

Renews Spezial

Ausgabe 64 / April 2013

Hintergrundinformationen
der Agentur für Erneuerbare Energien

Reststoffe für Bioenergie nutzen

Potenziale, Mobilisierung und
Umweltbilanz

Autor:

Jörg Mühlenhoff
Stand: April 2013

Herausgegeben von:

**Agentur für Erneuerbare
Energien e. V.**

Reinhardtstr. 18
10117 Berlin

Tel.: 030-200535-3

Fax: 030-200535-51

kontakt@unendlich-viel-energie.de

ISSN 2190-3581

Unterstützer:

Bundesverband Erneuerbare Energie

Bundesverband Solarwirtschaft

Bundesverband WindEnergie

Bundesverband Wärmepumpe

GtV – Bundesverband Geothermie

Bundesverband Bioenergie

Fachverband Biogas

Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie

Gefördert durch:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Inhalt

Was sind biogene Reststoffe?	4
Reststoffe und Energiepflanzen im Vergleich	6
Potenziale biogener Reststoffe	9
- Ökologische Restriktionen für Potenziale biogener Reststoffe	10
Welche Reststoffe spielen welche Rolle?	12
- Forstwirtschaftliche Biomasse	12
- Industrierestholz	15
- Tierische Exkrememente	17
- Bio- und Grünabfälle	20
- Stroh	23
- Klärschlamm	25
- Hausabfall	26
- Altfett und tierische Fette	28
Herausforderungen bei der Mobilisierung von Reststoffpotenzialen	30
Regionale Verteilung von Potenzialen biogener Reststoffe	31
Biogene Reststoffe in Europa und weltweit: bisher kaum erschlossen	33
- Biogene Reststoffe in der Europäischen Union	33
- Biogene Reststoffe weltweit	36
Voraussetzungen für die Mobilisierung von Reststoffpotenzialen	37
- Logistische Strukturen für die energetische Nutzung biogener Reststoffe	37
- Eignung biogener Reststoffe für die energetische Nutzung	37
- Sozioökonomische Bedingungen für die Nutzung biogener Reststoffe	38
Ökologische Aspekte der energetischen Nutzung biogener Reststoffe	38
- Treibhausgas- und Schadstoffminderung	38
- Einsparung synthetischer Düngemittel durch Stoffkreislaufwirtschaft	39
Fazit	40
Quellen und weitere Informationen	41

Was sind biogene Reststoffe?

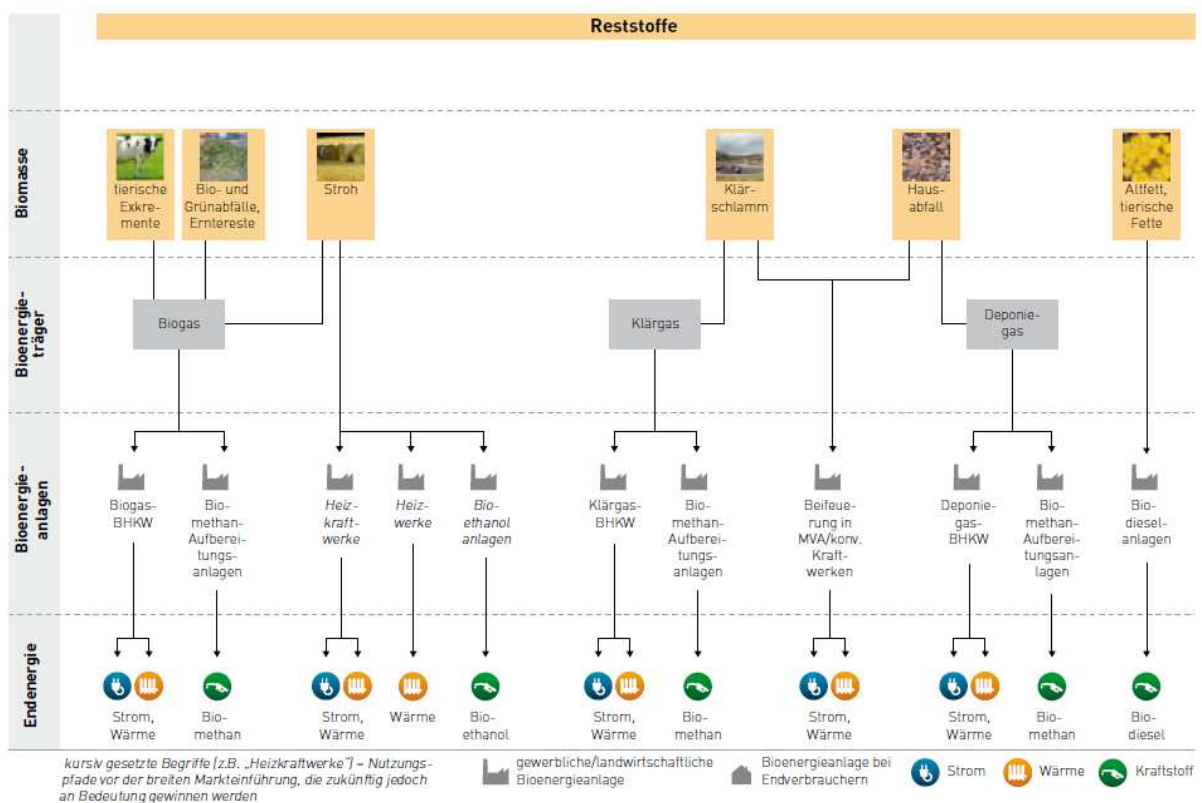
Mit Bioenergie wird vor allem der Anbau von *Energiepflanzen* assoziiert, d.h. Pflanzen, die sich dafür eignen, Strom, Wärme oder Kraftstoffe zu gewinnen. Ebenso bedeutend sind als Rohstoff für Bioenergie jedoch *Reststoffe*. Biogene Reststoffe stammen nicht von Energiepflanzen, die mit dem Hauptziel der Energienutzung angebaut worden sind, sondern sind bei einer anderen, vorherigen Nutzung von Biomasse angefallen. Dies kann bei der Holzernte und Holzverarbeitung der Fall sein, bei der Pflege von Parks und Gärten oder bei der Produktion von Nahrungsmitteln, um nur wenige Beispiele zu nennen.

Was auf den ersten Blick als Abfallprodukt erscheint, ist aber ein wertvoller Rohstoff, der auch energetisch genutzt werden kann. Reststoffe sind die zweite Säule der Bioenergie neben Energiepflanzen.

Typische biogene Reststoffe, die in Deutschland für die Strom-, Wärme- und Biokraftstoffproduktion genutzt werden, sind beispielsweise

- tierische Exkremente (z.B. Gülle, Mist, Kot)
- Bio- und Grünabfälle (z.B. verdorbene Lebensmittel, Grünschnitt)
- Erntereste (z.B. Rübenblätter)
- Stroh
- Klärschlamm aus Kläranlagen
- organische Haus- und Siedlungsabfälle
- Nebenprodukte der Lebensmittelproduktion (z.B. Alt fett, tierische Fette, Kartoffelschalen)

Das nachfolgende Schaubild verdeutlicht die Nutzungspfade der unterschiedlichen Reststoffe: Welche Biomasse wird zu welchem Bioenergieträger umgewandelt und in welchen Anlagen zur Strom, Wärme- und/oder Biokraftstoffproduktion genutzt?

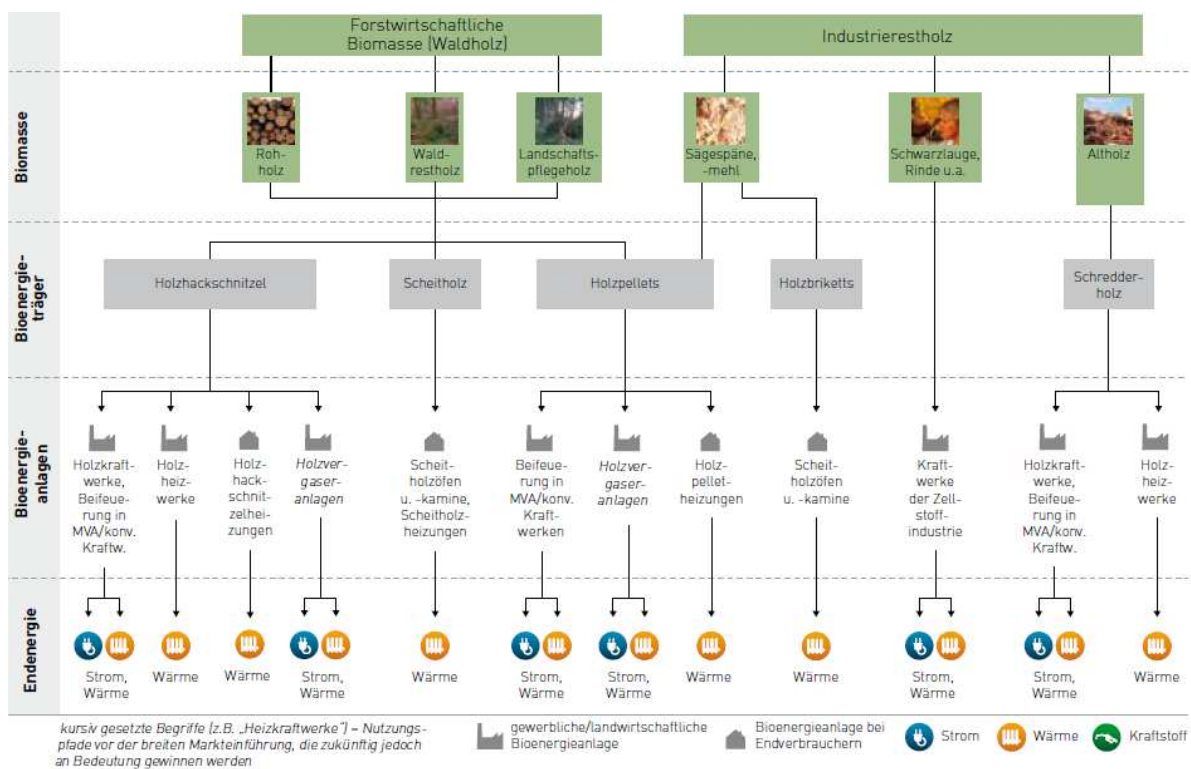


Auch die unterschiedlichen Arten von Energieholz können begrifflich zur Kategorie der Reststoffe gezählt werden. Waldholz fließt zunächst überwiegend in die stoffliche Nutzung. Sägewerke und andere nachfolgende Betriebe verarbeiten das Waldholz z.B. zu Baumaterialien, Möbeln, Holzwerkstoffen oder Papier. Dabei fallen zahlreiche Reststoffe an, das so genannte Industrierestholz, das energetisch genutzt werden kann. Altholz ist bereits stofflich genutztes Holz, das am Ende seines Nutzungsweges steht und ebenfalls energetisch genutzt werden kann.

Typische Reststoffe aus dem Bereich Energieholz sind beispielsweise

- Roh- und Waldrestholz, das bei der Durchforstung, bei Ernte und Verarbeitung von Waldholz anfällt
- Landschaftspflegeholz
- Nebenprodukte von Sägewerken (z.B. Sägespäne, Sägemehl)
- Schwarzlauge, Rinde und andere Reststoffe der Papier- und Zellstoffindustrie
- Altholz (z.B. Lagerpaletten aus Holz, alte Holzmöbel)

Die in Deutschland etablierten Nutzungspfade für die Reststoffe aus dem Bereich Energieholz verdeutlicht das nachfolgende Schaubild.



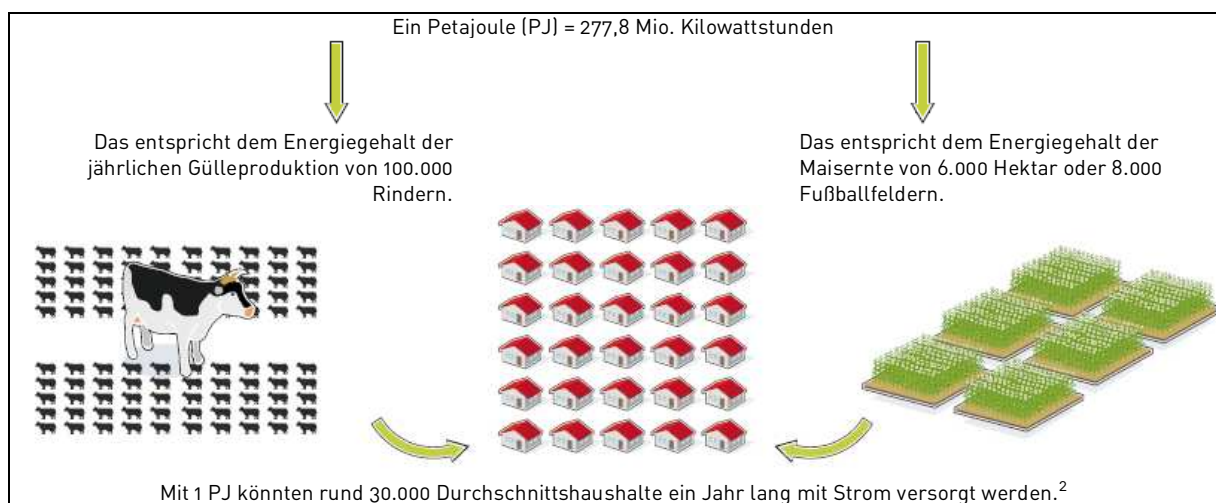
Reststoffe und Energiepflanzen im Vergleich

Da die genannten Reststoffe in vielen unterschiedlichen Wirtschaftszweigen anfallen und höchst unterschiedlich beschaffen sind, bleiben wissenschaftliche Erhebungen und Bewertungen ihrer Potenziale – im Gegensatz zu Energiepflanzen und deren Anbauflächen – noch relativ selten.

Vor diesem Hintergrund will die vorliegende Publikation nur einen Überblick zu Möglichkeiten und Grenzen der Reststoffnutzung für Bioenergie aufzeigen. Eine Strategie zur Erschließung von Reststoffpotenzialen kann hier jedoch nicht entwickelt werden. Je nachdem, an welchem Ort bestimmte Potenziale von Reststoffen in welchem Zustand erfasst werden können, müssen die spezifischen Rahmenbedingungen für eine Nutzung zur Strom-, Wärme- oder Kraftstoffproduktion untersucht werden. Während bestimmte Reststoffe mit vergleichsweise geringem logistischem Aufwand und geringen Kosten energetisch genutzt werden könnten, bestehen bei anderen Reststoffen möglicherweise bereits Nutzungskonkurrenzen.

Die gesellschaftliche Debatte um Bioenergie konzentriert sich häufig auf Fragen des Energiepflanzenanbaus. Mal werden dabei Reststoffe nicht als gleichwertiger Teil der Bioenergie wahrgenommen, mal wird die Nutzung von Reststoffen als Ersatz für den Energiepflanzenanbau gefordert - verbunden mit der Erwartung, dadurch Bioenergie ohne Flächenkonkurrenzen oder negative Umwelteffekte zu garantieren. Diese Publikation macht jedoch deutlich, dass es auch bei Nutzung von Reststoffen notwendig bleibt, negative ökologische Folgen zu vermeiden und möglicherweise konkurrierende Nutzungspfade in Einklang zu bringen. Der Aufbau einer weitgehend auf erneuerbaren Quellen beruhenden Energieversorgung ist ohne Energiepflanzen und biogene Reststoffe kaum umzusetzen. Die Strom-, Wärme- und Biokraftstoffbereitstellung kann in Deutschland weiter gesteigert werden. Die Potenziale von Energiepflanzen wie von Reststoffen sollten dabei aber auch nicht überschätzt werden.¹

Bisher haben nur wenige wissenschaftliche Studien das in Deutschland verfügbare Potenzial von biogenen Reststoffen und Energiepflanzen vergleichend ermittelt. Die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Ergebnisse stellen die ermittelten Primärenergiepotenziale von Reststoffen als Teil des gesamten heimischen Biomassepotenzials dar. Angegeben wird der Energiegehalt der als Bioenergieträger aufbereiteten Biomasse in Petajoule (PJ).



¹ Vgl. AEE: Anbau von Energiepflanzen. Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potenziale. Renew's Spezial 65, April 2013.

² AEE: Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. Berlin, Januar 2013.

Gesellschaftliche, ökologische und strukturelle Faktoren, die die Nutzung der theoretisch verfügbaren Biomasse einschränken, sind dabei bereits abgezogen. Je nachdem, welche Annahmen die Studien beispielsweise zum Bevölkerungswachstum, zu zukünftigen Viehbeständen oder zum Abfallaufkommen machen, variieren die prognostizierten Reststoffmengen, deren Zusammensetzung und damit deren Energiegehalt. Auch die Bioenergie-Potenziale von Energiepflanzen weisen in Abhängigkeit von ihrer modellierten zukünftigen Anbaufläche große Bandbreiten auf. Auffällig ist jedoch, dass Reststoffe (einschließlich Energieholz) in fast allen Studien mindestens die Hälfte des gesamten Potenzials heimischer Biomasse ausmachen.

Potenziale biogener Reststoffe in Deutschland

Studienergebnisse im Vergleich (in Petajoule, PJ)

Auftraggeber und Autor der Potenzialstudie	Gesamtpotenzial heimischer Biomasse	davon: Reststoffe	Anteil der Reststoffe	Bezugsjahr der Studie
BMU/DLR/Fraunhofer IWES/IfNE: Leitszenario (2008/2012)	ca. 1.550 PJ	725 PJ - 905 PJ	47 % - 59 %	2050
BMVBS/DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen (2010)	ca. 1.500 PJ - 1.800 PJ	ca. 900 PJ	60 % - 50 %	2020
BMWi/Prognos/EWI/GWS: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung (2010)	1.640 PJ	ca. 900 PJ	55 %	2050
WWF/Öko-Institut/Prognos: Modell Deutschland (2009)	ca. 1.200 PJ	ca. 600 PJ	50 %	2050
BMU/Öko-Institut u.a.: Stoffstrom-analyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse (2004)	940 PJ - 1.521 PJ	586 PJ - 698 PJ	62 % - 46 %	2030

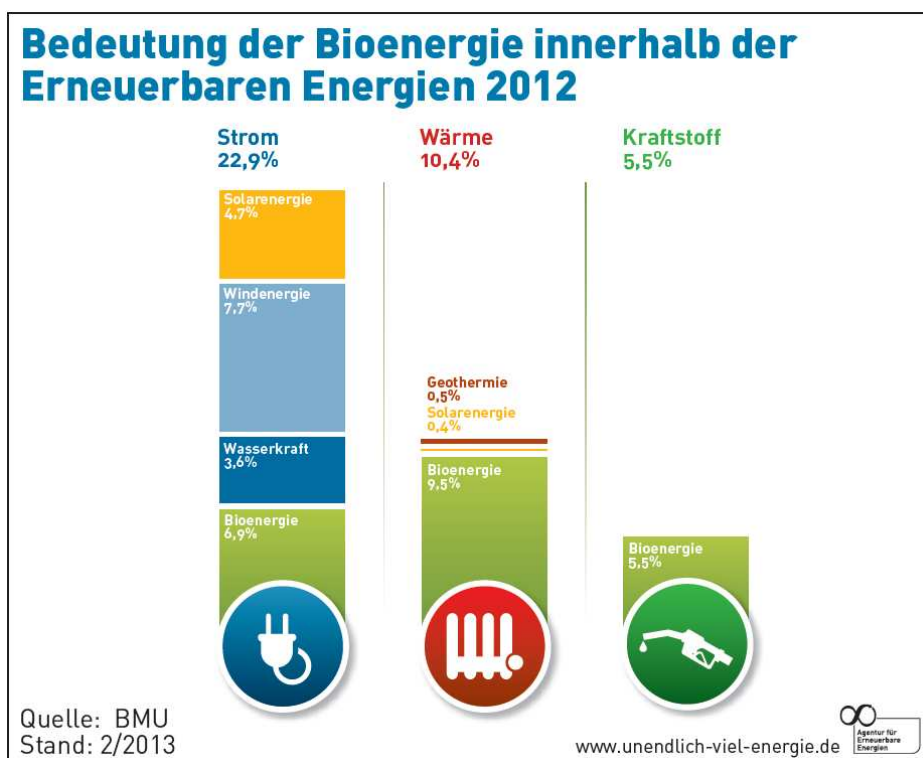
Spielen die Reststoffe in der öffentlichen Wahrnehmung und in der politischen Diskussion eher eine Nebenrolle, so können sie auf den ersten Blick damit sogar einen noch etwas größeren Beitrag zur Versorgung mit Bioenergie leisten als Energiepflanzen. Dieser Eindruck muss jedoch relativiert werden, schließlich sagen die für die verschiedenen Bezugsjahre in der Zukunft ermittelten Potenziale noch nichts darüber aus, inwieweit die bereit stehenden Reststoffe heute schon in Bioenergieanlagen zur Strom-, Wärme- und/oder Biokraftstoffproduktion herangezogen werden.

