



Kurzfristanalyse zu den Kostenentwicklungen von Biomasseanlagen

Im Rahmen der Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines
Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz

Stromerzeugung aus Biomasse sowie Klär-, Deponie- und Grubengas

Stand 13.02.2024

Erstellt durch:

Fraunhofer IEE
Joseph-Beuys-Straße 8, 34117 Kassel
Michael Beil, Julia Kasten, Lena Völlinger

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig
Jaqueline Daniel-Gromke, Tino Barchmann

ESE-Consult, Büro für EnergieSystemEffizienz
Peter-Rosegger-Str. 3, 86529 Schrobenhausen
Prof. Dr.-Ing. Uwe Holzhammer

Kosten der Stromerzeugung aus Biomasse
Kurzstellungnahmen

[AP 4]

[AP 7]

Februar 2024

Inhaltsverzeichnis

1.	HINTERGRUND DER STELLUNGNAHME.....	7
2.	AKTUELLE KOSTENSITUATION UND BISHERIGE ENTWICKLUNGEN	7
2.1.	Kapitalgebundene Kosten	8
2.2.	Verbrauchsgebundene Kosten	10
2.3.	Betriebsgebundene Kosten	22
2.4.	Sonstige Kosten.....	22
3.	ZUKÜNFTIGE KOSTENENTWICKLUNGEN	22
4.	BERECHNUNGEN DER STROMGESTEHUNGSKOSTEN FÜR BIOMASSE.....	23
4.1.	Biogas.....	24
4.2.	Biomethan.....	28
4.3.	Feste Biomasse (Holzhackschnitzel- HKW)	30
4.4.	Überblick Stromgestehungskosten - Biomassekonzepte.....	32
5.	FAZIT	33
6.	LITERATURVERZEICHNIS.....	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:Entwicklung des Preisindex für verfahrenstechnische Maschinen und Apparate (nach Destatis, 2024b).....	8
Abbildung 2-2:Entwicklung des Preisindex für Erzeugnisse aus Beton, Zement und Kalksandstein für den Bau (nach Destatis, 2024b)	9
Abbildung 2-3:Entwicklung des Preisindex für elektrische Transformatoren (nach Destatis, 2024b)	9
Abbildung 2-4:Mittlere Substratpreise ab Feld für die Substrate Silomais, Grassilage und Getreide-GPS in € pro Tonne Frischmasse der Erntejahre 2010 – 2018 und 2022. [Grafik IEE 2024 auf Basis von Fachverband Biogas e.V. Biogas Journale: 03/2011, 02/2012, 02/2013, 03/2014, 02/2015, 03/2016, 03/2017, 02/2018, 02/2019, 03/2023]	12
Abbildung 2-5:Mittlere Substratpreise frei Silo für die Substrate Silomais, Grassilage und Getreide-GPS in € pro Tonne Frischmasse der Erntejahre 2010 – 2018 und 2022. [Grafik IEE 2024 auf Basis von Fachverband Biogas e.V. Biogas Journale: 03/2011, 02/2012, 02/2013, 03/2014, 02/2015, 03/2016, 03/2017, 02/2018, 02/2019, 03/2023]	13
Abbildung 2-6:Relative Veränderung der mittleren Substratpreise ab Feld für die Substrate Silomais, Grassilage und Getreide-GPS in € pro Tonne Frischmasse der Erntejahre 2010 – 2018 und 2022 jeweils in Relation zum Referenzjahr 2010. [Grafik IEE 2024 auf Basis von Fachverband Biogas e.V. Biogas Journale: 03/2011, 02/2012, 02/2013, 03/2014, 02/2015, 03/2016, 03/2017, 02/2018, 02/2019, 03/2023].....	14
Abbildung 2-7:Relative Veränderung der mittleren Substratpreise frei Silo für die Substrate Silomais, Grassilage und Getreide-GPS in € pro Tonne Frischmasse der Erntejahre 2010 – 2018 und 2022 jeweils in Relation zum Referenzjahr 2010. [Grafik IEE 2024 auf Basis von Fachverband Biogas e.V. Biogas Journale: 03/2011, 02/2012, 02/2013, 03/2014, 02/2015, 03/2016, 03/2017, 02/2018, 02/2019, 03/2023].....	15
Abbildung 2-8:Entwicklung des Weizenpreises in Euro je t als 5-Jahresentwicklung (02/2019 – 01/2024) (Stand 30.01.2024) (finanzen.net GmbH, 2024).....	16
Abbildung 2-9: Biomethanpreisentwicklung 01/2022 – 01/2024 für Biomethan aus Wirtschaftsdüngern, Reststoffen und NawaRo (nach agriportance, 2024).....	18
Abbildung 2-10: Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln – Jahreswerte von 2010 bis 2023 (nach CARMEN. e.V., 2024).....	19

Abbildung 2-11: Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln – Quartalswerte von 2020 bis 2023 (nach CARMEN. e.V., 2024).....	20
Abbildung 2-12: Preisentwicklung Waldhackschnitzel (BMHKW > 1MW _{th}) von 2012 bis 2023 (nach EUWID, 2024)	20
Abbildung 2-13: Preisentwicklung Waldhackschnitzel (BMHKW > 1MW _{th}) – Quartalswerte von 2020 bis 2023 (nach EUWID, 2024)	21
Abbildung 2-14: Entwicklung der Brennstoffkosten von Öl, Gas und Pellets (Deutsches Pelletinstitut GmbH, 2024).	21
Abbildung 4-1:Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI 2067 (eigene Darstellung DBFZ, o.J.)	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Biogas-BHKW-Module, Kostensteigerungen 2023 ggü.2020 (BHKW-Infozentrum, vorläufige Daten, Stand 31.01.2024, Erhebung 2023 und 2020).....	10
Tabelle 2-2:	Erdgas-BHKW-Module, Kostensteigerungen 2023 ggü.2020 (BHKW-Infozentrum, vorläufige Daten, Stand 31.01.2024, Erhebung 2023 und 2020).....	10
Tabelle 2-3:	Einkaufspreise Biomethan als Durchschnittspreise für Biomethan aus NawaRo, Wirtschaftsdünger („Gülle“) und Bioabfall für langfristige Lieferverträge 2020, 2021, 2023 und einer nicht spezifizierten Vertragsdauer für 2019 in Cent pro Kilowattstunde (Brennwert H ₅) [Deutsche Energie-Agentur dena Branchenbarometer Biomethan: 2019, 2020, 2021, 2023]	17
Tabelle 4-1:	Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten, 510 kW Bemessungsleistung NawaRo-Biogasanlage, Neubau	25
Tabelle 4-2:	Mittlere Stromgestehungskosten für die Biogas-Neuanlage, 510 kW Bemessungsleistung, für 2023 im Vergleich zu 2026.....	26
Tabelle 4-3:	Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten, 510 kW Bemessungsleistung NawaRo-Biogasanlage, Bestand	26
Tabelle 4-4:	Mittlere Stromgestehungskosten für 2023 im Vergleich zu 2026 für die Bestands-Biogasanlage, 510 kW Bemessungsleistung.....	28
Tabelle 4-5:	Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten, 10 MW _{el} Biomethan-BHKW (hochflexibilisiert), Neubau.....	28
Tabelle 4-6:	Mittlere Stromgestehungskosten eines 10 MW Biomethan-BHKW mit IBN 2023 und 2026 (hochflexibilisiert), Neubau	29
Tabelle 4-7:	Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten, 4,8 MW _{el} Biomasseheizkraftwerk, Neubau, wärmegeführte Fahrweise.....	30
Tabelle 4-8:	Mittlere Stromgestehungskosten des Biomasseheizkraftwerkes, 4,8 MW _{el} , Neubau für IBN 2023 und IBN 2026.....	31
Tabelle 4-9:	Stromgestehungskosten der betrachteten Biomassekonzepte für IBN 2023 und IBN 2026 in ct/kWh _{el}	32

1. Hintergrund der Stellungnahme

Im Rahmen des Vorhabens wurde das Konsortium angefragt, eine Kurzfristanalyse zu den Kostensteigerungen von Biomasseanlagen zu erstellen.

Die vorliegende Kurzfristanalyse stellt eine Aktualisierung und Erweiterung der Stellungnahme von [2/2023 \(IEE 2023a\)](#) dar. Zur Bewertung der Kostensituation für Biomasseanlagen werden folgende Aspekte betrachtet:

- i) Darstellung der aktuellen Kostenlage und Rückschau auf die bisherigen Entwicklungen,
- ii) Abschätzung zukünftiger Kosten für Biomasseanlagen für die nächsten 3 Jahre,
- iii) Kostenberechnungen für Stromgestehungskosten nach Art der Biomasseanlage (IBN 2026).

