Rohstoffweizen" genutzt. Für die jährlichen Marktstützungsausgaben werden Obergrenzen gesetzt. Es gilt ferner, daß dann, wenn in einem der Produktionsverfahren ein agrarpolitisch angestrebter Deckungsbeitrag  $D^A$  erreicht ist, Marktstützungsmittel eingespart werden. Bei verfahrensspezifischen variablen Kosten und Erträgen ergeben sich dann unterschiedliche Preise für Brot- und Rohstoffweizen. Der Preis für Brotweizen soll nie unter den Weltmarktpreis fallen.

Innerhalb des endogenen Teils des Modells werden mittels eines Viergleichungssystems Volumen der Exporterstattungen, der Preisstützungen für Ethanol und die Angebotspreise für Ethanol, Brot- und Rohstoffweizen bestimmt <sup>2</sup>. Für die gesamten Exporterstattungen (E) gilt:

$$(1) E = a Q_E [P_{WB} - P_G]$$

wobei  $Q_E$  die Exportmenge,  $P_{WB}$  der inländische und  $P_G$  der Weltmarktpreis für Brotweizen und  $a$  die Budgetwirksamkeit von Exporterstattungen sind <sup>3</sup>. Die Weizenpreise für Brotweizen und die Weizenpreise zur Ethanolherzeugung sind solange identisch, solange der inländische Weizenpreis gemäß Bedingung 5a errechnet wird. Die Weizenpreise auf dem Weltmarkt sind nicht nach Verwendungsarten differenziert.

Das Volumen der Preisstützung des Ethanols (S) errechnet sich aus der Differenz zwischen inländischem Ethanolpreis  $P_A$  und dem Importpreis für Motorenbenzin  $P_E$  sowie der produzierten Ethanolmenge, die sich aus der verfügbaren Rohstoffmenge  $Q_{NR}$ , multipliziert mit dem Ausbeutekoeffizienten  $b$  <sup>4</sup>, ergibt:

$$(2) S = b Q_{NR} [P_A - P_E]$$

Der Angebotspreis für Ethanol errechnet sich aus den fixen Konversionskosten  $K$ , dem Wert der Nebenprodukte <sup>5</sup>  $P_N$  und dem Wert des Rohstoffs pro Einheit Ethanol:

$$(3) P_A = K - P_N + (1/b) P_{WE}$$

Der Weizenpreis  $P_{WE}$  zur Ethanolherzeugung kann gemäß den Beziehungen (5b) und (5c) vom Brotweizenpreis  $P_{WB}$

<sup>2</sup> Darstellung erfolgt unter Vernachlässigung des Zeitindex.

<sup>3</sup> Es wird davon ausgegangen, daß  $a$  größer als 1 ist, da neben der direkten Preisstützung Verwaltungs-, Lager- und Transportkosten anfallen.

<sup>4</sup> Der Ausbeutekoeffizient  $b$  gibt an, wieviel Ethanol aus einem kg Weizen gewonnen wird.

<sup>5</sup> Der Wert der Nebenprodukte, die bei der Ethanolproduktion aus Getreide anfallen, wird anhand des Eiweißsubstitutionswertes in Abhängigkeit des Weltmarktssojapreises errechnet. Aufgrund der Erfahrungen, die mit der Versuchsanlage Ahausen-Eversen gewonnen wurden, gilt: 1 kg Soja enthält 44 % Eiweiß, pro 100 l Ethanol fallen 16,7 kg getrocknete Dickschlempe an, die 33 % Eiweiß enthalten, dazu sind 33 kg Wasser zu verdampfen, wobei an variablen Verdampfungskosten 10,20 DM anfallen. Zusätzlich wird angenommen, daß 30 DM Fixkosten je 100 l Ethanol entstehen.

abweichen. Dies ist dann der Fall, wenn - aufgrund unterschiedlicher Ertrags- und Kostenverläufe in Brotweizen- und Rohstoffweizenverfahren - entweder ein vorgegebener Deckungsbeitrag  $D^A$  zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt erreicht wird (5b) oder für den Fall, daß der Weltmarktpreis für Weizen mit dem inländischen Brotweizenpreis übereinstimmt und die Marktordnungsmittel nicht mehr ausreichen, um den Weizen zur Ethanolherzeugung im Inland bis auf das Weltmarktpreisweizenniveau zu stützen (5c).

Zum Abschluß gilt, daß die Summe der Exporterstattungen und der Preisstützung des Ethanol die gesamten Staatsausgaben zur Marktstützung ausmachen, wobei die gesamten Marktstützungsmittel  $M$  vorgegeben sind (siehe A18):

$$(4) \quad M = E + S$$

Die Auflösung des Gleichungssystems nach den inländischen Weizenpreisen  $P_{WB}$  und  $P_{WE}$ , dem Ethanolherzeugerpreis  $P_A$ , dem Volumen der Exporterstattungen  $E$  und den Preisstützungen  $S$  ergibt:

$$(5a) \quad \begin{aligned} P_{WB} &= P_{WE} = x/y \quad \text{für } P_{WB} = P_{WE} > P_G \\ \text{und } x &= M + a_{QE} P_G + b_{QNR} (P_N + P_E - K) \\ \text{und } y &= a_{QE} + Q_{NR} \end{aligned}$$

Die Preise für Brotweizen und den Rohstoffweizen sind gemäß Beziehung (5a) identisch, solange ein angestrebter Zieldeckungsbeitrag  $D^A$  mittels der Preise  $P_{WB}$  bzw.  $P_{WE}$  noch nicht erreicht ist. Wenn dies der Fall ist, errechnen sich die entsprechenden Weizenpreise gemäß (5b):

$$(5b) \quad \begin{aligned} P_{WB} &= [D^A + VAR_{I/E}] / E_{I/E} \\ P_{WE} &= [D^A + VAR_{NR}] / E_{NR} \end{aligned}$$

Im allgemeinen gilt dann  $P_{WB} > P_{WE}$ , da Rohstoffweizen höhere Erträge und niedrigere variable Kosten hat.

Ferner ergeben sich verschiedene Preise  $P_{WE}$  und  $P_{WB}$  dann, wenn gemäß (5a) der inländische Brotweizenpreis  $P_{WB}$  unter den Weltmarktpreis  $P_G$  fallen würde. Dann sollen für Brotweizen Weltmarktpreise gelten:

$$(5c) \quad \begin{aligned} P_{WB} &= P_G \quad \text{und} \quad P_{WE} \leq P_{WB} \\ \text{nach (3) gilt:} \\ P_{WE} &= b [P_A + P_N - K] \\ \text{Mit } E = 0, \text{ d.h. } S = M \text{ und Gleichung (2) folgt:} \\ P_{WE} &= b [P_E + P_N - K] + M/Q_{NR} \end{aligned}$$

Wenn die jeweiligen Werte für  $P_{WB}$  und  $P_{WE}$  in (3) und (1) eingesetzt werden, folgen daraus Lösungen für den Ethanolpreis  $P_A$  und die Exportsubventionen  $E$ . Die Ethanolpreisstützung ergibt sich über (3) aus (2).

Mit dem im Anhang I dargestellten exogenen Teil erlauben die Beziehungen (5a) bis (5c) über die Bestimmung der inländischen Weizenpreise die Ermittlung von Deckungsbeiträgen (A23 und A24) und Subventionsbeträgen je ha. Verschiedene Weltmarktrahmenbedingungen (siehe A19 bis A21), verschiedene Verbrauchsentwicklungen (siehe A1 bis A5) und eine Änderung der für Marktstützungsausgaben jährlich maximal verfügbaren öffentlichen Mittel (A18) lassen sich mittels des exogenen Teils darstellen. Entsprechendes gilt für technische Fortschritte, die entweder ertragssteigernd in den Produktionsverfahren Brotweizen- bzw. Weizenanbau für nachwachsende Rohstoffe (siehe A7 und A8) oder kostensparend

in diesen Anbauverfahren (A25 und A26) und den fixen Konversionskosten (A22, A16 und A17) sein können<sup>6</sup>.

Das oben skizzierte Modell dient nun dazu, zu analysieren, wie sich unterschiedliche ertrags- und kostensparende technische Fortschritte bei verschiedenen Rahmenbedingungen auf Weltmärkten auf die inländischen Weizen- und Ethanolangebotspreise, die Verteilung der Marktstützungsmittel auf Exporte und die Ethanolpreisstützung und die Deckungsbeiträge im Zeitverlauf auswirken. Gleichzeitig bilden die im Verlaufsmodell errechneten Werte die Grundlage für Kosten-Nutzen-Betrachtungen zu den Wirkungen technischer Fortschritte<sup>7</sup>.

### 3.3 Abbildung der Kosten und Nutzen technischer Fortschritte

Kosten und Nutzen technischer Fortschritte werden hier danach beurteilt, wie sich Produzentenrente, Konsumentenrente und Staatsausgaben ändern (Hertford und Schmitz, 1977). Die Produzentenrente ändert sich, wenn sich die Deckungsbeiträge für den Brot- und Rohstoffweizenanbau ändern. Technische Fortschritte führen im Verlaufsmodell zu Anbau- und Preisänderungen sowohl für den traditionellen Weizenanbau als auch für nachwachsende Rohstoffe. Die Änderung der Produzentenrente ( $P$ ) läßt sich diskontiert durch den Gegenwartswert wiedergeben ( $r$  ist der Zinssatz), wobei in (6) und (7) die mit  $\bullet$  gekennzeichneten Werte, die Entwicklung der Anbauflächen und der Deckungsbeiträge in der Referenzsituation, also ohne technischen Fortschritt, darstellen.

$$(6) \quad P_{I/E} = \sum_{t=1}^T (1/(1+r))^t [A_{I/E}(t) \bullet D_{I/E}(t) - \bullet A_{I/E}(t) \bullet \bullet D_{I/E}(t)]$$

$$(7) \quad P_{NR} = \sum_{t=1}^T (1/(1+r))^t [ANR(t) \bullet DNR(t) - \bullet ANR(t) \bullet \bullet DNR(t)]$$

mit  $P$  = Produzentenrenten  
 $A$  = Anbauflächen  
 $D$  = Deckungsbeiträge  
 $I/E$  = Inlandsverbrauch, Exporte (Brotweizen)  
 $NR$  = Nachwachsender Rohstoff (Rohstoffweizen)

Die Konsumentenrente ( $K$ ) ändert sich im Bereich des Verbrauchs von Weizen für Nahrungszwecke. Der Gegenwartswert einer Änderung der Konsumentenrente des Brotweizenverbrauchs im Inland ist:

$$(8) \quad K_t = (1/(1+r))^t [-P_{WB}(t) - P_{WB}(t)] Q_I(t) [1 + z \bullet n_W]$$

$$\text{mit } z = [P_{WB}(t) - \bullet P_{WB}(t)] / 2 \bullet P_{WB}(t)$$

wobei  $\bullet P_{WB}(t)$  den jeweiligen Brotweizenpreis darstellt, der sich ohne technischen Fortschritt ergibt und  $Q_I$  für den inländischen Verbrauch steht.