Nach Berechnungen des vom Bundesumweltministerium in Auftrag gegebenen Leitszenarios wurden im Jahr 2010 bereits rund 62 Prozent des maximal zur Verfügung stehenden Reststoffpotenzials in Deutschland energetisch genutzt. Ein Großteil davon, die unterschiedlichen Formen von Energieholz, wird verbrannt. Nur eine relativ kleine Menge wird in Biogasanlagen vergoren.

Wird demgegenüber untersucht, in welchem Umfang die für die Zukunft ermittelten Potenziale von Energiepflanzen bereits für die energetische Nutzung erschlossen sind, ergibt sich ein anderes Bild: Nur knapp die Hälfte des im Leitszenario berechneten Potenzials von Energiepflanzen wurde 2010 genutzt. Die Anbaufläche von Energiepflanzen von rund 2 Mio. Hektar im Jahr 2012 könnte nach Annahmen mehrerer der oben genannten Studien auf rund 4 Mio. Hektar verdoppelt werden, ohne die Selbstversorgung Deutschlands mit Nahrungsmitteln in Frage zu stellen. Die Potenziale von Reststoffen und von Energiepflanzen sind vor diesem Hintergrund gleichwertig für den Ausbau der Bioenergie zu bewerten.

Welchen Beitrag können Reststoffe und andere heimische Biomasse zur Energieversorgung leisten? Werden die oben genannten Gesamtpotenziale von heimischer Biomasse ins Verhältnis gesetzt zu einem Primärenergiebedarf in Höhe von 6.950 PJ, den das Energiekonzept der Bundesregierung bis 2050 anstrebt,³ so können zwischen ca. 14 bis 26 Prozent des deutschen Primärenergiebedarfs durch Bioenergie gedeckt werden. Der alleinige Beitrag der Reststoffe zum zukünftigen Energiebedarf würde eine Bandbreite von ca. 8 bis 13 Prozent erreichen.

Bioenergie deckte im Jahr 2012 insgesamt 8,8 Prozent des deutschen Primärenergiebedarfs. Bezogen auf den Endenergieverbrauch von Strom, Wärme und Kraftstoffen deckte Bioenergie im Jahr 2012 insgesamt 8,2 Prozent. Heimische Bioenergieträger lieferten 2012 den mit Abstand größten Beitrag zur erneuerbaren Energieversorgung (6,9 Prozent des Stromverbrauchs, 9,5 Prozent des Wärmeverbrauchs und 5,5 Prozent des Kraftstoffverbrauchs).



Eine theoretische Einschränkung der Bioenergienutzung auf Reststoffe und der Verzicht auf Energiepflanzen würden dazu führen, dass der zukünftige Beitrag der Bioenergie zur Strom-, Wärme- und Biokraftstoffversorgung allenfalls das heutige Niveau erreichen könnte. Die Bedeutung von Bioenergie als flexibel einsetzbarer Energieträger wird hingegen mit dem wachsenden Anteil von wetterabhängiger Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie weiter steigen. Zudem ist Bioenergie im Strom- und Kraftstoffbereich die einzige erneuerbare Energiequelle mit nennenswerten Beiträgen zur Bedarfsdeckung. Der langfristige Umbau der Energieversorgung auf ein weitgehend auf erneuerbaren Quellen basierendes System kann auf den weiteren Ausbau sowohl der energetischen Reststoffnutzung als auch des Energiepflanzenanbaus daher nicht verzichten.

³ EWI/Prognos/GWS: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, Köln/Basel/Osnabrück, August 2010.

Potenziale biogener Reststoffe

Im einleitenden Kapitel „Reststoffe und Energiepflanzen im Vergleich“ wurden bereits Kennzahlen zu den bundesweiten Potenzialen von biogenen Reststoffen aus verschiedenen Quellen und genannt. Hinsichtlich der Zusammensetzung und Größe der unterschiedlichen Reststoffpotenziale werden zwei Quellen im Folgenden in Bezug auf das Jahr 2020 detaillierter dargestellt:

- BMVBS/DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen (2010)
- BMU/DLR/Fraunhofer IWES/IfNE bzw. DLR/IfEU/WI: Leitszenario (2004/2008/2012)

Die Potenzialabschätzungen des BMU-Leitszenarios basieren auf einer früheren Erhebung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), des Institut für Energie- und Umweltforschung (IfEU), und des Wuppertal Instituts (WI) aus dem Jahr 2004.

Sowohl in der aktuellen Nutzung als auch in Zukunft würde stets der Großteil der Reststoffe als feste Biomasse aus der Forstwirtschaft für die Verbrennung – optimal in Kraft-Wärme-Kopplung – bestimmt sein, während nur ein geringerer Teil des gesamten Reststoffpotenzials für die Vergärung in Biogasanlagen in Frage kommt.



Beim Vergleich der beiden Quellen muss berücksichtigt werden, dass die BMVBS-/DBFZ-Studie die Potenziale von Landschaftspflegematerial, Klärschlamm, Deponiegas und tierischen Fetten nicht erhoben hat. Auch sind die unterschiedlichen Kategorien von Reststoffen teilweise mit unterschiedlichen Kriterien eingegrenzt worden. Dennoch werden die Größenordnungen, Bedeutungen und Bandbreiten der unterschiedlichen Reststoffe und ihrer Herkunft damit deutlicher:

Holz, tierische Exkremente und Stroh spielen in den unterschiedlichen Potenzialabschätzungen die durchweg wichtigste Rolle.

Ökologische Restriktionen für Potenziale biogener Reststoffe

Werden Reststoffe wie tierische Exkremente oder Bio- und Grünabfall energetisch genutzt, so ist ein klarer ökologischer Vorteil durch den zusätzlichen Klimaschutzbeitrag garantiert. Bei anderen Reststoffen wie Stroh und Restholz, sind jedoch auch boden- und waldökologische Kriterien zu beachten. Je nachdem, in welchem Umfang Stroh und Restholz entnommen werden, können auch ökologisch kontraproduktive Effekte auftreten.

Das Umweltbundesamt (UBA) hat im Jahr 2010 in seinem Szenario für eine Vollversorgung Deutschlands mit Strom aus Erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2050⁴ die in der BMU-Leitstudie bzw. von DLR/IfEU/WI 2004⁵ angegebene Größe der Reststoffpotenziale überprüft. Mit Rücksicht auf Anforderungen des Naturschutzes empfiehlt das UBA eine Orientierung am konservativeren Reststoffpotenzial (724 PJ im Jahr 2050) mit strengeren ökologischen Restriktionen.

Hierbei werden unterschiedliche einschränkende Annahmen getroffen. Für die Reststoffpotenziale aus der Forstwirtschaft gelten Einschränkungen aus Gründen des Naturschutzes und der nachhaltigen Waldbewirtschaftung:

- Die verstärkte Nutzung von Waldrestholz und Durchforstungsholz orientiert sich an waldökologischen Kriterien.
- Nicht als Wertholz nutzbares Stammholz aus Mittel- und Niederwaldnutzung wird energetisch genutzt.
- Es gibt aus Naturschutzgründen keine wesentliche Veränderung des Waldanteils an der Gesamtfläche.
- Auf Flächen für den überregionalen Biotopverbund (§ 3 Bundesnaturschutzgesetz) wird Waldrestholz nicht genutzt, um störungsarme Waldflächen zu schaffen.
- Der Erhalt historischer Waldnutzungsformen, z.B. Mittel- und Niederwald, auf geringen Teilflächen ist aus Artenschutzgründen erwünscht. Traditionell wird auf diesen Flächen der größte Teil der Biomasse energetisch genutzt, d.h. die energetisch nutzbare Biomasse erhöht sich, ohne dass sich die Flächenanteile des Waldes insgesamt verändern.
- Waldrestholzbestandteile, wie Wurzeln, Kronen- oder Astmaterial, verbleiben zur Nährstoffversorgung des Waldbodens im Wald. Wurzelrodung findet nicht statt. Dies wird durch die deutschen Waldzertifizierungssysteme kontrolliert. Auch aus qualitativen Gründen ist eine energetische Nutzung dieser Waldrestholzbestandteile z.B. zur Holzpelletherstellung ausgeschlossen, da der hohe Anteil der Mineralstoffe die Brennstoffeigenschaften signifikant verschlechtern würde. Je höher der Mineralstoffanteil ist, desto schlechter sind die Eigenschaften des Heizmaterials bei der Verbrennung.

Das Potenzial von Reststoffen aus forstwirtschaftlicher Biomasse (Waldholz, Waldrestholz) fällt in den Potenzialberechnungen des DBFZ deutlich höher aus. Dennoch liegen auch den Annahmen des DBFZ mehrere strenge ökologische Restriktionen zugrunde. So ist der Holzzuwachs von Naturschutzflächen nicht als energetisch nutzbarer Reststoff berücksichtigt. Zur Sicherstellung einer nachhaltigen Forstwirtschaft muss ein Anteil von 10 Prozent des jährlichen Holzzuwachses ungenutzt bleiben.

⁴ UBA: Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen, Dessau-Roßlau, Juli 2010.

⁵ DLR/IfEU/Wuppertal-Institut: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Stuttgart/Heidelberg/Wuppertal, März 2004.

Außerdem wird angenommen, dass ein Teil des gewachsenen Holzvorrats jährlich als Totholz im Wald verbleibt. Um den Nährstoffhaushalt und die Biodiversität des Ökosystems Wald zu erhalten, kann ein bestimmter Anteil von Bäumen bzw. Teile von Bäumen absterben und zu Humus zersetzt werden.⁶

Auch für die Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen berücksichtigen die beiden Potenzialberechnungen Nachhaltigkeitskriterien. So wird die Strohnutzung begrenzt, um eine ausgeglichene Humusbilanz zu gewährleisten. Würde das bei der Ernte anfallende Stroh vollständig für die energetische Nutzung herangezogen und nicht auf dem Acker verbleiben, verlöre der Boden an Humus und Nährstoffen. Um Ertragsrückgänge auszugleichen, müssten ausgeleichend andere Dünger eingesetzt werden.⁷

⁶ AEE: Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. Berlin, Januar 2013.

⁷ Ebd.

Welche Reststoffe spielen welche Rolle?

Das Potenzial biogener Reststoffe bietet eine sehr große Vielfalt. Holzartige Reststoffe machen dabei den Großteil des gesamten Potenzials aus, gefolgt von landwirtschaftlichen Reststoffen wie Stroh und tierischen Exkrementen. Bedeutende Potenziale von Reststoffen fallen während der Produktionsschritte der Holzverarbeitenden Industrie an. Potenziale können aber auch in landwirtschaftlichen Vieh- und Ackerbaubetrieben mobilisiert werden. Ein dritter Bereich ist die Abfallwirtschaft, die Bio- und Grünabfälle, Klär- und Deponiegas für die energetische Nutzung erschließen kann. Während diese Reststoffe vor allem in dicht besiedelten städtischen Räumen relevant sind, spielen bei der Betrachtung des gesamten Angebotes von Reststoffen neben der Landwirtschaft die Forstwirtschaft und Holzindustrie in den dünner besiedelten ländlichen Regionen eine wichtigere Rolle.

Im Folgenden soll eine Einschätzung zum Aufkommen der unterschiedlichen Reststoffe gegeben werden. Soweit möglich, werden Daten zur gegenwärtigen Nutzung, zur Marktentwicklung und konkurrierenden Nutzungen genannt.

Forstwirtschaftliche Biomasse

Bei der aktuellen Nutzung von Restholz als wichtigstem Beitrag zur gegenwärtigen Energieversorgung muss differenziert werden nach den unterschiedlichen Bereichen des Holzaufkommens und der Holzverwendung. Um einen Überblick zu den Rahmenbedingungen für die Reststoffnutzung zu geben, wird das Aufkommen der Reststoffe entlang der forstwirtschaftlichen Produktionskette dargestellt. Die Mengenangaben in Kubikmeter Festmeteräquivalent stammen aus der Holzrohstoffbilanz vom Oktober 2012.⁸

- Waldrestholz



Reststoffe fallen als so genannter Schlagabraum bereits bei der Holzernte und Durchforstung im Wald an. Es handelt sich dabei um das so genannte Waldrestholz, das Holz von Baumkronen und Ästen umfasst, die nicht als hochwertiges Stammholz (auch als Schnitt- oder Nutzholz bezeichnet) verkauft werden können. Die Holzverarbeitende Industrie wie Sägewerke, Möbel-, Bau-, Sperrholz- und Furnierindustrie hat wegen der geringen Holzqualität, wegen Krümmungen und zu geringen Durchmesser wenig Interesse an der Vermarktung dieses Holzsegmentes. Rund 8,5 Mio. m³ Waldrestholz flossen 2011 nach Angaben der Holzrohstoffbilanz in die energetische Nutzung. Das Waldrestholz wird üblicherweise maschinell gehäckselt und als Brennstoff Holzhackschnitzel weiterverwendet. Hierbei handelt es sich um rund drei bis fünf Quadratzentimeter große Holzstückchen. Abnehmer sind zu annähernd gleichen Teilen Holzheizwerke bzw. Holzheizkraftwerke sowie private Haushalte. Neben den politischen

Holzzuwachs in Deutschland

Jede Sekunde wachsen 4 m³ Holz im deutschen Wald nach. Das entspricht Holz im Umfang eines Würfels mit 1,6 m Kantenlänge. Diese Menge ist jedoch nicht gleichzusetzen mit der Holzmenge, die jährlich geerntet werden kann und auf den Holzmarkt kommt. Denn Baumkronen und Äste können nur zum Teil genutzt werden und verbleiben für eine ökosystemstabile Nährstoffversorgung im Wald.



Quelle: Bundeswaldinventur II/AEE

⁸ Mantau, Udo: Holzrohstoffbilanz Deutschland. Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung von 1987 bis 2015. Hamburg, Oktober 2012.

Rahmenbedingungen (z.B. Vergütung der Stromerzeugung in Holzkraftwerken über das Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG) beeinflusst der Preisanstieg für fossile Energieträger die Mobilisierung des Potenzials von bisher ungenutztem Waldrestholz. Der Zubau von Holzkraftwerken ist nach 2009 rückläufig. Aus Sicht der Biodiversität und der Bodenqualität ist ein Verbleib eines bestimmten Anteils der Holzernte als Totholz und der Verzicht auf die Nutzung von Baumkronen notwendig. Wird zuviel Waldrestholz entnommen, fehlen dem Waldboden wichtige Nährstoffe.⁹

- Rohholz



Bedeutender ist die energetische Nutzung von rund 21,9 Mio. m³ Scheitholz (2010) aus dem Wald. Ein kleinerer Teil davon ist Ast- und Knüppelholz, das für die weitere stoffliche Nutzung nicht in Frage kommt. Der Großteil (18,6 Mio. m³) besteht aus Derbholz (auch als Rundholz bezeichnet).¹⁰ Damit ist jenes Holz gemeint, das bei der Ernte mehr als 7 cm Durchmesser hat, d.h. Stamm und starkes Astholz. Als geerntetes Rohholz ist es eventuell bereits gespalten und entrindet, aber nicht weiter verarbeitet. Dieses Holz wird vor allem als Scheitholz von Privathaushalten selbst im Wald eingeworben bzw. an diese vertrieben. Hinzu kommen kleinere Mengen Scheitholz aus dem eigenen Garten. Fast ausschließlich private Haushalte nutzen Scheitholz in bundesweit rund 15 Mio. Einzelraumfeuerstätten, d.h. Kamin- und Kachelöfen, die nicht als Zentralheizung dienen. Damit kann etwa jeder vierte deutsche Haushalt den Brennstoff Holz einsetzen. Angesichts steigender Kosten für fossile Energieträger wie Heizöl haben viele Haushalte verstärkt auf den günstigen Energieträger Holz für ihre Raumwärme zurückgegriffen. Von 2004 bis 2011 hat sich der Scheitholzverbrauch der Privathaushalte mehr als verdoppelt. Die Preisentwicklung fossiler Energieträger kann auch in Zukunft starke Auswirkungen auf Nachfrage und Nutzung dieses Aufkommens haben. Da dieses Holzsegment auch von Teilen der Holzverarbeitenden Industrie genutzt werden könnte, sind hier je nach Nachfrageverhalten auch direkte Konkurrenzen möglich.

In kommunalen Forsten und Staatsforsten sind die Hiebssätze, d.h. die Holzmenge, die jährlich je Fläche eingeschlagen werden kann, ohne den gleichzeitigen Zuwachs zu überschreiten, bereits weitgehend erschöpft.¹¹ In vielen Privatwäldern, die mit 4,8 Mio. ha rund 44 Prozent der deutschen Waldflächen ausmachen, sind jedoch noch umfangreiche Holzvorräte zu mobilisieren. Viele private Waldbesitzer, die oft nur wenige Hektar Wald ihr Eigen nennen, bewirtschaften diesen jedoch allenfalls unregelmäßig. Viele Besitzer schlagen kein Holz ein, weil ihnen hierzu das Fachwissen fehlt und sie nicht über genügend finanzielle Mittel verfügen. Außerdem weist der Kleinprivatwald eine Reihe struktureller Nachteile auf: Er ist sehr kleinparzelliert und schlecht erschlossen, die Grenzen und Besitzverhältnisse sind häufig unklar. Zwar hat die Nutzungsintensität im Privatprivatwald u.a. durch die gestiegene Nachfrage sowie durch Informationskampagnen insgesamt zugenommen, jedoch besteht hier noch immer ein großes Mobilisierungspotenzial von Holzvorräten. Private Waldbesitzer können sich z.B. auf Basis von Contracting-Modellen zu Forstbetriebsgemeinschaften zusammenschließen, um eine gemeinsame Bewirtschaftung vieler kleiner Waldflächen ökonomisch attraktiv zu machen. Sowohl die stoffliche als auch die energetische Nutzung können von der Erschließung dieses Potenzials profitieren.¹²

⁹ AEE: Holzenergie. Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen. Renewes Spezial 66, April 2013.

¹⁰ Infro/Universität Hamburg: Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2010. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente. Hamburg, Mai 2012.

¹¹ IÖW/ZEE Universität Freiburg/Universität Hohenheim: Die Energiewende vor Ort gestalten. Ein Wegweiser für eine sozial gerechte und naturverträgliche Selbstversorgung aus Erneuerbaren Energien. Schwerpunkt Bioenergie. Freiburg i.B., März 2013.

¹² AEE: Holzenergie. Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen. Renewes Spezial 66, April 2013.