Dabei wird nach den Kostenarten (kapitalgebundene, verbrauchsgebundene, betriebsgebundene und sonstige Kosten) sowie nach Art der Biomasseanlage (Biogas, Biomethan, Feste Biomasse) differenziert.

2. Aktuelle Kostensituation und bisherige Entwicklungen

Im Zuge der Energiekrise 2021/2022 haben sich Agrar- und Energiemärkte weltweit aber auch national verändert. Die starke Volatilität der Preise für Energie, Rohstoffe, landwirtschaftliche Agrargüter, als auch Lieferkettenprobleme (Verknappung des Angebots) sind wesentliche Gründe für den Anstieg der Preise. Die einzelnen Preise bestimmten somit die Kosten für die Strom- und Wärmeproduktion der Biomasseanlagen, wobei i. d. R. die Erlöse auf der Strom- und Wärmeseite nicht entsprechend stiegen.

Insgesamt sind die Kosten von Biomasseanlagen durch folgende Entwicklungen gekennzeichnet:

- stark steigende Energie- und Biomassekosten (land- und forstwirtschaftlicher Substrate)
- Kostensteigerungen vor allem bei Baustoffen wie Stahl, Kupfer oder Beton
- regelmäßige Reparatur und Instandhaltungsmaßnahmen verteuern sich, wobei das Kostenrisiko die Finanzierung für notwendige technische Weiterentwicklungen zusätzlich erschwert (höhere Finanzierungskosten)
- steigende Betriebskosten, insbesondere bei Betriebsmitteln (Schmieröle, Zündöle, Ad-Blue, Aktivkohle, usw.)
- lange Wartezeiten infolge angespannter Lieferketten und damit einhergehenden Preisanpassungen seitens der Hersteller (Nachfrage kann punktuell das Angebot übersteigen und Preisaufschläge durch Hersteller durchsetzbar werden)
- Kontinuierlich steigende Anforderungen an einzelne Komponenten (u.a. Messgerätereihe für BHKW, Gas – und Stromzähler zur Einhaltung gesetzlicher Vorgaben, Einhaltung von Emissions-Grenzwerten: z. B. NOx)

Aktuelle Herausforderungen bestehen nach wie vor aufgrund der extremen Volatilität und der Unsicherheiten über die Dauer des hohen Preisgefüges. Die beschlossenen staatlich befristeten Eingriffe wie bspw. die Gas- und Strompreisbremsen wirkten den Preisverwerfungen entgegen, sicherten den Unternehmen das betriebswirtschaftliche Überleben und milderten negative volkswirtschaftliche Folgen ab. Dennoch

spiegelt sich die Situation der letzten Jahre nun in einer entsprechenden Inflation wider, mit welcher ebenso die Biomasseanlagen - besonders aufgrund einer wenig veränderten Erlössituation - zu kämpfen haben.

2.1. Kapitalgebundene Kosten

Zu den kapitalgebundenen Kosten gehören die Investitionen in bauliche und technische Anlagenteile. Bei dem Weiterbetrieb von Bestandsanlagen sind regelmäßig Ersatzinvestitionen zu berücksichtigen, auch um Genehmigungsaufgaben zu erfüllen. Die folgenden Abbildungen verdeutlichen die aktuellen Preisanstiege für verfahrenstechnische Maschinen und Apparate (vgl. Abbildung 2-1), Baumaterialien (u. a. Beton, Zement) (vgl. Abbildung 2-2) und elektrische Transformatoren (vgl. Abbildung 2-3) nach destatis 2024b. Das Basisjahr wurde von destatis festgelegt und ist hier das Jahr 2015.

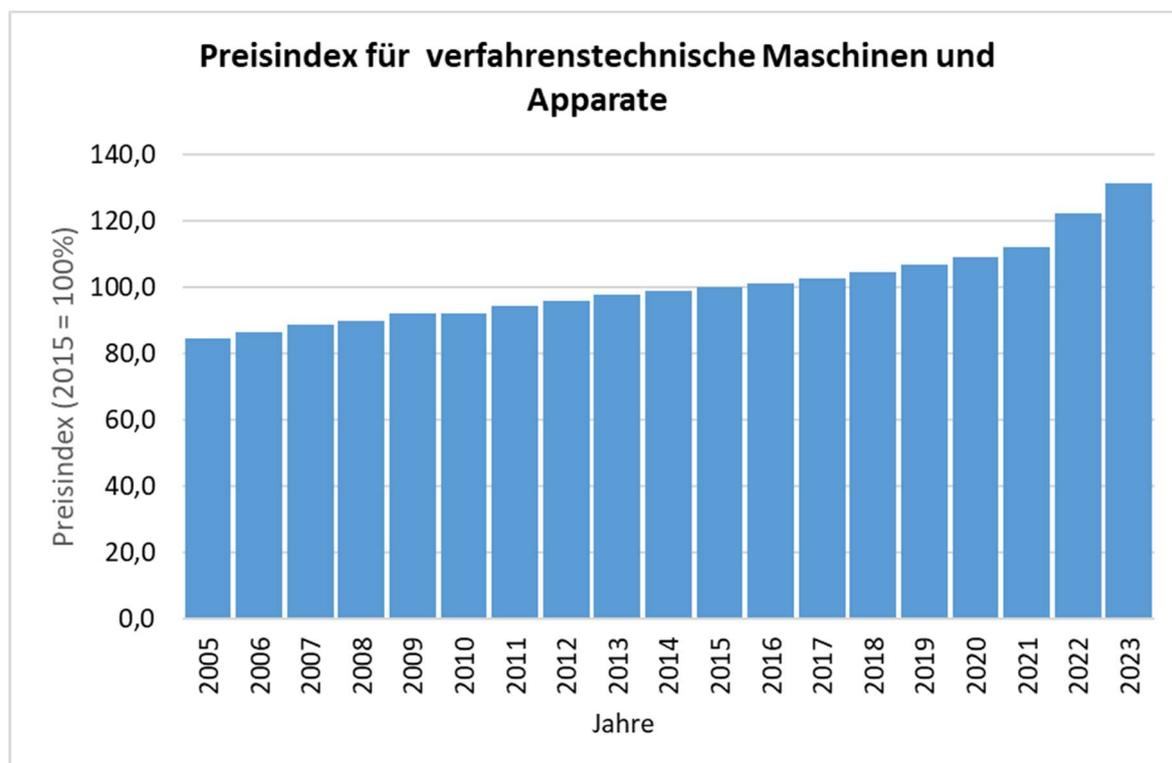


Abbildung 2-1: Entwicklung des Preisindex für verfahrenstechnische Maschinen und Apparate (nach Destatis, 2024b)

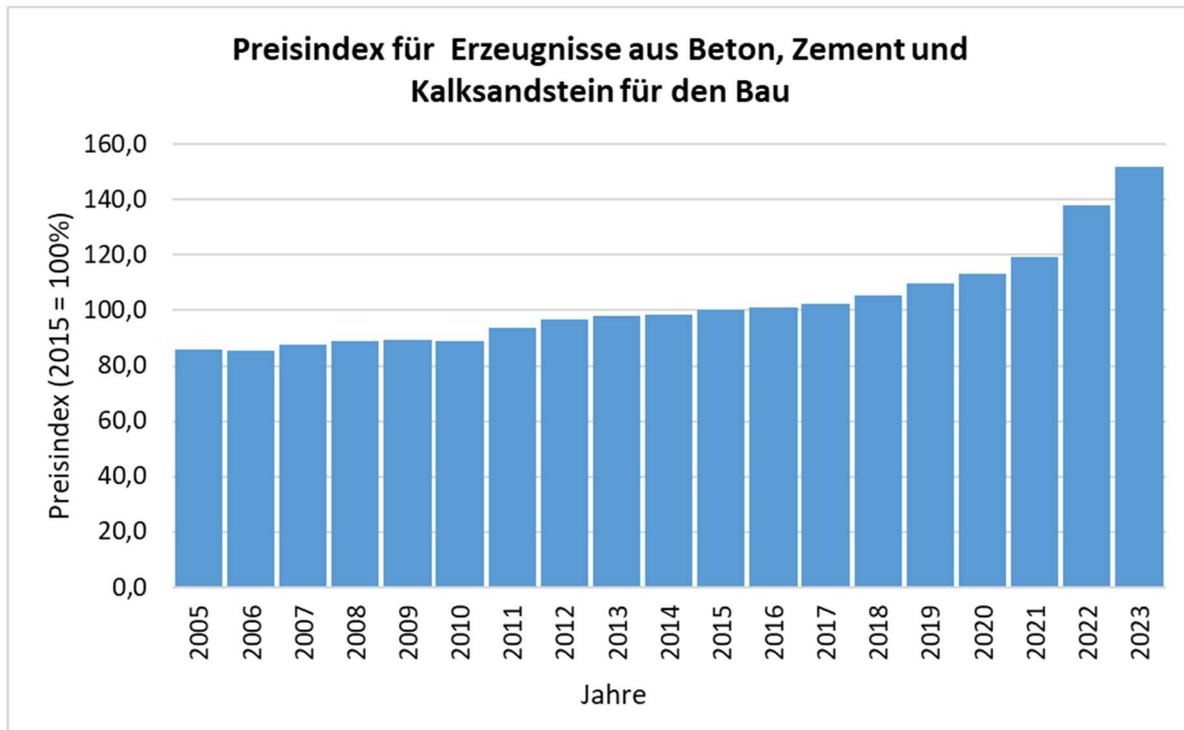


Abbildung 2-2: Entwicklung des Preisindex für Erzeugnisse aus Beton, Zement und Kalksandstein für den Bau (nach Destatis, 2024b)

