

Diskussionsbeiträge
des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft
der Freien Universität Berlin

Nr. 12/2005

VOLKSWIRTSCHAFTLICHE REIHE

Biotreibstoffe in Brasilien

Manfred Nitsch und Jens Giersdorf



ISBN 3-938369-11-6

BIOTREIBSTOFFE IN BRASILILIEN

Überarbeiteter Vortrag auf der Fachtagung im Rahmen des „Kyoto Lab“ der Heinrich-Böll-Stiftung und des European Climate Forum „Bio im Tank: Chancen - Risiken - Nebenwirkungen“, Berlin, 15. April 2005

1. Einführung

Brasilien verwendet seit über 25 Jahren Ethanol aus Zuckerrohr als Benzinersatz und –beimischung und ist derzeit wiederum ein Vorreiter bei der durch den gestiegenen Ölpreis ausgelösten politischen Diskussion um Biodiesel aus verschiedenen Ölsaaten. Bei den Umweltpolitikern wurden Biotreibstoffe bereits vor dem Anstieg des Ölpreises auf der Johannesburg-Konferenz Rio + 10 im Jahre 2002 und der „Renewables“-Konferenz 2004 in Bonn diskutiert, während Zucker und Ethanol, aber auch Ölsaaten bei den Handels- und Agrarpolitikern erst seit den Verhandlungen zwischen dem Mercosur und der Europäischen Union (EU) und auch den USA oben auf die Agenda rückten. Wie die Reaktionen der Interessengruppen in allen betroffenen Ländern beweisen, handelt es sich um grundlegende Weichenstellungen und riesige Beträge, - und stets spielt Brasilien im Guten wie im Bösen eine ausschlaggebende Rolle in den Auseinandersetzungen.

Abb. 1: Das alte und das neue Brasilien



Quelle: Gazeta Mercantil 29.6.1981

Im Folgenden sollen anhand von einigen Tabellen und Grafiken die Erfahrungen Brasiliens mit Ethanol dargestellt und seine Pläne auch im Hinblick auf Biodiesel erläutert werden. Dabei stehen die Kosten-Nutzen-Analyse und die *political economy* im Vordergrund, die wiederum eingebettet sind in die länderspezifischen kulturellen und sozialen Rahmenbedingungen. Es soll überprüft werden, ob - so wie Abbildung 1 suggeriert - mittels der Produktion von Biotreibstoffen für die Automobilzivilisation die Versöh-

¹ Professor emeritus für Volkswirtschaftslehre / Politische Ökonomie Lateinamerikas am FB Wirtschaftswissenschaft und am Lateinamerika-Institut der Freien Universität Berlin, LAI/FUB, Rüdeshheimer Str. 54-56, 14197 Berlin, Tel. 030-838-53072, -55464(Fax); E-Mail: manfred.nitsch@t-online.de; privat: Tel. 030-8037551; Fax 030-80497410

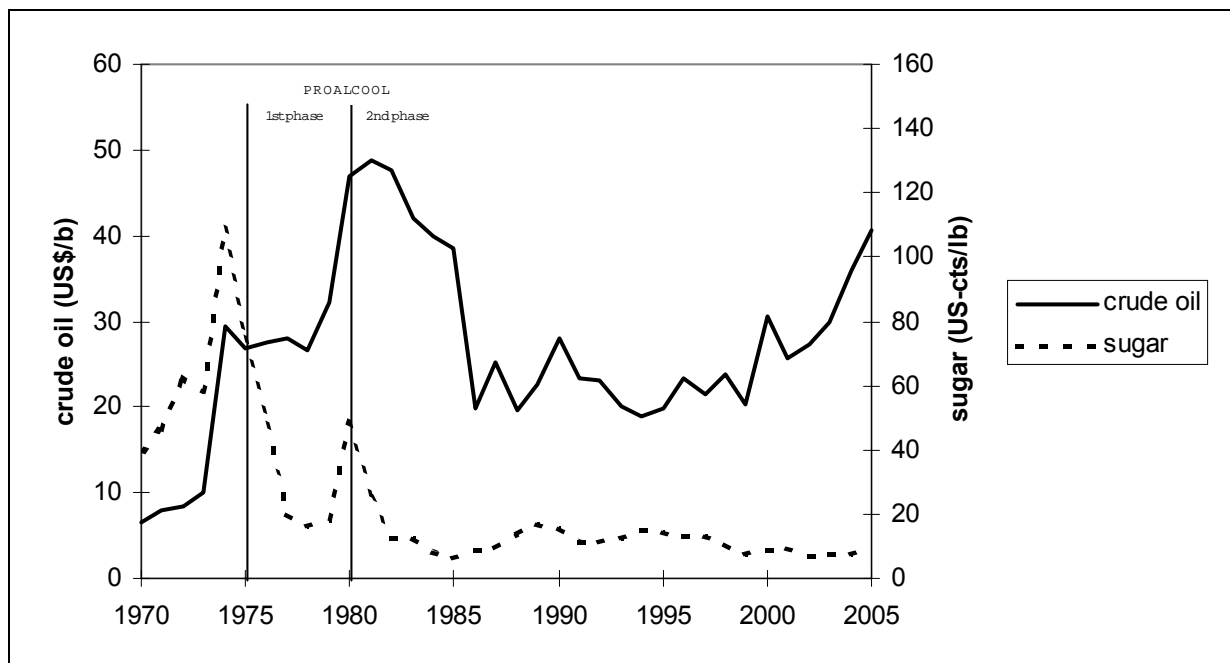
² Diplompolitologin mit Abschluss am Otto-Suhr-Institut / Lateinamerika-Institut der Freien Universität Berlin; E-Mail: jensgiersdorf@hotmail.com

nung des alten agrarischen Brasiliens mit dem bio-technologischen Zeitalter gelingen kann. Stets wird dabei der Bezug zu den globalen und den europäischen Diskursen und Interessen im Auge behalten. Anstelle von konkreten Handlungsempfehlungen werden am Ende verschiedene Szenarien und mögliche Pfade für eine nachhaltige Treibstoffpolitik vorgestellt.

2. Geschichte von PROALCOOL

Kurz nach der ersten Ölkrise startete Brasilien 1975 sein „Programa Nacional do Álcool - PROÁLCOOL“ zur massiven Gewinnung von Ethanol (im Folgenden synonym gebraucht mit Alkohol) als Benzinbeimischung. Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, gab es damals eine einmalig starke Koinzidenz von Ölpreisanstieg und Zuckerpreisverfall auf den Weltmärkten. Schon in der Weltwirtschaftskrise nach 1929 und zu späteren Gelegenheiten hatte Brasilien Treibstoff aus Zuckerrohr hergestellt und genutzt, aber niemals zuvor in diesem Ausmaß. Da die Beimischung von „absolutiertem“ oder „anhydriertem“ Ethanol (ca. 99,7%; port.: „anidro“, engl.: „anhydrous“, span.: „anhidro“) zu Benzin bis zu einem Anteil von ca. 25% auch in dieser Zeit bereits relativ problemlos möglich war und die Abgase dadurch etwas umweltverträglicher wurden, konnte schnell und ohne technologische Änderungen die Ethanolproduktion und -nachfrage steigen und überdies ein kleiner Öko-Bonus verzeichnet werden.

Abb. 2: Weltmarktpreise für Öl und Zucker 1970-2005 (US\$ 2004)



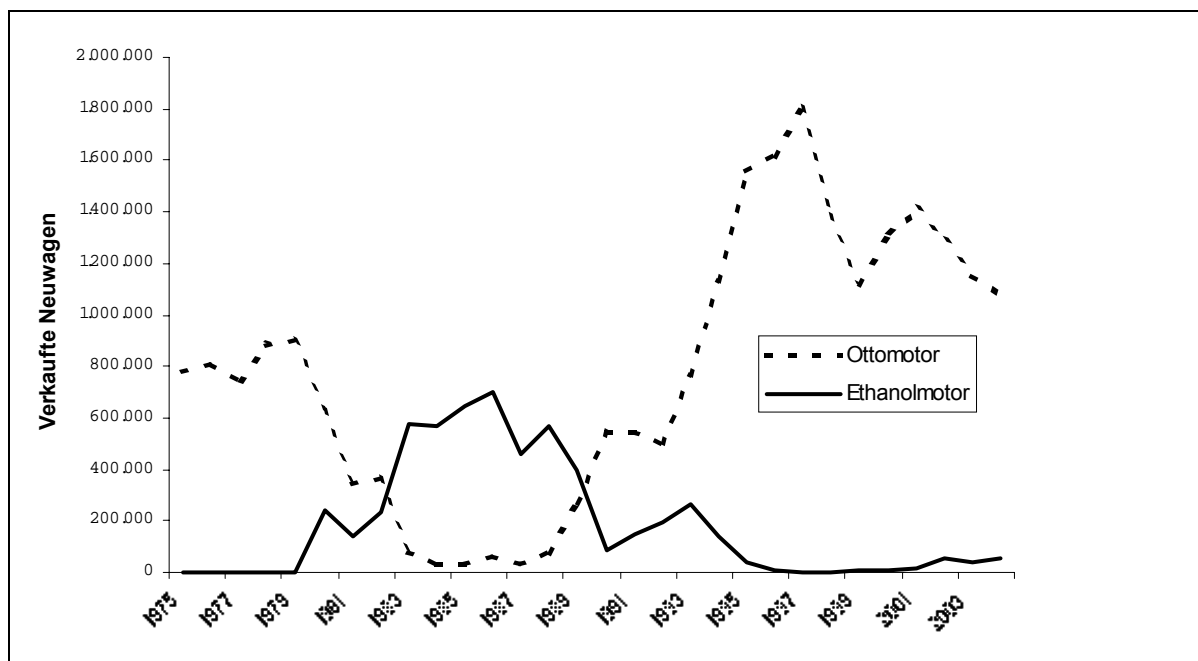
Quelle: International Energy Agency 2005, Fundação Getúlio Vargas 2005: Commodities: eigene Darstellung

1979 kam es zu einer weiteren Koinzidenz: Das Forschungsinstitut der brasilianischen Luftwaffe hatte kurz vor der zweiten Ölkrise einen Nur-Alkohol-Motor entwickelt, der mit „hydriertem“ oder „rektifiziertem“ Ethanol (ca. 93% Alkohol und 7% Wasser; port.: „hidra-

tado“, engl.: „hydrous“, span.: „acuoso“) betrieben werden konnte. Die in Brasilien ansässigen internationalen Automobilfirmen stellten nun solche Motoren her und vereinbarten mit der Regierung die Einführung von Alkohol-Zapfsäulen an den Tankstellen und die Sicherung der Versorgung einer ethanolgetriebenen Kfz-Flotte. Nach dem Iran-Irak-Krieg wurde also der zweiten Ölkrise von 1979 in einer zweiten Phase von PROÁLCOOL dadurch begegnet, dass in großem Stil Alkoholautos hergestellt und genutzt wurden.

