

Kröger, Rhenä; Langenberg, Josef; Guenther-Lübbers, Welf; Schaper, Christian;
Theuvsen, Ludwig

Article

Der Markt für Bioenergie

German Journal of Agricultural Economics (GJAE)

Provided in Cooperation with:

Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (GEWISOLA)

Suggested Citation: Kröger, Rhenä; Langenberg, Josef; Guenther-Lübbers, Welf; Schaper, Christian; Theuvsen, Ludwig (2015) : Der Markt für Bioenergie, German Journal of Agricultural Economics (GJAE), ISSN 2191-4028, Deutscher Fachverlag, Frankfurt a. M., Vol. 64, Iss. Supplement, pp. 71-90, <https://doi.org/10.52825/gjae.v64iSupplement.1983>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/304950>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Der Markt für Bioenergie

Rhena Kröger, Josef Langenberg, Welf Guenther-Lübbers, Christian Schaper und Ludwig Theuvsen
Georg-August-Universität Göttingen

1 Einleitung

Der Markt für Bioenergie ist – zumindest in Deutschland und Europa – maßgeblich durch politische Entscheidungen geprägt (z.B. ANSCHÜTZ, 2014). Die Auswirkungen der durch die europäische und die nationale Gesetzgebung geprägten Bioenergiepolitik sind bereits seit längerem Gegenstand der öffentlichen Diskussion. Beispiele für kontrovers, überwiegend jedoch kritisch diskutierte Sachverhalte sind die Auswirkungen der Bioenergieproduktion auf die Ernährungssicherheit („Tank oder Teller“), die Biodiversität und das Landschaftsbild („Vermassung der Landschaft“) und den Strompreis, um nur einige der populärsten Argumente zu nennen (ZSCHACHE et al., 2010). Die Bioenergiepolitik befindet sich aufgrund ihres Einwirkens auf einen außerordentlich komplex verfassten Energiemarkt (SCHIFFER, 2015), ihrer erheblichen (Um-)Verteilungswirkungen, die zur Entstehung von „Gewinnern“ und „Verlierern“ der Energiewende führen (BROCKER und PENNEKAMP, 2014), sowie ihrer weitreichenden ökonomischen und ökologischen Konsequenzen, die im Vorfeld jeder Gesetzesänderung schwer zu prognostizieren sind, sodass es immer wieder zu unbeabsichtigten Steuerungswirkungen kommt, ständig im Fluss. Auch das Jahr 2014 war daher durch eine intensive gesetzgeberische Tätigkeit geprägt. Wichtige Veränderungen gingen unter anderem von der erneuten Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und der Verabschiedung des Gesetzes zur Neuordnung der Förderung von Biokraftstoffen aus.

Speziell die jüngste EEG-Novellierung hatte für den Markt für Bioenergie große Bedeutung, da sie den weiteren Ausbau der für Deutschland so charakteristischen Biogasproduktion auf Basis nachwachsender Rohstoffe weitgehend zum Erliegen brachte. Leitgedanken des novellierten EEG 2014 sind die Schaffung eines verlässlichen Ausbaukorridors für erneuerbare Energien, die stärkere Konzentration der Förderung auf kosteneffiziente Technologien, die Stärkung der Marktintegration und Nachfrageorientierung der erneuerbaren Energien sowie eine breitere Verteilung der Kosten der Energiewende (BMW, 2014c). Mit Blick auf die Biogaserzeugung sind eine weitere Vereinfachung und Absenkung der Vergütungsstruktur

sowie eine technologieunabhängige Grundvergütung kennzeichnend (DBFZ, 2014a). Weitere Eckpunkte sind die Begrenzung des Anlagenzubaues auf 100 MW_{el} pro Jahr, die Einführung einer verpflichtenden Direktvermarktung für alle Neuanlagen ab 500 kW_{el}, bzw. ab 100 kW_{el} ab 2016 sowie die Einführung eines Flexibilitätszuschlags. Eine besondere Förderung erfahren Güllekleinanlagen mit weniger als 75 kW_{el} Leistung, die insbesondere für größere tierhaltende Betriebe eine Investitionsalternative darstellen (BUTHUT, 2014; RALLE, 2015).

Für das Jahr 2015 ist zu erwarten, dass sich aus der vor dem Abschluss stehenden Novellierung der Düngeverordnung Anstöße speziell für den Biogasbereich ergeben werden. Den Hintergrund bildet die Einleitung der zweiten Stufe eines Vertragsverletzungsverfahrens durch die EU-Kommission wegen ungenügender Anstrengungen Deutschlands zur Reduzierung oder Prävention der Nitratbelastung von Gewässern, speziell Grundwasserkörpern. Konkret sieht die EU-Kommission die EU-Nitratrichtlinie durch die deutsche Düngeverordnung nur unzureichend umgesetzt. Die daraufhin durch das damalige Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz einberufene Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung hat umfassend die Wirksamkeit der gegenwärtigen Regelungen im Hinblick auf eine bedarfsgerechte Düngung, die Verminderung der stofflichen Risiken, die von der Düngung ausgehen, sowie den Vollzug der Verordnung evaluiert (BLAG, 2012). Seit dem 18.12.2014 liegt ein Verordnungsentwurf des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Ernährung vor. Sollte dieser Entwurf Gesetzeskraft erlangen, wäre die Biogasproduktion zum einen direkt von der Novellierung der Düngeverordnung betroffen, namentlich durch die Ausdehnung der Obergrenze (170 kg je ha und Jahr) für die Ausbringung von stickstoffhaltigen Wirtschaftsdüngemitteln auch auf Gärprodukte aus Biogasanlagen. Allerdings wird im vorliegenden Entwurf der nach Landesrecht zuständigen Stelle die Möglichkeit eingeräumt, unter bestimmten Bedingungen Anträge auf Ausnahmen von der genannten Beschränkung zu genehmigen (§ 6 des Referentenentwurfs). Zum anderen wird die Biogasproduktion indirekt von der Novellierung der Düngeverordnung betroffen sein, da die sich insgesamt

aufgrund der vorgeschlagenen Neuregelungen abzeichnende Verschärfung der Nährstoffsituation von Betrieben mit Tierhaltung speziell in viehdichten Regionen die Frage aufwerfen wird, inwieweit die der Biogasproduktion zugeschriebenen Systemdienstleistungen (HÖHER, 2014) einen Beitrag zur Entschärfung der Nährstoffsituation leisten können. Hier wäre etwa an den Einsatz von Wirtschaftsdüngern aus Hochburgen der Nutztierhaltung in Biogasanlagen in Ackerbauregionen, die bislang nur auf Basis nachwachsender Rohstoffe betrieben werden, zu denken (vgl. Kapitel 5).

2 Relevanz der erneuerbaren Energien im Energiemix

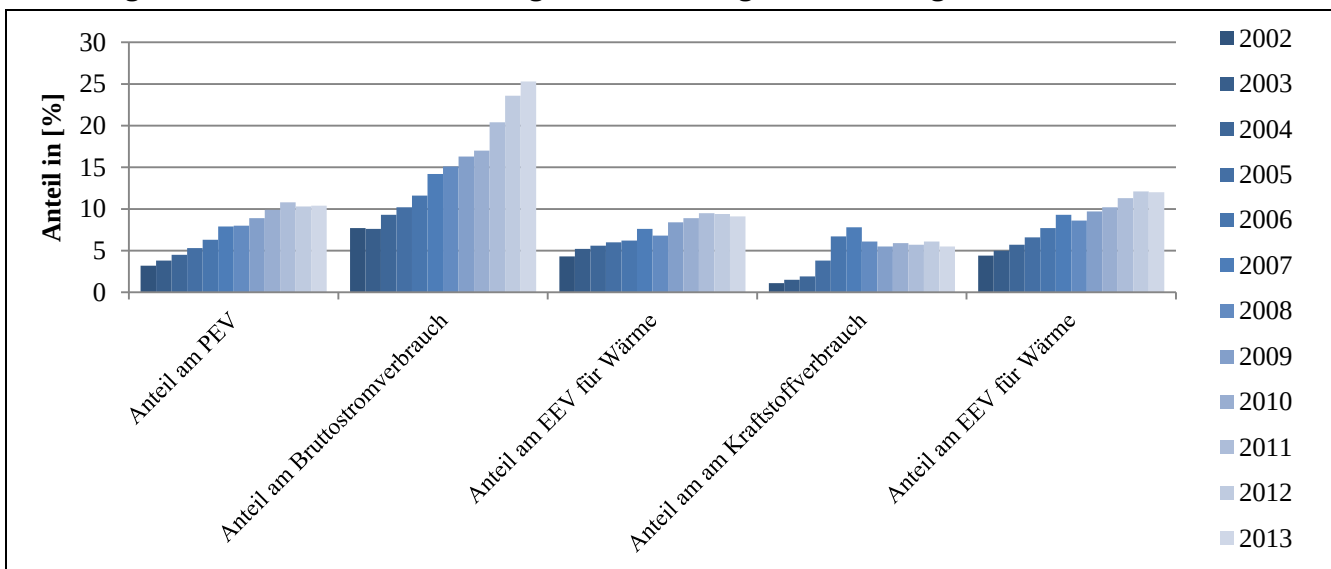
Im Vergleich zum Jahr 2012 ist der deutsche Primärenergieverbrauch (PEV) 2013 leicht angestiegen (+2,6 %). Dabei zeigt sich, dass die erneuerbaren Energien weiter an Bedeutung gewinnen konnten. In 2013 wurde der PEV zu 79,9 % aus fossilen Energieträgern und zu 7,5 % mit Hilfe der Kernenergie gedeckt. Der Anteil der erneuerbaren Energien lag bei 11,8 %; er hat im Vergleich zum Vorjahr um 0,4 Prozentpunkte zugenommen. Der Anteil der erneuerbaren Energien ist damit inzwischen größer als der der Kernenergie und der Braunkohle (ENERGY COMMENT, 2013).

Die gesamte Endenergiebereitstellung (Strom, Wärme, Kraftstoffe) aus erneuerbaren Energien ist im vergangenen Jahr leicht auf 319,6 TWh (2012: 309,9 TWh) angestiegen (BMW, 2014a). Aufgrund

des witterungsbedingt gegenüber dem Vorjahr gewachsenen Verbrauchs verharnte der Anteil der Erneuerbaren am gesamten Endenergieverbrauch bei 12,3 % (AGEE-STAT, 2014). Um das von der Bundesregierung gesteckte Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch bis 2020 auf 18 % zu erhöhen, zu erreichen, ist daher ein weiterer Ausbau notwendig. Dabei kommt der Bioenergie aufgrund ihrer großen Flexibilität (Bereitstellung von Strom, Kraftstoff und Wärme) sowie ihrer vergleichsweise guten Speicher- und Dosierbarkeit eine besondere Rolle zu. In der Bereitstellung grundlastfähigen Stroms beispielsweise wird eine wesentliche Systemdienstleistung der Biogasproduktion gesehen (HÖHER, 2014).

Der Endenergieverbrauch schlüsselt sich in Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbrauch auf. Den größten Anteil im deutschen Strommix machten 2014 die erneuerbaren Energien mit knapp 26 % aus (2013: 25,3 %; 2012: 23,6 %; Ziel 2020: 35 %). Die Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien ist 2013 um 4,6 TWh auf 134,4 TWh angestiegen (BMW, 2014a; O.V., 2015). Aufgrund der sehr langen Heizperiode zu Beginn des Jahres war der Gesamtwärmeverbrauch 2013 höher als in den Vorjahren (AGEE-STAT, 2014) und der Anteil, der auf erneuerbare Energien entfiel, ist leicht auf 9,1 % zurückgegangen (2012: 9,4 %; Ziel 2020: 14 %). Beim Kraftstoffverbrauch ist der erneuerbare Anteil ebenfalls gesunken und lag 2013 bei 5,5 % (2012: 6,1 %; Ziel 2020: 10 %). Die zunehmende Bedeutung der erneuerbaren Energien ließ sich in den vergangenen Jahren vor allem im Strom- und im Wärmebereich erkennen (Abbildung 1). Dank

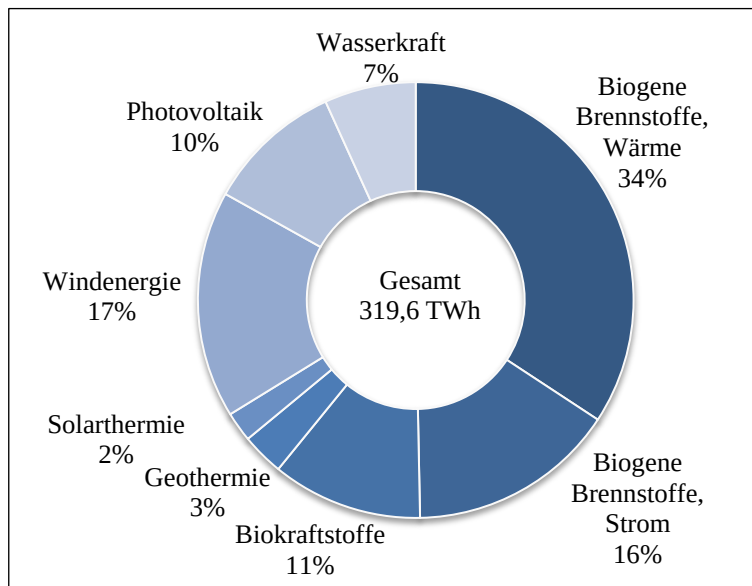
Abbildung 1. Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland



Stand: August 2014

Quelle: eigene Darstellung nach BMW (2014a)

Abbildung 2. Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland 2013



Stand: August 2014
Quelle: BMWi (2014a)

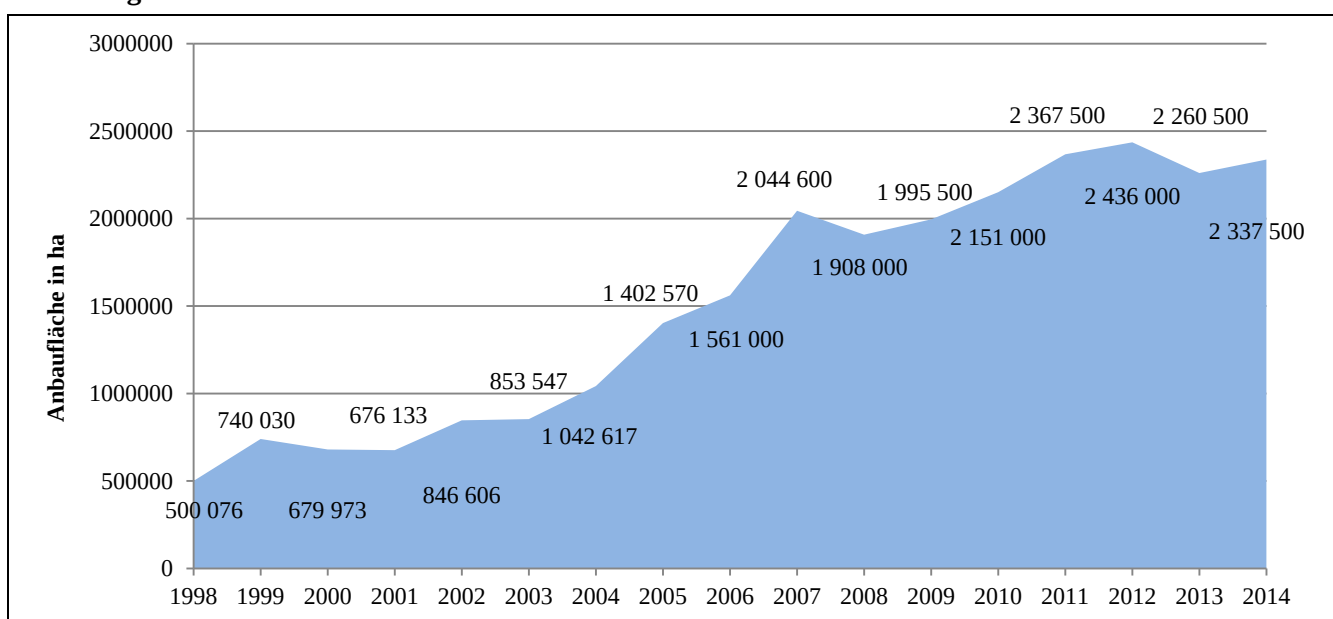
dieser Entwicklung konnten 2013 bereits 149,6 Mio. t CO₂ eingespart werden. Dabei entfielen rund 71,4 % auf die Stromerzeugung, 24,3 % auf die Wärmebereitstellung und 4,4 % auf die Biokraftstoffe (BMWi, 2014a).

