



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrssektor bis 2030

Kurzstudie zu den Potenzialen an Kraftstoffen auf Basis von
Anbaubiomasse sowie biogenen Abfällen und Reststoffen



Horst Fehrenbach

Heidelberg, Juni 2019



Erstellt im Rahmen des Projektes „Klimafreundlicher Verkehr:
Umsetzungsstrategien zur Treibhausminderung des Verkehrs bis
2030 und 2050 im Kontext der Elektrifizierung“, KSVE20302050

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und
nukleare Sicherheit, BMU

IMPRESSUM

Authors: Horst Fehrenbach

Herausgeber: ifeu – Institut für Energie-
und Umweltforschung
Heidelberg GmbH
Wilckensstr. 3,
D-69120 Heidelberg

Veröffentlicht: 2019

22 Seiten

Inhalt

1 Anlass	1
2 Ausgangslage	2
2.1 Rechtliche politische Ausgangslage auf EU-Ebene	2
2.2 Umsetzung – national, EU, global	3
3 Was ist heute im Tank?	5
3.1 Herkunft und Typologie der Biokraftstoffe in Deutschland	5
3.2 Wieviel Ackerfläche steckt im Tank?	7
3.3 THG-Einsparung durch Biokraftstoffe	8
4 Potenziallimits für Agrokraftstoffe	10
5 Welche Potenziallimits bestehen bei den Abfall- und Reststoffen?	12
5.1 Fortschrittliche Biokraftstoffe	12
5.2 Biokraftstoffe aus biogenen Altfetten/Altölen	14
6 Resümee	15
7 Quellen	17

1 Anlass

Mit den Beschlüssen des Klimagipfels von Paris im Dezember 2015 hat eine *Zeitenwende für den Klimaschutz* begonnen.¹ Doch die Herausforderungen zur Umsetzung dieser Ziele sind groß, insbesondere im Verkehrsbereich. Die aktuellen Treibhausgasemissionen liegen über dem Ausgangsniveau von 1990. Um die Ziele des Klimaschutzplans 2050 und ebenso um die Ziele der Lastenteilungsverordnung zu erreichen, müssen die Emissionen des Verkehrs auf etwa 95 Mio. t sinken. Technische Verbesserungen v.a. bezüglich der Effizienz von Motoren wurden und werden durch den Zuwachs immer von mehr Straßengüterverkehr und dem ungebrochenen Trend zu mehr PS und schwereren Fahrzeugen egalisiert.

In den vergangenen 20 Jahren wurden die Biokraftstoffe lange als Schlüssellösung zum Klimaschutz im Verkehr gesehen. Diese Rolle wurde zuletzt durch die EU-Gesetzgebung nach umfassender Prüfung von Vorteilen aber vor allem den deutlich gewordenen Nachteilen auch bei der gesamten THG-Bilanz deutlich relativiert (wie im nachfolgenden Kapitel kurz umrissen werden soll). Zuletzt wurden die kritischen Einschätzungen durch den Rat der EU-Mitgliedstaaten und das Europäische Parlament mit der Verabschiedung der Erneuerbare Energien Richtlinie II (RED II) bestätigt.

In der aktuellen Diskussion zu Klimaschutzzielen und Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele für den Verkehrssektor werden ungeachtet dieser Entwicklungen die Biokraftstoffe angesichts der Schwierigkeit zur Umsetzung alternativer Lösungen von verschiedenen Seiten als nach wie vor zentraler Lösungsansatz ins Spiel gebracht.

Diese Kurzstudie soll die Möglichkeiten und Potenziale sowie die Einschränkungen von Biokraftstoffen beleuchten und kompakt zusammenfassen. Sie gliedert sich in die folgenden Abschnitte:

1. Ausgangslage
2. Was ist heute im Tank?
Mengen, Arten, Herkunft sowie wieviel Ackerfläche wird damit belegt?
3. Welche Potenziallimits bestehen für Agrokraftstoffe?
4. Welche Potenziallimits bestehen bei den Abfall- und Reststoffen?
5. Was ist insgesamt daraus zu schließen?

2 Ausgangslage

2.1 Rechtliche politische Ausgangslage auf EU-Ebene

Wie eingangs erwähnt sind Biokraftstoffe ein seit über 20 Jahren etablierter Baustein für erneuerbare Energie im Verkehrssektor in Deutschland. Seit 2009 bilden sie mit der Umsetzung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED)² und der Kraftstoff-Qualitäts-Richtlinie (FQD)³ einen zentralen Bestandteil der verkehrsbezogenen Klimaschutzpolitik der EU. Diesen Richtlinien zu Folge muss jeder Mitgliedstaat einen Anteil an erneuerbarer Energie im Verkehrssektor bis 2020 von 10 % erreichen. Die FQD erfordert gleichzeitig eine Reduktion der Emission an Treibhausgasen (THG) durch die eingesetzten Kraftstoffe bzw. Energieträger bis Ende 2020 um 6 % gegenüber einem Basiswert. Beide Anforderungen setzen eine deutliche Steigerung der Biokraftstoffproduktion voraus, da andere erneuerbare Quellen schlicht bis dahin nicht im nennenswerten Umfang zur Verfügung stehen.

Biokraftstoffe: Schlüssel zum Klimaschutz im Verkehr?

Genau gesagt, standen Biokraftstoffe auf Basis von agrarischen Rohstoffen (im weiteren der begrifflichen Klarheit halber Agrokraftstoffe genannt) bei der Formulierung von RED und FQD zur Verfügung. Die möglichen negativen Umweltauswirkungen von Energie aus agrarischer Produktion waren damals bereits Thema, weswegen die RED wie auch die FQD verbindliche Nachhaltigkeitskriterien zur Bedingung für die Anrechnungsfähigkeit gesetzt hat.

Nachhaltigkeitskriterien als Bedingung

Ein zentrales Thema war dabei die Tatsache einer global nur begrenzt verfügbaren Anbaufläche. Die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion („Tank-Teller-Konflikt“) oder das Ausweichen auf tropische Primärwaldrodung zur Schaffung der zusätzlich erforderlichen Anbaufläche bewegte über Jahre den Diskurs zwischen den politischen Entscheidern, Wissenschaftlern und Stakeholdern. Die Erkenntnis, dass es zweitrangig ist, ob die Anbaubiomasse für einen Agrokraftstoff direkt zur Rodung neuer Flächen führt oder indirekt über die Kettenwirkung des globalen Markts, führte zur Entwicklung eines völlig neuen Begriffs: die indirekte Landnutzungsänderung (engl. kurz iLUC^a). Dieser Begriff fand auch in die RED Eingang und die erste Novellierung der RED in 2015 bestand folgerichtig in der iLUC-Richtlinie⁴. Diese deckelt den anrechenbaren Anteil der auf Basis von Lebens- oder Futtermitteln erzeugten Biokraftstoffe (d.h. Agrokraftstoffe) auf 7 %.

Die Problematik der indirekten Landnutzungsänderung

Die Neufassung der RED – die RED II⁵ – setzt ab 2021 diesen Grundsatz fort. Der „Deckel“ für Agrokraftstoffe bleibt bis 2030 bei maximal 7 %, wobei der in einem Mitgliedsland in 2020 realisierte Anteil an Agrokraftstoffen im Verkehr höchstens einen Prozentpunkt höher sein darf als ihr Anteil im Jahr 2020. Dies lässt bereits erkennen, dass die EU-Gesetzgebung, was die Agrokraftstoffe betrifft, auf Sicherung des Status quo setzt, einen

RED II hält am iLUC-Prinzip fest

^a iLUC: indirect land-use change; sozusagen als Präzisierung des 1994 vom Intergovernmental Panels on Climate Change (IPCC) eingeführten „Sektors“ land-use change (LUC) im Rahmen der Klimaberichterstattung.