<sup>6</sup> Eine Erhöhung des Ausbeutekoeffizienten  $b$  (siehe Gleichung 2) wirkt wie eine Verringerung der fixen Kosten.

<sup>7</sup> Ausgangsdaten der Simulationsrechnungen entsprechen den Weizenmarktconstellationen des Wirtschaftsjahres 1985/86 (Uhlmann, 1986).

Unter der Annahme, daß die Nachfrage nach traditionellem Weizenpreis unelastisch ist, ergibt sich die gesamte Änderung der Konsumentenrente  $K_I$  aufgrund technischer Fortschritte gemäß

$$(9) K_I = \sum_{t=1}^T (1/(1+r))^t [P_{WB(t)} - P_{WB(1)}] Q_I(t)$$

Annahmegemäß gilt, daß der Ethanolpreis aufgrund der Preissubventionen und der Festlegung der Weizenrohstoffpreise dem Weltmarktpreis für Energieimporte im Kraftstoffbereich entspricht. Somit wird der Kraftstoffpreis durch Ethanolproduktion und -verbrauch nicht beeinflusst, und die Konsumentenrente im Kraftstoffbereich bleibt unverändert.

Staatsausgaben ändern sich dadurch, daß dann, wenn der agrarpolitisch angestrebte Deckungsbeitrag erreicht ist, Budgetmittel für Exporterstattungen (E) und/oder Preisstützungen für Ethanol (S) eingespart werden können:

$$(10) ST = \sum_{t=1}^T (1/(1+r))^t [E(t) - E(1) + S(t) - S(1)]$$

Die mit \* gekennzeichneten Werte entsprechen den Marktstützungsausgaben ohne technische Fortschritte.

Der gesamte wohlfahrtsökonomische Effekt (N) ergibt sich für den unterstellten Betrachtungszeitraum T dann aus

$$(11) N = P_{I/E} + P_{NR} + K_I - ST$$

#### 4 Beispielhafte Bewertung technischer Fortschritte im traditionellen Weizenanbau und im Bereich nachwachsender Rohstoffe zur Ethanolproduktion

##### 4.1 Modellannahmen

Mit Hilfe des Modells werden über 15 Anbauperioden ertragssteigernde sowie vorleistungssparende technische Fortschritte im Anbaubereich für die beiden alternativen Produktionsverfahren analysiert. Im Konversionsbereich werden kostensparende technische Fortschritte angenommen, die die fixen Konversionskosten senken, und es wird zusätzlich unterstellt, daß sich der Ausbeutekoeffizient erhöht. Hinsichtlich der technischen Fortschritte und der Fortschreibung der Rahmenbedingungen werden drei verschiedene Parameterkonstellationen für jeweils hohe bzw. niedrige Weltmarktpreise im exogenen Teil des Modells vorgegeben, so daß sechs Szenarienverläufe betrachtet werden. Das Modell erlaubt die Variation sämtlicher exogener Parameter, die in den deterministischen Verlaufsgleichungen A1 bis A26 enthalten sind (siehe Anhang).

**Variante A** Die Forschung ist in der Lage, über 15 bzw.D: Ertragssteigernde Fortschritte Anbauperioden Ertragssteigerungen von 2 % jährlich für Weizen für Nahrungszwecke bzw. von 4 % jährlich für den Getreideanbau zur Ethanolherzeugung zu ermöglichen. Dabei steigt jedoch der variable Vorleistungseinsatz, so daß die variablen Kosten gleichzeitig um 1 % bzw. 2 % pro Jahr steigen.

**Variante B bzw. E:** Kostensparende Fortschritte

Eine Schwerpunktbildung im Forschungsbereich vermag insbesondere faktorsparende technische Fortschritte auszulösen, wodurch die Kosten im Anbaubereich der Produktionsalternativen um 1 % jährlich und die fixen Konversionskosten um 2 % sinken. Ferner wird eine Erhöhung der Ethanolausbeute von 2 % p.a. angenommen. Die Erträge in den Produktionsalternativen steigen nur um 1 bzw. 2 % p.a.

**Variante C bzw. F:** Kostensparende Fortschritte u. variable Weltmarktpreise

Zusätzlich zu den Annahmen der Varianten B und E wird in C davon ausgegangen, daß die Weltmarktpreise für Motorenbenzin, Getreide und Soja jährlich um 2 % sinken. In F wird unterstellt, daß diese über den Betrachtungszeitraum jährlich um 2 % steigen.

Bezüglich der Rahmenbedingungen auf Weltmärkten gelten zwei Annahmen:

In den Varianten A, B und C herrschen auf den Weltmärkten hohe Agrar- und Energiepreise. Diese Situation kennzeichnete die Jahre 1980 bis 1984. In der Anfangsperiode gelten dann die folgenden Weltmarktpreise: Getreide 320 DM/dt, Soja 600 DM/dt und Motorenbenzin 580 DM/1000 l. Relativ geringe Marktstützungsmittel (3,8 Mrd. DM p.a.) gewährleisten den Anbietern von Weizen einen Erzeugerpreis in Höhe von ca. 420 DM/dt. Bei einem Durchschnittsertrag von 45 dt/ha und variablen Produktionskosten von 1000 DM je ha ergibt sich ein Deckungsbeitrag in Höhe von annähernd 900 DM/ha in der Anfangsperiode.

In den Varianten D, E und F werden niedrige Weltmarktpreise unterstellt. Eine derartige Situation beschreibt die Weltmärkte ab Ende 1985. Es gelten für die Anfangsperiode die folgenden Preise: Getreide 230 DM/dt, Soja 370 DM/dt und Motorenbenzin 320 DM/1000 l. Relativ hohe Marktstützungsausgaben (6,25 Mrd. DM p.a.) sind erforderlich, um den Anbietern Erzeugerpreise von annähernd 400 DM/ha zu garantieren, die beim unterstellten Durchschnittsertrag von 45 dt/ha und variablen Produktionskosten von 1000 DM zu einem Deckungsbeitrag von nur 800 DM/ha in der Anfangsperiode führen.

Weitere wichtige Annahmen bezüglich der quantitativen Analyse sind ( $T_0$  kennzeichnet die Anfangsperiode,  $T_{15}$  die Endperiode des Verlaufsmodells)<sup>8</sup>:

Weizenanbaufläche in der EG $T_0 - T_{15}$	15.500.000 ha
Ertrag für Weizen in $T_0$	45,2 dt/ha
Variable Kosten im Getreideanbau in $T_0$	1.000 DM/ha
Fixe Konversionskosten in $T_0$	0,50 DM/l Ethanol
Vorgegebener inländischer Verbrauch $T_0 - T_{15}$	55 Mio. t
Vorgegebene Weizenexporte $T_0 - T_{15}$	14 Mio. t
Ausbeutekoeffizient b in $T_0$	0,35 l Ethanol/kg Getr.
Budgetwirksamkeit a $T_0 - T_{15}$	2,50

<sup>8</sup> Für weitere Szenarien ist es möglich, beliebige andere Annahmen zu setzen.

Diskontierungsfaktor	5 %
Marktstützungsaufwendungen	T <sub>0</sub> - T <sub>15</sub>
- Hohe Weltmarktpreise (A, B und C)	3,80 Mrd. DM/Jahr
- Niedrige Weltmarktpreise (D, E und F)	6,25 Mrd. DM/Jahr
Maximal angestrebter Deckungsbeitrag D <sup>Δ</sup>	900 DM

Aufgrund der getroffenen Annahmen wird im Modell zunächst verlangt, daß der inländische Verbrauch und die Exporte von Brotweizen durch die Erzeugung sichergestellt werden. Die Anbauflächen verteilen sich in der Anfangsperiode T<sub>0</sub> und der Endperiode T<sub>15</sub> dann, auf die Verwendungsalternativen bei ertragssteigernden und kostensparenden Fortschritten, wie in Tab. 2 beschrieben.

Tabelle 2: **Weizenanbauflächen und Ethanolherzeugung**

Anbaustruktur	in T <sub>0</sub>	bei ertragssteigernden Fortschritten T <sub>15</sub>	bei kostensparenden Fortschritten T <sub>15</sub>
<b>A Flächen</b>			
Brotweizenanbau für inländischen Verbrauch (Mio ha)	12.18	9.02	10.48
Exporte (Mio ha)	3.10	2.30	2.67
Rohstoffweizenanbau (Mio ha)	0.22	4.18	2.35
dsgl. in % der Weizenanbaufläche insgesamt Weizenanbau (Mio ha)	1,5 %	27,0 %	15,2 %
	15.50	15.50	15.50
<b>B Ethanolherzeugung</b>			
Ethanol (Mrd l)	0.3	16.3	6.8
Ethanol in % des Gesamtverbrauchs	0,25 %	13,15 %	5,48 %

Die für den NR-Anbau verbleibende Fläche wird annahmegemäß mit ertragreicheren Weizensorten bestellt. Das dabei anfallende Getreide wird zur Erzeugung von Ethanol genutzt, welches Motorenkraftstoffe ersetzt, nachdem der Angebotspreis für Ethanol durch Preisstützungsmaßnahmen dem Weltmarktpreis für Motorenkraftstoffe angepaßt wurde.