In den 1980er, 1990er und zu Beginn der 2000er Jahre kam es zu einem unerwartet deutlichen Rückgang des Ölpreises und einer massiven Erhöhung des Selbstversorgungsgrades Brasiliens mit Erdöl - von ca. 20% (1981) auf 87 % (2002) (Ministério de Minas e Energia 2003). Während dieser Zeit spielte sich die Ethanolproduktion auf einem hohen Niveau von 11 bis 13 Mrd. Liter pro Jahr ein, während der Anteil der Alkohol-Autos zunächst stieg, dann aber nach einer Versorgungskrise 1987/88 drastisch sank (vgl. Abb. 3 und 4) und schließlich in eine neue Phase mündete: Der nächste technologische Durchbruch ist seit 2003 das Flex-Fuel-Auto, das jederzeit mit einer beliebigen Mischung aus Benzin³ und hydriertem Ethanol fahren kann, so dass seither das Preisverhältnis an der Zapfsäule einen noch stärkeren Einfluss hat als zuvor. Das nur mit hydriertem Alkohol fahrende Kfz dürfte daher – wenn nicht massive Subventionen in diese Richtung fließen – wohl keine Zukunft mehr haben.

Abb. 3: Verkaufte Neuwagen 1975-2004 in Brasilien nach Antrieb



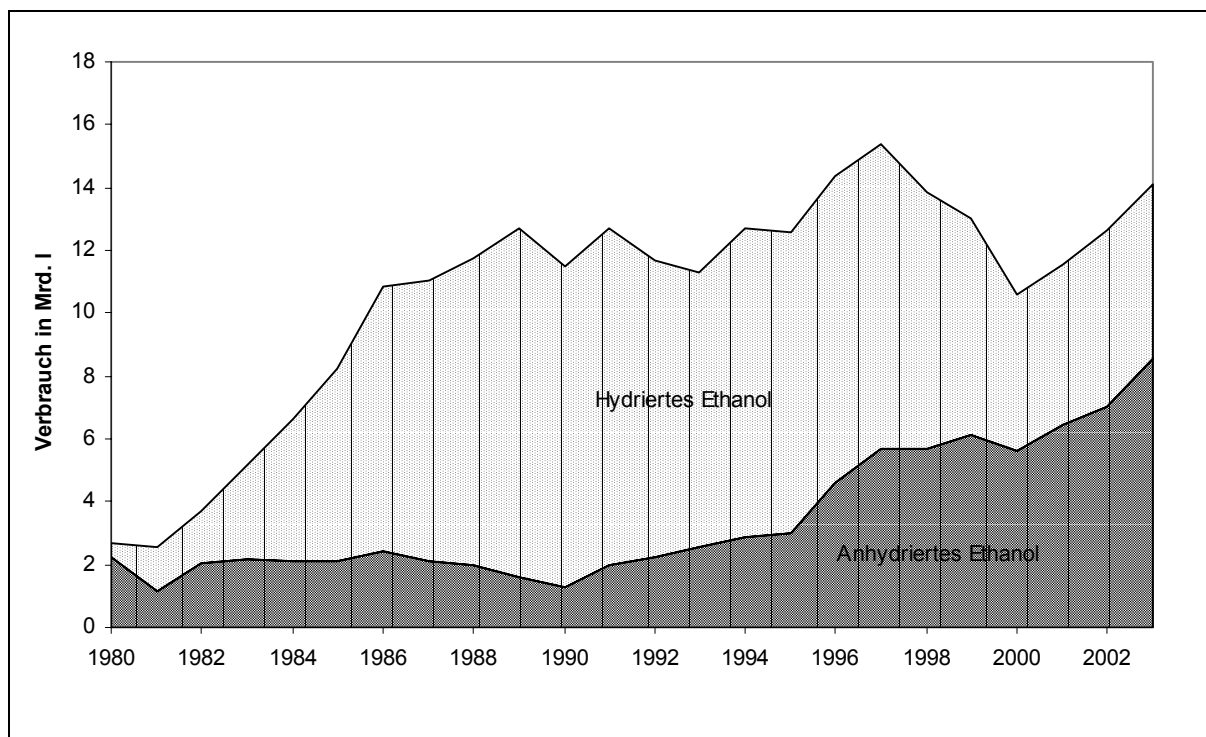
Quelle: ANFAVEA 2005, eigene Darstellung

Global hat sich durch die Verschärfung der Abgasbestimmungen für Ethanol ein neuer Markt gebildet, denn die Beimischung macht eine Verbleiung unnötig und verbessert auch

³ Da dem Benzin an der Zapfsäule bereits 25% anhydriertes Ethanol beigemischt sind, können diese Autos im Prinzip mit jeder Mischung aus Benzin, anhydriertem und hydriertem Ethanol fahren.

sonst die Werte, so dass in den USA, aber auch in Europa und zunehmend in Japan, interessante Absatzmärkte für Ethanol entstanden sind, die von Brasilien auch trotz hoher Zollbelastung 2004 mit jeweils ca. 0,2 – 0,3 Mrd. Liter pro Jahr beliefert wurden. In der EU würden sich noch größere Chancen für Brasilien bieten, wenn die Zölle und Quoten hier nicht noch restriktiver wären als in den USA. Die Mercosur-EU-Verhandlungen beziehen sich unter anderem auch auf diesen Punkt, so dass in Zukunft eine gewisse Bewegung zu erwarten ist. Hier zeigt sich, dass die brasilianische Situation nicht ohne ihre Einbettung in einen größeren Rahmen deutlich gemacht werden kann.

Abb. 4: Ethanolproduktion in Brasilien 1980-2003



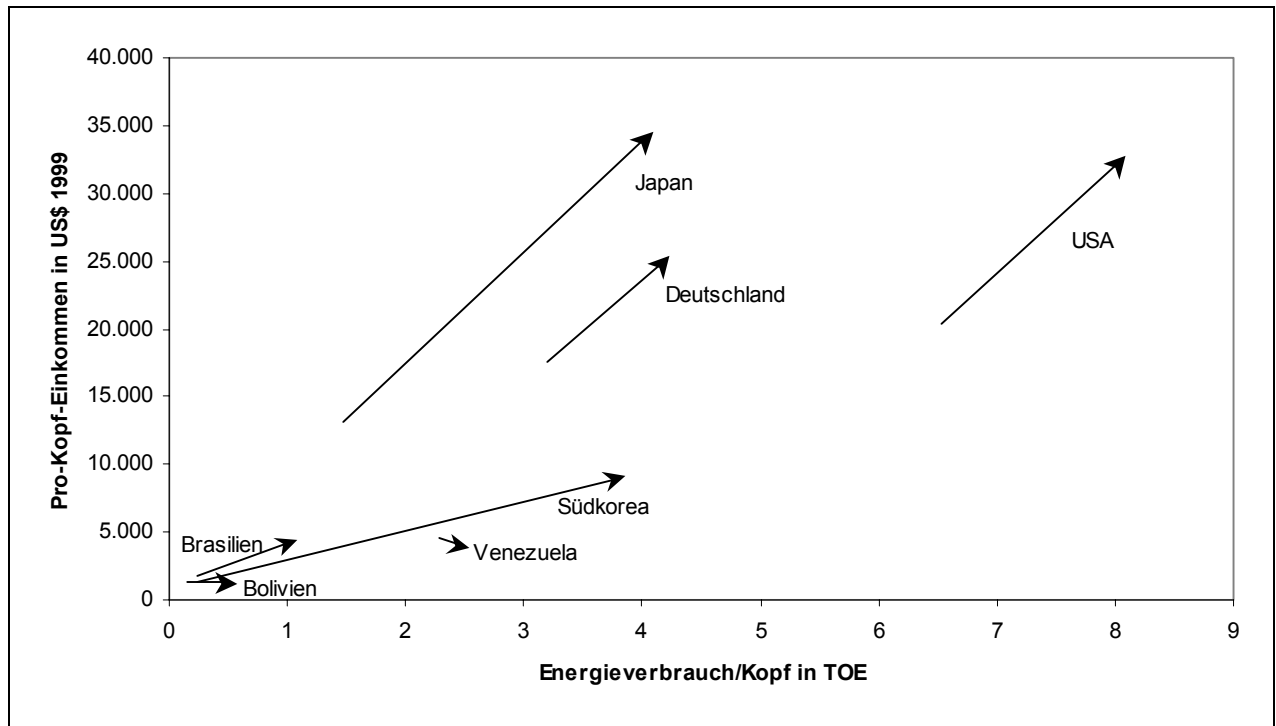
Quelle: Única 2004a, eigene Darstellung

3. Rahmenbedingungen der Bioethanolproduktion

Brasilien ist, was seinen spezifischen Energieverbrauch und sein Bruttoinlandsprodukt pro Kopf betrifft, kein *emerging country*, wie etwa Südkorea, sondern es hat nach dem kurzen „Brasilianischen Wunder“ zu Beginn der 1970er Jahre eher stagniert (vgl. Abbildung 5). Dabei ist sein Automatisierungsgrad mit ca. 115 pro Tausend Einwohner relativ hoch, was auf die ungleiche Einkommensverteilung zurückzuführen ist. So ist der Benzinverbrauch in absoluten Zahlen fast so hoch wie in Deutschland, obwohl die Bevölkerung von Brasilien doppelt so groß ist und das Pro-Kopf-BIP nur ein Fünftel beträgt (World Bank 2001). Da man zum Betreiben eines PKW etwa 1 t Öläquivalent pro Jahr benötigt, zeigt die Abbildung auf den ersten Blick, dass an eine mit Deutschland vergleichbare Automatisierung (ca. 540 pro Tausend Einwohner) ohne einen massiven Ausbau der Energiesektoren – von der Hydro-

energie über die fossilen Energieträger bis zur Biomasse – einschließlich ihrer sehr unterschiedlichen Außenhandelsstrukturen gar nicht zu denken ist. Wie in Deutschland, wird in Brasilien übrigens auch die Kernenergie wieder diskutiert.

