

Abschlussbericht

Thema: Analyse der vorhandenen Potentiale zur Herstellung von Biomethan

Kurztitel: Bioerdgaserzeugung

Analyse über die anfallende Menge Biomethan, wenn man die in Nürnberg anfallende Biomasse zur Herstellung des Gases verwenden würde.

Bearbeiter:

Name: Florian Wehrfritz
Technische Hochschule Nürnberg
Fakultät: Maschinenbau und Versorgungstechnik
Vertiefungsrichtung: Energietechnik
Matrikelnummer: 2649301
Adresse: Eggenreuth 4
95326 Kulmbach
Kontakt: Mail: wehrfritzfl61551@th-nuernberg.de
Tel.: 015158227367

Nürnberg, den 21.12.2017

Florian Wehrfritz

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Stand der Technik.....	1
2.1 Biogasanlagen	1
2.2 Deponiegas bzw. Faulgas	2
2.3 Holzvergasungsanlagen	3
2.4 Nürnberg und Umland	4
3. Beantwortung der Forschungsfragen	5
3.1 Forschungsfrage a).....	5
3.2 Forschungsfrage b).....	6
3.3 Forschungsfrage c)	7
3.4 Forschungsfrage d).....	9
4. Fazit	10
Literaturverzeichnis	12

Abbildungsverzeichnis:

Tabelle 1: Biomethanerzeugung Sandreuth.....	5
Tabelle 2: Biomüllfermentierung Nürnberg.....	7
Tabelle 3: Holzvergasung Sandreuth.....	8
Tabelle 4: Berechnung Kurzumschlagwälder.....	9
Tabelle 5: Deckung des Fernwärmebedarfs.....	10

1. Einleitung

In Zeiten des Klimawandels wird immer mehr auf regenerative Energieträger gesetzt, um den Ausstoß von klimaschädlichen Gasen, wie CO₂, zu minimieren, aber auch um sich Unabhängigkeit von Drittländern zu verschaffen. Dies geschieht zum Großteil in dem man auf Sonne, Wind und Wasser als Energieträger setzt. Diese Ausarbeitung wird sich mit den Biomassepotentialen in der Stadt Nürnberg befassen. Welche sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung genutzt werden können. Auch wird untersucht welche Mengen an Kurzumschlagwäldern benötigt würde um den Wärmebedarf Nürnbergs aus diesen zu decken.

2. Stand der Technik

2.1 Biogasanlagen

Bei einer konventionell betriebenen Biogasanlage, wird gewonnene Gas welches ca. zu 50 – 75% (Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe, 2016) aus Methan besteht. Dadurch bieten sich die Möglichkeiten das entstehende Gas entweder aufzubereiten, um es anschließend in ein Erdgasnetz zu speisen. Oder aber das Gas direkt in einem Blockheizkraftwerk zur Stromherstellung zu verwenden. Zur Produktion des Biogases werden in der Regel Rindergülle und Silage, welche einen sehr hohen Anteil an Maissilage besitzt. Mais bietet sich insofern für die Energiegewinnung an, da er eine im Vergleich zu anderen Pflanzen hohe Energiedichte und eine hohe Zuwachsrate an Trockenmasse besitzt. Das zur Energiegewinnung eingesetzte Substrat wird einem Fermenter zugeführt in welchem, „Mikroorganismen organische Substanzen in einem sauerstofffreien Milieu unter Freisetzung von Biogas“ (M. Kaltschmitt, 2016) abbauen. Das freigesetzte Biogas „ist ein wasserdampfgesättigtes Gasmisch, welches im Wesentlichen aus Methan (CH₄) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) besteht“ (M. Kaltschmitt, 2016). Das entstehende Biogas kann entweder in einem Blockheizkraftwerk direkt verfeuert werden. Dabei entstehen je

nach zugeführter Substratzusammensetzung unterschiedliche Mengen an Biogas. Als Beispiele lassen sich Rindergülle und Maissilage aufführen.

