

# Dossier

---

## Potenziale der Biogasgewinnung und -nutzung

---

November 2014

---



Universität  
Rostock  Traditio et Innovatio



 Institut für Biogas  
Kreislaufwirtschaft & Energie  
Prof. Dr.-Ing. Frank Scholwin

 **izes** GmbH  
Institut für ZukunftsEnergieSysteme



Ein Projekt im Auftrag des:



 **Fraunhofer**  
IWES

 **Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

Ein Produkt des Projektes „Perspektiven der Biogaseinspeisung und instrumentelle Weiterentwicklung des Förderrahmens“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

Dieses Dossier fasst wesentliche Erkenntnisse aus Experten-Fachgesprächen im oben benannten Vorhaben zusammen. Die Erkenntnisse basieren auf publizierten Fakten und Berechnungen, als auch auf durch das Projektkonsortium gemeinsam getragene Expertenmeinungen. Wissensstand ist Anfang 2014. Alle Aussagen sind auf den Zeitraum 2013 – 2020 bezogen. Es wird vorwiegend die Nutzung von Biomethan im heutigen Energiesystem analysiert. Auf die in vielerlei Literatur sehr gut beschriebene Produktionskette von Biomethan wird nicht detailliert eingegangen.

**Autoren:**

Frank Scholwin (Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft & Energie)

Johan Grope (Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft & Energie, Universität Rostock)

Andrea Schüch (Universität Rostock)

Jaqueline Daniel-Gromke, Marcus Trommler, André Brosowski (Deutsches Biomasseforschungszentrum GmbH)

**Koordination:**

Frank Scholwin, Johan Grope

Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft & Energie

Henßstr. 9, 99423 Weimar

03643 - 7 40 23 64

info@biogasundenergie.de

www.biogasundenergie.de

Andrea Schüch

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl Abfall- und Stoffstromwirtschaft

Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

0381 - 498 3401

asw@uni-rostock.de

www.auf-aw.uni-rostock.de

## Abkürzungen

Um sowohl eine einheitliche Verwendung von Bezugsgrößen sicherzustellen als auch sicherzustellen, dass die für den Leser üblichen Einheiten verwendet werden, werden alle Angaben zu Potenzialen und Energiemengen in verschiedenen Einheiten jeweils in einer Fußnote angegeben:

- **TWh<sub>Hs</sub>** – Haupteinheit für die Beschreibung von Energiemengen bezogen auf Biogas oder Biomethan. Der Index Hs stellt den Bezug auf den Brennwert dar.
- **m<sup>3</sup><sub>CH4</sub>** – Das der Energiemenge entsprechende Methan z.B. in Biogas oder in Biomethan.
- **ha<sub>Nawaro,Äq</sub>** – Die der Energiemenge entsprechende Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe, wenn die Energiemenge vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen produziert werden würde.
- **TWh<sub>el</sub>** – Die aus der Energiemenge des Gases produzierbare Menge elektrischer Energie in einem modernen Blockheizkraftwerk.
- **Bemessungsleistung (BL)** – Eine Jahresdurchschnittsleistung als Leistungsäquivalent (elektrisch), welche sich aus der real im Jahr produzierten Strommenge dividiert durch die Stunden des Jahres (8.760 Stunden) ergibt.

Sie entspricht einer theoretischen Leistung, als wäre die jährliche Strommenge unter ganzjährigem Volllastbetrieb, ohne Wartungsarbeiten, technischen Restriktionen und flexibler Betriebsweise erzeugt worden.

- **Installierte Leistung** – die tatsächlich installierte elektrische Anlagenleistung am Anlagenstandort. Sie entspricht im Grunde der Herstellerangabe zur installierten Leistung der gesamten Anlagen am Anlagenstandort. Dabei wird für die Zukunft davon ausgegangen, dass diese Leistung aufgrund der Flexibilisierung des Anlagenbestandes in etwa beim Doppelten der heute installierten Leistung liegt.<sup>1</sup>

## Einheiten und Bezüge

EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
BL	Bemessungsleistung
FM	Frischmasse
PJ	Petajoule (entspricht 0,278 TWh)

Die folgende Tabelle stellt die verschiedenen Einheiten gegenüber. Zusätzlich wird zum Vergleich die auch für die Biogasmenge gebräuchliche und auf den Heizwert bezogene Einheit TWh<sub>Hi</sub>/a dargestellt.