Von den 319,6 TWh, die erneuerbare Energien 2013 zum Endenergieverbrauch beisteuerten, entfielen rund 61 % (186,5 tWh; 2012: 205,5 TWh) auf die Nut-

zung von Biomasse (Abbildung 2). Bei der Stromerzeugung (150,9 TWh) rangieren Windkraft (51,7 TWh), Biomasse (inklusive biogener Anteil des Abfalls; 45,5 TWh) und Wasserkraft (20,8 TWh) auf den ersten Plätzen. Im Bereich der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien (134,4 TWh) entfallen rund 86,7 % auf die Biomassenutzung (BMWi, 2014a).

Die erneuerbaren Energien haben sich in Deutschland zu einem bedeutenden Wirtschaftsfaktor entwickelt. Im Jahr 2013 wurden rund 16,3 Mrd. € in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien investiert. Aufgrund des deutlich gebremsten Ausbaus der Photovoltaik war dies ein Rückgang um knapp 20 % gegenüber dem Vorjahr (20,2 Mrd. €). Im Zuge dieser Entwicklung haben sich auch die Investitionsschwerpunkte verschoben. Machte die Photovoltaik in den Vorjahren noch jeweils deutlich mehr als die Hälfte der Gesamtinvestitionen aus, so war es 2013 gerade noch rund ein Viertel. Auf die Windenergie entfällt nunmehr mit 43 % der mit Abstand größte Anteil. Weiter angestiegen sind hingegen die Umsätze aus dem Betrieb der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Diese Umsätze machten im Jahr 2013 insgesamt 15,2 Mrd. € aus, was einer Steigerung von rund 6 % gegenüber dem Vorjahr (14,3 Mrd. €) entsprach (BMWi, 2014b).

Abbildung 3. Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland



Anbaufläche für 2014 geschätzt
Quelle: FNR (2014a)

Der gebremste Photovoltaikausbau hatte auch personelle Konsequenzen. So sank die Anzahl der Arbeitsplätze in diesem Bereich 2013 um rund 44 000 auf 56 000 Arbeitsplätze. Diese Arbeitsplatzverluste konnten nur teilweise durch einen Zuwachs im Bereich der Windenergie kompensiert werden. Insgesamt nahm die Anzahl an Beschäftigten im Bereich erneuerbarer Energien im Vergleich zum Vorjahr um 7 % auf 371 400 ab. Die weiteren Entwicklungen auf dem Arbeitsmarkt hängen wesentlich von der zukünftigen Ausgestaltung des EEG ab. Grundsätzlich wird ferner eine verstärkte Ausrichtung auf ausländische Märkte erwartet (AEE, 2014a; AGRAR EUROPE, 2014).

Weltweit gewannen die erneuerbaren Energien vor allem in der Stromproduktion weiter an Bedeutung; die Erzeugungskapazität konnte 2013 im Vergleich zum Vorjahr um mehr als 8 % auf rund 1 560 GW ausgebaut werden; davon entfallen 1 000 GW (+4 % zu 2012) auf die Wasserkraft, rund 318 GW auf die Windkraft, 139 GW auf Solar und 88 GW aus Biomasse. Für die Zukunft wird global ein fortgesetzter Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromproduktion prognostiziert. Liegt der Anteil der erneuerbaren Energien in China derzeit bei 9,2 %, lautet das Ausbauziel für 2020 15 %. Für Frankreich wird ein Ausbau von derzeit 13,7 % auf 23 % in 2020 und für die EU von derzeit 14,1 % auf 20 % erwartet. Die Investitionen in erneuerbare Energien waren 2013 rückläufig (214 Mrd. US \$; 2012: 294 Mrd. US \$). Gründe dafür waren u.a. Unsicherheiten bezüglich der Politikgestaltung in Europa und den USA, rückläu-

fige Subventionen in einigen Ländern sowie gesunkene Technologiekosten (AEE, 2014a; REN21, 2014).

3 Entwicklung der Biomasseerzeugung in Deutschland

3.1 Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion

Die Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe belief sich im Jahr 2014 nach ersten Schätzungen auf 2 337 500 ha (FNR, 2014a). Auf 14 % der 16,7 Mio. ha landwirtschaftlich genutzten Flächen in Deutschland wurden demnach nachwachsende Rohstoffe produziert. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe wurde somit wieder leicht ausgeweitet, nachdem er 2013 (2 260 500 ha) rückläufig war. Der Spitzenwert des Jahres 2012 (2 436 000 ha) wurde jedoch nicht erreicht, wie in Abbildung 3 zu erkennen ist.

Den flächenmäßig größten Anteil (54,3 %) unter den nachwachsenden Rohstoffen nehmen mit 1 268 000 ha die Energiepflanzen für die Biogasproduktion ein (Tabelle 1); davon entfallen 900 000 ha auf den Anbau von Maispflanzen. Auf über einem Drittel der deutschen Maisanbaufläche wird mittlerweile Biomasse zur Energiegewinnung produziert (FNR, 2014b), weshalb Raps nach Jahren an der Spitze nur noch die am zweithäufigsten angebaute Energie- bzw. Industriepflanze ist. Dies ist jedoch nicht nur auf die Ausdehnung der Anbaufläche für Energiemais, sondern auch auf den aufgrund der Besteue-

Tabelle 1. Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (ha)

Rohstoff		2010	2011	2012	2013	2014*	Anteil an NawaRo-Fläche 2014* (%)
Energiepflanzen	Raps für Biodiesel/Pflanzenöl	940 000	910 000	786 000	557 000	629 000	26,91
	Zucker/Stärke für Bioethanol	240 000	240 000	201 000	173 000	168 000	7,19
	Pflanzen für Biogas	650 000	900 000	1 158 000	1 250 000	1 268 000	54,25
	Sonstiges (u.a. Agrarholz, Miscanthus)	4 000	6 000	10 500	9 000	9 000	0,39
	Energiepflanzen insgesamt	1 834 000	2 056 000	2 155 500	1 989 000	2 074 000	88,73
Industriepflanzen	Industriestärke	160 000	160 000	121 500	101 500	100 500	4,30
	Industriezucker	10 000	10 000	10 000	10 500	10 500	0,45
	technisches Rapsöl	125 000	120 000	127 000	136 500	129 500	5,54
	technisches Sonnenblumenöl	8 500	8 500	7 500	7 000	7 000	0,30
	technisches Leinöl	2 500	2 500	4 000	3 500	3 500	0,15
	Pflanzenfaser	1 000	500	500	500	500	0,02
	Arznei- und Farbstoffe	10 000	10 000	10 000	12 000	12 000	0,51
Industriepflanzen insgesamt		317 000	311 500	280 500	271 500	263 500	11,27
NawaRo insgesamt		2 151 000	2 367 500	2 436 000	2 260 500	2 337 500	100,00

*vorläufige Schätzung
Quelle: FNR (2014a)

rung von Biodiesel und Pflanzenöl in den letzten Jahren zu beobachtenden Rückgang des Rapsanbaus zurückzuführen (AMMERMAN und MENGEL, 2011; GUENTHER-LÜBBERS et al., 2014b).

Die Anbaufläche von Industriepflanzen zur stofflichen Nutzung hat seit 2010 in kleinen Schritten stetig abgenommen. Für das Jahr 2014 wurde ein Anbaumumfang von 263 500 ha erwartet; die auf dieser Fläche angebauten Pflanzen wurden zum Großteil für die Produktion von technischem Rapsöl (129 500 ha) und Industriestärke (100 500 ha) eingesetzt. Die Industriepflanzen machen in Deutschland inzwischen nur noch 11,3 % der Produktion nachwachsender Rohstoffe aus.

3.2 Biomasse aus biogenen Reststoffen und Abfällen

Biogene Reststoffe (z.B. Wald-, Industrierestholz) und Abfälle (z.B. Grünabfälle) fallen bei anderweitiger Nutzung von Biomasse an. Sie bilden neben den Energiepflanzen eine wichtige Grundlage für die Energieproduktion aus Biomasse. Neben tierischen Exkrementen und Nebenprodukten der Lebensmittelproduktion werden in Deutschland unter anderem Klärschlamm, Grünabfälle, organische Haushaltsabfälle, Stroh und andere Erntereste sowie Alt- und Restholz zur Produktion von Strom und Wärme eingesetzt (BUNZEL et al., 2011; MÜHLENHOFF, 2013). Eine Umwandlung der Abfälle in Biokraftstoff ist ebenfalls möglich, gilt aber aufgrund der Stoffheterogenität als technisch anspruchsvoll und kostenintensiv (KERN und SPRICK, 2012).

Über 60 % des in Deutschland zur Verfügung stehenden Reststoffpotentials werden mittlerweile energetisch genutzt. Der Großteil davon entfällt auf diverse Formen von Energieholz, die verbrannt werden; nur ein vergleichsweise kleiner Teil der biogenen Reststoffe und Abfälle wird in Biogasanlagen anaerob vergoren (DROSSART und MÜHLENHOFF, 2013). Die zur Verfügung stehenden Potenziale an biogenen Reststoffen werden bislang in sehr unterschiedlichem Maße genutzt. Das Potential an Altholz ist mittlerweile weitgehend erschlossen, während tierische Fette aufgrund gesetzlicher Bestimmungen gar nicht eingesetzt werden. Im Bereich der tierischen Exkremente werden nur 10 bis 20 % des hohen zur Verfügung stehenden Potentials von jährlich 88 Petajoule (ca. 24,5 Mrd. kWh) ausgeschöpft. Das liegt an relativ hohen Investitionskosten gerade für kleinere Biogasanlagen, der aufwendigen Logistik sowie einer vergleichsweise geringen Akzeptanz etwa auf Seiten der

Biogasanlagenbetreiber (KRÖGER und THEUVSEN, 2013; KRÖGER et al., 2014; KRÖGER und THEUVSEN, 2014). Regional ist die Intensität der Nutzung tierischer Exkremente zur Energiegewinnung sehr unterschiedlich (BRÄSEL, 2013). Aktuell gehen Überlegungen dahin, tierische Exkremente aus viehdichten Regionen verstärkt in Biogasanlagen in Ackerbauregionen zu nutzen (GUENTHER-LÜBBERS et al., 2014a).

Der Einsatz von Wirtschaftsdüngern und Grünabfällen zur energetischen Verwendung ist mit erheblichen ökologischen Vorteilen, speziell durch Minderung der Emissionen klimarelevanter Gase, verbunden (WEGENER, 2006), während die Nutzung anderer Reststoffe auch negative Effekte mit sich bringen kann. Die Entnahme von Stroh und Restholz beispielsweise erfordert auch die Beachtung boden- bzw. waldökologischer Gesichtspunkte (MANTAU, 2012; MÜHLENHOFF, 2013).

3.3 Biomasse aus forstwirtschaftlicher Produktion

Deutschland verfügt über eine Waldfläche von 11,1 Mio. ha; dies sind 31 % der Gesamtfläche. Den größten Anteil daran hat mit 44 % (ca. 4,8 Mio. ha) der Privatwald; 34 % des Waldes befinden sich im Besitz von Bund und Ländern und die übrigen 22 % sind Körperschaftswald im Eigentum von Kommunen und Städten. Der jährliche Holzeinschlag überschreitet in Deutschland seit fast 200 Jahren nicht den Zuwachs, sodass das Grundprinzip der Nachhaltigkeit eingehalten wird. Zudem ist die deutsche Waldfläche seit 1992 durchschnittlich um 176 km² pro Jahr gewachsen. Der jährliche Zuwachsüberschuss (Differenz zwischen Holzzuwachs und Holzeinschlag) beträgt in Deutschland ca. 7,7 Mio. m³, wobei der größte Teil dieses Überschusses (5,6 Mio. m³) im Privatwald auf Flächen, die kleiner als 20 ha sind, zu finden ist (AEE, 2013; DROSSART und MÜHLENHOFF, 2013).

Holz wird in Deutschland energetisch für die Wärme- und die Stromproduktion genutzt, wobei seine Bedeutung zur Wärmeversorgung wesentlich höher ist. Zur Strom- und Wärmeproduktion aus Holz wird überwiegend Restholz eingesetzt, das bei der Ernte und Verarbeitung anfällt, wohingegen das Stammholz größten Teils stofflich – beispielsweise in der Möbelindustrie oder als Bauholz – verwendet wird. 2012 wurden 2 % (12,5 Mrd. kWh) des gesamten Stroms (625 Mrd. kWh) auf der Grundlage von Holz produziert, während die erneuerbaren Energien seinerzeit insgesamt einen Anteil an der Stromerzeugung von 22 % (136 Mrd. kWh) hatten. Die Wärmeversorgung

basierte im gleichen Jahr zu 7,8 % (107,5 Mrd. kWh) auf Holz. Insgesamt hatten die erneuerbaren Energien einen Anteil von 10,2 % (140,4 Mrd. kWh) an der gesamten Wärmeproduktion (1 375 Mrd. kWh). Holz hatte damit den weitaus größten Anteil (76,5 %) an der Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien (DBFZ, 2013a).