Abb. 5: Energie- und Einkommensentwicklung ausgewählter Länder 1965-1999



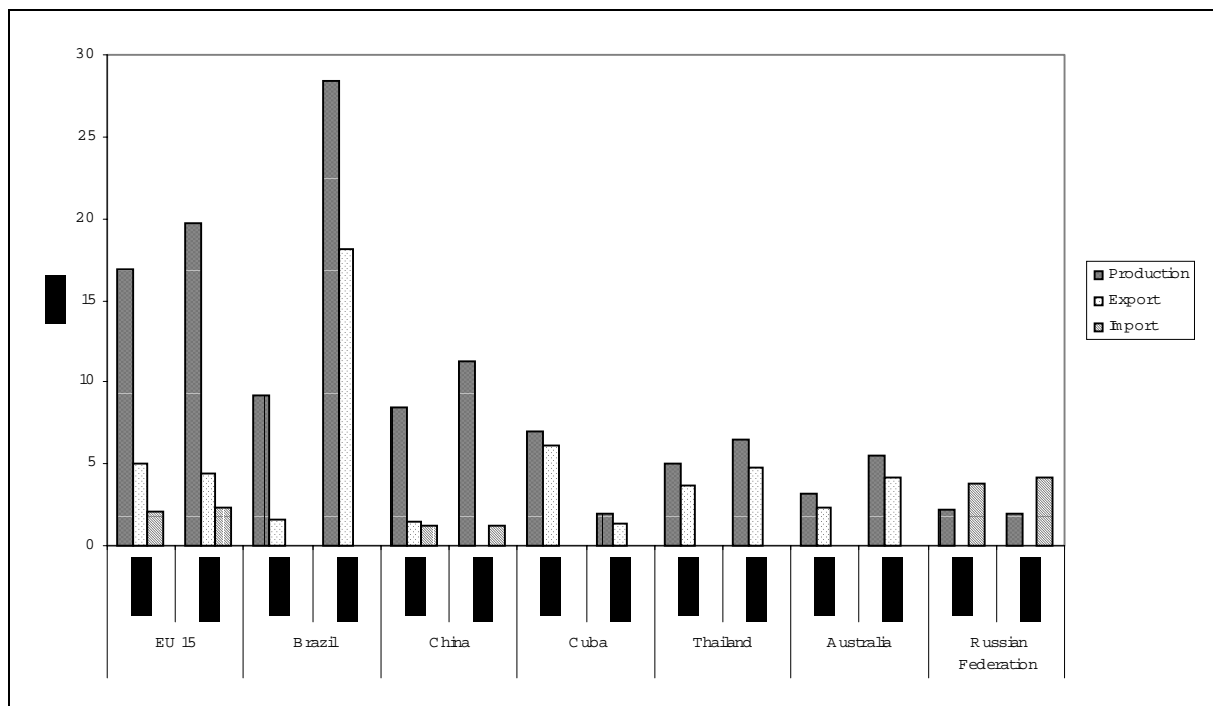
Quelle: World Bank 1986, 2001; eigene Darstellung

Die auf der Hand liegende Alternative zu Ethanol ist stets die Produktion und der Export von Zucker. Auch hier gilt es die Rahmenbedingungen zur Kenntnis zu nehmen. Wie beim Öl, wird auch bei Zucker auf dem Weltmarkt nur ein kleiner Teil der Produktion und der internationalen Handelsströme mit dem Warenbörsenpreis abgerechnet, weswegen diese Notierungen wesentlich volatiler sind als die Preise für die tatsächlich gehandelten Mengen. Die Preise sind überdies als Indikatoren für Energie- bzw. Nahrungsmittelpreise im Allgemeinen nicht unbedingt geeignet. In der ganz langen Frist und mit langfristigen Durchschnitten ist diese Überlegung zwar nicht von der Hand zu weisen, weil stets Substitutionsmöglichkeiten bestehen, aber gerade in Zeiten von hohen Ausschlägen und großer Ungewissheit wie derzeit bei diesen Produkten sollte man sich vor beidem hüten, - der Fortschreibung von Trends wie der Unterstellung von radikalen Umschwüngen.

Beim Zucker spielen die agrarpolitischen Interventionen eine beherrschende Rolle: Die großen Produzenteländer sind auch Exporteure und Importeure (vgl. Abbildung 6). Die EU schützt nicht nur ihren Binnenmarkt, sondern kauft auch von einigen Ländern in Afrika, dem Pazifik und der Karibik (AKP-Ländern), mit denen sie noch aus den Kolonialzeiten verbunden ist, zum Interventionspreis von 632 € pro Tonne den Zucker auf, um ihn dann zum

Weltmarktpreis von ca. 170 €/t (März 2005) zu reexportieren; die Differenz zahlt der europäische Steuerzahler. Diese massive Marktintervention hat zu einem so starken Verfall der Weltmarktpreise geführt, dass traditionelle Zuckerländer wie Kuba ihre Exporte reduziert und fast die ganze Zuckerindustrie stillgelegt haben. Unter den Exporteuren haben lediglich Thailand und Brasilien ihre Marktanteile vergrößert, und bei den Importeuren hat sich Russland von der Wirtschaftskrise beim Zusammenbruch der Sowjetunion erholt und ist wieder ein wichtiger Nachfrager, während China im letzten Jahrzehnt zunächst einmal die eigene Produktion gesteigert hat. Mit Weltmarktpreisen von derzeit ca. 8-9 US-cents/lb kommen selbst in Brasilien viele Zuckerfabriken nicht mehr auf ihre Kosten; beim gegenwärtigen Wechselkurs, der für die Exporteure recht günstig ist, decken die wirtschaftlich gut arbeitenden Produzenten ihre Kosten allerdings schon bei etwa 5,5 cents/lb und die wohl effizientesten Usinas der Welt bei 5,0 cents/lb. Brasilien hat also ein großes Potenzial zu bieten, weswegen sich auch bereits europäische Zuckerkonzerne in dem Land umsehen.

Abb. 6: Weltmarkt für Zucker 1991-2005

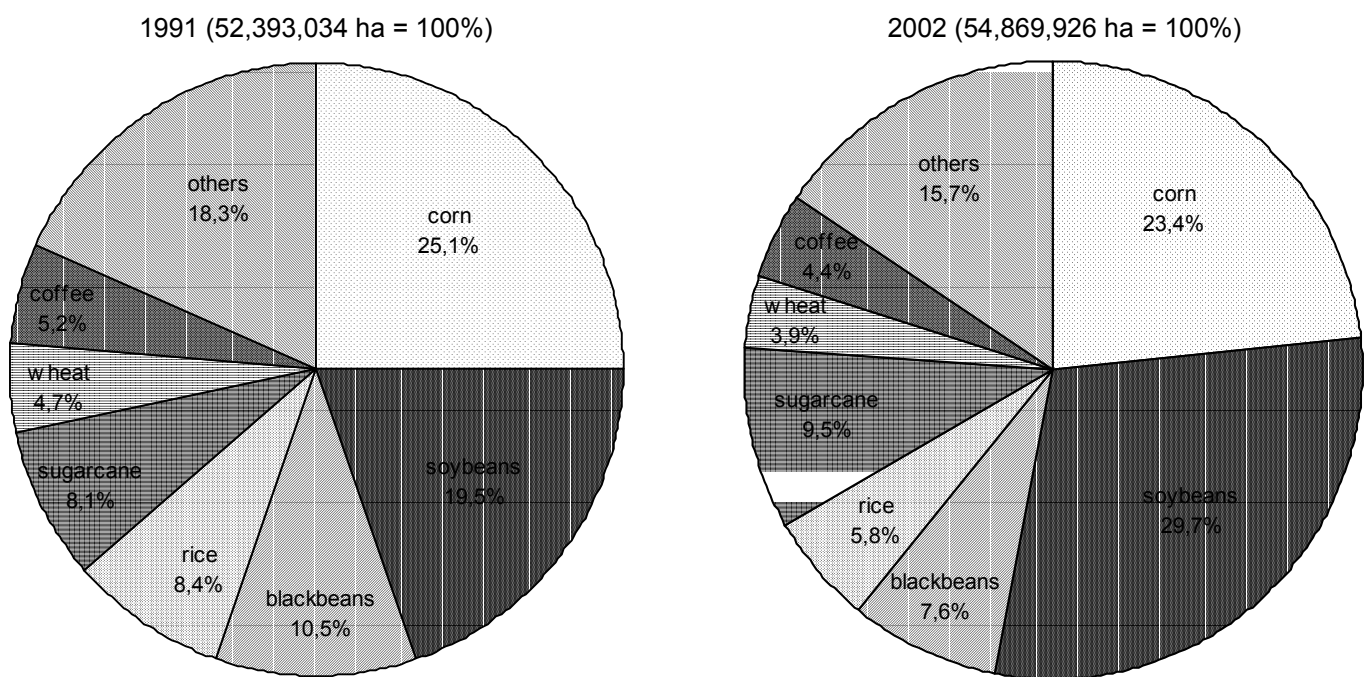


Quelle: United States Department of Agriculture 2004, eigene Darstellung

Ein Blick auf die Veränderungen in der Landnutzung Brasiliens zeigt, dass Zuckerrohr und Soja, das noch zu behandeln sein wird, große Teile der landwirtschaftlichen Nutzfläche und darunter der bewirtschafteten Ackerfläche belegen (vgl. Abb. 7). Etwa die Hälfte des geernteten Zuckerrohrs wird in Brasilien zu Treibstoff verarbeitet und die andere zu Zucker, der wiederum etwa zur Hälfte im Inland konsumiert bzw. exportiert wird. Für die derzeit ca. 25%ige Beimischung von anhydriertem Ethanol zu Benzin und für die mit hydriertem Alkohol betriebene PKW-Flotte werden für ca. 9 Mrd. Liter Alkohol ca. 3,5% der Ackerfläche benötigt; wollte man den derzeit noch als Benzin verbrauchten Treibstoff - ca. 16 Mrd. Liter pro Jahr -

auch noch substituieren, dann würde das insgesamt ca. 9% der Ackerfläche absorbieren (IBGE 2005). Ebenso groß wäre der Flächenbedarf etwa für den Fall, dass Brasilien den Ottokraftstoff für Deutschland (2003 ca. 25,8 Mrd. Liter, MWV 2004) aus Zuckerrohr produzieren sollte, und wenn die EU 15 mit ihrem etwa vier Mal größeren Bedarf (110 Mrd. Liter) versorgt werden müsste oder könnte, dann wären dafür über 40% der Ackerfläche Brasiliens notwendig (Eurostat 2005). - Und dabei sind die Fahrzeuge mit Dieselantrieb noch gar nicht mitgerechnet.