TWh <sub>Hi</sub> Biogas	→ 1,0	0,9	10,8	41,3	2,5	21,9	8,8	MWh <sub>Hi</sub> Biogas
TWh <sub>Hs</sub>	1,1	1,0	12,0	45,7	2,8	24,2	9,7	MWh <sub>Hs</sub>
Mrd. m <sup>3</sup> <sub>CH4</sub>	0,09	0,08	1,00	3,82	0,23	→ 2,02	← 0,81	Mio. m <sup>3</sup> <sub>CH4</sub>
1000 ha <sub>Nawaro,Äq</sub>	← 24	← 22	262	1000	60	530	212	ha <sub>Nawaro,Äq</sub>
Twh <sub>el</sub>	0,40	0,36	4,33	16,53	1,00	8,76	3,50	Mwh <sub>el</sub>
Bemessungsleistung in MW <sub>el</sub>	46	41	495	1887	114	← 1000	← 400	Bemessungsleistung in kW <sub>el</sub>
Installierte Leistung in MW <sub>el</sub>	114	103	1236	4718	285	2500	1000	Installierte Leistung in kW <sub>el</sub>

Zur Erleichterung der Nutzung der Tabelle wurden mit den Pfeilen zwei Nutzungsbeispiele veranschaulicht. Auf der rechten und der linken Seite werden die Einheiten in verschiedenen Dimensionen dargestellt. Zeitbezug ist soweit erforderlich ein Jahr.  
 Beispiel links: Die Bereitstellung von 1,0 TWh Biogas (Brennwert) erfordert eine äquivalente Anbaufläche für Nawaro von 24.000 ha.  
 Beispiel rechts: 1.000 kW elektrische Bemessungsleistung erfordern eine jährliche Methanmenge von 2,02 Mio m<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Im Folgenden wird ausgehend von der Bemessungsleistung stets eine um den Faktor 2,5 höhere installierte Leistung ausgewiesen. Dies entspricht ungefähr einer Verdoppelung der installierten Anlagenleistung aktuell (da die Anlagen im Schnitt ca. 7.000 Vollbenutzungsstunden vorweisen) und ist als Größe für den bis 2020 geschätzten möglichen Flexibilisierungsgrad als Durchschnitt des gesamten Biogas- und Biomethananlagenbestands zu sehen. Für manche Anlagen wird eine niedrigere Flexibilisierung erwartet, da diese aufgrund der Vor-Ort-Gegebenheiten z.T. keine Verdoppelung der Leistung realisieren können. Andere wiederum (insbesondere Biomethan) weisen im Portfolio eine Betriebsweise mit weniger Volllaststunden auf. Daher scheint eine Verdoppelung der heute typischerweise installierten Leistung im Vergleich zur Bemessungsleistung als angemessen.

## Präambel - Potenzialbegriffe

Bei der Bewertung von Biomassepotenzialen sind verschiedene Potenzialbegriffe bzw. -definitionen voneinander zu unterscheiden (Abbildung 1).

Das am häufigsten in der Wissenschaft und als Grundlage politischer Entscheidungsprozesse genutzte Potenzial ist das technische Potenzial. Abzüglich vom theoretischen Potenzial werden hierbei eine Reihe von begrenzenden Faktoren berücksichtigt. Zu diesen Faktoren gehören beispielsweise:

- Nutzungskonkurrenzen (z.B. Deckung des Nahrungs-/Futtermittelbedarfs, stoffliche Nutzungen)
- Einhaltung ökologischer Restriktionen (z.B. Erhaltung Humusbilanz, Biodiversität, Naturschutzflächen usw. )
- technische Einschränkungen und Verluste bei der Energieumwandlung oder Rohstoffumwandlung
- zeitliches und räumliches Ungleichgewicht zwischen Energie- bzw. Rohstoffangebot und -bedarf<sup>2</sup>