Ausbau jedoch vermeiden will. Als Lösung setzt sie dagegen auf fortschrittliche Biokraftstoffe, sowie auch strombasierte Kraftstoffe^a und elektrische Antriebe.

Als fortschrittliche Biokraftstoffe bezeichnet die RED II solche Biokraftstoffe, die auf Basis von biogenen Abfall- und Reststoffen, die auf einer Positivliste verzeichnet sind,^b hergestellt wurden. Dazu gerechnet wird auch aus diesen Stoffen erzeugtes Biogas. Der Fördermechanismus der RED II für diese fortschrittlichen Biokraftstoffe besteht in der doppelten Anrechenbarkeit auf die Gesamtquote von 14 % Erneuerbare Energie im Verkehr bis 2030 sowie auf die Unterquote für fortschrittliche Biokraftstoffe von mindestens 3,5 %.

Der Weg zu fortschrittlichen Biokraftstoffen.

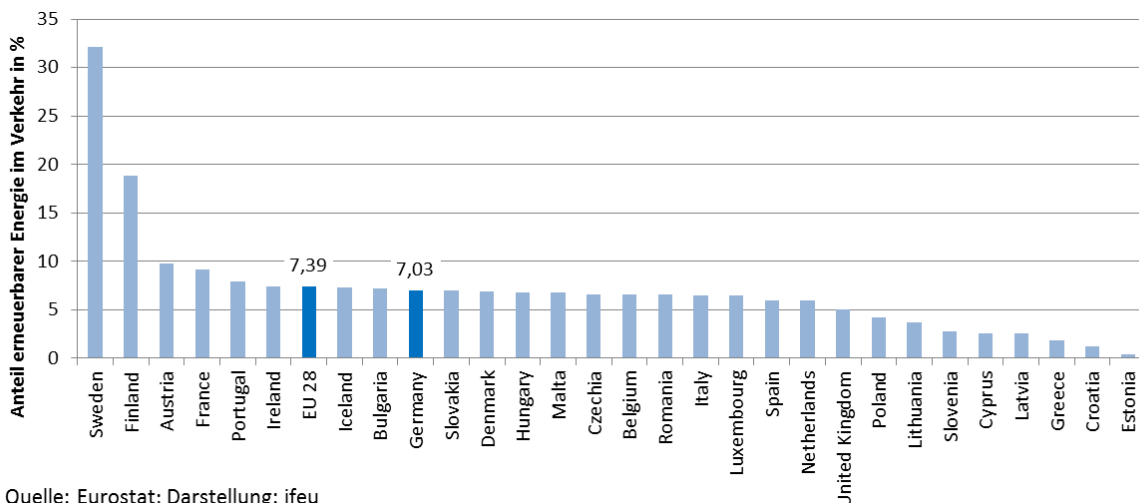
2.2 Umsetzung – national, EU, global

Die Vorgaben der EU werden in den Mitgliedstaaten durch nationales Recht in unterschiedlicher Weise umgesetzt. Deutschland hat die von der RED und ebenso der RED II vorgegebene Beimischungsquote seit 2015 auf eine THG-Minderungsquote umgestellt. In den Jahren 2017 bis 2019 müssen nach der deutschen THG-Minderungsquote durch die Biokraftstoffbeimischung jeweils 4 % an THG-Emissionen gegenüber dem Basiswert (d.h. fossile Kraftstoffe) reduziert werden. Für 2020 gelten wie für alle Mitgliedstaaten gemäß der FQD 6 %. Deutschland wird dieses Ziel voraussichtlich erfüllen.

THG-Minderungsquote: das in Deutschland umgesetzte Instrument

Auch viele andere EU Mitgliedsstaaten haben die RED in spezifischer Weise national umgesetzt. Einzelne Länder wie Schweden oder Finnland erreichen bereits heute die Anforderungen für 2020, bzw. sie übertreffen die Ziele mit Anteilen von 32 % oder 18 % erneuerbarer Energie im Verkehr. Diese Länder rechnen hohe Anteile an mit erneuerbarem Strom betriebenen Bahnverkehr ein und weisen hohe Importquoten v.a. für Bioethanol auf. Andere wie Griechenland oder Polen weisen noch weite Abstände zur Erfüllung der Quotenanforderungen auf. In Abbildung 1 ist auf der Basis von Eurostat-Daten⁶ der Stand der Quotenerfüllung für alle Mitgliedstaaten im Jahr 2017 abgebildet.

Zielerreichung innerhalb der EU sehr unterschiedlich



Quelle: Eurostat; Darstellung: ifeu

Abbildung 1: Anteile erneuerbarer Energie im Verkehr in den Mitgliedstaaten der EU28 im Jahr 2017

^a Auch e-fuels genannt oder Power-to-Liquid (PtL), Power-to-Gas (PtG).

^b Siehe Anhang IX Teil A der RED II

Biokraftstoffe spielen auch in Ländern außerhalb Europas eine Rolle in der Energiepolitik. Brasilien (Ethanol auf Zuckerrohrbasis seit Mitte der 70er Jahre) und die USA (Ethanol auf Maisbasis als weltgrößter Produzent und Nutzer)^a sind dabei schon lange von herausragender Bedeutung. Als Vorreiter in Bezug auf Nachhaltigkeit ist der Staat Kalifornien zu nennen, dessen Low Carbon Fuels Standard⁷ bereits vor der RED das Thema der indirekten Landnutzungsänderungen in die Berechnung für die THG-Minderung aufgenommen hatte.

Biokraftstoff in der Politik von Ländern weltweit

Zwischenzeitlich haben auch Kanada, Argentinien, Ekuador, Kolumbien, Paraguay, Peru, Jamaika, Panama, Angola, Äthiopien, Kenia, Malawi, Mosambik, Südafrika, Sudan, China, Indien, Indonesien, Malaysia, die Philippinen, Südkorea, Thailand, Vietnam und Australien in jeweils irgendeiner Form eine nationale Biokraftstoffquote eingeführt.⁸ Die dahinter stehenden Politiken beziehen sich stets grundsätzlich auf Klimaschutz, haben jedoch vielfach auch zum Ziel, sich durch die Produktion inländischer erneuerbarer Energieträger aus der Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffimporten zu lösen.