Insgesamt wird in ungefähr einem Viertel der deutschen Haushalte mit Holz geheizt, die damit das meiste Energieholz verbrauchen. Meist wird das Holz dazu in einer der rund 15 Mio. Einzelraumfeuerstätten, etwa Kaminen und Kachelöfen, verheizt. Der Einsatz von Holzzentralheizungen wie Scheitholz-, Hack-schnitzel- und Holzpellettheizungen hat in den letzten Jahren zwar zugenommen, doch liegt ihre Gesamtzahl mit ca. 900 000 noch auf einem relativ niedrigen Niveau (STATISTA, 2014). Über die Verfeuerung in deutschen Haushalten hinaus wird Energieholz auch in Holzheizungen von Gewerbe- und Industriebetrieben sowie in Holzkraftwerken eingesetzt. Holzkraftwerke produzieren durch die Kraft-Wärme-Kopplung thermische und elektrische Energie (BMELV, 2009; DROSSART und MÜHLENHOFF, 2013).

4 Energetische Verwendung von Biomasse

4.1 Entwicklung der Biogasproduktion

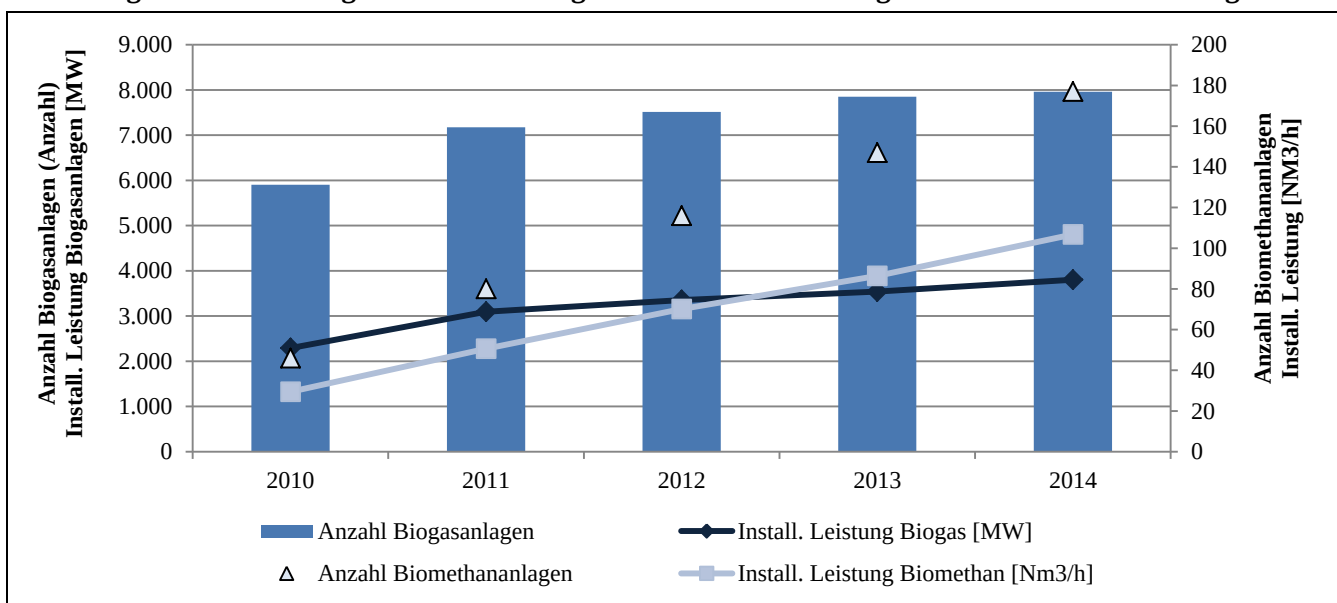
Ende 2013 waren bundesweit 7 850 Biogasanlagen am Netz; darunter befanden sich 147 Biomethananlagen (Abbildung 4). Aufgrund der jüngsten Novellie-

rung des EEG wurde für 2014 nur ein Zubau von rund 110 Biogasanlagen, davon 30 Biomethananlagen, erwartet. Dies ist ein deutlicher Rückgang gegenüber den Vorjahren (Abbildung 5). Die installierte Leistung der Biogasanlagen ist entsprechend nur geringfügig auf 3 804 MW_{el} angestiegen. Aufgrund der Novellierung des EEG im Jahr 2014 ist für die Zukunft eine weitere Stagnation des Anlagenzubaus zu erwarten (FNR, 2014c; FvB, 2014a). Im Jahr 2013 stammten rund 4,6 % des deutschen Stroms aus Biogasanlagen (BMWl, 2014a). Dies reichte nach Einschätzungen von Experten aus, um ca. 7,5 Mio. Haushalte zu versorgen und 16,8 Mio. t CO₂ einzusparen. Insgesamt waren 2013 rund 41 000 Personen in der Biogasbranche beschäftigt (FvB, 2014a).

Die regionale Verteilung der Biogasanlagen hat sich in den vergangenen Jahren kaum verändert. Die meisten Anlagen waren Ende 2013 weiterhin in Bayern (2 330) zu finden, gefolgt von Niedersachsen (1 480) und Baden-Württemberg (858). Eine andere Reihenfolge ergibt sich bei Betrachtung der durchschnittlichen Anlagengröße. Hier ist Mecklenburg-Vorpommern (696 KW_{el}/Anlage) Spitzenreiter vor Brandenburg (600 KW_{el}/Anlage) und Sachsen-Anhalt (568 KW_{el}/Anlage) (FvB, 2014a).

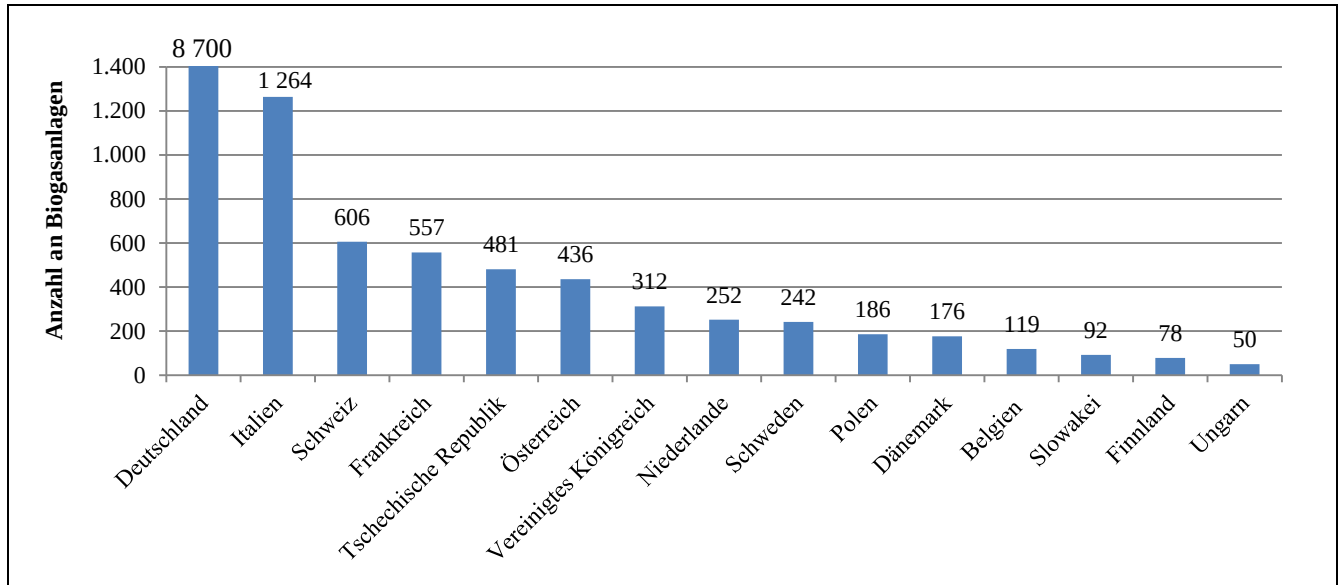
Der geringe Zubau an Biogasanlagen im Inland seit dem Jahr 2012 sowie die ungünstigen Aussichten für die Zukunft haben dazu geführt, dass immer mehr Biogasanlagenbauer ihr Augenmerk auf die internationalen Märkte richten. Dabei wird vor allem die Expansion in die Länder vorangetrieben, in denen ein erheblicher Zubau von Biogasanlagen erwartet wird.

Abbildung 4. Entwicklung der Zahl der Biogas- und Biomethananlagen mit installierter Leistung



Quelle: eigene Darstellung nach FvB (2014a) und FNR (2014c)

Abbildung 6. Anzahl der Biogasanlagen in Europa 2012 (Deutschland: anderer Maßstab)



Quelle: eigene Darstellung nach EBA (2014)

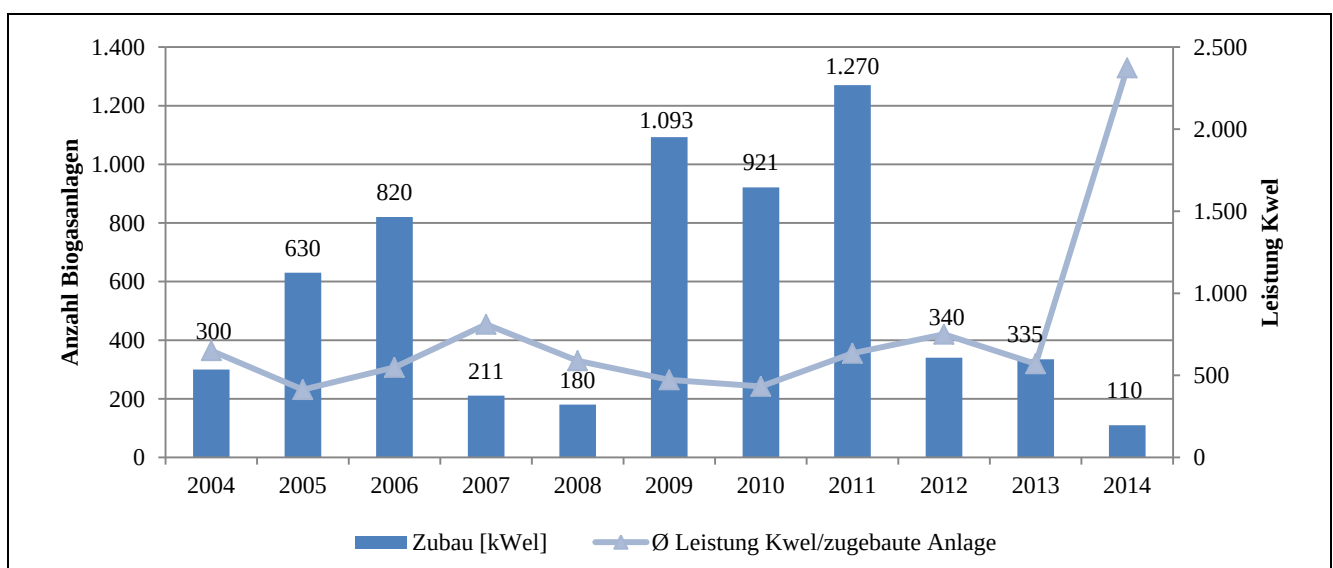
Große Potentiale werden in Osteuropa, Nordamerika und Asien, aber seit der Vereinfachung der Genehmigungsverfahren im Jahr 2011 auch in Frankreich und Polen gesehen (DBFZ, 2014a).

Nach Angaben der European Biogas Association (EBA, 2014) gab es im Jahr 2012 europaweit insgesamt rund 13 800 Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 7 400 MW_{el} (Abbildung 6). Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Gegensatz zu Deutschland im Ausland die Mehrheit der Biogasanlagen als Biomethaneinspeiseanlagen betrieben wird (DANY, 2013).

4.2 Entwicklung der Biokraftstoffproduktion

2013 wurden in Deutschland rd. 54 Mio. t Kraftstoffe (2012: 53 Mio. t) verbraucht. Biogene Kraftstoffe hatten daran einen Anteil von 3,45 Mio. t; gegenüber 2012 (3,8 Mio. t) bedeutet dies einen Rückgang um rund 9 %. Biodiesel ist mit einem Anteil von 51,4 % (1,8 Mio. t) weiterhin der wichtigste Biokraftstoff in Deutschland, gefolgt von Bioethanol mit rund 1,2 Mio. t (35 %). Pflanzenöl (ca. 1 000 t) hat seine zwischenzeitlich erlangte Bedeutung als Kraftstoff

Abbildung 5. Entwicklung der Zahl und der durchschnittlichen Größe neu errichteter Biogasanlagen in Deutschland



Quelle: eigene Berechnungen nach FvB (2014a)

weitgehend wieder eingebüßt (FNR, 2014d). Ein Ausbau der Biokraftstoffproduktion wäre angesichts nur teilweise ausgelasteter Produktionskapazitäten – bei Biodiesel zum Beispiel betrug die Auslastung 2013 nur knapp 66 % (FNR, 2014d) – jederzeit möglich, ist aber unter den gegenwärtigen politischen Rahmenbedingungen (u.a. der geltenden Biokraftstoffquote) nicht zu erwarten (AEE, 2014b; SCHMITZ, 2012). Der Umsatz aus dem Betrieb von Biokraftstoffanlagen belief sich im Jahr 2013 auf rd. 3,7 Mrd. €; dies waren 24,3 % der mit erneuerbare Energien-Anlagen erzielten Umsätze (FNR, 2014d). Insgesamt waren in der Biokraftstoffbranche zuletzt 25 600 Personen beschäftigt (O’SULLIVAN et al., 2014).

Zu einer Stabilisierung der zuletzt mit Absatzeinbrüchen konfrontierten deutschen Biokraftstoffbranche wird das im Oktober 2014 verabschiedete Gesetz zur Neuordnung der Förderung von Biokraftstoffen beitragen. Es verpflichtet die Mineralölindustrie ab 2015 dazu, den Treibhausgasausstoß von Benzin und Diesel durch den Einsatz von Biokraftstoffen um mindestens 3,5 % zu verringern (AEE, 2014b). Um dieses Ziel zu erreichen, werden die Mineralölunternehmen den Anteil an Biokraftstoffen erhöhen müssen. Der Preis von Biokraftstoffen wird in der Folge ab 2015 wesentlich durch ihr Potenzial zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beeinflusst werden, sodass die Biokraftstoffhersteller zukünftig stärker im Wettbewerb miteinander stehen werden (VDB, 2014c).