Abb. 7: Brasilien: Landwirtschaftliche Flächennutzung 1991-2002⁴



Quelle: IBGE 2005, eigene Darstellung

Selbstverständlich würde eine solche Ausweitung in erster Linie zu Lasten schlecht ausgenutzter Weiden gehen, aber auch die tropischen Wälder und vor allem die zur Erzeugung von Nahrungsmitteln genutzten Flächen würden unter erheblichen Druck geraten. Das Gedankenexperiment zeigt die Dilemmata der Politik: Selbst unter den klimatisch optimalen Produktionsbedingungen Brasiliens sind die Größenordnungen, die sich bei der Einführung von Biotreibstoff ergeben, immens.

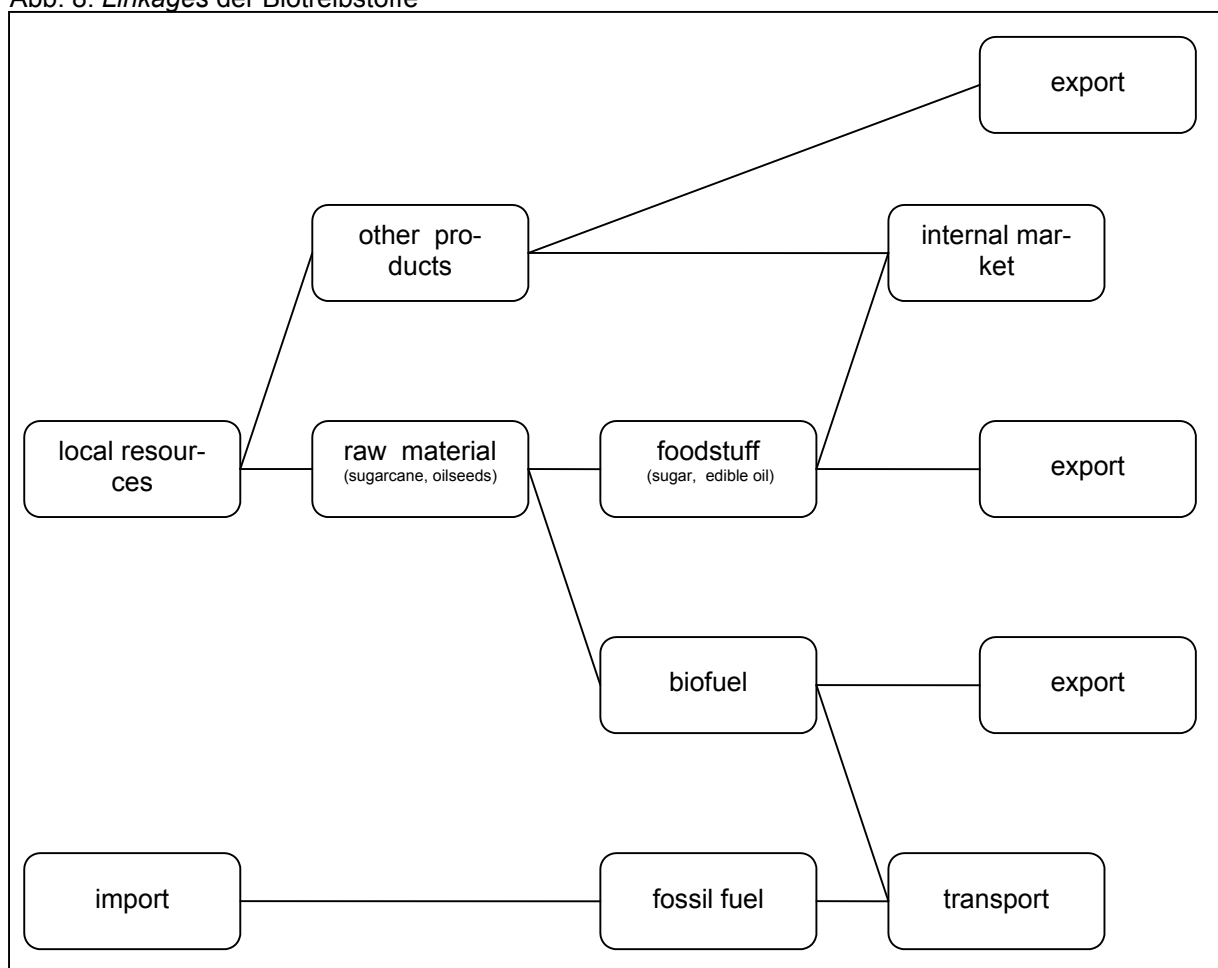
4. Kosten-Nutzen-Analyse der Bioethanolproduktion

Die ökonomische Vorteilhaftigkeit von Biotreibstoff lässt sich anhand der *Linkages* auf der Inputseite und der Outputseite deutlich machen (Abb. 8):

⁴ Jeweils Drei-Jahres-Mittel von 1990-1992 bzw. 2001-2003

Durch Biotreibstoff kann der Import fossiler Treibstoffe für den Verkehrssektor substituiert und die überschüssige Menge gegebenenfalls auf dem Weltmarkt angeboten werden. Für die Produktion von Biotreibstoff werden nachwachsende Rohstoffe wie Zuckerrohr und Ölsaaten benötigt, die alternativ auch für die Produktion von Nahrungsmitteln wie Zucker und Speiseöl verwendet werden. Diese Nahrungsmittel können auf dem Binnenmarkt oder dem Weltmarkt angeboten werden. Anstelle der nachwachsenden Rohstoffe können auf den landwirtschaftlichen Flächen jedoch auch andere landwirtschaftliche Produkte für den Binnenmarkt oder den Weltmarkt angebaut werden. Von Flächen für den Naturschutz und nachhaltige Forstwirtschaft wird in dem Schema abgesehen.

Abb. 8: *Linkages* der Biotreibstoffe



Quelle: Eigene Darstellung

Diese *Linkages* machen deutlich, dass das Verhältnis der Weltmarktpreise der möglichen Endprodukte eines nachwachsenden Rohstoffs bzw. der zu substituierenden Produkte über die ökonomische Vorteilhaftigkeit eines Biotreibstoffs entscheidet. Im Falle des Bioethanols müssen der Zuckerpreis mit dem Rohölpreis – von dem sich der Benzinpreis ableitet – verglichen werden, bzw. die Bruttomargen, die durch den Export des jeweiligen Produktes erzielt werden können (siehe Abb. 9).

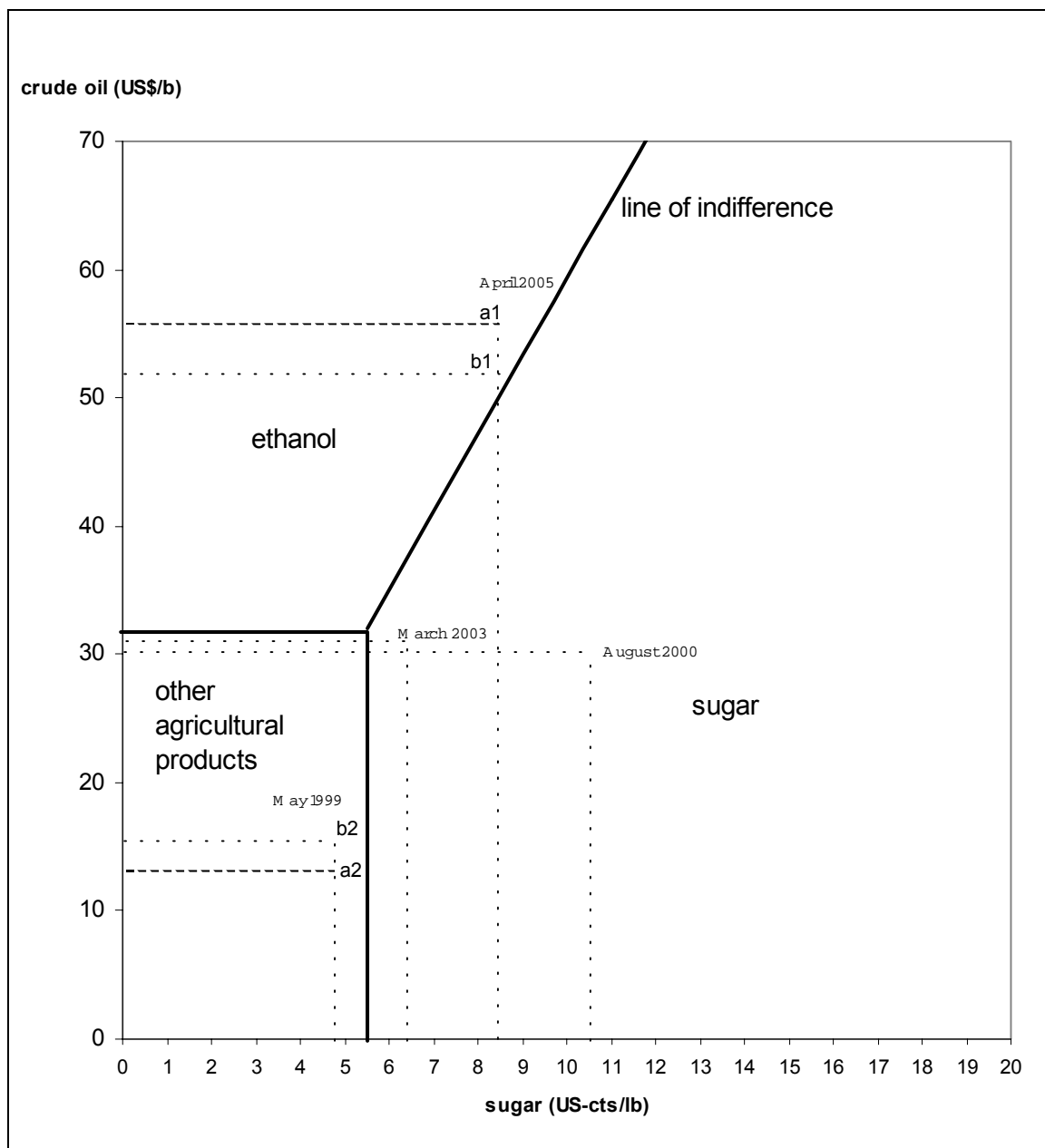
Bei einem Zuckerpreis von 8,5 US-cts/lb und einem Rohölpreis von 52 US\$/b im April 2005 ist unter den derzeitigen Produktionsbedingungen bei den sehr effizienten Anbietern in Brasilien die Ethanolproduktion mit einer Bruttomarge von 10,2 US\$/t Zuckerrohr etwas vorteilhafter als die Zuckerproduktion – bei der im Übrigen auch Ethanol aus der nicht mehr zu Zucker kristallisierbaren Melasse gewonnen werden kann und bei der nur eine Bruttomarge von 9,5 US\$/t Zuckerrohr erzielt wird. Dies bedeutet, dass aufgrund des aktuell hohen Rohölpreises die Produktion von Bioethanol vorteilhafter ist als die Produktion von Zucker; im Mai 2005 hat sich diese Relation, die leicht im Wirtschaftsteil von Tageszeitungen zu verfolgen ist, schon wieder geändert. Da die Mehrheit der brasilianischen Zucker- und Ethanolproduzenten gleichzeitig sowohl Zucker als auch Ethanol produzieren und ihre Produktionsentscheidungen in gewissen Grenzen flexibel verändern können, ist diese Preisrelation nicht ohne praktische Auswirkungen.