Eine darüber hinausgehende Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit der Biomassenutzung gegenüber einem Referenzsystem (z.B. fossile Energie) erlaubt eine weitere Einschränkung und definiert das wirtschaftliche Potenzial. Da sich aber die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (z.B. Kostenentwicklungen von Umwandlungstechnologien, Preisentwicklungen von Energieträgern und Rohstoffen, politische Rahmenbedingungen) stetig wandeln, ist eine dauerhaft gültige Berechnung des ökonomischen Potenzials kaum möglich und i.d.R. stark umstritten. Eine weitere Einschränkung ist durch die Definition des erschließbaren Potenzials möglich. Hierbei wird der tatsächlich mögliche Beitrag zum erneuerbaren Energiesystem definiert. Hemmende Faktoren sind z.B. weitere rechtliche und administrative Hemmnisse, die den Bau einer Konversionsanlage betreffen.<sup>3</sup>

Dem technischen, wirtschaftlichen und erschließbaren Potenzial übergeordnet ist das nachhaltige Potenzial, in welchem insbesondere naturschutzfachliche, landschaftsästhetische und ressourcenschutzspezifische Aspekte zusammengefasst sind. Diesen umfangreichen Zielansprüchen konsequent folgend, ist das nachhaltige Potenzial deckungsgleich mit dem technischen Potenzial.