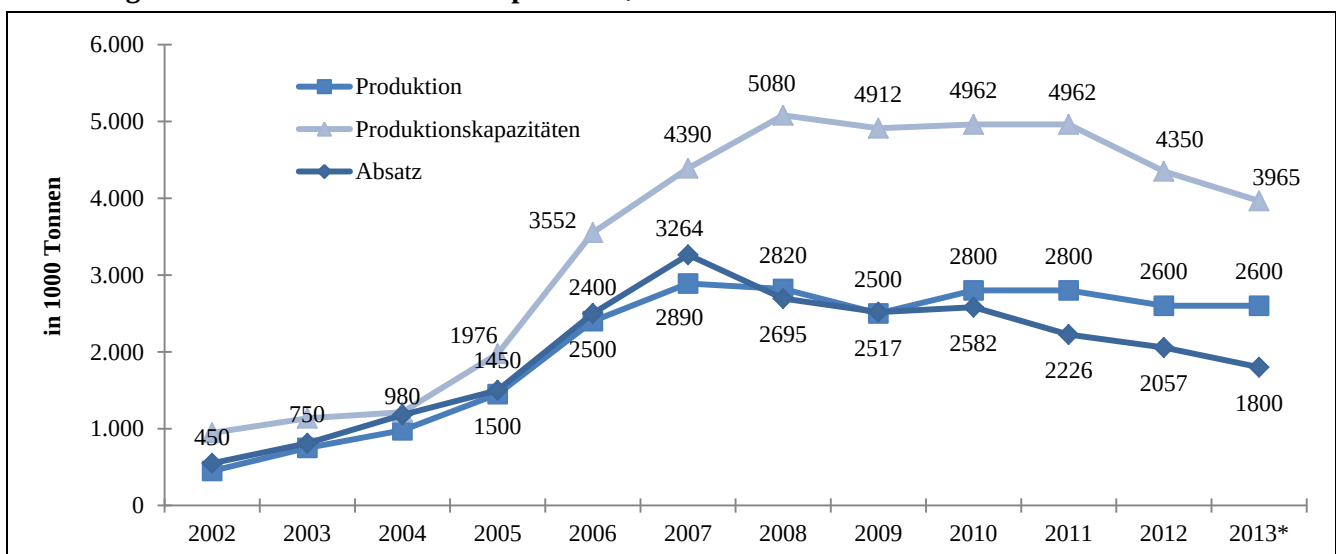
Laut Prognose des International Grains Council (IGC) stehen aufgrund guter Ernten im Wirtschaftsjahr 2014/15 weltweit rund 153 Mio. t Getreide für die

Biokraftstoffproduktion zur Verfügung. Der Anteil von Biokraftstoffen an der Nutzung der Weltgetreideernte bleibt mit rd. 6 % weitgehend konstant (AEE, 2014c). Für die Zukunft rechnen Branchenexperten unter anderem aufgrund unklarer politischer Vorgaben, steigender Nachhaltigkeitsanforderungen, günstiger Importe (so z.B. 2012 von Biodiesel aus Indonesien und Argentinien), eines sinkenden Kraftstoffbedarfs sowie einer insgesamt mangelnden Rentabilität der Anlagen mit einer Stagnation oder sogar einem weiteren Rückgang der Biokraftstoffproduktion in Europa (F.O. LICHT, 2013a, 2013b; EUROSERVER, 2013). Mit Blick auf die weltweite Produktion von Biokraftstoffen wird trotz steigender Unsicherheiten bezüglich der Biokraftstoffpolitiken, ungewisser makroökonomischer Rahmenbedingungen sowie des Rückgangs der Rohölpreise mit einem deutlichen Wachstum der Biokraftstoffproduktion gerechnet. Bis 2020 sollen 12 % des Futtergetreides und 33 % der Weltzuckerproduktion für die Ethanolherstellung bereitgestellt sowie rd. 16 % der pflanzlichen Öle für die Biodieselproduktion verwendet werden (SCHMITZ, 2012).

4.2.1 Biodieselproduktion

In 2013 betrug die Biodieselproduktion in Deutschland – wie bereits 2012 – 2,6 Mio. t; sie lag damit deutlich unter dem Niveau von 2011 mit 2,8 Mio. t. Gleichzeitig verringerten sich die Produktionskapazitäten weiter von 4,4 Mio. t in 2012 auf knapp 4 Mio. t in 2013. Der Absatz sank weiter von rd. 2 Mio. t (2012) auf knapp 1,8 Mio. t in 2013 (FNR, 2014d; VDB, 2014a) (Abbildung 7).

Abbildung 7. Biodiesel: Produktionskapazitäten, Produktion und Absatz in Deutschland



* vorläufige Schätzungen

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an FNR (2014d)

In Europa konnte einschließlich hydrierter Pflanzenöle (hydrotreated vegetable oils; HVO) ein Anstieg der Biodieselproduktion von rd. 8,6 Mio. t (2012) auf 9,2 Mio. t (2013) und damit insgesamt eine Stabilisierung der Branche beobachtet werden (UFOP, 2014; EUROSERVER, 2014; F.O. LICHT, 2013b). Führend in der europäischen Biodieselproduktion waren 2013 nach wie vor Deutschland (2,7 Mio. t), Frankreich (1,8 Mio. t), Polen, Spanien und die Niederlande (je 0,6 Mio. t) sowie Italien (0,5 Mio. t). Aktuell liegen die Produktionskapazitäten für Biodiesel in der EU bei etwa 20,4 Mio. t; sie sind im Vergleich zum Vorjahr (23,6 Mio. t) weiter gesunken (UFOP, 2014).

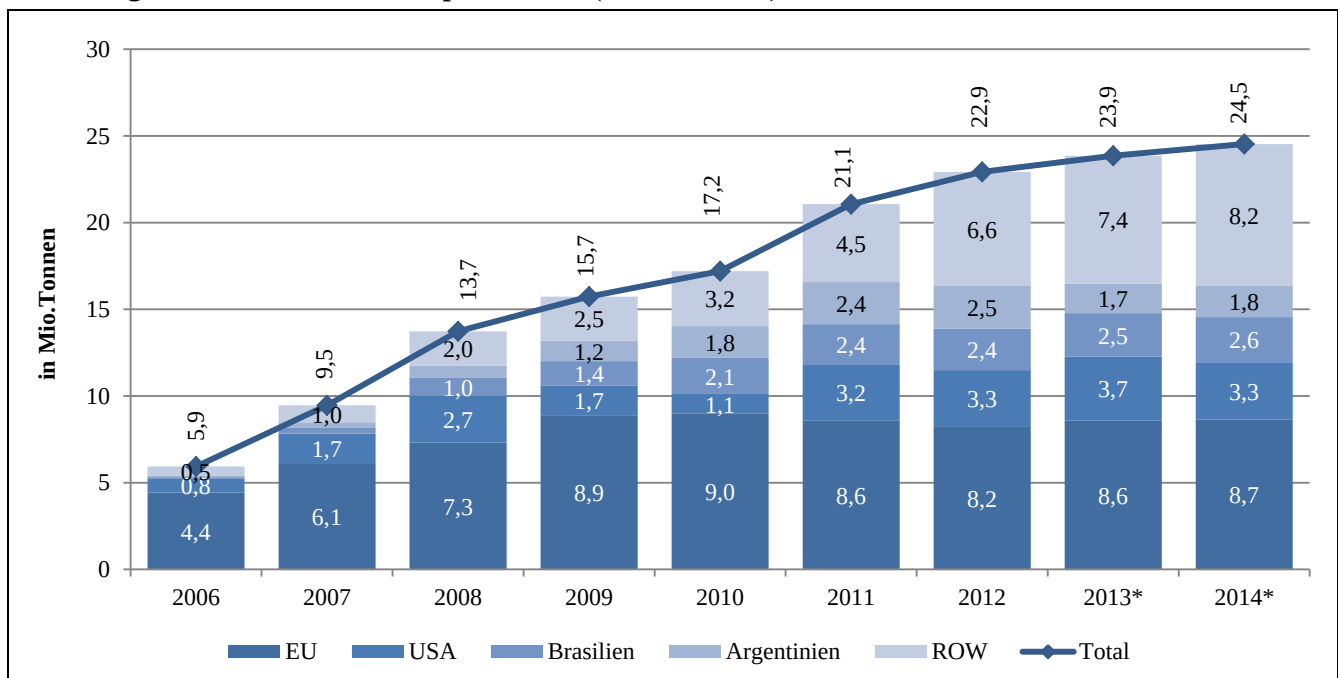
Weltweit stieg 2013 die Biodiesel- einschließlich der HVO-Produktion um weitere 4 % von 22,9 auf 23,9 Mio. t (Abbildung 8). Neben der EU mit einer Produktionsmenge von 8,6 Mio. t waren 2013 die USA mit 3,7 Mio. t (2012: 3,3 Mio. t), Brasilien mit 2,5 Mio. t (2012: 2,4 Mio. t), Argentinien mit 1,7 Mio. t (2012: 2,5 Mio. t) und Indonesien mit 1,7 Mio. t (2012: 1,6 Mio. t) die größten Biodieselproduzenten (F.O. LICHT, 2013a). Ein erheblicher Teil der argentinischen und der indonesischen Produktion wird dabei in die EU exportiert, während die brasilianische Produktion fast ausschließlich für den heimischen Markt bestimmt ist (GUENTHER-LÜBBERS et al., 2014b). Nach ersten Schätzungen wird die weltweite Produktion von Biodiesel 2014 weiter leicht auf 24,5 Mio. t ansteigen. Die Produktion wird dabei vor

allem im südostasiatischen Raum ausgebaut werden (F.O. LICHT, 2013a).

4.2.2 Bioethanolproduktion

Im Jahr 2013 konnte in Deutschland die Bioethanolproduktion um 8,8 % bzw. 59 000 t auf 672 000 t ausgeweitet werden (FNR, 2014d). 2013 wurden für die Erzeugung von Bioethanol 404 952 t Futtergetreide (+12,8 %) und 267 074 t Industrierüben (+9,6 %) eingesetzt (BDBE, 2014). Die Gesamtjahreskapazität der deutschen Bioethanolanlagen liegt nach wie vor bei ca. 1,0 Mio. t (FNR, 2014d). Der Absatz belief sich in Deutschland in 2013 dagegen auf 1,2 Mio. t und ist damit um 43 000 t gesunken. Die wichtigste Verwendung von Bioethanol in Deutschland stellt die Beimischung zu Benzin für die Kraftstoffsorten E5 und E10 dar, gefolgt von der Verwendung als Benzinadditiv ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether), dessen Verbrauch von 141 676 t auf 154 480 t anstieg (+9,0 %) (BDBE, 2014; FNR, 2014d). Die Differenz zwischen Verbrauch und Produktion von Ethanol wird vorrangig durch Importe aus Frankreich, Spanien und den Niederlanden ausgeglichen (GUENTHER-LÜBBERS et al., 2014b). Aufgrund der Erweiterung des Spektrums der verfügbaren Ausgangsstoffe und der Erhöhung der ökologischen Nachhaltigkeit gehen Experten davon aus, dass die Ethanolproduktion in Deutschland in den nächsten Jahren weiter ausgedehnt werden wird (BDBE, 2014; EUROSERVER, 2014; F.O. LICHT,

Abbildung 8. Weltweite Biodieselproduktion (2006 bis 2014)



*vorläufige Schätzung inklusive HVO

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an F.O. LICHT (2013a)

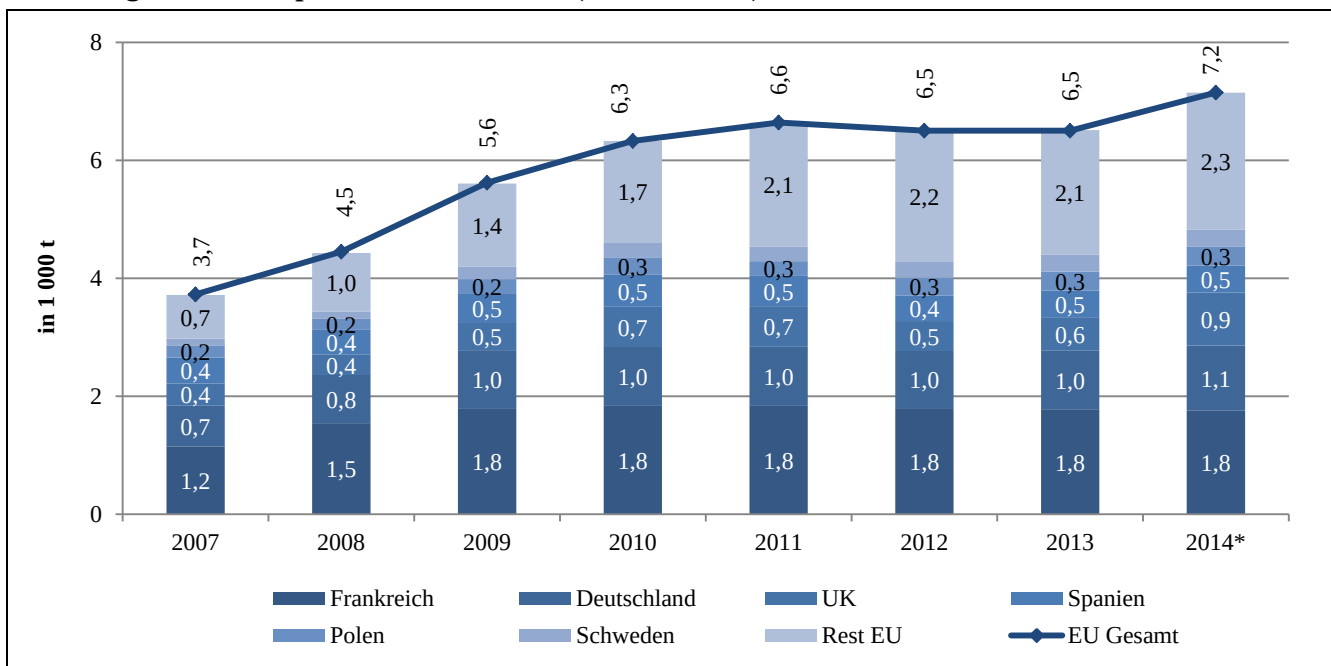
2013b). Trotzdem stellt sich die Situation für deutsche Hersteller aber nach wie vor als schwierig dar. Neben zwischenzeitlich gestiegenen Kosten für Agrarrohstoffe müssen sich die Produzenten mit steigenden Importen auseinandersetzen (VDB, 2014b). Durch eine positive Entwicklung von Super E10 kann Bioethanol jedoch zukünftig weitere Marktanteile gewinnen. Aufgrund der Umstellung der Energie- auf eine Treibhausgasminderungsquote im Jahr 2015 erwarten Experten, dass sich die hohen CO₂-Einsparungen von Bioethanol positiv auf den Preis und die Nachfrage auswirken (BDBE, 2014).