Die Beziehung zwischen den Bruttomargen für Zucker und für Ethanol lässt sich in Form einer Indifferenzlinie grafisch darstellen (siehe Abb. 10). Jede zu einem bestimmten Zeitpunkt herrschende Kombination von Zuckerpreis und Rohölpreis lässt sich in dieser Grafik abbilden. Die Indifferenzlinie unterteilt die möglichen Kombinationen in einen Bereich, in dem die Produktion von Zucker und einen anderen, in dem die Produktion von Ethanol ökonomisch vorteilhafter ist. Bei der Koinzidenz eines niedrigen Rohölpreises mit einem niedrigen Zuckerpreis kann es sein, dass sich beide Produkte nicht kostendeckend herstellen lassen, dass also die Produktion anderer landwirtschaftlicher Güter vorteilhafter ist. Dieser Fall trat z.B. im Mai 1999 ein, als der Zuckerpreis zeitweilig unter 5 US-cts/lb fiel. Dieser Dumpingpreis ist wie erwähnt vor allem mit der Überproduktion der EU und der Subventionierung der Zuckerexporte der EU zu erklären. In der Regel spricht das Verhältnis jedoch für die Produktion von Zucker. Im April 2005 ist das erste Mal seit 30 Jahren die Produktion von Ethanol nach diesem Kalkül etwas rentabler gewesen als die Produktion von Zucker. Nimmt man als Indikator für den Benzinpreis nicht den Rohölpreis, der im Durchschnitt der letzten 10 Jahre stets ca. 4,5 US\$/b niedriger war als der Benzinpreis (siehe Abb. 10, b₁), sondern den stark schwankenden Preis des in Rotterdam gehandelten Benzins, so wäre die Ethanolproduktion im April 2005 allerdings deutlicher rentabler als die Zuckerproduktion (siehe Abb. 10, a₁). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass durch die große Nachfrage vor allem der USA nach Benzin der Preis für Ottokraftstoff zurzeit mit ca. 61,5 US\$/b um 9 US\$/b überdurchschnittlich über dem Rohölpreis von ca. 52,5 US\$/b liegt und es ungewiss ist, wie sich Zucker-, Rohöl- und Benzinpreise in Zukunft entwickeln werden. So hat es durchaus auch Phasen gegeben, in denen der Benzinpreis deutlich *unter* dem langjährigen Mittel lag, wie etwa im Mai 1999 (siehe Abb. 10, b₂).

Betrachtet man nur den Weltmarkt, dann wäre die Produktion von Bioethanol selbst im sehr kostengünstig produzierenden Brasilien in der Regel nicht rentabel gewesen. Da Zu-

cker und erst recht Ethanol in großem Maße auf dem Binnenmarkt abgesetzt werden, sind aber weniger der Weltmarkt als vielmehr die nationalen Absatzbedingungen, vor allem die Steuerpolitik entscheidend. Um Ethanol gegenüber Benzin konkurrenzfähig zu machen, wird es in Brasilien von der Mineralölsteuer befreit und mit einem geringeren Mehrwertsteuersatz belastet. Die Einnahmen, auf die der brasilianische Staat durch diese Steuererleichterungen jährlich verzichtet, beliefen sich 2004 auf ca. 1,7 Mrd. US\$ (ANP 2004, ANFAVEA 2004, eigene Berechnungen) und in der Vergangenheit auf teilweise bis zu 2,5 Mrd. US\$ (Folha de São Paulo, 3.9.1989, unter Berufung auf Daten der Weltbank).

Abb. 10: Ökonomische Vorteilhaftigkeit von Zucker, Ethanol und anderen landwirtschaftlichen Produkten



Quelle: FGV 2005, IEA 1995-2005, ÚNICA 2004b, F.O. Licht 2004, Orplana 2004; eigene Darstellung

5. Ökologische Aspekte der Bioethanolproduktion

Subventionen für Biotreibstoffe werden dadurch gerechtfertigt, dass man sich durch die Substitution fossiler Treibstoffe nicht nur eine größere Unabhängigkeit von Rohöllieferungen, sondern auch die Vermeidung negativer Umwelteffekte erhofft. Diese Hoffnung wird jedoch oft nur begrenzt erfüllt, da die Energie- und Klimabilanz vieler Biotreibstoffe nur schwach positiv oder sogar negativ ist, d.h. dass bei Anbau und Umwandlung der nachwachsenden Rohstoffe manchmal mehr Energie benötigt wird als in Form des flüssigen Kraftstoffes dann vorliegt bzw. mehr CO₂ emittiert wird, als vom Rohstoff zuvor gebunden wurde.

In Brasilien produziertes Bioethanol besitzt jedoch eine deutlich positive Energie- und Klimabilanz. 60.000 kcal (250 MJ)/t Zuckerrohr, die beim Anbau des Zuckerrohrs und der Produktion des Ethanol verbraucht werden, stehen der Treibstoff mit einem Energiegehalt von ca. 460.000 kcal (1.925 MJ) /t Zuckerrohr sowie die beim Produktionsprozess anfallende Überschussbagasse (ca. 40.000 kcal (165 MJ) /t Zuckerrohr), die an Kraftwerke verkauft werden kann, gegenüber (Carvalho Macedo et al. 2004). Ähnlich sieht das Verhältnis bei den CO₂-Emissionen aus. So werden durch den Einsatz fossiler Treibstoffe bei Anbau und Produktion, sowie durch die Stickstoffdüngung des Bodens und das Abbrennen der Zuckerrohrfelder vor der Ernte ca. 34,5 kg CO₂-Äqu./t Zuckerrohr freigesetzt, gleichzeitig jedoch durch die Substitution von Benzin entweder 169,4 kg CO₂-Äqu./t Zuckerrohr (hydriertes Ethanol) bzw. 242 kg CO₂-Äqu./t Zuckerrohr (anhydriertes Ethanol) sowie durch die Verwendung der Überschussbagasse 12,5 kg CO₂-Äqu./t Zuckerrohr vermieden. Die Nettoeinsparungen an CO₂-Emissionen betragen so bei der Verwendung von hydriertem Ethanol 147,4 kg CO₂-Äqu./t Zuckerrohr und bei anhydriertem Ethanol 220,5 kg CO₂-Äqu./t Zuckerrohr, so dass der Beimischungsalkohol eine bessere Ökobilanz als der Substitutionsalkohol besitzt.

Weitere positive ökologische Aspekte umfassen die leichte Verbesserung der Emissionsbilanz gegenüber reinen Benzinmotoren. Negativ schlägt dagegen zu Buche, dass das Abbrennen der Felder vor der Ernte große Mengen an Rußpartikeln und anderen Emissionen freisetzt und dass die Biodiversität durch Monokulturen beeinträchtigt wird. Schließlich darf nicht aus dem Blick geraten, dass Ethanol lediglich als Treibstoff für PKWs geeignet ist, so dass die ganze Debatte über Auto-Mobilität auch bei der ökologischen Bilanz von Ethanol mit bedacht werden muss.

6. Biodiesel

Seit Anfang des Jahres 2005 ist in Brasilien das „Nationale Programm zur Erzeugung und Nutzung von Biodiesel“ angelaufen. Innerhalb der nächsten drei Jahre soll ein Beimischungsanteil von 2% Biodiesel am Dieselmotorkraftstoff, im Jahr 2012 von 5% erreicht werden.

Das zur Erzeugung des Biodiesels nötige Öl soll auf der Grundlage mehrerer Ölpflanzen erzeugt werden, zu mindestens 50% jedoch auf Grundlage der trockenresistenten Ölpflanze Rizinus, die überwiegend im semiariden Nordosten Brasiliens angebaut wird. Da Rizinus hauptsächlich von Kleinbauern kultiviert wird, hohe Hektarerträge liefert und der Anbau wenige Investitionen benötigt, könnten durch das Biodieselpogramm ca. 270.000 Arbeitsplätze und zusätzliche Einkommen in strukturschwachen Regionen geschaffen werden (Governo Federal 2003). Diese ländliche Armutsbekämpfung soll durch ein Zertifizierungsverfahren sichergestellt werden. Unternehmen, die Biodiesel auf der Grundlage von Rizinusöl, das sie kleinen Familienbetrieben abkaufen, herstellen, erhalten ein Sozialsiegel, das ihnen Anspruch auf Steuererleichterungen und günstigere Finanzierungsmechanismen verschafft. Im Gegenzug verpflichten sich diese Produzenten, den Kleinbauern vorab vereinbarte Preise für den Rohstoff zu zahlen, unabhängig von der jeweiligen Marktentwicklung.