Energieträger Holz: typische Nutzungspfade



Fotos/Quellen: FNR, BAV, BMU, wendenergie.de, brandnerhof.de, biomasse-nutzung.de

- Landschaftspflegeholz



Eine geringere Bedeutung hat die energetische Nutzung von Landschaftspflegeholz. Unter diesem Oberbegriff fasst die Holzrohstoffbilanz die holzartigen Anteile von Landschaftspflegematerial zusammen, d.h. jene Biomasse, die beim Baum- und Strauchschnitt in Parks, Gärten, an Gewässern und Straßen anfallen. Für das Jahr 2011 wird von einem verbrauchten Volumen von rund 4,5 Mio. m³

Landschaftspflegematerial ausgegangen, das zu etwas mehr als der Hälfte direkt von Haushalten genutzt wird, z.B. in ihren Öfen und Kaminen. Der geringere Anteil des Aufkommens wird in häufig kommunal betriebenen Holzkesseleln, Heizwerken oder Heizkraftwerken zur Wärme und/oder Stromerzeugung genutzt. Die Holzrohstoffbilanz geht davon aus, dass je nach Mobilisierungsgrad 5,5 bis 6,5 Mio. m³ nutzbar sind. Ein Großteil des Landschaftspflegematerials ist also bereits erschlossen. Der logistische Aufwand und die wechselhafte Qualität machen es zu einem weniger attraktiven Reststoff. Wenn das Landschaftspflegematerial jedoch sowieso anfällt und entsorgt werden muss, können die Entsorgungskosten zumindest anteilig durch Erträge aus einer möglichen energetischen Nutzung ausgeglichen werden.¹³

Industrierestholz

Fallen Reststoffe nicht direkt im Wald, sondern erst nach einer Produktionsstufe in der Holzbe- oder -verarbeitenden Industrie an, spricht man von Industrierestholz. Dieses Holzsegment ist ebenfalls für die energetische Nutzung relevant.

- Sägespäne und -mehl



In Sägewerken wird das geerntete Rohholz zu Schnittholz für Bau- und Konstruktionsholz (Balken, Kanthölzer, Bretter, Bohlen usw.), für Verpackungen und für die Möbelindustrie aufbereitet. Die Sägeindustrie beliefert auch die Papier- und Zellstoffindustrie. Dabei fallen als Nebenprodukt Schnittholzreste, Sägespäne und -mehl an. Die Holzrohstoffbilanz erfasst für 2010 ein Aufkommen von 15 Mio. m³

Sägenebenprodukten, das zu zwei Dritteln in der Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrie stofflich weiterverwendet wird. Nur rund ein Drittel wird energetisch genutzt, vor allem für die Produktion von Holzpellets und Holzbriketts (rund 4 Mio. m³ Sägenebenprodukte im Jahr 2011). Nur ein kleiner Teil des Sägerestholzes wird nicht als Pellets oder Briketts, sondern direkt in Holzheizwerken und Holzheizkraftwerken zur Wärme- und/oder Stromerzeugung eingesetzt.

Holzpellets sind wenige Zentimeter lange, 6 Millimeter dünne stäbchenförmige Presslinge, die vor allem in Holzpelletkesseln verbrannt werden. Pelletheizungen dienen in Ein- und Mehrfamilienhäusern oder Gebäudekomplexen als Zentralheizung. Holzbriketts werden vor allem in Scheitholzöfen und -kaminen verfeuert. Für die Brennstoffe Holzpellets und -briketts bestehen Normen, die sicherstellen, dass ausschließlich naturbelassenes Holz ohne chemische Zusätze als verwendet werden dürfen. Nur in sehr geringem Umfang werden andere Holzsegmente wie Waldrestholz für die Holzpellet- und -brikettproduktion herangezogen. Erst mit der Markteinführung von Holzpellettheizungen stieg nach 2000 die Nachfrage nach Sägenebenprodukten für die energetische Nutzung deutlich an. Wurden im Jahr 2000 insgesamt noch weniger als 0,5 Mio. m³ Holzpellets und -briketts in privaten Haushalten verbraucht, so waren es 2010 bereits 1,4 Mio. m³

¹³ IÖW/ZEE Universität Freiburg/Universität Hohenheim: Die Energiewende vor Ort gestalten. Ein Wegweiser für eine sozial gerechte und naturverträgliche Selbstversorgung aus Erneuerbaren Energien. Schwerpunkt Bioenergie. Freiburg i.B., März 2013.

Briketts und 1,6 Mio. m³ Pellets. Die Produktionskapazitäten der Pelletieranlagen in Deutschland würden eine weitere Steigerung der Holzpelletproduktion möglich machen.

Der Anteil der energetischen Nutzung ist gegenüber der stofflichen Nutzung der Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrie angestiegen. In den 1990er Jahren wurde nur etwa ein Viertel des Sägerestholzes direkt energetisch genutzt. Die Holzwerkstoffindustrie war praktisch alleiniger Abnehmer von Sägespänen und -mehl. Mit den Herstellern von Holzpellets und -briketts ist nun ein Konkurrent entstanden, der gezielt diese Reststoffe mobilisiert und ein Drittel des Sägerestholzes nachfragt. Nachdem die Sägewerke ihre Einschnittleistung nach 2007 reduzierten und damit auch das Angebot von Sägenebenprodukten zurückging, änderte sich das Verhältnis zwischen energetischer und stofflicher Nutzung jedoch nicht wesentlich.

- Schwarzlauge und Rinde



Schwarzlauge entsteht als Nebenprodukt in der Zellstoffindustrie. Sie enthält Lignin und wird fast ausschließlich in bundesweit acht Kraftwerken der Zellstoffindustrie direkt vor Ort verbrannt, um den Wärmebedarf der Industrieanlagen zu decken und Strom zu erzeugen. Die acht Kraftwerke der Zellstoffindustrie verfügten 2011 über insgesamt 220 MW installierte elektrische Leistung. Die Stromerzeugung wird bei Anlagen bis 20 MW über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vergütet. Die Holzrohstoffbilanz geht davon aus, dass die Schwarzlauge vollständig energetisch genutzt wird. Nur bei einer Produktionssteigerung der Zellstoffindustrie könnte die Strom- und Wärmeerzeugung ihrer Kraftwerke weiter steigen.

Das Aufkommen von Rinde im Umfang von 4,7 Mio. m³ im Jahr 2010 floss zum Teil in die stoffliche Nutzung, vor allem als Rindenmulch, oder wurde in Holzheizwerken oder Holzheizkraftwerken zur Wärme- und/oder Stromerzeugung genutzt. Das EEG begünstigte die Nutzung von Rinde als nachwachsenden Rohstoff, weshalb laut Holzrohstoffbilanz ein Nachfragedruck der Holzkraftwerke spürbar war.

- Altholz



Altholz ist bereits stofflich genutztes Holz, das am Ende seines Nutzungsweges steht. Altholz fällt z.B. im Bausektor an (Renovierungen, Abriss), als Verpackungsmaterial oder als Altmöbel, die in den Sperrmüll gegeben werden. Die Holzrohstoffbilanz erfasste 2010 ein Altholzaufkommen von 14 Mio. m³. Altholz wird bereits zum überwiegenden Anteil in großen Holzkraftwerken für die Strom- und Wärmeproduktion verwendet oder zur Beifeuerung in Müllverbrennungsanlagen (MVA) oder konventionellen Kraftwerken genutzt. Haushalte verfeuern vereinzelt auch ihr eigenes Altholz in ihren Öfen und Kaminen. Ein kleiner Teil des Altholzes, ca. ein Fünftel des Gesamtvolumens, wird wiederum stofflich genutzt in der Holzbe- und verarbeitenden Industrie, z.B. zur Spanplattenherstellung. Die Altholzverordnung regelt die möglichen Verwendungen von Altholz, das mit steigender Schadstoffbelastung den Kategorien A I bis A IV zugeordnet wird. Naturbelassenes oder lediglich mechanisch behandeltes Altholz zählt zur Kategorie A I. Mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz kommt nur noch für wenige Nutzungspfade in Frage und wird in Kategorie A IV erfasst. Ein seit 2003 positives Außenhandelsaldo erhöht die Verfügbarkeit von Altholz in Deutschland.



Tierische Exkremente

Tierische Exkremente umfassen die Gülle von Rindern und Schweinen sowie Hühnerkot. Auch Mist zählt zu diesem Reststoff. Das Aufkommen von tierischen Exkrementen ist von den Viehbeständen abhängig. Landwirte verteilen auf den deutschen Äckern jährlich rund 200 Mio. Tonnen Gülle.

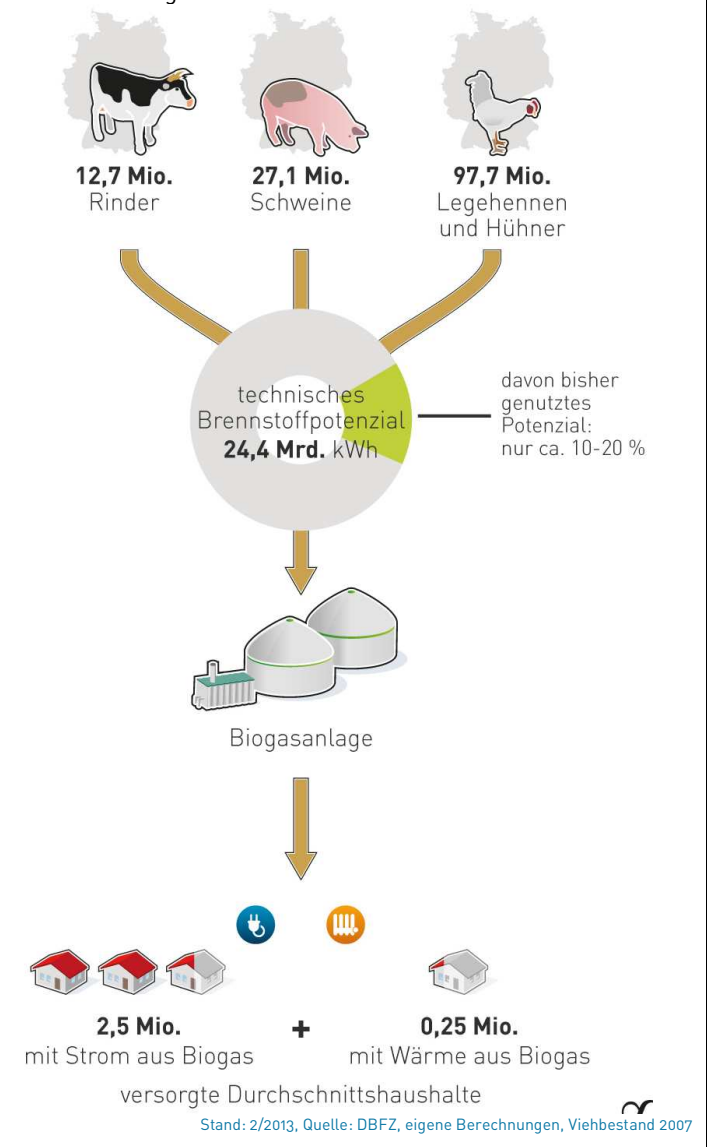
In einem der bisher umfangreichsten Forschungsprojekte zu Biomasse-Potenzialen hat das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) ein technisches Brennstoffpotenzial der in Biogasanlagen zu nutzenden tierischen Exkremente von rund 87.700 Terajoule berechnet.¹⁴ Dabei wurde angenommen, dass ein landwirtschaftlicher Betrieb erst ab einem Bestand von 50 Rindern oder 100 Schweinen die tierischen Exkremente wirtschaftlich nutzen kann. Tierische Exkremente fallen vor allem in jenen Regionen Nordwestdeutschlands an, die hohe Viehdichten aufweisen.

Tierische Exkremente werden in Biogasanlagen – üblicherweise zusammen mit Energiepflanzen – in einem Fermenter unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff von Mikroorganismen abgebaut. Bei diesem Gärprozess entsteht Biogas. Es kann in Blockheizkraftwerken (BHKW) verbrannt werden, um Strom und Wärme zu erzeugen. An einigen Biogasanlagen wird Biogas auch zu Biomethan aufbereitet. Biomethan ist hinsichtlich Energiegehalt und Eigenschaften identisch mit dem fossilen Energieträger Erdgas. Es kann als Biokraftstoff für Fahrzeuge mit Gasmotor genutzt werden bzw. in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden, um es anderenorts zur Strom- und Wärmeerzeugung zu entnehmen.

Die rund 7.600 Biogasanlagen in Deutschland mit ca. 3.200 MW installierter elektrischer Leistung (2012) werden überwiegend von Landwirten betrieben. Tierische Exkremente machten 2011 nach einer Erhebung des DBFZ rund 43 Prozent des Massevolumens der Biomasse aus, die in Biogasanlagen zum Einsatz kommt.¹⁵ Der Rest sind Energiepflanzen und andere Reststoffe. Bezogen auf die eingesetzte Energie, machen sie jedoch nur 14 Prozent aller eingesetzten Biomasse aus, da tierische Exkremente nur

In Gülle und Mist steckt noch viel Energie

Mit den Exkrementen der in Deutschland gehaltenen Rinder, Schweine und Hühner können ein Jahr lang ca. 2,5 Mio. Haushalte mit Strom und eine Viertelmillion Haushalte mit Wärme versorgt werden.



¹⁴ DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen. Status Quo und Möglichkeit der Präzisierung. Anhang I – Regionale Biomassepotenziale. Leipzig, März 2010.

¹⁵ DBFZ: EEG-Monitoring 2011. Leipzig, März 2012.

über einen relativ geringen Energiegehalt verfügen. Ein Transport oder Handel mit tierischen Exkrementen ist aufgrund des hohen logistischen Aufwandes meistens weniger attraktiv.¹⁶

Eine Konkurrenz zu anderen Nutzungspfaden besteht bei tierischen Exkrementen nicht, im Gegenteil:¹⁷

- Nach der Vergärung können Gärreste von tierischen Exkrementen und Energiepflanzen als hochwertiger Dünger auf Ackerflächen genutzt werden. Der Reststoff Gülle muss nicht entsorgt werden, seine Nährstoffe können genutzt werden. Damit lassen sich Stoffströme schließen. Mineraldünger, der auf dem fossilen Energieträger Erdöl beruht, kann eingespart werden.
- Die Geruchsbelästigung durch unbehandelte Gülle kann durch die Vergärung weitgehend reduziert werden, da die geruchsentwickelnden flüchtigen Fettsäuren und Phenole stark abgebaut werden.
- Vergorene Gülle lässt sich als Dünger leichter ausbringen als unvergorene Gülle. Die Mineralisierung der Gülle durch den Gärprozess macht sie pflanzenverträglicher.
- Während bei einer Lagerung von tierischen Exkrementen in offenen Güllebehältern das klimaschädliche Methan entweichen kann, leistet die Verbrennung von Biogas zur Strom- und Wärme- bzw. Biokraftstofferzeugung einen aktiven Beitrag zur Emissionsreduktion. Im Vergleich zur Biogaserzeugung mit Energiepflanzen liegt der Klimaschutzbeitrag von tierischen Exkrementen deutlich höher.

Trotz der deutlichen Vorteile der energetischen Nutzung von tierischen Exkrementen in Biogasanlagen werden bisher nach Schätzungen aus Wissenschaft und Landwirtschaft lediglich ca. 10 bis 20 Prozent des Aufkommens energetisch genutzt.¹⁸ Gründe sind hohe logistische Aufwände und Investitionskosten. Das EEG in der ab 2012 gültigen Fassung fördert zwar die verstärkte Nutzung von tierischen Exkrementen mit einer Vergütungsklasse für kleine Biogasanlagen bis 75 kW elektrischer Leistung, die überwiegend Gülle einsetzen. Dennoch ist die Biogaserzeugung mit Kleinanlagen auf der Basis von Gülle nach Einschätzungen aus der Branche bisher für die meisten Landwirte keine attraktive Investition. Einerseits verfügen viele Höfe alleine nicht über einen ausreichend großen Viehbestand von rund 200 Rindern, um die notwendigen Güllemengen bereitzustellen. Andererseits lohnen sich Transporte oder aufwändige logistische Umrüstungen für die Bereitstellung von Gülle vielerorts nicht.¹⁹ Gülle kommt unabhängig davon aber in den meisten Biogasanlagen als ein Einsatzstoff neben den dominierenden Energiepflanzen zum Einsatz.

Biomethan aus Reststoffen wie Gülle ist zwar dank der Doppelanrechnung auf die Mindestquote für Biokraftstoffe besonders attraktiv für Mineralölkonzerne, verfügt aber aufgrund der geringen Zahl von Fahrzeugen mit Gasmotor bisher über keinen relevanten Absatzmarkt.

¹⁶ Ebd.

¹⁷ Fachverband Biogas: 10 Gründe für den Bau einer Biogasanlage, März 2009.

¹⁸ Fachverband Biogas: Energie aus Bioabfall. Pressemitteilung, 09. Mai 2012; AEE: Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. Berlin, Januar 2013; Bräsel, Martina: Rentieren sich Gülle-Kleinanlagen? In: Biogasjournal 1/2013, S. 71-75.

¹⁹ Bräsel, Martina: Rentieren sich Gülle-Kleinanlagen? In: Biogasjournal 1/2013, S. 71-75; Bach, Steffen: Kleine Gülleanlagen warten auf den Durchbruch. In: Biogasjournal 1/2013, S. 94-97.

Exkurs: Anreizsysteme für Biokraftstoffe aus Reststoffen

Die Europäische Union will die Nutzung von Reststoffen wie tierischen Exkrementen, Altfett und tierischen Fetten für die Biokraftstoffproduktion verstärken. Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie von 2009 sieht generell eine Doppelanrechnung von Biokraftstoffen auf das Ausbauziel im Verkehrssektor vor, wenn diese aus Reststoffen produziert wurden.²⁰ In Deutschland können die Mineralölkonzerne, die zum Absatz einer Mindestmenge von Biokraftstoffen verpflichtet sind, seit 2011 Biokraftstoffe aus Reststoffen doppelt auf die zu erfüllende Quote anrechnen lassen. Auch für die staatlichen Ausbauziele für den Anteil von Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch gilt die Doppelanrechnung.

Einen Liter verbrauchen, aber zwei Liter anrechnen

Das bedeutet, dass die Mitgliedstaaten das Ausbauziel von 10 Prozent Anteil Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor im Jahr 2020 rechnerisch leichter erfüllen können, wenn statt einer bestimmten Menge von Biokraftstoffen aus Energiepflanzen dieselbe Menge Biokraftstoff aus Reststoffen im Verkehrssektor eingesetzt wird. Biokraftstoff aus Reststoffen zählt dann doppelt – obwohl der Energiegehalt identisch bleibt und mengenmäßig nicht mehr fossile Kraftstoffe ersetzt werden können. Der im Oktober 2012 veröffentlichte Vorschlag der EU-Kommission zur Änderung der Richtlinie differenziert die einzusetzenden Reststoffe und sieht eine Doppel- oder sogar Vierfachtanrechnung vor. Einerseits könnte dadurch das Potenzial der Reststoffe besser erschlossen werden. Da im Gegensatz zu Biokraftstoffen aus Energiepflanzen kein energieintensiver Anbau, Düngen und Ernten notwendig ist, reduzieren Biokraftstoffe aus Reststoffen besonders viele Treibhausgase im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen. Andererseits bezeichnen Kritiker die Mehrfachtanrechnung als Übervorteilung und „Schönrechnen“, wobei die plötzliche Nachfrage nach Reststoffen wie Altfett und tierischen Fetten starke Marktverzerrungen vermuten lässt.²¹ Auch vor Missbrauch wird gewarnt, das Anreizsystem betrugsanfällig sein könnte.