Nach dem Leitfaden für Biogas der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. entsteht bei der Verwertung Rindergülle pro Tonne zugeführter Masse 25 m³ Biogas mit einem Methangehalt von rund 56 %. Bei Maissilage sind es hingegen 200 m³ Gas mit einem Methangehalt von 53 %.

Zur Verwertung des entstehenden Biogases gibt es im wesentlichen zwei Anwendungen, welche in Anwendung finden. Dies ist in erster Linie die Verwendung eines Blockheizkraftwerkes, bei welchen aus dem Gas direkt vor Ort elektrische Energie und Wärme gewonnen wird. Die andere Anwendung welche zum Einsatz kommt, ist die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität. Bei diesem Prozess werden unerwünschte Bestandteile, wie z. B. Kohlenstoffdioxid CO₂ aus dem Biogas gefiltert. Nach der Aufbereitung spricht man nicht mehr von Biogas, sondern vom Biomethan. Dieses kann anschließend in ein bestehendes Erdgasnetz gespeist werden, um es zum Endverbraucher zu transportieren. Es kann jedoch auch zum Betanken von Gas betriebenen Fahrzeugen benutzt werden. Die nach Abschluss des Prozesses übrigbleibenden organischen Gärreste, lassen sich als hochwertiger Dünger auf Grün- und Ackerflächen ausbringen.

2.2 Deponiegas bzw. Faulgas

Als Deponiegase versteht man Gase, welche bei der Deponierung von Müll entstehen. Hierbei durch bakterielle Zersetzung von ökologischen Bestandteilen des Mülls, im wesentlichen Methan CH₄ und Kohlenstoffdioxid CO₂. Da die Untersuchung sich auf die Zukunft bezieht und davon ausgegangen werden kann, dass in Zukunft kaum noch Müll, bzw. kein Müll, welcher einer anderweitigen Nutzung zugeführt werden kann, deponiert wird. Werden Deponiegase in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

In einer Kläranlage entsteht, in den Faultürmen, so genanntes Faulgas. Dies entsteht durch eine anaerobe Nachbehandlung des Klärschlammes. Dabei wird der Klärschlamm unter Luftabschluss gelagert und Bakterien zersetzen biologische Bestandteile des Klärschlammes. Das dabei entstehende Klärgas muss, da zum Hauptteil aus Methan besteht, verwertet werden. Dies kann ähnlich einer Biogasanlage in einem Kraftwärmeprozess geschehen, oder aber man führt das Gas, nach einer Aufbereitung dem Gasnetz zu.

2.3 Holzvergasungsanlagen

„Neben der „klassischen“ Verbrennung kann feste Biomasse auch über eine thermo-chemische Umwandlung zunächst in einen Sekundärenergieträger umgewandelt werden.“ (M. Kaltschmitt, 2016) Dies im Falle von Holz mittels Holzvergasungsanlagen. Der Prozess der dabei abläuft ist im Wesentlichen eine unvollständige Verbrennung unter Luftmangel. Das dabei entstehende Produktgas besteht im Wesentlichen aus „Kohlenstoffmonoxid (CO), Kohlenstoffdioxid (CO₂), Wasserstoff (H₂), Methan (CH₄), Wasserdampf (H₂O), sowie bei der Vergasung mit Luft als Vergasungsmittel, auch erhebliche Mengen Stickstoff (N₂)“ (HS - Felsburg, kein Datum). Es wird zwischen drei Verfahren unterschieden. „Beim Festbett werden die Brennstoffpartikel durch die Gasströmung nicht bewegt. Dies ist dann der Fall, wenn große Brennstoffpartikel verwendet und/oder kleine Strömungsgeschwindigkeiten realisiert werden“ (M. Kaltschmitt, 2016). Des Weiteren gibt es noch den Wirbelschichtvergaser bei diesem ist die Strömungsgeschwindigkeit so hoch, dass sich die Partikel im Reaktor bewegen (M. Kaltschmitt, 2016). Die dritte Variante ist der Flugstromvergaser, hier wird der Brennstoff als Staub, mittels eines Brenners in den Vergasungsbereich eingebracht (M. Kaltschmitt, 2016). Bei allen diesen Verfahren muss jedoch noch eine Gasaufbereitung stattfinden, da sich im Produktgas „Partikel Alkalien, Teer-, Stickstoff-, Schwefel- und Halogenverbindungen“ (M. Kaltschmitt, 2016) befinden.