Bei den Varianten ertragssteigernder Fortschritte werden nach 15 Perioden ca.27 % der potentiellen Weizenanbaufläche der NR-Produktion dienen, und ca. 13 % der Kraftstoffnachfrage könnte durch Ethanol gedeckt werden. Bei den Varianten kostensparender Fortschritte mit annahmegemäß kleineren Ertragszuwächsen ergibt sich eine Anbaufläche von Weizen für NR von ca. 15 % der gesamten Weizenanbaufläche, und nur gut 5 % des Kraftstoffverbrauches wird durch Ethanol ersetzt.

Eine wichtige Modellannahme ist, daß die fixen Konversionskosten in der Anfangsperiode 0,50 DM je l Ethanol betragen. Dieser Wert wurde bisher in Demonstrationsanlagen unterstellt, aber noch nicht erreicht (Haimböck, 1985). Wesentlich für das Verständnis der Modellergebnisse ist die Feststellung, daß eine maximale Höhe für Marktordnungsausgaben (Staatsausgaben) vorgegeben ist.

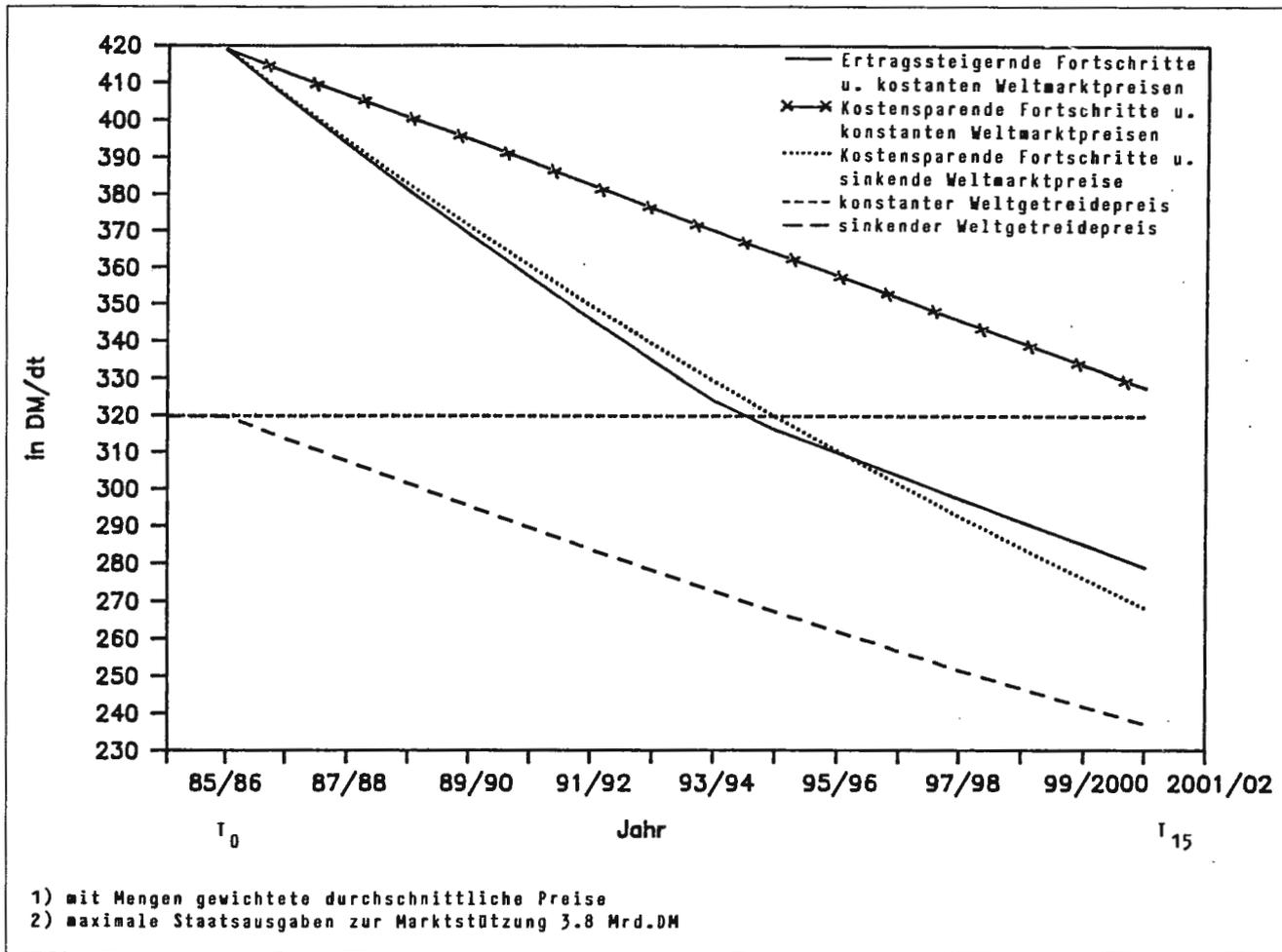
#### 4.2 Vergleich der Wirkungen verschiedener technischer Fortschritte bei konstanten Weltmarktpreisen

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen modellmäßig, wie sich die inländischen Weizenerzeugerpreise im Betrachtungszeitraum über 15 Perioden bei ertragssteigernden und kostensparenden technischen Fortschritten entwickeln. Bei vorgegebenen Marktstützungsmitteln, mit denen Exporterstattungen finanziert bzw. die Preisstützung des Ethanols durchgeführt werden, sinken bei hohen (Abb. 2) und niedrigen Weltmarkt-

Tabelle 3: **Weizenerzeugerpreise und Angebotspreise für Ethanol bei alternativen technischen Fortschritten und verschiedenen Weltmarktpreisen**

Variante	Weizenerzeugerpreis in DM/t					Angebotspreis für Ethanol in DM/1000 l		
	Ø to	Ø t5	Ø t15	Ø aus I/E t15	Ø aus NR t15	to	t5	t15
<b>Hohe Weltmarktpreise</b>								
A Ertragssteigernde Fortschritte	419	369	320	197	279	1531	1387	896
B Kostensparende Fortschritte	419	395	336	289	328	1531	1298	815
C Kostensp. Fortsch.u.sinkende Weltmarktpreise	419	371	268	268	268	1531	1291	830
<b>Niedrige Weltmarktpreise</b>								
D Ertragssteigernde Fortschritte	396	331	230	146	202	1553	1367	839
E Kostensparende Fortschritte	396	364	294	289	293	1553	1342	902
F Kostensp. Fortsch.u.steigende Weltmarktpreise	396	383	336	289	328	1553	1374	853
I/E Inlandsverbrauch/Exporte	To Anfangsperiode							
NR Nachwachsende Rohstoffe	T5 Periode 5							
Ø mit Anbauflächen gewichteter Durchschnitt	T15 Endperiode							
Quelle: Eigene Berechnungen.								

Abbildung 2: Weizenpreisentwicklung <sup>1)</sup> nach Beginn der Ethanolproduktion bei hohen Weltmarktpreisen <sup>2)</sup>



preisen (Abb. 3) und ertragssteigernden Fortschritten die Erzeugerpreise für Weizen stärker als bei kostensparenden Fortschritten (s. auch Tab. 3).

Bei ertragssteigernden Fortschritten sinken die Preise und Deckungsbeiträge insbesondere dadurch, daß die Marktstützungsmittel nicht mehr ausreichen, Getreidepreise im NR-Bereich zu garantieren, die zumindest denen entsprechen, die für den Export erzielbar sind. Bei niedrigen Weltmarktpreisen (230 DM/dt Getreide, Marktstützungsvolumen 6,25 Mrd. DM) sinkt der Erzeugerpreis für Getreide als nachwachsender Rohstoff auf 146 DM/t (Variante D, Tab. 4). Bei hohen Weltmarktpreisen geht der Deckungsbeitrag von fast 900 DM auf ca. 270 DM in der NR-Produktion über 15 Perioden zurück.

Dagegen zeigt das Modell, daß es bei kostensparenden Fortschritten, hohen Weltmarktpreisen und bei geringeren Marktstützungsmitteln möglich ist, den agrarpolitisch angestrebten Deckungsbeitrag in Höhe von 900 DM zu erreichen (Variante B, Tab. 4). Die Marktordnungsausgaben können dann sogar reduziert werden (s. verminderte Staatsausgaben in Tab. 5, Variante B).

Die Aufteilung der Subventionen je ha findet sich in Tab. 4. Es gilt, daß die gesamten Ausgaben für Exporterstattungen und zur Preisstützung des Ethanols nicht größer als die vorgegebenen 6,25 Mrd. DM bei niedrigen bzw. 3,80 Mrd. DM bei

hohen Weltmarktpreisen sein können. Für Exporterstattungen wird eine Budgetwirksamkeit von 2,5 unterstellt. Für die Ethanolpreisstützung wird dagegen eine Einkommenswirkung von Eins angenommen. Trotz dieser Annahmen sind in allen technischen Varianten die Exporterstattungen je ha niedriger als die Subventionen, die zur NR-Preisstützung gezahlt werden (Abb. 4). Da bei ertragssteigernden Fortschritten (Variante A und D) die Erzeugerpreise für Brotweizen auf Weltmarktpreisniveau fallen, brauchen keine Exporterstattungen mehr gewährt werden (Tab. 4).

Die Preisstützungen für Ethanol sind mit einer Ausnahme in allen technischen Varianten größer als die erzielbaren Deckungsbeiträge. Das gilt nur dann nicht, wenn hohe Weltmarktpreise und kostensparende Fortschritte zusammen vorliegen (Variante B, Tab. 4). In diesem Fall ergibt sich nach ca. 12 Perioden eine Identität zwischen dem Deckungsbeitrag von 900 DM und der Preisstützung des Ethanols. Nichtsdestoweniger sind Aufwendungen für Exporterstattungen in der Endperiode nur gut ein Drittel so hoch wie die Aufwendungen zur Ethanolpreisstützung.