Je klimafreundlicher ein Biokraftstoff, desto geringer die eingesetzte Menge

In Deutschland wird der Einsatz von Biokraftstoffen aus Reststoffen ab 2015 zusätzlich attraktiv durch die Umstellung der Quotenanrechnung. Wurde die Mindestquote bisher über den Energiegehalt der Biokraftstoffe im Verhältnis zum Energiegehalt der fossilen Kraftstoffe bestimmt, so gilt in Zukunft eine Treibhausgas-Minderungsquote. Die von den Mineralölkonzernen zu verwendende Biokraftstoffmenge muss dann insgesamt 3 Prozent, später 7 Prozent der Emissionen der fossilen Kraftstoffmenge einsparen. Wenn Biokraftstoffe z.B. durchschnittlich 50 Prozent weniger Treibhausgase emittiert als fossile Kraftstoffe, so wären 6 Prozent bzw. später 14 Prozent der fossilen Kraftstoffmenge zu ersetzen. Biokraftstoffe aus Reststoffen erreichen häufig höhere Treibhausgaseinsparungen als 50 Prozent. Setzen die Mineralölkonzerne also vorrangig die besonders klimafreundlichen Biokraftstoffe aus Reststoffen ein, müssen sie umso weniger Biokraftstoff einkaufen.

²⁰ Richtlinie 2009/28/EG, 23. April 2009; COM(2012) 595 final, 17. Oktober 2012.

²¹ UFOP: Geschäftsbericht 2011/2012. Berlin, Dezember 2012.



Bio- und Grünabfälle

Bioabfälle umfassen alle Reststoffe im Sinne der Bioabfallverordnung aus Haushalten und Gewerbe wie z.B. Küchenabfälle und Reststoffe der Lebensmittelindustrie. Grünabfälle umfassen Grünschnitt aus der Garten-, Landschafts- und Parkpflege. Bio- und Grünabfälle können – wie tierische Exkremente – in Fermentern von Biogasanlagen vergoren werden, um Biogas zu erzeugen, das zur Strom-, Wärme- oder Biokraftstofferzeugung eingesetzt wird. Grünabfälle mit hohem Holzanteil können auch aussortiert werden und zur Wärmeerzeugung in Biomasse-kesseln verbrannt werden, wenn eine Vergärung in Biogasanlagen nicht möglich oder gewünscht ist. Holzartiges Landschaftspflegematerial ist für die Biogaserzeugung nicht geeignet und wurde zuvor im Abschnitt „Landschaftspflegeholz“ behandelt.

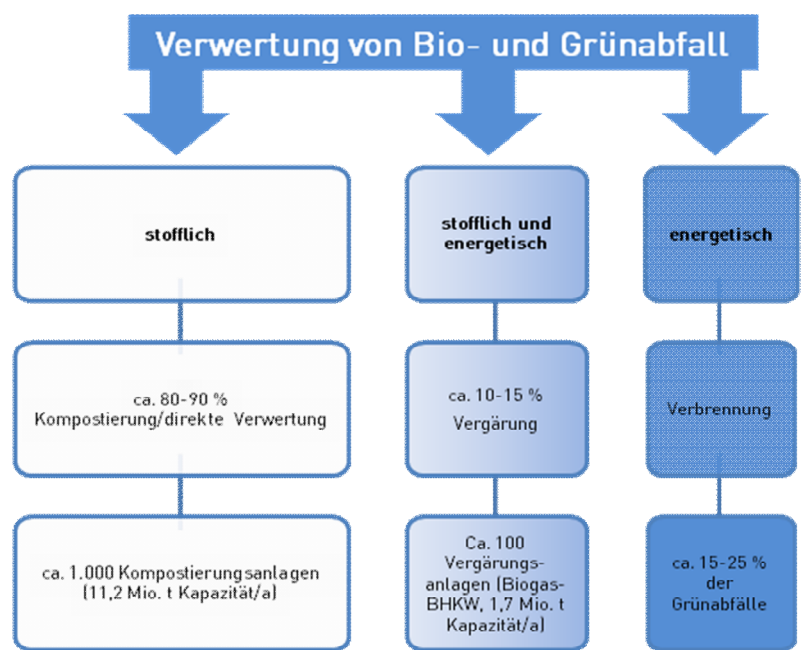
Da die Bio- und Grünabfälle höchst heterogen sind und an vielen unterschiedlichen Stellen und in unterschiedlicher Qualität und Zusammensetzung anfallen können, ist ihre energetische Nutzung vielerorts mit

verhältnismäßig hohem Aufwand verbunden. Werden Bio- und Grünabfälle über Biotonnen („Braune Tonne“, „Grüne Tonne“) separat von den Abfallwirtschaftsbetrieben erfasst, sind sie gut für die energetische bzw. stoffliche Nutzung verfügbar.

Im Jahr 2010 wurden bundesweit rund 8,9 Mio. t Bio- und Grünabfälle erfasst, wobei Bioabfälle und Grünabfälle jeweils etwa die Hälfte des Gesamtaufkommens ausmachen.²² Nicht in allen Landkreisen und kreisfreien Städten gibt es bisher jedoch eine eigene Sammlung von Bio- und Grünabfällen. Bei 96 von insgesamt 405 Entsorgungsträgern fehlte im Jahr 2010 eine separate Sammlung mit Biotonnen. Rund 14,3 Mio. Bürger waren davon betroffen.²³ Da auch in den Regionen mit Biotonne nicht alle Haushalte eine Biotonne nutzen, können weitere ca. 30 Mio. Bürger ihre Bio- und Grünabfälle nicht über eine Biotonne entsorgen, sondern nur über die Hausmüll- bzw. Restmülltonne. Damit wurden schätzungsweise 4 bis 5 Mio. t Bio- und Grünabfälle nicht separat eingesammelt. Weitere Bio- und Grünabfälle, die nicht über die Biotonnen, sondern andere privatwirtschaftliche Strukturen eingesammelt werden, fallen in der Gastronomie an sowie in Lebensmittelproduktion und -handel.

Kompostierung und Vergärung kombinieren

Bio- und Grünabfälle werden in Deutschland bisher fast ausschließlich zur Kompostierung stofflich genutzt, obwohl eine Vergärung zur Biogasgewinnung vorgeschaltet werden könnte.



Stand: 2/2011, Quelle: Kern/Witzenhausen-Institut

²² BMU/UBA/Witzenhausen-Institut: Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen. Berlin/Dessau-Roßlau, März 2012.

²³ Ebd.

Seit den 1980er Jahren werden Bio- und Grünabfälle in Deutschland in insgesamt rund 1.000 Kompostierungsanlagen kompostiert, d.h. in unterschiedlichen Rottesystemen unter Luftzufuhr zersetzt. Ziel war dabei zunächst die stoffliche Nutzung des Komposts als Pflanzennährstoff und Humuslieferant in der Landwirtschaft und im Gartenbau. Der Kompostierung kann jedoch auch eine Vergärung unter Luftausschluss vorgeschaltet werden. Das dabei entstehende Biogas lässt sich dann vor Ort in Blockheizkraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung nutzen. Alternativ kann das Biogas auch zu Biomethan aufbereitet werden um es in das Erdgasnetz einzuspeisen oder Fahrzeuge mit Gasmotoren zu betreiben.

Durch die vorgeschaltete energetische Nutzung entsteht keine Konkurrenz gegenüber der stofflichen Nutzung. Vielmehr ergeben sich mehrere Vorteile aus Sicht der Kompostierungsanlagen:

- Die nach der Vergärung verbleibenden Gärreste lassen sich anschließend kompostieren und weitervermarkten. Der Nährstoffgehalt verringert sich nur geringfügig.²⁴
- Die Strom- und Wärmeerzeugung mit Biogas kann ein betriebswirtschaftlich attraktives zusätzliches Standbein schaffen.
- Die Geruchsbelästigung des Kompostierungsprozesses wird nach der Vergärung unter Luftausschluss reduziert. Die Nachrotte im Kompostwerk kann durch diese Vorbehandlung schneller erfolgen.
- Das bei der Kompostierung unter Luftzufuhr entstehende Treibhausgas Methan kann nicht mehr ungehindert entweichen, sondern wird durch die Vergärung unter Luftabschluss als Biogas genutzt. Je Tonne Bioabfall nimmt das Institut für Umwelt- und Energieforschung (IfEU) Heidelberg eine CO₂-Einsparung von bis zu 160 kg an.²⁵

Im Jahr 2012 erzeugten jedoch nur rund 100 Kompostierungsanlagen bundesweit Biogas durch eine vorgeschaltete Vergärungsstufe²⁶. Die Erlöse aus der Strom- und Wärmeerzeugung konnten bisher häufig die Mehrkosten für die Einrichtung einer Vorstufe zur energetischen Nutzung der Bio- und Grünabfälle nicht ausgleichen.²⁷ Erst ab einem Abfallaufkommen von mindestens 10.000 Tonnen jährlich lohnt sich die Biogaserzeugung mit einem BHKW mit ca. 200 bis 300 kW installierter elektrischer Leistung.²⁸ Die Aufarbeitung der Bio- und Grünabfälle für die Vergärung kann je nach Zusammensetzung des Abfallaufkommens zudem aufwändig sein. Das novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012 will die Nutzung von Bio- und Grünabfällen attraktiver machen. So wurde die Ausschließlichkeit der Nutzung von Energiepflanzen oder Abfällen aufgehoben und eine erhöhte Vergütung des erzeugten Stroms eingeführt. Zusätzlich zu den rund 100 Biogasanlagen in Kompostierungsanlagen sind bundesweit rund 1.000 Biogasanlagen für die Vergärung von Bioabfall zugelassen, setzen jedoch nicht immer auch Bioabfall ein²⁹.

Der Anreiz, Bioabfälle für die Produktion von Biomethan als Biokraftstoff verstärkt zu erschließen, dürfte trotz der geschilderten Vorteile (Mehrfachanrechnung, günstige Treibhausgas-Minderungsquote) und der vergleichsweise niedrigen Produktionskosten³⁰ überschaubar bleiben, da in Deutschland bisher nur weniger als 100.000 Fahrzeuge mit Gasmotor als Nutzer in Frage kommen.

²⁴ Dany, Christian: Das Pferd von hinten aufzäumen. In: Biogasjournal 1/2013, S. 86-92.

²⁵ Ebd.; IfEU/AHU/UBA: Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Juli 2012.

²⁶ Dany, Christian: Das Pferd von hinten aufzäumen. In: Biogasjournal 1/2013, S. 86-92.

²⁷ Kern, Michael: Perspektiven der Stromerzeugung aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Vortrag, Konferenz „Anspruch der Bioenergie an die EEG-Novellierung“, Berlin, 17. Februar 2011.

²⁸ Dany, Christian: Das Pferd von hinten aufzäumen. In: Biogasjournal 1/2013, S. 86-92; BMU/UBA/Witzenhausen-Institut: Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen. Berlin/Dessau-Roßlau, März 2012.

²⁹ DBFZ: EEG-Monitoring 2011. Leipzig, März 2012.

³⁰ DBFZ: Monitoring Biokraftstoffsektor, DBFZ-Report 11. Leipzig, Oktober 2012.

Nach Schätzungen von Prognos werden nur rund 5 Prozent des Potenzials von Bio- und Grünabfällen genutzt.³¹ Neben der Biogasgewinnung an Kompostierungsanlagen müsste für eine Mobilisierung des Potenzials auch der Anschlussgrad der Haushalte an eine Biotonne gesteigert werden und Öffentlichkeitsarbeit für ein besseres Sammelverhalten betrieben werden. So könnten Bioabfälle aus der Restmülltonne herausgehalten und der stofflichen und energetischen Nutzung zugeführt werden. Die Abfallverordnung schreibt ab 2015 eine getrennte Erfassung von Bioabfällen vor. Damit kann die getrennte Bereitstellung für die stoffliche und energetische Nutzung verbessert werden. Die alleinige Nutzung von kommunalem Grünschnitt in separaten Biogasanlagen muss jedoch als wirtschaftlich weniger attraktiv beurteilt werden.³²

Die biogenen Reststoffe, die in der Nahrungs- und Futtermittelindustrie anfallen, werden als gewerbliche Produktionsrückstände üblicherweise nicht über die hier beschriebenen kommunalen Strukturen in Biotonnen erfasst. Zu dieser Gruppe von Bioabfällen gehören höchst unterschiedliche Reststoffe. Ihr energetisches Potenzial wird auf allenfalls die Hälfte der eingangs beschriebenen Bio- und Grünabfälle geschätzt.

Reststoffe aus der Nahrungs- und Futtermittelindustrie

Vergleich der wichtigsten Reststoffaufkommen³³

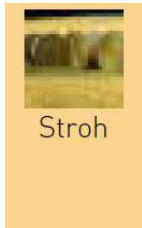
Branche	Biogene Reststoffe	Reststoffmenge (Trockenmasse) in Mio. Tonnen/ Jahr	Vorrangige Nutzung	Beispiele für mögliche energetische Nutzung
Speiseöl-/ Fettherstellung	Ölschrot	6,1 Mio. t	Futtermittel	Biogas
Zucker-/ Lebensmittelindustrie	Rübenschnitzel und Melasse	3,3 Mio. t	Futtermittel, stoffliche Nutzung (Biotechnik, Pharmazie)	Biogas, Bioethanol
Getreidemühlen	Kleie, Mehlstaub	1,7 Mio. t	Futtermittel	Biogas, Mitverbrennung
Milchverarbeitung	Molke	0,8 Mio. t	Futtermittel	Biogas
Getränkeherstellung, Obst- und Gemüseverarbeitung	Biertreber, Hefereste, Malzkeime	0,7 Mio. t	Futtermittel, stoffliche Nutzung (Pharmazie, Kosmetik)	Biogas
	Trester, Presskuchen, Obst-/Gemüsereste		Dünger, energetische Nutzung (Biogas)	Biogas, Bioethanol
Herstellung von Back- und Teigwaren	Schnittreste, Restbrote	0,5 Mio. t	Futtermittel, energetische Nutzung (Mitverbrennung)	Biogas, Mitverbrennung

³¹ Prognos: Gesamtökologischer Vergleich von stofflicher und energetischer Verwertung. Vortragsmanuskript, Abfalltag Baden-Württemberg 2010, 04. November 2010.

³² ZEE Universität Freiburg/IÖW/Universität Hohenheim: Leitfaden für die Nutzung kommunaler, halmgutartiger Reststoffe in Mikrobiogasanlagen und Bestandsanlagen. ZEE Working Paper 05-2011.

³³ Nach: Hochschule Bremen/Universität Gießen: Bestandsaufnahme zum biogenen Reststoffpotenzial der deutschen Lebensmittel- und Biotechnik-Industrie. Bremen/Gießen, Januar 2013.

Die biogenen Reststoffe aus der Industrie werden größtenteils bereits für die Futtermittelproduktion und andere stoffliche Zwecke herangezogen. Nach Erhebungen der Hochschule Bremen und der Universität Gießen sind von allen industriellen Reststoffen (einschließlich der in einem nachfolgenden Teilkapitel dargestellten tierischen Fette) maximal 0,5 Mio. t Trockenmasse in die energetische Nutzung bzw. andere Nutzungspfade umzusteuern, da nur wenige Reststoffe bisher nicht von einer attraktiven Verwertungsstruktur in Anspruch genommen werden.



Stroh

Stroh ist der Ernterückstand, der nach dem Anbau von Getreide und Raps anfällt. Das Potenzial von Stroh für die energetische Nutzung in Deutschland wird vom DBFZ 2012 auf eine Bandbreite von rund 8 bis 13 Mio. Tonnen Frischmasse geschätzt.³⁴ Das sind 27 bis 43 Prozent der gesamten aufgewachsenen Getreidestrohmenge.³⁵ Neben Restholz und tierischen Exkrementen kann Stroh einen der wichtigsten Beiträge von Reststoffen im Bioenergiebereich liefern. Es fällt dezentral in der Landwirtschaft an. Stroh lässt sich grundsätzlich flexibel zur Strom-, Wärme- und Biokraftstoffproduktion einsetzen.

Wie viel Stroh anfällt, hängt zunächst von der Anbaufläche und vom Mix der unterschiedlichen Anbaukulturen ab. Je mehr Hektar die Pflanzenarten mit guten Erträgen und hohem Strohaufkommen belegen, desto größer fällt das energetisch nutzbare Angebot aus.

Eine Konkurrenz ergibt sich aus der stofflichen Nutzung von Stroh:

- Stroh wird als Einstreu in der Tierhaltung eingesetzt. Auch in Zukunft ist von einer entsprechenden Nachfrage auszugehen, die auch von der weiteren Entwicklung der Viehbestände und der Haltungsformen abhängt.
- Stroh verbleibt in bestimmtem Umfang nach der Ernte auf dem Acker und wird untergepflügt, um die Humus- und Nährstoffqualität des Ackerbodens zu sichern.

Hinsichtlich der Humusbilanzen, aus denen sich der auf dem Acker zu verbleibende Anteil des Strohs errechnet, müssen nach Einschätzung des DBFZ noch methodische Unsicherheiten geklärt werden. Der Klimaschutzbeitrag von Stroh ist jedoch üblicherweise bilanziell höher, wenn Stroh zur Strom-, Wärme- oder Biokraftstoffproduktion eingesetzt wird, als wenn es auf dem Acker verbleibt und zum Humusaufbau, d.h. zur Bindung von Kohlenstoff im Boden beiträgt.

Auch wenn durch Ertragssteigerungen und Fortschritte bei der Züchtung in Zukunft mit einem größeren Strohpotenzial gerechnet werden kann, sollte nur ein geringer Anteil der gesamten Strohmenge energetisch genutzt werden, um die stoffliche Nutzung als Einstreu und als Humusgabe nicht in Frage zu stellen.

Obwohl damit ein sehr großes Potenzial für die Bioenergie verbleibt, werden bisher keine nennenswerten Mengen von Stroh energetisch genutzt. Nur vereinzelt bestehen in Deutschland Erfahrungen mit Anlagen, die Stroh einsetzen. Heizkessel zur Verfeuerung von Strohpellets sind am Markt verfügbar.

³⁴ DBFZ: Energie aus Stroh. Standortplanung und -bewertung. Leipzig, Dezember 2012.

³⁵ DBFZ/TLL/INL/Öko-Institut: Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung, DBFZ-Report Nr. 13. Leipzig, November 2012.

