Dr. Michael Huber

Dossier: Biogas in der Energiewende

Inhalt

Zusammenfasung 2
Einleitung 2
Wie weit hat Biogas eine Zukunft und was können wir damit abdecken? 3
Welches Potenzial haben bislang ungenutzte organische Abfälle? 3
Energiepflanzenanbau ist umwelt- und klimaschädlich 4
Fragwürdiges Narrativ: Biogas löst das Gülle- und Mist-Problem aus der Massentierhaltung 5
Wie viel Fläche steht zur Verfügung und ist Biogas deshalb ausbaubar? 5
Die Wirtschaftlichkeit begrenzt den Einsatz von Abfall und Gülle für Biogas 7
Biogas aus Pflanzenanbau nur mit hoher Dauersubvention 8
Macht Flexibilisierung Biogas für Strom und Wärme zukunftssicher? 9
Praxisbeispiele: Statt Zubau sind Alternativen zu Biogas gesucht! 10
Die Rolle von THÜNEN, FNR, 3N und BEE 10
Was heißt also realistische Wärmeplanung in „Energiekommunen“? 12
Der zeitlichen und mengenmäßigen Begrenzung von Biomasse Rechnung tragen! 12
Wärmenetze mit ca. 90 % der Wärme aus Umweltwärme und EE-Strom planen! 12
Möglichkeiten der Abdeckung von Spitzenlast und Reservelast in CO2-freien Wärmenetzen 13
Quellen. 14
Aktuell in 2025 ausgewertete Quellen 14
In 2005 mit 2024 ausgewertete Quellen 17

Zusammenfasung

Biogas zur Energieversorgung ist, zumindest bei der Gewinnung aus Energiepflanzenanbau oder auch Gülle, klima- und umweltschädlich. Aufgrund fehlender Anbauflächen bzw. deren zukünftige Umwidmung auf Anbau von Nahrungsmittelpflanzen oder stofflich verwertbaren Pflanzen ist Biogas mengenmäßig begrenzt. Statt Ausweitung steht deshalb mittel- und langfristig sogar eine Reduktion der Biogaserzeugung an. Verglichen mit anderen Möglichkeiten der Energiegewinnung, wie z. B. Photovoltaik, ist Biogas energetisch extrem ineffizient. Seine Gestehungskosten sind sehr hoch und erfordern deshalb Dauer-subventionen, die bei einer Flexibilisierung der Stromgewinnung aus Biogas sogar noch ansteigen. Damit wird auch das Konzept billiger Abwärme aus Biogasanlagen zur Versorgung von Wärmenetzen obsolet. Insofern bietet der Einsatz von Biogas keine zukunftssichere Lösung für die kommunale Wärmewende. Bestenfalls kann Biogas in stark begrenztem Umfang, und auf voraussichtlich die nächsten 10 Jahre beschränkt, einen Beitrag zur Spitzenlast- bzw. Residuallastabdeckung in lokalen Wärmenetzen übernehmen.

Einleitung

Biogas galt schon länger – zurecht, wie wir noch sehen werden – als Auslaufmodell, wurde aber in Folge des Ukraine-Kriegs und auch unter der Devise „*Flexibilisiertes Biogas stabilisiert die Stromversorgung*“ wiederbelebt. Vor diesem Hintergrund wird Biogas im Rahmen des *Bioenergiedörfer-Konzepts* von der FNR und anderen Institutionen aktuell besonders massiv propagiert. Diese sogenannten „*Bioenergiedörfer*“ sollen sich energetisch „*überwiegend mit Biomasse*“ versorgen können. Seit der Waldinventur 2024 müsste aber eigentlich allen klar sein, dass Holz als Energieträger in Zukunft weitgehend ausfällt. Deshalb konzentriere ich mich in diesem Paper auf die Frage, wie weit Biogas – sozusagen „die andere Hälfte der Biomasse“– eine zukunftssichere Lösung für die Strom- und Wärmeversorgung sein kann.

Wie weit hat Biogas eine Zukunft und was können wir damit abdecken?

Welches Potenzial haben bislang ungenutzte organische Abfälle?

Soweit Biogas aus tatsächlich nicht anderweitig verwertbaren organischen Abfällen erzeugt wird, ist es sinnvoll dieses Biogas weiter zu nutzen und seine Erzeugung soweit möglich auszubauen.

Folgende Substratquellen und Substrat-Reserven gibt es (noch) dafür:

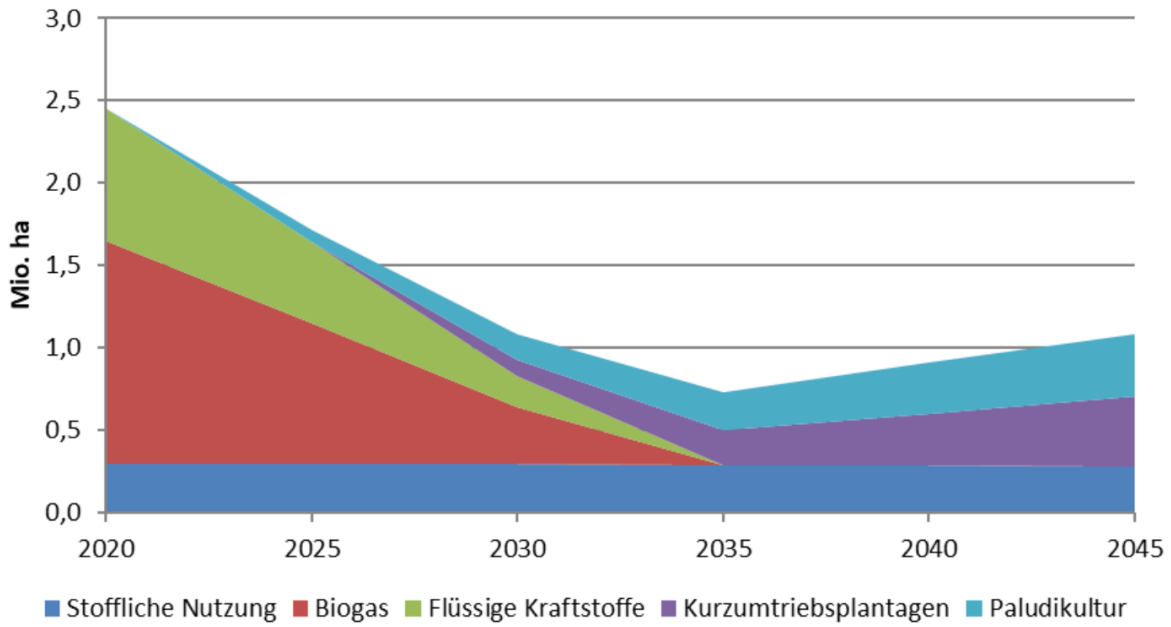
- **Klärschlamm** wird erst in 14 % der Abwasserkläranlagen zur Biogaserzeugung genutzt.
  Vorteil: Da für Klärschlamm eine Kosten verursachende Entsorgung Pflicht ist, wird diese Biogasgewinnung i. d. R. wirtschaftlich sein. Auch zur zukünftig vorgeschriebenen Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm ist die Biogasgewinnung voll kompatibel. Welches Potenzial da noch schlummert zeigt der Endbericht aus 2023 zu „Stromerzeugung aus Biomasse sowie Klär-, Deponie- und Grubengas“ von Fraunhofer IEE et al. oder auch das Fallbeispiel Kapfenberg.
- **Biogas aus anaerober Kompostierung von Biomüll** (von der Biotonne der Haushalte bis hin zu Feinschnitt aus Grünämtern etc.). Bislang wird Bioabfall meist aerob unter CO2-Emissionen kompostiert. Bei anaerober Kompostierung entsteht stattdessen Methan, das aufgefangen und genutzt werden kann. Der so erzeugte Kompost, der noch mehr „Nährwert“ hat als die Gärreste aus Biogasanlagen, kann dann der Landwirtschaft zum Humuserhalt und -aufbau zugeführt werden. (Wird z B. im LK Celle bereits gemacht).
- **Organische Abfälle in der Landwirtschaft stehen nicht wirklich zur Verfügung**.
  Sie sollten zum Humuserhalt und -aufbau möglichst direkt zurück auf das Feld. Der „Umweg“ über die Biogasanlage lässt im Gärrest zu wenig Nähr-Material für das Mikrobiom des Bodens. Und der „Umweg“ über die Biogasanlage ist unwirtschaftlich (s. dort!).

Fraunhofer et al. kommen in den Langfristszenarien T45 (*Rahmendaten zu Biomassepotenzialen und den Emissionen aus dem Landwirtschafts- und dem LULUCF-Sektor*) zum Ergebnis, dass wir auf jeden (!) Energiepflanzenanbau verzichten müssen:

„Für die Biogaspflanzen setzen wir diesbezüglich ein Auslaufen der Förderungen durch das EEG und damit einen Ausstieg aus der Biogaserzeugung aus NawaRo an.“

Übrigens prognostiziert dieses Langfrist-Szenario ein Biogas-Ende bereits bis 2035:

Abbildung 1 Entwicklung der NawaRo-Flächen und ihrer Nutzung [Mio. ha]



Grafik: aus Fraunhofer et al. Langfristszenarien T45 – Rahmendaten zu Biomassepotenzialen und den Emissionen aus dem Landwirtschafts- und dem LULUCF-Sektor.

- Wir müssen uns also auf anderweitig nicht nutzbare organische Abfälle beschränken.
- Nach den Langfristszenarien begrenzt das für Biogas zur Verfügung stehende Substratmaterial aus Abfällen den Biogasanteil in der Energieversorgung Deutschlands in 2045 auf 28 TWh/a, also auf eher weniger als ca. 3 %*. *(* Wenn wir von ca. 1200 TWh/a Endenergiebedarf ausgehen).*
- Die FNR will 2050 dagegen 11 %* oder sogar 23 %** des Energiebedarfs mit Biomasse abdecken. *(* → „BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND 2024; ** → „Bioenergiepotenzial 2050 - Was kann Bioenergie leisten?“)*
- Dabei werden laut FNR derzeit nur ca. 50 TWh/a (das BMWK sagt nur 30 TWh/a) der Endenergie in Deutschland durch Biogas – defacto überwiegend aus Energiepflanzenanbau – abgedeckt.

Energiepflanzenanbau ist umwelt- und klimaschädlich

- Ob Mais, Raps, Zuckerrüben oder z. B. Sonnenblumen, alle konventionell angebauten Pflanzen verringern durch den Pestizideinsatz die Artenvielfalt und die Herbizide belasten das Grund-wasser.
- Die Stickstoffdüngung belastet das Grundwasser mit Nitrat und setzt das Treibhausgas N2O (Lachgas) frei, das ca. 300-mal stärker als Treibhausgas wirkt als CO2. *(Weshalb z. B. Degussa, das Vorläuferunternehmen von EVONIK, bereits 2007 wieder aus Biodiesel ausstieg).*
- D. h. auch Umwelt- und Klimaschutz erfordern Einschränkung des Energiepflanzenanbaus.