Die Entwicklung der Ethanolpreise ist in Tab. 3 dargestellt. Bei hohen bzw. niedrigen Weltmarktpreisen ergeben sich in der Anfangsperiode Ethanolherzeugerpreise von ca. 1,55 DM je l. Diese sinken je nach der Art der Wirkung technischer Fortschritte auf ca. 0,80 bis 0,90 DM je l (Tab. 3 und Abb. 5). Die

Abbildung 3: Weizenpreisentwicklung <sup>1)</sup> nach Beginn der Ethanolproduktion bei niedrigen Weltmarktpreisen <sup>2)</sup>

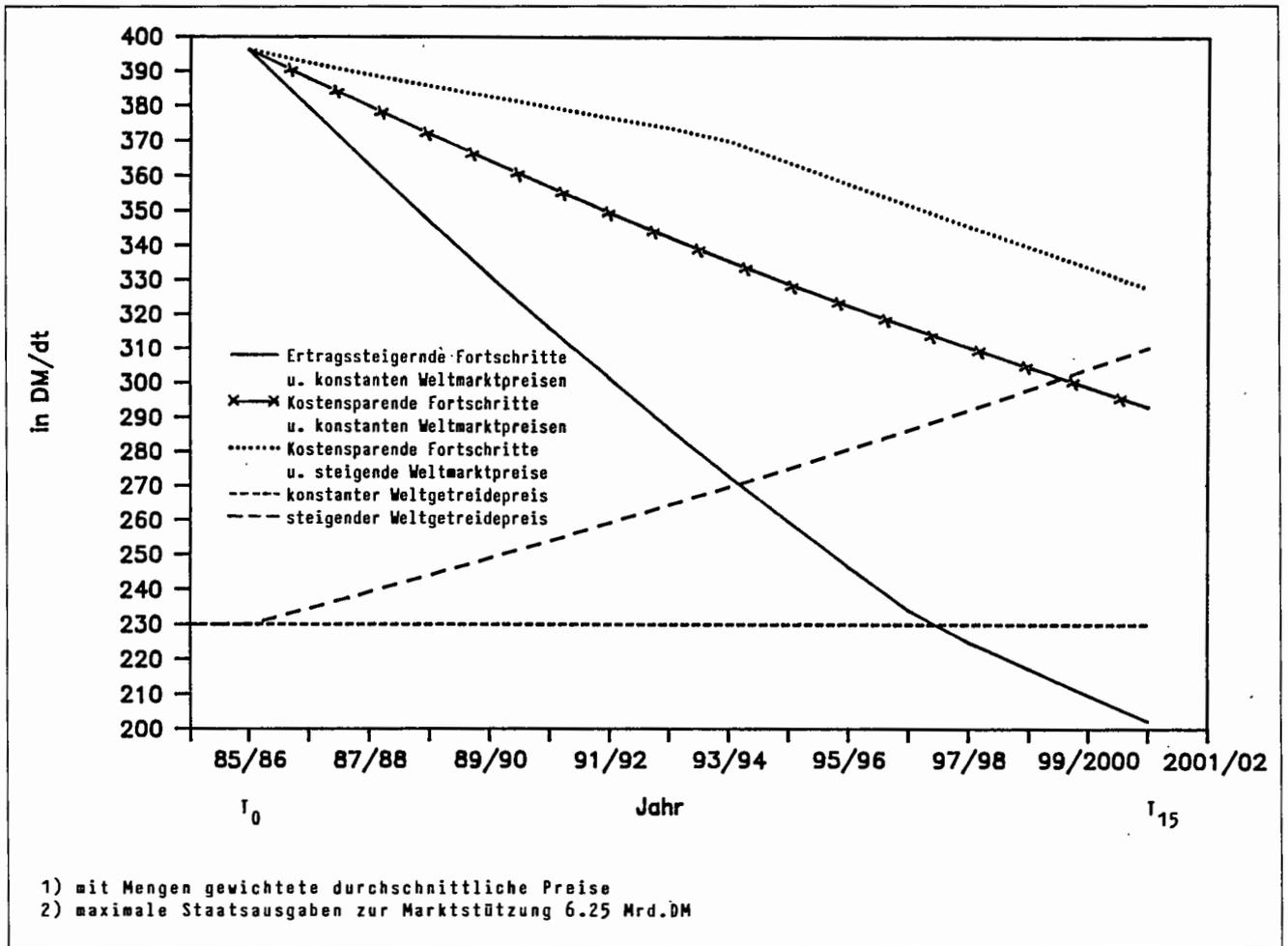
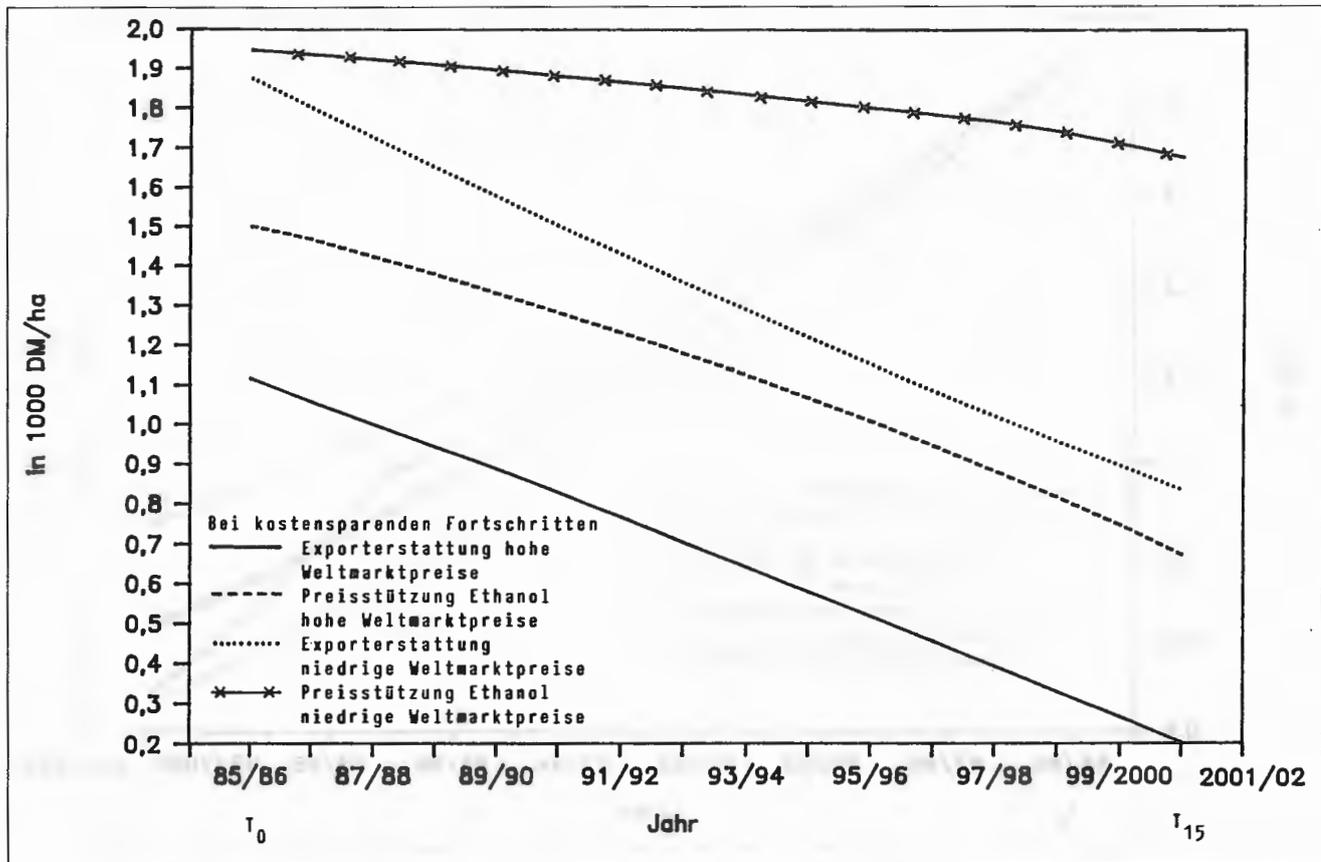


Tabelle 4: Subventionsbeträge und Deckungsbeiträge bei alternativen technischen Fortschritten und verschiedenen Weltmarktpreisen

Variante	Subventionen je ha in DM						Deckungsbeiträge in DM/ha				
	Export			NR			insg. aus I/E				
	To	T5	T15	To	T5	T15	To	T5	T15	T15	insg.
<b>Hohe Weltmarktpreise</b>											
A Ertragssteigernde Fortschritte 1)	1118	598	0	1502	1497	909	893	773	789 1)	270 1)	649
B Kostensparende Fortschritte 2)	1118	888	204	1502	1332	677	893	899	900 2)	900 2)	900
C Kostensp. Fortsch.u.sinkende Weltmarktpreise 3)	1118	890	408	1502	1402	1154	893	787	546 3)	774 3)	581
<b>Niedrige Weltmarktpreise</b>											
D Ertragssteigernde Fortschritte	1877	1237	0	1948	1941	1495	789	588	240	-145	136
E Kostensparende Fortschritte	1877	1576	838	1948	1896	1677	789	754	681	900	715
F Kostensp. Fortsch.u.steigende Weltmarktpreise	1877	1570	329	1948	1905	1213	789	842	900	900	900
I/E Inlandsverbrauch/Exporte						To Anfangsperiode					
NR Nachwachsende Rohstoffe						T5 Periode 5					
						T15 Periode 15					
1) Dies entspricht der Preisfestsetzung nach Beziehung (5c)											
2) Dies entspricht der Preisfestsetzung nach Beziehung (5b)											
3) Dies entspricht der Preisfestsetzung nach Beziehung (5a)											
Quelle: Eigene Berechnungen.											