An wenigen Standorten gibt es auch Heizwerke, die Stroh zur Wärmeenergiezeugung verfeuern.³⁶ Strohheizkraftwerke zur Strom- und Wärmeenergieproduktion in Kraft-Wärme-Kopplung sind in Deutschland bisher nicht errichtet worden, Einzelprojekte jedoch in Planung.³⁷

Stroh wird in geringerem Umfang auch in Biogasanlagen mitvergoren. Verfahren zur Bioethanolproduktion aus Stroh sind erst in der Markteinführung. Eine Pilotanlage entsteht in Deutschland.³⁸

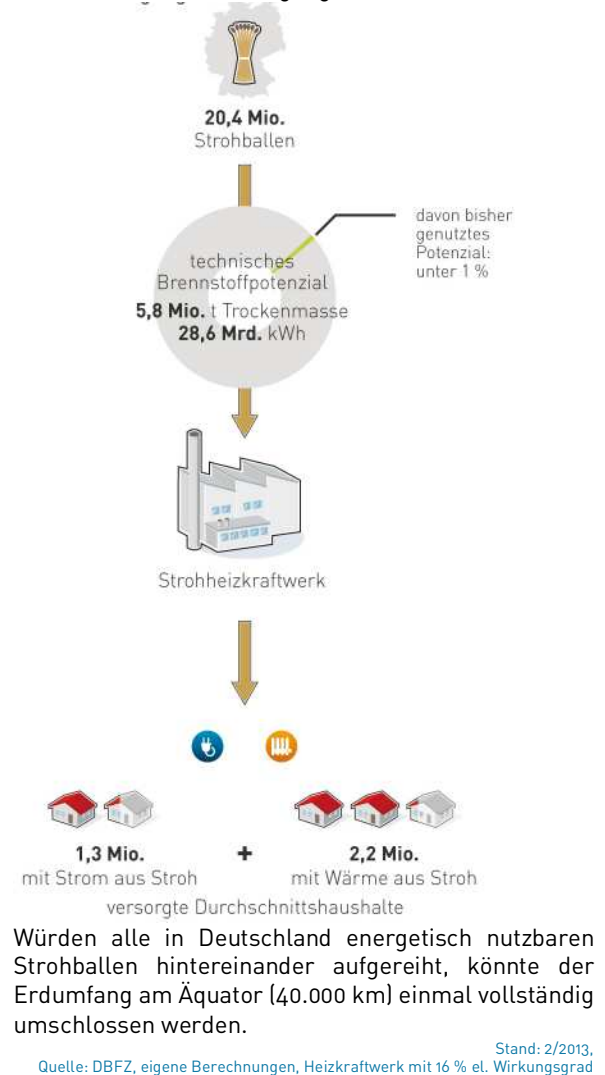
Eine zentrale Herausforderung bei der Nutzung von Stroh ist der Aufwand zur Bereitstellung des Rohstoffs für ein bestimmtes Anlagenkonzept: Wo können welche Strohmenngen kostengünstig für welche Anlagentechnologie bereitgestellt werden? Da Stroh als Energieträger in großem Volumen, jedoch mit relativ geringem Energiegehalt anfällt, können hohe Transport- und Logistikkosten anfallen. Auch eine möglicherweise für bestimmte Anlagen notwendige Aufarbeitung, z.B. zu Strohpellets, muss berücksichtigt werden.

Vor diesem Hintergrund haben sich die meisten Anlagenkonzepte für die Strohnutzung bisher als betriebswirtschaftlich wenig attraktiv erwiesen. Strom, Wärme und Biokraftstoffe können mit anderen Bioenergieträgern meistens deutlich günstiger angeboten werden. Auch EEG-Vergütung und andere staatliche Förderinstrumente haben bisher keine breite Markteinführung ermöglicht.³⁹

Durch die Begünstigung von Bioethanol aus Stroh im Rahmen der Mehrfachanrechnung und der Treibhausgas-Minderungsquote besteht ein gewisser Anreiz zur weiteren Mobilisierung dieses Rohstoffes. Bioethanol aus Stroh wird vom DBFZ als relativ nah an der Marktreife beurteilt.⁴⁰

Versorgungssicherheit mit Stroh

Potenzial des Strohaufkommens im Jahr 2020 für die Strom- und Wärmeenergiezeugung



³⁶ FNR/Landgesellschaft Mecklenburg-Vorpommern: Landgesellschaft errichtet Strohheizwerk in Gülzow, Pressemitteilung, 08. April 2013; TLL: Das Jenaer Strohheizwerk, April 2008; http://www.vgwaldfischbach-burgalben.de/vg_waldfischbach_burgalben/Wirtschaft/Erneuerbare%20Energien/Strohheizwerk%20in%20Herme rsberg/.

³⁷ <http://www.bioenergie-emsland.de>

³⁸ BMBF: Straubing: Bioraffinerie wandelt Stroh zu Spirit. Berlin, Juli 2012.

³⁹ DBFZ/TLL/INL/Öko-Institut: Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung, DBFZ-Report Nr. 13. Leipzig, November 2012.

⁴⁰ DBFZ: Monitoring Biokraftstoffsektor, DBFZ-Report 11. Leipzig, Oktober 2012.



Klärschlamm

Klärschlamm fällt ausschließlich in kommunalen und in geringerem Umfang in industriellen Kläranlagen an.⁴¹ Das Aufkommen ist abhängig von der Bevölkerungszahl und dem Anschlussgrad an die kommunale Abwasserentsorgung, welcher in Deutschland bei rund 95 Prozent liegt.⁴² Im Jahr 2011 waren in Deutschland insgesamt 9.933 kommunale Abwasserbehandlungsanlagen in Betrieb.⁴³ Bei der Abwasserreinigung in diesen Anlagen entsteht Klärgas, das auch als Faulgas bezeichnet wird. Es ist in seiner Zusammensetzung mit Biogas vergleichbar. Rund 1.000 Kläranlagen nutzen das entstehende Klärgas zur Strom- und Wärmeerzeugung in BHKW.⁴⁴ Auch wenn nur in jeder zehnten Anlage eine energetische Nutzung erfolgt, wird dabei ein deutlich höherer Anteil des Klärschlammes erfasst. Unter den 1.000 Anlagen mit Klärgas-BHKW befinden sich die bundesweit größten Kläranlagen, die alleine oft die Entsorgung für Hunderttausende Einwohner abdecken. Das Gros der kleineren Anlagen besitzt keine energetische Klärgasnutzung. Bei diesen Anlagen fällt allerdings auch nur Klärschlamm von wenigen Tausend Einwohnern an.⁴⁵

Im Jahr 2012 wurden 1,3 Mrd. kWh Strom und 1,1 Mrd. kWh Wärme aus Klärgas erzeugt.⁴⁶ Damit kann rechnerisch ein Drittel des jährlichen Strombedarfs der deutschen Kläranlagen von ca. 4 Mrd. kWh als auch des Wärmebedarfs von ca. 3,2 Mrd. kWh im Jahr 2012 durch die Eigenerzeugung gedeckt werden.⁴⁷ Klärgas-BHKW stellen Strom direkt für den energieintensiven Betrieb der Pumpen, Turbinen und sonstigen Anlagenteile der Kläranlage zur Verfügung. Alternativ wird Strom ins öffentliche Netz eingespeist, wofür die Betreiber des Klärgas-BHKW eine Vergütung im Rahmen des EEG erhalten. Neben dem Eigenverbrauch der Wärme z.B. für die Beheizung des Faulturms bzw. anderer Prozesse der Kläranlage wird Abwärme von Klärgas-BHKW auch an Nahwärmenetze abgegeben. An wenigen Kläranlagen wird das Klärgas auch zu Biomethan aufbereitet und kann dann in das bestehende Erdgasnetz eingespeist oder als Biokraftstoff in Fahrzeugen mit Gasmotor genutzt werden.

Im Gegensatz zu anderen biogenen Reststoffen ist die Rohstoffbeschaffung und Logistik durch die etablierten Entsorgungsstrukturen kein Problem. Das Potenzial von Klärschlamm wird größtenteils von den kommunalen Kläranlagen mobilisiert. Ein großer Teil des energetischen Potenzials bleibt jedoch bisher in den Kläranlagen ungenutzt, da bisher nur für die größten Kläranlagen die Strom- und Wärmeerzeugung mit Klärgas wirtschaftlich ist. Bei diesen Anlagen ließe sich die Gasausbeute weiter verbessern: Durch eine optimierte Klärschlammbehandlung (anaerobe Faulung) in den Kläranlagen könnte die Klärgasgewinnung nach Schätzungen von Öko-Institut und IfEU um rund ein Drittel gesteigert werden.⁴⁸ Rechnerisch ist eine energetische Selbstversorgung der Kläranlagen möglich, wenn nicht nur die Gasausbeute gesteigert, sondern gleichzeitig die Effizienz der BHKW verbessert und die Stromverbräuche der Kläranlage gesenkt werden. Eine energetische Klärgasnutzung ausschließlich in den 2.200 größten Kläranlagen mit einem Einzugsgebiet von mehr als 10.000

⁴¹ Öko-Institut u.a.: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Freiburg i.B., Mai 2004.

⁴² DWA: Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2011. Bonn, Dezember 2012.

⁴³ Ebd.

⁴⁴ DWA: Positionen Energie und Wasserwirtschaft. Bonn, September 2011.

⁴⁵ Telefonische Auskunft, DWA. Februar 2013.

⁴⁶ BMU: Erneuerbare Energien 2012. Vorläufige Angaben. 28. Februar 2013.

⁴⁷ DWA: Positionen Energie und Wasserwirtschaft. Bonn, September 2011.

⁴⁸ BDE/BMU/UBA: Recycling stoppt Treibhausgase. Der Beitrag der Kreislauf- und Wasserwirtschaft zum Klimaschutz. Berlin/Bonn/Dessau-Roßlau, Januar 2010.

Einwohnern würde die Stromerzeugung nach Berechnungen der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) etwa verdoppeln.⁴⁹

Um Klärgas energetisch nutzbar zu machen, wären in diesen Kläranlagen jedoch Investitionen z.B. in BHKW, Faultürme und andere Infrastruktur notwendig, die bisher betriebswirtschaftlich nicht attraktiv sind. Mit steigenden Kosten für Strom und Wärme kann deren Eigenerzeugung aus Klärgas jedoch lohnenswert werden. Auch höhere Einkünfte aus der Strom- und Wärmeerzeugung sowie Effizienzsteigerungen und Kostensenkungen bei der Anlagentechnologie könnten in Zukunft weitere Anreize für den Einstieg in die energetische Klärgasnutzung geben. Grundsätzlich kann trotz des rückläufigen Klärschlammaufkommens infolge rückläufiger Bevölkerungszahlen ein höherer Beitrag zur Energieversorgung geleistet werden.

Neben der Nutzung von Klärgas kommt auch der verbleibende Klärschlamm (ca. 2 Mio. t im Jahr 2011) für die Strom- und Wärmeerzeugung in Frage. Etwas mehr als die Hälfte des Klärschlammes (1,1 Mio. t) wurde 2011 zur Mitverbrennung in Müllverbrennungsanlagen oder konventionellen Kohlekraftwerken eingesetzt und dient damit ebenfalls der Strom- und/oder Wärmeerzeugung.⁵⁰ Der geringere Anteil des verbleibenden Klärschlammes dient als Dünger in der Landwirtschaft.⁵¹ Ist der Klärschlamm durch Schadstoffe belastet, kommt jedoch nur eine energetische Nutzung in Frage. Je höher dessen Wassergehalt, desto niedriger liegt der Energiegehalt und damit seine Attraktivität als Brennstoff. Hinsichtlich einer möglichen Phosphorrückgewinnung kann Klärschlamm als Rohstoff für die Landwirtschaft von neuem Interesse sein.⁵²

Zu Biomethan aufbereitetes Klärgas kann in den Genuss der Mehrfachanrechnung für Biokraftstoffe aus Reststoffen im Rahmen der Mindestquoten kommen. Durch die besonders gute Klimabilanz im Rahmen der Treibhausgas-Minderungsquote ist es ein theoretisch sehr attraktiver Biokraftstoff. Aufgrund des relativ hohen Aufwands, der geringen Angebotsmengen und der überschaubaren Zahl von Fahrzeugen mit Gasmotor in Deutschland dürfte sich jedoch allenfalls ein Nischenmarkt entwickeln. Der Eigenverbrauch von Strom aus Klärgas-BHKW im Klärwerk selbst bleibt attraktiver.⁵³



Hausabfall

Hausabfall beschreibt eine heterogene Gruppe von biogenen Reststoffen, die über die Hausmülltonne bzw. als Gewerbemüll von den lokalen Entsorgungsstrukturen erfasst werden. Im Hausabfall sind häufig verschiedene biogene Reststoffe und organische Anteile zu finden, die in vorherigen Abschnitten teilweise bereits behandelt wurden:

- Bio- und Grünabfälle
- Papier, Pappe, Karton
- Altholz (z.B. aus Sperrmüll), Mischfraktionen wie Textilien, Leder und Gummi⁵⁴

Je nach Sortierungsgrad werden vor Ort mehr oder weniger große Anteile der biogenen Reststoffe getrennt erfasst und können dann energetisch genutzt werden (vgl. Abschnitte „Altholz“ und „Bio-

⁴⁹ DWA: Energiepotenziale der deutschen Wasserwirtschaft, Pressemitteilung, 26. März 2008; DWA: Energiepotenziale in der deutschen Wasserwirtschaft. Schwerpunkt Abwasser. Bonn, Mai 2010.

⁵⁰ Statistisches Bundesamt: 1,1 Mio. Tonnen Klärschlamm verbrannt. Pressemitteilung, 11. Dezember 2012.

⁵¹ DWA/BDEW/VKU u.a.: Branchenbild deutsche Wasserwirtschaft. Bonn/Berlin, Februar 2011.

⁵² UBA: Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Dessau-Roßlau, Juni 2012.

⁵³ Wiedemann, Karsten: Energie aus der Grube. In: neue energie, Mai 2011, S. 74-75.

⁵⁴ Öko-Institut u.a.: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Freiburg i.B., Mai 2004.

und Grünabfälle“). Auch andere Bestandteile des Hausabfalls werden getrennt gesammelt und stofflich wiederverwertet (z.B. Papier u.a.). Der nach der Getrenntsammlung verbleibende Hausabfall wird vor diesem Hintergrund auch als Restmüll bezeichnet. Die Abfallverordnung schreibt ab 2015 eine getrennte Erfassung von Bioabfällen vor („Braune Tonne“, „Grüne Tonne“), wodurch der Anteil dieses biogenen Reststoffs am Hausabfall möglicherweise weiter zurückgeht.⁵⁵ Dennoch enthält der verbleibende Restmüll weiterhin relevante organische Anteile sowie Anteile von biogenen Reststoffen.

Die Abfallbilanz 2010 des Statistischen Bundesamtes hat eine Menge von 18,4 Mio. t Siedlungsabfällen erfasst, die weiterhin in Müllverbrennungsanlagen und anderen Kraftwerken energetisch verwertet wird. Die Hälfte dieses energetisch genutzten Hausabfalls kann den biogenen Reststoffen zugeordnet werden bzw. hat organische Eigenschaften. Nur dieser biogene Anteil des Hausabfalls ist statistisch als erneuerbarer Energieträger zu begreifen. Im Jahr 2012 erzeugten bundesweit 87 Müllverbrennungsanlagen und konventionelle Kraftwerke Strom und/oder Wärme mit dem biogenen Anteil des Hausabfalls (4,9 Mrd. kWh Strom und 8,4 Mrd. kWh Wärme) bzw. verbrannten andere biogene Reststoffe mit. Strom aus diesen Anlagen hat jedoch keinen Anspruch auf eine Vergütung im Rahmen des EEG. Angesichts des demografischen Wandels und einer weiter verstärkten Getrenntsammlung von biogenen Reststoffen ist für die Zukunft mit einem weiter abnehmenden Aufkommen von Hausabfall zu rechnen.⁵⁶

Das seit 2012 geltende Kreislaufwirtschaftsgesetz setzt die Müllvermeidung als oberstes Ziel fest, gefolgt von der Vorbereitung zur Wiederverwertung und dem Recycling von Abfall. Erst wenn Stoffe nicht wiederverwertet werden können, soll eine energetische Nutzung in Müllverbrennungsanlagen erfolgen, um eine größtmögliche Ressourcenschonung und Treibhausgasvermeidung zu erreichen.

Die Deponierung von unbehandeltem Hausmüll ist in Deutschland seit 2005 verboten. Die Reduzierung der Abfalldeponierung ergibt sich nicht allein aus dem Ziel einer weitgehenden Kreislaufwirtschaft unter Vermeidung von Restmüll. Bestehende Mülldeponien verursachen auch ökologische Probleme: Das Sickerwasser von Deponien gefährdet Boden und Grundwasser. In den Deponien entsteht durch die Zersetzung von organischen Anteilen des Abfalls das so genannte Deponiegas. Es kann Feuer und Explosionen verursachen und hat einen hohen Anteil des besonders klimaschädlichen Treibhausgases Methan. Deponiegas wird daher in der großen Mehrheit der deutschen Deponien erfasst⁵⁷ und in BHKW verbrannt, um Strom und Wärme zu erzeugen und gleichzeitig die klimaschädlichen Emissionen zu reduzieren. Mit 0,6 Mrd. kWh Strom und 0,2 Mrd. kWh Wärme aus Deponiegas-BHKW leistete dieser biogene Reststoff 2012 den geringsten Beitrag zur Energieversorgung aus Bioenergie.⁵⁸ Da eine Deponierung von Hausmüll mit organischen Anteilen nicht mehr erfolgt und das deponiegasbildende Material in den bestehenden Deponien in Zukunft weiter zersetzt wird, sinkt das Gasaufkommen. Das aktuelle Deponiegaspotenzial wird annähernd vollständig in BHKW energetisch genutzt.⁵⁹ Bis etwa 2030 dürften die Deponien voraussichtlich ausgegast sein und die Strom- und Wärmeerzeugung aus Deponiegas weitgehend eingestellt werden.⁶⁰

⁵⁵ AEE: Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. Berlin, Januar 2013.

⁵⁶ UBA: Workshop „Demografischer Wandel – Eine Herausforderung für die Abfallwirtschaft?“, 14. November 2007.

⁵⁷ Öko-Institut u.a.: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Freiburg i.B., Mai 2004.

⁵⁸ BMU: Erneuerbare Energien 2012. Vorläufige Angaben, 28. Februar 2013.

⁵⁹ ZSW/IfnE/IfEU/IWR: Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG. Spartenübergreifende und integrierende Themen sowie Stromerzeugung aus Klär-, Deponie- und Grubengas. Stuttgart/Teltow/Heidelberg/Münster, Juni 2011.

⁶⁰ Öko-Institut u.a.: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Freiburg i.B., Mai 2004.



Altfett und tierische Fette

Altfett wie z.B. gebrauchte Frittierfette, Bratfette oder Alt Speiseöle fällt vor allem in der Gastronomie an und wird von Entsorgungsunternehmen weitgehend erfasst. Aus Altfett kann im chemischen Prozess des Umesterns in Biodieselanlagen der Kraftstoff Biodiesel gewonnen werden. Die Datenlage zu Aufkommen und Potenzialen von Altfett und Alt Speiseölen ist unsicher. In Deutschland setzten 2012 zwei Biodieselproduzenten Altfett in größerem Umfang ein.⁶¹ Reststoffe wie Altfett machen zwischen ca. ein bis sieben Prozent der Rohstoffe aus, die in den Jahren 2010 und 2011 in Deutschland zur Biodieselproduktion genutzt wurden (ca. 25.000 bis 170.000 Tonnen von 2,4 bis 2,6 Mio. t Biodiesel).⁶² Grundsätzlich besteht eine konkurrierende Nutzung durch die Verwertung von Altfett als Grundstoff in der oleochemischen Industrie. Dies gilt auch für tierische Fette, z.B. Schlachtabfälle und Tierkadaver. Sie können ebenfalls für die Biodieselproduktion genutzt werden, fließen jedoch bisher weitgehend in die oleochemische Industrie. Das Aufkommen von Reststoffen aus Schlachthöfen und Fleischverarbeitung wird auf jährlich ca. 400 bis 900 Mio. t Trockenmasse geschätzt.⁶³

Die Europäische Union will die Nutzung von Reststoffen wie Altfett und tierischen Fetten für die Biokraftstoffproduktion verstärken und ermöglicht die oben beschriebene Doppelanrechnung von Biokraftstoffen auf das Ausbauziel im Verkehrssektor, wenn diese aus Reststoffen wie Altfett und tierischen Fetten produziert wurden.⁶⁴

Deutliche Steigerungen der Biodieselproduktion aus den in Deutschland anfallenden Reststoffen Altfett oder tierische Fette sind vorerst nicht zu erwarten, da diese bereits weitgehend von der oleochemischen Industrie genutzt werden. Mit der Einführung der oben beschriebenen Doppelanrechnung auf die Biokraftstoffziele hat seit 2011 der Einsatz von Altfett jedoch eine höhere Attraktivität gewonnen. Altfette werden vor diesem Hintergrund jedoch eher aus dem Ausland importiert⁶⁵, was darauf hindeutet, dass das heimische Aufkommen bereits weitgehend durch die konkurrierende oleochemische Industrie mobilisiert wird.