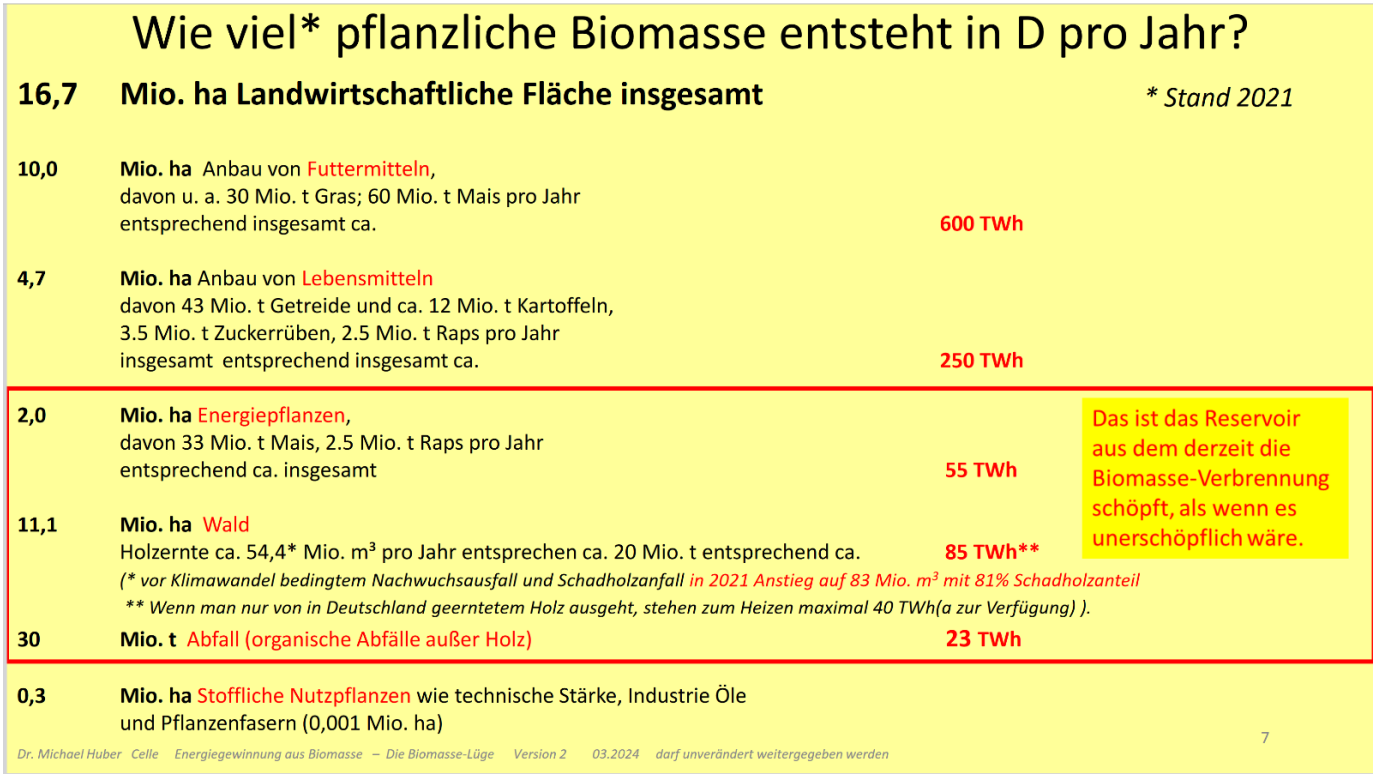
Fazit: Betrachtet man realistisch die gegenläufigen Ziele Abbau von Biogas aus NaWaRo und Umbau auf bzw. Zubau aus Abfällen, wird das Biogas-Potenzial in Zukunft nicht größer, sondern deutlich kleiner.

Fragwürdiges Narrativ: Biogas löst das Gülle- und Mist-Problem aus der Massentierhaltung

Die aus der Massentierhaltung anfallenden riesigen Mengen an i. d. R. Gülle sind regional ein großes Problem, da die direkte Ausbringung auf den Feldern einen wesentlichen Beitrag zur Verseuchung des Grundwassers mit Nitrat leistet. Angeblich soll der „Durchlauf“ von Gülle durch die Biogasanlage das Problem lösen.

- Da der hohe Stickstoffgehalt in der Gülle im Biogasreaktor nur z. T. abgebaut wird, tragen auch die Gärreste zur Grundwasserbelastung bei. So sagte das UBA bereits 2019: *„Zudem steigt die Belastung durch Gärreste aus der Biogaswirtschaft, die mittlerweile rund 15 Prozent der in der Landwirtschaft verwendeten Stickstoffmenge verursachen.“* FNR und Co. folgen da lieber den Alternativen Wahrheiten der Agrarlobbyisten wie Rukwied und Co. Und propagieren Gülle-vergärung.
- Zum Einsatz von Abfällen und Gülle als Gärsubstrat publizieren FNR und Co. übrigens geschönte Zahlen. Sie geben bestenfalls (meine regional erhobenen Zahlen widersprechen selbst dem) den absoluten Substrateinsatz an, aber nicht wie viel Biogas aus wie viel Gärsubstrat stammt.
- Da Gülle nur ca. 1/10 und Grünschnitt maximal 50 % Methan im Vergleich zu Mais liefern, setzen unsere regionalen Landwirte nach eigener Aussage bis zu ca. 90 % Mais und Zuckerrüben ein.
- **Fazit:** Abfälle und Gülle werden i. d. R. nur eingesetzt falls anderweitige Beseitigung Kosten verursachen würde, oder um für Gülleeinsatz 4 bis 7 Cent/kWh Strompreisaufschlag zu bekommen.
- Übrigens, Mist – im Idealfall eine Mischung aus Kot und Stroh – gehört zum optimalen Humuserhalt und Humusaufbau direkt auf das Feld.

Wie viel Fläche steht zur Verfügung und ist Biogas deshalb ausbaubar?



Quellen zu dieser Grafik: u. a. UBA, FNR, destatis

- Laut NABIS der Nationalen Biomassestrategie muss bis 2045 lt. den Langfristszenarien sogar bis 2035 der Energiepflanzenanbau auf null zurückgefahren werden.

- Das heute Biogas-Ausbau propagierende „Kompetenz“zentrum 3N warnte noch 2012: „Doch die landwirtschaftliche Fläche wird immer knapper und die Substratkosten steigen.“
- 2012 hatte Biogasstrom in NDS eine Gesamtleistung von 780 MW, also weniger als 1/6 der heutigen 5.9 GW.
- Folge war die Vermaisung der Landschaft. Allein im LK Celle wurden seitdem die Anbaufläche um 30 % erhöht. Wodurch die ursprünglich für Artenvielfalt vorgesehenen Brachflächen durch Düngung (→ Lachgas), Bewässerung und Pestizideinsatz zu Agrarwüsten wurden.

Und jetzt soll auch noch Biogas aus Stroh gemacht werden?

Warum spreche ich von „Lüge“? Erläutert am Beispiel Gold aus Stroh – einem modernen Energiewende-Märchen

In Deutschland fallen pro Jahr ca. 21 Mio. t Stroh an. Aus dieser Menge Stroh sollen …

- hochgedämmte Passivhäuser gebaut werden.
- in Heizkraftwerken Strom und Fernwärme gewonnen werden.
- Treibstoffe* gewonnen werden
  (Pkw-, Lkw- und Flugverkehr (ohne Schiffsverkehr) haben insgesamt einen Verbrauch von ca. 44 Mio. t Treibstoff pro Jahr. Aus 21 Mio. t Stroh lassen sich aber nur ca. 3 Mio. Treibstoff herstellen).* **Bei Einsatz der kompletten Strohmenge dafür könnten gerade 7 % des Treibstoffverbrauchs mit Stroh abgedeckt werden.**
- in der Chemischen Industrie Biokunststoffe daraus gemacht werden.

Ökologen sagen – und das wurde in den 60-er Jahren auch noch vom Bauernverband vertreten – das Stroh muss zum Humus-Erhalt und -Aufbau zurück aufs Feld.*

**Der Humusabbau auf den Agrarflächen liegt in Niedersachsen derzeit zwischen 0,25 kg und 5,0 kg pro m² und Jahr.*

Dr. Michael Huber Celle Energiegewinnung aus Biomasse – Die Biomasse-Lüge Version 2 03.2024 darf unverändert weitergegeben werden 3

Selbst die FLEXPERTEN wissen es eigentlich besser:

FL(EX)PERTEN NETZWERK FLEXIBILISIERUNG

* Muss alles möglichst direkt zurück aufs Feld

Biogaserzeugung: Steigerung ist möglich, auch ohne Mais!

Substrateinsatz	Mrd. m³ CH_4
Energiepflanzen	7,4
Wirtschaftsdünger	1,1
Bioabfall kommunal	0,5
Industrie - Reststoffe	0,4
Summe	**9,4**

Ungenutztes Potenzial	Mrd. m³ CH_4
Stroh	1,5 *
Wirtschaftsdünger (70 % Nutzung)	1,5 *
Zwischenfrüchte	6,3 *
Spreu	1,8 *
Rübenblatt	0,8 *
Wildpflanzen Stilllegungsflächen	3
Wildpflanzen Ausgleichsflächen, Bioabfall	?
Summe	**15**

- Es sind Substratpotentiale vorhanden, die aktiv erschlossen werden müssen.
- Ob ungenutztes Potential erschlossen wird, ist eine Frage der wirtschaftlichen Machbarkeit (Investitionen in neue Technik, F&E und Produktionskosten)

Noch unbestätigte Schätzungen!

das stimmt!

Netzwerk Flexibilisierung für KWK Seite 5

Auf der linken Seite der zitierten Folie aus einer Präsentation der FLEXPERTEN wird realistisch der Ist-Stand-des Substrateinsatzes dargestellt (mit ca. 80 % aus Energiepflanzenanbau, übrigens in eklatantem Widerspruch zu den Zahlen der FNR). Auf der rechten Seite werden „einfach aus dem Nichts“ zusätzliche Potenziale hochgerechnet, aber ehrlicherweise als „unbestätigte Schätzungen“ gekennzeichnet. Die roten Kommentierungen stammen vom Autor dieses Dossiers.

Die Wirtschaftlichkeit begrenzt den Einsatz von Abfall und Gülle für Biogas

- **Biogas aus anderweitig nicht verwertbaren Abfällen:**
  Müssten diese Abfälle anderweitig kostenpflichtig entsorgt werden (wie z. B. Klärschlamm!) oder müssten ohnehin kostenaufwändig „verarbeitet“ werden (wie die Kompostierung von Biomüll) ist in der Regel Biogasgewinnung eine wirtschaftlich und energetisch sinnvolle Alternative.
- **Biogas aus Gülle ist nur eine Notlösung:**
  Gülle hat wie gesagt, einen relativ geringen Methanertrag, schließlich haben Kuh, Schwein und Huhn schon viel Energie „rausgezogen“. Gülle wird punktuell nur da in größerem Maßstab für Biogas eingesetzt, wo eine anderweitige lokale Entsorgung (direkte Ausbringung aufs Feld) nicht möglich ist.
- **Gülle-Vergärung schützt nicht vor Überdüngung:**
  Auch der Gärrest kann wg. des hohen N-Gehalts bei Ausbringung auf die Felder zur Nitrat-Verseuchung des Grundwassers führen. (→ UBA)
- **Biogas in Niedersachsen kann als typisch gelten:**
  Niedersachsen liegt heute bezüglich der Leistung der Biogasanlagen mit 5,9 GW knapp hinter Bayern. Der Landkreis Celle steht mit über 70 Biogasanlagen auf Platz 8 in Niedersachsen und zählt auch in Deutschland zur Spitzengruppe. Deshalb dürfte die Situation im LK Celle aussagekräftig sein.
- **Realer Substrat-Einsatz im LK Celle:**
  Nach Angabe der Anlagenbetreiber werden zu 90 % Mais, Zuckerrüben, Raps und Getreidereste als Substrat eingesetzt, nur zu ca. 10 % Gülle. Das ist der optimale Kompromiss aus Gasertrag und Stromabnahmepreis, der durch den Güllezusatz von ca. 19 Cent/kWh auf ca. 24 Cent/kWh angehoben werden kann.
- **Nur in Gegenden mit Massentierhaltung evtl. (noch) höherer Gülleeinsatz:**
  In anderen besonders Gülle reichen Gegenden mag der Gülleanteil, größer sein, da sie aus der lokalen Massentierhaltung oft kostenlos angeliefert oder die Entsorgung in der Biogasanlage evtl. sogar bezahlt wurde.
- **Stickstoffdüngerpreise machen Gülle aktuell eher zu „teuer“:**
  Seit der Ukrainekrieg die Preise für Stickstoffdünger in die Höhe getrieben hat, wird wieder mehr Gülle direkt auf die Felder ausgebracht, was lokal z. T. zur Verknappung des Gülleangebots geführt hat.

Zwischen-Fazit zu Gülle:

Der umfangreiche oder gar gesteigerte Einsatz von Gülle in Biogasanlagen wird nur durch gleichbleibend hohe Dauersubvention umsetzbar sein.