Eine Möglichkeit diese starken Verunreinigungen zu minimieren ist der Einsatz eines „Wirbelschicht-Dampf-Vergaser“ dieser „besteht aus zwei miteinander verbundenen Wirbelschichtsystemen. Im Vergasungsteil wird die Biomasse bei ca. 850°C unter Zufuhr von Dampf vergast. Durch die Verwendung von Wasserdampf an Stelle von Luft als Vergasungsmedium entsteht ein stickstofffreies, teearmes Produktgas mit hohem Heizwert.“ (Sommer, 2002). Dieses Verfahren wird in einer Forschungsanlage der TU Wien

zusammen mit der Gemeinde Güssing, in Güssing verwendet, welche als Endprodukt neben Strom und Wärme auch Biomethan liefert. „Das durch die Vergasung von Holz erzeugte Holzgas (Hauptbestandteile: Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Methan, Kohlendioxid und Wasserdampf) in einem katalytischen Prozess – der so genannten Methanisierung – in ein methan- und kohlendioxidreiches Gas umgewandelt.“ (CTU Clean Technology Universe AG, 2011). Der Wirkungsgrad der Gesamtanlage, Vergasung zusammen mit der Gasaufbereitung, liegt bei 60 % - 65 % (CTU Clean Technology Universe AG, 2011). Dadurch, dass das aufbereitete Gas Erdgasqualität erreicht, dies entspricht ungefähr einem Methan-Anteil von 90 % - 95 % (CTU Clean Technology Universe AG, 2011) kann das gewonnene Bio-Synthetic Natural Gas (Bio-SNG) direkt in ein bestehendes Erdgasnetz eingespeist werden. Da es sich hierbei um eine Versuchsanlage handelt, ist die Aufbereitungsanlage eine Pilotanlage, welche einen Teilstrom des Holzgases abgreift und ca. 1 MW Bioerdgas produziert. Der Wirkungsgrad der Biomethanherzeugung ist mit 60 % - 65 % (CTU Clean Technology Universe AG, 2011) angegeben. Damit erbringt diese Anlage den Beweis, dass die Nutzung einer Holzvergasungsanlage zur Erzeugung von Bioerdgas technisch umsetzbar ist. Leider lassen sich keine Angaben finden, inwiefern sich der Wirkungsgrad mit Skalierung der Gesamtanlage verändert. Neben der genannten Menge an Biomethan produziert die Holzvergasungsanlage Güssing, aus stündlich 2.500 kg Hackschnitzel, 2 MW Strom und 4,5 MW Fernwärme (Stadtgemeinde Güssing, kein Datum).

2.4 Nürnberg und Umland

Eine Untersuchung der EEG-Anlagenstammdaten, für das Jahr 2017, der TenneT TSO GmbH ergab, nach Filterung der Excel-Tabelle, eine Gesamtzahl von 551 Anlagen, welche Bio-, Deponie- und Faulgas zur Energieerzeugung einsetzen (TenneT TSO GmbH, kein Datum). Im Falle der N-ERGIE AG sind das zum Einen das Biomasseheizkraftwerk Sandreuth, welches jährlich rund 35 Mio. kWh elektrische und 82 Mio. kWh thermische Energie produziert (N-ERGIE AG, kein Datum).