Bei einem jährlichen Verbrauch von Dieselmotorkraftstoff in Höhe von 37,6 Mrd. l, müssten bei einer Beimischung von 2% ca. 0,752 Mrd. l Biodiesel erzeugt werden. Um den Bedarf an Biodiesel auf der Grundlage von Rizinusöl zu decken, müsste die Anbaufläche von Rizinus von derzeit 135.000 ha in den nächsten drei Jahren auf ca. 582.000 ha steigen (IBGE 2005). Im Jahr 2012 müsste die Anbaufläche gar auf ca. 2,7 Mio. ha angewachsen sein, dies wären immerhin 5% der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzfläche Brasiliens und 28% der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Nordostens. Da der Anbau von Rizinus jedoch im Mischanbau mit Bohnen vorgesehen ist und auch in trockenen baumlosen Wüstengegenden möglich ist, wird die Gefahr von Monokulturen und Abholzungen als gering eingeschätzt. Es erscheint jedoch fraglich, ob dieses exponentielle Wachstum des Rizinusanbaus in den nächsten Jahren zu realisieren ist und ob nicht die Produzenten anderer Ölpflanzen sich die Erlöse aus der Biodieselproduktion aneignen werden.

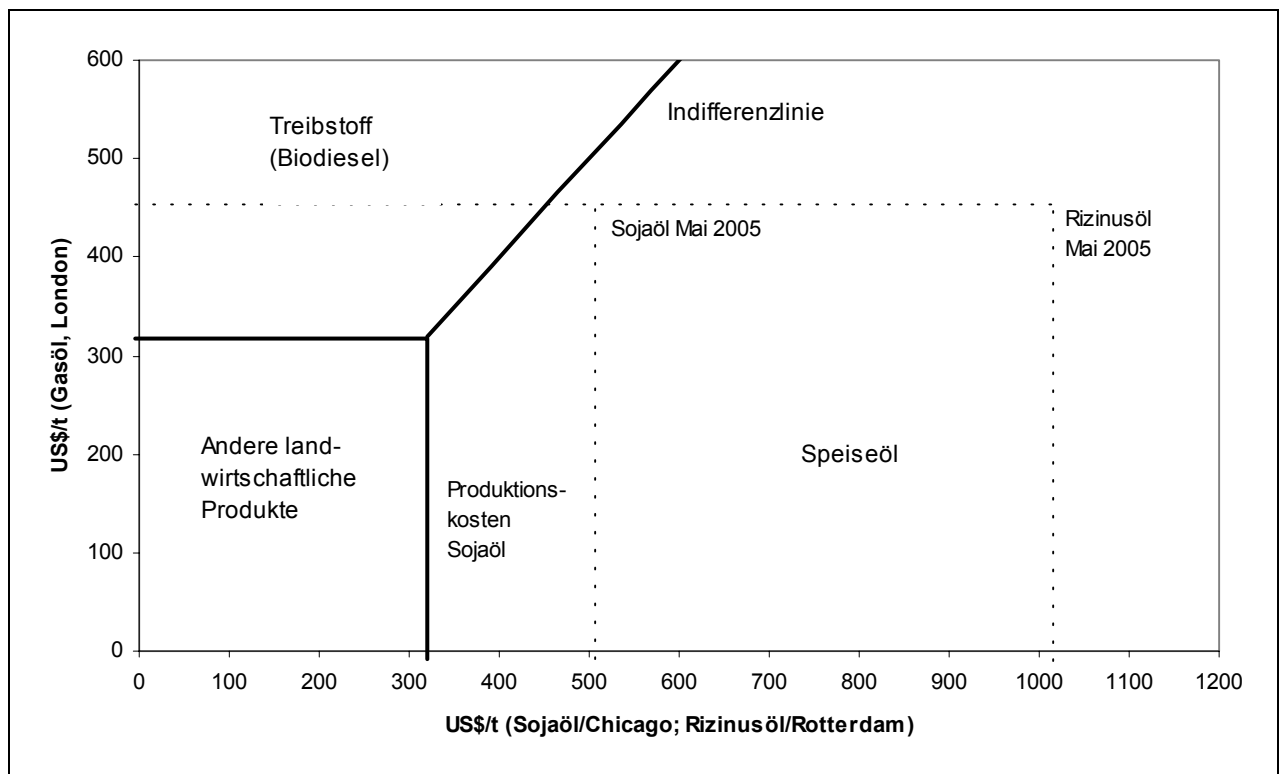
Das Potenzial, in relativ kurzer Zeit große Mengen Pflanzenöl zu produzieren, besitzt am ehesten der Sojaanbau, der aufgrund seines hohen Mechanisierungsgrades jedoch nur geringe Beschäftigungseffekte und aufgrund einer niedrigen Ölproduktivität⁵ einen großen Flächenverbrauch hat. Aufgrund der großen internationalen Nachfrage nach Tierfutter aus Sojakuchen expandiert der Sojaanbau weiter in teils empfindliche Ökosysteme im mittleren Westen und im Norden Brasiliens und okkupiert wie bereits erwähnt 30% der Ackerfläche Brasiliens (vgl. Abb. 7). In einer Studie der brasilianischen Regierung von 2003, auf deren Grundlage das Biodieselpogramm erarbeitet wurde, werden die Produktionskosten für Rizinusöl mit 772 R\$/t (ca. 266 US\$/t) und für Sojaöl mit 938 R\$/t (ca. 323 US\$/t) angegeben. Auf dem Weltmarkt wird Rizinusöl fob brasilianischer Hafen jedoch im Mai 2005 mit 1020 US\$/t doppelt so teuer gehandelt wie Sojaöl, das 0,24 US\$/lb (ca. 513 US\$/t) kostet (Han-

⁵ Der Anteil von Pflanzenölen an der Sojabohne beträgt nur ca. 20%, während dieser Anteil bei Rizinus ca. 50% beträgt.

delsblatt vom 31.5.2005). Wären die Gewinnmargen tatsächlich so hoch, wie die Zahlen der brasilianischen Studie nahe legen, so würden sich die Mengen anders entwickelt haben, so dass die Angaben der Studie kritisch betrachtet werden müssen.

Auch bei der Produktion von Biodiesel aus Pflanzenöl gilt das oben bereits beschriebene *Linkage*-Modell (siehe Abb. 8), d.h. dass die Alternative zur Produktion von Biodiesel stets die Verwendung des Pflanzenöls als Nahrungsmittel ist. Die Beziehung zwischen dem Weltmarktpreis für fossilen Diesel - der durch Biodiesel ersetzt werden soll – und für Speiseöl sowie den Produktionskosten kann wie beim Bioethanol in Form einer Indifferenzlinie dargestellt werden. Da die Kosten für die Veresterung des Pflanzenöls mittels Methanol oder Ethanol auf der einen und für die Qualitätsstandards für Speiseöle auf der anderen Seite ähnlich gering sein dürften, teilt die Indifferenzlinie die möglichen Preiskombinationen, in denen entweder Biodiesel oder Speiseöl ökonomisch vorteilhafter ist, in einem Winkel von 45° (Abb. 11). Die untere Grenze, ab der andere landwirtschaftliche Produkte angebaut werden, wird durch die Produktionskosten markiert, die im Fall der sehr effizienten Anbieter von Sojaöl in Brasilien, wie bereits erwähnt, bei ca. 320 US\$/t liegen dürften.

Abb. 11: Ökonomische Vorteilhaftigkeit der Biodieselproduktion



Quelle: Governo Federal 2003, Handelsblatt vom 31.5.2005, eigene Darstellung

Dem Wirtschaftsteil der Tageszeitungen kann man die aktuellen Notierungen für Gasöl – das als Indikator für den Preis von Dieselkraftstoff gelten kann - sowie für Soja- und Rizinusöl entnehmen. Ende Mai 2005 lag der Preis für Sojaöl mit ca. 500 US\$/t relativ nahe

an der Indifferenzlinie, der Preis für Rizinusöl hingegen ließe im Moment eine Verwendung des Öls als Treibstoff nach diesem Kalkül als sehr unvorteilhaft erscheinen. Wenn die Preise für das bei der Sojakuchenproduktion anfallende Nebenprodukt Sojaöl weiter fallen sollten, wäre bei konstant hohem oder steigendem Dieselpreis damit zu rechnen, dass die Verarbeitung von Sojaöl zu Biodiesel zunehmend als rentable Alternative erscheint. Die Produktion von Biodiesel aus Sojaöl würde die in den letzten Jahrzehnten bereits sehr dynamische Expansion von Soja weiter erhöhen und den Druck auf Nahrungsmittel- und Naturschutzflächen verstärken, ohne dabei nennenswerte Beschäftigungseffekte zu erzielen.

Um einer solchen Entwicklung gegenzusteuern, wird gemäß Dekret Nr. 5.297 vom 6.12.2004 eine differenzierte Besteuerung des Biodiesels vorgenommen (Presidência da República 2004). So wird zwar auf alle Ausgangsprodukte für Biodiesel von den Bundesstaaten keine Mehrwertsteuer erhoben, von den Bundessteuern ist jedoch nur Biodiesel aus Rizinus- und Palmöl, das von Familienbetrieben im Nordosten stammt, ausgenommen. Biodiesel aus Soja- oder Sonnenblumenöl hingegen wird ähnlich wie fossiler Dieselmotorkraftstoff besteuert. Die Steuereinnahmen, auf die der Bund und die Einzelstaaten bei einer 2%-igen Beimischung verzichten, belaufen sich so auf mindestens 155 und höchstens 210 Mio. R\$ jährlich (ca. 53 bis 72 Mio. US\$ bei einem Wechselkurs von 2,9 R\$/US\$, Governo Federal 2003, eigene Berechnungen). Die brasilianische Regierung hofft jedoch, durch die Substitution fossilen Dieselmotorkraftstoffs gleichzeitig jährlich Devisen in Höhe von ca. 200 Mio. R\$ einzusparen und in Zukunft Biodiesel in großen Mengen nach Japan oder in die EU zu exportieren. Deutschland wurde bereits als großer Absatzmarkt erkannt, wenn die Beimischungsziele der EU verwirklicht werden müssen und die Produktion von Rapsdiesel an ihre Grenzen stößt.