Biogas aus Pflanzenanbau nur mit hoher Dauersubvention

- **Bis zu 34 Cent/kWh Substratkosten:**
  Selbst von Fraunhofer ISE (08.2024) werden immer noch völlig unrealistische Substratkosten von 8,8 Cent/kWh kolportiert, die auf völlig veralteten Daten beruhen. Die wirklich aktuellen Daten – realistischerweise auf den Gasertrag normalisiert – liegen laut den *Dienstleistungszentren Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz* (dlr-eifel.rlp.de) in 2024 zwischen „günstigsten“ 13 Cent/kWh für Silomais, 17 Cent/kWh für Grünschnitt und 34 Cent/kWh für Silphie.
- **Im LK Celle Substrat-Mix ca. 17 Cent/kWh:**
  Die regionalen Landwirte im LK Celle, sagen die Kosten für das Substrat sind so hoch, dass sie das Biogas vor Verstromung bereits 17 Cent/kWh kostet. Nur bei einem Stromabnahmepreis von mindestens 24 Cent/kWh könnten sie ihre Anlagen weiterbetreiben.
- **Biomethan ohne Dauersubvention wirtschaftlich uninteressant:**
  Für ins Gasnetz einspeisbares Biomethan müssten CO2 und Wasser komplett aus dem Biogas entfernt werden, d. h. zu den 17 Cent/kWh kämen erhebliche Kosten dazu.
- **Biomethanmarkt springt nicht an:**
  Die Ausschreibung der Bundesnetzagentur 2024 mit 21 Cent/kWh für Anlagen die Biomethan liefern, löste deshalb keinen Run aus. Die Pleiten im Biomethanhandel sprechen eigentlich für sich: Wer teuer einkauft, kann nur teuer verkaufen ...
- **Biogas aus konventionell angebauten Energiepflanzen:**
  Wie schon oben gesagt, bleibt das nur bei einem hochsubventionierten Stromabnahmepreis (um mindestens 24 Cent/kWh) wirtschaftlich attraktiv.
- **Auch „ökologischer“ Ersatz oft problematisch:**
  Monokulturen anderer Pflanzen statt Mais, wie z. B. Sonnenblumen oder Silphie sind ökologisch nicht zu haben. Sonnenblumen z. B. liefern zwar ca. 80 % des Gasertrags von Mais, sie lassen sich aber wegen des relativ hohen Düngebedarfs und ohne Pestizide und Herbizide (allein für Sonnenblumen bietet die BayWa 40 „Pflanzenschutz“-Produkte an) nicht vollbiologisch anbauen. Auch bei der vielgelobten Silphie scheint es nicht ohne Herbizide zu gehen und der Substratpreis ist doppelt so hoch wie bei Mais (siehe oben die Daten der dlr-eifel.rlp.de).
- **Gärsubstrat aus wirklich ökologisch angebauten Pflanzen unbezahlbar:**
  Es gibt allerdings inzwischen eine Mischung aus 28 Pflanzen, die sich vollbiologisch anbauen lässt, da sie praktisch wie Unkraut wächst. Sie liefert aber nur ca. 50 % an Gasertrag im Vergleich zu Mais, was sie unwirtschaftlich macht (siehe oben die Zahlen der dlr-eifel.rlp.de). Und zum Erhalt der bisherigen Biogasproduktion bräuchte man also die doppelte Anbaufläche um die Gasmenge zu halten, von einer Ausweitung der Biogasproduktion auf dieser Basis ganz zu schweigen.
- **Dauersubvention für Biogas fraglich:**
  Eine Dauersubvention wird sich keine Bundesregierung auf Dauer leisten können. Formal hat allerdings das BMEL der alten Bundesregierung die Förderung bestehender Anlagen nach Umstellung auf Flexibilisierung verlängert.

Macht Flexibilisierung Biogas für Strom und Wärme zukunftssicher?

- **Flexibilisierung nur mit zusätzlicher Subvention:**
  Doch die Vorgaben für eine Flexibilisierung und der Maisdeckel (der ja den Gasertrag senkt) lässt die Betreiber nach wie vor zweifeln. Schließlich müssen sie ja nicht nur zusätzliche Speicher, sondern auch zusätzliche BHKW zubauen. Ob das mit 2 Cent/kWh Zuschlag und 100 Euro pro kW Anlage-Leistung attraktiv ist, da haben auch einige Betreiber Zweifel, zumal der Maisdeckel die Wirtschaftlichkeit verschlechtert. Und wenn das alle Anlagen nutzen würden, wären das 0,65 Mrd. Euro/a an zusätzlicher Dauersubvention. Deshalb ist die Ausschreibung erstmal auf 2 Jahre und insgesamt 2.4 GW begrenzt.

- **Biogasanlagen als Wärmelieferant für Netze:**
  Der Hauptgrund für die Verabschiedung des „Gesetzes zur Änderung des EEG zur Flexibilisierung von Biogasanlagen und Sicherung der Anschlussförderung“ war der Umstand, dass schon jetzt die Wärmeversorgung aller mit Biogasanlagen versorgten Wärmenetze zusammengebrochen wäre. Daran sieht man, wie brüchig ein auf Dauersubvention bauendes Konzept ist.

- **Bisher günstige Biogas-Abfallwärme wird eventuell sehr teuer:**
  In 2016 kostete laut Fachverband Biogas FvB die Wärme aus subventionierten Biogasanlagen im Schnitt für die Wärmenetzbetreiber im Schnitt 2,6 Cent/kWh, bei gesicherter Wärmeversorgung 3.9 Cent/kWh bis 9 Cent/kWh. In 2024 betrug laut FvB der Abgabepreis aus subventionierten Anlagen im Schnitt sogar bereits ca. 5 Cent/kWh. Würden die mit Energiepflanzen betriebenen Anlagen nach Auslaufen der bisherigen Förderung ohne die neue Flexibilisierungs-Förderung weiterbetrieben, lägen die Wärmegestehungskosten bei ca. 12 Cent/kWh (lt. ifeu et al.).

- **Bedarfszeiten von Strom und Wärme passen nur bedingt zusammen:**
  Das Problem jeder kontinuierlich stromerzeugenden Biogasanlage ist es, dass i. d. R nur in den Wintermonaten ein voller Wärmeabsatz möglich ist. Laut einer Prognose von ARIADNE wird auch in Zukunft der Residual-Strom- und der Wärmebedarf nicht synchron sein. Was auch flexibilisierten Biogasanlagen als zuverlässiger Wärmelieferant für Wärmenetze Probleme bereiten wird.

- **Auch aus flexibilisierten Biogasanlagen ist die Wärme nicht zukunftssicher:**
  Die FLEXPERTEN rechneten (2022) mit ca. 10 Cent/kWh, was die Abgabe (!) der Abwärme für Wärmenetze aus flexibilisierten Biogasanlagen betrifft. Aber auf der Grundlage, dass diese Anlagen ihren Strom zu mindestens 30 Cent/kWh bis eher 40 Cent/kWh verkaufen könnten. Woher das Geld dafür – außer durch massivste Dauersubvention oder hohe Strom- und Wärmepreise – für die Endkunden kommen soll, bleibt ungeklärt. Hier muss man genau hinsehen, ob solch eine Wärmeversorgung vom Interesse der Allgemeinheit oder von der Agrarlobby her gedacht wird.

Praxisbeispiele: Statt Zubau sind Alternativen zu Biogas gesucht!

- **Unternehmen, das auf Erdgas-freie Produktion umstellen will, erklärt Einsatz von Biogas für abwegig:** Der Geschäftsführer eines lokalen Unternehmens, das gerade von Erdgas auf CO2-frei umstellt, antwortet auf die Frage, ob sie auch Biogaseinsatz erwogen hätten, denn es gäbe ja in der Umgebung sehr viele Anlagen. Biogaseinsatz sei völlig abwegig, da Biogasstrom und Biomethan viel zu teuer seien, sie bräuchten für ihr Unternehmen Energie für max. 6 Cent/kWh inklusive aller Steuern und Abgaben vor Maschine. Und überdies würden sie sich – um Ihr Unternehmen zukunftsfähig zu halten – nicht auf subventionierte Lösungen einlassen.
- **Bürgerenergie-Wärmenetz muss von Holzverbrennung und Biogas loskommen:**
  In einer Kommune des LK Celle, mit 75 % EFH-Bebauung und 1600 Einwohnern besteht seit 12 Jahren ein genossenschaftliches Wärmenetz mit 350 angeschlossenen Haushalten. Bislang wurde das Netz aus einer Hackschnitzel-Heizung und 2 Biogasanlagen gespeist. Aktuelles Problem: Der ursprünglich eingeplante lokale und regionale Waldrestholzvorrat ist weitgehend aufgebraucht und das Holz stammt inzwischen stark verteuert aus bis zu 120 km Entfernung. Und für die lokalen Biogasanlagen lohnt sich wohl keine Flexibilisierung.
- **Jetzt wird Ersatz von „Bioenergie“ durch Umweltwärme gesucht:**
  Wahrscheinlich wird es eine Erdwärmelösung sein (oberflächennah mit Großwärmepumpe oder mitteltief evtl. ohne Wärmepumpe). Dies wird nun allerdings – nach vielleicht nur ca. 15 Jahren Bioenergieeinsatz – eine immense Neu-Investition erfordern. Richtig ist, Stand der Technik 2011 wäre 90 % Umweltwärme für dieses Wärmenetz wohl noch keine Alternative gewesen. Aber ob diese Kommune beim Neuaufbau eines Wärmenetzes wieder auf Biomasse setzen würde, ist zu bezweifeln.
- **PV- oder Biogas?**
  Als beratendes Mitglied in den Klimaschutzausschüssen von Stadtrat und Kreistag Celle verfasste ich 2023 eine Stellungnahme zu PV-Freiflächenanlagen (u. a. Hinweis auf bis zu 30-mal höherer Energieertrag pro Hektar als Mais und prinzipiell als Biotop anlegbar).
- **Landwirt stellt von Biogas auf PV-Freiflächenanlage um:**
  In 2024 verkündete dann einer der größten Anlagen-Betreiber im LK die Einstellung seiner Biogas-anlage und des Maisanbaus dafür, und er errichte stattdessen eine PV-Freiflächenanlage.
  (--> Nicht jeder Landwirt läuft blindlings der Agrarlobby hinterher)
- **Flusswärme statt Biogas:**
  Statt mit Biogas plant dieser Landwirt als Bürgermeister seiner Gemeinde nun, das Wärmenetz in seinem Heimatort mit Flusswärme zu betreiben.

Die Rolle von THÜNEN, FNR, 3N und BEE

Bis auf den BEE, der sich über seine Mitgliedsverbände und Mitgliedsunternehmen finanziert, sind die anderen Institutionen über ihre Finanzierung letztlich von den Landwirtschaftsministerien und/oder der Agrarlobby abhängig, agieren also nicht interessenneutral.

- Der **BEE, der Bundesverband Erneuerbare Energien** vertritt im Prinzip alle Bereiche der erneuer-baren Energien. Allerdings sind im BEE alle Bereiche – unabhängig von ihrer realen Bedeutung für die Energiewende – „gleichberichtigt“ vertreten. So dass durch die Beteiligung des Fachverbands Biogas, der BEE in den letzten Jahren eine Schlagseite in Richtung von Biogas bekommen hat.