Die Biogasanlagen Gollhofen und Eggolsheim. Gollhofen produziert ca. 61.394 MWh Biomethan aus ca. 51.000 t Substrat. Eggolsheim dagegen produziert neben 31.000 MWh Biomethan auch rund 30.000 MWh Strom aus 37.000 t Substrat. (N-ERGIE AG, kein Datum)

Hinzu kommt unter anderem noch das Faulgas-Blockheizkraftwerk (BHKW) am Klärwerk Muggenhof. Dort sind zwei BHKWs verbaut welche jeweils eine installierte Leistung von 526 kW elektrisch und 558 kW thermisch (ELIQUO STULZ GmbH, kein Datum) besitzen und so die anfallenden Faulgase zu Strom und Wärme verwerten.

3. Beantwortung der Forschungsfragen

3.1 Forschungsfrage a)

Welche Mengen anfallender Biomasse werden in Nürnberg nicht genutzt, welche Potentiale ergeben sich daraus?

Bis auf die im Biomasse Heizkraftwerk Sandreuth verfeuerten 55.000 t Hackschnitzel haben sich keine weiteren zur Energieerzeugung bereits verwendeten Biomassen finden lassen.

Um die theoretische Menge des entstehenden Erdgases und die Menge der dabei freiwerdenden thermischen Energie zu bestimmen zu können wird zuerst anhand der Holzvergasungsanlage Güssing die freiwerdende thermische Energie pro 1000 kg Hackschnitzel berechnet, siehe *Tabelle 1*. Um anschließend mittels des Wirkungsgrades die Umrechnung von der zugeführten Energie der Hackschnitzel, in die entstehende Bioerdgasmenge und die dabei freiwerdende thermische Energie zu bestimmen.

Güssing:		
zugeführte Hackschnitzel	2,5	t/h
freiwerdende thermische Energie	4,5	MWh
thermische Energie pro Tonne	1,8	MWh/t
Berechnung Sandreuth:		
Heizwert Holz	4,25	MWh/t
Menge Hackschnitzel	55.000	t/a
zugeführte Energie	233.750	MWh/a
Wirkungsgrad Umwandlung zu Biomethan	0,625	
Entstehende Menge Biomethan	146.094	MWh/a
freiwerdende thermische Energie	99.000	MWh/a

Tabelle 1: Biomethanherzeugung Sandreuth

Würde man das entstehende Produktgas, zu Biomethan aufbereiten würden bei der Vergasung mittels Dampf im Wirbelschichtverfahren rund 146.000 MWh Biomethan und 99.000 MWh thermische Energie pro Jahr erzeugt werden, unter Einsatz von 55.000 t Hackschnitzel.

3.2 Forschungsfrage b)

Welche vorhandenen Potentiale werden anderweitig genutzt und könnten so für die Herstellung von Bioerdgas genutzt werden, wie werden Sie bisher genutzt und welche Menge Gas würde dabei anfallen?

Bei der Untersuchung der möglicherweise nicht genutzten Biomassen ist der im Stadtgebiet Nürnberg eingesammelte Biomüll aufgefallen. Dieser wird zurzeit ausschließlich Kompostiert und keinerlei Energetischer Verwendung zugeführt. Dies sind immerhin 19.000 t pro Jahr Biomüll die anfallen. Um diesen in Energie umzuwandeln müsste der Biomüll erst mal gesäubert werden, d. h. alle nicht organischen Abfälle die den Müll verunreinigen müssen entfernt werden. Anschließend könnte man den Müll Fermentern zuführen, in denen der Bioabfall anaerob vergären würde. Dabei würden nach Hochrechnung einer „Beispielrechnung für die Vergärung von Bioabfällen“ (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., 2011) von 10.000 t Bioabfall auf den in Nürnberg anfallenden 19.000 t, ca. 3,5 Mio. kWh/a elektrische und 2,9 Mio kWh/a thermische Energie entstehen. Dabei würde das entstehende Biogas direkt einem BHKW zugeführt werden, siehe *Tabelle 2*. Die Berechnung der entstehenden Biomethanmenge erfolgt über den spezifischen Gasertrag, danach die Reduktion auf 55 % des Gasanteils durch den Methangehalt. Hier tritt ein Fehler in der Rechnung auf da angenommen wird, dass das Gas auf 100% Methangehalt aufbereitet wird, Erdgas besitzt aber nur einen Methananteil von durchschnittlich ca. 90%. Anschließend wird über den Brennwert von Methan die entstehende Menge an Energie berechnet. Als Ergebnis erhält man, dass ca 9.377 MWh Biomethan entstehen.