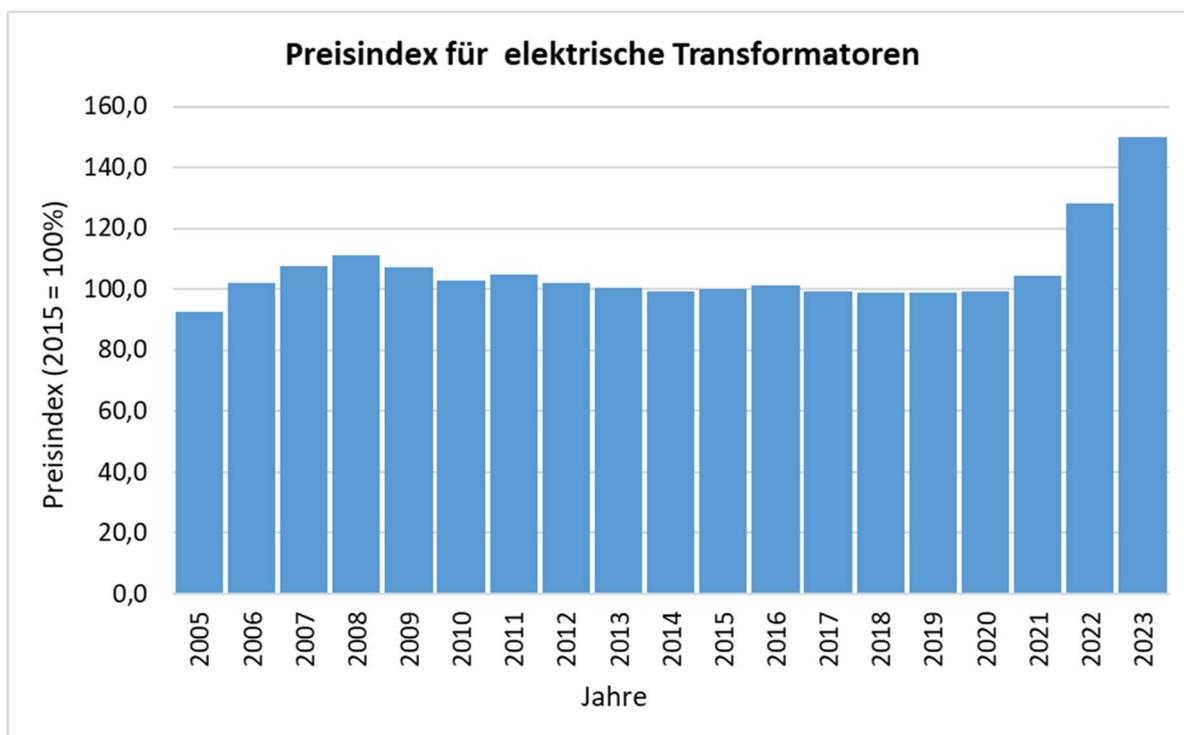


Abbildung 2-3: Entwicklung des Preisindex für elektrische Transformatoren (nach Destatis, 2024b)

Exemplarisch sind im Folgenden die Kostensteigerungen für BHKW-Module dargestellt. Nach Erhebungen des BHKW Infozentrums sind die Investitionen für BHKW-Module 2023 ggü. den Erhebungen in 2020 um rund 30 - 40 % für Biogas-BHKW-Module verschiedener Leistungsgrößen gestiegen (vgl. Tabelle 2-1). Für Erdgas-BHKW (relevant bei Einsatz von Biomethan, bilanziell) betragen die Kostensteigerungen von 2020 zu 2023 etwa 45 % (vgl. Tabelle 2-2). Die Daten für die Erhebung 2023 stellen nach Angaben des BHKW Infozentrums vorläufige Daten dar. Die Einbindungskosten der BHKW-Module variieren je nach Umfang und sind noch nicht verifiziert. Die Kosten für die Vollwartungsverträge sind in der Erhebung 2023 ggü. 2020 je nach Anlagenmodul um 10 - 30 % gestiegen.

Tabelle 2-1: Biogas-BHKW-Module, Kostensteigerungen 2023 ggü. 2020 (BHKW-Infozentrum, vorläufige Daten, Stand 31.01.2024, Erhebung 2023 und 2020)

Biogas-BHKW, kW _{el}	75 kW	150 kW	500 kW	750 kW	1000 kW	2000 kW
Modulkosten (inkl. Transport-IB)	26%	44%	40%	38%	37%	36%
Gesamtkosten BHKW (Modulkosten inkl. Transport und Einbindung (ohne Planung))	31%	40%	39%	38%	37%	36%
Vollwartungskosten	11%	16%	10%	13%	7%	15%

Tabelle 2-2: Erdgas-BHKW-Module, Kostensteigerungen 2023 ggü. 2020 (BHKW-Infozentrum, vorläufige Daten, Stand 31.01.2024, Erhebung 2023 und 2020)

Erdgas-BHKW, kW _{el}	500 kW	1000 kW	2000 kW
Modulkosten (inkl. Transport-IB)	45%	47%	32%
Gesamtkosten BHKW (Modulkosten inkl. Transport und Einbindung (ohne Planung))	45%	46%	
Vollwartungskosten	15%	20%	28%

2.2. Verbrauchsgebundene Kosten

Zu den verbrauchsgebundenen Kosten zählen Substratkosten und Energiekosten für den Anlagenbetrieb. Für die Biomassenanlagen wird im Folgenden daher die Entwicklung der Substratkosten bzw. Einsatzstoffe (vgl. Kap. 2.2.1) und die Stromkosten (vgl. Kap. 2.2.2) näher betrachtet.

2.2.1. Preisentwicklungen der Einsatzstoffe

Die verbrauchsgebundenen Kosten werden in erster Linie durch die Substratpreise der Einsatzstoffe bestimmt. So sind bei Biomassenanlagen i.d.R. 50 – 60 % der Gestehungskosten auf die Einsatzstoffe zurückzuführen. Die Betrachtung der letzten Jahre zeigt eine große Spannweite der Volatilität und der durchschnittlichen Preissteigerungen für typische Einsatzstoffe von Biomassenanlagen und Art der Ein-

satzstoffe und kann, insbesondere für Biogasanlagen, regional sehr unterschiedlich sein. Nach den bisherigen Höchstpreisen an den Agrarmärkten in 2022, konnte im Jahr 2023 ein moderates Absinken der Preise auf hohem Niveau beobachtet werden. Im Gegensatz zu den in den Abbildungen vorher beschriebenen Kostenkomponenten. Im Ergebnis bedeutet dies, dass die Volatilität und die durchschnittliche Höhe der Preise für die Einsatzstoffe etwas abnahm (im Vergleich zu 2021/2022). Die Märkte und die Akteure versuchen sich zunehmend auf die neue Situation einzustellen.

Das beschriebene durchschnittliche Preisniveau der Einsatzstoffe liegt allerdings nach wie vor relevant oberhalb des Niveaus vor 2021 (siehe v.a. Abbildung 2-8 Weizenpreisentwicklung). Der Rückgang gegenüber den Höchstpreisen ist auch durch die Witterung (milder Winter) und durch die staatlichen Sicherungsmaßnahmen zu begründen, was sehr deutlich zeigt, dass die Preisentwicklung durch politische Anstrengungen zum Teil beeinflussbar ist, aber auch auf nicht beeinflussbare Faktoren entsprechend sensibel reagiert. (IEE 2023a, Kostenanalyse Biomasse)

2.2.1.1. Preisentwicklung – Biogassubstrate

Der Fachverband Biogas e.V. führt seit dem Erntejahr 2010 eine Branchenbefragung zur Erfassung von Biogassubstrat-Preisen durch. Es handelt sich hierbei um die repräsentativste Datenlage zur Preisentwicklung von Biogassubstraten in Deutschland.