Abbildung 4: Entwicklung der Subventionsbeträge (Preisstützung Ethanol/Exporterstattung)



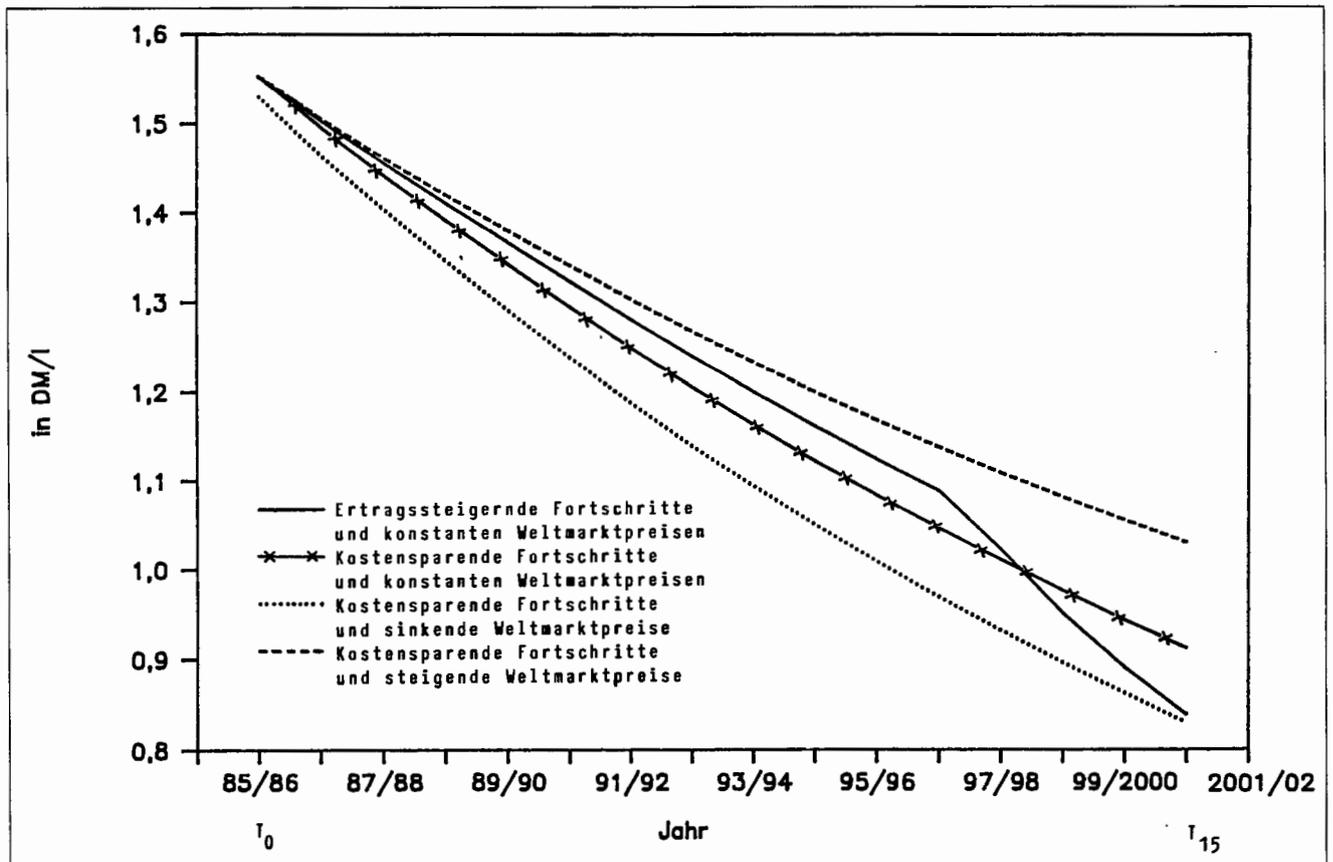
hier unterstellten technischen Fortschritte erlauben also keine Wettbewerbsfähigkeit der Ethanolherzeugung, denn der Ethanolpreis liegt weiterhin bedeutend über den Weltmarktpreisen für Motorenkraftstoffe.

Ein Vergleich der Wohlfahrtswirkungen technischer Fortschritte ist in Tab. 5 anhand der Gegenwartswerte der Produzenten-, Konsumentenrenten und Marktordnungsausgaben zusammengefasst (Ableitung der Gegenwartswerte Formeln 6

Tabelle 5: Gegenwartswerte von Kosten und Nutzen alternativer technischer Fortschritte bei verschiedenen Weltmarktpreisen in Mrd. DM

Variante	Produzentenrente	Konsumentenrente	Verminderte Staatsausgaben	Kosten/Nutzen insgesamt
<b>Hohe Weltmarktpreise</b>				
A Ertragssteigernde Fortschritte	- 25.7	38.0	0	12.3
B Kostensparende Fortschritte	0.9	22.2	4.5	27.6
C Kostensp. Fortsch.u.sinkende Weltmarktpreise	3.1	19.9	0	23.0
<b>Niedrige Weltmarktpreise</b>				
D Ertragssteigernde Fortschritte	- 52.8	55.4	0	2.7
E Kostensparende Fortschritte	- 7.4	28.6	0.1	21.3
F Kostensp. Fortsch.u.steigende Weltmarktpreise	- 2.0	24.5	5.5	27.9
I/E Inlandsverbrauch/Exporte				
NR Nachwachsende Rohstoffe				
Quelle: Eigene Berechnungen.				

Abbildung 5: Entwicklung der Ethanolpreise (Alternative Fortschritte und Weltmarktpreise)



bis 10). Generell gilt, daß die Konsumentenrente im Nahrungsmittelbereich steigt, da die Verbraucherpreise für Weizen sinken. Da diese bei ertragssteigernden Fortschritten (Varianten A und D) am stärksten fallen, ergeben sich höhere Konsumentenrentenzuwächse als bei kostensparenden Fortschritten (Varianten B und E in Tab. 5). Mit Ausnahme der Situation hoher Weltmarktpreise und kostensparender Fortschritte (Variante B) fällt bei angenommenen konstanten bzw. sinkenden Weltmarktpreisen die Produzentenrente aufgrund technischer Fortschritte. Marktstützungsmittel sind einsparbar, da der Zieldeckungsbeitrag erreicht wird, wenn hohe Weltmarktpreise gelten (Variante B).

Der Vergleich verdeutlicht, daß nur dann, wenn relativ hohe Weltmarktpreise vorherrschen, kostensparende Fortschritte in Verbindung mit einer Ethanolproduktion eine Stabilisierung der Produzentenrenten und ein Absenken von Marktstützungsaufwendungen bei vorgegebenen Einkommenszielen erlauben. Die relative Stabilität der Produzentenrente wird nicht durch den wettbewerbsfähigen Anbau nachwachsender Rohstoffe erreicht, sondern dadurch, daß kostensparende Fortschritte mit geringeren Ertragszuwächsen verbunden sind. Bei ertragssteigernden Fortschritten und vorgegebenen Marktstützungsmitteln kommt es zu einem Verfall der Deckungsbeiträge im NR-Bereich, die ihren konkurrenzfähigen Anbau aus einzelbetrieblicher Sicht nicht mehr erlauben.

#### 4.3 Vergleich der Wirkungen technischer Fortschritte bei sinkenden bzw. steigenden Weltmarktpreisen

Ausgehend von kostensparenden Fortschritten und hohen Weltmarktpreisen wird in der Variante C angenommen, daß die Weltmarktpreise für Getreide, für Motorenkraftstoffe und für Nebenprodukte (Soja) jährlich um 2 % sinken. Der Weltgetreidepreis fällt dann von 320 DM nach 15 Perioden auf 237 DM und die Preise für Brot- und Rohstoffweizen sind gemäß Gleichung (5a) identisch und liegen bei 268 DM (s. Tab. 2). Auch hier zeigt sich, daß die Subventionen zur Ethanolpreisstützung höher sind als die notwendigen Exporterstattungen. Der Ethanolherzeugerpreis sinkt zwar von 1,53 DM/l auf 0,83 DM/l, liegt aber noch entscheidend über dem Kraftstoffpreis, der von 0,58 DM/l auf 0,43 DM/l fällt. Ethanol bleibt also noch doppelt so teuer wie Motorenkraftstoffe. Vorteile von der Ethanolproduktion haben insbesondere die Verbraucher, da die inländischen Brotweizenpreise stärker fallen als die Weltmarktpreise.

Anders sind technische Fortschritte zu beurteilen, wenn ausgehend von niedrigen Weltmarktpreisen und hohen Marktstützungsmitteln steigende Weltmarktpreise erwartet werden (Variante F). Marktstützungsausgaben sind einsparbar, da der Zieldeckungsbeitrag von 900 DM nach 7 bis 9 Perioden erwirtschaftet wird. Die Subventionen je ha Exportfläche fallen über 15 Perioden von 1.877 auf 329 DM, die Aufwendungen zur Stützung der Ethanolproduktion jedoch nur von 1.950 auf 1.213 DM (s. Variante F, Tab. 3). Der Ethanolherzeugerpreis ist dann von 1,55 DM/l auf 0,85 DM/l gesunken, der

Weltmarktpreis für Motorenkraftstoffe von 0,32 DM/l auf 0,43 DM/l gestiegen. Exporterstattungen erfordern auch hier wesentlich weniger Mittel als die Preisstützung je ha nachwachsenden Rohstoffes.