Bioabfall (Beispiel)	10000	t/a
Nutzenergie elektrisch	1.829.127	kWh/a
Nutzwärme	1.512.547	kWh/a
Faktor	1,9	
Bioabfall (Nürnberg)	19000	t/a
Nutzenergie elektrisch	3.475.341	kWh/a
Nutzbare Wärme	2.873.839	kWh/a
Spezifischer Gasertrag	90	Nm ³ /t FS
Entstehendes Produktgas	1710000	Nm ³
mittlerer Methangehalt	0,55	
Entstehende Menge Methan	940500	m ³
Heizwert Methan	9,97	kWh/m ³
Entstehende Energie	9.377	MWh

Tabelle 2: Biomüllfermentierung Nürnberg

3.3 Forschungsfrage c)

Welche Wärmemengen würden bei der Holzvergasung frei werden, wenn man das Biomasseheizkraftwerk Sandreuth dazu nützen würde und die bisher verfeuerte Menge Hackschnitzel vergasen würde?

Nach einem Telefonat mit der LiPRO Energy GmbH & Co. KG, am 17.11.2017 lassen sich die Werte ihrer Holzvergasungsanlagen, welche in einer 30 kW und einer 50 kW Variante erhältlich sind (LiPRO Energy GmbH & Co. KG, 2017), für die Hackschnitzelverbräuche und die dabei entstehenden Wärme- und Strommengen, ohne große Abweichungen auf größere Anlagen hochrechnen. Daher ziehe ich diese Werte zur Berechnung der entstehenden Wärme- und Strommenge und den dafür erforderlichen Bedarf an Hackschnitzel heran, ohne die Produktion von Biomethan, siehe *Tabelle 3*. Zuerst wird heruntergebrochen welche Energiemengen pro Tonne Hackschnitzel anfallen, anschließend wird mit den in Sandreuth verfeuerten 55.000 t Hackschnitzel multipliziert um die theoretisch entstehenden Energiemengen zu berechnen.

LiPRO		
zugeführte Hackschnitzel	400	t/a
freiwerdende elektrische Energie	400	MWh/a
freiwerdende thermische Energie	880	MWh/a
elektrische Energie pro Tonne Hackschnitzel	1	MWh/t
thermische Energie pro Tonne Hackschnitzel	2,2	MW/t
Berechnung Sandreuth:		
Menge Hackschnitzel	55.000	t/a
Entstehende elektrische Energie	55.000	MWh/a
Entstehende thermische Energie	121.000	MWh/a

Tabelle 3: Holzvergasung Sandreuth

Ohne die Produktion von Biomethan und Verwertung des Produktgases in einem Blockheizkraftwerk würden rund 55.000 MWh Strom und 121.000 MWh thermische Energie für die Fernwärmeversorgung produziert werden, bei Vergasung der bisherigen 55.000 t Hackschnitzel in einem Festbettverfahren. Wobei man bei Anlagen dieser Größe mit hoher Wahrscheinlichkeit keinen Verbrennungsmotor zur Stromgewinnung einsetzen würde.

3.4 Forschungsfrage d)

Welche Fläche von Kurzumschlagswäldern müsste man anlegen, um den kompletten Jahresbedarf an Gasbedarf Nürnbergs zudecken?