^a Nach USDA wurden in 2017 etwa 16 Mrd. US-Gallonen Bioethanol produziert, das entspricht etwa 1.200 PJ

3 Was ist heute im Tank?

3.1 Herkunft und Typologie der Biokraftstoffe in Deutschland

Eine amtliche Quelle für die Herkunft und Typologie der Biokraftstoffe bieten die Auswertungen der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), die das Register *Nachhaltige - Biomasse - Systeme* (Nabisy) führt, über das der Nachweis der Nachhaltigkeit für die Zulassung zur Quotenanrechnung in Deutschland geführt wird.^a Die BLE veröffentlicht jährlich einen Evaluations- und Erfahrungsbericht zu den Eingaben in das Nabisy. Die aktuellsten Daten enthält der Bericht für 2017.⁹

Nach dieser Quelle stellen sich die Anteile an in Deutschland beigemischten Biokraftstoffen wie folgt dar:

Biokraftstoffe insgesamt: **113 PJ**
das entspricht 4,9 % vom Gesamtenergieverbrauch im Verkehrssektor ohne Flugverkehr 2.364 PJ in 2017]

⇒ 85 PJ (= 75%) werden davon importiert

Agrokraftstoffe insgesamt: **81 PJ**
das sind 71% der Gesamtmenge
und entsprechen 3,4 % vom Gesamtenergieverbrauch im Verkehrssektor ohne Flugverkehr 2.364 PJ in 2017

⇒ von deutschen Äckern stammen davon **27,5 PJ**
das sind 34% der Agrokraftstoffe insgesamt

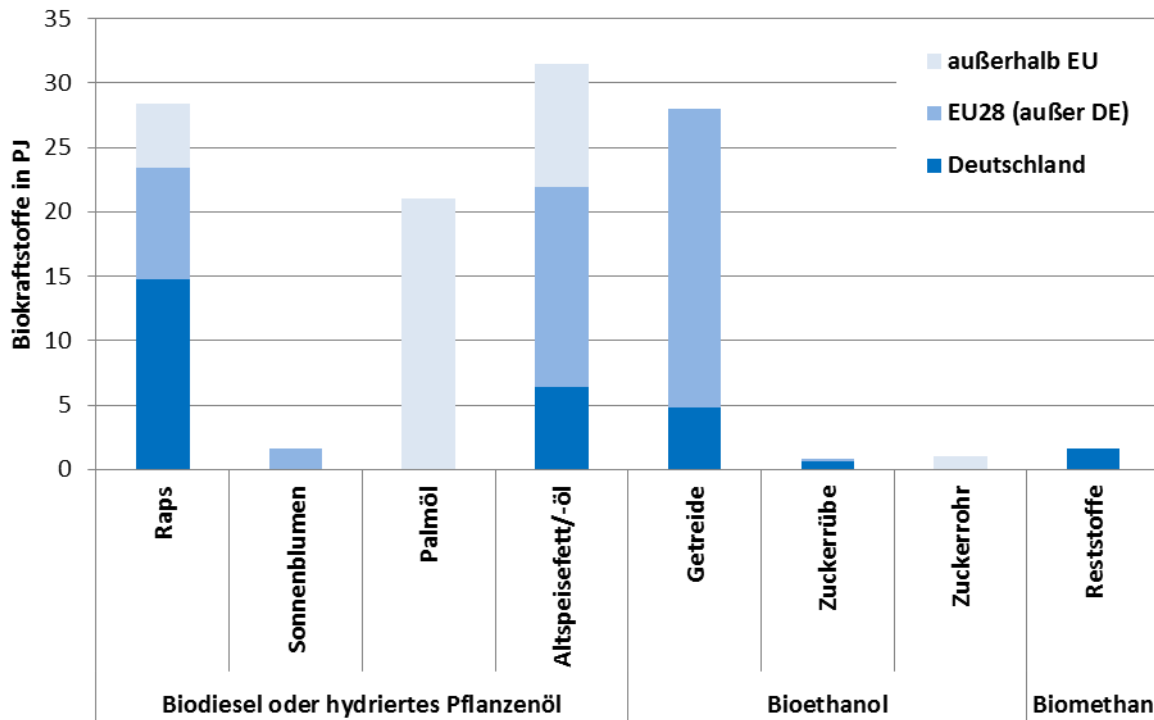
⇒ aus südostasiatischem Palmöl stammen davon **19 PJ**
das sind 23% der Agrokraftstoffe insgesamt.

Aus Abfällen/Reststoffe; **31,5 PJ** Biodiesel aus biogenen Altfetten/Altölen
das sind 27,5% der Gesamtmenge.

1,6 PJ Biomethan aus Stroh und industriellen Reststoffen
das sind 1,4% der Gesamtmenge.

In Abbildung 2 sind die Angaben nochmals insgesamt grafisch dargestellt.

^a In Deutschland bedeutet Quotenanrechnung dabei die Anrechnung zur Treibhausgas-Minderungsquote.



Quelle: BLE - Darstellung ifeu

Abbildung 2: Einsatz von Biokraftstoffen in Deutschland 2017 nach BLE⁹

Folgende Schlüsse lassen sich auf dieser Basis sowie aus der Analyse der Entwicklung über die letzten Jahre ziehen:

- Insgesamt ist die Menge an inverkehrgebrachten Biokraftstoffen in Deutschland seit 2015 rückläufig, was insbesondere damit begründet wird, dass seit 2015 in Deutschland die THG-Minderungsquote die energetische Beimischquote abgelöst hat. Denn je höher der THG-Minderungsbeitrag der eingesetzten Biokraftstoffe ausfällt, desto niedriger ist die zur Erreichung der THG-Minderungsquote notwendige Menge. Zur Erfüllung von aktuell 4 % Mindesteinsparung (in 2020 gelten 6 %) werden solche Biokraftstoffe bevorzugt werden, die niedrige THG-Vermeidungskosten aufweisen, d.h. hohe THG-Einsparungen bei gleichzeitig nicht zu hohen Kosten z.B. Biodiesel aus UCO^a).
- Gegenüber den Vorjahren zeigt sich, dass
 - Importe von agrarischen Biokraftstoffen und
 - Biokraftstoffe aus Altspeisefett (UCO) stark im Anstieg sind (wie Abbildung 2 zeigt, ist UCO inzwischen die bedeutendste Rohmaterialquelle)
- Biokraftstoffe aus Deutschland (z.B. Rapsdiesel) nehmen dagegen ab, da sie gegenüber Biodiesel aus UCO deutlich geringere THG-Einsparung erreichen.
- Auch UCO stammt überwiegend aus dem Ausland, nur 20 % stammen aus Deutschland, aber bereits 30 % aus dem außereuropäischen Ausland, v.a. Asien.

^a Im Englischen werden Altspeisefett und -öl als „used cooking oil“ bezeichnet und üblicherweise mit UCO abgekürzt

- Wie sich im folgenden Abschnitt zeigt, ist der Anbau von Raps zur Herstellung von Biodiesel in Deutschland jedoch keineswegs rückläufig; offenbar exportiert Deutschland Rapsdiesel¹⁰ im Gegenzug zu UCO-Biodiesel-Importen.

3.2 Wieviel Ackerfläche steckt im Tank?

Diese Frage soll von zwei Seiten her beleuchtet werden: a.) welche Daten liegen für zu Agrokraftstoffproduktion belegten Ackerfläche in Deutschland vor und b.) auf welche Höhe beläuft sich der Gesamtflächenverbrauch für die in Deutschland nach BLE⁹ angerechnete und vertankte Biokraftstoffmenge?

In Deutschland belegte Ackerfläche für die Agrokraftstoffproduktion

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) weist für das 2017 ca. 1 Mio. ha Anbaufläche für die Produktion von Agrokraftstoffen in Deutschland aus – ein Wert, der seit mehreren Jahren relativ konstant geblieben ist.^{a,11} Für das Jahr 2018 meldet die FNR jedoch einen Rückgang auf 0,8 Mio. ha. Gemessen an der Gesamtackerfläche in Deutschland von 11,8 Mio. ha nimmt die Agrokraftstoffproduktion nach den FNR-Daten für 2017 somit 8,5 % in Anspruch.