- Das **THÜNEN-Institut, als Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei** propagierte ebenfalls sehr lange Biogas, ist aber inzwischen skeptisch: *„Energie vom Acker: Mit Windkraft und Photovoltaik geht's am besten"* (05.2023). Bei energetischer Holznutzung ging THÜNEN bis 2018 noch von einer Steigerung aus. Inzwischen wird aber das aktuelle Waldsterben und der Waldzustand realistischer beurteilt. Allerdings ohne Handlungshinweise für Politik und Wirtschaft.
- **Welches Interesse kontrolliert die wissenschaftliche Evidenz, am Beispiel THÜNEN?** Kontrolliert wird THÜNEN von der Gesellschaft der Freunde des THÜNEN Instituts. Vorstand: Lorenz von Schintling-Horny, Liebenburg (Vorsitzender); Besitzer großer Wälder. Carsten Giffhorn, Sickte-Volzum, konventioneller Landwirt. Jörgen Hemme, Wedemark, konventioneller Großmilchbauer. Dr. Wolfgang Nehring, Beckendorf; Geschäftsführer der Nehring-Isermeyer GbR, Beckendorf, konventionelle Groß-Landwirtschaftsbetriebe. Jörg Vahlberg, Hedwigsburg, Geschäftsführer der Okermühle (für Weizen aus konventionellem Anbau). Dr. Andreas Quiring, Bonn; Direktor der Andreas Hermes Akademie (AHA) im Bildungswerk der Deutschen Landwirtschaft. Ehrenvorsitzender: Ulrich Dieckmann, Nienstädt, inzwischen verstorbener Inhaber der Saatzuchtanstalt Dieckmann. Eine Zusammensetzung, die erwarten lässt, dass THÜNEN nicht zum Vorreiter wird bei der für den Klimaschutz auch in Land- und Forstwirtschaft nötigen Wende hin zu Walderhalt statt Waldnutzung und hin zu ökologischer Acker- und Viehwirtschaft.
- **Die FNR, die Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe**, ist als direktes Anhängsel des BMEL sozusagen ein ausführendes Organ sowohl der Politik als auch der Agrar- und Forstwirtschafts-Lobby. Die FNR hat den offiziellen Auftrag den Einsatz von Biomasse zu fördern und nicht – wie es jetzt eigentlich ansteht – auf die Beschränktheit dieser Ressource hinzuweisen. Das zeigt sich z. B. an irreführenden Statistiken zu Biogas, in denen der mengenmäßige Substrat-Einsatz mit Gasertrag "verwechselt" wird. Womit suggeriert wird, Biogas entstünde vor allem aus Abfall. Auch bei Waldholz fungiert die FNR als Organ der Holzwirtschaft und ignorierte bis zum Erscheinen der Bundeswaldinventur (Herbst 2024) den Waldschwund. Obwohl man in den Tiefen des FNR-Archivs finden kann, dass auch die FNR wusste, dass bereits ab 2005 bis 2018 jährlich ca. 0,4 % des Walds abgestorben sind. Auch das zusätzliche Absterben von weiteren 5 % des Walds, allein von 2018 bis 2022, wurde von der FNR noch bis Herbst 2024 als „unerheblich" eingestuft".
- **3N,** das Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie, ist sozusagen die niedersächsische Variante der FNR.
- **Einfluss dieser Institutionen auf kommunale Klimaschutzkonzepte und Wärmeplanungen am Beispiel Klimaschutzkonzept der Stadt Celle.** Die mit dem Konzept beauftragte externe Agentur ließ sich gestützt auf Daten von FNR, BEE und 3N von der *Agentur für Erneuerbare Energien* das Biomasse-Potenzial für die Wärmeversorgung der Stadt Celle berechnen: *„Die Agentur für Erneuerbare Energien hat eine Auswertung der Bioenergiepotenziale für das Land Niedersachsen aufgestellt. Auf Basis der landwirtschaftlichen Fläche und unter Berücksichtigung der Viehhaltung wurden diese Ergebnisse auf die Stadt skaliert. Es ergibt sich ein technisches Brennstoffpotenzial von rund 68 GWh aus landwirtschaftlicher Biomasse (inkl. Stroh und KUP).*" Statt diesen fragwürdigen Daten und Einschätzungen zu folgen, und sämtliche Grün- und Brachflächen der Stadt mit Energiepflanzen zu bebauen, hat die Stadt Celle realistischerweise von sich aus Biogas und Holz aus der Wärmeplanung gestrichen. (Oberflächennahe, Mitteltiefe-Geothermie, Flusswärme und Abwasserwärme sind stattdessen die anvisierten Schwerpunkte).

Was heißt also realistische Wärmeplanung in „Energiekommunen“?

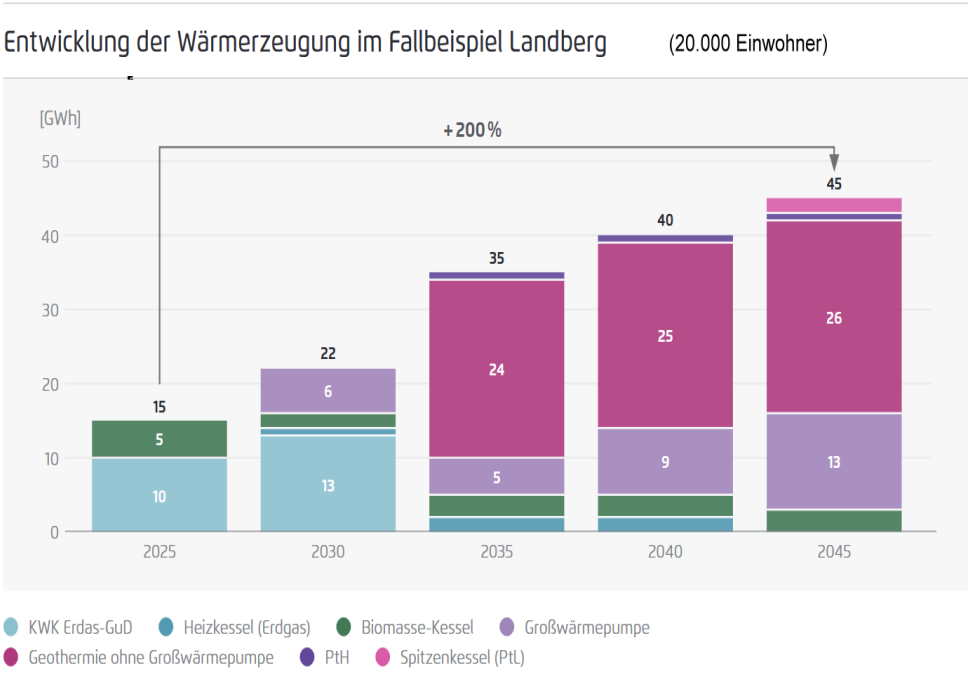
Der zeitlichen und mengenmäßigen Begrenzung von Biomasse Rechnung tragen!

- **Biomasse d. h. Waldrestholz oder Biogas** können, soweit noch lokale Ressourcen bestehen, – allerdings nur zeitlich und mengenmäßig begrenzt – für die lokale Energieversorgung insbesondere bei der Wärmeversorgung mit eingeplant werden.
- **Vorsicht:** Bei lokal noch vorhandenen größeren Bioenergie-Kapazitäten **erscheint (!) Biomasse derzeit oft noch als kostengünstige und deshalb als wirtschaftlichste Lösung**. Dies wird auch durch die zahlreichen (oft veralteten) Fall-Beispiele im Leitfaden "*Erneuerbare Energiekommunen*" der FNR suggeriert. Dies darf nicht zu kurzsichtigen Entscheidungen führen!
- Denn **schwindende Ressourcen beim Holz** und die nicht aufrecht zu erhaltende **Dauersubvention bei Biogas** machen den Biomasse-Einsatz mittel- und langfristig zur Sackgasse.

Wärmenetze mit ca. 90 % der Wärme aus Umweltwärme und EE-Strom planen!

- **Abfallwärme aus Abwasser** ist bei Nutzung des Nachklärbeckens vielerorts verfügbar. In Tübingen z. B. können bei einem Gesamtwärmebedarf von ca. 300 GWh/a in 2030 aus dem Abwasser der Kläranlage ca. 63 GWh/a (20 %) der Wärme gewonnen werden (eine HT-Wärmepumpe liefert mit COP von ca. 2,8 Heißwasser mit Temperaturen von 70 °C bis 90 °C).
- **Vorsicht, Abfallwärme aus Industrie und Gewerbe ist in vielen Fällen keine dauerhafte Lösung.** Bei Umstellung von Erdgas auf Strom fällt i. d. R. keine extern nutzbare Abwärme mehr an. Auch gehen viele Unternehmen dazu über, ihre bislang ungenutzte Abwärme mit Hilfe von Hochtemperatur-Wärmepumpen firmenintern im Kreislauf zu führen.
- **Vorrangig muss Umweltwärme für die Gebäudeheizung genutzt werden:** Erdwärme als oberflächennahe, mitteltiefe oder tiefe Geothermie, Flusswärme, Luftwärme, Solarthermie, je nach nutzbarem Temperaturniveau in Kombination mit Groß-Wärmepumpen.

So sieht das (12.2024) auch AGORA in „*Wärmenetze – klimaneutral, wirtschaftlich und bezahlbar*“:



Agora Energiewende, Prognos, GEF (2024)

Möglichkeiten der Abdeckung von Spitzenlast und Reservelast in CO2-freien Wärmenetzen

Wenn die Wärmenetze nur über Wärmepumpen versorgt werden, kann es an kalten Wintertagen zu Situationen kommen, wo die Leistung der Wärmpumpe bzw. der Wärmequelle nicht ausreicht. Auch bei Ausfall der Wärmepumpen muss ggfs. eine Notfall- bzw. Reservewärmequelle vorhanden sein.
Dafür gibt es mehrere Lösungen:

- **Bestehendes Erdgas-BHKW für Teillast weiternutzen**: Wird ca. 90 % der Gesamtjahreswärmemenge aus Umweltwärme gewonnen, kann das BHKW zunächst den Spitzenlastbereich abdecken oder als Notreserve fungieren. Allerdings ist ab ca. 2035 damit zu rechnen, dass kein Erdgas mehr verfügbar ist. (Durch den Aufbau des Wasserstoffkernnetzes unter Nutzung wesentlicher Teile des Erdgasnetzes fällt die Erdgasversorgung bis ca. 2035 völlig aus).
- **Bestehende Biogasanlagen ggfs. für Teillast weiternutzen:** Besteht noch eine durch Subventionen abgesicherte Restlaufzeit von ca. 10 Jahren, erscheint – wie für die Erdgas-BHKW erläutert – eine Einplanung für Spitzenlast und Notreserve sinnvoll. Selbst wenn die Biogaspotenziale derzeit lokal verfügbar sind, birgt ein größerer Anteil von Biogas bezüglich der Wärmekosten mittel- und langfristig absehbare Risiken.
- **Erdgas und/oder Biogas durch Wasserstoff ersetzen?** Theoretisch bestünde die Alternative das Wärmenetz zunächst mit bis zu 100 % Biogas zu betreiben. Und später das Biogas durch aus Stromüberschüssen lokal erzeugten und zwischengespeicherten Wasserstoff zu ersetzen. Allerdings liegen die Systemkosten (PM-Elektrolyseur*, Anschlusskosten, Elektronik und Gleichrichter) bei kleineren Anlagen noch bei über 1500 Euro/kW. Dazu kommen die Kosten für den Wasserstoff-Speicher und die Umrüstung auf ein H2-kompatibles BHKW. *(* Kostengünstigere Alkalische Elektrolyseure erscheinen für kleinere flexibel betreibbare Anlagen eher ungeeignet. Nur PEM-Elektrolyseure lassen sich leistungsflexibel betreiben und blitzschnell hoch- und runterfahren).*
- **Power-to-Heat ist absehbar die kostengünstigste Lösung.** Power-to-Heat-Kessel liegen bei ca. 100.000 bis 150.000 Euro/MW und ein zusätzlicher Wasser-Wärmespeicher liegt bei ca. 10.000 bis 15.000 Euro/MWh. Mit einem Power-to-Heat Kessel lässt sich ggfs. die Spitzenlast abdecken. Je nach Größe des Wärmespeichers – mit Billigstrom in Stromüberschusszeiten aufgeladen – lassen sich bei Strommangel zwischen ca. 2 h und 16 h ohne Stromverbrauch überbrücken. Bei entsprechender Dimensionierung des Power-to-Heat-Kessels kann dieser ggfs. auch die Wärmeversorgung bei Ausfall einer Wärmepumpe übernehmen.

Weitere Informationen zum Aufbau weitestgehend verbrennungsfreier Wärmenetze in ländlichen Kommunen findet man auch in Clausen, J.; Huber, M.; Ehrhardt, H.; Jordan, U. (2024): *„Wärmewende auf dem Dorf*: *Zukunftsfähige Wärmeversorgung in ländlichen Gemeinschaften“*, Policy Paper der Scientist for Future, https://info-de.scientists4future.org/waermewende-auf-dem-dorf/

Mein besonderer Dank gilt meinen S4F-Kollegen Dr. Thomas Seifert und Dr. Jens Clausen, die dieses Paper kritisch lektorierten.

Quellen.

Seit 2005 recherchiere ich die Erzeugung und den Einsatz von Biogas bezüglich der Auswirkung auf Umwelt und Klima aber auch bezüglich der Wirtschaftlichkeit. Das Ergebnis der Auswertung von 158 Quellen präsentierte ich u. a. in Vorträgen beim *VDI* („Biomasse – Ein Sargnagel für den Weg zu CO2-Null?“ in 2021) oder bei *Wärme vor 12* („Die Biomasse Lüge“ in 2023). Für das vorliegende Kurzdossier habe ich zusätzlich über 60 weitere Quellen ausgewertet.

Die Aussagen in den verschiedenen Kapiteln beinhalten zusammengefasste Daten und Einschätzungen aus bis zu 10 Quellen pro Absatz, weshalb ich auf eine detaillierte Zuordnung im Text verzichtet habe. Nur bei besonders „strittigen“ Aussagen habe ich die Quellen im Text jeweils explizit benannt.

Ich versichere, dass ich bezüglich der im Dossier gemachten Aussagen keinerlei persönliche Interessen oder Vorlieben habe und völlig unabhängig von Auftraggebern, Verbänden oder Parteien bin.