Die Bioethanolproduktion in der EU erreichte nach ersten Prognosen im Jahr 2014 rund 7,2 Mrd. l (Abbildung 9). Frankreich ist mit 1,8 Mrd. l weiterhin größter Produzent vor Deutschland mit 1,1 Mrd. l, Großbritannien mit 900 Mio. l und Spanien mit 460 Mio. l. Die Ausdehnung der Produktion gegenüber 2013 (6,5 Mrd. l) ist in erster Linie auf die Entwicklung in Deutschland und Großbritannien zurückzuführen (F.O. LICHT, 2013b; EUROSERVER, 2014, 2013). Insgesamt hängt die Zukunft der europäischen Ethanolproduktion – wie schon bisher – entscheidend von den politischen Rahmenbedingungen ab. In seiner umfassenden Szenarioanalyse unter Berücksichtigung politischer, wirtschaftlicher, technischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen hat ANSCHÜTZ (2014) frühere Prognosen zur mittelfristigen Entwicklung des europäischen Ethanolmarktes deutlich nach

unten korrigiert.

Nach zehn Jahren kontinuierlichen Wachstums stagnierte die Welt-Ethanolproduktion in den letzten vier Jahren bei Werten zwischen 102 und 109 Mrd. l (Abbildung 10). Führende Produzenten sind die USA mit 53,5 Mrd. l und Brasilien mit 28,0 Mrd. l. Die europäische Produktion liegt bei rd. 7,2 Mrd. l (F.O. LICHT, 2013b). Zuletzt dehnten die USA aufgrund einer lang anhaltenden Dürreperiode und zwischenzeitlich stark gestiegener Preise für Agrarrohstoffe ihre Produktion nicht weiter aus. China ist mit einer Menge von 7,4 Mrd. l (2013: 7,0 Mrd. l) mittlerweile der drittgrößte Ethanolproduzent der Welt; ferner sind im asiatischen Raum noch Indien mit 2,5 Mrd. l sowie Thailand mit 1,2 Mrd. l bedeutende Erzeugerländer. Experten attestieren dem asiatischen Markt nach wie vor die größten Wachstumspotentiale (F.O. LICHT, 2013b). Trotzdem werden laut aktuellen Prognosen bis 2020 die USA vor Brasilien größter Produzent und Nachfrager von Ethanol bleiben. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Importbedarf der USA im Prognosezeitraum ansteigen wird, während Brasilien seine Ethanolexporte weiter erhöhen wird (SCHMITZ, 2012). Allerdings wird abzuwarten bleiben, wie sich der jüngste starke Ölpreisverfall, der selbst in neuen Untersuchungen zur Entwicklung der Ethanolproduktion (z.B. ANSCHÜTZ, 2014) nicht in dieser Form berücksichtigt wurde, auswirken wird.

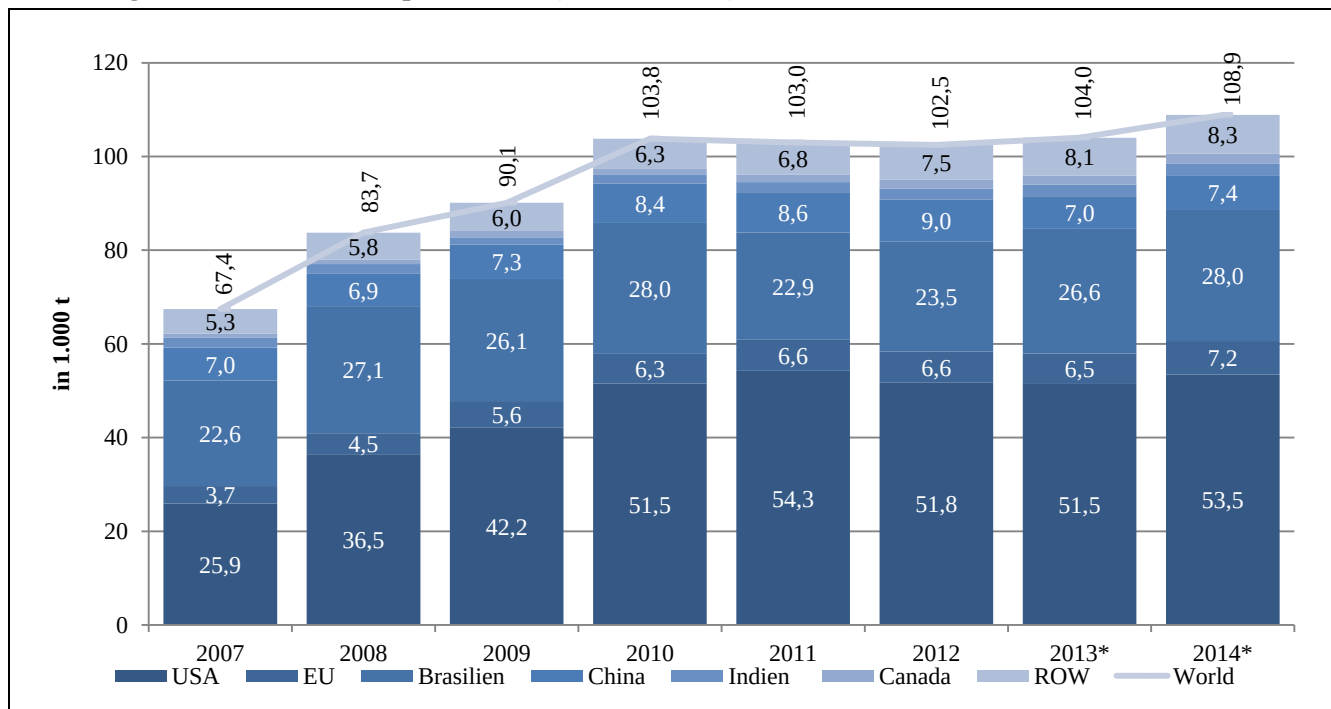
Abbildung 9. Ethanolproduktion in der EU (2007 bis 2014)



*vorläufige Schätzung; Angaben gerundet

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an F.O. LICHT (2013b)

Abbildung 10. Globale Ethanolproduktion (2007 bis 2014)



*vorläufige Schätzung; Angaben gerundet

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an F.O. LICHT (2013b)

4.3 Strom- und Wärmeerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen

Als biogene Festbrennstoffe werden nicht-fossile, organische Stoffe bezeichnet, die zum Zeitpunkt der ersten energetischen Nutzung in fester Form vorhanden sind. Zu diesen Stoffen gehören feste Biomassen, etwa Holz, sowie Neben- und Restprodukte der land- und forstwirtschaftlichen Erzeugung. Auch in Industrie und Gewerbe fallen nach einer vorherigen stofflichen Nutzung zum Teil biogene feste Reststoffe an (z.B. Bau- und Verpackungsholz) (HARTMANN, 2005). Eine Klassifizierung und Einordnung der einzelnen biogenen Feststoffe erfolgt meist nach deren Herkunft. KALTSCHMITT et al. (2009) unterscheiden zwischen holzartigen Brennstoffen, Halmgut und krautartigen Brennstoffen, Biomasse von Früchten sowie definierten und undefinierten Mischungen. Im Folgenden liegt der Fokus auf dem Rohstoff Holz, der entweder in Form von Energiehölzern auf landwirtschaftlichen Nutzflächen kultiviert wird (WOLBERT-HAVERKAMP, 2012), im Zuge der Waldbewirtschaftung gewonnen wird oder als Alt- und Restholz anfällt sowie Halmgut und krautartiger Biomasse, die größtenteils von landwirtschaftlichen Nutzflächen stammt. Die biogenen Festbrennstoffe werden – außer in privaten Haushalten – in der Regel über ein Kraft-Wärme-

Kopplungsverfahren sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung eingesetzt.

Im Jahr 2013 hatte die Stromerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen einen Anteil von 8,3 % (2012: 8,1 %; 2011: 9,2 %) an der Gesamtstrombereitstellung durch erneuerbare Energien. Nach einem deutlichen Rückgang im Vorjahr ist 2013 die Erzeugung wieder auf ca. 12,5 TWh angestiegen (Abbildung 11). Da nach der Novellierung des EEG 2012 deutlich weniger Biogasanlagen zugebaut wurden (FvB, 2014b), konnten die biogenen Feststoffe 2013 ihren Anteil an der Stromerzeugung aus Biomasse nach Jahren des Rückgangs bei 26,5 % stabilisieren (BMU, 2011, 2013, 2014).

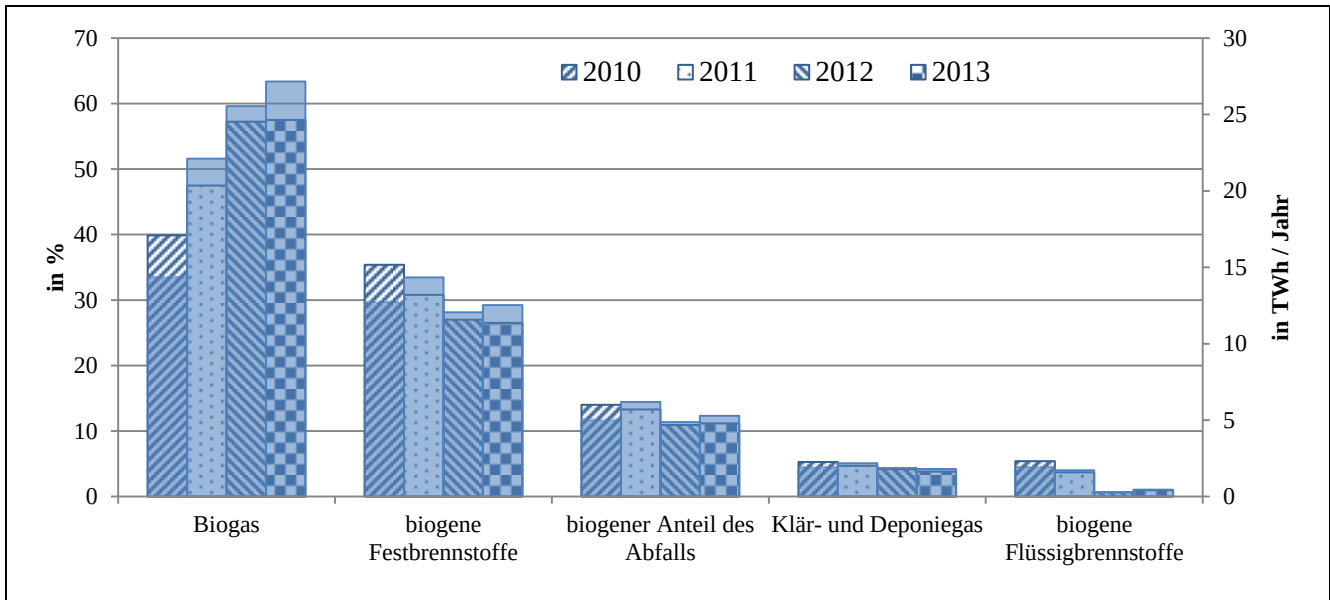
Neben elektrischer Energie wird aus erneuerbaren Energiequellen auch Wärmeenergie erzeugt. Im Jahr 2013 hatten die biogenen Festbrennstoffe einen Anteil von 76,7 % an der Gesamtwärmebereitstellung aus erneuerbaren Energiequellen (2012: 81,1 %; 2011: 74 %) (BMU, 2013, 2014). Der weitaus größte Teil der Wärmebereitstellung aus Biomasse wie auch aus fester Biomasse erfolgt in privaten Haushalten (2013: 55,4 %; 2012: 58,8 %). Weitere 23,5 % (2012: 23,7 %) der Wärmeerzeugung entfallen auf industrielle Anlagen und dezentrale Heizkraftwerke. Insgesamt lässt sich in Abbildung 12 erkennen, dass die prozentualen Anteile der einzelnen Energieträger 2013 keine

großen Veränderungen gegenüber 2012 aufweisen. Die bereitgestellten Wärmemengen sind leicht angestiegen; dies war hauptsächlich dem Witterungsverlauf des Jahres 2013 geschuldet (BMU, 2014).