Die nachstehende Analyse dieser in 10 Beiträgen des Biogas Journals von 2011 bis 2023 veröffentlichten Daten bezieht sich auf die Erntejahre 2010 bis 2018 sowie 2022.

Es erfolgt hierbei eine Fokussierung auf die drei relevanten pflanzlichen Substrate Mais-Ganzpflanzensilage (Silomais), Gras-Ganzpflanzensilage (Grassilage) und Getreide-Ganzpflanzensilage (Getreide-GPS).

Aus Abbildung 2-4 bis Abbildung 2-7 gehen die mittleren Substratpreise ab Feld (ohne Ernte und Transport zum Silo) und frei Silo (incl. Ernte und Transport zum Silo) für diese Substrate hervor. Es wird bei dieser absoluten Darstellung der Kosten (in € pro t Frischmasse [€/t_{FM}]) bereits deutlich, dass sich die Preisentwicklung von 2010 bis 2018 relativ moderat darstellte, sowie im Zeitfenster 2018 bis 2022 einen deutlichen Preisauftrieb erfuhr.

Deutlich sichtbar wird diese Entwicklung auf den danach folgenden beiden Grafiken, welche die relativen Veränderungen zum Bezugsjahr 2010 darstellen.

Setzt man das Preisniveau 2022 in Relation zum Jahr 2018, ergeben sich folgende relative Preisveränderungen für pflanzliche Biogassubstrate:

- Silomais: 34 % – 41 %
- Grassilage: - 13 % – 27 %
- Getreide-GPS: 19 % – 31 %

Der Effekt signifikant angestiegener Preise stellt sich bei allen hier betrachteten Substraten „frei Silo“ dar – lediglich die Preisentwicklung des Substrates „Grassilage“ mit Bezug „ab Feld“ zeigt im Zeitraum 2018 – 2022 ein Absinken des Preisniveaus. Ursächlich hierfür könnte sein, dass eine Vermarktung von

Gräsern an andere Agrarmärkte nicht einfach möglich war und sich damit der Preisanstieg der Agrarmärkte insgesamt bei Gras nicht in der Form widerspiegelt wie bei Anbaubiomasse von Ackerflächen.

Für das Preisniveau 2022 in Relation zum Jahr 2018, ergeben sich folgende relative Preisveränderungen für Wirtschaftsdünger:

- Rindergülle: 6 %
- Rindermist: 66 %
- Geflügelmist / Hühnertrockenkot: 198 %

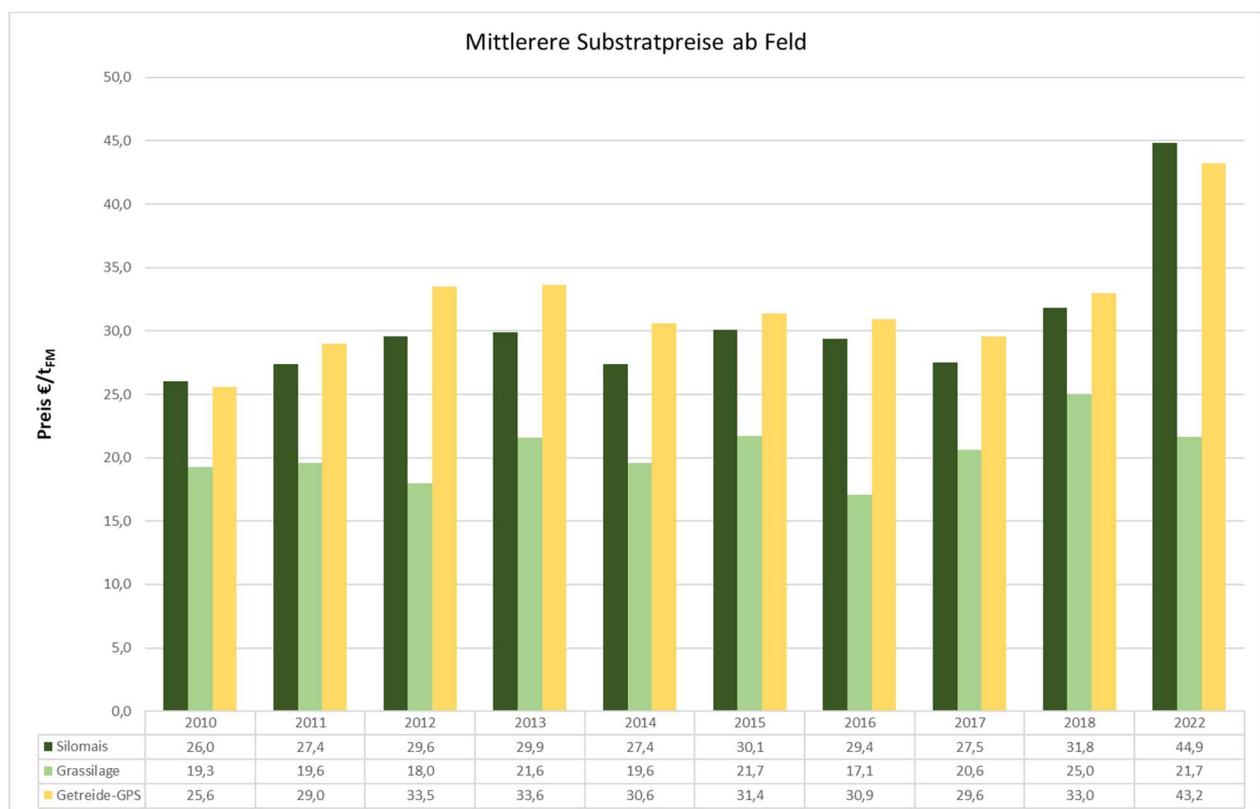


Abbildung 2-4: Mittlere Substratpreise ab Feld für die Substrate Silomais, Grassilage und Getreide-GPS in € pro Tonne Frischmasse der Erntejahre 2010 – 2018 und 2022. [Grafik IEE 2024 auf Basis von Fachverband Biogas e.V. Biogas Journale: 03/2011, 02/2012, 02/2013, 03/2014, 02/2015, 03/2016, 03/2017, 02/2018, 02/2019, 03/2023]



Abbildung 2-5: Mittlere Substratpreise frei Silo für die Substrate Silomais, Grassilage und Getreide-GPS in € pro Tonne Frischmasse der Erntejahre 2010 – 2018 und 2022. [Grafik IEE 2024 auf Basis von Fachverband Biogas e.V. Biogas Journale: 03/2011, 02/2012, 02/2013, 03/2014, 02/2015, 03/2016, 03/2017, 02/2018, 02/2019, 03/2023]