Biokraftstoffe aus Altfett und tierischen Fetten leisten einen besonders hohen Beitrag zur Vermeidung von klimaschädlichen Treibhausgasen im Verhältnis zu fossilen Kraftstoffen. Für die Anrechnung auf die deutschen und europäischen Ausbauziele sind sie daher besonders attraktiv (vgl. Exkurs „Anreizsysteme für Biokraftstoffe aus Reststoffen“, S. 19). Werden tatsächlich „brach liegende“ zusätzliche Mengen des Rohstoffs Altfett mobilisiert, so kann ein Beitrag zu mehr Klimaschutz und Versorgungssicherheit geleistet werden. Führt die sprunghaft gestiegene Nachfrage jedoch dazu, dass andere, bisher übliche stoffliche Nutzungspfade das Nachsehen haben, können sich auch kontraproduktive Effekte ergeben. Fehlt den stofflichen Nutzungspfaden der Rohstoff, so werden diese Unternehmen möglicherweise auf Importe aus nicht nachhaltigen Quellen zurückgreifen.

⁶¹ Rabe, Edgar: Produktion gesteigert, Umsatz gesunken. Petrotec AG legt Jahresbilanz vor. In: Borkener Zeitung, 21. März 2013; <http://www.ecomotion.de/eco/produkte/biodiesel-aus-tierischen-fetten/>, http://www.petrotec.de/core/cms/front_content.php?idcat=90&lang=1.

⁶² BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen 2010. Berlin, August 2011; BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen 2011. Berlin, Juli 2012; DBFZ: Monitoring Biokraftstoffsektor, DBFZ-Report 11. Leipzig, Oktober 2012.

⁶³ Hochschule Bremen/Universität Gießen: Bestandsaufnahme zum biogenen Reststoffpotenzial der deutschen Lebensmittel- und Biotechnik-Industrie. Bremen/Gießen, Januar 2013.

⁶⁴ EU-Kommission: Richtlinie 2009/28/EG, 23. April 2009; COM(2012) 595 final, 17.10.2012.

⁶⁵ Märkische Allgemeine: Sprit aus Hongkongs Frittenfett. German Biofuels GmbH stellt sich den neuen Beimischungsregeln für Biodiesel, 20. November 2012.

Unklarheiten bestehen weiterhin zwischen einerseits dem Reststoffbegriff, der in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU verwendet wird, um diese Rohstoffe zu fördern, und andererseits dem nationalen Abfallrecht in den Mitgliedstaaten der EU. Das zeigt sich beispielsweise darin, dass das Potenzial von tierischen Fetten in Deutschland gar nicht für die energetische Nutzung mobilisiert werden darf. Im Gegensatz zum Anreiz, den die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU für tierische Fette vorsieht, ist in Deutschland der Einsatz von tierischen Fetten zur Biodieselproduktion gesetzlich seit 2012 ausgeschlossen.⁶⁶ Grauzonen gibt es auch hinsichtlich der Abgrenzung der verschiedenen Arten von Reststoffen.

⁶⁶ UFOP: Geschäftsbericht 2011/2012. Berlin, Dezember 2012.

Herausforderungen bei der Mobilisierung von Reststoffpotenzialen

Bedeutung der Potenziale, Nutzungsgrad und Bewertung der Mobilisierungschancen

Zusammenfassung der Ergebnisse⁶⁷

	Bedeutung des Potenzials	bisheriger Nutzungsgrad	Beitrag zur Energieversorgung 2012	Hindernisse, Konflikte und Konkurrenzen
Forstwirtschaftliche Biomasse	mind. 168 PJ - 511 PJ	mind. 45 % ⁶⁸	12,5 Mrd. kWh Strom 107,5 Mrd. kWh Wärme	ökologische Einschränkungen (Biodiversität, Bodenqualität) Konkurrenz mit Holzwerkstoffindustrie, private Waldbesitzer für Bewirtschaftung mobilisieren aufwändige Logistik, hohe Kosten
- Waldrestholz				
- Rohholz				
- Landschaftspflegeholz	55 PJ - 57 PJ	?		Abhängigkeit von Einschnittleistung der Sägewerke, Konkurrenz mit Holzwerkstoffindustrie Potenzial weitgehend erschlossen Potenzial weitgehend erschlossen, Importe möglich
Industrierestholz				
- Sägespäne und -mehl				
- Schwarzlaube und Rinde				
- Altholz		fast 100 %		
Tierische Exkrememente	ca. 88 PJ	ca. 10 % bis 20 %	ca. 3 Mrd. kWh Strom ⁶⁹ ca. 1,6 Mrd. kWh Wärme	bei kleinen Biogasanlagen relativ hohe Investitionskosten, aufwändige Logistik
Bio- und Grünabfälle	23 PJ - 33 PJ	ca. 5 % bis 10 %	ca. 1,6 Mrd. kWh Strom ⁷⁰ ca. 0,9 Mrd. kWh Wärme	getrennte Erfassung steigern, Stoffqualität und aufwändige Logistik häufig problematisch
Stroh	54 PJ - 103 PJ	unter 1 %	nicht relevant	vielfältige dezentrale Einsatzmöglichkeiten, bisher jedoch ohne breite Markteinführung
Klärschlamm	ca. 38 PJ	ca. 50 %	Klärgas: 1,3 Mrd. kWh Strom 1,1 Mrd. kWh Wärme	kein Logistikproblem, in Kläranlagen jedoch Nachrüstungsbedarf
Hausabfall	Deponiegas: ca. 4 PJ	Deponiegas: fast 100 %	Deponiegas: 0,6 Mrd. kWh Strom 0,2 Mrd. kWh Wärme biogener Anteil Müllverbrennung: 4,9 Mrd. kWh Strom 8,4 Mrd. kWh Wärme	Deponiegas rückläufig wegen Deponieverbot, Hausabfall rückläufig wegen demografischem Wandel und gesteigerter Mülltrennung
Altfett und tierische Fette	tierische Fette: ca. 14 PJ	tierische Fette: 0 %	Altfett (2011): 170.000 Mio. t Biodiesel (1,8 Mrd. kWh)	Konkurrenz mit oleochemischer Industrie, energetische Nutzung tierischer Fette in Deutschland gesetzlich unterbunden

⁶⁷ Vgl. o.g. Quellen (Kapitel „Potenziale biogener Reststoffe“).

⁶⁸ Bereits genutztes Waldholz im Verhältnis zum Potenzial von Waldrestholz und ungenutztem Holzzuwachs, vgl. DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen. Status Quo und Möglichkeit der Präzisierung. Anhang I – Regionale Biomassepotenziale. Leipzig, März 2010.

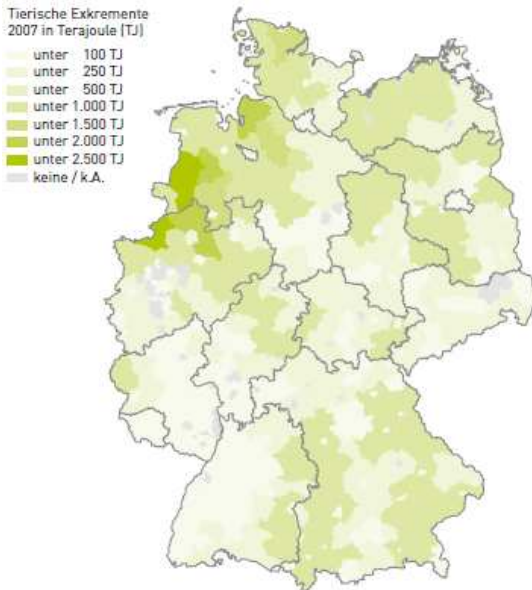
⁶⁹ 14 Prozent (energiebezogen) der eingesetzten Biomasse in Biogasanlagen 2011 waren tierische Exkrememente, DBFZ: EEG-Monitoring 2011. Leipzig, März 2012.

⁷⁰ 8 Prozent (energiebezogen) der eingesetzten Biomasse in Biogasanlagen 2011 waren Bioabfälle, DBFZ: EEG-Monitoring 2011. Leipzig, März 2012.

Regionale Verteilung von Potenzialen biogener Reststoffe

Im Potenzialatlas „Bioenergie in den Bundesländern“ der Agentur für Erneuerbare Energien können auf Basis von Erhebungen des Deutschen Biomasseforschungszentrums die regionalen Schwerpunkte von Reststoff-Potenzialen in Deutschland dargestellt werden. Dabei überrascht es nicht, dass tierische Exkremente vor allem in den Hochburgen der Viehzucht in Nordwestdeutschland zu mobilisieren sind.

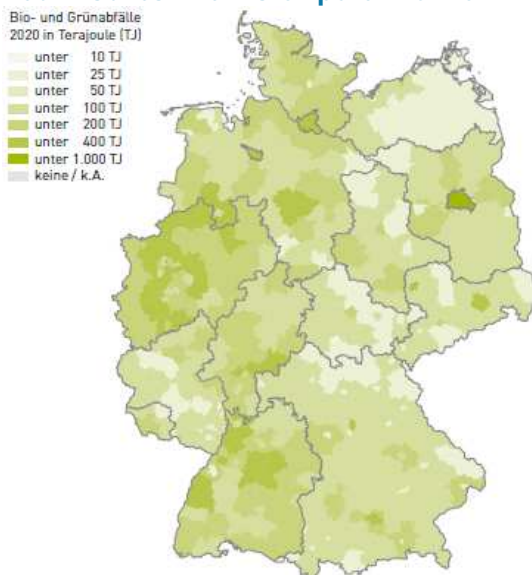
Technisches Brennstoffpotenzial von tierischen Exkrementen in den Regionen



Quelle: DBFZ

Im Gegensatz zu den tierischen Exkrementen sind bedeutende Potenziale von Bio- und Grünabfällen vor allem in den dicht besiedelten Ballungsräumen zu finden. Hier fällt die Mobilisierung des Reststoff-Potenzials verhältnismäßig leicht. Zusätzliches Potenzial bieten vor allem auch die dünn besiedelten Regionen der ostdeutschen Bundesländer, doch fällt hier der logistische Aufwand überproportional hoch aus.

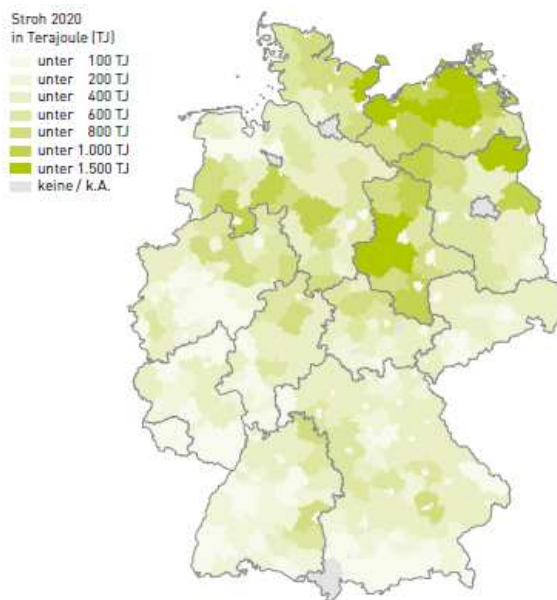
Technisches Brennstoffpotenzial von Bio- und Grünabfällen in den Regionen



Quelle: DBFZ

Das Potenzial von Stroh konzentriert sich dagegen auf die Regionen mit intensivem Ackerbau und hohen Bodenqualitäten. Insbesondere Norddeutschland und Sachsen-Anhalt bieten große Strohpotenziale für die energetische Nutzung.

Technisches Brennstoffpotenzial von Stroh in den Regionen



Quelle: DBFZ

Eine zentrale Rolle bei der Mobilisierung von regionalen und lokalen Reststoffpotenzialen muss neben der Landwirtschaft die kommunale Abfallwirtschaft übernehmen. Abfallwirtschaftsbetriebe sind vielerorts die idealtypischen Partner von Stadtwerken, wenn es um die verstärkte Nutzung von Bio- und Grünabfällen, um die Erzeugung von Klärgas oder um die Bereitstellung von Landschaftspflegematerial, Straßenbegleitgrün und anderen biogenen Reststoffen geht. Kommunen stehen mehrere Leitfäden und Handlungskataloge zur Verfügung, die für eine ganzheitliche Strategie der Reststoffnutzung entwickelt wurden:

- AEE: Projekt „Kommunal Erneuerbar“ (http://www.kommunal-erneuerbar.de/fileadmin/content/PDF/AEE_KommunalErneuerbar_Aufl05_web.pdf)
- IÖW/ZEE Universität Freiburg/Universität Hohenheim: Die Energiewende vor Ort gestalten. Ein Wegweiser für eine sozial gerechte und naturverträgliche Selbstversorgung aus Erneuerbaren Energien. Schwerpunkt Bioenergie. Freiburg, März 2013 (<http://www.ee-regionen.de/index.php?id=17>).
- BMU/Witzenhausen-Institut: Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen. Anregungen für kommunale Entscheidungsträger. März 2012 (http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/Bioabfaelle_2012_de_bf.pdf).
- Wuppertal-Institut: Kommunale Abfallwirtschaft als Energiewendeakteur. In: RaumPlanung, 166, Januar 2013.

Biogene Reststoffe in Europa und weltweit: bisher kaum erschlossen

Weltweit wird das große Potenzial land- und forstwirtschaftliche Reststoffe kaum genutzt. Am stärksten findet eine Verwendung biogener Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft in Europa statt: Die Biogasnutzung der Abfälle von Viehhaltungsbetrieben und die Nutzung von forstwirtschaftlichen Reststoffen sind Beispiele dafür.

Biogene Reststoffe in der Europäischen Union

Das EU-weite Forschungsprojekt Biomass Futures untersucht die Bedeutung der Bioenergie, d.h. von Energiepflanzen, Energieholz und Reststoffen für die europäischen Ausbauziele für Erneuerbare Energien. Es liefert eine umfassende Bestandsaufnahme der Potenziale biogener Reststoffe in den 27 Mitgliedstaaten der EU. Demnach machen biogene Reststoffe aus der Landwirtschaft wie tierische Exkrementa, Stroh und Erntereste gemeinsam mit Bio- und Grünabfällen sowie Reststoffen aus der Papier- und Lebensmittelindustrie mit über 40 Prozent den größten Anteil der gegenwärtig für die energetische Nutzung verfügbaren Biomasse aus. Forstwirtschaftliche Biomasse liefert rund 40 Prozent des Potenzials, gefolgt von Industrierestholz und Altholz.

Bioenergie-Potenziale in der Europäischen Union (EU 27)⁷¹

(in Petajoule, PJ)

Bioenergie-Potenzial	gegenwärtig verfügbares Potenzial	Anteil der Bioenergie-Potenziale am Gesamtpotenzial	Potenzial im Jahr 2020	Vergleich: Gesamtpotenzial heimischer Biomasse Deutschlands ⁷²
Forstwirtschaftliche Biomasse (Waldholz, Waldrestholz, Landschaftspflegeholz)	5.317 PJ	40,6 %	6.280 PJ	168 PJ - 511 PJ
Industrierestholz	586 PJ	4,5 %	628 PJ	55 PJ - 57 PJ
Altholz	1.340 PJ	10,2 %	1.884 PJ	89 PJ -117 PJ
Biogene Reststoffe (tierische Exkrementa, Stroh, Erntereste, Bio- und Grünabfälle, industrielle Reststoffe)	5.485 PJ	41,9 %	5,945 PJ	213 PJ - 231 PJ
Energiepflanzen	377 PJ	2,9 %	3.140 PJ	420 PJ - 790 PJ ⁷³
Summe	13.105 PJ		17.878 PJ	1.023 PJ -1.688 PJ

Der Anbau von Energiepflanzen spielt in Deutschland und nur wenigen anderen EU-Staaten eine Rolle. Energiepflanzen werden in der gesamten EU nach Einschätzung des Forschungsprojektes

⁷¹ IIASA/Alterra/CRES: Biomass availability & supply analysis. Summary of main outcomes for policy makers. Biomass Futures: Biomass role in achieving the Climate Change & Renewables EU policy targets. Demand and Supply dynamics under the perspective of stakeholders. März 2012, <http://www.biomassfutures.eu>.

⁷² Bandbreite BMVBS/DBFZ und BMU/DLR/IfEU/WI, vgl. Potenzial von biogenen Reststoffen in Deutschland im Jahr 2020.

⁷³ DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen. Status Quo und Möglichkeit der Präzisierung. Anhang I – Regionale Biomassepotenziale. Leipzig, März 2010.

Biomass Futures auch bis 2030 weniger Biomasse liefern können als biogene Reststoffe.⁷⁴ Je nach Entwicklung der Agrarpreise und politischer Rahmenbedingungen kann möglicherweise jedoch auch ein größeres Potenzial von Energiepflanzen in der EU erschlossen werden.

Das Forschungsprojekt Biomass Futures prognostiziert analog zur im vorherigen Kapitel beschriebenen Entwicklung in Deutschland einen Rückgang des Aufkommens an Bio- und Grünabfällen vor dem Hintergrund des demographischen Wandels. Auch werden Stroh und tierische Exkremate als wichtigste, noch unerschlossene Reststoffpotenziale identifiziert, die zudem zu relativ geringen Kosten zu mobilisieren seien. Wie in Deutschland konzentrieren sich die räumlichen Schwerpunkte der Strohpotenziale auf die Ackerbauregionen mit hohem Getreideanteil, z.B. in Dänemark, Nord- und Zentralfrankreich, Nordspanien, Norddeutschland und Norditalien. Tierische Exkremate sind vor allem in Nordfrankreich, Norditalien, Zentralpolen, Dänemark und Nordwestdeutschland zu mobilisieren. In Spanien, Portugal, Italien, Südfrankreich und Griechenland stehen zudem relativ große Reststoffpotenziale aus Dauerkulturen wie dem Gemüse-, Obst-, Oliven- und Weinbau für die energetische Nutzung zur Verfügung. Für Reststoffe aus der Forstwirtschaft erwartet das Forschungsprojekt Biomass Futures EU-weit höhere Mobilisierungskosten und stärkere Konkurrenzen mit bestehenden Nutzungspfaden.

Die EU-Mitgliedstaaten haben sich im Jahr 2009 dazu verpflichtet, bis 2020 mindestens 20 Prozent ihres Endenergieverbrauchs durch Erneuerbare Energien zu decken. Unter den erneuerbaren Energiequellen, die zum Erreichen dieses Ausbauziels beitragen, spielt die Bioenergie die wichtigste Rolle. Rund 55 Prozent der Erneuerbaren Energie, die entsprechend der Nationalen Aktionspläne (NREAPs⁷⁵) der Mitgliedstaaten bis 2020 bereitgestellt werden soll, ist Bioenergie (5.192 PJ).⁷⁶ Darunter spielen die biogenen Reststoffe wiederum die wichtigste Rolle.

