

# Europäisches Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben

- eine ökologische und ökonomische Analyse (Zusammenfassung Teile 1-3) -

Marten Keil, Ingo Klenk, Markwart Kunz und Marco Veselka, Mannheim/Ochsenfurt

## Zusammenfassung

Die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) im Verkehrssektor der EU steigen und die europäische Gemeinschaft gerät in eine größer werdende Abhängigkeit von Erdölimporten. Dies hat die Europäische Union dazu veranlasst, eine Richtlinie „zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen“ zu verabschieden. Ein tragendes Element dieser Richtlinie ist die verbindliche Vorgabe, den Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor bis zum Jahr 2020 auf 10 % zu erhöhen. Dabei müssen die erneuerbaren Energien bestimmte Anforderungen erfüllen. Sie müssen zum Beispiel eine gewisse Mindesteinsparung von Treibhausgasen im Vergleich zur Nutzung fossiler Kraftstoffe aufweisen. Die Richtlinie schreibt aber nicht vor, mit welchen erneuerbaren Energien diese Vorgabe erreicht werden soll. Neben Biokraftstoffen der 1. oder 2. Generation, die in konventionellen Verbrennungsmotoren eingesetzt werden können, lässt die Richtlinie die Möglichkeit zu, die Vorgabe mit regenerativ erzeugtem Strom und Wasserstoff in alternativen Antriebskonzepten zu erfüllen. Ziel des Gesetzgebers muss es aber sein, dass diejenigen erneuerbaren Energien Verwendung finden, die ein Höchstmaß an Einsparungen von THG-Emissionen zu möglichst geringen gesellschaftlichen Kosten garantieren.

Dies erfordert auch einen effizienten Einsatz der zur Verfügung stehenden Flächen für den Anbau der jeweils erforderlichen Biomasse. Die Biomasse zur Herstellung von Biokraftstoffen der 1. oder 2. Generation kann in Europa auf landwirtschaftlichen Flächen angebaut werden, die für alternative Verwendungen nicht mehr benötigt werden. Im Zuge der Reform der Zuckermarktordnung und der von der EU-Kommission geplanten Entkoppelung der Trockenfutterbeihilfe, welche einen Rückgang des Luzerneanbaus erwarten lässt, wird eine landwirtschaftliche Nutzfläche von rd. 2,4 Mio. ha freigesetzt. Zusätzlich wird das Potenzial an agrarischen Rohstoffen für Biokraftstoffe sowohl in der EU-25 als auch in Deutschland aufgrund eines stagnierenden Nahrungsmittelverbrauchs und weiter steigenden Flächenproduktivitäten zunehmen. Bis zum Jahr 2010 werden demnach in Deutschland mehr als 2,5 Mio. ha und bis zum Jahr 2020 mehr als 5 Mio. ha landwirtschaftliche Fläche aus der bisherigen Nahrungsmittelproduktion freigesetzt. In der EU-25 beläuft sich das Flächenfreisetzungspotenzial auf 32,2 Mio. ha. Aufgabe der vorliegenden Beiträge ist es, alternative Verwendungen dieser Flächen im Bereich der erneuerbaren Energien

sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht zu bewerten.

Weltweit ist Bioethanol aus zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen die Alternative Nr. 1 zu fossilen Kraftstoffen im Verkehrssektor. Während sich Bioethanol in anderen Regionen der Welt wie den USA und Brasilien bereits etabliert hat, befindet sich die Bioethanolindustrie in Europa noch im Aufbau. Ein Grund sind die fehlenden politischen Rahmenbedingungen in Europa, die die Nutzung von Bioethanol fördern. Ausschlaggebend hierfür ist der angeblich geringe Beitrag von Bioethanol zum Klimaschutz sowie die im Vergleich zu anderen Bioenergiepfaden erwarteten relativ hohen gesellschaftlichen Kosten.

Das wesentliche Ziel, das mit der Nutzung von erneuerbaren Energien im Verkehrssektor verfolgt wird, ist die Einsparung von THG-Emissionen. Um den Beitrag verschiedener Bioenergiepfade bewerten zu können, müssen die Emissionen der einzelnen Bioenergiepfade und ihre ökonomischen Auswirkungen vollständig erfasst und adäquat bewertet werden. Im Bereich der Biokraftstoffe kommt dabei der Bewertung aller bei der Biokraftstoffproduktion erzeugten Produkte eine zentrale Bedeutung zu. Bei der Herstellung von Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben werden als Kuppelprodukte hochwertige (Eiweiß-)Futtermittel erzeugt, die andere, speziell dafür angebaute (Eiweiß-)Futtermittel wie Sojabohnen, Futtergetreide oder Luzerne ersetzen. Hiermit verbunden sind Flächenfreisetzungseffekte, die grundsätzlich und völlig unabhängig von der Wahl der substituierten Futtermittel auftreten. Für diese Herstellpfade ergibt sich ein reduzierter Nettoflächenbedarf. Unter bestimmten – jedoch realistischen – Randbedingungen wird global betrachtet sogar mehr Fläche freigesetzt, als zum Anbau der Biomasse für die Biokraftstoffproduktion erforderlich ist. Bisherige Studien zur THG-Minderung von Biokraftstoffen berücksichtigen zwar zumeist die THG-Effekte, die sich aus Änderungen in der Flächennutzung ergeben. Die errechneten THG-Minderungen wurden jedoch – fälschlicherweise – nicht auf die hierzu tatsächlich erforderliche Fläche bezogen. Letzteres ist aber zwingend erforderlich, um alle Effekte, die sich aus der Biokraftstoffproduktion inklusive der anfallenden Kuppelprodukte ergeben, korrekt zu bewerten und damit eine effiziente wie auch Ressourcen schonende Reduktion der THG-Emissionen im Verkehrssektor zu gewährleisten.

Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich in Bezug auf die THG-Einsparung im Bereich der Biokraftstoffe systemimmanente Vorteile für Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben u.a. auch gege-

nüber Biokraftstoffen der 2. Generation wie z. B. Biomass-to-Liquid (BtL) auf Basis von Holz aus Kurzumtriebsplantagen. Die Anwendung der Heizwert-Allokation bei der THG-Bilanzierung von Biokraftstoffen – wie in der „Erneuerbare-Energien-Richtlinie vorgesehen – führt für Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben hingegen zu einer deutlichen Unterschätzung der tatsächlichen THG-Minderung, da die Flächenfreisetzungseffekte, die sich aus der Futtermittelsubstitution ergeben und sich signifikant positiv auf die THG-Bilanz auswirken, unberücksichtigt bleiben. So beläuft sich die THG-Einsparung beispielsweise bei der Produktion von Bioethanol aus Zuckerrüben tatsächlich auf ungefähr 33 t CO<sub>2äq</sub>/ha/a. Werden hingegen die durch die Futtermittelsubstitution freigesetzten Flächen vernachlässigt, wird lediglich eine Einsparung von THG-Emissionen von 7,8 t CO<sub>2äq</sub>/ha/a ermittelt.

Durch die Vermeidung von THG-Emissionen spart die Gesellschaft Kosten, die sich aus dem voranschreitenden Klimawandel ergeben würden. Bei einer relativ moderaten Bewertung von 70 € je t CO<sub>2äq</sub> beläuft sich die Kosteneinsparung bei der Produktion von Bioethanol aus Weizen und Zuckerrüben zwischen rd. 1.000 und 2.300 €/ha/a. Bei BtL aus Triticale bzw. Pappeln ergeben sich hingegen nur Einsparungen in Höhe von 329 bzw. 567 €/ha/a. Diese Einsparungen übersteigen bei Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben die gesellschaftlichen Mehrkosten, die sich vor allem aus den höheren Bereitstellungskosten im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen ergeben. Da auch die Mehrkosten für die Nutzung von Bioethanol weniger als 60 % der Mehrkosten bei der Produktion von BtL aus Pappeln betragen, ist Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben eine effiziente Lösung, um Treibhausgase im Verkehrssektor einzusparen.

Zusätzlich tragen Biokraftstoffe grundsätzlich zu einer verbesserten Versorgungssicherheit bei, wenn diese Kraftstoffe und die hierfür benötigten Rohstoffe im Inland produziert werden und Importe ersetzen. Die Verwendung von Bioethanol in Form von „low-blends“ (z.B. Mischungen von Ottokraftstoff und Bioethanol im Verhältnis 90:10 = E10) führt des Weiteren zu einer höheren Motoreffizienz, wodurch der geringere Heizwert von Bioethanol gegenüber Ottokraftstoff in erheblichem Maße ausgeglichen wird. Mit Bioethanol kann deshalb die Versorgungssicherheit weiter verbessert werden, da sich die Reichweite des vorhandenen fossilen Kraftstoffpools erhöht bzw. ein bestimmter Grad an Mobilität mit einer geringeren fossilen Kraftstoffmenge gesichert wird. Im Gegensatz zu einer heizwertorientierten Betrachtungsweise steigt hierdurch die eingesparte Menge an fossilem Benzin um 28 %. Ähnliche positive Effekte sind bei Biokraftstoffen der 2. Generation, deren Eigenschaften, wie im Falle von BtL, den Eigenschaften fossiler Kraftstoffe angepasst werden, derzeit nicht bekannt.