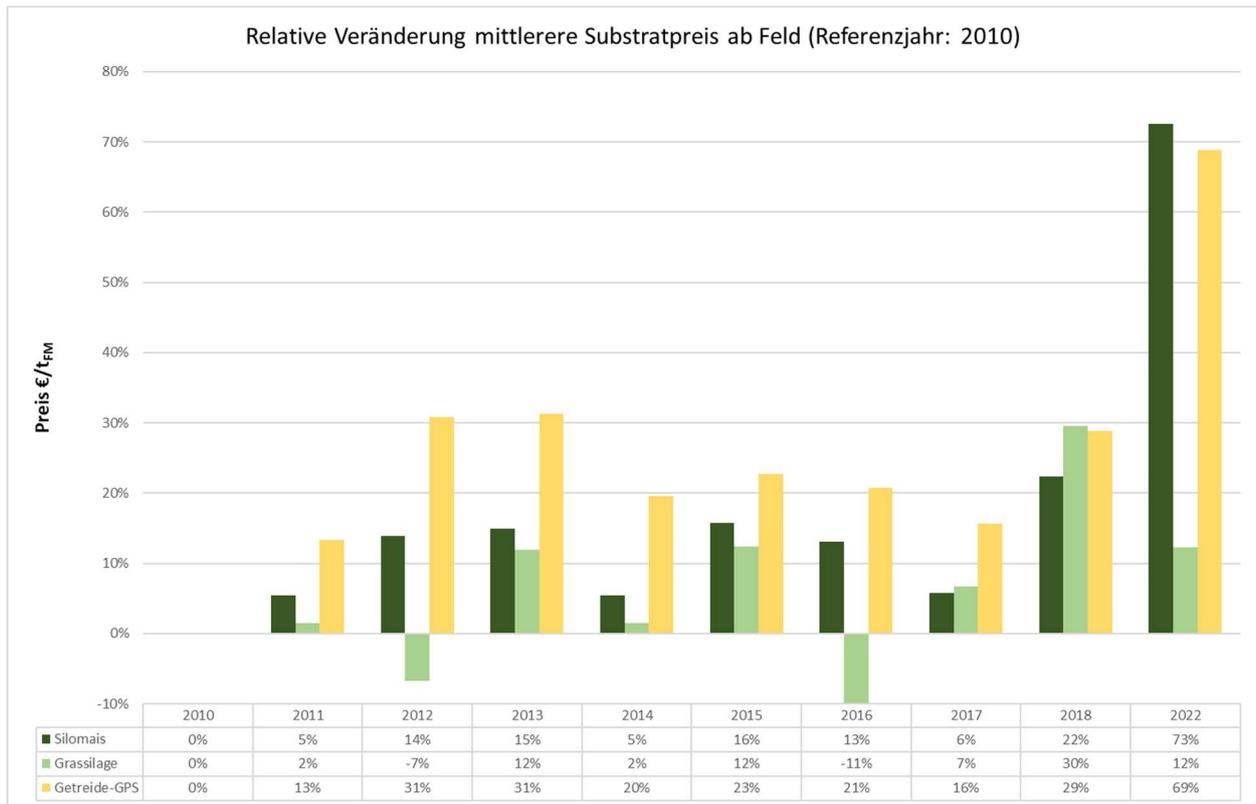


Abbildung 2-6: Relative Veränderung der mittleren Substratpreise ab Feld für die Substrate Silomais, Grassilage und Getreide-GPS in € pro Tonne Frischmasse der Erntejahre 2010 – 2018 und 2022 jeweils in Relation zum Referenzjahr 2010. [Grafik IEE 2024 auf Basis von Fachverband Biogas e.V. Biogas Journale: 03/2011, 02/2012, 02/2013, 03/2014, 02/2015, 03/2016, 03/2017, 02/2018, 02/2019, 03/2023]

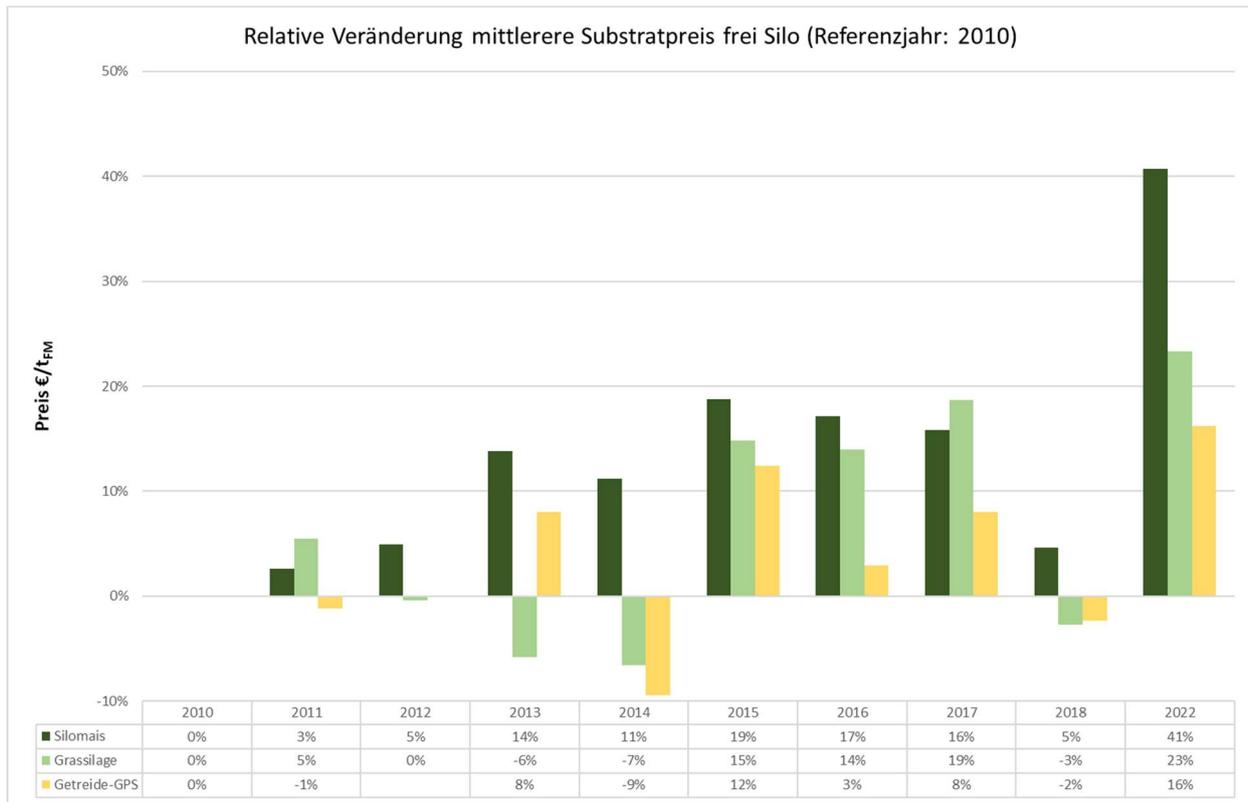


Abbildung 2-7: Relative Veränderung der mittleren Substratpreise frei Silo für die Substrate Silomais, Grassilage und Getreide-GPS in € pro Tonne Frischmasse der Erntejahre 2010 – 2018 und 2022 jeweils in Relation zum Referenzjahr 2010. [Grafik IEE 2024 auf Basis von Fachverband Biogas e.V. Biogas Journale: 03/2011, 02/2012, 02/2013, 03/2014, 02/2015, 03/2016, 03/2017, 02/2018, 02/2019, 03/2023]

Ergänzend zur direkten Betrachtung der Substratpreise lässt die Orientierung am Weizenpreis aufgrund des Gleichgewichtspreises für Maissilage (relativ zum Weizenpreis) analog Preissteigerungen für das Erntejahr 2022/2023 erwarten. Im Jahr 2021 wurde der Weizen mit einem Durchschnittspreis von 180 €/t gehandelt, wodurch sich aufgrund der Flächennutzungsoportunität ein Maispreis von ca. 40 - 50 €/t Frischmasse einstellte (vgl. IEE 2023a). Setzen Biogasanlagen andere Energiepflanzen (von Ackerflächen) ein, ist i.d.R. von höher liegenden Kosten pro Energieeinheit auszugehen.

Bedingt durch die Energiekrise lag der Weizenpreis im Jahr 2022 im Durchschnitt bei ca. 280 €/t. Aktuell (Stand 30.01.2024) liegt der Weizenpreis bei rd. 214 €/t (vgl. Abbildung 2-8), deutlich unter dem Höchstwert von 2022, jedoch höher im Vergleich zum Zeitraum vor dem 24. Februar 2022.



Abbildung 2-8: Entwicklung des Weizenpreises in Euro je t als 5-Jahresentwicklung (02/2019 – 01/2024) (Stand 30.01.2024) (finanzen.net GmbH, 2024)

2.2.1.2. Preisentwicklung – Biomethan

Der deutsche Biomethanmarkt hat seit ca. 2021 eine extreme Preisdynamik erfahren.

Stagnierten die Absatzmärkte für Biomethan über mehrere Jahre, resultierte sowohl aus dem Anreizmechanismus im Kraftstoffsektor in Verbindung mit einem sich abzeichnenden steigenden Marktbedarf für Gas als Kraftstoff eine in kurzer Zeit massiv gestiegene Zahlungsbereitschaft, insbesondere für Biomethan aus Wirtschaftsdüngern aber auch aus Bioabfall. Zusätzlich zu diesem Biomethanmarkt-spezifischen Effekt führte auch der steigende Erdgaspreis und die sich daraus ergebene zusätzliche Nachfrage nach Alternativen zu Erdgas zu einer Auswirkung auf die Preisbildung an den Biomethanmärkten.

Die Deutsche Energie-Agentur (dena) veröffentlicht im Branchenbarometer Biomethan seit 2019 jährliche Charts zu „Einkaufspreisen Biomethan“. In Tabelle 2-3 wird das oben beschriebene stabile Preisniveau bis 2021 deutlich.