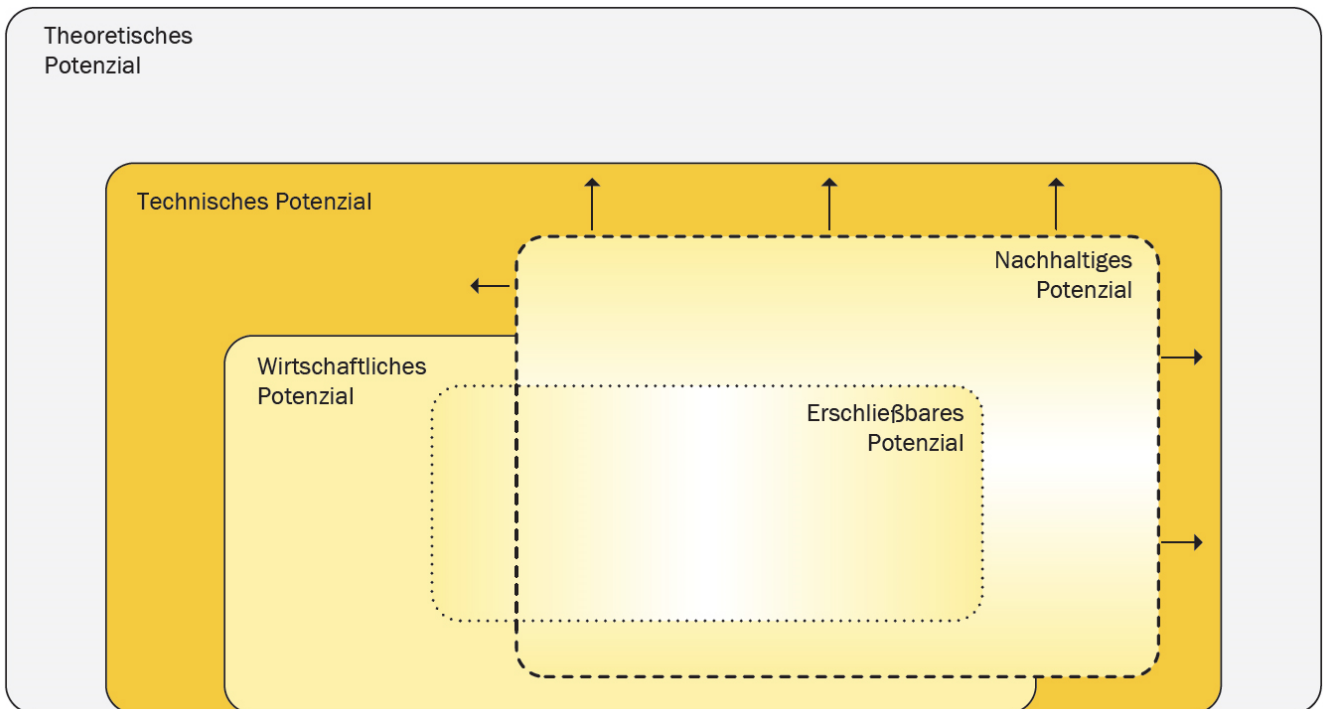


Abbildung 1: Definition der Potenzialbegriffe (Thrän & Pfeiffer 2013)<sup>1</sup>

<sup>2</sup> Dreier 2000: Ganzheitliche Analyse und Potenziale biogener Kraftstoffe

<sup>3</sup> Kaltschmitt 2002: Biomasse als erneuerbarer Energieträger

## Potenziale für die Biogas- und Biomethanherzeugung

Im Folgenden werden die **Potenziale der Biogas- und Biomethanherstellung aus Reststoffen und Abfällen** näher ausgeführt. Die Potenziale aus Energiepflanzen werden im Dossier „Biogas aus Energiepflanzen“ ausführlich dargestellt.

Relevante noch erschließbare Potenziale an Reststoffen und Abfällen, die für die Biogasproduktion eingesetzt werden können, sind:

- Tierische Exkrememente
- Getrennt erfasste kommunale Bio- und Grünabfälle
- Organischer Anteil im Restabfall
- Abwässer
- Klärschlämme
- Landschaftspflegematerial
- pflanzliche Nebenprodukte aus der Landwirtschaft (insbesondere Stroh)

Künftig ist ein überwiegender Einsatz von Abfall- und Reststoffen zur Stromerzeugung aus Biomasse vorgesehen. Ab dem Jahr 2015 wird die flächendeckende getrennte Erfassung kommunaler Bioabfälle verpflichtend. Im Bereich der kommunalen Bioabfälle wird gegenüber dem derzeitigen Stand ein Zuwachs der Sammelmenge und somit des Biogaspotenzials erwartet. Bei einer flächendeckenden Erfassung stünden zusätzlich bis zu 2 Mio. t/a vergärbare kommunale Bioabfälle zur Verfügung<sup>4</sup>.

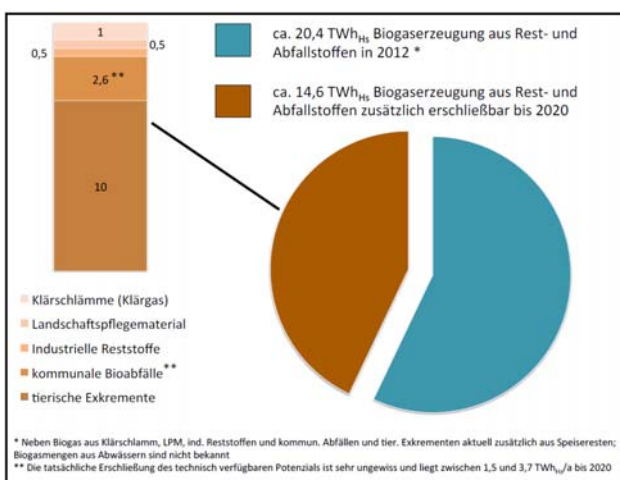


Abbildung 2: Biogasproduktion aus Rest- und Abfallstoffen mit Stand Ende 2012 und nach Einschätzung der Experten zusätzlich erschließbares Potenzial bis 2020

Es werden heute ca. 20,4 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub>/a Biogas aus landwirtschaftlichen, kommunalen und industriellen Reststoffen und Abfällen produziert (siehe Tabelle 1). Das noch erschließbare zusätzliche Potenzial zur Erzeugung von Biogas aus Reststoffen und Abfällen bis 2020 beträgt nach Schätzung der Experten basierend auf Potenzialstudien und den Betreiberbefragungen des DBFZ 13,5 bis 15,7 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub>/a.