Nach Rücksprache mit Herrn Munker, der als Ansprechpartner, der N-ERGIE AG, für diese Projektarbeit diente, hat Nürnberg einen jährlichen Erdgasverbrauch von rund 6 TWh/a

Die Berechnung erfolgt, entgegenläufig der Rechnung der ersten Forschungsfrage, siehe *Tabelle 4*. Man hat die geforderte Menge Bioerdgas gegeben und soll über die jährlich benötigte Menge an Hackschnitzel die Fläche an Kurzumschlagswäldern bestimmen. Als Energieholz wurde die Pappel gewählt, der Zuwachs von 10 Tonnen pro Hektar und Jahr und die Umschlagszeit von 5 Jahren wurden Mittel gewählt (M. Kaltschmitt, 2016).

Benötigte Menge Biomethen	6.000.000	MWh/a		
Wirkungsgrad Umwandlung zu Biomethan	0,625			
zugeführte Energie	9.600.000	MWh/a		
Heizwert Holz	4,25	MWh/t		
Benötigte Menge Hackschnitzel	2.258.824	t		
Zuwachs Wald pro Jahr und ha	10	t tr/ha a		
Umschlagszeit	5	a		
Etrag pro ha	50	t/ha		
Benötigte Fläche pro Jahr	45.176	ha	451,76	km ²
Benötigte Fläche gesamt	225.882	ha	2.258,82	km ²
Dabei freiwerdende thermische Energie	4.065.882	MWh	4,07	GWh

Tabelle 4: Berechnung Kurzumschlagwälder

Als Vergleich die Stadt Nürnberg hat eine Fläche von 186,5 km², d. h. man bräuchte ca. 12-mal die Fläche Nürnbergs um den kompletten Gasverbrauch der Stadt Nürnberg mittels, durch Holzvergasung hergestellten Biomethan zu decken. Dabei würden auch 4,07 GWh thermische Energie entstehen. Die durch Fernwärme verkaufte Energie lag im Jahr 2016 bei rund 1,1 GWh.

Würde man dagegen Versuchen die durch Fernwärme abgeben Leistung durch Holzvergasung herzustellen würden nebenbei noch ca. 1.650 GWh an Bioerdgas entstehen

und man benötigte eine Kurzumschlagfläche von 622 km² was ca. zwei Mal München entspricht, siehe *Tabelle 5*.

Fernwärme 2016	1.119.000.000,00	kWh		
Hackschnitzel	621.666,67	t		
Heizwert Holz	4,25	MWh/t		
zugeführte Energie	2.642.083	MWh/a		
Wirkungsgrad Umwandlung zu Biomethan	0,625			
Entstehende Menge Biomethan	1.651.302	MWh/a		
Zuwachs Wald pro Jahr und ha	10	t tr/ha a		
Umschlagszeit	5	a		
Etrag pro ha	50	t/ha		
Benötigte Fläche pro Jahr	12.433	ha	124,33	km ²
Benötigte Fläche gesamt	62.167	ha	621,67	km²

Tabelle 5: Deckung des Fernwärmebedarfs

4. Fazit

Die Verwendung des Biomülls, welcher in Nürnberg und auch zusätzlich in der Umgebung anfällt, wäre eine sinnvolle Investition in die Zukunft. Da Energie immer benötigt werden wird und Biomüll immer anfallen wird. Zudem fällt durch die Fermentierung des Biomülls nicht einmal der Kompost weg, dieser wird genauso weiterhin anfallen wie bisher.

Außerdem gibt es bereits genügend Städte, welche diese Energiequelle nutzen, z. B. Hille in Nordrheinwestfalen. Es ist auch die einzige in dieser Ausarbeitung aufgeführte Anlage, welche sich kurzfristig umsetzen lassen würde, da diese bereits erprobt und verfügbar sind. Holzvergasungsanlagen in der Größenordnung hingegen, wie sie Nürnberg benötigen würde sind als Einzelanlagen noch nicht erprobt, deshalb würde es schwierig werden für die Stadtwerke werden, so ein Projekt, allein aus Sicht des finanziellen Risikos, alleine zu tragen. Zurzeit sind Holzvergasungsanlagen eher für Landwirte lukrativ, welche entsprechende Waldflächen haben, oder aber schnell und einfach an Brennstoff kommen würden. Auch stellen sie eine finanzielle Alternative zu konventionellen Biogasanlagen dar, sie produzieren ebenso Strom und Wärme, welche sich verkaufen lassen würden. Biogasanlagen wie sie in heutiger Form betrieben werden, sind aktuell sowieso wie ein zweischneidiges Schwert anzusehen. Auf der einen Seite tragen sie ihren Beitrag zum Klimaschutz bei, da sie CO₂-