Tabelle 2-3: Einkaufspreise Biomethan als Durchschnittspreise für Biomethan aus NawaRo, Wirtschaftsdünger („Gülle“) und Bioabfall für langfristige Lieferverträge 2020, 2021, 2023 und einer nicht spezifizierten Vertragsdauer für 2019 in Cent pro Kilowattstunde (Brennwert H₂) [Deutsche Energie-Agentur dena Branchenbarometer Biomethan: 2019, 2020, 2021, 2023]

Jahr	NawaRo	"Gülle"	Bioabfall
	ct/kWh _{H₂}	ct/kWh _{H₂}	ct/kWh _{H₂}
2019	7,1	7,8	5,9
2020	7,0	7,4	5,9
2021	6,9	7,6	6,2
2022			
2023	8,5	32,2	11

Im Vergleich 2023 zu 2020 werden folgende relative Preisanstiege deutlich:

- Biomethan aus NawaRo: 21 %
- Biomethan aus Wirtschaftsdüngern: 335 %
- Biomethan aus Bioabfall: 86 %

Bei den durch die dena veröffentlichten Biomethan-Preisen handelt es sich um eine Mischung aus Alt- und Neuverträgen. Daher liegt bei den Durchschnittswerten für 2023 ein niedrigeres Preisniveau vor, als in den nachstehend dargestellten Preis-Charts. Für NawaRo-Biomethan geht aus dem „Branchenbarometer Biomethan 2023“ der dena bspw. eine Bandbreite von 7,3 bis 17,0 ct/kWh_{H₂} hervor, wobei davon auszugehen ist, dass es sich bei Preisen im oberen Bereich dieser Bandbreite um Neuverträge und im unteren Bereich um Altverträge handelt.

Eine monatscharf aufgelöste Preisentwicklung stellt das Portal „Agriportance“ dar.

Nachstehende Abbildung 2-9 stellt die monatliche Biomethanpreisentwicklung im Zeitraum 01/2022 – 01/2024 für Biomethan aus Wirtschaftsdüngern, Reststoffen und NawaRo dar.

Sie zeigt sowohl das Erreichen der Höchstniveaus der Preise im III. und IV. Quartal 2022 für die drei dargestellten Biomethanarten als auch das danach stattfindende kontinuierliche Absinken der Preise.

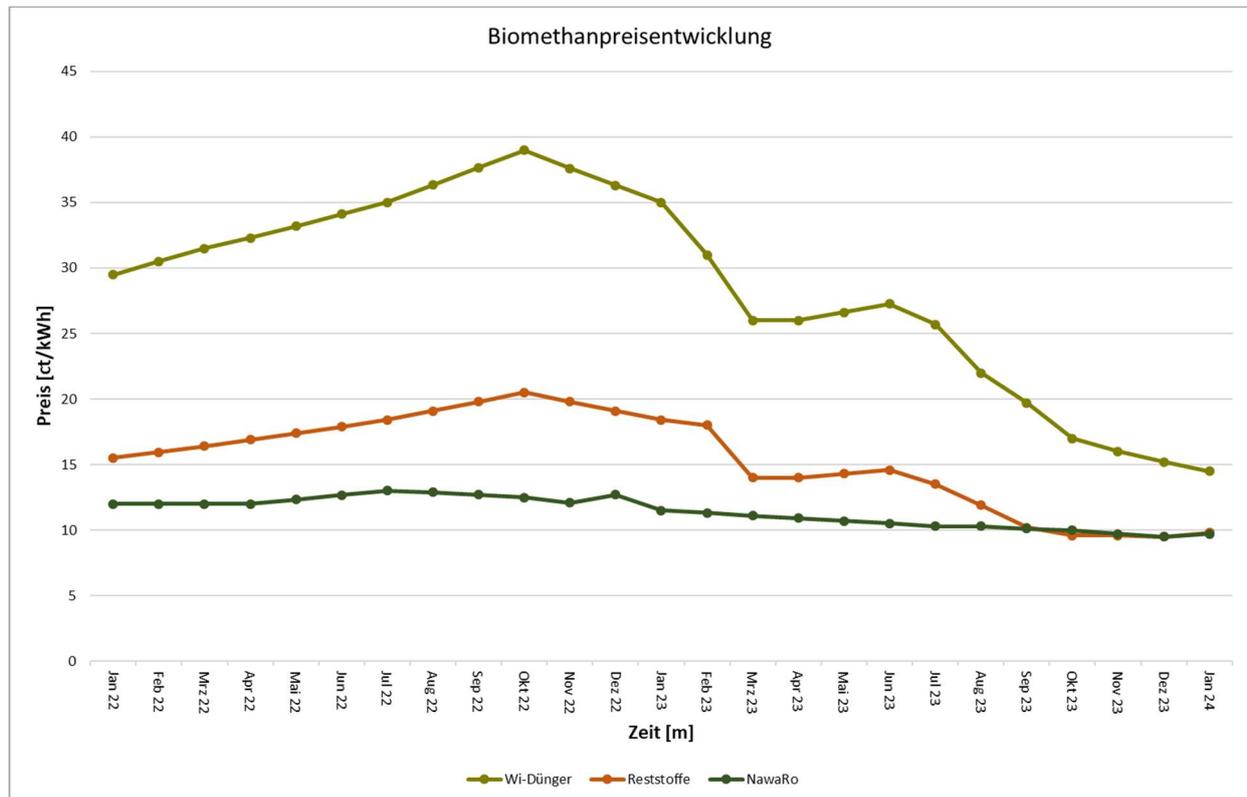


Abbildung 2-9: Biomethanpreisentwicklung 01/2022 – 01/2024 für Biomethan aus Wirtschaftsdüngern, Reststoffen und NawaRo (nach agriportance, 2024)

Gemäß obenstehender Grafik zeichnet sich derzeit eine Bodenbildung des Preises für Biomethan aus NawaRo und Reststoffen im Bereich von ca. 10 ct/kWh_{H5} ab.

Preissteigerung für NawaRo- und Reststoff-Biomethan seit 2020:

- Wird der Marktpreis von NawaRo-Biomethan aus 01/2024 der Quelle „Agriportance“ i. H. v. 9,7 ct/kWh_{H5} in Relation zum Durchschnittspreis für NawaRo-Biomethan in 2020 aus dem Branchenbarometer Biomethan der dena i. H. v. 7,0 ct/kWh_{H5} gesetzt, ergibt sich hieraus eine **Preissteigerungsrate von 39 %**.
- Auf Basis beider Datensätze ergibt sich für Biomethan aus Reststoffen eine **Preissteigerungsrate von 66 %**.

2.2.1.3. Preisentwicklungen - Feste Biomasse

Im Bereich der festen Biomasse zeigen die Preisentwicklungen nach dem Centralen Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk (C.A.R.M.E.N. e.V.) ebenfalls einen Kostenanstieg für Waldhackschnitzel, beginnend ab dem Jahr 2021 (vgl. Abbildung 2-11). Seit dem Jahr 2003 führt der C.A.R.M.E.N. e.V. in jedem Quartal eine Datenerhebung zur Preisentwicklung von Waldhackschnitzeln durch, an der alle gewerblichen Anbieter und Verbraucher von Waldhackschnitzeln in Deutschland teilnehmen können. Nach eigenen Angaben erhält C.A.R.M.E.N. e.V. hierbei rund 60 detaillierte Rückmeldungen von Firmen, welche die Basis für die veröffentlichte Marktpreisentwicklung darstellen.

Der durchschnittliche Preis für Waldhackschnitzel mit einem Wassergehalt von 35 % (WG 35) lag im Jahr 2023 bei 95,10 €/t netto und mit einem Wassergehalt von 20 % (WG 20) bei 139,76 €/t netto (vgl. Abbildung 2-10). Im Jahr 2020 betrug die Nettopreise im Durchschnitt 65,32 €/t für die Kategorie WG 35 und 102,19 €/t für WG 20. Ein Vergleich der Jahre 2020 und 2023 ergibt eine Preissteigerung von 37 % für Hackschnitzel mit den niedrigeren und 46 % für den höheren Wassergehalt.