#### 4.4 Abschließende Bewertung der Modellaussagen zu technischen Fortschritten

Die Erzeugung von Ethanol aus Getreide zur Energiesubstitution ist im Rahmen der Modellannahmen sowohl bei hohen wie bei niedrigen Weltmarktpreisen und sowohl bei ertragssteigernden wie bei kostensparenden technischen Fortschritten in einem Zeitraum von 15 Anbauperioden nicht wettbewerbsfähig. Ertragssteigernde Fortschritte führen im Verlaufsmodell zu einem Verfall der inländischen Preise für "Rohstoffweizen" sogar unter den Weltmarktpreis für Weizen, wenn ein vorgegebenes Volumen an Marktstützungsmitteln nicht erhöht wird. Eine Ausdehnung der Exporte wäre demzufolge volkswirtschaftlich sinnvoller als die Aufnahme der Ethanolproduktion. Kostensparende Fortschritte führen im Vergleich zu ertragssteigernden Fortschritten zu einem geringeren Anstieg der Konsumentenrente und zu kleineren positiven Veränderungen der Produzentenrente. Die Ethanolproduktion könnte nur dann wettbewerbsfähig werden, wenn wesentlich höhere Weltmarktpreise für Energie, wesentlich geringere Fixkosten bei der Konversion und ein wesentlich höherer Ausbeutekoeffizient mit kostensparenden Fortschritten und niedrigen Preisen für nachwachsende Rohstoffe zusammenfielen.

#### 5 Vergleich der Förderung der Ethanolproduktion mit agrarpolitischen Alternativen bei unterschiedlichen technischen Fortschritten

Das in Kapitel 3 vorgestellte Verlaufsmodell zur Bewertung technischer Fortschritte wird nun dahingehend erweitert, daß es den Vergleich einer Aufnahme der Ethanolproduktion aus Getreide bei ertragssteigernden bzw. kostensparenden Fortschritten mit anderen agrarpolitischen Alternativen erlaubt. Der Vergleich wird anhand der in 3.3 dargestellten Wohlfahrtskriterien, der Entwicklung der Weizenpreise, der Subventionsbeträge je ha und der Deckungsbeiträge durchgeführt. Die miteinander verglichenen einkommensorientierten Politikvarianten sind:

- I Aufnahme der Ethanolproduktion wie in Kap. 4;
- II Direkte Einkommensübertragungen für die Weizenfläche und Einkommensbildung und Verbrauchsausgaben zu Weltmarktpreisen;
- III Stilllegungen von Weizenflächen, die zum Anbau nachwachsender Rohstoffe nutzbar wären, und Gewährung von Exporterstattungen.

Es werden gleiche Budgetbegrenzungen für die drei Politikvarianten vorgegeben: Bei niedrigen Weltmarktpreisen liegen diese bei 6,25 Mrd DM jährlich und bei hohen Weltmarktpreisen bei 3,80 Mrd DM. Direkte Einkommensübertragungen werden für die gesamte Weizenanbaufläche gewährt (15,5

Tabelle 6: Kosten und Nutzen verschiedener Politiken im Weizenanbaubereich

Technische Variante	Politik-Variante	Wohlfahrtsindikatoren				Weizenpreise in DM/t		Subventionen je ha in DM 1)		a Preisstützung NR 2) b Dir.Eink.Obertr. 3) c Flächenstilllegung 2)		Deckungsbeitrag in DM/ha		
		Produz.-rente insges. Gegenwartswerte in Mrd.DM für 15 Perioden	Konsum.-rente insges.	Verminderte Staatsausgaben	Kosten Nutzen insges.	insg. To	insg. T15	To	T15	To	T15	insg. To	insg. T15	
A Ertragssteigernde Fortschritte Hohe konstante Weltmarktpreise	Basis I	-25.7	38.0	0.0	12.3	419	279	1118	0	a	1497	909	773	649
	II	3.4	5.7	5.5	14.6	320	320	-	-	b	163	-22	609	900
	III	8.6	-4.8	0.0	3.8	420	304	1130	-261	c	1346	1040	897	693
B Kostensparende Fortschritte Hohe konstante Weltmarktpreise	Basis I	0.9	22.2	4.5	27.6	419	328	1118	204	a	1332	677	899	900
	II	-22.1	19.6	-1.0	-3.5	320	320	-	-	b	163	40	609	900
	III	0.3	-0.9	-2.6	-3.2	420	337	1130	101	c	1346	1287	897	900
C Kostensparende Fortschritte Hohe sinkende Weltmarktpreise	Basis I	3.1	19.9	0.0	23.0	419	268	1118	408	a	1402	1154	787	581
	II	-25.3	20.4	0.0	-5.0	320	237	-	-	b	163	163	609	577
	III	4.0	-4.1	0.0	-0.2	420	283	1130	615	c	1346	935	897	623
D Ertragssteigernde Fortschritte Niedrige konst. Weltmarktpreise	Basis I	-52.8	55.4	0.0	2.6	396	202	1877	0	a	1941	1495	588	136
	II	-11.2	15.2	0.0	4.0	230	230	-	-	b	269	269	308	591
	III	40.9	27.3	0.0	13.6	401	295	1929	1080	c	1216	953	810	635
E Kostensparende Fortschritte Niedrige konst. Weltmarktpreise	Basis I	-7.4	28.6	0.1	21.3	396	293	1877	838	a	1896	1677	754	715
	II	-49.9	39.5	-0.1	-10.5	230	230	-	-	b	269	269	308	645
	III	13.7	-11.2	-0.1	2.4	401	324	1929	1264	c	1216	1259	810	840
F Kostensparende Fortschritte Niedrige steigende Weltmarktp.	Basis I	-2.0	24.5	5.5	27.9	396	328	1877	329	a	1905	1213	842	900
	II	-43.8	36.6	-1.7	-8.9	230	310	-	-	b	269	92	308	900
	III	3.7	-10.8	2.8	-4.3	401	377	1929	229	c	1216	1287	810	900

Politikalternativen: I Preisstützung für Ethanol und Gewährung von Exporterstattungen für Weizen  
 II Direkte Einkommensübertragungen und inländischer Anbau zu Weltmarktpreisen  
 III Flächenstilllegungen für potentielle NR-Fläche und Exporterstattungen für Weizen  
 Basis: Auswirkung technischer Fortschritte auf Wohlfahrtsindikatoren  
 : Änderung der Wohlfahrtsindikatoren gegenüber der Basis  
 To Anfangsperiode  
 T15 Endperiode

- 1) Bezogen auf die Fläche für Brotweizenexporte (siehe Tab. 2)
- 2) Bezogen auf die Fläche für Rohstoffweizen (siehe Tab. 2)
- 3) Bezogen auf die gesamte Weizenanbaufläche (siehe Tab. 2)

Quelle: Eigene Berechnungen.

Mio ha, siehe Tab. 2) und Flächenstillegungen werden für die Rohstoffweizenfläche gezahlt (siehe Tab. 2). Die Budgetwirkung der Subventionen wird wie folgt angesetzt:

Exporterstattungen: 2,5, Flächenstillegungen und direkte Einkommensübertragungen: 1,5 und Ethanolpreisstützung: 1,0. Mit diesen Faktoren sind die Nettoausgaben zu multiplizieren, um die gesamten Ausgaben der jeweiligen Maßnahmen zu erhalten (Staatsausgaben).

Es werden die in Kap. 4.1 beschriebenen sechs technischen Varianten betrachtet. Es gilt wiederum, daß dann, wenn durch die Entwicklung der Weltmarktpreise und/oder durch technische Fortschritte der agrarpolitisch angestrebte Deckungsbeitrag erreicht wird, die Marktstützungen verkleinert werden. Die Ergebnisse des Systemvergleiches sind in Tab. 5 zusammengestellt. Jeweils wird in der Basis I der Tab. 6 die Wirkung bestimmter technischer Fortschritte auf Wohlfahrtskriterien, Preise, Subventionen und Deckungsbeiträge wiedergegeben. II stellt dar, wie sich die Wohlfahrtskriterien gegenüber der Basis I bei direkten Einkommensübertragungen und Weltmarktpreisbedingungen ändern. III verdeutlicht entsprechendes bei Flächenstillegungsprämien für die Anbaufläche, die zur NR-Produktion genutzt werden könnte.

Im allgemeinen gilt für die Modellbetrachtungen, daß ertragssteigernde bzw. kostensparende Fortschritte verbunden mit Flächenstillegungen zu einer relativen Erhöhung der Produzentenrente führen (Politikvariante II). Bei ertragssteigernden Fortschritten und hohen Weltmarktpreisen (Technische Variante A, Tab. 6) führen ertragsbedingte Produktivitätssteigerungen dazu, daß mittels der Variante direkter Einkommensübertragungen der Zieldeckungsbeitrag erreicht wird. Deshalb sinken die notwendigen Einkommensübertragungen pro ha, und die gesamten Staatsausgaben zur Stützung des Weizenmarktes fallen. Bei ertragssteigernden Fortschritten sind Einkommensübertragungen (Politikvariante II) und Flächenstillegungen (Politikvariante III) der Ethanolproduktion überlegene Varianten. Dies gilt sowohl hinsichtlich der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtseffekte als auch hinsichtlich der Entwicklung der Produzentenrente. Bei einer wie in Kap. 4 festgestellten unzureichenden Wettbewerbsfähigkeit der Ethanolproduktion führen ertragssteigernde Fortschritte nur zu einem Verfall inländischer Weizenpreise und damit zu einem Anstieg der Konsumentenrente <sup>9</sup>.

Trotz kostensparender technischer Fortschritte resultiert bei konstanten Weltmarktpreisen (Technische Variante B und E, Tab. 6) innerhalb des Systems direkter Einkommensübertragungen die stärkste Minderung der Produzentenrente. Der inländische Verbrauch ergibt sich bei Politikvariante II stets zu Weltmarktpreisen, und der Anstieg der Konsumentenrente ist im Vergleich zu den beiden alternativen Politikvarianten am größten.

Bei hohen Weltmarktpreisen und kostensparenden Fortschritten führt sowohl die Aufnahme der Ethanolproduktion als auch ein System mit Flächenstillegungen zu einem leichten Anstieg der Produzentenrente, da die Deckungsbeiträge geringfügig steigen (Technische Variante B, Tab. 6). In beiden Fällen sinken dann die inländischen Weizenpreise von ca. 420 DM/t auf ca. 330 DM/t bei Weltmarktpreisen von 320 DM/t. Die Exporterstattungen, die pro ha zu zahlen sind, verringern

sich auf 100 (Politikvariante III) bzw. 200 DM/ha (Politikvariante I). Entsprechende Aussagen sind für den Fall niedriger Weltmarktpreise möglich.