Nach dem Bericht der BLE⁹ sind – wie vorausgehend analysiert – 27,5 PJ Agrostoffe deutscher Herkunft. Rechnet man diesen Wert anhand der Flächenerträge, wie sie die EU für den Nachweis der THG-Emissionen anerkannte Rechentool BioGrace in Ackerfläche um, so liegt dieser Wert bei 0,47 Mio. ha – folglich deutlich niedriger als die Zahlen der FNR¹¹. Dieser Unterschied kann zum einen durch die erwähnten Exporte von Raps-Biodiesel erklärt werden. Nach der Außenhandelsstatistik liegt die Ausfuhr von Biodiesel mehr als doppelt so hoch wie die Einfuhr.¹² Zum anderen bringen die realen Schwankungen in den Ernteerträgen erhebliche Unsicherheiten in die Berechnung von tatsächlichen Flächenverbräuchen.

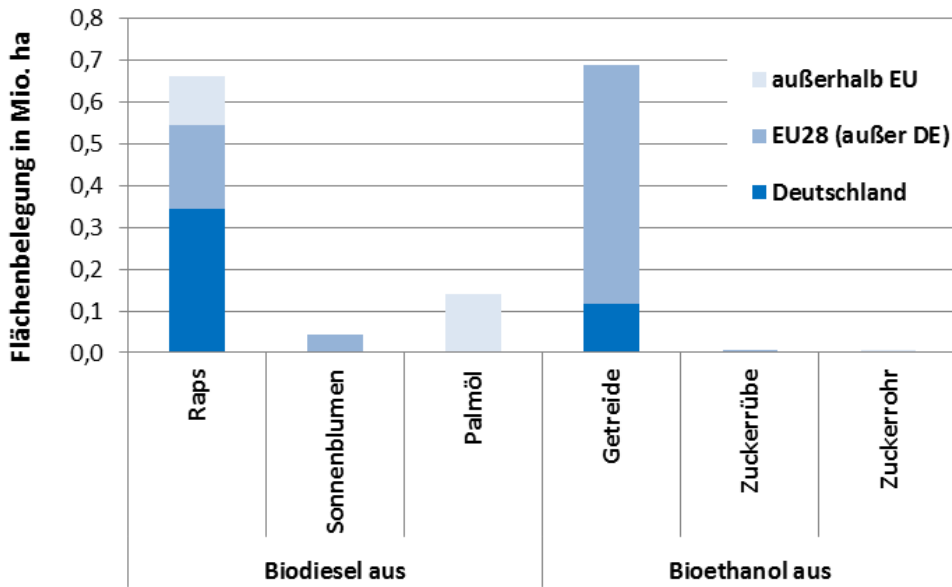
Gesamtflächenverbrauch für die in Deutschland eingesetzte Agrokraftstoffmenge

Rechnet man für die Gesamtheit der in Kapitel 3.1 aufgeführten Biokraftstoffmengen auf Basis des Rechentools BioGrace den Flächenverbrauch aus, ergeben sich folgende Flächenbelegungen:

Die Agrokraftstoffe insgesamt:	1,55 Mio. ha
davon in Deutschland (s.o.):	0,47 Mio. ha
in der EU:	0,82 Mio. ha
außerhalb der EU:	0,27 Mio. ha

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Berechnungen nochmals differenzierter dargestellt.

^a Die FNR weist 0,713 Mio. ha Anbaufläche für Biodiesel und 0,251 Mio. ha für Bioethanol in Deutschland für das Jahr 2017 aus



Quelle: Basis: BLE, Berechnungen mit BioGrace und Darstellung: ifeu

Abbildung 3: Flächenbelegung durch den Anbau der 2017 in Deutschland eingesetzten Agrokraftstoffe in 2017 nach BLE⁹

Die nach BLE⁹⁹ in Deutschland beigemischte Menge an Agrokraftstoffen beansprucht mit insgesamt 1,55 Mio. ha somit eine Fläche, die 13 % der Agrarfläche Deutschlands (11,8 Mio. ha) entspricht.

Diese Flächen liegen wie gezeigt, überwiegend in anderen EU-Ländern sowie außerhalb der EU. Unter letzteren nimmt Palmöl aus Indonesien und Malaysia den größten Anteil ein. Mit den Ertragswerten aus BioGrace errechnet der Einsatz von Palmöl in deutschen Tanks in 2017 eine Flächenbelegung von rund 0,13 Mio. ha in den beiden Herkunftsländern.

3.3 THG-Einsparung durch Biokraftstoffe

Gemäß BLE⁹⁹ wurde durch die Herstellung der im Jahr 2017 in Deutschland beigemischten Biokraftstoffe 1,78 Mio. t CO₂ emittiert. Im Gegenzug wurden durch die Substitution von fossilen Kraftstoffen Emissionen in Höhe von 7,7 Mio. t CO₂ eingespart. Prozentual betrug die Einsparquote somit 81,2 %. Dieser Wert hat sich seit 2015 von 71 % über 77 % in 2016 stetig erhöht. Der Grund dazu liegt

Nettoeinsparung an THG-Emissionen durch Biokraftstoffe nimmt zu

1. In den oben beschriebenen steigenden Anteilen an Biodiesel auf Basis von Altspeisefett (UCO); da hier der Aufwand des Anbaus (Düngemittel etc.) entfällt, weisen diese Biokraftstoffe generell bessere THG-Emissionsbilanzen auf als Agrokraftstoffe
2. In der Verbesserung der berichteten THG-Emissionsbilanzen einiger Agrokraftstoffe; als Treiber ist auch hier die in Deutschland geltende Netto-THG-Quote zu vermuten; ein Problem steht jedoch in der Nachvollziehbarkeit dieser Verbesserungen, so ist es z.B. bemerkenswert, dass die durchschnittliche Emission durch die Herstellung von Bioethanol von 24,5 g CO₂-Äq/MJ in 2015 auf 14,6 CO₂-Äq/MJ in 2017 reduziert werden konnte. Versuche des ifeu für das Getreide-Ethanol diesen Wert vom Anbau inklusive der aus der Düngung resultierenden Lachgasemissionen sowie der Verarbeitung zu Ethanol und

Grund: mehr UCO ...

... und verbesserte Emissionswerte der Agrokraftstoffe

aller Transportwege bis zur Tankstelle konnte derart niedrige Emissionswerte nicht reproduzieren.

Dessen ungeachtet können die Biokraftstoffe einen Beitrag zur Einsparung von THG-Emissionen leisten.

Nicht berücksichtigt in den Bilanzen der BLE⁹⁹ ist die mögliche Emission aus iLUC. Das ist formal völlig korrekt, da die RED (wie auch die RED II) für den rechnerischen Nachweis der THG-Emissionseinsparung die iLUC-Faktoren^a nicht einbezieht. Würde sie einbezogen – was nach der Studie¹³, auf die Faktoren dann der Fall sein müsste, wenn die Beimischanteile dieser Agrokraftstoffe bei 10 % und höher liegen würden – würden die Bilanzen insbesondere für die Ölpflanzen (Raps wie Palmöl) erheblich schlechter ausfallen.