neutral arbeiten. Auf der anderen Seite da sie meist und gerne mit großen Mengen an Maissilage betrieben werden, Mais hat ein schnelles Wachstum und eine hohe Energiedichte als Silage, kommt es zu einer Vermaischung der Landschaft. Und vor allem durch häufigem Anbau von Mais auf den selben Flächen zu einer Ausbeutung des Bodens. Auf kurze oder lange Sicht muss der Stadt hier irgendwann intervenieren.

Literaturverzeichnis

- Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (2011). Abgerufen am 21. November 2017 von https://www.kompost.de/fileadmin/docs/HuK/Tabelle_VHE.pdf
- CTU Clean Technology Universe AG. (1. November 2011). *Clean Technology Universe AG*. (C. AG, Herausgeber) Abgerufen am 10. Dezember 2017 von Synthetisches Erdgas aus Holz: http://www.ctu.ch/uploads/documents/presse_pdfs/20111101_SwissEngineering-STZ.pdf
- ELIQUO STULZ GmbH. (kein Datum). *ELIQUO STULZ GmbH*. Abgerufen am 12. Dezember 2017 von Referenzen Klärwerk Nürnberg 1: <https://www.eliquostulz.com/de/referenzen-291.html?articles=klaerwerk-1-nuernberg>
- Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2016). Leitfaden Biogas. (F. f. V., Hrsg.) Gülzow - Prützen. Abgerufen am 10. Dezember 2017 von http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Leitfaden_Biogas_web_V01.pdf
- Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe*. (2016). Abgerufen am 10. Dezember 2017 von Faustzahlen: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen/>
- Heizungsfinder. (kein Datum). *Heizungsfinder*. Abgerufen am 10. Dezember 2017 von <https://www.heizungsfinder.de/bhkw/biogasanlage/substrate/faustzahlen>
- HS - Flensburg. (kein Datum). *Grundlagen der Holzvergasung*. Abgerufen am 10. Dezember 2017 von <https://hs-flensburg.de/ima/ret-projekte/Inhalt/Prinzip%20der%20Holzvergasung.htm>
- LiPRO Energy GmbH & Co. KG. (2017). *LiPRO Energy GmbH & Co. KG*. Abgerufen am 17. November 2017 von LiPRO Holz-Heizkraftwerk: <http://lipro-energy.de/de/lipro-holzkraftwerk/>
- M. Kaltschmitt, H. H. (2016). *Energie aus Biomasse*. Heidelberg: Springer - Verlag Berlin.
- N-ERGIE AG. (kein Datum). *Der N-ERGIE Kraftwerksstandort in Nürnberg-Sandreuth*. Abgerufen am 10. Dezember 2017 von <http://bit.ly/2BUQZmT>



N-ERGIE AG. (kein Datum). *Erneuerbare Energieen bei der N-Ergie*. Abgerufen am 10.

Dezember 2017 von <http://bit.ly/2z8EILO>

Sommer, W. (29. Juli 2002). *TU Wien*. Abgerufen am 10. Dezember 2017 von

Biomassekraftwerk in Güssing:

https://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news_detail/article/3436/

Stadtgemeinde Güssing. (kein Datum). *Güssing meine Stadt*. Abgerufen am 10. Dezember

2017 von <http://guessing.co.at/index.php/36-leereintrag>

TenneT TSO GmbH. (kein Datum). *Netztransparenz*. Abgerufen am 10. Dezember 2017 von

EEG Anlagestammdaten: <https://www.netztransparenz.de/EEG/Anlagenstammdaten>