Flächenstillegungen sind der Ethanolproduktion in bezug auf die Entwicklung der Produzentenrente vorzuziehen. Es ergeben sich höhere Deckungsbeiträge, und die Flächenstillegungsprämien sind niedriger als die Aufwendungen zur Preisstützung des Ethanols <sup>10</sup>.

Die Beurteilung verschiedener technischer Fortschritte bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen innerhalb dreier unterschiedlicher agrarpolitischer Varianten zeigt, daß aus der Sicht der Produzenten die Aufnahme der Ethanolherzeugung nur dann zu einem relativen Anstieg der Einkommen führt, wenn hohe Weltmarktpreise mit kostensparenden technischen Fortschritten zusammentreffen (Variante B und C, Tab. 6). Konsumenten werden im allgemeinen direkte Einkommensübertragungen für den Weizenanbau, verbunden mit einem Nachfragesystem zu Weltmarktbedingungen, bevorzugen. Bei vorgegebenen Subventionsbeträgen zur Marktstützung haben Konsumenten von der Einführung der Ethanolherzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen Vorteile im Nahrungsbereich, da die Ethanolproduktion aufgrund ihrer geringen Wettbewerbskraft dermaßen hohe Preisstützungen erfordert und somit keine Exporterstattungen mehr erlaubt, so daß der inländische Brotverzehr zu Weltmarktpreisen erfolgt. Flächenstillegungen sind der Aufnahme der Ethanolproduktion und direkten Einkommensübertragungen vorzuziehen, wenn die Erzeugereinkommen (Produzentenrente) erhöht werden sollen.

## 6 Zusammenfassung

Unter dem Eindruck steigender Weltmarktpreise für Rohstoffe wurde ab 1980 mit finanzieller Unterstützung des BMELF die Forschung im Bereich nachwachsender Rohstoffe verstärkt mit der Zielsetzung, inländische Ressourcen zur Energieimportsubstitution zu nutzen. Forschungen wurden eingeleitet unter der Antizipation tendenziell weiter steigender Rohstoffpreise und unter der Annahme, daß technische Fortschritte für nachwachsende Rohstoffe bereitgestellt werden könnten, die Wettbewerbsdefizite verringern würden. 1985 kam es dann zu einem Verfall der Weltenergiepreise, so daß die Wettbewerbsfähigkeit nachwachsender Rohstoffe zurückging.

Zielsetzung dieser Ausführungen ist es, modellmäßig den Zusammenhang zwischen Weltmarktbedingungen, technischen Fortschritten und Marktstützungsprogrammen darzustellen und zu analysieren, welche ökonomischen Wirkungen die Aufnahme der Ethanolproduktion auf den Teil der Weizenanbaufläche in der Europäischen Gemeinschaft hat, die nicht mehr zur Nahrungsweizenproduktion benötigt wird. Dazu wird ein einfaches Verlaufsmodell vorgestellt, welches für Brotweizen wie für Rohstoffweizen zur Ethanolgewinnung die Wirkungen technischer Fortschritte im Ertrags-, Kosten- und Konversionsbereich auf Produzenten- und Konsumenteneinkommen sowie auf die Staatsausgaben zur Marktstützung erfaßt. Bei vorgegebenen Staatsausgaben, exogenen Weltmarktpreisen für Getreide und Energie erlaubt das Modell im Rahmen verschiedener hypothetischer technischer sowie in-

<sup>9</sup> In der Variante D, Tab. 5, dokumentieren die Deckungsbeiträge einen Zusammenbruch inländischer Weizenproduktion, da kein Produzent bereit sein dürfte, Weizen zum Deckungsbeitrag von 136 DM/ha zu erzeugen.

<sup>10</sup> Die Varianten C (kostensparender Fortschritt und sinkende Weltmarktpreise) und F (kostensparender Fortschritt und steigende Weltmarktpreise) zeigen die gleiche relative Vorzüglichkeit wie die Varianten B und E (s. Tab. 6).

stitutioneller Entwicklungen die endogene Bestimmung der inländischen Getreidepreise (traditioneller Verbrauch und Angebot als nachwachsender Rohstoff), der Energieerzeugerpreise (Ethanolpreis) sowie der Verteilung der Staatsausgaben für Marktstützungen des Brot- und des Rohstoffweizens.

Das formulierte Verlaufsmodell erlaubt die Abschätzung der Wirkung technischer Fortschritte bei verschiedenen Marktconstellationen auf die Erzeugerpreise für einen nachwachsenden Rohstoff und ein Nahrungsgut. Wenn das Eintreffen bestimmter Marktconstellationen und bestimmter technischer Fortschritte mit Wahrscheinlichkeiten belegt wird, kann mit Hilfe des Verlaufsmodells gezeigt werden, ob und wann ein nachwachsender Rohstoff wettbewerbsfähig angeboten werden kann oder die Preisstützungen für diese nachwachsenden Rohstoffe zu einer Second-Best-Lösung im Vergleich zur Exportförderung von Nahrungsgütern führen.

Die beispielhaften Bewertungen technischer Fortschritte bei zwei verschiedenen Weltmarktszenarien, nämlich hohen Weltmarktpreisen, die typisch für die Periode von 1980 bis 1984 waren, und niedrigen Weltmarktpreisen, die kennzeichnend ab 1985 sind, zeigen, daß nur dann, wenn relativ hohe Weltmarktpreise vorherrschen, kostensparende Fortschritte in Verbindung mit einer Ethanolproduktion zu einer Stabilisierung der Erzeugereinkommen beitragen. Öffentliche Mittel zur Marktstützung lassen sich dann einschränken, da Einkommensziele erreicht sind. Bei vornehmlich ertragssteigernden Fortschritten kommt es zu einer starken Verringerung der Deckungsbeiträge im Anbaubereich, da die vorgegebenen Marktstützungsmittel nicht mehr ausreichen, um den Ethanolpreis dermaßen zu subventionieren, daß noch Erzeugerpreise für den Rohstoff gezahlt werden können, der den angenommenen Weltmarktpreisen entspricht.

Abschließend wird das Verlaufsmodell dahingehend erweitert, daß es den Vergleich der Aufnahme der Ethanolherzeugung mit zwei alternativen agrarpolitischen Varianten ermöglicht. Die Alternativen sind

- a) flächengebundene Einkommensübertragungen bei einer Aufgabe des Außenhandelsschutzes und
- b) Flächenstilllegungen für die Fläche, die zum Anbau nachwachsender Rohstoffe genutzt werden kann.

#### **Evaluation of technical progress for renewable resources and food products**

A multiperiod simulation model for two commodities is designed which allows the investigation of technical progress (yield increasing, factor saving) on the supply of renewable resources (ethanol), the internal agricultural prices, the prices for renewable resources, the distribution of an EC-support budget on export subsidies and on price supports for renewable resources. Further effects on producers and consumers rent are determined within the framework of a (discounted) cost-benefit-analysis. The model can be applied to compare different agricultural strategies in a multiperiod manner.

Scenarios for different production and world market conditions are considered: either low or high world market prices. Within an realistic anticipation of production and conversion costs for ethanol it can be shown that competitiveness of energy production from renewable resources remains low. Political options are: support renewable resources, support exports, set-aside and direct income payments with world

market production conditions. The level of consideration is the agricultural sector (cereal market) of the EEC. Technical progress should be mainly factor saving and not yield increasing.

The results indicate that agricultural income can be more effectively maintained with: export subsidies, set-aside programmes and direct income payments than with subsidized production of energy from renewable resources.

#### **Literatur**

Becker, H., W. Kleinhanß und H. Kögl: Auswirkungen der Produktion nachwachsender Rohstoffe auf das Nahrungsmittelangebot sowie Wertung von Politikmaßnahmen zur Förderung der Produktion nachwachsender Rohstoffe. Institut für Betriebswirtschaft der FAL. Arbeitsbericht 4/88, Braunschweig, 1988.

Bradhering, P. und H. Gocht: "Forschungsplanung und Forschungskoordination im Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) - Gegenwartsprobleme und Zukunftsaspekte", Münster-Hiltrup, 1987.

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL). Jahresbericht 1980, Braunschweig, 1981.

Cochrane, W.W.: "Farm Prices - Myth and Reality". Minneapolis, 1958.

Fox, G.: "Models of Resource Allocation in Public Agricultural Research: A Survey". Journal of Agricultural Economics 38 (1987): 449-62.

Großkopf, W., Henze, A. und R. Kloos: "Forschungsförderung nachwachsende Rohstoffe. Bereich Gärungsalkohol. Stand und Perspektiven". Schriftenreihe Forschungsberichte des Dachverbandes der Agrarforschung. Band 1a, Frankfurt/M. u.a., 1988.

Haimböck, H.: "Kosten-Nutzen-Analyse einer Treibstoffalkoholproduktion". Bericht an das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien, 1985.

Henze, A.: "Agrarpolitische Alternativen zur direkten Mengenbegrenzung der Produktion". Berichte über Landwirtschaft 64 (1986): 371-97.

Hertford, R. and A. Schmitz: "Measuring Economic Returns to Agricultural Research". Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research, eds T.M. Arndt, D.G. Dalrymple and V.W. Ruttan, Minneapolis, 1977, 148-67.

Institut für landwirtschaftliche Technologie und Zuckerindustrie: "Production Costs and Energy Balance of Bioethanol". Study prepared for the Commission of the European Communities, Braunschweig 1987.

De Janvry, A.: "Socialstructure and Biased Technical Change in Argentine Agriculture". in: Induced Innovation, eds H.P. Binswanger and V.W. Ruttan, Baltimore and London, 1978.

Just, E., D.L. Hueth and A. Schmitz: "Applied Welfare Economics and Public Policy". Englewood Cliffs, N.J., 1982.