Aber die Bilanzwerte enthalten grundsätzlich kein iLUC

^a Die iLUC-Faktoren betragen nach RED gemäß iLUC-Richtlinie wie der neuen RED II jeweils nach Anhang VIII im Mittelwert: 12 g CO₂eq/MJ für Getreide und sonstige Kulturpflanzen mit hohem Stärkegehalt, 13 g CO₂eq/MJ für Zuckerpflanzen und 55 g CO₂eq/MJ für Ölpflanzen

4 Potenziallimits für Agrokraftstoffe

Die RED II setzt, wie eingangs erwähnt, den mit der ILUC-Richtlinie eingeführten Grundsatz der Deckelung der Agrokraftstoffe fort. Damit wird eine Obergrenze definiert, sodass der auf die Ziele der RED II anrechenbare Anteil an Agrokraftstoffen im Verkehr maximal 1 %-Punkt höher sein darf als der tatsächliche Anteil im Jahr 2020. Insgesamt darf der Anteil am Endenergieverbrauch – unabhängig vom Status quo in 2020 – im Bereich Straßen- und Schienenverkehr 7 % nicht übersteigen. (RED II Artikel 26(1)).

Begrenzung für Agrokraftstoffe der RED und RED II

Die Mitgliedsstaaten sind im Übrigen befugt, diesen Wert weiter abzusenken (die sogenannte „opt-out-Regelung“). Das Gesamtziel von 14 % Anteil erneuerbarer Energie am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors bis 2030 kann in diesem Fall vom Mitgliedstaat um den entsprechenden Prozentwert abgesenkt werden. Das bedeutet: verringert ein Mitgliedstaat den Anteil an Agrokraftstoffen, muss dies nicht durch Anteile anderer erneuerbarer Energie ausgeglichen werden.

Hintergrund dieser Begrenzung ist die intensive Diskussion über Ursachen und Folgen von Landnutzungsänderung durch den Ausbau von Agrokraftstoffen. Während durch Zertifizierung direkte Effekte weitgehend vermieden werden können, wirkt die indirekte Landnutzungsänderung (ILUC) unabhängig von der guten Praxis eines einzelnen Produzenten. Der globale Marktdruck auf agrarische Handelsgüter wie Pflanzenöle, Getreide oder Zucker führt dabei unabhängig davon, wo diese Güter produziert werden, zur Ausdehnung der Anbauflächen – und zwar dort, wo diese Ausdehnung aktuell stattfindet: vorwiegend in Ländern der Tropen mit Umwandlung von Primärwäldern. Diese Effekte wurden in zahlreichen Studien untersucht und anhand von Agrarmodellen nachvollzogen. Auf einer dieser Studien¹³ begründete die EU Kommission die Deckelung durch die ILUC-Richtlinie.

Begründung dieser Begrenzung: ILUC

Um diesen Effekt genauer zu bewerten, hat die EU-Kommission eine Studie durchführen lassen, die den Stand der Wissenschaft anhand einer umfassenden Auswertung der verfügbaren Literatur zum Thema iLUC untersucht¹⁴. Sie kommt zum Schluss, dass bei aller Unterschiedlichkeit der Modellansätze und Ergebnisse zu iLUC-Faktoren, die Risiken der indirekten Effekte insgesamt sehr hoch ausfallen. Auch der Bericht der EU-Kommission über den Stand der weltweiten Produktionsausdehnung relevanter Feldfrüchte¹⁵ kommt zum Schluss, dass insgesamt die Anbaufläche weiterhin zunimmt v.a. in Regionen mit hohem Kohlenstoffbestand (Wälder).

Wengleich sich folglich ILUC nicht genau quantifizieren, sondern – wie auch die Studien¹⁴ feststellen – nur über Modellrechnungen anhand vieler Annahmen und Variablen einschätzen lässt, stellt die Tatsache der begrenzt zur Verfügung stehenden Weltagrarfläche das grundlegende Argument für das begrenzte Potenzial für Agrokraftstoffe dar. Dies wird mit Blick auf die gerade für das Jahr 2018 alarmierenden Bilanzergebnisse der FAO über die unzureichende globale Getreideproduktion nochmals besonders deutlich.¹⁶

Die Begrenzung auf 7 % ist letztlich das Ergebnis eines Kompromisses aus den Trilog-Verhandlungen zur RED II. Was die Position der Bundesregierung betrifft, zeichnet sich eine deutliche Absenkung dieser Obergrenze ab, v.a. auch um THG-Mehremissionen zu

vermeiden. Die Bundesregierung hatte sich 2017 nach umfassenden Diskussionen auf eine Obergrenze für Agrokraftstoffe von 3,5 % verständigt. Dabei ging es weniger darum, dass dieser Anteil nachhaltig ist, sondern um die Sicherung des Status Quo für die Biokraftstoffindustrie und deren Investitionen. Zieht man die aktuellen Beimischungsanteile von Agrokraftstoffen in Höhe von 3,4 % am Gesamtenergieverbrauch im Verkehrssektor (siehe Abschnitt 3.1) als Ausgangsbasis heran, wären nach RED II Artikel 26(1) maximal 4,4 % an Agrokraftstoffen für die Anrechnung zulässig. Andererseits ist zu erwarten, dass in 2020 zum Erreichen der 6 % THG-Minderung ein Anstieg des Anteils an Agrokraftstoffen erfolgen könnte.

Dazu kommt, dass die bisher ansteigenden Anteile von Palmöl als Grundlage für Biodiesel aufgrund der Einstufung als „Rohstoff mit hohem Risiko indirekter Landnutzungsänderungen“ gemäß der im Entwurf vorliegenden Delegierten Verordnung¹⁷ ab 2024 bis spätestens Ende 2030 auf 0 % abzusenken sind. Wegen der vorgesehenen Ausnahmen kann es allerdings immer noch dazu kommen, dass Palmöl als Rohstoff für die Kraftstoffproduktion auch in der EU zum Einsatz kommt. Zudem gibt es bis 2030 erhebliche Risiken, dass zu weiteren Rodungen kommt, entweder durch direkte oder indirekte Effekte. Zu beachten sind auch die Wechselwirkungen mit anderen Nachfragesektoren wie der Nahrungsmittelindustrie.

Das voraussichtliche Phase-out von Palmöl für anrechenbares Biodiesel bedeutet deswegen nicht, dass damit das iLUC-Problem grundsätzlich gelöst ist. Es liegt im Wesenskern von iLUC, dass die direkte Herkunft des zusätzlich in den Markt gebrachten Biokraftstoffs keine Rolle spielen, sondern der Markt selbst sowie die zusätzliche Belegung von Agrarfläche. Auch nach dem Ende der Förderung von Biokraftstoffen aus Palmöl würde daher eine verstärkte Produktion von Biodiesel auf Basis von Raps durch Wechselwirkungen im Pflanzenölmarkt iLUC-Effekte auslösen.

Im Übrigen wird die in der Delegierten Verordnung¹⁷ begründete Beschränkung auf Palmöl als direkt (wie auch indirekt) in Richtung Entwaldung wirksames Agrarprodukt stark kritisiert: eine Studie von Transport & Environment (T&E)¹⁸ zeigt anhand des Globiom-Modells (siehe oben), dass auch Biodiesel auf Soja-Basis weit mehr THG-Emissionen verursacht als durch ersetzten fossilen Diesel einsparen würde. Die T&E-Studie zeigt außerdem, dass die EU-Biokraftstoffpolitik ohne Umsetzung der iLUC-Richtlinie bis 2020 die THG-Emissionen des Verkehrs um 3,7 % erhöht hätte und auch mit dem Deckel von 7 % noch immer ein Mehr von 1,4 % Emissionen verbleibt.

Die Deckelung von Agrokraftstoffen zur Sicherstellung einer realen THG-Minderung unter Einbeziehung indirekter Effekte ist somit auch heute noch begründet.