Im vergangenen Jahrzehnt ist die dezentrale Wärmeerzeugung in privaten Haushalten stark ausge-

baut worden. Die Wärmebereitstellung erfolgt mit Holz-Zentralheizungen (Scheitholz-, Pellet- oder Hack-schnitzanlagen) oder in alternativen Heizanlagen wie offenen Kaminen oder Kaminöfen. Zum Ende des Jahres 2014 sollten laut DEPI (2014) alleine 368 500 Pelletkessel und Pelletkaminöfen, darunter 10 500 mit

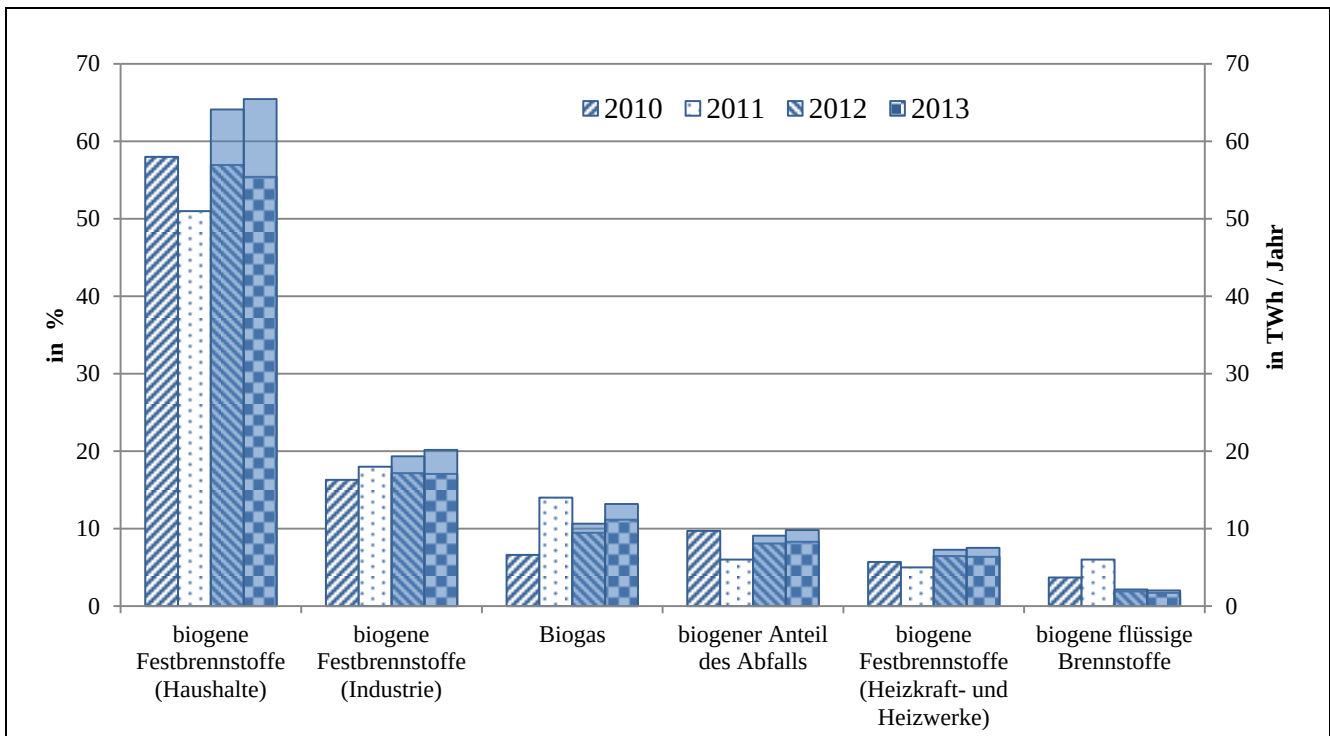
Abbildung 11. Stromerzeugung aus Biomasse in Deutschland (2010 bis 2013)



(Musterfüllung: Anteile an der Stromerzeugung aus Biomasse; blaue Füllung: produzierte Strommenge in TWh)

Quelle: eigene Berechnung nach BMU (2011, 2013, 2014)

Abbildung 12. Wärmeerzeugung aus Biomasse in Deutschland (2010 bis 2013)



(Musterfüllung: prozentualer Anteil an der Wärmebereitstellung aus Biomasse; blaue Füllung: bereitgestellte Wärmemenge in TWh in 2012 und 2013)

Quelle: eigene Berechnung nach BMU (2011, 2013, 2014)

über 50 kW_{th} Leistung, in Deutschland installiert sein. Insgesamt waren zu Beginn des Jahres 2014 deutschlandweit ca. 900 000 Biomassebrennkessel zur Wärmeerzeugung in privaten und gewerblichen Gebäuden in Betrieb; dem stehen ca. 15 Mio. Gasheizkessel und etwa 6 Mio. Ölheizkessel gegenüber (STATISTA, 2014). Die zur Wärmebereitstellung im privaten Bereich eingesetzten Holzmengen und -arten sind nur sehr schwer zu erfassen. Der Holzeinschlag findet vielfach durch Privatpersonen in Privatwäldern statt, sodass genaue Aufzeichnungen fehlen (BUNZEL et al., 2011).

Um diese Einschlagmengen, vor allem aber auch die schwer zu erfassenden Holzvorräte in den zahlreichen kleineren Privatwäldern (<20 ha) in Deutschland besser einschätzen zu können, sind 2014 die Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur veröffentlicht worden. Eine zentrale Aussage ist, dass die Kleinprivatwälder über bislang noch wenig genutzte Potentiale an Holz sowohl zur stofflichen als auch zur energetischen Nutzung verfügen. Größere private Wälder (>20 ha) sowie Landes- und Staatsforsten werden dagegen bereits dem jährlichen Zuwachs entsprechend nachhaltig intensiv bewirtschaftet. Unter Orientierung am internationalen Holzmarkt wird dabei in erster Linie eine stoffliche Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz angestrebt; daneben steht die thermische Nutzung von Rest- und Abfallholz im Fokus (BMEL, 2014).

Im Jahr 2013 waren in Deutschland ca. 640 Biomasse(heiz)kraftwerke (2012: ca. 510 Anlagen) einschließlich thermo-chemischer Holzvergaser mit einer elektrischen Leistung von insgesamt 1 537 MW_{el} installiert. Bis zum Ende des Jahres 2014 wurde mit einem weiteren Zubau solcher Anlagen gerechnet, sodass sich dann etwa 700 Anlagen in Betrieb befinden sollten (DBFZ, 2014b). Der seit der Einführung des EEG stete Zubau derartiger Anlagen setzte sich damit fort. Während in früheren Jahren überwiegend Anlagen mit einer hohen elektrischen Leistung $\geq 0,5$ MW_{el} und vor allem auch ≥ 5 MW_{el} errichtet worden sind und damit ein hoher jährlicher Zubau an elektrischer Leistung stattgefunden hat, sind in den Jahren 2010 bis 2014 vermehrt kleinere Anlagen $\leq 0,5$ MW_{el} und vor allem $\leq 0,15$ MW_{el} errichtet worden (DBFZ, 2013b).

Die Energieerzeugung in solchen Biomasseheizkraftwerken findet regional in sehr unterschiedlichem Maße statt. Während in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg deutlich größere Anlagen (≥ 1 MW_{el}) im Einsatz sind, werden in Bayern und

Baden-Württemberg viele Anlagen mit einer geringen elektrischen Leistung betrieben (DBFZ, 2014b). Die kleineren Anlagen werden oft zur privaten Wärmegegewinnung genutzt, während die größeren Anlagen vielfach in Verbindung zur Zellstoff- und Holzverarbeitenden Industrie stehen, um den prozessbedingten Wärmebedarf zu decken und gleichzeitig anfallende Rest- und Abfallprodukte sinnvoll zu verwerten. Weitere Großanlagen werden von lokalen Energieversorgern oder kommunalen Abfallwirtschaftsbetrieben zur Fernwärme- und Stromerzeugung betrieben, um bspw. Landschaftspflegematerial und biogene feste Abfallstoffe wirtschaftlich sinnvoll energetisch verwerten zu können.

5 Wirtschaftsdüngereinsatz in Biogasanlagen

Ende 2013 gab es in Deutschland rund 7 850 Biogasanlagen mit einer installierten Anlagenleistung von 3 543 MW_{el} (FvB, 2014a). Ein Großteil der Anlagen vergärt entweder ausschließlich nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) oder NawaRo kombiniert mit Wirtschaftsdüngern. Während in viehreichen Regionen regelmäßig Wirtschaftsdünger in Form von Gülle oder Geflügelmist (Hühnertrockenkot oder Hähnchenmist) in Biogasanlagen eingesetzt werden, besteht in Ackerbauregionen der Substrateinsatz primär aus nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere Mais (KOMPETENZZENTRUM 3N, 2012). In Ackerbauregionen ist daher noch ein erhebliches Potential für den Einsatz von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen zu erkennen. Die Nutzung von Wirtschaftsdüngern aus viehdichten Regionen in Biogasanlagen in Ackerbauregionen erfolgt in der Praxis jedoch nur sehr selten, obwohl dies sowohl für die viehhaltenden Betriebe als auch für die Biogasanlagenbetreiber eine interessante Option darstellt. Für viehhaltende Betriebe ist relevant, dass durch die Abgabe von Wirtschaftsdüngern an Biogasanlagen der betriebliche Nährstoffanfall reduziert werden kann. Auch auf regionaler Ebene könnten auf diese Weise die oftmals erheblichen Nährstoffüberschüsse (WÜSTHOLZ, 2014) reduziert werden. Durch eine Doppelnutzung der Wirtschaftsdünger – zunächst als Biogassubstrat und anschließend als Substitut für Mineraldünger – kann der Wert der Wirtschaftsdünger und deren Transportwürdigkeit gesteigert werden. Für die Biogasanlage wiederum hat der Einsatz von Wirtschaftsdüngern den Vorteil, dass beispielsweise die Kovergärung von Gülle und nach-

wachsenden Rohstoffen einen positiven Einfluss auf den Fermentationsprozess hat (AMON, 2003). Ferner kann möglicherweise der Güllebonus aus dem EEG 2009 aktiviert, der Flächenbedarf der Anlage gesenkt und der Bedarf an mineralischem Dünger reduziert werden.

Werden Wirtschaftsdünger erstmals in einer bis dato allein auf NawaRo-Basis betriebenen Biogasanlage eingesetzt, hat dies in der Regel weitreichende Auswirkungen. Daher wurde in einer Studie von GUENTHER-LÜBBERS et al. (2014a) der Einsatz von Wirtschaftsdüngern in einer bestehenden, bisher nur mit nachwachsenden Rohstoffen betriebenen Biogasanlage unter rechtlichen und ökonomischen Aspekten untersucht. Um unterschiedliche Formen und Arten des Wirtschaftsdüngereinsatzes betrachten und vergleichen zu können, wurde eine Szenarioanalyse durchgeführt.

Wenn erstmalig Wirtschaftsdünger in einer Biogasanlage eingesetzt werden sollen, sind bau-, veterinär- und transportrechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Nach GUENTHER-LÜBBERS et al. (2014a) sind bei den baurechtlichen Anforderungen insbesondere das Baugesetzbuch (BauGB) und das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) von Bedeutung. Aus veterinärrechtlicher Sicht sind das Tierische Nebenprodukte Beseitigungsgesetz (TierNebG), das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) und damit verbunden die Bioabfallverordnung zu beachten. Abhängig davon, ob die eingesetzte Gülle als Bioabfall oder tierisches Nebenprodukt eingestuft wird, ergeben sich für die Biogasanlage unterschiedliche Konsequenzen in Bezug auf Registrierungspflicht, Lagerdauer oder Grenzwerte zur Ausbringung der Gärreste auf landwirtschaftlichen Flächen. Beim überregionalen Transport von Wirtschaftsdüngern ist die Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdüngern (WDüngV) von Bedeutung, die ergänzend zur Düngemittelverordnung (DüMV) und Düngeverordnung (DüV) einzuhalten ist.

In einer Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde die Umstellung einer bestehenden NawaRo-Anlage in einer Ackerbauregion, die bisher keine Wirtschaftsdünger einsetzt, diese aber aus einer viehdichten Region beziehen kann, betrachtet. Die weiteren Überlegungen gehen von folgenden Annahmen aus: Die Biogasanlage ging 2005 ans Netz und unterliegt somit dem EEG 2004. Die installierte elektrische Leistung beträgt $2 \times 300 \text{ kW}_{\text{el}}$, wobei angenommen wird, dass die beiden Blockheizkraftwerke als eigenständige Anlagen betrieben werden. Die jährlich erzeugte

Wärmeenergie beträgt $5\,120 \text{ MWh}$, die erzeugte elektrische Energie $5\,086 \text{ MWh}$. Hauptfermenter und Nächgärer umfassen $4\,400 \text{ m}^3$. Die durchschnittliche Verweilzeit beläuft sich auf 134 Tage; das Gärrestlager hat ein Volumen von $4\,500 \text{ m}^3$. Die anfallende Wärmeenergie dient zur Trocknung von Getreide, Körnermais und Scheitholz. Für die Trockenfermentation erhält die Anlage den Technologie-Bonus (TF-Bonus) nach dem EEG 2004. Der Substrateinsatz umfasst $8\,040 \text{ t}$ Maissilage, je $1\,800 \text{ t}$ Getreide-Ganzpflanzensilage und Zuckerrüben sowie 360 t Getreidekörner. Die betrachteten Szenarien sind: (1) Einsatz von flüssiger Schweinegülle, (2) Einsatz separierter Schweinegülle (Separation mittels Dekanter) sowie (3) Einsatz von Geflügelmist. Das Ziel ist es, die erzeugte Menge an Biogas, Strom und Wärme konstant zu halten. Die Wirtschaftsdüngermengen ersetzen annahmegemäß anteilig den Silomais und werden zu 33 % eingesetzt, um die Anforderungen zum Erhalt des Güllebonus – Wirtschaftsdünger müssen mindestens 30 Masseprozent ausmachen – zu erfüllen. Ferner wird angenommen, dass die Wirtschaftsdünger 150 km zur Biogasanlage transportiert werden müssen, dass bei Inkaufnahme von 50 Zwischenfahrkilometern eine Rückfracht für das Gülletransportfahrzeug zur Verfügung steht und dass die Lagerdauer für Gärreste zukünftig von sechs auf neun Monate ansteigt und diese Regelung auch für die betrachtete Anlage gilt.

Die Umstrukturierung der bestehenden Anlage im Einklang mit den getroffenen Annahmen hat Investitionen zur Folge, um die bau-, veterinär- und transportrechtlichen Anforderungen einhalten zu können. Zu nennen sind hier zusätzlicher Lagerraumbedarf für die Wirtschaftsdünger einschließlich der nötigen Elektrik, Pump- und Rührtechnik, Änderungen entlang der Gärstrecke und die Schaffung von Lagerraum für die Gärreste. Dabei zeigt sich, dass im Szenario 1 (Schweinegülle) die Investitionskosten am höchsten sind, gefolgt von Szenario 3 (Geflügelmist), Szenario 2 (separierte Schweinegülle) und der Ausgangssituation, in der Vorkehrungen für die verlängerte Lagerdauer für Gärreste geschaffen werden (Tabelle 2).