Aktuell in 2025 ausgewertete Quellen

1. *Ahnsbeck nimmt Energiewende selbst in die Hand; KomunalTechnik 06/2012; http://www.taalke-nieberding.de/pdfs/Ahnsbeck.pdf*
2. *Aktuelle Maßnahmen zur Gasversorgung; (07.07.2022); Brief von Robert Habeck an die Landesminister; https://assets.ctfassets.net/mj324dykhxwi/3w3Yas1DBiokRCR3PYaDAx/36cc55fe17b273b90c1c80c560ff5499/BM-Schreiben_an_Landesminister_f__r_Energie_und_Wirtschaft.pdf;*
3. *Analyse des wirtschaftlichen Potenzials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung – Beitrag zur Berichtspflicht EnEff-RL; (2021); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-des-wirtschaftlichen-potenzials-fuer-eine;*
4. *Auf dem Weg zur Gigawatt-Industrie – Fraunhofer ISE liefert detaillierte Kostenanalyse für Wasserelektrolyse: (02,2022); Fraunhofer ISE; https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/presseinformationen/2022/0322_ISE_d_PI_Studie_Kostenvergleich_Elektrolyse.pdf;*
5. *BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND 2024; (2023); FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2023/Mediathek/Broschuere_Basisdaten_Bioenergie_2023_web.pdf;*
6. *BASISDATEN WALD UND HOLZ 2025; (2025); FNR; https://mediathek.fnr.de/basisdaten-wald-und-holz.html;*
7. *Bioenergiepotenzial 2050 - Was kann Bioenergie leisten?; (Stand 02.2025); https://bioenergie.fnr.de/bioenergie/biomasse/biomasse-potenziale;*
8. *Biogas in Niedersachsen – Inventur 2021; (2023); 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie; https://www.3-n.info/media/4_Downloads/pdf_WssnSrvc_Srvc_Biogas_BiogasinventurNiedersachsen2021.pdf;*
9. *Biogas und Abwärme: Die Potenziale von Kläranlagen ganz ausschöpfen – Am Beisoie Kapfenberg; (05.2022); ingenieur.de; https://www.ingenieur.de/fachmedien/vdi-energie-umwelt/energie-vdi-energie-umwelt/special-erneuerbare-energien-klimaschutz/biogas-und-abwaerme-die-potenziale-von-klaeranlagen-ganz-ausschoepfen/;*
10. *Biogasanlagen verkaufen Wärme zu günstig; (11.2016); topagrar; https://www.topagrar.com/energie/news/biogasanlagen-verkaufen-waerme-zu-guenstig-9591234.html;*
11. *Biogasausbeuten verschiedener Substrate; (Stand 02.2025); Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft – LfL; https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/;*
12. *BIOGAS-MESSPROGRAMM III; (2021); FNR; https://mediathek.fnr.de/biogas-messprogramm-iii.html;*
13. *Biogaswende! – Regenerative Speicherkraftwerke im Focus der Politik; (12.2024); Uwe Welteke-Fabricius; DIE FL(EX)PERTEN Online Vortrag zur Zeit nicht downloadbar;*
14. *Biomasse-Paket: BMEL sichert Förderung für bestehende Biogasanlagen; (02.2025); https://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/biomasse-paket-bmel-sichert-foerderung-fuer-bestehende-biogasanlagen;*
15. *BIOMASSEPOTENZIALE VON REST- UND ABFALLSTOFFEN – Status quo in Deutschland; (2015); FNR; https://mediathek.fnr.de/band-36-biomassepotenziale-von-rest-und-abfallstoffen-status-quo-in-deutschland.html;*
16. *Cost Forecast for Low Temperature Electrolysis -Technology Driven Bottom-Up Prognosis for PEM and Alkaline Water Electrolysis Systems; (2021); Fraunhofer ISE; https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/catf.html;*
17. *DBFZ Resource Database; (Stand 02.2025); https://datalab.dbfz.de/resdb?lang=de;*

18. *EEG-Entwurf gibt kein Signal für die Fortentwicklung der Bioenergie; PM; (01.09.2020); Deutscher Bauerverband DBV; u. a. Rukwied zu „klimafreundlicher“ Gülle; https://www.bauernverband.de/fileadmin/user_upload/dbv/pressemitteilungen/2020/KW_30_bis_KW_52/KW_36/2020_-144_PM_EEG.pdf;*
19. *Energie vom Acker: Mit Windkra und Photovoltaik geht’s am besten; (05.2023); THÜNEN; https://www.thuenen.de/de/newsroom/presse/aktuelle-pressemitteilungen/detailansicht/default-443e059cd7;*
20. *Energiezukunft Fuchstal – Batteriespeichersystem & Power-to-Heat-Modul; (Stand 02.2025); Ingenieur Büro Sing; https://www.ib-sing.de/energiezukunft-fuchstal/;*
21. *ERNEUERBARE-ENERGIEKOMMUNEN – Leitfaden für eine nachhaltige Energieversorgung in Dörfern und Städten; (2024); FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2024/Mediathek/Leitfaden_EE-Kommunen.pdf;*
22. *FAKTENBLATT POWER-TO-HEAT; (2014), IHK Hessen; https://www.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/3106660/f73eb1ec191daadb2c27dbd419fa1efd/faktenheft-power2heat-data.pdf;*
23. *Flexibilität im deutschen Energiesystem bis 2045; (02.2024); Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam; https://ariadneprojekt.de/media/2024/02/Ariadne-Analyse_FlexibilitaetEnergiesystem_Februar2024.pdf;*
24. *Flexibilität im deutschen Energiesystem bis 2045; (2024); ARIADNE; https://ariadneprojekt.de/media/2024/02/Ariadne-Analyse_FlexibilitaetEnergiesystem_Februar2024.pdf;*
25. *Gesetz zur Änderung des EE-Gesetzes zur Flexibilisierung von Biogasanlagen und Sicherung der Anschlussförderung beschlossen; (02.2025); BDEW; https://www.bdew.de/energie/bundestag-hat-biogaspaket-verabschiedet/;*
26. *GROSSWÄRMESPEICHER – ZENTRALER BAUSTEIN EINER FLEXIBLEN STROM- UND WÄRMEVERSORGUNG; RENEWS Spezial; (2017); Agentur für Erneuerbare Energien; https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/1201.80_Renews_Spezial_Waermespeicher_Jul17.pdf*
27. *Habeck bricht sein Versprechen: Keine Zukunftsperspektive für die Biogasbranche mit dem "Biogas-Paket"; (12-2024); Fachverband Biogas; https://www.biogas.org/meldung/habeck-bricht-sein-versprechen-keine-zukunftsperspektive-fuer-die-biogasbranche-mit-dem-biogas-paket*
28. *JAHRESBERICHT 2023/2024 – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe; (02.2025); FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2024/Mediathek/Jahresbericht-2023-24-1.pdf;*
29. *Kalkulationsmuster Nachwachsende Rohstoffe für Biogasproduktion; (Stand April 2024); Dienstleistungszentren Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz; https://www.nawaro.rlp.de/Internet/global/Themen.nsf/c65d6e4ea273f781c125804900509224/eec1b5aef8ec06cdc125770a00275ee5/$FILE/Kalkulationsbeispiele_Kulturen_APRIL_2024.pdf;*
30. *Küstenkraftwerk K.I.E.L. – Kiels intelligente Energie-Lösung; (12.2016); https://www.stadtwerke-kiel.de/fileadmin/user_upload/Medien/Dokumente/Publikationen/stadtwerke-kiel-unternehmensbroschueren-kuestenkraftwerk-kiel.pdf;*
31. *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3 – T45 Welten: Rahmendaten zu Biomassepotenzialen und den Emissionen aus demLandwirtschafts- und dem LULUCF-Sektor; (2023); Fraunhofer ISE; https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS-3_T45_Bericht_Biomassepotenziale_20230724_o.Ae_.pdf;*
32. *LEITFADEN BIOGAS – Von der Gewinnung zur Nutzung; (2016); FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Leitfaden_Biogas_web_V01.pdf;*
33. *Nahwärmenetz Heimenkirch Ortsmitte; Investitionskostenaufstellung; (Stand 2024); https://www.heimenkirch.de/de/unsere-heimatgemeinde/unser-ort/nahwaermenetz;*
34. *Neue Speicher für die Energie Wende; (03.2022); Jörg Sundermeyer Philipps Universität Marburg; Vortrag in Heuchelheim; https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.uni-marburg.de%2Fde%2Ffb15%2Farbeitsgruppen%2Fanorganische_chemie%2Fag-sundermeyer%2Flehre%2Ffiles%2Fspeicherwende.pdf%2F%40%40download%2Ffile%2FSpeicherwende.pdf&psig=AOvVaw2pN0lROkFIs22b0WIMTuYs&ust=1740306498838000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAYQrpoMahcKEwiqtKCMideLAxUAAAAAHQAAAAQBA;*
35. *Neuer Wärmespeicher ist ein wichtiger Beitrag für den Klimaschutz; (14.01.2016); Stadtwerke Potsdam; https://www.swp-potsdam.de/de/stadtwerke-potsdam/pressemeldungen/neuer-w%C3%A4rmespeicher-ist-ein-wichtiger-beitrag-f%C3%BCr-den-klimaschutz.html;*
36. *Niedersachens Biogaserzeugung stößt an Grenzen; (05.12.2012); agrarheute; https://www.agrarheute.com/energie/strom/niedersachens-biogaserzeugung-stoesst-grenzen-467361;*
37. *Notwendigkeiten und Hindernisse der Güllevergärung in Niedersachsen; (2021); LEE Landesverband Erneuerbare Energien Niedersachsen / Bremen; https://www.lee-nds-hb.de/wp-content/uploads/2021/04/2021-04-15-Gaerrestlagerung-1.pdf;*
38. *Nutzung von Abwasserwärme im Ablauf kommunaler Kläranlagen als Potenzial für die Wärmewende; (2022) ifeu; https://izes.eu/wp-content/uploads/BMWK-Fachtagung2022_14_Bloemer.pdf;*