Phase-out von Palmöl

Palmöl-Phase-out allein löst das iLUC-Problem nicht

iLUC bleibt limitierender Faktor für Agrokraftstoffe

5 Welche Potenziallimits bestehen bei den Abfall- und Reststoffen?

5.1 Fortschrittliche Biokraftstoffe

Die bevorzugte Förderung von biogenen Abfällen und Reststoffen wurde bereits in der ersten Fassung der RED (2009/28/EG) angestrebt und in der ILUC-Richtlinie durch eine erste Unterquote implementiert. Die RED II führt diese Ambition fort und definiert *fortschrittliche Biokraftstoffe* (inklusive Biogas) als solche, die aus den in Anhang IX Teil A genannten Rohstoffen hergestellt werden. Für diese Art Biokraftstoffe gilt nach RED II ein verbindlicher Anteil ansteigend von mindestens 0,2 % im Jahr 2022 über 1 % im Jahr 2025 auf mindestens 3,5 % im Jahr 2030. Dabei kann der Beitrag der fortschrittlichen Biokraftstoffe doppelt angerechnet werden, d.h. zur formalen Erfüllung von 3,5 % kann ein physischer Anteil von 1,75 % ausreichen.

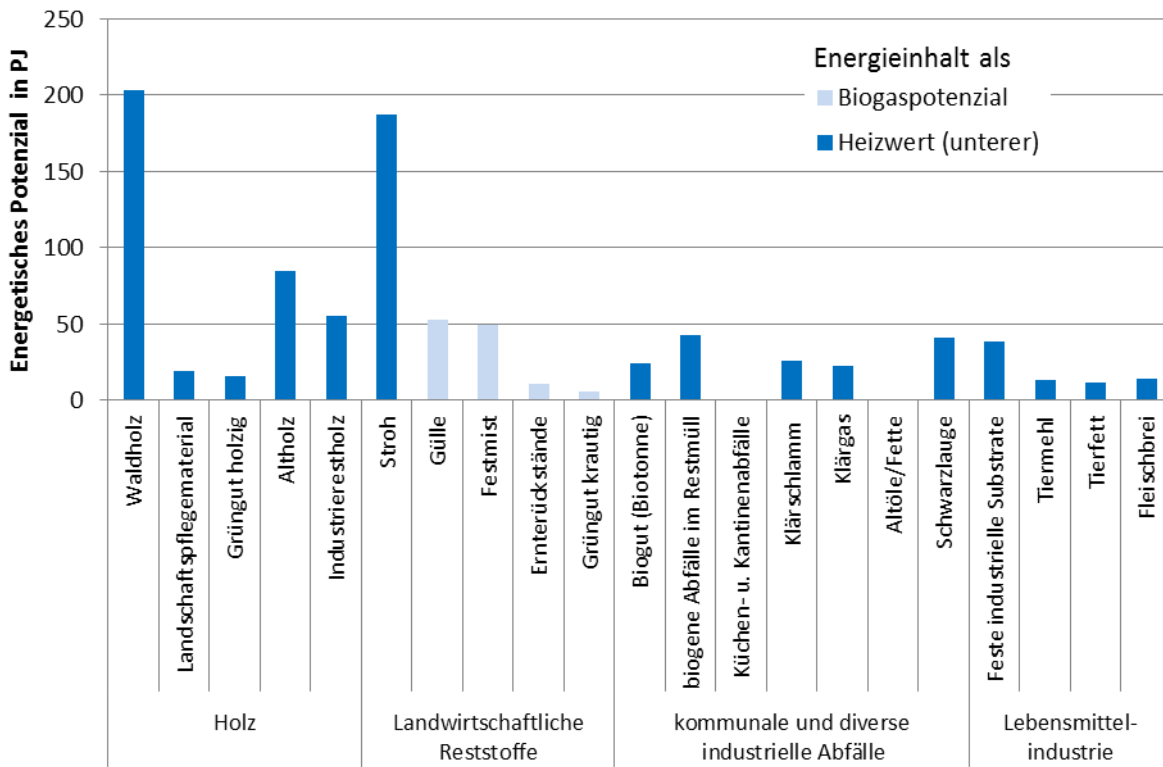
RED II setzt auf fortschrittliche Biokraftstoffe

Unter Anhang IX Teil A aufgeführten Materialien sind zwei Massenströme als quantitativ relevant zu werten: a) die agrarischen Reststoffe wie insbesondere Stroh und b) Holzsortimente wie Waldholz (sofern nicht als Säge- und Furnierrundholz nutzbar) sowie Altholz und Industrierestholz. Dies zeichnet sich aus verschiedensten Studien zum Potenzial dieser Materialien ab. Die großen Bandbreiten an Potenzialen werden u.a. in zwei aktuellen Studien für das Umweltbundesamt (UBA)¹⁹ und für das Bundesamt für Naturschutz (BfN)²⁰ aufgezeigt.

Potenzialstudien zeigen die Grenzen der Verfügbarkeit auf

Abbildung 4 zeigt eine Auswahl an Studienergebnissen, die gleichfalls deutlich macht, wie unscharf die Definition des Reststoffbegriffs gehandhabt wird. So rechnet die RED II in Anhang IX Teil A auch Energiegräser und andere Energiepflanzen, die nicht Nahrungs- oder Futtermittel sind sowie alles Holz, das nicht zu Säge- oder Furnierholz wird, als Rohstoffbasis für fortschrittliche Biokraftstoffe zu.

Die vor der Veröffentlichung stehende BioRest-Studie im Auftrag des UBA kommt zum Schluss, dass etwa 900 PJ an biogenen Abfall-/Reststoffen als technisch-ökologisch erschließbares Potenzial in Form von Brenn- oder Kraftstoffen für das Energiesystem zur Verfügung stehen. Diese Gesamtsumme beinhaltet auch alle bereits in der energetischen Nutzung befindlichen Abfall- und Reststoffmengen – diese belaufen sich auf rund 760 PJ und werden vorwiegend im Bereich Wärmenutzung, teils in KWK mit Stromerzeugung eingesetzt. Wollte man diese Potenzialmenge der Kraftstoffproduktion zur Verfügung stellen, müssten sie also erst den aktuellen Nutzern entzogen werden.



Quelle: BioRest - Darstellung ifeu

Abbildung 4: Für das Energiesystem grundsätzlich verfügbare Potenzial an biogenen Abfall- und Reststoffen – inklusive bereits im Energiesystem genutzte Anteile¹⁹

Die einzigen Abfälle/Reststoffe, die derzeit nicht in dem Maße genutzt werden, wie es ihrem erschließbaren Potenzial entspricht, sind Stroh (ca. 180 PJ bisher ungenutzt, entspricht 13 Mio. t), Gülle (ca. 50 PJ Biogaspotenzial insgesamt, davon bereits etwa 30 PJ in Nutzung) und Festmist (ca. 50 PJ Biogaspotenzial, davon bereits etwa 7 PJ in Nutzung). Großzügig kalkuliert summiert sich daraus ein noch nicht genutztes Potenzial von ca. 250 PJ. Umgewandelt in Kraftstoff (mit ebenfalls hocheffizienten Wirkungsgraden von 50 % unterstellt) würden grob kalkuliert etwa 130 PJ resultieren. Dies entspricht etwas mehr als dem aktuellen Anteil von Biokraftstoff insgesamt in 2017 (siehe Abschnitt 3.1), mithin gut 5 % vom Gesamtenergieverbrauch im Verkehrssektor ohne Flugverkehr.