Damit ist bis 2020 nicht einmal eine Verdoppelung der Biogaserzeugung aus Reststoffen und Abfällen im Vergleich zum Status Quo potenziell möglich. Das heute nicht konkret bekannte Potenzial an Biogas aus der anaeroben Abwasserreinigung und der Vergärung von Stroh bleibt dabei unberücksichtigt. Das Potenzial aus der Abwasserreinigung kann zwar lokal von relevanter Bedeutung sein, trägt aber nur in sehr begrenztem Maße zum Gesamtpotenzial der Biogaserzeugung aus Reststoffen und Abfällen bei. Nach Meinung der Experten kann das theoretisch zwar große Potenzial der Biogaserzeugung aus Stroh bis 2020 aufgrund technischer Herausforderungen nur in ersten Pilotvorhaben genutzt werden und wird daher mengenmäßig bis 2020 ebenfalls kaum eine Rolle spielen.

Tabelle 1: Bereits genutzte und zusätzlich erschließbare Potenziale für die Biogasproduktion aus Rest- und Abfallstoffen zum Stand Ende 2012

Stoffstrom	Bereits zur Biogasproduktion genutzt (TWh <sub>H<sub>2</sub></sub> /a)	Bis 2020 zusätzlich erschließbar (TWh <sub>H<sub>2</sub></sub> /a)
Tierische Exkrememente	ca. 10,5 <sup>5</sup>	10
kommunale Bioabfälle	ca. 2,2 <sup>6</sup>	1,5 - 3,7 <sup>7</sup>
Speisereste	ca. 1,0	0
Industrielle Reststoffe	ca. 0,4	0,5
Landschaftspflegematerial	ca. 0,6 <sup>8</sup>	0,5 <sup>9</sup>
Abwässer	nicht bekannt	nicht bekannt
Klärschlämme (Klärgas)	ca. 5,7 <sup>10</sup>	max. 1

<sup>5</sup> Auf der Basis der Substratverteilung in Biogasanlagen (DBFZ-Betreiberbefragung 2013): etwa 13,8% des Gesamtinputs (energiebezogen) in Biogasanlagen sind auf tierische Exkrememente zurückzuführen; dies entspricht ca. 50 Mio. t tierischer Exkrememente, die in Biogasanlagen bereits energetisch genutzt werden. Bei Annahme von rd. 200-250 Mio t/a Gülle und Festmist in Deutschland werden ca. 20-24 % in Biogasanlagen verwertet.

<sup>6</sup> Abschätzung auf der Basis der Substratverteilung in Biogasanlagen für das Jahr 2012 (DBFZ –Betreiberbefragung 2013): 4,2 % des Gesamtinputs (energiebezogen) für Kategorie „Bioabfälle“ entspricht rund 3,2 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub>; bzgl. der Verteilung Bioabfall/Speisereste wird Verhältnis von 70/30 energetisch unterstellt.

<sup>7</sup> Unter Annahme, dass 2 – 5 Mio t Bioabfall (FM) pro Jahr zusätzlich in die Vergärung gebracht werden, ergeben sich 1,5 bis 3,7 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub> (Methanertrag 74 m<sup>3</sup>/t Frischmasse).

<sup>8</sup> Entsprechend der Anlagenbetreiber-Befragung des DBFZ von 2012

<sup>9</sup> Technisches Potenzial (inkl. bereits genutzter Mengen): 1,7 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub>. Bei bereits 0,6 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub> in der Nutzung verbleiben gut 1 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub>. Schätzungsweise die Hälfte kann noch erschlossen werden. Quelle: FNR (2014). Leitfadens Biogasaufbereitung und -einspeisung.