Mittels einer Leistungs-Kostenrechnung wurde von GUENTHER-LÜBBERS et al. (2014a) die Wirtschaftlichkeit des Wirtschaftsdüngereinsatzes für die drei Szenarien analysiert. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt nur die Veränderungen der Kosten und Leistungen, die ursächlich auf den Wirtschaftsdüngereinsatz zurückgehen. Die Leistungen

Tabelle 2. Leistungs-Kosten-Rechnung zum Einsatz von Wirtschaftsdüngern

Leistungs-/Kostenart			Ausgangssituation		Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3	
			NawaRo		Schweinegülle		Schweinegülle		Geflügelmist	
			100 %		flüssig 33 %		Dekanter 33 %		33 %	
Preis/ Einheit										
Gesamtinvestitionssumme (€)			243.500		482.180		398.600		403.600	
Abschreibungen										
Technik/Maschinen	8 Jahr	€	31 000	3 875	76 000	9 500	43 000	5 375	101 000	12 625
bauliche Anlagen	20 Jahr	€	197 500	9 875	381 180	19 059	330 600	16 530	277 600	13 880
jährliche Abschreibung			13 750		28 559		21 905		26 505	
Leistungen										
EEG Einspeisevergütung		€/kW _{el}	0,2073		0,2128		0,2328		0,2328	
Stromerlöse		€/a	1 054 162		1 082 142		1 183 862		1 183 862	
Preis für Wärmeverkauf		€/kW _{th}	0,02		0,02		0,02		0,02	
Wärmeerlöse		€/a	n.r.		n.r.		n.r.		n.r.	
Gärsubstraterlöse*	€/m ³	€/a	n.r.		4,41 27 414		6,89 68 236		11,55 89 156	
Summe Leistungen			1 054 162		1 109 556		1 252 098		1 273 018	
Veränderung Leistungen			0		55 394		197 936		218 856	
Variable Kosten			Mengen €		Mengen €		Mengen €		Mengen €	
Silomais	34 €/t FM		8 040	n.r.	-600 -20 400		-1 595 -54 230		-3 175 -107.950	
GPS	35 €/t FM		1 800	n.r.	1 800 n.r.		1 800 n.r.		1 800 n.r.	
Zuckerrübe	30 €/t FM		1 800	n.r.	1 800 n.r.		1 800 n.r.		1 800 n.r.	
Getreidekörner	140 €/t FM		360	n.r.	360 n.r.		360 n.r.		360 n.r.	
Geflügelmist	20 €/t FM		0	0	0		0	0	4 351	87.020
Schweinegülle flüssig	0 €/m ³		0	0	5 619	0	0	0	0	0
Schweinegülle Dekanter	12 €/t		0	0	0	0	5 121	61 452	0	0
Ausbringung Gärsubstrat	4,14 €/m ³		n.r.		5 051	20 910	3 704	15 334	1 068	4.421
Betriebsstoffe (Strom, Diesel, etc.)	€/a		n.r.		14 132		17 607		4 381	
Wartung/Reparaturen	1-1,5 %	€/a	2 285		6 858		5 604		5 679	
Laboranalysen (1x/Monat)	€/a		n.r.		1 500		1 500		1 500	
Sonstiges	€/a		n.r.		1 500		1 500		4 000	
Veränderung variable Kosten			2 285		24 499		48 767		-949	
Fixe Kosten										
Abschreibungen	€/a		13 750		28 559		21 905		26 505	
Zinskosten Anlagekapital	2 %	€/a	5 916		11 716		9 685		9 806	
Planungs- und Genehmigungskosten	€/a		750		1 250		1 250		1 250	
Zinskosten Planung u. Genehmigung	2 %	€/a	364		607		607		607	
Versicherungen	0,5 %	€/a	1 218		2 411		1 993		2 018	
Netto-Arbeitszeitbedarf	AKh/a				183		183		183	
Lohnkosten	18 €/Akh	€/a	n.r.		3 285		3 285		3 285	
Gemeinkosten	€/a		n.r.		n.r.		n.r.		n.r.	
Veränderung fixe Kosten			21 998		47 828		38 725		43 472	
kalkulatorische Gewinnbeitragsveränderung			-24 283		-16 933		110 443		176 334	

Quelle: GUENTHER-LÜBBERS et al. (2014a)

ändern sich insofern, als dass der Güllebonus nach dem EEG 2009 nachträglich in Anspruch genommen werden kann, der Technologie-Bonus wegfällt und zusätzliche Gärrestmengen verkauft werden können. Auf der Kostenseite sind die veränderten Fixkosten aufgrund der getätigten Investitionen, der steigende Arbeitskraftbedarf zum Beschaffen und Einbringen der Wirtschaftsdünger und Veränderungen der Sub-

stratkosten aufgrund der neuen Zusammensetzung zu berücksichtigen.

Um die wirtschaftliche Vorzüglichkeit der einzelnen Szenarien beurteilen zu können, wird als Kennzahl der kalkulatorische Gewinnbeitrag betrachtet. Dabei zeigt sich, dass sich die Szenarien grundlegend unterscheiden. Aufgrund der Annahme, dass die Lagerdauer von Gärresten von sechs auf neun Monate

angehoben wird und diese Neuregelung auch für die bestehende NawaRo-Anlage gilt, entstehen auch in der Ausgangssituation zusätzliche Lagerkosten, die dazu führen, dass der kalkulatorische Gewinnbeitrag negativ im Vergleich zur Ausgangssituation ausfällt (-24 283 €/a). Im Szenario 1 wird das Betriebsergebnis um 16 933 €/a geschmälert. Der Einsatz von flüssiger Schweinegülle in der betrachteten Biogasanlage ist daher als unattraktiv zu bewerten. In den Szenarien 2 und 3 kann sich unter den angenommenen Bedingungen der kalkulatorische Gewinnbeitrag hingegen um mehr als 100 000 €/a erhöhen (Tabelle 2).

Die Ergebnisse der Analyse der rechtlichen und ökonomischen Aspekte zeigen, dass der Einsatz von Wirtschaftsdüngern in einer bislang nur auf NawaRo-Basis betriebenen Biogasanlage unter rechtlichen und ökonomischen Aspekten durchaus realisierbar ist. Allerdings hängen die Auswirkungen auf Betriebsergebnis der Anlage entscheidend davon ab, welcher Wirtschaftsdünger eingesetzt wird. Der Einsatz von Wirtschaftsdüngern in NawaRo-Anlagen in Ackerbauregionen stellt somit einen unter bestimmten Bedingungen gangbaren, bisher aber nur selten beschrittenen Weg dar, der einen Beitrag zur Entspannung des sich verschärfenden Nährstoffproblems in Regionen mit hoher Viehdichte leisten und im gleichen Zuge die Systemdienstleistungen von Biogasanlagen nutzen kann (HÖHER, 2014). Werden vor diesem Hintergrund die positiven Ergebnisse der Szenarien 2 und 3 betrachtet, erscheint der Einsatz von Geflügelmist aus ökonomischer Sicht am vorteilhaftesten. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Geflügelmist in viehdichten Regionen nicht zur Verschärfung des Nährstoffproblems beiträgt, da er bereits ohne weitere Behandlung eine hohe Transportwürdigkeit aufweist und daher bereits in erheblichem Umfang zwischen Viehhaltern, landwirtschaftlichen Betrieben und Biogasanlagenbetreibern gehandelt wird. Daher steht Geflügelmist auch nur eingeschränkt für einen verstärkten Einsatz in Biogasanlagen zur Verfügung, ohne dass eine wachsende Nachfrage zu steigenden Preisen führen und Geflügelmist somit schnell an Vorzüglichkeit verlieren würde. Aufgrund dessen scheint die Vergärung von Güllefeststoffen im Wege der Kaskadennutzung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen sowohl unter dem Gesichtspunkt der Entschärfung der Nährstoffsituation als auch unter ökonomischen Aspekten am interessantesten zu sein.

Trotz der von GUENTHER-LÜBBERS et al. (2014a) aufgezeigten Vorteile dieser Lösung findet sie in der Praxis bislang kaum Anwendung. Um die bestehen-

den Barrieren zu identifizieren und mögliche Gründe für und gegen die Vergärung von Güllefeststoffen herauszufinden, wurde Anfang 2014 durch KRÖGER et al. (2014) eine Umfrage zur Bereitschaft von Biogasanlagenbetreibern zur Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat durchgeführt. Insgesamt nahmen 110 Biogasanlagenbetreiber an der Umfrage teil, wobei die meisten aus denjenigen Bundesländern stammten, in denen die Biogasproduktion von besonderer Bedeutung ist (Baden-Württemberg 11 %, Bayern 23 %, Niedersachsen 31 %, Nordrhein-Westfalen 11 % und Schleswig-Holstein 7 %).

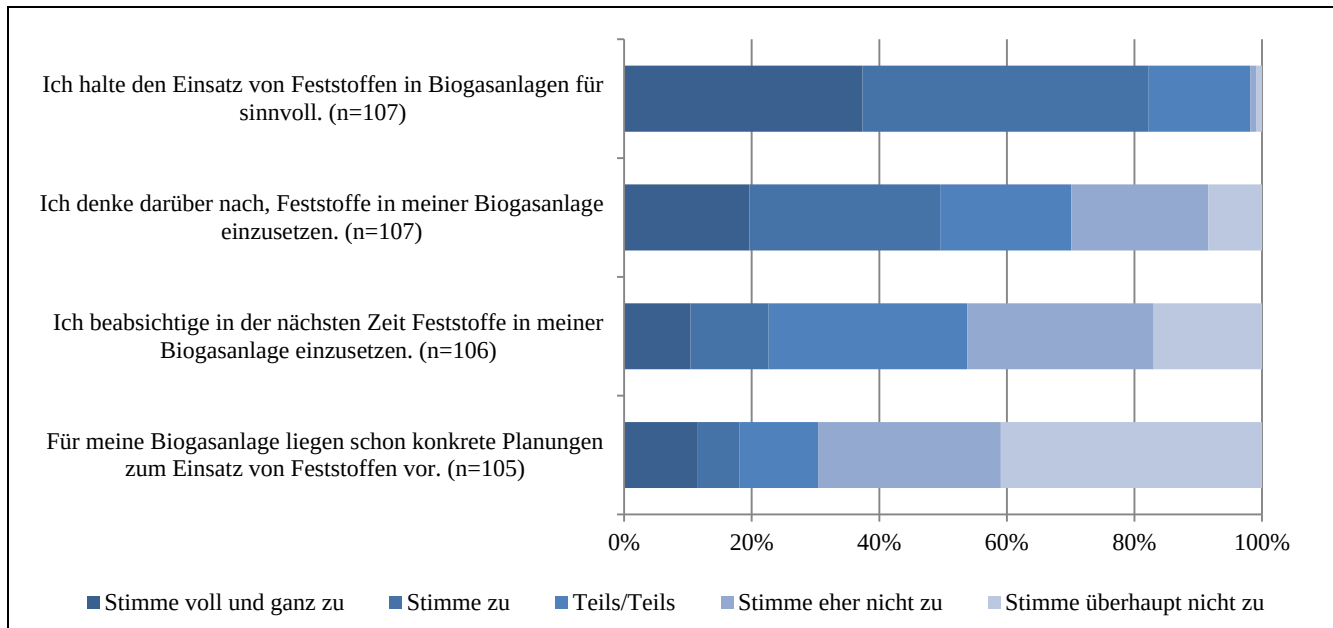
Rund 36 % der befragten Anlagenbetreiber stimmen der Aussage zu, dass die Novellierung des EEG 2014 sie veranlasst hat, über alternative Gärsubstrate nachzudenken. Die Probanden haben sich auch schon mit dem Thema der Güllefeststoffvergärung beschäftigt. So schätzen immerhin rund 50 % der Befragten ihren Wissensstand diesbezüglich als gut bis sehr gut ein (mittel: 40 %; (sehr) schlecht: 11 %). Überwiegend stammt das Wissen über die Güllefeststoffvergärung aus Büchern oder Fachzeitschriften (65 %), aber auch das Internet (56 %) und Beratungsgespräche (55 %) sind wichtige Informationsquellen (Mehrfachnennungen möglich).

Aufgrund des bereits vorhandenen Wissens ist es nicht verwunderlich, dass ein Großteil der Probanden die mit der Güllefeststoffvergärung einhergehenden positiven Effekte kennt. So stimmen rund 88 % der Aussage zu, dass durch Vergärung von Güllefeststoffen der Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen als Substrat gesenkt werden kann, und rund 70 % teilen die Auffassung, dass durch die mit Feststoffen angereicherten Gärreste Mineraldünger substituiert werden können. Rund ein Viertel der Befragten ist gleichwohl davon überzeugt, dass durch den Einsatz von Feststoffen aus der Gülleseparierung kein Zusatznutzen erzielt werden kann.

82 % der befragten Anlagenbetreiber halten die Güllefeststoffvergärung für sinnvoll (Abbildung 13). Immerhin noch ca. 48 % der Befragten denken über den Einsatz von Feststoffen in der eigenen Anlage nach, aber nur 23 % beabsichtigen, dies in nächster Zeit auch tatsächlich zu tun, und nur bei 17 % liegen bereits konkrete Pläne dazu vor. Als Gründe für die geringe Bedeutung in der Praxis werden von den Probanden die geringe Wirtschaftlichkeit der Güllefeststoffvergärung sowie der mit der Beschaffung verbundene Aufwand genannt.

Wie die Untersuchung von GUENTHER-LÜBBERS et al. (2014a) gezeigt hat, ist die pauschal sehr kriti-

Abbildung 13. Bereitschaft zum Einsatz von Güllefeststoffen in Biogasanlagen



Quelle: KRÖGER et al. (2014)

sche Einschätzung der Wirtschaftlichkeit des Wirtschaftsdüngereinsatzes durch die Anlagenbetreiber nicht gerechtfertigt. Richtig ist allerdings, dass die Wirtschaftlichkeit der Umstellung sehr stark von der gewählten Lösung sowie weiteren Einflüssen, etwa den Bereitstellungskosten des Wirtschaftsdüngers und der gewählten Separationstechnik (BRAUCKMANN et al., 2014) oder der Vertragsgestaltung mit dem abgebenden Betrieb, abhängt. Daher ist eine sorgfältige Planung des Wirtschaftsdüngereinsatzes notwendig. Hier eröffnet sich ein wichtiges Einsatzfeld für die Beratung; so konnte schon REISE (2012) zeigen, dass für Biogasanlagenbetreiber die Wahl des Vertragspartners für die Biomassebereitstellung ein wichtiger Aspekt beim Abschluss eines Liefervertrages ist.

Aus den Ergebnissen wird ein erheblicher politischer Handlungsbedarf erkennbar. So ist aufgrund der hohen Investitionssummen, die der erstmalige Einsatz von Wirtschaftsdüngern mit sich bringt, für die Anlagenbetreiber ein uneingeschränkter Bestandsschutz außerordentlich bedeutsam. Ohne die nötige langfristige Rechtssicherheit werden die Anlagenbetreiber keine entsprechenden Investitionen tätigen. Auch wäre zu überlegen, ob Biogasanlagenbetreibern, die erst zu einem späteren Zeitpunkt erstmals Wirtschaftsdünger einsetzen, zusätzliche Sicherheit hinsichtlich der Vergütungsstruktur gegeben werden kann, wenn die nach dem EEG garantierte Einspeisevergütung nach 20 Jahren ausläuft. Dies ist vor allem

dann sehr bedeutsam für die Umstellungsentscheidung der Anlagenbetreiber, wenn die Amortisationsdauer der Investitionen, die notwendig sind, um eine NawaRo-Anlage auf einen Wirtschaftsdüngereinsatz umzurüsten, über den durch das EEG garantierten Vergütungszeitraum hinausgeht. Schließlich sollte überlegt werden, wie die langfristige Zusammenarbeit zwischen einem Wirtschaftsdünger abgebenden Betrieb in einer viehreichen Region und einem Biogasanlagenbetreiber in einer Ackerbauregion rechtlich gefördert werden kann, etwa durch rechtliche Regelungen in Anlehnung an die § 51a-Regelung des Bewertungsgesetzes (BewG) im Bereich der Viehhaltung.