Mit Stroh, Gülle und Mist könnten maximal ca. 5 % des aktuellen Kraftstoffverbrauchs gedeckt werden

In der Praxis stellen sich für die Ausschöpfung des Potenzials folgende Hürden dar:

- a. Die erforderliche großtechnische Umsetzung auf der Basis von nur unsicher verfügbaren Rohstoffen:
 - Gerade bei Stroh besteht eine massive Abhängigkeit von der Erntesituation, so war in 2018 angesichts der ausgeprägten Trockenheit effektiv deutlich weniger Stroh verfügbar²¹
 - Es besteht auch in Bezug auf die Logistik bisher keine Struktur, um Stroh (das eine sehr geringe Energiedichte aufweist) in der Breite des agrarischen Raums zu sammeln und zu Großanlagen zu transportieren.
- b. Die mäßige Umsetzung und Praxisreife der Technik:

- zur Produktion von Ethanol aus Ligno-Zellulose befindet sich aktuell in der EU nur eine Anlage in Rumänien im Bau,²²
- die Produktion von Methan aus Stroh über den Biogaspfad betreibt die Firma Verbio in Schwedt zwar erfolgreich, doch bräuchte es zur Umwandlung von 1,3 Mio. t Stroh mehr als 30 Anlagen dieser Größenordnung.²³
- Angesichts dieses Umfangs an Investitionen ist zu beachten, dass sich die Dauer vom Beginn der Planung bis zur Inbetriebnahme solcher großtechnischer Anlagen über mindestens drei Jahre erstreckt, in vielen Fällen deutlich länger.

Allgemein wird daher das Erfüllen des in der RED II vorgegebenen Anteils von 3,5 % (= 1,75% real, da ohne Doppelanrechnung = ca. 40 PJ) von der Branche als eine Herausforderung empfunden.

Abgesehen davon ist in Frage zu stellen, ob die Konversion der erschließbaren Reststoffe in Kraftstoffe der sinnvollere Weg ist gegenüber der direkten energetischen Nutzung z.B. zu industrieller Prozesswärme.

5.2 Biokraftstoffe aus biogenen Altfetten/Altölen

Explizit ausgenommen von den „fortschrittlichen“ Biokraftstoffen sind solche aus biogenen Altfetten/Altölen, wie sie in der RED II Anhang IX Teil B aufgeführt sind.

UCO ist als Rohstoff für Biokraftstoffe zunehmend begehrt ...

Da für die Umwandlung dieser Stoffe in Biodiesel kaum technische Schwierigkeiten bestehen, nehmen diese bereits seit einigen Jahren einen bedeutenden und auch ansteigenden Anteil ein (siehe Abschnitt 3.1). Da offensichtlich ein starker Wettbewerb um diese Stoffe besteht, hat die RED II für ihre Anrechnung an die Quote ebenfalls eine Deckelung von maximal 1,7 % gesetzt. Die konkrete Motivation dabei:

- a. Diese Stoffe sind definitiv nur begrenzt verfügbar
- b. Missbrauch muss unbedingt verhindert werden (Stichwort: gezielte Kontamination von frischen Pflanzenölen)
- c. Unterschiedliche Regulierungen der EU-Länder (THG-Minderungsquote mit Ausrichtung an Vermeidungskosten in Deutschland, Mengenquote in den meisten anderen EU-Ländern) verleitet stark konkurrenzgetriebenem Im/Export. Nach BLE sind in DE knapp 8 PJ der 31,5 PJ Biodiesel aus diesen Reststoffen von Ausgangsmaterial deutscher Herkunft. Das Meiste ist bereit heute importiert.
- d. Auch Länder außerhalb der EU fragen UCO verstärkt nach, so führt beispielsweise die Biokraftstoffpolitik Kaliforniens⁷, die wie in Deutschland auf Dekarbonisierung (THG-Minderungsquote) ausgerichtet ist, ebenfalls zu einem hohen Bedarf an Biokraftstoffen mit hohem THG-Einsparwert.

... aber nur sehr begrenzt verfügbar.

Mit 31,5 PJ Biokraftstoffen aus Altfetten / Altölen liegen wir in Deutschland bereits bei etwa 1,2 %, da besteht hier kaum mehr Potenzial zur Ausschöpfung.

6 Resümee

Zusammengefasst: Das Potenzial an Biokraftstoffen ist insgesamt durch verschiedene Faktoren, je nach Kraftstofftypologie in sehr unterschiedlicher Weise begrenzt. Biokraftstoffe können ihren Beitrag zum Klimaschutz im Verkehrssektor leisten, dieser wird jedoch in einem stark eingegrenzten Bereich bleiben, wie im Folgenden dargelegt wird.

Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse (Agrokraftstoffe):

Aktuell beträgt der Anteil von Agrokraftstoffen mit 81 PJ etwa 4 % am Gesamtenergieverbrauch im Verkehrssektor ohne Flugverkehr.

Die RED II setzt für die Anrechenbarkeit eine Deckelung, begründet mit potenziellen Konflikten mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion.

Wird der Druck auf den weiteren Ausbau erhöht, so machen die iLUC-Emissionswerte auch in der EU/ DEU die Einsparungen der THG-Emissionen durch Biokraftstoffe zunichte.

Ein vertretbarer Ansatz wäre daher, den aktuellen Anteil von 4 % als nationalen Deckel beizubehalten bzw. diesen mit Blick auf die bis spätestens 2030 auszuschließenden Anteil an Biodiesel aus Palmöl entsprechend auf diesen Zeithorizont hin weiter abzusenken (z.B. auf 3 %).

Biokraftstoffe aus Altspeiseölen/-fetten:

Diese bzw. die Rohstoffe werden inzwischen größtenteils aus anderen Ländern importiert, wie die BLE-Auswertungen zeigen zu gewissen Anteilen sogar über sehr große Distanzen, wie z.B. aus Südostasien.⁹

Außerdem besteht hier die Gefahr der Umleitung von Stoffströmen aus etablierten Verwertungs-/Nutzungspfaden, wie z.B. in der Futtermittelindustrie oder der Fettchemie.

Bereits heute nehmen sie einen Anteil von 1,2 % ein. Durch die RED II ist der anrechenbare Anteil auf 1,7% begrenzt. Die Weiterführung der THG-Quote lässt erwarten, dass der Anteil über das heutige Niveau von 1,2% hinaus weiter steigen wird, sofern nicht entsprechende Anpassungen der THG-Quote getroffen werden. Eine Steigerung wäre nur auf Basis von Importen - und diese aus immer größeren Distanzen wie z.B. Südostasien – möglich. Daher sollte der Anteil von aktuell 1,2 % nicht weiter erhöht werden.

Fortschrittliche Biokraftstoffe aus Reststoffen

Theoretisch liegt nach einer Auswertung der vorliegenden Studien (s.o.) ein erschließbares Potenzial im Bereich von maximal 400 PJ Kraftstoff vor. Die dafür einzusetzenden Rohstoffe werden jedoch bereits weitgehend energetisch genutzt. Verfügbar ist im Wesentlichen der Agrarreststoff Stroh sowie z.T. Gülle und Festmist mit einem maximalen theoretischen Potenzial von 130 PJ Kraftstoff. In Abwägung, dass sich andere energetische Nutzungsopti-

onen (Wärme, Strom) insgesamt als ökologisch und ökonomisch vorteilhafter darstellen, ist das effektive Potenzial nochmals deutlich niedriger anzusetzen.