In fast allen EU-Mitgliedstaaten stammt die Biomasse zum Erreichen der Ausbauziele mindestens zur Hälfte aus Wald- und Waldrestholz sowie Industrierest- und Altholz. Nur in waldarmen Mitgliedstaaten wie z.B. Großbritannien und den Niederlanden soll im Jahr 2020 der größte Anteil der Biomasse aus landwirtschaftlichen Reststoffen wie tierischen Exkrementen und Stroh, sowie aus Bio- und Grünabfällen, biogenem Anteil am Hausmüll, Klärschlamm und anderen industriellen Reststoffen stammen. Bisher ist in den meisten EU-Staaten – abseits von holzartigen Reststoffen – nur ein Bruchteil der Potenziale bzw. der Ausbauziele für die Nutzung biogener Reststoffe erschlossen worden.⁷⁷

Nach Schätzungen der Europäischen Kommission würde bei Vergärung aller Bio- und Grünabfälle sowie industrieller Reststoffe bis zu 7 Prozent des EU-Gesamtausbauziels für Erneuerbare Energien und bis zu 42 Prozent des Ausbauziels für Biokraftstoffe ausmachen.⁷⁸ Fraglich ist jedoch, ob aufgrund des hohen logistischen Aufwands, der damit verbundenen Kosten und möglicher Nutzungskonkurrenzen tatsächlich dieses Reststoffpotenzial in einem derart hohen Maße für die energetische Nutzung erschlossen werden kann.

⁷⁴ IIASA/Alterra/CRES: Biomass availability & supply analysis. Summary of main outcomes for policy makers. Biomass Futures: Biomass role in achieving the Climate Change & Renewables EU policy targets. Demand and Supply dynamics under the perspective of stakeholders. März 2012, <http://www.biomassfutures.eu>.

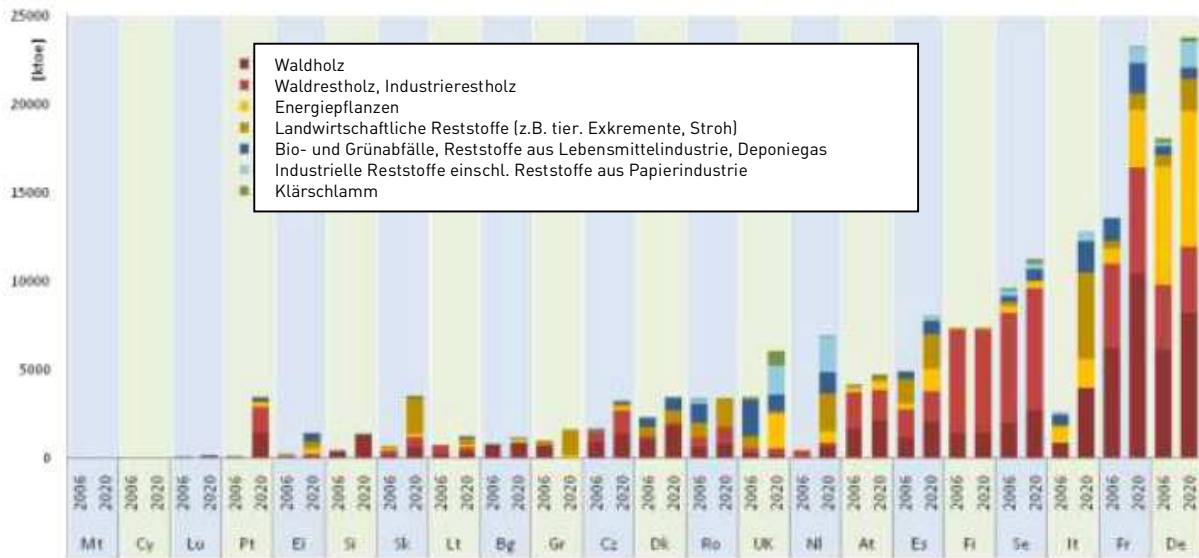
⁷⁵ National Renewable Energy Action Plans

⁷⁶ IEEP: The role of bioenergy in the National Renewable Energy Action Plans: a first identification of issues and uncertainties. November 2010, <http://www.biomassfutures.eu>.

⁷⁷ Ebd.; AEBIOM: European Bioenergy Outlook 2012. Brüssel, November 2012.

⁷⁸ EUWID Recycling: Kommission: Sammelziele für Bioabfall angemessen, Nr.9/2010; zitiert nach: Struwe, Jutta: Gesamtökologischer Vergleich von stofflicher und energetischer Verwertung. Vortrag, Abfalltag Baden-Württemberg 2010, 04. November 2010.

Energetisch genutzte Biomasse im Jahr 2006 und Schätzungen der NREAPs der EU-Mitgliedstaaten für 2020



Quelle: IIEP/Biomass Futures

Während in Deutschland kommunale Abfälle nicht mehr deponiert werden, landen im EU-Durchschnitt weiterhin 38 Prozent auf Deponien. In den osteuropäischen Mitgliedstaaten werden noch drei Viertel deponiert, in Rumänien und Bulgarien fast sämtliche Hausabfälle. Hier besteht ein besonders großes Potenzial zur Mobilisierung von Bio- und Grünabfällen und anderen biogenen Reststoffen für die energetische Nutzung. Voraussetzung ist die Etablierung von umfassenden lokalen Entsorgungsstrukturen, die Mülltrennung und Recycling sicherstellen. Die Deponie- und die Abfallrahmenrichtlinie der EU schaffen in diesen Bereichen Handlungsdruck. Aus den bestehenden Deponien könnte außerdem verstärkt Deponiegas für die Strom- und Wärmeerzeugung gewonnen werden.⁷⁹ In den 2004 beigetretenen EU-Mitgliedsländern Mittel- und Osteuropas fehlen den Deponien jedoch häufig noch Sickerwasser- bzw. Deponiegaserfassungssysteme.

In den EU-Ländern, die die Deponierung von Hausabfall praktisch vollständig zurückgefahren haben und ein auf Müllvermeidung und -wiederverwertung ausgerichtetes Abfallwirtschaftssystem etabliert haben (u.a. Deutschland, Niederlande, Schweden, Dänemark, Österreich), werden verbleibende biogene Anteile von Hausmüll bereits in größerem Umfang in Müllverbrennungsanlagen für die Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Deutschland, Frankreich und die Niederlande stellen aus dem biogenen Anteil von Hausmüll die größte Menge Primärenergie bereit. In diesen Ländern gilt es, die Effizienz der Müllverbrennung weiter zu nutzen. In den Niederlanden sind allerdings bereits Überkapazitäten zu erkennen.

In den ost- und südosteuropäischen Mitgliedstaaten, wo noch hohe Deponieraten üblich sind, gilt es, zunächst Müllvermeidung, Mülltrennung und -wiederverwertung zu etablieren. Die dann verbleibenden biogenen Anteile des Hausmülls bieten weiterhin ein begrenztes energetisches Potenzial, das für die Strom- und Wärmeerzeugung in Müllverbrennungsanlagen mobilisiert werden könnte.⁸⁰

⁷⁹ Dany, Christian: Das Pferd von hinten aufzäumen. In: Biogasjournal 1/2013, S. 86-92.

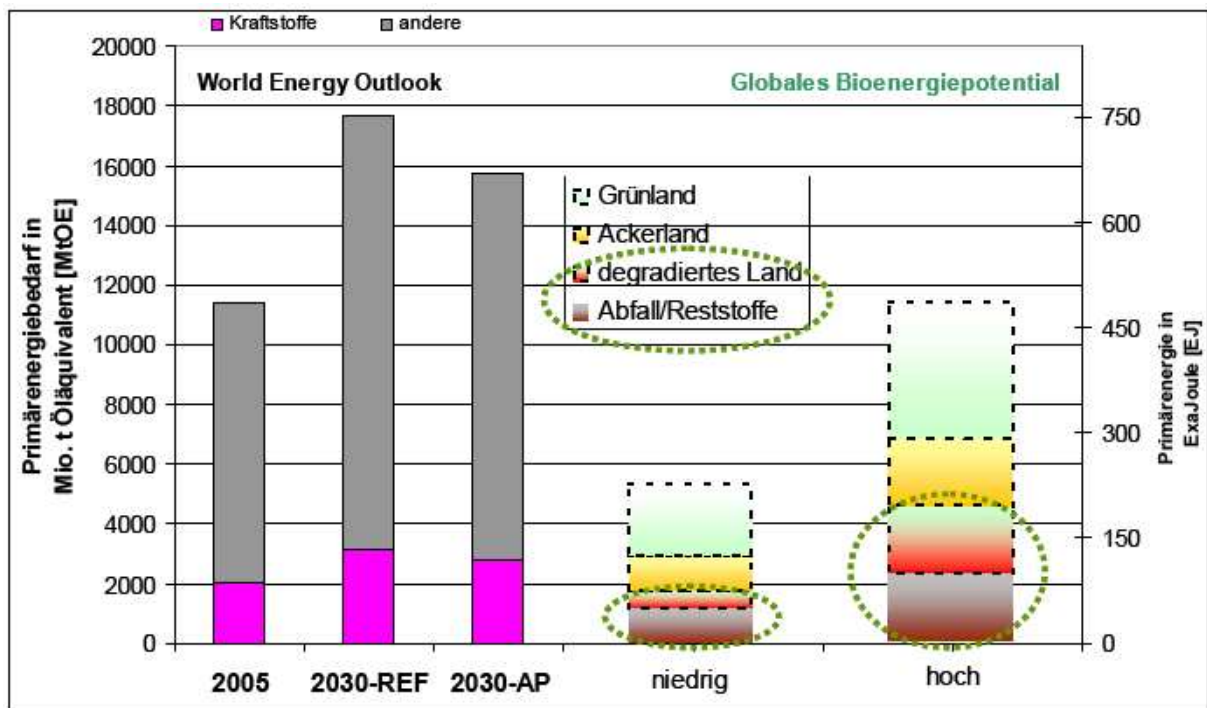
⁸⁰ EurObserver: Renewable Municipal Waste Barometer 2011. Paris, Dezember 2012.

Biogene Reststoffe weltweit

In Entwicklungs- und Schwellenländer werden nur in einzelnen Regionen und Sektoren Reststoffe systematisch energetisch verwertet, wie beispielsweise in der Zuckerrohrproduktion zur Deckung des Energiebedarfs der Verarbeitungsprozesse oder in mehr als 10 Millionen kleinen Biogasanlagen zur Nutzung häuslicher und landwirtschaftlicher Abfälle. In China decken nach Schätzungen rund 5 bis 7 Millionen kleine Biogasanlagen den Eigenbedarf von mehr als 18 Millionen Familien. In Indien wird die Zahl der hauseigenen Biogasanlagen auf über 3 Millionen geschätzt.

Global nachhaltige Bioenergiepotenziale

(Primärenergie in Mio. t Erdöläquivalent bzw. in Exajoule, EJ)



Quelle: WBGU/Fritsche/Wiegmann 2008

Die Grafik zeigt den weltweiten Primärenergiebedarf (Strom, Wärme, Kraftstoffe) des Jahres 2005 und Prognosen für das Jahr 2030, wobei der Anteil des Kraftstoffbedarfs am Weltenergiebedarf violett dargestellt ist. Die beiden rechten Säulen stellen im Verhältnis dazu eine niedrige und eine hohe Schätzung des globalen Bioenergiepotenzials dar. Der größte Anteil der Biomasse stammt bei beiden Schätzungen jeweils von Grün- und Ackerland. Reststoffe machen jeweils ca. ein Fünftel des Biomassepotenzials aus.

Eine systematische Sicht auf die energetische Nutzung biogener Reststoffe ist international bisher kaum gegeben. Der Fokus wird sehr stark in der Nutzung von Deponiegasen gesehen. In den Schwellen- und Entwicklungsländern werden große Potentiale in der Nutzung von Abfällen gesehen, die in der Vergangenheit auf Deponien unterschiedlicher Standards abgelagert wurden. Dort könnte auch eine erhebliche Reduzierung der Treibhausgasemissionen erfolgen. Die wichtigste Maßnahme ist die Abdichtung der Deponien mit anschließender Verbrennung des kontrolliert abgefangenen Deponiegases.

Voraussetzungen für die Mobilisierung von Reststoffpotenzialen

Die vorherigen Kapitel zeigen, dass sowohl in Deutschland als auch weltweit noch sehr große ungenutzte Reststoffpotenziale zur Verfügung stehen. Wenn diese Reststoffe erschlossen werden sollen, müssen bestimmte Anforderungen erfüllt werden.

Logistische Strukturen für die energetische Nutzung biogener Reststoffe

Für die Nutzung biogener Reststoffe sind oft aufwändige logistische Strukturen notwendig. Die Ausgangsbedingungen dafür sind weltweit aber sehr unterschiedlich. Während in Deutschland z.B. die etablierten Abfallsammel- und Verwertungsstrukturen die Nutzung von biogenen Reststoffen erleichtern (z.B. „Grüne“ oder „Braune Tonne“), müssen international dafür in Schwellen- und Entwicklungsländern oft noch Abfallsammelsysteme aufgebaut werden.

Die Nutzung der Reststoffe in der Landwirtschaft ist noch aufwändiger. Ohne zusätzliche Infrastruktur ist nur die direkte Nutzung von Reststoffen möglich, die bei der Verarbeitung von Biomasse z.B. in der Holzverarbeitenden Industrie und der Lebensmittelproduktion anfallen. Wenn die Reststoffe dagegen bei der Ernte anfallen und normalerweise auf dem Feld verbleiben, ist die energetische Nutzung viel aufwändiger, weil die Biomasse zusätzlich gesammelt und transportiert werden muss. Hat ein Reststoff wie z.B. Gülle einen sehr hohen Wassergehalt und damit eine niedrige Energiedichte, sind die Kosten für Transport, Weiterverarbeitung und energetische Nutzung möglicherweise zu hoch. Neben Marktpreisen sowie möglicherweise konkurrierenden Nutzungspfaden des Reststoffs (z.B. als Futtermittel, Dünger) entscheiden auch rechtliche Rahmenbedingungen und politische Förderinstrumente darüber, ob Reststoffe eingesammelt und energetisch genutzt werden können.

Eignung biogener Reststoffe für die energetische Nutzung

Die Eignung biogener Reststoffe für die energetische Nutzung kann stark variieren und hängt von den folgenden Faktoren ab:

- **Umwandlung:** Kann der Reststoff direkt zur Energiebereitstellung genutzt werden (z.B. Verbrennung von Waldrestholz als Scheitholz) oder muss er erst weiterverarbeitet werden (z.B. in einer Biogasanlage zu Biogas vergoren werden)?
- **Mengenaufkommen:** Ist das Reststoffaufkommen für eine direkte energetische Nutzung ausreichend oder müssen die Mengen erst von verschiedenen Stellen zusammengetragen werden?
- **Brennstoffeigenschaften:** Eignet sich der Reststoff aufgrund seiner chemischen Eigenschaften (z.B. Aschegehalt, toxische Inhaltsstoffe) für die energetische Nutzung? Welcher technologischer Aufwand ist damit verbunden (z.B. Filter für Verbrennungsanlagen, besondere chemisch-biologische Verfahren)?
- **Wirtschaftlichkeit:** Ist der Transport des Reststoffs wirtschaftlich? Ist die Energiebereitstellung wirtschaftlich? Wo wird Wertschöpfung gesteigert? Gibt es zusätzliche Einnahmemöglichkeiten z.B. im Rahmen des Emissionshandels?
- **Nachhaltigkeit:** Ist die energetische Nutzung des Reststoffs nachhaltig? Bleibt die Humus- und Nährstoffbilanz ausgeglichen? Werden die Nachhaltigkeitsanforderungen für den Erhalt der Biodiversität eingehalten?

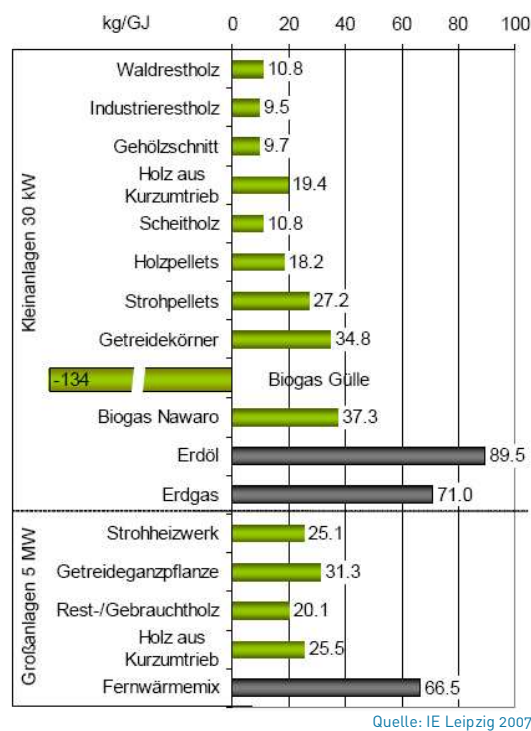
Sozioökonomische Bedingungen für die Nutzung biogener Reststoffe

Bei der energetischen Nutzung biogener Reststoffe müssen auch sozioökonomische Rahmenbedingungen beachtet werden. In Schwellen- und Entwicklungsländern treten dabei oft informelle Strukturen auf: Private, selbstorganisierte Müllsammler, die den Abfall von Haushalten und Gewerbe- und Industriebetriebe abholen oder jene Menschen, die von dem Verwerten der Abfälle auf den Deponien leben. Diese Betroffenen und ihre Interessen müssen in energetische Nutzungskonzepte eingebunden werden, um auch die soziale Nachhaltigkeit zu gewährleisten.

Umweltbilanz der energetischen Nutzung biogener Reststoffe

In diesem Kapitel werden die zuvor auf die unterschiedlichen Reststoffe bezogenen ökologischen Effekte zusammengefasst.

Treibhausgasemissionen der Wärmebereitstellung biogener und fossiler Energieträger im Jahr 2010 in kg CO₂-Äquivalente je Gigajoule (GJ)



Treibhausgas- und Schadstoffminderung

In Deutschland leistet die Nutzung von biogenen Reststoffen bereits einen großen Beitrag zum Klimaschutz. Wird z.B. Restholz statt Erdöl oder Erdgas in der Wärmeversorgung eingesetzt, werden die Treibhausgasemissionen um bis zu 90 Prozent reduziert.

Wird Gülle zu Biogas vergoren und in Blockheizkraftwerken zu Strom und Wärme umgewandelt, ist der Klimaschutzbeitrag sogar noch größer: Neben der CO₂-Reduktion lassen sich so auch die besonders schädlichen Methanemissionen vermeiden, die sonst bei Lagerung und Ausbringung von Gülle und Stallmist freigesetzt werden. Das Treibhausgaspotenzial von Methan ist 25mal stärker als bei CO₂.

Bioenergie deckte 2012 in Deutschland 8,2 Prozent des Endenergiebedarfs und vermied durch die Nutzung von Reststoffen und Energiepflanzen insgesamt 71 Mio. t CO₂. Der Beitrag der Bioenergie zum Klimaschutz kann deutlich gesteigert werden, wenn das gesamte Reststoffpotenzial für die Strom- und Wärmeversorgung erschlossen wird.

Diese Ergebnisse sind grundsätzlich auch auf die weltweite Nutzung von Reststoffen übertragbar. Besonders groß ist das Methanminderungspotenzial durch die energetische Nutzung von Deponiegasen. Nach Schätzungen entstehen 8 bis 12 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen in Entwicklungs- und Schwellenländern bei abfallwirtschaftlichen Prozessen. Eine wesentliche Ursache sind Methanemissionen aus der Ablagerung unbehandelter Siedlungsabfälle, die in diesen Ländern sehr hohe Anteile abbaubarer organischer Stoffe enthalten.

Bei der Nutzung von Stroh muss eine angepasste Verbrennungstechnologie eingeführt werden, die erhöhte Feinstaubemissionen verhindert. Auch bei der Verbrennung von Altholz, das z.B. durch Lacke oder andere Stoffe vorbehandelt und belastet ist, müssen Emissionen von Luftschadstoffen vermieden werden.⁸¹

Einsparung synthetischer Düngemittel durch Stoffkreislaufwirtschaft

Die Gärreste, die nach der Vergärung von Biomasse übrig bleiben, ersetzen teure, synthetisch hergestellte Düngemittel. Der Gärrest wird zurück auf die Ackerflächen gebracht, so dass die wertvollen Nährstoffe, die die Pflanzen dem Boden entzogen haben, ihm wieder zugeführt werden. Somit schließt sich der natürliche Nährstoffkreislauf in der Region. Landwirtschaftliche Betriebe können gleichzeitig Düngerkosten einsparen. Bei der Vergärung von tierischen Exkrementen und anderen biogenen Reststoffen werden die enthaltenen Nährstoffe wie organischer Stickstoff und Phosphor mineralisiert und sind damit für die Pflanzen besser nutzbar.