Literatur

- AEE (Agentur für Erneuerbare Energien) (2013): Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. Berlin.
- (2014a): Fakten – Die wichtigsten Daten zu den Erneuerbaren Energien. URL: http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/341.Talking_Cards_final_Webversion_2014.pdf (Abrufdatum: 03.11.2014).
- (2014b): Aktuelle Daten und Fakten – Erneuerbare Energien. URL: <http://www.unendlich-viel-energie.de/presse/branchenmeldungen/biokraftstoffindustrie-sieht-kompromiss-zu-thg-quote-verhalten-positiv> (Abrufdatum: 14.12.2014).
- (2014c): Aktuelle Daten und Fakten – Erneuerbare Energien. URL: <http://www.unendlich-viel-energie.de/media/thek/grafiken/biokraftstoff-anteil-an-der-globalen-getreide-ernte> (Abrufdatum: 14.12.2014).

- AGEE-STAT (Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik) (2014): Rekord: Mehr als 25 Prozent erneuerbare Energien im deutschen Strommix. URL: <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/arbeitsgruppe-erneuerbare-energien-statistik,did=629806.html> (Abrufdatum: 03.11.2014).
- AGRAR EUROPE (2014): Aktueller Bericht zur Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland. In: Agrar Europe 23/14, 02. Juni 2014.
- AMMERMAN, K. und A. MENGEL (2011): Energetischer Biomasseanbau im Kontext von Naturschutz, Biodiversität, Kulturlandschaftsentwicklung. In: BBSR und BBR (Hrsg.): Biomasse: Perspektiven räumlicher Entwicklung 5/6: 323-337.
- AMON, T. (2003): Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee gras. Endbericht Juli 2003. Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur Wien.
- ANSCHÜTZ, T. (2014): Der Ethanolmarkt der EU27 und der USA im Jahr 2023 – Erstellung von Szenarien durch Anwendung der optimierten Szenario-Technik. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- BDBE (Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V.) (2014): Bioethanolreport 2013/2014. URL: http://www.bdbe.de/files/2614/1442/3988/dzz_Bioethanolreport_2013_2014_2014_10_Seiten_18-19.pdf (Abrufdatum 14.12.2014).
- BLAG (Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung) (2012): Evaluierung der Düngeverordnung – Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung. Braunschweig.
- BMEI (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2014): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Bonn.
- BMEI (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2009): Waldbericht der Bundesregierung 2009. Berlin.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2011): Basisinformationen zur Entwicklung des Biokraftstoffsektors bis 2011. In: Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Band 3. Berlin.
- (2013): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklungen (Stand: November 2013). Berlin
- (2014): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2013. Berlin.
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2014a): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. URL: http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland-1990-2013.pdf?__blob=publicationFile&v=13 (Abrufdatum: 03.11.14).
- (2014b): Erneuerbare Energien im Jahr 2013. URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/A/agee-stat-bericht-ee-2013,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (Abrufdatum: 03.11.2014).
- (2014c): Reform des EEG. Wichtiger Schritt für den Neustart der Energiewende. In: BMWi: Schlaglichter der Wirtschaftspolitik. Monatsbericht September 2014. Berlin.
- BRAUCKMANN, H.-J., J. HERING und G. BROLL (2014): Nährstoffgehalte und Biogaserträge separierter Gülle. In: Guenther-Lübbers, W., R. Kröger und L. Theuvsen (Hrsg.) (2014): Nährstoff-management von Wirtschaftsdüngern und Gärresten – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik. Cuvillier Verlag, Göttingen: 43-56.
- BRÄSEL, M. (2013): Rentieren sich Gülle-Kleinanlagen? In: Biogasjournal 1/2013: 71-75.
- BROCKER, F. und J. PENNEKAMP (2014): Gewinner und Verlierer der Energiewende. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 44 vom 21.02.2014: 14.
- BUNZEL, K., D. THRÄN, U. SEYFERT, V. ZELLER und M. BUCHHORN (2011): Forstwirtschaftliche Biomassepotenziale und Rohstoffpotenziale in Deutschland. In: BBSR und BBR (Hrsg.): Biomasse: Perspektiven räumlicher Entwicklung 5/6: 297-308.
- BUTHUT, T. (2014): Eine runde Sache? In: Agrarmanager, August 2014: 96-97.
- DANY, C. (2013): Im Westen Aufschwung, im Osten Hoffnung. Biomethan in Europa. In: Biogas Journal 1/2013: 144-149.
- DEPI (Deutsches Pelletinstitut) (2014): Pelletfeuerungen in Deutschland. URL: http://www.depi.de/media/filebase/files/infothek/images/Pelletfeuerungen_in_Deutschland.jpg (Abrufdatum: 19.12.2014).
- DBFZ (Deutsches Biomasse Forschungszentrum) (2013a): EEG-Monitoring 2012. Leipzig.
- (2013b): Stromerzeugung aus Biomasse 03MAP250. Zwischenbericht, Stand: Juni 2013. Leipzig.
- (2014a): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014 gemäß § 65 EEG: Vorhaben Ila Stromerzeugung aus Biomasse. Wissenschaftlicher Bericht. URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/XYZ/zwischenbericht-vorhaben-2a,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (12.11.2014).
- (2014b): Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse). Zwischenbericht Juni 2014. Leipzig.
- DROSSART, I. und J. MÜHLENHOFF (2013): Holzenergie – Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen. Renewes Spezial, Ausgabe 66/April 2013. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (Hrsg.), Berlin. URL: http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/167.66_Renews_Spezial_Holzenergie_apr13.pdf (Abrufdatum: 17.12.2014).
- EBA (European Biogas Association) (2014): Numbers of biogas plants in Europe in 2012. Informationsgrafik. URL: <http://european-biogas.eu/2013/12/20/eba-presents-latest-biogas-production-statistics-europe-growth-continuous/> (Abrufdatum: 12.11.2014).
- ENERGY COMMENT (2013): Primärenergieverbrauch 2013: Deutschland postfossil im Jahr 2154. URL: <http://www.energycomment.de/primaerenergieverbrauch-2013-deutschland-postfossil-im-jahr-2154/> (Abrufdatum: 10.12.2014).
- EUROSERVER (2013): Biofuels Barometer. In: Systemes Solaires – Le Journal des Energies Renouvelables 216/2013: 49-63.
- (2014): Biofuels Barometer. URL: http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro222_en.pdf.

- FNR (Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2014a): Entwicklung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Gülzow.
- (2014b): Maisanbau in Deutschland. URL: http://media.thek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/1/4/1410_10_rl_fnr_maismaiskolbengr_2014.jpg (Abrufdatum: 17.12.2014).
- (2014c): Biogasanlagen zur Biomethan-Produktion. Informationsgrafik. URL: <http://mediathek.fnr.de/biogasanlagen-zur-biomethan-produktion.html> (Abrufdatum: 12.12.2014).
- (2014d): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2014. Gülzow.
- F.O. LICHT (2013a): F.O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report 12 (3), 07.10.2013.
- (2013b): F.O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report 12 (4), 21.10.2013.
- FvB (Fachverband Biogas) (2014a): Branchenzahlen 2013 und Prognose 2014. URL: [http://www.biogas.org/edcom/webfwb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/14-07-01_Biogas%20Branchenzahlen_2013-Prognose_2014.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfwb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/14-07-01_Biogas%20Branchenzahlen_2013-Prognose_2014.pdf) (Abrufdatum: 06.11.2014).
- (2014b): Biogas Segment Statistics 2014. Freising.
- GUENTHER-LÜBBERS, W., A. DIEKMANN und L. THEUVSEN (2014a): Rechtliche und Ökonomische Aspekte des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen – Eine Szenarioanalyse. In: Guenther-Lübbbers, W. et al. (Hrsg.): Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärresten – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik. Cuvillier Verlag, Göttingen: 81-104.
- GUENTHER-LÜBBERS, W., S. HENKE, C. SCHAPER und L. THEUVSEN (2014b): Der Markt für Bioenergie 2014. In: German Journal of Agricultural Economics 63 (1), Supplement: 94-111.
- HARTMANN, H. (2005): Produktion, Bereitstellung und Eigenschaften biogener Festbrennstoffe. In: FNR (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow: 52-90.
- HÖHER, G.C. (2014): Landwirtschaftliche Biogaserzeugung in Niedersachsen: Systemdienstleistungen durch Biogas und Synergien in der Landwirtschaft. In: Guenther-Lübbbers, W., R. Kröger und L. Theuvsen (Hrsg.): Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärresten – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik. Cuvillier Verlag, Göttingen: 1-8.
- KALTSCHMITT, M., H. HARTMANN und H. HOFBAUER (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage. Springer, Heidelberg.
- KERN, M. und W. SPRICK (2012): Bioabfallvergärung in Deutschland. URL: <http://www.witzenhausen.institut.de/downloads/Kern%20und%20Sprick%20Biomasseforum.pdf> (Abrufdatum: 17.12.2014).
- KOMPETENZZENTRUM 3N (Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2012): Biogasinventur 2012. Unveröffentlicht. Werlte.
- KRÖGER, R. und L. THEUVSEN (2013): Separation of Cattle Slurry: Technical Solutions and Economic Aspects. In: Geldermann, J. und M. Schumann (Hrsg.): First International Conference on Resource Efficiency in Interorganizational Networks (ResEff 2013). Göttingen: 453-464.
- KRÖGER, R. und L. THEUVSEN (2014): Akzeptanz und Potenziale der Vergärung von Feststoffen aus der Gülle-separation in Biogasanlagen. In: Guenther-Lübbbers, W., R. Kröger und L. Theuvsen (Hrsg.): Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärresten. Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik. Cuvillier Verlag, Göttingen: 57-79.
- KRÖGER, R., L. THEUVSEN und J.R. KONERDING (2014): Güllefeststoffe als Gärsubstrat für Biogasanlagen – Ergebnisse einer empirischen Erhebung unter Biogasanlagenbetreibern. In: Berichte über Landwirtschaft 92 (3): 1-18.
- MANTAU, U. (2012): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung von 1987 bis 2015. Hamburg.
- MÜHLENHOFF, J. (2013): Reststoffe für Bioenergie nutzen – Potenziale, Mobilisierung und Umweltbilanz. Renewes Spezial, Ausgabe 64/April 2013. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (Hrsg.). Berlin. URL: http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/165.64_Renews_Spezial_Reststoffe_fuer_Bioenergie_nutzen_apr13.pdf (Abrufdatum: 17.12.2014).
- O'SULLIVAN M., D. EDLER, P. BICKEL, U. LEHR, F. PETER und F. SAKOWSKI (2014): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland – eine erste Abschätzung – Stand: Mai 2014. BMWi, Berlin.
- O.V. (2015): Erneuerbare Energien erobern 2014 Platz 1 im deutschen Strommix. URL: <http://www.iwr.de/news.php?id=27869> (Abrufdatum: 14.01.2015).
- RALLE, A. (2015): EEG 2014 – Wohin geht die Reise? In: Joule, Spezial Biogas 2015 (1): 9-11.
- REISE, C. (2012): Nachhaltige Nutzung von Erneuerbaren Energien – Unternehmerisches Innovationsverhalten und Vertragsgestaltung. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) (2014): Renewables 2014 Global Status Report. Paris.
- SCHIFFER, H.-W. (2015): Energiemarkt Deutschland. Jahrbuch 2015. 13. Auflage. TÜV Media, Köln.
- SCHMITZ, P.M. (2012): Vorstudie – Bestimmungsgründe für das Niveau und die Volatilität von Agrarrohstoffpreisen auf internationalen Märkten – Implikationen für Welt-ernährung und Politikgestaltung. URL: http://www.ufo.p.de/files/5413/3879/UFOP_0966_Vorstudie.pdf, Abrufdatum: 17.12.2014. Berlin.
- STATISTA (2014): Bestand zentraler Wärmeerzeuger für Heizungen in Deutschland nach Kategorie im Jahr 2013. URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/165282/umfrage/gesamtbestand-der-zentralen-waermeerzeuger-in-deutschland/> (Abrufdatum: 20.12.2014).
- UFOP (Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen) (2014): Agrar Statistik. URL: <http://www.ufop.de/agrar-info/agrar-statistik?hit=biodieselproduktion> (Abrufdatum: 19.12.2014).
- VDB (Verband der deutschen Biokraftstoffindustrie) (2014a): Informationsblatt: Biodiesel in Deutschland. URL: <http://www.biokraftstoffverband.de/index.php/daten-und-fakten.html> (Abrufdatum 19.12.2014).
- (2014b): Absatzzahlen Bioethanol. URL: <http://www.biokraftstoffverband.de/index.php/absatzzahlen.html> (Abrufdatum 19.12.2014).
- (2014c): Ab 2015 grundlegend neue Regeln für den deutschen Kraftstoffmarkt. URL: <http://www.biokraftstoff>

- verband.de/index.php/detail/items/ab-2015-grundlegend-neue-regeln-fuer-den-deutschen-kraftstoffmarkt.html (Abrufdatum 19.12.2014).
- WEGENER, J.-K. (2006): Treibhausgas-Emissionen in der deutschen Landwirtschaft – Herkunft und technische Minderungspotenziale unter besonderer Berücksichtigung von Biogas. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- WOLBERT-HAVERKAMP, M. (2012): Miscanthus und Pappelplantagen im Kurzumtrieb als Alternative zum klassischen Ackerbau – Eine Risikoanalyse mittels Monte-Carlo Simulation. In: Berichte über Landwirtschaft 90 (2): 302-316.
- WÜSTHOLZ, R.F. (2014): Ökologische Erfordernisse und ökonomische Auswirkungen ordnungsrechtlicher Veränderungen bezüglich des Nährstoffeinsatzes in der Landwirtschaft im Kontext der europäischen Nitrat- und Wasserrahmenrichtlinie. Dissertation, Universität Hohenheim.
- ZSCHACHE, U., S. VON CRAMON-TAUBADEL und L. THEUVSEN (2010): Öffentliche Deutungen im Bioenergiegediskurs. In: Berichte über Landwirtschaft 88 (3): 502-512.

Kontaktautorin:

RHENA KRÖGER

Georg-August-Universität Göttingen

Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung,

Arbeitsbereich Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness

Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen

E-Mail: rhena.kroeger@agr.uni-goettingen.de