39. *Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern; (2014); FNR; https://mediathek.fnr.de/potenzialatlas-bioenergie-in-den-bundeslandern.html;*
40. *Power-to-Heat in Fernwärmenetzen zur Entlastung des Übertragungsnetzes; (2020); Forschungsstelle für Energiewirtschaft München; https://smartgrids-bw.net/public/uploads/2022/06/26_FFE_Power-to-Heat_in_Fernwaermenetzen_TLPwhite.pdf;*
41. *Power-to-Heat Projekt Fuchstal; (Stand 02.2025); ELWA; https://www.elwa.com/de/2021/08/p2h-projekt-fuchstal/;*
42. *Preise für die Abgabe von Wärme aus Biogasanlagen Aufsatz an Dritte; Hochschule für Wirtschaft und Umwelt (HfWU); (2018); https://www.hfwu.de/fileadmin/user_upload/ISR/Bilder/Dokumente/Publikationen_Herbes/2018-02-01_Agrarbetrieb_Herbes-et-al.pdf;*
43. *Preise für Elektrolyseure – Was Sie erwartet; (Stand 02.2025); Alibaba; https://reads.alibaba.com/de/electrolyzer-prices-what-to-expect/;*
44. *Ranking: Hier stehen die meisten Biogasanlagen; (2016), agrarheute; https://www.agrarheute.com/energie/gas/ranking-stehen-meisten-biogasanlagen-525629;*
45. *Sondergebiet Biogas-Gemeinschaftsanlage; Stand 02.2025); Gemeinde Fuchtal; https://vgem-fuchstal.de/bauleitverfahren-vg/sondergebiet-biogas-gemeinschaftsanlage/;*
46. *Speicherkraftwerke [BHKW] als flexible Reaktion auf die Anforderungen des Strommarkts; (Stand 02.2025); Energethik Ingenieurgesellschaft; https://energethik-ingenieure.de/speicherkraftwerke-als-flexible-reaktion-auf-die-anforderungen-des-strommarkts/;*
47. *Stadtwerke Erfurt & 50Hertz bauen 20-MW-PtHAnlage; (04.2023), ZfK; https://www.zfk.de/energie/waerme/stadtwerke-erfurt-50hertz-bauen-20-mw-pth-anlage;*
48. *Stadtwerke Leipzig bauen thermischen Speicher in der Arno-Nitzsche-Straße; (05.2014); https://www.pressebox.de/pressemitteilung/stadtwerke-leipzig-gmbh/Stadtwerke-Leipzig-bauen-thermischen-Speicher-in-der-Arno-Nitzsche-Strasse/boxid/679662;*
49. *Stand und Perspektiven der Biogaserzeugung aus Gülle; (2019), DBFZ; https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Broschueren/Broschuere_Peggue.pdf;*
50. *Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft seit 20 Jahren zu hoch; (2019);UBA; https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/stickstoffueberschuss-der-landwirtschaft-seit-20;*
51. *Stromerzeugung aus Biomasse sowie Klär-, Deponie- und Grubengas; in Endbericht Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz; (08.2023); Fraunhofer IEE, DBFZ und EWE i Auftrag BMWK; https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/erfahrungsbericht-biomkdg-230818.pdf?__blob=publicationFile&v=2;*
52. *Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien ; (07.2024); Fraunhofer ISE; https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html;*
53. *Themenportal Bioenergie-Kommunen; (Stand 02.2025); FNR; https://bioenergiedorf.fnr.de/;*
54. *TRANSFORMATIONSPLAN; (2024), Stadtwerker Flensburg; https://www.stadtwerke-flensburg.de/fileadmin/user_upload/PDFs/1.3_Foerdepost/Expertengremium_Trafoplan.pdf;*
55. *Transformationsstrategien Fernwärme, (2013); AGFW; https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Endbericht_Transformationsstrategien_FW_IFEU_GEF_AGFW.pdf;*
56. *Wärmenetze – klimaneutral, wirtschaftlich und bezahlbar; (2024); Agora Energiewende, Prognos, GEF; https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-18_DE_Business_Case_Waermenetze/Praesentation_Business_Case_Waermenetze_18092024.pdf;*
57. *Wärmenetzsysteme 4.0 – Endbericht; (2017); ifeu, adelphi, Ecofys, PwC, dena, AEE; https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/W%C3%A4rmenetze-4.0-Endbericht-final.pdf;*
58. *Wärmenutzung an Biogasanlagen in Niedersachsen – STATUSBERICHT; (2018);); 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie; https://www.3-n.info/media/4_Downloads/pdf_WssnSrvc_Srvc_Biogas_Waermenutzung_Bericht_2018.pdf;*
59. *Wärmewende mit Biogas in Kommunalen Wärmenetzen; (2024); Fachverband Biogas FvB; https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Fachgespraeche/Biogas-Fachgespraeche/Vortraege/BGFG2024-02_28.02.2024/BGFG2024_Baumstark_print.pdf;*
60. *Was ist ein Bioenergiedorf?; (Stand 02.2025), FNR; https://bioenergiedorf.fnr.de/bioenergiedoerfer/was-ist-ein-bioenergiedorf;*
61. *WEHAM – Szenarien der stofflichen und energetischen Holzverwendung; (2017)MK Fortspraxis; https://www.weham-szenarien.de/fileadmin/weham/Ergebnisse/AFZ_13_17_3_Szenarien_der_stofflichen_und_energetischen_Holzverwendung.pdf;*
62. *WEHAM-Szenarien – Ergebnisse; (2017); Fortstpraxis; https://www.weham-szenarien.de/fileadmin/weham/Ergebnisse/AFZ_13_17_2_Ergebnisse_und_Bewertung_der_alternativen_WEHAM-Szenarien.pdf;*

63. *WEHAM-Szenarien – Nachhaltigkeitsbewertung alternativer Waldbehandlungs- und Holzverwendungsszenarien unter besonderer Berücksichtigung von Klima- und Biodiversitätsschutz;(2017); THÜNEN et al.; https://www.weham-szenarien.de/;*
64. *Wie viel EEG braucht Biogas überhaupt noch?; (08.2022); FLEXPERTEN; https://www.kwk-flexperten.net/wie-viel-eeg-braucht-biogas-%C3%BCberhaupt-noch;*
65. *Wildpflanzenmischungen für die Biogasanlage – Was konventionelle Landwirte heute schon tun können, um die Biodiversität in der Agrarlandschaft zu fördern; (Stand 02.2025); Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG); https://www.lwg.bayern.de/landespflege/natur_landschaft/227295/index.php;*
66. *Zukunftstechnologie Wärmespeicher; (Stand 02.2025); Leipzoger Stadtwerke; https://www.l.de/stadtwerke/erzeugung/waermespeicher/;*

In 2005 mit 2024 ausgewertete Quellen

1. *1515 Gigawattstunden Strom aus Klärgas im Jahr 2019 erzeugt; destatis; https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/08/PD20_310_433.html;*
2. *2003 bis 2008 Anbauflächenausweitung von Mais für Biogas auf das 2,5-fache im LK Celle; Kreistagsprotokoll; im Archiv des Autors;*
3. *Agrarstrukturerhebung (ASE) 2016; Landesamt für Statistik Niedersachsen; https://www.statistik.niedersachsen.de/download/156328;*
4. *Aktuelle der Düngung mit Biogasgärresten auf die Bodentiere; (2015); Biogasforum Bayern; https://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0001/Auswirkung-der-Dungung-mit-Biogasgarresten-auf-die-Bodentiere.pdf*
5. *Aktuelle Entwicklung und Perspektiven der Biogasproduktion aus Bioabfall und Gülle – Abschlussbericht; (2019); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktuelle-entwicklung-perspektiven-der;*
6. *ANBAU UND VERWENDUNG NACHWACHSENDER ROHSTOFFE IN DEUTSCHLAND; (2021); FNR; https://mediathek.fnr.de/anbau-und-verwendung-nachwachsender-rohstoffe-in-deutschland.html;*
7. *Anlagenbestand Biogas und Biomethan – Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland; (2017); DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum; nicht mehr zum Download angeboten;*
8. *Anteil am Energie- und am erneuerbaren Energiemix der EU im Jahr 2020; Daten von Eurostat in „Holz im Feuer: Wie viel Biomasse verträgt die EU?“ in NZZ vom 15.04.2023; https://www.nzz.ch/wirtschaft/holz-im-feuer-wie-viel-biomasse-vertraegt-die-eu-ld.1733376;*
9. *Anteil des Wärmeverbrauchs am Endenergieverbrauch 2008 und 2021; (2023); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/bild/anteil-des-waermeverbrauchs-am-endenergieverbrauch;*
10. *Auf gutem Grund – Ein Aktionsprogramm zum Schutz der Böden in Niedersachsen; (2020); https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/boden/aktionsprogramm_boden/boeden-und-bodenschutz-194720.html;*
11. *Ausgewählte Herbizide zur Unkraut- und Ungrasbekämpfung in Mais 2023; Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion ISIP; https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/9128/5571375bd71c6404a7551f2384c76279/wirkungsspektren-der-maisherbizide-data.pdf;*
12. *BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND 2022; FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2022/Mediathek/broschuere_basisdaten_bioenergie_2022_06_web.pdf;*
13. *Bei Mais die Düngung richtig berechnen; (2016), LfL; https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/stickstoffduengung_mais_2016.pdf;*
14. *Bernard Jeangros, Numa Courvoisier; Optimale Fruchtfolgen im Feldbau; (2019); Agrarforschung Schweiz; https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2019_0708_2488.pdf ;*
15. *Bettina Steiniger, Johannes Blattenberger, Christian Hubert, Jörg Kretzschmar, Stefan Einsiedel, Markus Heinrich, Konstantinos Athanasiadis, Christian Schaum; Flexibilisierung von Faulungs- und Biogasanlagen – Identifikation von Gemeinsamkeiten und Unterschieden; (2022); Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2022 (69) · Nr. 10; https://www.unibw.de/wasserwesen/swa/aktuelle-nachrichten/flxsynergy-workshop_ka_10_22-2.pdf ;*
16. *Bioabfallkomposte und -gärreste in der Landwirtschaft; (2017); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/170131_uba_pos_bioabfall_bf.pdf;*
17. *Biogas – Faustzahlen; (2023); FNR; https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen;*
18. *Biogas – Strompreis-Deckel: Celles Bundespolitiker sind sich uneins; (04.11.2022); Cellesche Zeitung; https://www.cz.de/celler-land/celle/biogas-strompreis-deckel-celles-bundespolitiker-mit-unterschiedlichen-meinungen;*

19. *Biogas in der Landwirtschaft – Leitfaden für Landwirte und Investoren im Land Brandenburg; (2006); Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg; https://docplayer.org/12218224-Biogas-in-der-landwirtschaft-leitfaden-fuer-landwirte-und-investoren-im-land-brandenburg.html;*
20. *Biogas in Niedersachsen – Inventur 2014; (2014); 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe; https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/92260/Biogas_in_Niedersachsen_-_Inventur_2014_November_2014_.pdf;*
21. *Biogas in Niedersachsen Inventur 2021; (2023); 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe; https://www.ml.niedersachsen.de/download/193408;*
22. *Biogas market data in Germany 2021/2022; Fachverband Biogas; https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/de_branchenzahlen;*
23. *Biogas nur aus Gülle und Mist; (28.02.2014); Südwest Presse; nur noch im Archiv des Autors;*
24. *Biogas: Landwirte aus Kreis Celle kritisieren Strompreis-Deckel; (27.10.2022); Cellesche Zeitung; https://www.cz.de/celler-land/celle/rueckwirkende-abschoepfung-landwirte-aus-kreis-celle-kritisieren-preisdeckel-bei-biogas-verstromung;*
25. *Biogas; (2022): BMEL; https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioeokonomie-nachwachsende-rohstoffe/biogas.html;*
26. *Biogas; (2023); Bundesnetzagentur; https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/NetzzugangMesswesen/NetzzugangGas_KOV/Biogas/start.html;*
27. *Biogas; (2023); wikipedia;*
28. *Biogasanlagen müssen sicherer und emissionsärmer werden; (2019); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/themen/biogasanlagen-muessen-sicherer-emissionsaermer;*
29. *Biogasanlagen: Gülle hat Potenzial; (2021); agrarheute; https://www.agrarheute.com/energie/gas/biogasanlagen-guelle-hat-potenzial-578867;*
30. *Biogasanlagen: Planungssicherheit über 2022 hinaus gefordert; (2020); topagrar online; https://www.topagrar.com/suedplus/news/biogasanlagen-planungssicherheit-ueber-2022-hinaus-gefordert-12335732.html;*
31. *Biogasanlagen; (2015); Bayerisches Landesamt für Umwelt; https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/fachwissen/319/biogasanlagen;*
32. *Biogaserzeugung und -nutzung: Ökologische Leitplanken für die Zukunft – Vorschläge der Kommission Landwirtschaft beim Umweltbundesamt (KLU); (2013); https://www.energie-mensch-natur.de/images/Biogas%20UBA.pdf;*
33. *Biogashandbuch Bayern – Materialienband, Kap. 2.1, Stand Juni 2016; https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/fachwissen/319/biogasanlagen;*
34. *Biogas-Hanf; (2023); Knapkon; https://biogashanf.de/;*
35. *Biogas-Hotspot & Mais im Landkreis Celle; (2020); Climate Watch Celle; https://www.climate-watch-celle.de/index.php/naturschutz/41-biogas-hotspot-mais-im-landkreis-celle;*
36. *biogaspartner – gemeinsam einspeisen; (2019); dena; https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/biogaspartner_-_gemeinsam_einspeisen.pdf;*
37. *Biogasverbände fordern Anschlussregelung für Güllevergärung jetzt; (2021); agrarheute; https://www.agrarheute.com/energie/strom/biogasverbaende-fordern-anschlussregelung-fuer-guellevergaerung-579211;*
38. *Biologische Boden-Bewirtschaftung als Schlüssel zum Klimaschutz in der Landwirtschaft; (2011), Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL; https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/news/2011/fiblstudie_boden_klima_1110.pdf;*
39. *Biomethan – vielseitig einsetzbar; (2015); C.A.R.M.E.N; https://www.carmen-ev.de/wp-content/uploads/2021/12/Biomethan-Vielseitig-einsetzbar.pdf;*
40. *Biomethan in KWK-Anlagen wieder förderfähig; (2022); bayern-innovativ; https://www.bayern-innovativ.de/de/seite/biomethan-in-kwk-anlagen-wieder-foerderfaehig;*
41. *Biostrom, nein danke!; (2011); Handelsblatt; https://www.handelsblatt.com/technik/alternative-energie-biostrom-nein-danke/4406150.html ;*
42. *Blanke Meier Evers; LEITFADEN FÜR BIOGASANLAGEN – ERRICHTUNG UND BETRIEB VON BIOGASANLAGEN IM LANDWIRTSCHAFTLICHEN BEREICH; (2006); https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/fachwissen/319/biogasanlagen;*
43. *BMP Greengas – Gläubiger fordern mehr als 700 Millionen Euro von insolventer EnBW-Tochter; (2023), Handelsblatt; https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/bmp-greengas-glaeubiger-fordern-mehr-als-700-millionen-euro-von-insolventer-enbw-tochter/29394600.html;*
44. *Branchenzahlen 2019 und Prognose der Branchenentwicklung 2020; Fachverband Biogas; https://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/de_branchenzahlen;*