Die Steuerverzichte können neben der Einkommen schaffenden Wirkung im Nordosten Brasiliens auch mit deutlich positiven Umwelteffekten legitimiert werden. So können durch den geschlossenen CO₂-Kreislauf klimaschädliche CO₂-Emissionen vermieden werden, deren ökonomischer Wert allerdings schwer zu quantifizieren ist. Durch die Verwendung von Biodiesel als Additiv reduzieren sich jedoch auch die Emissionen an Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoff und Feinstaub, lediglich die Stickstoffoxidemissionen erhöhen sich etwas. Diese Einspareffekte werden auf ca. 30 Mio. R\$ jährlich geschätzt (Governo Federal 2003).

Bei der aktuellen Ausgestaltung des Biodieselprogramms mit der nicht zwingend vorgeschriebenen 2%-igen Beimischung und einer Steuerbefreiung lediglich für Biodiesel aus Rizinus- und Palmöl, scheint die Gefahr eines neuen PROÁLCOOL begrenzt. Es bleibt jedoch abzuwarten, wie die Regierung die ehrgeizigen Steigerungsraten der Biodieselproduktion erreichen will und ob sie sich auf Dauer nicht doch den Interessen der Soja- und der Alkoholindustrie – die sich durch die Veresterung des Pflanzenöls mit Hilfe von Ethanol anstelle von Methanol weitere Absatzmärkte erhofft – wird öffnen müssen, damit „Brasilien ein Sig-

nal aussenden kann, dass Erdöl kein Motiv mehr sein wird für Kriege oder die Invasion von Produzentenländern durch Konsumentenländer“ (Präsident Lula da Silva in einer Rede am 24. März 2005, Presidência da República 2005).

7. Szenarien zur weiteren Entwicklung

Die Ölpreissteigerung der letzten Monate und Jahre hat weltweit zu einer Euphorie bezüglich der Biotreibstoffe geführt, die mit den beiden Ölkrisen der 1970er Jahre durchaus zu vergleichen ist. Welche zukünftigen Entwicklungen sich ergeben werden, lässt sich jedoch nicht wissenschaftlich ermitteln, und noch unbestimmter sind Ratschläge im Hinblick auf empfehlenswertes Handeln. Zum Umgang mit solch offenen, komplexen Zukunftsproblemen hat sich das Instrument des Szenarios als nützlich erwiesen. Dabei werden mögliche zukünftige Entwicklungen in Gestalt von Gesamtbildern entworfen, in denen mehrere Variablen zu Konstellationen gebündelt werden. Sinnvollerweise werden dabei extreme Varianten und mehr oder weniger realistische einander gegenüber gestellt. Im Prinzip geht es aber weder um Wahrscheinlichkeiten noch um Wünschbarkeiten, sondern um Möglichkeiten und um Sensitivitätsanalysen, indem einzelne Parameter variiert und die Auswirkungen modelliert werden. Die Leser können dann ihre eigenen Präferenzen einbringen und sich auf den skizzierten Pfaden - oder auch außerhalb derselben - bewegen.

Im Folgenden werden grob zwei Szenarien für Brasilien vorgestellt - mit steigendem bzw. mit fallendem Preis für Erdöl (A oder B), und zwar jeweils in einer ökonomisch, sozial und ökologisch eher nachhaltigen und einer weniger nachhaltigen Variante (1 und 2).

A - Steigender Ölpreis - nachhaltige Variante (A1) und nicht-nachhaltige Variante (A2)

Wenn der Ölpreis deutlich steigt, gerät weltweit ein ganzes Lebensmodell der Moderne, nämlich die Automobil-Zivilisation, in die Krise. „Alternative“ Energien in all ihren Formen, aber auch Kohle und Kernkraft, werden konkurrenzfähig, und die Politik steht, ebenso wie die ganze Gesellschaft, vor der Frage, wie damit umzugehen ist. Der derzeit noch relativ niedrige Energieverbrauch pro Kopf in Brasilien (vgl. Abb. 5) und die Ausstattung des Landes mit natürlichen Ressourcen legen es nahe, dass Biotreibstoff nicht nur für den internen Gebrauch, sondern auch für den Export, eine prominente Rolle spielen würde. Die unweigerliche Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und zum Naturschutz im weiten Sinne macht die Weichenstellungen der Politik über Steuern, aber auch über Landnutzungs-Beschränkungen und -Auflagen, zu einem höchst konfliktreichen Politikfeld.

Die gegenwärtig in Brasilien laufende Diskussion über Biodiesel kann einen Hinweis darauf geben, welche Varianten als mehr oder weniger „nachhaltig“ im Sinne der internatio-

nalen Sprachregelung seit der Johannesburg-Konferenz, also mit den Dimensionen *wirtschaftlich*, *sozial* und *ökologisch*, angesehen werden können. So ist häufig davon die Rede, dass man die Fehler des PROÁLCOOL-Programms der 1970er und 1980er Jahre vermeiden wolle und müsse. Diesem wird mit Recht vorgeworfen, für den Steuerzahler sehr kostspielig gewesen zu sein, der PKW-fahrenden Mittelklasse vorgegaukelt zu haben, dass man die Auto-Zivilisation der Gegenwart mit dem alten Brasilien des Zuckerrohrs und dem zukünftigen biotechnologischen Sonnen-Zeitalter versöhnen könne (vgl. Abb. 1) und schließlich auch die Nahrungsmittelproduktion verdrängt, ohne über das traditionelle Zuckerrohrschneiden hinaus Arbeitsplätze geschafft zu haben. Selbst der technologische Durchbruch mit dem Nur-Ethanol-Motor hat sich nachträglich als kostspielige Sackgasse erwiesen. Bei steigendem Ölpreis würde sich ein weiteres kritisches Argument allerdings erübrigen, welches darin bestand, dass die hochmoderne Destillationstechnologie nicht für den Export taugte, weil kein anderes Land der Welt in vergleichbarer Weise auf Ethanol als Treibstoff und auf Zuckerrohr als dafür einzusetzenden Rohstoff gesetzt habe. Bereits heute hat Brasilien den Weltmarkt für Ethanol als *Additiv*-Treibstoff erobert, und wenn die USA, die EU und Japan ihre Märkte nicht mehr so stark abschotten, dann ist auch in Zukunft mit einer erheblichen Ausweitung des Exports zu rechnen. Dasselbe gilt für Biodiesel, der ebenfalls als *Additivum* bereits verwendet wird und Brasilien große Absatzchancen bietet.

In der nicht-nachhaltigen, problematischen Variante wären Zuckerrohr und Soja bei der Flächennutzung weiter im Vormarsch, es gäbe weiterhin die undifferenzierte massive Steuerbefreiung oder -privilegierung von Biotreibstoff gegenüber fossilem Treibstoff, und das Mobilitätsmuster bliebe so lange wie möglich erhalten. Die Lula-Rede vom März 2005 (Presidência da República 2005) zeigt allerdings, dass man sich dieser Gefahren durchaus bewusst ist und nachhaltigere Optionen anstrebt: Steuerliche Anreize soll es nur für die bäuerlichen Familienwirtschaften geben und nicht für die Großbetriebe mit Soja. - Allerdings hat Lula diese Rede, in welcher Sojaöl nicht erwähnt wird, ausgerechnet bei der Eröffnung der Sojafabrik SOYMINAS gehalten!

Eine dezidiert nachhaltige Variante würde also die Ausweitung der Zuckerrohr- und Soja-Flächen begrenzen, Zugang zu Exportmärkten schaffen und generell eine sehr hohe, wenn auch differenzierte Besteuerung von PKW-Treibstoff und auch eine hohe, ebenso wohl differenzierte Diesel-Besteuerung ins Auge fassen. Vorteile für die kleinbäuerliche Landwirtschaft würden sich ergeben, wenn Rizinus- und Palmöl tatsächlich in Mischkulturen im kleinen Maßstab rentabel produziert werden können. Dabei gibt zu denken, dass der bislang stets etwa um das Doppelte über dem Soja- und Dieselöl liegende Preis für Rizinusöl bislang *nicht* zu einem Boom bei diesem Produkt geführt hat, von dem in den aktuellen Planungen stets zuerst die Rede ist. Auch das Öl der Dendê-Palme und andere Palmöle haben seit langem international notierte Preise, die deutlich selbst über den bislang höchsten Dieselprei-

sen liegen. Eine signifikante Zunahme der Mengen ist also aller Wahrscheinlichkeit nach nur bei entsprechenden Preiserhöhungen zu erwarten.

Die unausweichliche Flächenkonkurrenz zu Nahrungsmitteln würde also auch bei diesen zu Preiserhöhungen führen sowie dazu, dass Biomasse-Reststoffe aller Art - von der bereits in Brasilien recht effizient genutzten Bagasse bis zu Holzabfällen, Hausmüll etc. -, aber auch schnell wachsende Hölzer, noch viel mehr als bislang zur Treibstoffgewinnung herangezogen würden. Global wird die Kohleverflüssigung mit Sicherheit an erster Stelle bei der „alternativen“ Treibstoffgewinnung zu nennen sein, denn die „Veredelungs“-Kette der Energieträger läuft mit der entsprechenden Preisstruktur im Prinzip vom Festbrennstoff zum Flüssigtreibstoff, von dort zum tierischen Futtermittel und schließlich zum menschlichen Nahrungsmittel, so dass die Rückverwandlung von Nahrungsmitteln wie Zucker-Melasse und Speiseöl in Treibstoffe - aktuell wie strukturell - mit sehr großer Skepsis zu betrachten ist.