Entscheidend für eine nachhaltige Nutzung biogener Reststoffe ist die Humus- und Nährstoffbilanz. Nur wenn stets ein Teil der Reststoffe auf dem Feld oder Wald verbleiben, kann eine ausgeglichene Humus- und Nährstoffbilanz gewährleistet werden. Ziel sollte es deshalb sein, eine Kreislaufwirtschaft der Nährstoffe aufrecht zu erhalten, d.h. möglichst alle Nährstoffe müssen nach der Nutzung wieder auf das Feld oder in den Wald zurückgelangen. So können z.B. Gärreste der Biogaserzeugung zurück auf dem Feld bzw. die Asche der Verbrennungsprozesse im Wald ausgebracht werden. Die Nährstoffbilanz kann auch aufrechterhalten werden, wenn ausschließlich jene Pflanzenteile verwertet werden, die nur wenige Nährstoffe enthalten.

Eine energetische Nutzung des biogenen Anteils des Hausmülls in Müllverbrennungsanlagen sollte kein Vorwand sein, auf Müllvermeidung und Mülltrennung zu verzichten.

⁸¹ SRU: Sondergutachten Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Berlin, Januar 2011.

Fazit

Die Nutzung von biogenen Reststoffen für Bioenergie ist in Deutschland im europäischen Vergleich bereits verhältnismäßig weit vorangeschritten. Sie birgt weiterhin große Potenziale für eine klimafreundliche, dezentrale Energieversorgung. Das EEG bietet besondere Anreize für den verstärkten Einsatz von Reststoffen, wie z.B. von Gülle zur Strom- und Wärmeerzeugung in Biogasanlagen. In Schwellen- und Entwicklungsländern gilt es, die vielerorts nicht nachhaltige und gesundheitsgefährdende Nutzung von Holz und Viehdung als Brennstoff durch eine effizientere dezentrale Versorgung mit Strom, Wärme und Biogas zu ersetzen. Millionen Kleinbiogasanlagen in China und Indien zeigen, dass umwelt- und sozialverträglichere Nutzungspfade etabliert werden können. Bioenergie kann hier – sowohl durch Nutzung von Reststoffen als auch durch den Anbau von Energiepflanzen – als Maßnahme der Armutsbekämpfung wirken. Eine kostengünstige lokale Energieversorgung ist außerdem Voraussetzung für die notwendige Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion. Biogene Reststoffe sind auch ein Schritt aus der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffimporten, die die Wirtschaftskraft der Entwicklungsländer oft stark belasten.

In Deutschland und in der Europäischen Union sind biogene Reststoffe ein attraktiver, jedoch oft auch kostenintensiver Beitrag zur Stärkung einer dezentralen Versorgung auf Basis Erneuerbarer Energien. Werden die Ausbauziele insbesondere im Strombereich weitergeführt und eine vollständig erneuerbare Versorgung angestrebt, sind Bioenergieanlagen unerlässlich. Denn Anlagen wie Biogas-BHKW und Holzkraftwerke sind flexibel einsetzbar. Biogene Reststoffe lassen sich leicht speichern. Damit eignen sie sich ideal zum Ausgleich der wetterabhängigen Stromerzeugung aus Wind und Sonne.

In der Debatte um Nutzungskonkurrenzen durch die Ausweitung des Energiepflanzenanbaus schlagen Kritiker vor, Strom, Wärme und Biokraftstoffe prioritär mit Reststoffen statt mit Energiepflanzen zu erzeugen. Eine pauschale Unterscheidung in ökologisch „gute“ Biomasse wie Reststoffe und „schlechte“ Biomasse wie Energiepflanzen greift jedoch zu kurz. Zunächst erlauben es die Ausbauziele für Erneuerbare Energien nicht, auf ein wichtiges Potenzial wie den Energiepflanzenanbau pauschal zu verzichten. Sinnvoller wäre eine Mobilisierung dieses Potenzials unter Berücksichtigung ökologischer Leitplanken, so dass Biodiversität, Böden und Klima gewinnen. Eine Fehlannahme ist aber auch die These, dass die Nutzung biogener Reststoffe die „Verschwendung“ wertvoller landwirtschaftlicher Nutzfläche verhindern würde. Die vorherigen Kapitel haben gezeigt, dass biogene Reststoffe immer in bereits bestehenden landwirtschaftlichen oder industriellen Nutzungspfaden anfallen, die grundsätzlich nicht losgelöst von Fläche zu organisieren sind und aktuell bereits auf Nutzungskonflikte stoßen.

Große Reststoffpotenziale wie z.B. tierische Exkremente sind gleichzeitig mit oft problematischen, flächenintensiven Futtermittelimporten verbunden. Bio- und Grünabfälle sind zwar einerseits Rohstoff für eine klimafreundliche Biogaserzeugung. Bioabfälle in der Biotonne bestehen zu Teilen jedoch aus Lebensmittelabfällen. Im Durchschnitt wirft jeder Bundesbürger jährlich ca. 80 kg Lebensmittel in den Abfall. Zwei Drittel davon wären vermeidbar.⁸² Damit wird in besonders achtloser Weise landwirtschaftlich genutzte Fläche verschwendet. Eine nachhaltige Bioenergienutzung sollte daher die Nutzungspfade und Nutzungskonkurrenzen der Reststoffe berücksichtigen. Das Reststoffpotenzial kann und muss gehoben werden – sollte aber auch nicht überschätzt werden, da die technisch möglichen Nutzungspfade – von Restholz und Biokraftstoffen abgesehen – sich bisher oft nur Rande der Wirtschaftlichkeit bewegen.

⁸² BMELV: Ermittlung der Mengen weggeworfener Lebensmittel und Hauptursachen für die Entstehung von Lebensmittelabfällen in Deutschland. Berlin, März 2012.

Quellen und weitere Informationen

AEBIOM European Biomass Association: European Bioenergy Outlook 2012. Brüssel, November 2012.

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE): Anbau von Energiepflanzen. Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potenziale. Renewes Spezial 65, April 2013.

AEE: Holzenergie. Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen. Renewes Spezial 66, April 2013.

AEE: Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. Berlin, Januar 2013.

AEE: Erneuerbare Energien 2020. Potenzialatlas Deutschland. Berlin, Dezember 2009.

Bach, Steffen: Kleine Gülleanlagen warten auf den Durchbruch. In: Biogasjournal 1/2013, S. 94-97.

Bioenergiekraftwerk Emsland

<http://www.bioenergie-emsland.de>

Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft (BDE)/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)/Umweltbundesamt (UBA): Recycling stoppt Treibhausgase. Der Beitrag der Kreislauf- und Wasserwirtschaft zum Klimaschutz. Berlin/Bonn/Dessau-Roßlau, Januar 2010.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Straubing: Bioraffinerie wandelt Stroh zu Sprit. Berlin, Juli 2012.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV): Ermittlung der Mengen weggeworfener Lebensmittel und Hauptursachen für die Entstehung von Lebensmittelabfällen in Deutschland. Berlin, März 2012.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Erneuerbare Energien 2012. Vorläufige Angaben, 28. Februar 2013.

BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen 2010. Berlin, August 2011.

BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen 2011. Berlin, Juli 2012.

BMU: Leitstudie 2008. Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Berlin, Oktober 2008.

BMU/Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)/Fraunhofer IWES/Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Stuttgart/Kassel/Teltow, März 2012 (Leitszenario 2008-2012).

BMU/Öko-Institut u.a.: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Freiburg i.B., Mai 2004.

BMU/UBA/Witzenhausen-Institut: Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen. Berlin/Dessau-Roßlau, März 2012.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hg.): Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen. Status-quo und Möglichkeiten der Präzisierung. BMVBS-Online-Publikation 27/2010. Bonn, November 2010.

Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi)/Prognos/Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI)/Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung (GWS): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Berlin/Basel/Köln/Osnabrück, August 2010.

Bräsel, Martina: Rentieren sich Gülle-Kleinanlagen? In: Biogasjournal 1/2013, S. 71-75.

Dany, Christian: Das Pferd von hinten aufzäumen. In: Biogasjournal 1/2013, S. 86-92.

Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ): Energie aus Stroh. Standortplanung und -bewertung. Leipzig, Dezember 2012.

DBFZ: Monitoring Biokraftstoffsektor, DBFZ-Report 11. Leipzig, Oktober 2012.

DBFZ: EEG-Monitoring 2011. Leipzig, März 2012.

DBFZ: Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen. Status Quo und Möglichkeit der Präzisierung. Anhang I – Regionale Biomassepotenziale. Leipzig, März 2010.

DBFZ/Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)/Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung (INL)/Öko-Institut: Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung, DBFZ-Report Nr. 13. Leipzig, November 2012.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)/Institut für Energie- und Umweltforschung (IfEU)/Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie (WI): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien. Stuttgart/Heidelberg/Wuppertal, März 2004.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA): Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2011. Bonn, Dezember 2012.

DWA: Positionen Energie und Wasserwirtschaft. Bonn, September 2011.

DWA: Energiepotenziale in der deutschen Wasserwirtschaft. Schwerpunkt Abwasser. Bonn, Mai 2010.

DWA: Energiepotenziale der deutschen Wasserwirtschaft, Pressemitteilung, 26. März 2008.

DWA/Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)/Verband kommunaler Unternehmen (VKU) u.a.: Branchenbild deutsche Wasserwirtschaft. Bonn/Berlin, Februar 2011.

Ecomotion

<http://www.ecomotion.de/eco/produkte/biodiesel-aus-tierischen-fetten>

EU-Kommission: Richtlinie 2009/28/EG, 23. April 2009; COM(2012) 595 final, 17. Oktober 2012.

EurObserver: Renewable Municipal Waste Barometer 2011. Paris, Dezember 2012.

EUWID Recycling: Kommission: Sammelziele für Bioabfall angemessen, Nr.9/2010; zitiert nach: Struwe, Jutta: Gesamtökologischer Vergleich von stofflicher und energetischer Verwertung. Vortrag, Abfalltag Baden-Württemberg 2010, 04. November 2010.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)

<http://www.fnr.de>

FNR/Landgesellschaft Mecklenburg-Vorpommern: Landgesellschaft errichtet Strohheizwerk in Gülzow, Pressemitteilung, 08. April 2013.

Fachverband Biogas: Energie aus Bioabfall. Pressemitteilung, 09. Mai 2012.

Fachverband Biogas: 10 Gründe für den Bau einer Biogasanlage, März 2009.

Fricke, Klaus, u.a.: Verbesserter Klimaschutz bei der Abfallentsorgung in Schwellen- und Entwicklungsländern durch Anpassung des Emissionshandels. In: Müll und Abfall, 03/2009.

Fritsche, Uwe/Wiegmann, Kirsten: Treibhausgasbilanzen und kumulierter Primärenergieverbrauch von Bioenergie-Konversionspfaden unter Berücksichtigung möglicher Landnutzungsänderungen. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten "Welt im Wandel: Bioenergie und nachhaltige Landnutzung". Berlin, Oktober 2008.

Hochschule Bremen/Universität Gießen: Bestandsaufnahme zum biogenen Reststoffpotenzial der deutschen Lebensmittel- und Biotechnik-Industrie. Bremen/Gießen, Januar 2013.

Infro/Universität Hamburg: Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2010. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente. Hamburg, Mai 2012.

Institut für Energetik und Umwelt (IE): Schlüsseldaten Klimagasemissionen. Welchen Beitrag kann die Biomasse zum Klimaschutz leisten? Leipzig, April 2007.

Institute for European Environmental Policy (IEEP): The role of bioenergy in the National Renewable Energy Action Plans: a first identification of issues and uncertainties. November 2010, <http://www.biomassfutures.eu>.

Institut für Energie- und Umweltforschung (IfEU)/ahu AG Wasser – Boden – Geomatik (AHU)/UBA: Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Juli 2012.

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)/Alterra/Centre for Renewable Energy Sources (CRES): Biomass availability & supply analysis. Summary of main outcomes for policy makers. Biomass Futures: Biomass role in achieving the Climate Change & Renewables EU policy targets. Demand and Supply dynamics under the perspective of stakeholders. März 2012, <http://www.biomassfutures.eu>.

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)/Zentrum für Erneuerbare Energien (ZEE) Universität Freiburg/Universität Hohenheim: Die Energiewende vor Ort gestalten. Ein Wegweiser für eine sozial gerechte und naturverträgliche Selbstversorgung aus Erneuerbaren Energien. Schwerpunkt Bioenergie. Freiburg i.B., März 2013.

Kern, Michael: Perspektiven der Stromerzeugung aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Vortrag, Konferenz „Anspruch der Bioenergie an die EEG-Novellierung“, Berlin, 17. Februar 2011.

Mantau, Udo: Holzrohstoffbilanz Deutschland. Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung von 1987 bis 2015. Hamburg, Oktober 2012.

Märkische Allgemeine: Sprit aus Hongkongs Frittenfett. German Biofuels GmbH stellt sich den neuen Beimischungsregeln für Biodiesel, 20. November 2012.

Petrotec

http://www.petrotec.de/core/cms/front_content.php?idcat=90&lang=1

Prognos: Gesamtökologischer Vergleich von stofflicher und energetischer Verwertung. Vortragsmanuskript, Abfalltag Baden-Württemberg 2010, 04. November 2010.

Rabe, Edgar: Produktion gesteigert, Umsatz gesunken. Petrotec AG legt Jahresbilanz vor. In: Borkener Zeitung, 21. März 2013.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): Sondergutachten Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Berlin, Januar 2011.

Statistisches Bundesamt: 1,1 Mio. Tonnen Klärschlamm verbrannt. Pressemitteilung, 11. Dezember 2012.

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL): Das Jenaer Strohheizwerk, April 2008.

Umweltbundesamt (UBA): Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Dessau-Roßlau, Juni 2012.

UBA: Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen, Dessau-Roßlau, Juli 2010.

UBA: Workshop „Demografischer Wandel – Eine Herausforderung für die Abfallwirtschaft?“, 14. November 2007.

UFOP: Geschäftsbericht 2011/2012. Berlin, Dezember 2012.

Wiedemann, Karsten: Energie aus der Grube. In: neue energie, Mai 2011, S. 74-75.

World Wide Fund For Nature (WWF)/Öko-Institut/Prognos: Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Berlin/Freiburg i.B./Basel, Oktober 2009.

Zentrum für Erneuerbare Energien (ZEE) Universität Freiburg/IÖW/Universität Hohenheim: Leitfaden für die Nutzung kommunaler, halmgutartiger Reststoffe in Mikrobiogasanlagen und Bestandsanlagen. ZEE Working Papier 05-2011.

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)/IfnE/IfEU/ Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG. Spartenübergreifende und integrierende Themen sowie Stromerzeugung aus Klär-, Deponie- und Grubengas. Stuttgart/Teltow/Heidelberg/Münster, Juni 2011.

In der Reihe Renums Spezial sind bisher erschienen:

Titel der Ausgabe	Nr.	Datum
Holzenergie - Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen	66	April 13
Anbau von Energiepflanzen - Umweltauswirkungen, Nutzungskonkurrenzen und Potenziale	65	April 13
Reststoffe für Bioenergie nutzen - Potenziale, Mobilisierung und Umweltbilanz	64	April 13
Erneuerbare Wärme - Klimafreundlich, wirtschaftlich, technisch ausgereift	63	Jan 13
Planungsrecht & Erneuerbare Energien	62	Dez 12
Bundesländervergleich Erneuerbare Energien 2012	61	Dez 12
Akzeptanz und Bürgerbeteiligung für Erneuerbare Energien	60	Nov 12
Intelligente Verknüpfung von Strom- und Wärmemarkt	59	Nov 12
„Smart Grids“ für die Stromversorgung der Zukunft	58	Juni 12
Strom speichern	57	März 12
Akzeptanz Erneuerbarer Energien in der deutschen Bevölkerung	56	März 12
Nachhaltigkeit von Bioenergie und fossilen Energieträgern im Vergleich	55	Jan 12
Biokraftstoffe - Rahmenbedingungen, Klima- und Umweltbilanz, Marktentwicklungen	54	Jan 12
Zertifizierung von Bioenergie - Wie Nachhaltigkeit in der Praxis funktioniert	53	Dez 11
Kosten und Preise für Strom	52	Sep 11
Konflikte und Risiken der Energieversorgung - Erneuerbare Energien als Beitrag zu Ressourcenversorgung und Energiesicherheit	51	Feb 11
Erneuerbare im Netz - Die notwendige Anpassung der Versorgungsinfrastruktur	50	Feb 11
Klima- und Umweltschutz durch Erneuerbare Energien	49	Feb 11
Erneuerbare Energien - Ein Gewinn für den Wirtschaftsstandort Deutschland	48	Jan 11
Erneuerbare Wärme - Klimafreundlich, wirtschaftlich, technisch ausgereift	47	Jan 11
Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien	46	Dez 10
Solarparks - Chancen für die Biodiversität	45	Dez 10
Bundesländervergleich Erneuerbare Energien 2010	44	Nov 10
Holzenergie - Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen	43	Okt 10
Erneuerbare Energien - Mehr Unabhängigkeit vom Erdöl	42	Sep 10
20 Jahre Förderung von Strom aus Erneuerbaren Energien in Deutschland - eine Erfolgsgeschichte	41	Sep 10
Kosten und Potenziale von Photovoltaik und solarthermischen Kraftwerken	40	Aug 10
Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien	39	Aug 10
Biokraftstoffe - Marktentwicklung, Klima- und Umweltbilanz und Nutzungskonkurrenzen	38	Aug 10
Innovationsentwicklung der Erneuerbaren Energien	37	Juli 10
Daten und Fakten Biokraftstoffe 2009	36	Juli 10
Grundlastkraftwerke und Erneuerbare Energien - ein Systemkonflikt?	35	Juni 10
Anbau von Energiepflanzen	34	Juni 10
Erneuerbare Energien und Elektromobilität	33	Juni 10
Wirtschaftsfaktor Erneuerbare Energien in Deutschland	32	Juni 10
Akzeptanz der Erneuerbaren Energien in der deutschen Bevölkerung	31	Mai 10
Erneuerbare Elektromobilität	30	April 10
Strom speichern	29	April 10
Kosten und Nutzen des Ausbaus Erneuerbarer Energien	28	März 10
10 Jahre Erneuerbare-Energien-Gesetz - 20 Jahre Stromeinspeisungsgesetz	27	März 10
Kosten und Preise für Strom - Fossile, Atomstrom und Erneuerbare Energien im Vergleich	26	Feb 10
Häuslebauer nehmen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz gut an Umfrage unter 500 Bauunternehmen, Planungs- und Architekturbüros	24	Jan 10
Erneuerbare Energien in der Fläche	23	Jan 10
Reststoffe für Bioenergie nutzen	22	Jan 10
Regionale Wertschöpfung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien	21	Dez 09
Biogas - Daten und Fakten 2009 - Energiebereitstellung	20	Nov 09

Siehe auch: <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/service/mediathek/renewsspezial.html>

**Agentur für Erneuerbare
Energien e. V.**

Reinhardtstr. 18
10117 Berlin

Tel.: 030-200535-3

Fax: 030-200535-51

kontakt@unendlich-viel-energie.de

ISSN 2190-3581

www.unendlich-viel-energie.de