45. *Carsten Rieckmann; Körnermais als Futterreserve; (2019); Landwirtschaftskammer Niedersachsen; nicht mehr zum Download angeboten;*
46. *Christine von Buttlar; Beitrag der Bioenergie zum Gewässerschutz– Potenziale von Einjahres- und Dauerkulturen besser nutzen: (2020); https://www.iglu-goettingen.de/klimaschutz-nawaro;*
47. *Clausen, J., Huber, M. & Ehrhardt, H. (2023). Bordesholm und das grüne Gas. Berlin: Borderstep Institut; https://www.borderstep.de/publikation/clausen-j-huber-m-ehrhardt-h-2023-bordesholm-und-das-gruene-gas-berlin-borderstep-institut/;*
48. *Daniela Thrän, Harry Schindler, Peter Kornatz, Martin Dotzauer, Michael Nelles; Die Rolle von Biogas für eine sichere Gasversorgung in Deutschland; (2022); DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum; https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Statements/Positionspapier_Biogas_Ukraine.pdf;*
49. *Daniel-Gromke, Dotzauer; Anlagenbestand & Entwicklungsperspektiven für Biogas; (2020); https://kwk-flexperten.net/dl/69add19bc1ee3fef443eb592b96488e7/20200427_Dotzauer.pdf?target=1;*
50. *DAS BODEN-BULLETIN – LANDBAU IN ZEITEN DER ERDERHITZUNG; (2018); WWF; https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Studie-Boden-Bulletin-Klima-2018.pdf;*
51. *DATEN ZUR UMWELT AUSGABE 2011 – UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT; (2011); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/daten-zur-umwelt-2011;*
52. *Der Einsatz von Kompost lohnt sich; (2023); Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen; https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/boden/humus/kompost.htm ;*
53. *Der kleine Humus-Faktencheck; (2020); WWF; https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Der-kleine-Humus-Faktencheck.pdf;*
54. *Dialogprozess Gas 2030 – Erste Bilanz; (2019); BMWi; https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/C-D/dialogprozess-gas-2030-erste-bilanz.pdf?__blob=publicationFile&v=4;*
55. *Die 4-Promille-Initiative „Böden für Ernährungssicherung und Klima“ – Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland; [2018), THÜNEN; https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_112.pdf;*
56. *Die Fruchtfolge im Bio-Ackerbau: : Es geht um mehr!; (2023); Bio Austria; https://www.bio-austria.at/a/bauern/fruchtfolge-im-bio-ackerbau-es-geht-um-mehr/;*
57. *Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2017; (2017); Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; https://www.ml.niedersachsen.de/download/124920/Die_niedersaeschsische_Landwirtschaft_in_Zahlen_2017.pdf;*
58. *Durchwachsene Silphie; (2023); Landkreis St. Wendel; https://klimaschutz.landkreis-st-wendel.de/silphie;*
59. *Dürremonitor Deutschland; (1952 – 2023); Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; https://www.ufz.de/index.php?de=34258;*
60. *Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS); (2022); BMEL; BMUV; BMWK; https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/eckpunkte-nationale-biomassestrategie-nabis.pdf?__blob=publicationFile&v=4;*

    Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS); (2022); BMEL;
61. *Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz; (2006); Hrsg. FNR; https://www.infothek-biomasse.ch/images/2006_FNR_Einspeisung_biogas.pdf;*
62. *EnBW-Schock: Gläubiger wollen 700 Millionen! Ist die Tochterfirma am Ende?; (18.09.2023); klamm.de; https://www.klamm.de/news/enbw-schock-glaeubiger-wollen-700-millionen-ist-die-tochterfirma-am-ende-62N20230918080002.html;*
63. *Endenergieverbrauch nach Sektoren; (2023); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/bild/endenergieverbrauch-nach-sektoren;*
64. *Energetische Effizienz und Emissionen der Biogasverwertung; (2012); LfL; https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/abschlussbericht_effizienz_biogas_be-14-14_20160708.pdf;*
65. *Energieeffiziente Kläranlagen und Biogasanlagen; (2022); Fraunhofer IGB; https://www.igb.fraunhofer.de/content/dam/igb/documents/brochures/uebergreifend/220601_BR_Biogas-Klaeranlagen_de.pdf;*
66. *ENERGIEEFFIZIENZ KOMMUNALER KLÄRANLAGEN; (2009); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3855.pdf;*
67. *Energieverbrauch und Kraftstoffe; (03.2024); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/endenergieverbrauch-energieeffizienz-des-verkehrs;*
68. *Entwicklung der Biomethan-Preise | Unser Biomethan-Preisticker; (2023); agriportance; https://agriportance.com/de/tools/biomethan-entwicklung-preise/;*

69. *Ermittlung des Gesamtpotentials erneuerbarer Gase zur Einspeisung ins deutsche Erdgasnetz (Gesamtpotenzial EE-Gase); (2019); DVGW; https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/pi-dvgw-anhang_dvgw-forschung_g-201710_ee-gase-gesamtpotenzial_abschlussbericht.pdf;*
70. *Erneuerbare Energien in Zahlen; (2023); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick;*
71. *Explodierende Befallszahlen: Der Maiswurzelbohrer ist nicht aufzuhalten; Forum Bio- und Gentechnologie; https://www.transgen.de/anbau/2684.maiswurzelbohrer-schaedling-nicht-aufzuhalten.html;*
72. *Fakten zur Nitratbelastung in Grund- und Trinkwasser; (2018); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/themen/fakten-zur-nitratbelastung-in-grund-trinkwasser;*
73. *Feldfrüchte und Grünland, Anbauflächen, Hektarerträge und Erntemengen ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich; (2023), destatis; https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/liste-feldfruechte-zeitreihe.html#123340;*
74. *Flächenbedarf für Biogas; (2023), EnArgus des FZ Jülich; https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d3857-2/*/*/Fl%c3%a4chenbedarf.html?op=Wiki.getwiki;*
75. *Flexibilisierung von Biogasanlagen; (2018); FNR; https://biogas.fnr.de/biogas-nutzung/stromerzeugung/flexibilisierung-von-biogasanlagen;*
76. *Flexibilisierung von Biogasanlagen; (Update 2021); FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/einleger_broschuere_flexibilisierung_biogas_web_neu_bf_final1.pdf;*
77. *Flexible Biogasnutzung mit höchster Effizienz; (2022); Reverion; https://www.epe.ed.tum.de/res/aktuelles/article/default-1c3527247f/;*
78. *FORCE® EVO Insektizid zur Reduzierung von Schäden durch Drahtwurmbefall an Kartoffeln und Mais sowie Maiswurzelbohrer; (2023); syngenta; https://www.syngenta.at/sites/g/files/kgtney401/files/media/document/2022/06/29/force_evo_produktinformation.pdf;*
79. *Friedhelm Taube; Wasserschutz konformer Maisanbau; (2013), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität, Kiel; nicht mehr als Download verfügbar;*
80. *Gärrestversuch Bayern – Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL; (2029); LfL und TFZ; https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/tfz_bericht_67_gaerrest_geschuetzt.pdf;*
81. *Gärsubstrate; (2023); FNR; https://biogas.fnr.de/biogas-gewinnung/gaersubstrate;*
82. *Gas aus Mais herstellen: Warum das keine gute Option ist; (2023); EFAHRER; https://efahrer.chip.de/news/gas-aus-mais-herstellen-warum-das-keine-gute-option-ist_1014644;*
83. *GENOSSENSCHAFTLICHE BIOGAS-WÄRMENETZE AM SCHEIDEWEG: WIE GEHT ES WEITER NACH DEM EEG?; (2023); Agentur für erneuerbare Energien; https://www.unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/bioenergie/biogas2/biogas-waermenetze-am-scheideweg-wie-geht-es-weiter-nach-dem-eeg-fuer-energiegenossenschaften-kommunen-co;*
84. *Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas: Deutschland; (2022); destatis; https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=43381-0001&bypass=true&levelindex=0&levelid=1695290155705#abreadcrumb;*
85. *Greta Sundermann, Nicole Wägner, Astrid Cullmann, Christian von Hirschhausen; Claudia Kemfert; Nitratbelastung im Grundwasser überschreitet Grenzwert seit Langem – mehr Transparenz und Kontrolle in der Düngepraxis notwendig; (2020); DIW; https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.740756.de/20-9-1.pdf;*
86. *Grocholl, Jürgen [Bearb.; Effiziente Wassernutzung Im Ackerbau Nord-Ost-Niedersachsens; (2011); Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen; https://digital.zlb.de/viewer/api/v1/records/15593374/files/images/Wassersparende_Anbauverfahren_im_Ackerbau_Grocholl_201102.pdf/full.pdf;*
87. *Grundlagen des Maisanbaus; (2020), KWS SAAT SE & Co. KGaA; https://docplayer.org/80374361-Grundlagen-des-maisanbaus.html;*
88. *Grundwasserschutzorientierte Maisdüngung; (2016); Landwirtschaftskammer Niedersachsen; https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/services/download.cfm?file=25800 ;*
89. *Henning Hahn, Frank Schünemeyer; Flexibilisierung von Biogasanlagen – Chancen und Möglichkeiten eines Anlagenkonzeptes zur flexiblen Gasproduktion; (2016); Fraunhofer IEE; https://www.iee.fraunhofer.de/content/dam/iee/energiesystemtechnik/de/images/Projekte/ReBi2_0/161121_EnergyDecentral.pdf;*
90. *Herrmann, Techow; Taube; Biogasproduktion von Grünland- und Futterbauflächen in Norddeutschland; (2013); Christian Albrechts Universität Kiel und Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein; https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2012_herrmann_et_al.pdf;*
91. *Hinweise zur umweltgerechten Düngung von Körner-, Silo- und Energiemais; (2011), Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt; https://llg.sachsen-*

anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/pfl_ernaehr_duengung/veroeffentlichungen/11_kuhlmann_broschuere_mais-duengung.pdf;