Ein wesentliches Hemmnis für eine Umsetzung bis 2030 ist im Übrigen, dass bisher kaum Produktionsanlagen bestehen, die eine erfolgreiche technische Umsetzung als sicher erscheinen lassen. Hier ist auch angesichts der Erfahrungen aus früheren Versuchen unklar, ob die Anlagen die zur Verfügung stehenden Potenziale überhaupt bis 2030 ausschöpfen können. Es sprechen jedoch neben der nicht erkennbaren technischen Umsetzung zwei weitere Faktoren aus heutiger Sicht dagegen, dass die Höhe von 130 PJ auch nur ansatzweise erreichbar sein wird:

1. Die mit der Kraftstoffherzeugung konkurrierende Nutzung der Reststoffe im Wärmebereich ist aufgrund verschiedener Kriterien effektiver und im Sinne eines Gesamtnutzungskonzepts für biogene Reststoffe eher zu empfehlen (siehe UBA-Studie BioRest¹⁹ mit Kriterien wie Energieeffizienz, THG-Einsparung, Kosten u.a.)
2. Die Rechtslage (Unterquote der RED II) setzt hier einen weit weniger ambitionierten Rahmen (3,5 % nach Doppelanrechnung, also real 1,75%), sodass es unwahrscheinlich ist, dass in einem darüber hinaus gehendem Umfang in diesen Bereich tatsächlich investiert wird. Voraussetzung wäre, dass die nationale Umsetzung höhere Unterquoten setzt.

Zieht man den oben beschriebenen aktuellen Sachstand einer kaum in Gang kommenden Umsetzung in Betracht, erscheint bereits die verbindliche Unterquote der RED II von real 1,75 % höchst ambitioniert.

Implikationen für die regulatorische Umsetzung in Deutschland

Wie weiter oben bereits erklärt, hat Deutschland seit 2015 die Beimischungsquote auf eine THG-Minderungsquote umgestellt. Die RED II lässt dieses Instrument (Artikel 25(1) Satz 6) zu für die Sicherstellung, dass die festgelegten Anteile erreicht werden. Von Regierungsseite wird klar signalisiert, dass an diesem Instrument auch nach 2020 festgehalten wird. Dies wurde auch im aktuellen Koalitionsvertrag verankert. Zudem gibt es eine über alle Akteure hohe Akzeptanz für das Instrument, da die jeweils kosteneffizienteste Kraftstoffoption gefördert wird. Nicht bekannt ist jedoch, wie die THG-Minderungsquote konkret ausgestaltet werden soll. Entscheidend wird dabei die Frage sein, wie die Subquoten und die Deckelungen mit den THG-Minderungskriterien in Verbindung gesetzt werden bzw. wie auf diesem Weg ggf. höher ambitionierte Subquoten oder strengere Höchstwerte implementiert werden sollen.

7 Quellen

- ¹ <https://www.bmu.de/pressemitteilung/hendricks-der-weltweite-klimaschutz-bekommt-ein-grundgesetz/>
- ² EU Richtlinie 2009/28/EG (RED): zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG; vom 23. April 2009
- ³ EU Richtlinie 2009/30/EG (FQD): zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EWG; vom 23. April 2009
- ⁴ EU Richtlinie (EU) 2015/1513 (iLUC-RL): zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG über die Qualität von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen und zur Änderung der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen; vom 9. September 2015
- ⁵ EU Richtlinie (EU) 2018/2001: zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung) vom 11. Dezember 2018
- ⁶ [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_renewable_energy_sources_in_transport,_2004-2017_\(%25\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_renewable_energy_sources_in_transport,_2004-2017_(%25).png)
- ⁷ LCFS https://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/fro_oal_approved_clean_unofficial_010919.pdf
- ⁸ Naumann, K.; Schröder, J., Oehmichen, K.; Etzold, H.; Müller-Langer, F.; Remmele, E.; Thuncke, K.; Raksha, T.; Schmidt, P. (2019): Monitoring Biokraftstoffsektor. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Leipzig: DBFZ (DBFZ-Report Nr. 11). ISBN 978-3-946629-36-8. https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_11_4.pdf
- ⁹ BLE (2018): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2017 - Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung - Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung; <http://www.ble.de/Biomasse>
- ¹⁰ Pressemitteilung der UFOP vom 29. Mai 2019; <https://www.ufop.de/english/news/chart-week/>
- ¹¹ https://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/archiv/archiv-nachricht/tx_news/anbau-nachwachsender-rohstoffe-in-deutschland-flaeche-bleibt-auch-2017-stabil/?_mstto=516&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=d2ee7960a1981ef4c1a21c576c193000
- ¹² https://www.agrarheute.com/media/styles/lightbox/public/2019-02/19_08_aussenhandel_mit_biodiesel.jpg?itok=oGZJyPOz

-
- ¹³ Laborde, D. (2011): Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies; Studie von IFPRI im Auftrag der EU Kommission
- ¹⁴ Woltjer, G., Daioglou, V., Elbersen, B., Barberena Ibañez, G., Smeets, E., Sánchez González, D., Barnó, G.,J. (2017): Reporting Requirements on Biofuels and Bioliquids stemming from the Directive (EU) 2015/1513; prepared for the European Commission under CONTRACT NUMBER ENER/C1/SER/2015-438/4/SI2.735083
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20170816_iluc_finalstudyreport.pdf
- ¹⁵ Report from the Commission on the status of production expansion of relevant food and feed crops worldwide
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1558977620744&uri=CELEX:52019DC0142>
- ¹⁶ <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>
<https://www.zeit.de/news/2019-04/07/welt-getreideernte-deckt-verbrauch-nicht-190407-99-714913>
- ¹⁷ DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) .../... DER KOMMISSION vom 13.3.2019 zur Ergänzung der Richtlinie (EU) 2018/2001 im Hinblick auf die Bestimmung der Rohstoffe mit hohem Risiko indirekter Landnutzungsänderungen, in deren Fall eine wesentliche Ausdehnung der Produktionsflächen auf Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand zu beobachten ist, und die Zertifizierung von Biokraftstoffen, flüssigen Biobrennstoffen und Biomasse-Brennstoffen mit geringem Risiko indirekter Landnutzungsänderungen; C(2019) 2055 final
- ¹⁸ Dings, J. (2016): Globiom: the basis for biofuel policy post-2020 – a paper by Transport & Environment, April 2016;
https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2016_04_TE_Globiom_paper_FINAL_0.pdf
- ¹⁹ UBA-Forschungsprojekt BioRest - Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor); FKZ 3716 43 102 0 - *Veröffentlichung steht bevor*
- ²⁰ BfN Vorhaben: Naturschutz und fortschrittliche Biokraftstoffe FKZ 3516822800 - *Veröffentlichung steht bevor*
- ²¹ <https://www.agrarheute.com/markt/futtermittel/heu-stroh-extrem-teurer-547353>
- ²² Anlage der Firma Clariant in Podari , Rumänien:
<https://www.clariant.com/de/Corporate/News/2018/09/Groundbreaking-for-Clariantrsquos-sunliquidreg-cellulosic-ethanol-plant-in-Romanianbsp>
- ²³ Anlage in Schwedt der Firma verbio; <https://www.verbio.de/produkte/verbiogas/verbiogas-aus-stroh/>