<sup>4</sup> Fricke, K.; Heußner, C.; Hüttner, A.; Turk, T.; Bauer, W.; Bidlingmaier, W. (2013): Vergärung von Bio- und Grünabfällen, Teil 1: Ausbaupotenzial bei der Vergärung von Bio- und Grünabfällen, In: Müll und Abfall 12/2013, S. 628-635.

**Organische Reststoffe und Abfälle werden heute vielfältig genutzt. Es werden bereits knapp 15 TWh<sub>HS</sub>/a Biogas daraus produziert. Eine Verdoppelung der Biogaserzeugung aus Reststoffen und Abfällen bis 2020 wird als maximal möglich angesehen.**

Die Erschließung der hier dargestellten Potenziale zur Biogaserzeugung aus Abfällen und Reststoffen ist unter den heutigen wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen (Stand Anfang 2014) oder auch bei einer nur moderaten Stärkung der Anreize nur teilweise möglich. Es wird davon ausgegangen, dass ohne zusätzliche Vorgaben oder Anreize nur geringe Mengen tierischer Exkrememente, Bio- und Grünabfälle sowie in begrenztem Umfang weitere Landschaftspflegematerialien zusätzlich zur Biogasproduktion eingesetzt werden.

Das nach Schätzung der Autoren maximal zusätzlich erschließbare Potenzial von bis zu 14,7 TWh<sub>HS</sub>/a kann bei ausreichenden Vorgaben und Anreizen durch die zusätzliche Einbringung von Exkrementen in bestehende und neue Biogasanlagen, die Umstellung von Kompostierungsanlagen zu Vergärungsanlagen, die Ausweitung der getrennten häuslichen Erfassung von Bioabfällen gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz sowie durch Erfahrungstransfer in der Landschaftspflege und Einsatz des Materials vorwiegend in Bestandsanlagen erreicht werden.

**Für die Nutzung des noch erschließbaren Potenzials an Reststoffen und Abfällen zu Biogaserzeugung müssen die Vorgaben und Anreize im Vergleich zum Status Quo verbessert werden. Bei gleichbleibenden oder moderat verstärkten Anreizen wird davon ausgegangen, dass nur ein kleiner Teil der verfügbaren Reststoffe und Abfälle zusätzlich zur Biogasproduktion eingesetzt wird.**

Die Nachfrage nach Biogas aus Reststoffen und Abfällen konstituiert sich gegenwärtig hauptsächlich aus der Kraft-Wärme-Kopplung nach dem EEG, dem Kraftstoffbereich auf der Basis der doppelten Anrechnung auf die Biokraftstoffquote oder als Premiumprodukt zur Wärmebereitstellung. Heute wird nur ein Anteil von rund 3,5% des Biogases aus Reststoffen und Abfällen zu Biomethan aufbereitet. Bei unveränderten Rahmenbedingungen (Stand Anfang 2014) ist davon auszugehen, dass dieser Anteil zukünftig auch nicht steigen wird.

**Biogas aus Reststoffen und Abfällen trägt heute mit ca. 0,5 TWh<sub>HS</sub>/a zur Biomethanbereitstellung bei. Bis 2020 wird erwartet, dass dieser Beitrag für Biomethan bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen – nur sehr moderat ansteigen wird.**

<sup>10</sup> Klärgaserzeugung in 2012 - insb. zur Eigenversorgung - nach Destatis 2014: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Energie/Erzeugung/Tabellen/AbgabeKlaergas.html>