92. Hitze, Dürre, Klimakrise: Wird in Deutschland das Trinkwasser knapp; (2023); ZDF; https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/klima-wasser-knappheit-deutschland-100.html ;
93. Humus – Basis für nachhaltig ertragreiche Landwirtschaft; (2023); humus.de; https://www.humus.de/humus-in-der-landwirtschaft/;
94. Humus im Klimawandel; (2023); Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen LLH; https://llh.hessen.de/pflanze/boden-und-duengung/humus-und-boden/humus-im-klimawandel/;
95. Humus in Ackerböden – vermehren statt verzehren; (2019); AGRIDEA; https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea_2_Free/3498_2_D.pdf?xet=1582693534457;
96. Insektizide: Mais; (2023); proplanta; https://www.proplanta.de/Pflanzenschutzmittel/Empfehlungen/Insektizide/Mais/;
97. Insolvenz von bmp greengas: Stadtwerke ohne Biomethan; (2023), Solarserver; https://www.solarserver.de/2023/08/29/insolvenz-von-bmp-greengas-stadtwerke-ohne-biomethan/;
98. Jahreserhebung über Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas; (2022); destatis; https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=43381-0001&bypass=true&levelindex=0&levelid=1695290155705#abreadcrumb;
99. Jaqueline Daniel-Gromke; Peter Kornatz, Martin Dotzauer, Velina Denysenko; Leitfaden Flexibilisierung der Strombereitstellung von Biogasanlagen (LF Flex) Abschlussbericht; (2020); DBFZ; https://www.researchgate.net/publication/343106652_Leitfaden_Flexibilisierung_der_Strombereitstellung_von_Biogasanlagen_LF_Flex_Abschlussbericht;
100. Julia Wiehe, Michael Rode und Helga Kanning; Auswirkungen der Biogasproduktion auf Natur und Landschaft; (2011); https://www.researchgate.net/publication/319472802_Auswirkungen_der_Biogasproduktion_auf_Natur_und_Landschaft;
101. Klimaneutrales Deutschland 2045; (2021); Prognos im Auftrag von AGORA et al; https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_01_DE_KNDE2045/KNDE2045_Langfassung.pdf;
102. KLIMAWANDEL UND LANDWIRTSCHAFT – Anpassungsstrategien im Ackerbau; (2019), Verband der Landwirtschaftskammern (VLK); http://www.landwirtschaftskammern.de/pdf/klimawandel.pdf;
103. Kolbe; Nachhaltige Sicherung der Humusversorgung; (2009); Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; https://www.gartenbau.sachsen.de/download/20090227_Vortrag_Duengungstagung2009_Kolbe.pdf;
104. Kornatz, Peter & Daniel-Gromke, Jaqueline & Rensberg, Nadja & Dotzauer, Martin & Nelles, Michael. (2021). Biogasanlagen in Deutschland -Stand und Perspektiven; https://www.researchgate.net/publication/353403986_Biogasanlagen_in_Deutschland_-Stand_und_Perspektiven/citation/download;
105. Lachgas und Methan; (2022); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/themen/landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/lachgas-methan;
106. Lachgas-Emissionen – Dünger als Klimakiller; SPIEGEL; https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/stickstoff-duenger-schadet-dem-klima-mehr-als-bedacht-a-1297071.html;
107. Landwirtschaft verliert jedes Jahr 120 Mio. t Boden; (2015); topagrar online; https://www.topagrar.com/management-und-politik/news/landwirtschaft-verliert-jedes-jahr-120-mio-t-boden-9598269.html;
108. Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung; (2018); THÜNEN Report 64; https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_64.pdf;
109. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; (2022); Fraunhofer ISE; https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Webinar_Angebot_Nov_2022_final_webinarversion.pdf;
110. LEITFADEN BIOGASAUFBEREITUNG UND -EINSPEISUNG; (2014); FNR; https://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/biogas/leitfaden-biogasaufbereitung-und-einspeisung.html;
111. Literaturliste zum Flyer Grundsätze der Humuswirtschaft Humus im Klimawandel; LTZ Augustenberg; https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E131606068/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft_und_Umwelt/Bodenschutz/Grunds%C3%A4tze_der_Humuswirtschaft_DL/Literaturliste%20Humus%20im%20Klimawandel_LTZ_2023.pdf?attachment=true;
112. Mais; (2023); wikipedia;
113. Martin Dotzauer, Tino Barchmann, Uta Schmieder, Nadja Rensberg, Walter Stinner, Karin Arnold, Christine Krüger; Kurzstudie zur Rolle von Biogas für ein klimaneutrales, 100 % erneuerbares Stromsystem 2035; (2022); Wuppertalinstitut und DBFZ; https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Studien/Kurzstudie_Biogas_2022.pdf;
114. Maxim Quattro* Leistungsstarker Beizschutz im Mais; (2023; syngenta; https://www.syngenta.de/news/aktuelles-mais/maxim-quattro-leistungsstarker-beizschutz-im-mais;

115. *Mehr Biodiversität wagen – Artenvielfalt stabilisiert Agrarökosysteme; (2022); pflanzenforschung.de; https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/mehr-biodiversitaet-wagen;*
116. *Methanverluste bei der Biogasaufbereitung; (2008); Bundesamt für Energie CH; https://www.infothek-biomasse.ch/index.php?option=com_abook&view=book&id=1115:methanverluste-bei-der-biogasaufbereitung&catid=5:alle&Itemid=154&lang=de;*
117. *Meyer, R.; Priefer, C. ; Ökologischer Landbau und Bioenergieerzeugung – Zielkonflikte und Lösungsansätze, Endbericht zum TA-Projekt; (2012); Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des KIT; https://publikationen.bibliothek.kit.edu/310092068;*
118. *Michael Huber; Stellungnahme: Grundwasser, Trinkwasser, Feldberegnung im LK Celle; (2022); mit guter Quellenübersicht; kann vom Autor angefordert werden;*
119. *Michael Löber; Verfahrenstechnische und organisatorische Möglichkeiten des Anbaues von Sonnenblumen zur Biogaserzeugung; (2007), Bachelorarbeit Uni Gießen; http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2008/5374/pdf/LoeberMichael-2007-10-02.pdf;*
120. *Ministerrat bringt neue Biogasstrategie Baden-Württemberg au den Weg; (04.07.2023); Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR); https://mlr.baden-wuerttemberg.de/de/unser-service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/pressemitteilung/pid/ministerrat-bringt-neue-biogasstrategie-baden-wuerttemberg-auf-den-weg;*
121. *Mit Biomethan statt Erdgas heizen: wirtschaftliche Sackgasse; (2023), TGA+E; https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/energietraeger-mit-biomethan-statt-erdgas-heizen-wirtschaftliche-sackgasse;*
122. *Nachwachsende Rohstoffe in Deutschland – Anbau und Nutzungsarten; (2023); FNR; https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/landwirtschaft.html;*
123. *Nährstoffbericht auf Kreisebene für den Landkreis Celle; (2017); Landwirtschaftskammer Niedersachsen; https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/126744;*
124. *Nährstoffbericht für Niedersachsen 2021/22; (2023); Landwirtschaftskammer Niedersachsen; https://www.ml.niedersachsen.de/download/194064/Naehrstoffbericht_2021_2022.pdf;*
125. *Nationale Wasserstrategie – Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023; BMUV; https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewaesser/BMUV_Wasserstrategie_bf.pdf;*
126. *Nitratbericht 2020; BMEL und BMU; https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewaesser/nitratbericht_2020_bf.pdf;*
127. *Öko-Dünger aus dem Kompostwerk; (2018), Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen; https://www.oeko-komp.de/wp-content/uploads/2022/12/2019.12-KOEN_Kompostbroschuere.pdf;*
128. *Optionen für Biogas-Bestandsanlagen bis 2030 aus ökonomischer und energiewirtschaftlicher Sicht; (2020); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/optionen-fuer-biogas-bestandsanlagen-bis-2030-aus;*
129. *Pestizidatlas – Daten und Fakten zu Giften in der Landwirtschaft; (2022); Heinrich-Böll-Stiftung, BUND, PAN Germany und Le Monde Diplomatique; https://www.boell.de/sites/default/files/2022-01/Boell-Pestizidatlas-2022.pdf;*
130. *Pestizide im Grundwasser - wie groß ist die Gefahr von Pflanzenschutzmittelrückständen im Trinkwasser?; (2023); proplanta; https://www.proplanta.de/ratgeber/verbraucher/pestizide-im-grundwasser-wie-gross-ist-die-gefahr-von-pflanzenschutzmittelrueckstaenden-im-trinkwasser_tipps1651688747.html;*
131. *Pestizidzulassungen gefährden unser Grund- und Trinkwasser; (2022); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/themen/pestizidzulassungen-gefaehrden-unser-grund;*
132. *RAINER LUICK, BENNO ROTHSTEIN; Bioenergie im Kontext der Energiewende – eine energiepolitische Reflexion; (2016); Bundesamt für Naturschutz; https://www.researchgate.net/publication/262725843_Bioenergie_im_Kontext_der_Energiewende_-_eine_energiepolitische_Reflexion;*
133. *Reduktion von Methanemissionen bei der Biogasaufbereitung; FNR; nur noch im Archiv des Autors;*
134. *Roadmap Gas für die Energiewende – Nachhaltiger Klimabeitrag des Gassektors; (2019); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-15_cc_12-2019_roadmap-gas_2.pdf;*
135. *Sebastian Baum; Methanverluste bei der Biogasaufbereitung; (2007); https://www.researchgate.net/publication/305302641_Methanverluste_bei_der_Biogasaufbereitung;*
136. *SEBASTIAN PARZEFALL, JOHANNES BURMEISTER, MARTIN WIESMEIER, FLORIAN EBERTSEDER, ROSWITHA WALTER, MAENDY FRITZ; Prüfung der langfristigen Nachhaltigkeit der Nutzungspfade Biogas und BtL; (2021); https://www.researchgate.net/publication/359417768_Prufung_der_langfristigen_Nachhaltigkeit_der_Nutzungspfade_Biogas_und_BtL;*
137. *Skinner, Krauss, Hansen, Mayer, Mäder, Gattinger; Emission und Aufnahme von Lachgas und Methan durch Ackerböden in der Fruchtfolgesequenz Kunstwiese – Silomais unter konventioneller und biologischer Bewirtschaftung; (2015); 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau; https://orgprints.org/id/eprint/26920/2/26920_skinner.pdf;*

138. *Sonnenblumen als Biogassubstrat ungeeignet; (2018); Biogas Forum Bayern; https://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0004/2018-12-lfl-sonnenblume.pdf;*
139. *Stickstoffdüngung heizt den Klimawandel an; (2020); Max Planck Gesellschaft; https://www.mpg.de/15510963/lachgas-landwirtschaft-klimawandel;*
140. *Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse; (2004); FZ Jülich; https://www.researchgate.net/publication/242744224_Stoffstromanalyse_zur_nachhaltigen_energetischen_Nutzung_von_Biomasse;*
141. *Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien; (2021); Fraunhofer ISE; https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf;*
142. *Studie zur Aufbereitung und Einspeisung von Faulgas auf kommunalen Kläranlagen; (2011); https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/forschung/wasser/sonstiges/StudieFaulgasAbschlussbericht.pdf;*
143. *Studie: Mais und Raps mit schlechter Klimabilanz; (2011); agrarheute; https://www.agrarheute.com/energie/strom/studie-mais-raps-schlechter-klimabilanz-477057;*
144. *Thomas Betzold; Mais: Als „Raigschmeggdr" im Ländle; (2010); Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 7/2010; https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag10_07_07.pdf;*
145. *Thompson, R.L., Lassaletta, L., Patra, P.K. et al. Acceleration of global N2O emissions seen from two decades of atmospheric inversion. Nat. Clim. Chang.* ***9****, 993–998 (2019). https://doi.org/10.1038/s41558-019-0613-7;*
146. *THÜNEN-Bericht: Böden in Deutschland droht Humusverlust; (2018); weltagrarbericht; https://www.weltagrarbericht.de/aktuelles/nachrichten/news/de/33493.html;*
147. *Treibhausgase beim Mais- und Rapsanbau realistisch bewerten und einsparen; (2017); Renewable Carbon News; https://renewable-carbon.eu/news/treibhausgase-beim-mais-und-rapsanbau-realistisch-bewerten-und-einsparen/;*
148. *Trockenheit in Deutschland – Fragen und Antworten; (2023); UBA; https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/extremereignisseklimawandel/trockenheit-in-deutschland-fragen-antworten#trockenheit-aktuelle-situation;*
149. *Umgang mit Zielkonflikten bei der Anpassung der Wasserwirtschaft an den Klimawandel; (2022); Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA); https://www.umweltministerkonferenz.de/umlbeschluesse/umlaufBericht2022_36.pdf;*
150. *Unkrautbekämpfung im Mais - vielfältig, nachhaltig, resistenzvorbeugend und grundwasserschonend; (2023); Landwirtschaftskammer Niedersachsen; https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/40385_Unkrautbekaempfung_im_Mais_-_vielfaeltig_nachhaltig_resistenzvorbeugend_und_grundwasserschonend;*
151. *UnkrautSCHUTZ MIT NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN; (2020), FNR; https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/broschuere_gewaesserschutz_2020_web.pdf;*
152. *Wärme aus Biogas; (2024); FNR; https://mediathek.fnr.de/warme-aus-biogas.html;*
153. *Wärmewende 2030; (2017); AGORA; https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2016/Sektoruebergreifende_EW/Waermewende-2030_WEB.pdf;*
154. *Warum ist eine „Endenergie"-Betrachtung so wichtig?; (2024); Energie-Experten; https://www.energie-experten.org/energie-sparen/energie-berechnen/energieformen/endenergie;*
155. *Was ist Biogas; (2023); FNR; https://biogas.fnr.de/biogas-gewinnung/was-ist-biogas;*
156. *Wassermangel in Deutschland: Wasser-Rationierung für Bürger und Bauern; (2023); agrarheute; https://www.agrarheute.com/management/recht/wassermangel-deutschland-wasser-rationierung-fuer-buerger-bauern-608061;*
157. *Werner Neumann, Uwe Welteke-Fabricius; Biomasse/Biogas: Ausbaupfade im Kontext von KWK als Beitrag zur gesicherten Leistung; (2021); VDE Fachtagung 20.10.2020; nicht mehr als Download verfügbar;*
158. *Wie die Transformation der Chemie gelingen kann; (2023); VDI und VCI; https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/broschueren-und-faltblaetter/final-c4c-broschure-langfassung.pdf;*
159. *Wie Kläranlagen zur Energiewende beitragen können; (2023), chemie.de; https://www.chemie.de/news/1181611/wie-klaeranlagen-zur-energiewende-beitragen-koennen.html;*