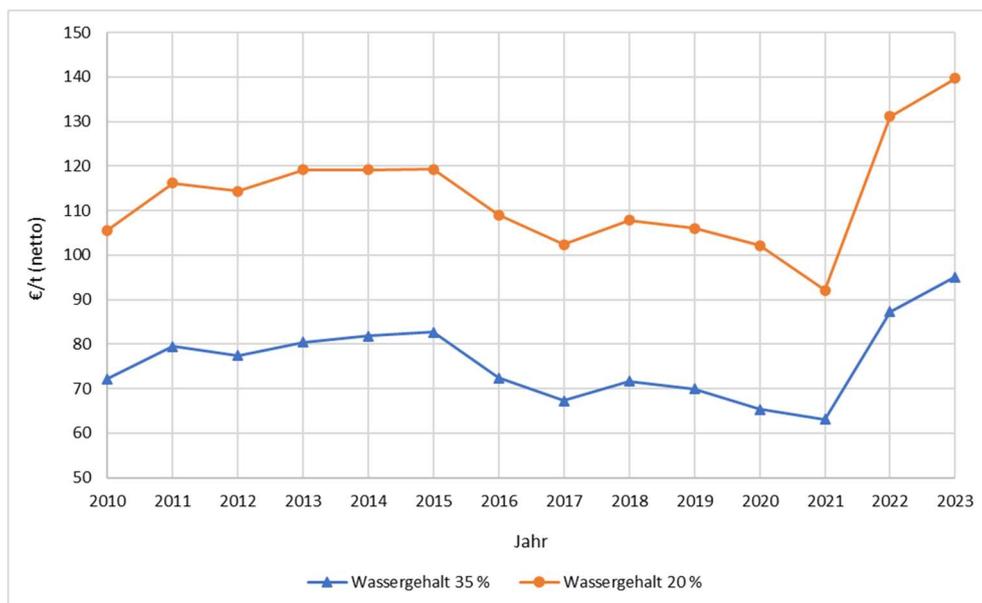


Abbildung 2-10: Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln – Jahreswerte von 2010 bis 2023 (nach C.A.R.M.E.N. e.V., 2024)

Abbildung 2-11 zeigt, dass die Preise der Waldhackschnitzel im ersten respektive zweiten Quartal 2023 zunächst ihren Höchstwert erreichten und seither einen rückläufigen Trend aufweisen.

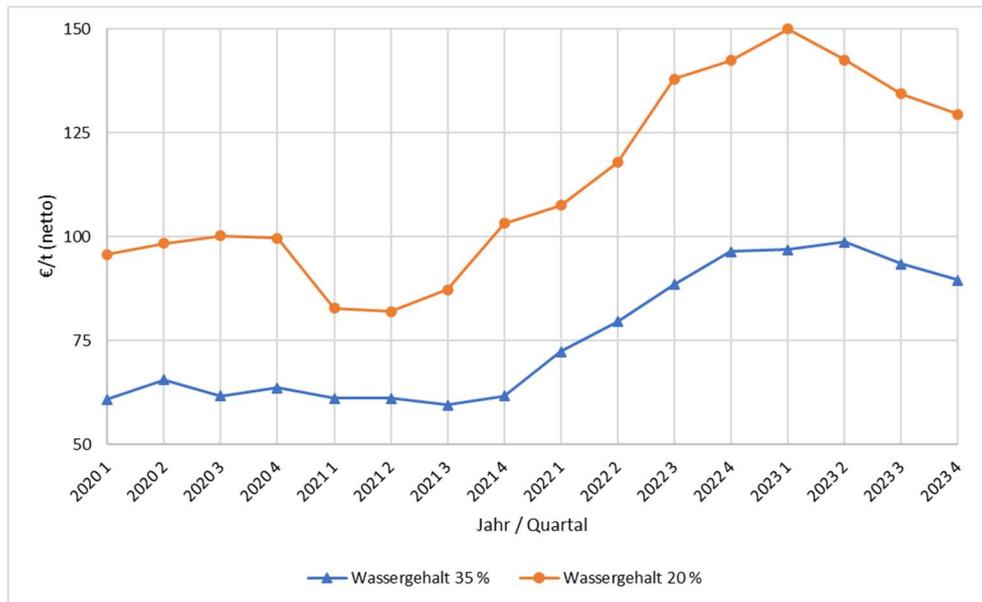


Abbildung 2-11: Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln – Quartalswerte von 2020 bis 2023 (nach CAR-MEN. e.V., 2024)

Eine ähnliche Tendenz weisen die Daten des Europäischen Wirtschaftsdienstes GmbH (EUWID) auf (vgl. Abbildung 2-12 und Abbildung 2-13). Auch hier ist ein deutlicher Anstieg des Preises zu erkennen. Im Jahr 2023 lag der Preis ohne Mehrwertsteuer im Durchschnitt bei 120 € pro Tonne, während er im Jahr 2020 etwa 64 € pro Tonne betrug.

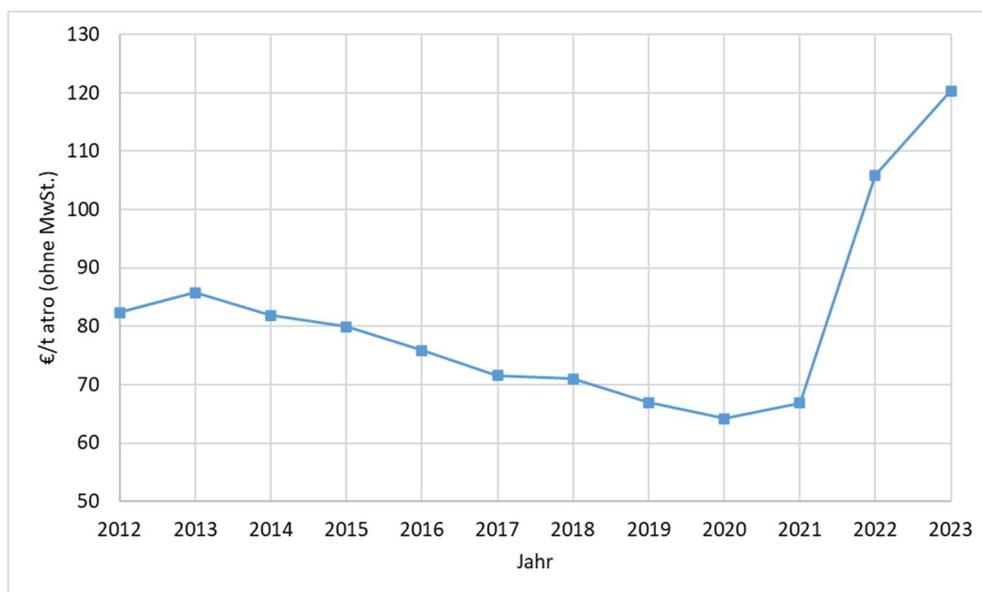


Abbildung 2-12: Preisentwicklung Waldhackschnitzel (BMHKW > 1MW_{th}) von 2012 bis 2023 (nach EUWID, 2024)

Wie in Abbildung 2-13 zu erkennen, erreichte der Hackschnitzelpreis im ersten Quartal 2023 seinen Höchstwert, wies im zweiten und dritten Quartal 2023 einen rückläufigen Trend auf und stieg im vierten Quartal erneut leicht an.

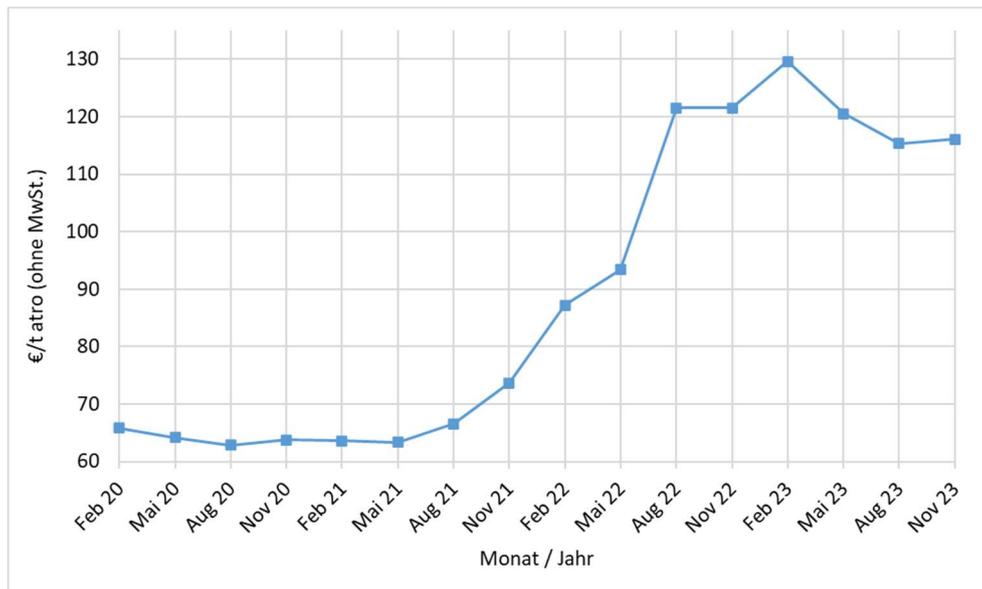


Abbildung 2-13: Preisentwicklung Waldhackschnitzel (BMHKW > 1MW_{th}) – Quartalswerte von 2020 bis 2023 (nach EUWID, 2024)

Ergänzend sind die Preisentwicklungen für feste Biomasse nach dem Deutschen Pelletinstitut (DEPI) für Holzpellets in Abbildung 2-14 dargestellt. Bedingt durch die Energiekrise zeigt sich auch hier der Kostenanstieg in 2021/2022 und die abfallende Entwicklung in 2023 – jedoch auf höherem Niveau im Vergleich zu 2020.