Abb. 12: Szenarien für die Zukunft

	Nachhaltige Variante (1)	Nicht-nachhaltige Variante (2)
Steigender Ölpreis (A)	<p>Biotreibstoffe als Additiva</p> <p>Differenzierte hohe bis sehr hohe Kraftstoffbesteuerung</p> <p>Begrenzung der Ausweitung der Soja- und Zuckerrohrflächen</p> <p>Expansion der Rizinus- und Palmölproduktion, Schaffung von Arbeitsplätzen</p> <p>Nutzung von Biomasse-Reststoffen zur Treibstoffgewinnung</p> <p>Zugang zu großen Exportmärkten</p>	<p>Biotreibstoffe als Haupttreibstoffe</p> <p>Massive Steuerbefreiung von Biotreibstoffen</p> <p>Expansion von Soja und Zuckerrohr, Druck auf Nahrungsmittel- und Naturschutzflächen, geringe Beschäftigungseffekte</p>
Fallender Ölpreis (B)	<p>Biotreibstoffe als Additiva</p> <p>Sehr hohe Besteuerung von Treibstoff (auch zur Finanzierung von Sozialleistungen)</p> <p>Vermarktung von Rizinus- und Palmöl als Nahrungsmittel und pharmazeutische/kosmetische Rohstoffe</p> <p>Export in Länder mit Beimischungszwang</p>	<p>Biotreibstoffe als Haupttreibstoffe</p> <p>Massive Steuerbefreiung von Biotreibstoffen</p> <p>Expansion von Soja und Zuckerrohr, Druck auf Nahrungsmittel- und Naturschutzflächen, geringe Beschäftigungseffekte</p>

Quelle: Eigene Darstellung

B - Fallender Ölpreis - nachhaltige Variante (B1) und nicht-nachhaltige Variante (B2)

Wenn der Ölpreis fällt, gelten die Kritikpunkte gegen PROALCOOL und die entsprechenden Warnungen in verstärktem Maße. In der nachhaltigen Variante allerdings würden Forschung und Entwicklung in allen Richtungen fortgesetzt, aber auf eine massive Ausweitung der Produktion von Biotreibstoffen als *Haupttreibstoff* verzichtet. Allerdings würden die Produktion für den Binnenmarkt und der Export von Biotreibstoffen als *Additiva* mit ökologisch positiven Effekten durch internationale Verhandlungen ermöglicht, - wenn auch nicht subventioniert. Wo sich der Weltmarktpreis für Additiva einspielt, wird auch von der Außenpolitik der verschiedenen Staaten und deren protektionistischer oder liberaler Importpolitik abhängen; für Brasilien nachhaltig wären bei den derzeitigen Preisverhältnissen lediglich Ethanol aus hoch produktiven Anlagen. Ein lukrativer Weltmarkt wäre nur dann in Sicht, wenn auf wichtigen, liberalisierten Absatzmärkten ein hoher Beimischungszwang gelten und Zucker wie Nahrungsmittel-Öle im Preis erheblich anziehen würden. Ökonomisch und sozial nachhaltig wäre es, wenn die Atempause bis zum definitiven Ende der Ölzeit durch eine hohe Besteuerung von Treibstoffen, eine umsichtige Förderpolitik bei Erdöl und Erdgas sowie einen Ausbau auch der anderen alternativen Energiequellen genutzt würde.

Im Regierungsprogramm der PT (Partido dos Trabalhadores) ist auch niedergelegt, dass die Sozialleistungen des Staates zunehmend durch die Besteuerung des Verbrauchs natürlicher Ressourcen und nicht mehr durch Abgaben auf Arbeit finanziert werden sollen. Die Förderung der bäuerlichen Familienwirtschaften könnte durchaus Rizinus und Ölpalmen forcieren, - auch und gerade wenn über ihre Vermarktung als Nahrungsmittel und als pharmazeutische und kosmetische Rohstoffe mehr zu verdienen ist als wenn sie mit fossilem Dieselöl konkurrieren müssten.

Als Resümee lässt sich festhalten, dass die hier für Brasilien formulierten vier Optionen in der Matrix (Abb. 12) die globalen und generellen Dilemmata der Biotreibstoffpolitik widerspiegeln, die sich in diesem Land allerdings wegen seiner klimatischen und geografischen Bedingungen und wegen seiner Vorreiterrolle in ganz besonderer Weise ausprägen. Chancen für eine politisch-gesellschaftliche Bewältigung durch nachhaltige Lösungen sind ebenso gegeben wie das Risiko, auf teure und illusorische Lösungen durch den Druck von Interessenten und durch träumerische Visionen hereinzufallen.

Literaturverzeichnis

- AEA Technology Environment (2003):
International resource costs of biodiesel and bioethanol, Oxfordshire.
- ANFAVEA (2005):
Anuário da Indústria Automobilística Brasileiro, São Paulo.
- ANFAVEA (2004):
Anuário da Indústria Automobilística Brasileiro, São Paulo.
- ANP (Agência Nacional do Petróleo) (2004):
Vendas, pelas distribuidoras, dos derivados combustíveis de petróleo por Unidade da Federação e produto – 2000-2004, Brasília.
- Borges, Uta / Freitag, Heiko / Hurtienne, Thomas / Nitsch, Manfred (1984):
PROÁLCOOL. Analyse und Evaluierung des brasilianischen Biotreibstoffprogramms, Saarbrücken - Fort Lauderdale: Breitenbach, (Spektrum Bd. 1); aktualisierte portugiesische Übersetzung: Proálcool. Economia política e avaliação sócio-econômica do programa brasileiro de biocombustíveis, Aracaju: Universidade Federal de Sergipe / Gráfica Diplomata, 1988.
- Carvalho Macedo et al. (2004):
Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil, São Paulo.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2005):
Indicadores de Preços: Soja, Óleo e Farelo, Piracicaba.
- Chicago Board of Trade (2005):
Soybean Oil Futures: April 2005, Chicago.
- Economist, The (2005):
Stirrings in the corn fields, Special report Biofuels, 14. Mai 2005, London.
- Eurostat (2005):
Verkehr: Daten 2004, Brüssel.
- F.O. Licht (2004):
Competitiveness of Brazilian bioethanol in the EU, F.O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report, Vol. 2, 20, London.
- Fundação Getúlio Vargas (2005):
Commodities: Sugar 1970-2005, Rio de Janeiro.
- Giersdorf, Jens (2004):
Ethanol als Biotreibstoff in Brasilien - im Lichte der internationalen Diskussion über Nachhaltigkeit, Diplomarbeit am Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft / Lateinamerika-Institut der Freien Universität Berlin, Berlin (unveröff.).
- Governo Federal (2003):
Grupo de trabalho interministerial – Biodiesel: Relatório final, Anexo III, Brasília.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística:
Produção Agrícola Municipal 1990-2003, Rio de Janeiro 2005
- International Energy Agency (2005):
Monthly oil market reports 1970-2005: Prices, Paris.
- Kaup, Felix L. (2003):

Nachhaltiger Energieträger Biodiesel? Ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Bewertung eines alternativen Treibstoffs, Diplomarbeit am Fachbereich Wirtschaftswissenschaft / Lateinamerika-Institut der Freien Universität Berlin, Berlin (unveröff.).

Melchers, Ingo (2004):

Biodiesel in Brasilien Perspektiven, Akteure, Befürchtungen. Ein vorläufiger Stand der Dinge, Recife - Brasília (auf der Fachtagung verteiltes Manuskript).

Mineralölwirtschaftsverband (2004):

Mineralölzahlen, Hamburg.

Ministério de Minas e Energia (2003):

Balanço Energético Nacional 2003, Brasília.

Nitsch, Manfred (1991):

Treibstoff aus Raps: Ein energie- und landwirtschaftlicher Irrweg, in: Das Solarzeitalter, Nr. 3, 1991, S. 9-10; mit einem Kommentar von Hermann Scheer: Es lebe der kleine Unterschied! <gemeint ist der zwischen Nahrungsmittel- und Energiepflanzen>, ebenda, S. 11.

Ders. (1990):

The Biofuel Programme PROALCOOL within the Brazilian Energy Strategy, Berlin (Berliner Beiträge zur Agrarentwicklung Nr. 4); abgedruckt in: Aragón, Luis E. / Karlsson, Weine / Magnusson, Åke (eds.): Science, Development and Environment in Brazil: Experiences and Options for the Future, Stockholm 1994 (Institute of Latin American Studies, Monograph No. 26), S. 43-63; portugiesische Übersetzung: O programa de biocombustíveis PROÁLCOOL no contexto da estratégia energética brasileira, in: Revista de Economia Política, Vol. 11, No. 2, 1991, S. 123-138.

Ders. (1986):

Lässt sich eine Automobil-Zivilisation auf erneuerbarer Biomasse als Hauptenergiequelle aufbauen? Lehren aus dem brasilianischen Biotreibstoffprogramm PROALCOOL, in: Institut für Auslandsbeziehungen (ed.): Umwelt, Kultur und Entwicklung in der Dritten Welt. 7. Tübinger Gespräch zu Entwicklungsfragen, 30./31.05.86, Stuttgart: Institut für wissenschaftliche Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern, S. 257-284.

Orplana (2004):

Normas de avaliação da qualidade da cana-de-açúcar, São Paulo.

Presidência da República (2005):

Íntegra do discurso do presidente Lula na cerimônia de inauguração da Usina de Biodiesel Soyminas, em Cássia, MG; Pronunciamento realizado no dia 24 de março de 2005, Brasília.

Presidência da República (2004):

Decreto N° 5.297, de 6 de Dezembro de 2004, Brasília.

Schmiedel, Hans-Peter (2004):

Biokraftstoffe – Eigenschaften und Erfahrungen bei der Anwendung. Fortschreibung des DGMK-Forschungsberichts 611, Hamburg.

United States Department of Agriculture (2004):

Foreign Agricultural Service 1997-2004, Washington D.C.

ÚNICA (2004a):

Produção de Álcool Total – Brasil – m³, 1990-2004, São Paulo.

ÚNICA (2004b):

Preços médios de faturamento dos produtores de São Paulo: Álcool anidro, São Paulo.

World Bank (2004):

World Development Report 2005: A Better Investment Climate for Everyone, New York - Oxford: Oxford University Press.

World Bank (2001):

World Development Report 2000/01: Attacking Poverty, New York - Oxford: Oxford University Press.