Aber auch gegenüber alternativen Antriebskonzepten wie Elektro- oder Wasserstoffautos weist Bioethanol Vorteile auf. Elektro- und Wasserstoffautos emittieren während des Betriebs zwar keine Treibhausgase, haben aber aufgrund der ineffizienten Elektroenergie- bzw. der energieaufwändigen Wasserstoffherzeugung wesentlich schlechtere Energiebilanzen als Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben. Im Vergleich zu Benzin kann mit diesen Antriebskonzepten im Lebenszyklus – wenn überhaupt – nur eine geringe Primärenergieeinsparung von maximal rd. 10 % erreicht werden. Im Gegensatz hierzu ergibt sich bei in der EU hergestelltem Bioethanol eine Primärenergieeinsparung von ca. 65-70 % bei der Verwendung als E10-Kraftstoff. Alternative Antriebskonzepte wie Elektro- oder Wasserstoffautos leisten nur dann einen nennenswerten Beitrag zum Klimaschutz zu evtl. noch vertretbaren Kosten, wenn die Energiebereitstellung über Atomenergie oder aus erneuerbaren Quellen wie z. B. Wind erfolgt. Dabei ist allerdings nicht berücksichtigt, dass Speicherprobleme technisch noch nicht gelöst sind und damit ein Fahrzeugbetrieb auf längere Strecken noch nicht möglich ist. Daher verbleibt als wesentlicher Vorteil, dass mit alternativen Antriebskonzepten die Energieversorgung diversifiziert und damit die Versorgungssicherheit im Verkehrssektor erhöht werden kann. Die Elektroenergiebereitstellung über Photovoltaik (sehr hohe THG-Vermeidungskosten) bzw. Anbaubiomasse (ineffiziente Nutzung limitiert verfügbarer Fläche) sollte jedoch vermieden werden.

Die positiven Wirkungen, die mit der Nutzung von Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben erzielt werden können, führen nicht zu einer Beeinträchtigung der Nahrungsmittelproduktion. Die landwirtschaftlichen Erzeuger können weiterhin mit Blick auf die Nutzung ihrer Flächen flexibel auf Änderungen der Nachfrage nach agrarischen Rohstoffen für andere Sektoren (insbesondere der Lebensmittelherstellung) reagieren. Im Gegensatz hierzu sind Flächen auf denen Kurzumtriebsplantagen (z.B. Pappeln) zur Gewinnung von Holz für die Produktion von Biokraftstoffen der 2. Generation angelegt werden, langfristig gebunden, alternativen Verwendungsmöglichkeiten entzogen und folglich mit einer Einschränkung der Reaktionsfähigkeit der Landwirtschaft auf Bedarfsänderungen der Nachfrage nach agrarischen Rohstoffen verbunden. Ohne Einschränkung der Lebens- und Futtermittelproduktion können mit Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben mehr als 7 % des EU-Benzinbedarfs im Jahre 2020 mit den bereits heute in der EU genutzten Ackerflächen innerhalb und durch Optimierung bestehender Fruchtfolgen ersetzt werden. Durch die Verarbeitung der bislang exportierten Getreidemengen zu Bioethanol könnten theoretisch sogar mehr als 55 % des EU-Benzinbedarfs im Jahre 2020 ersetzt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass unter Berücksichtigung aller mit der Nutzung erneuerbarer Energien einhergehenden ökonomi-

schen und ökologischen Wirkungen Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben deutliche Vorteile gegenüber anderen erneuerbaren Energien im Verkehrssektor aufweist. Im Vergleich zu Biokraftstoffen der 2. Generation (z.B. BtL) und zu alternativen Antriebskonzepten (z.B. Elektrizität oder Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen) ist Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben eines der effizientesten Instrumente, um THG-Emissionen im Verkehrssektor zu vermeiden und die Energieversorgung zu sichern. Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben ist nicht nur eine kostengünstige Lösung, sondern garantiert auch einen effizienten Einsatz der vorhandenen landwirtschaftlichen Flächen, da neben Biokraftstoffen auch Futtermittel erzeugt werden. Eine Bevorzugung von Biokraftstoffen der 2. Generation (z. B. BtL) und alternativer Antriebstechnologien (z. B. Elektrizität und Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen), wie in der europäischen Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen vorgesehen, ist daher nicht gerechtfertigt. Dies gilt vor allem dann, wenn die erforderliche Biomasse auf landwirtschaftlichen Nutzflächen angebaut werden muss. Aufgrund der erzielbaren positiven Wirkungen sollte Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben eine herausragende Stellung im zukünftigen Kraftstoffmix der EU einnehmen. Mit Blick auf die Schaffung der hierfür notwendigen gesetzlichen Voraussetzungen besteht allerdings noch Handlungsbedarf.

## Literatur

- [1] *Klenk, I. und M. Kunz: Europäisches Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben – eine ökologische und ökonomische Analyse. In: Zuckerindustrie 10/2008.*
- [2] *Klenk, I. und M. Kunz: Europäisches Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben – eine ökologische und ökonomische Analyse (2. Teil). In: Zuckerindustrie 11/2008.*
- [3] *Keil, M., M. Kunz und M. Veselka.: Europäisches Bioethanol aus Getreide und Zuckerrüben – eine ökologische und ökonomische Analyse (3. Teil). In: Zuckerindustrie 2/2009.*