## Biogaspotenzial für das Energiesystem 2020

Das Ziel der Erschließung der Potenziale aus Reststoffen und Abfällen zur Biogasproduktion ist breiter Konsens. Daher ist zu erwarten, dass ausreichende Vorgaben und Anreize geschaffen werden, damit das für Reststoffe und Abfälle ausgewiesene Potenzial zur Biogasproduktion bis 2020 zusätzlich zur heutigen Biogasproduktion erschlossen werden kann. Die Ausweitung der Biogasproduktion aus Energiepflanzen wird in der Öffentlichkeit hingegen deutlich kritischer gesehen. Da die Erschließung des zur Verfügung stehenden Potenzials der Biogasproduktion aus Energiepflanzen ebenfalls stark vom regulatorischen Rahmen und der Förderung abhängt, scheint es heute ungewiss, in welchem Maße das nach Meinung der Autoren erschließbare Potenzial tatsächlich genutzt werden kann. Unabhängig von den künftigen Rahmenbedingungen schätzen die Autoren den potenziellen Beitrag von Biogas aus Energiepflanzen wie folgt ein (ausführliche Erläuterungen im Dossier „Biogas aus Energiepflanzen“): Während heute (Stand 2012) bereits ca. 1,2 Mio. ha für die Biogasproduktion genutzt werden, könnten zusätzlich 0,1 bis zu 1 Mio. ha bis 2020 für den Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion in Anspruch genommen werden (Vergleiche Dossier „Biogas aus Energiepflanzen“). Dieser Ausbau sollte regional in Landkreisen ohne ausgeprägte Flächenkonkurrenz und existente Naturschutzprobleme stattfinden.

Tabelle 2: Nach Schätzung der Autoren potenzielle Biogasmengen in 2020 (inkl. Biogasproduktion heute)

Biomasseherkunft	Potenziale zur Biogasproduktion <sup>11</sup> in 2020 in TWh <sub>HS</sub> /a
Energiepflanzen	59,6 bis 100,8 <sup>12</sup>
Tierische Exkrememente	20,5
Kommunale Reststoffe	3,7 - 5,9
Speisereste	1,0
Industrielle Reststoffe	0,9
Landschaftspflegematerial	1,1
Klärschlämme (Klärgas)	6,7
<b>Gesamt</b>	<b>ca. 93,5 bis 136,9</b>

<sup>11</sup> heute bereits genutzt und zusätzlich erschließbar nach Abschätzung der Experten im Vorhaben

<sup>12</sup> Ohne die Berücksichtigung von spez. Ertragssteigerungen auf den bis 2020 zusätzlich verfügbaren Flächen, durch die das Potenzial aus Energiepflanzen um zusätzlich 8 % bis 2020 anwachsen könnte.

Die nach Meinung der Autoren resultierenden Energiepotenziale aus erschließbaren Reststoffen und Abfällen zur Biogasproduktion sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

**Ausgehend von den Rahmenbedingungen von Anfang 2014 und in Abhängigkeit davon, in welchem Umfang der Energiepflanzenanbau für die Biogasproduktion ausgebaut wird, ist für 2020 in Deutschland eine Biogasproduktion von rund 94 bis 137 TWh<sub>HS</sub>/a möglich.**

Ausgehend von der vollständigen Ausschöpfung des o.g. Potenzials könnte die Biogasproduktion in Deutschland von 75 TWh<sub>HS</sub> Ende 2012 um mindestens den Faktor 1,25 bis zum Faktor 1,8 bis 2020 zunehmen. Eine genaue Betrachtung der unterschiedlichen Potenziale verdeutlicht, dass ein relevanter Zubau ausschließlich auf der Basis von Energiepflanzen möglich ist und der Zusatzbeitrag der Erschließung von Abfällen und Reststoffen absolut und relativ zum energiepflanzenbasierten Beitrag vergleichsweise gering ist.

**Eine wesentliche Zunahme der Energiebereitstellung aus Biogas kann nur auf der Basis von Energiepflanzen erreicht werden. Auch die zusätzliche Erschließung bisher ungenutzter Reststoffe und Abfälle kann nur in einem geringen Umfang dazu beitragen. Damit hängt der Ausbau der Biogasproduktion und Nutzung im Wesentlichen von der zukünftigen Förderung der Nutzung von Energiepflanzen für die Biogasproduktion ab. Die ehemals in der Gasnetz-Zugangsverordnung genannten Ziele für den Ersatz von Erdgas durch Biogas scheinen durch den Ausbau der Biomethanproduktion nicht erreichbar zu sein.**