Kögl, H.: "Rohstoffproduktion als flankierende Maßnahme einer Agrarpreispolitik des mittleren Weges - eine Projektion für das Jahr 1995". In: Becker, H., Kleinhanß, W. und H. Kögl: Auswirkungen der Produktion nachwachsender Rohstoffe auf das Nahrungsmittelangebot sowie Wertung von Politikmaßnahmen zur Förderung der Produktion nachwachsender Rohstoffe. Institut für Betriebswirtschaft der FAL, Arbeitsbericht 4/88, Braunschweig, 1988.

Kögl, H.: "Methodische Aspekte bei der Bestimmung der regionalen Herstellkosten von Bioethanol". Agrarwirtschaft 35 (1986): 328-344.

Meinhold, K., T. Bühner, P. Hollmann und H. Kögl: Institutsübergreifender Forschungsschwerpunkt der FAL - Nachwachsende Rohstoffe - Produktion und Technologien ihrer Nutzung für Nichtnahrungsmittel. Vorlage des Senatsausschusses, Vervielf. Manuskript, 28 S., Braunschweig, 1980.

Meinhold, K., H. Kögl und H. Haimböck: "Projektion der Wettbewerbsfähigkeit von Bioethanol". Agra-Europe 18 (1985).

Norton, G.W. and J.S. Davis: "Evaluating Returns to Agricultural Research: A Review". American Journal of Agricultural Economics 63 (1981): 685-99.

Pinstrup-Anderson, P. and D. Franklin: "A Systems Approach to Agricultural Research Resource Allocation in Developing Countries". in: Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research, eds T.M. Arndt, D.G. Dalrymple and V.W. Ruttan, Minneapolis, 1977.

Ramallo de Castro, J.P. and G.E. Schuh: "An Empirical Test of an Economic Model for Establishing Research Priorities: A Brazil Case Study". Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research, eds T.M. Arndt, D.G. Dalrymple and V.W. Ruttan, Minneapolis, 1977.

Scobie, G.M.: "Investment in International Agricultural Research: Some Economic Dimensions". Washington D.C.: World Bank Staff Working Paper 361, 1979.

Uhlmann, F.: "Die Märkte für Getreide und Kartoffeln". Agrarwirtschaft 35, Heft 12, Dezember 1986.

Wise, W.S.: "The Shift of Cost Curves and Agricultural Research Benefits". Journal of Agricultural Economics 35 (1984): 21-30.

Verfasser: Becker, Heinrich, Dr. sc. agr., Institut für Betriebswirtschaft der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), komm. Leiter: Prof. Dr. sc. agr. Eckhart Neander.

## Anhang:

### Struktur des exogenen Teils des Simulationsmodells zur Beurteilung technischer Fortschritte

Das Simulationsmodell hat einen exogenen und einen endogenen Teil. Der exogene Teil beschreibt die erwartete Produktionsentwicklung für zwei Produktionsbereiche, die Entwicklung des inländischen Verbrauchs und der Exporte, die Entwicklung der gesamten Marktordnungsausgaben und die

Entwicklung der fixen Konversionskosten sowie des Ausbeutungskoeffizienten.

- Verbrauchs- und Angebotsentwicklung

Es gilt, daß der gesamte Verbrauch an Weizen  $VW$  sich auf den Inlandsverbrauch  $V_I$ , die Exporte  $V_E$  und die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen  $V_{NR}$  aufteilt.

$$(A1) \quad VW(t) = V_I(t) + V_E(t) + V_{NR}(t) \quad \text{Globale Getreideverbrauchsentwicklung}$$

$$(A2) \quad V_I(t) = V_I(0) \cdot e^{v(I)t} \quad \text{Inlandsverbrauchsentwicklung Weizen}$$

$$(A3) \quad V_E(t) = V_E(0) \cdot e^{v(E)t} \quad \text{Exportentwicklung Weizen}$$

$$(A4) \quad V_{NR}(t) = VW(t) - V_I(t) - V_E(t) \quad \text{Verfügbare Weizenmenge zur NR-Prod.}$$

$$(A5) \quad VB(t) = VB(0) \cdot e^{v(B)t} \quad \text{Globale Verbrauchsentwicklung von Motorenbenzin (VB).}$$

Die  $v_X$  kennzeichnen die jährlichen Änderungsraten des Verbrauchs.

Die Produktionsentwicklung hängt ab von der Entwicklung der Erträge und der Anbauflächen. Bezüglich der Erträge gilt:

$$(A6) \quad E_W(t) = (E_I/E(t) \cdot (A_I(t) + A_E(t)) + E_{NR}(t) \cdot A_{NR}(t)) / A_W(t) \quad \text{Globale Ertragsentwicklung}$$

$$(A7) \quad E_I/E(t) = E_I/E(0) \cdot e^{w(I/E)t} \quad \text{Ertragsentwicklung im Produktionsverfahren "traditioneller Weizen"}$$

$$(A8) \quad E_{NR}(t) = E_{NR}(0) \cdot e^{w(NR)t} \quad \text{Ertragsentwicklung im Produktionsverfahren "nachwachsender Rohstoff"}$$

Die Koeffizienten  $w_{I/E}$  und  $w_{NR}$  sind die Änderungsraten der Ertragsentwicklung bzw. die ertragssteigernden technischen Fortschritte.

Die Anbauflächen ergeben sich wie folgt:

$$(A9) \quad A_W(t) = A_W(0) \cdot e^{a(w)t} \quad \text{Globale Anbauflächenentwicklung für beide Produktionszweige}$$

$$(A10) \quad A_I(t) = V_I(t) / E_I/E(t) \quad \text{Anbauflächenentwicklung für Inlandsverbrauch}$$

$$(A11) \quad A_E(t) = V_E(t) / E_I/E(t) \quad \text{Anbauflächenentwicklung für Exporte}$$

$$(A12) \quad A_{NR}(t) = A_W(t) - A_I(t) - A_E(t) \quad \text{Anbauflächenentwicklung für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe}$$

Das Angebot  $Q$  ergibt sich dann aus den obigen Beziehungen:

(A13)  $Q_W(t) = Q_I(t) + Q_E(t) + Q_{NR}(t)$  Globales Angebot aus beiden Produktionsverfahren

(A14)  $Q_I(t) + Q_E(t) = E_{I/E}(t) \cdot (A_I(t) + A_E(t))$   
Angebot für Exporte und Inlandsverbrauch

(A15)  $Q_{NR}(t) = E_{NR}(t) \cdot A_{NR}(t)$  Angebot an Rohstoffen zur NR-Produktion

Modellintern gilt, daß (A13) gleich (A1) ist, (A14) faßt (A2) und (A3) zusammen und (A15) entspricht (A4). Die Märkte werden ständig geräumt. Lagerhaltung zwischen und über Perioden ist nicht vorgesehen.

Das Angebot an Ethanol ergibt sich dann über (A15) gemäß

(A16)  $Q_E(t) = Q_{NR}(t) \cdot b(t)$  wobei  $b(t)$  der Ausbeutekoeffizient in der Periode  $t$  ist. Für die Periode  $T_0$  wird unterstellt, daß aus einem kg Weizen 0,35 l Ethanol erzeugt werden kann. Der Koeffizient  $b$  kann durch technische Fortschritte erhöht werden

(A17)  $b(t) = b(0) \cdot e^{ft}$  wobei  $f$  die jährliche Erhöhung des Ausbeutekoeffizienten darstellt.

- Maximale jährliche Marktordnungsmittel (Staatsausgaben)

(A18)  $M(t) = M(0) \cdot e^{mt}$

Die Aufteilung der Mittel  $M$  auf Exporterstattungen und Subventionen zur Preisstützung erfolgt modellendogen.  $m$  ist die Änderungsrate der Marktstützungsausgaben pro Jahr.

Zur Berechnung der endogenen Größen des Modells ist es ferner notwendig, Annahmen über Weltmarktpreise zu treffen. Weltmarktpreise, die innerhalb des Modells benötigt werden, sind Getreidepreise, Preise zur Bewertung von Nebenprodukten, die bei der Produktion nachwachsender Rohstoffe anfallen, und Weltmarktpreise für Energie.

(A19)  $PG(t) = PG(0) \cdot e^{w(G)t}$  Weltmarktgetreidepreisentwicklung

(A20)  $PN(t) = PN(0) \cdot e^{w(N)t}$  Weltmarktpreisentwicklung zur Berechnung des Wertes der Nebenprodukte

(A21)  $PE(t) = PE(0) \cdot e^{w(E)t}$  Weltmarktenergiepreisentwicklung

Eine weitere exogene Größe, die innerhalb des Systems den endogenen Teil beeinflußt, sind die fixen Konversionskosten, die anlagenbedingt sind:

(A22)  $K(t) = K(0) \cdot e^{-kt}$   
Der Koeffizient  $k$  gibt an, wie die fixen Konversionskosten im Zeitverlauf abnehmen.

Die Einkommen pro ha (Deckungsbeiträge) im Agrarsektor für die beiden Produktionsverfahren ergeben sich dann wie folgt:

(A23)  $D_{I/E}(t) = P_W(t) \cdot E_{I/E}(t) - VAR_{I/E}(t)$   
Deckungsbeitrag für traditionellen Weizenanbau

(A24)  $D_{NR}(t) = P_W(t) \cdot E_{NR}(t) - VAR_{NR}(t)$   
Deckungsbeitrag aus der NR-Produktion

Aus beiden läßt sich über eine Gewichtung mit den jeweiligen Anbauflächen der durchschnittliche Deckungsbeitrag für die Produktionsverfahren errechnen.

Für die variablen Kosten gilt:

(A25)  $VAR_{I/E}(t) = VAR_{I/E}(0) \cdot e^{k(I)t}$   
Variable Kosten für traditionellen Weizenanbau

(A26)  $VAR_{NR}(t) = VAR_{NR}(0) \cdot e^{k(NR)t}$   
Variable Kosten für den NR-Anbau

Die Koeffizienten  $k_I$  und  $k_{NR}$  beschreiben die Entwicklung der variablen Kosten.