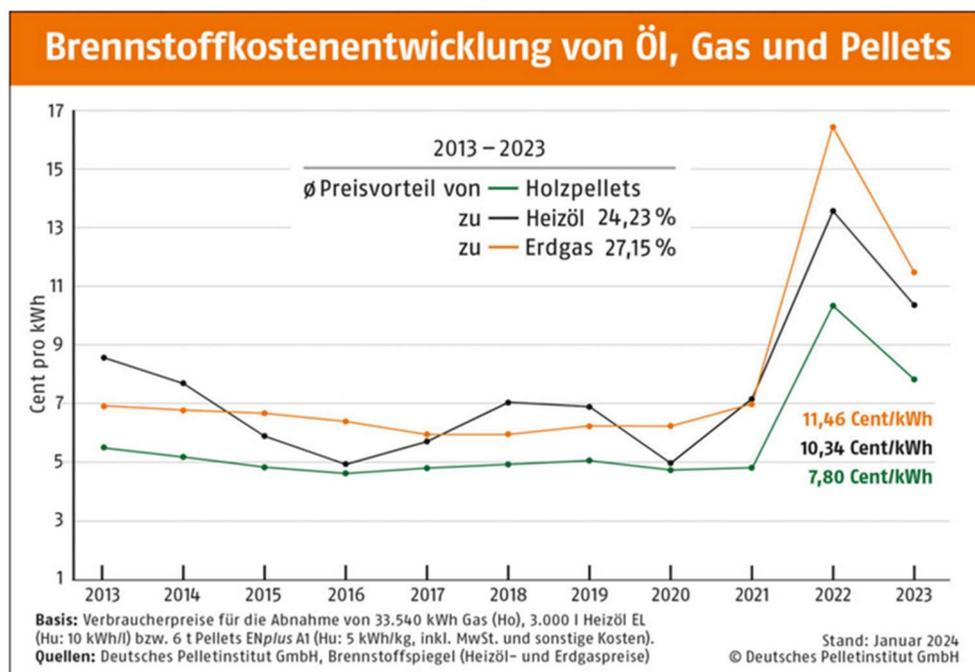


Abbildung 2-14: Entwicklung der Brennstoffkosten von Öl, Gas und Pellets (Deutsches Pelletinstitut GmbH, 2024).

2.2.2. Strompreiseentwicklung

Für die Strompreise wurden Annahmen nach (Prognos, 2023) zu Grunde gelegt; diese entsprechen Endkundenstrompreisen für Industrieannehmer in der Größe von Biomasseanlagen mit 26 ct/kWh_{el} im Mittel für 2023 (vgl. IEE 2023b Endbericht).

2.3. Betriebsgebundene Kosten

Unter betriebsgebundene Kosten fallen nach VDI 2067 in erster Linie die Instandhaltungskosten und Personalkosten.

Für die Darstellung aktueller Personalkosten wird das Datenpapier (KTBL, 2024) zu Lohnansätzen (u. a. für Beschäftigte oder Betriebsleiter) zu Grunde gelegt. Eine Prognose, bzw. Historie ist dabei in dem genannten Datenpapier nicht enthalten. Für die Arbeitszeiten auf Biogasanlagen nutzt KTBL Daten aus Arbeitszeiterfassungen. Die angenommenen Netto-Arbeitszeitbedarfe sind anlagenspezifische Werte, die sich für die Biogaserzeugung aus der Bemessungsleistung, der Fermenteranzahl und dem Substratmanagement zusammensetzen.

Kostenanstiege sind auch bei den Lohnkosten zu verzeichnen. So betragen beispielsweise die effektiven Lohnkosten für Betriebsleiter zum 01.01.2024 29,58 Euro je Stunde (KTBL, 2024). Für die Lohnentwicklung bis 2026 wird ergänzend die Lohnsteigerung in 2024 nach (Garnitz und Schaller, 2023) sowie für 2025 analog zur Inflationsprognose (harmonisierter Verbraucherpreisindex) mit 2,5 % (Deutsche Bundesbank, 2023) zu Grunde gelegt.

2.4. Sonstige Kosten

Unter den sonstigen Kosten werden bei Wirtschaftlichkeitsbewertungen sonstige Kostenpositionen gefasst, u.a. Versicherung (ohne Vollwartungsvertrag BHKW), Verwaltung, ggf. Unvorhergesehenes. Die Inflation wird über den preisdynamischen Annuitätenfaktor in jeder einzelnen Kostengruppe separat abgebildet und ist mit 2 % für diese Kostengruppe festgelegt ab 2026 lt. VDI 2067.

3. Zukünftige Kostenentwicklungen

In Bezug auf die deutsche Volkswirtschaft betrug die Gesamtinflation 2023 insgesamt 5,9 Prozent (Destatis, 2024a). Die Deutsche Bundesbank rechnet mit einem schrittweisen Rückgang der Inflation von ca. 2,7 % in 2024 auf 2,5 % im Jahr 2025 (Deutsche Bundesbank, 2023).

Für die Entwicklung der Strompreise werden Annahmen nach (Prognos, 2023) zu Grunde gelegt (entspricht Endkundenstrompreisen für Industrieannehmer in der Größe von Biomasseanlagen mit 26 ct/kWh_{el} im Mittel für 2023 bzw. 27 ct/kWh_{el} für 2026). Anzumerken ist, dass bei den Prognos-Daten 2023 (welche die Grundlage für die Preisprognose für 2026 sind) für das Jahr 2026 noch keine Steigerungen der Netzentgelte von 2023 (ca. 3,31 ct/kWh_{el}) berücksichtigt sind. Weitere Kostensteigerungen im Bereich Strom könnten sich zukünftig aus dem stärkeren Netzausbau ergeben.

Den Kostensteigerungen für Biomasseanlagen stehen nur zum Teil höhere Erlöse aus dem Verkauf der Energie (Strom, Wärme, Gas) und der Gärprodukte als Dünger gegenüber. Da auch diese Märkte einer erheblichen Volatilität unterliegen, ist eine verlässliche Abschätzung der weiteren Entwicklung mit sehr großen Unsicherheiten behaftet. Es ist anzunehmen, dass derzeit die Kostensteigerungen nicht in gleichem Umfang durch die höheren Erlöse kompensiert werden können, da z.B. die Kostensteigerungen unmittelbar zahlungswirksam werden, während einzelne Erlösoptimierungen aufgrund längerer Vorlaufzeiten und Abhängigkeiten (u.a. Lieferverträge, Marktabnehmer) erst zeitverzögert in der Zukunft wirksam werden. Zudem liegt auch der anzulegende Wert (relevant für die Stromerlöse) i.d.R. über den Erlösen am Strommarkt, wodurch die Summe der Erlöse Marktprämie und Strommarkterlöse nicht steigen.

Die Entwicklung der Substratpreise lässt sich schwer abschätzen. Für die Kostenberechnungen für Biogassubstrate wird angenommen, dass die spezifischen Substratkosten frei Fermenter bis 2026 gegenüber 2023 nicht signifikant sinken, sondern auf einem konstant hohen Niveau-Korridor verbleiben.

Holzartige Biomasse dagegen ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht im Vergleich zu Biogassubstraten transportwürdiger, wodurch ein größeres überregionales Angebot für Biomasseanlagen nutzbar ist. Aufgrund dieses größeren möglichen Bezugsgebietes wird angenommen, dass sich für die Betrachtung 2026 ein Preisniveau in der Größenordnung von 2020 einpendelt. Für das Biomasseheizkraftwerk mit IBN 2026 wurde daher mit einem Hackschnitzelpreis von rd. 102 €/t (20% Wassergehalt) das Preisniveau von 2020 nach CARMEN 2024 zu Grunde gelegt.

Eine genaue Prognose der mittelfristigen Preisentwicklungen von Biomethan ist aktuell, mindestens für die bislang für den Kraftstoffmarkt relevanten Biomethan-Qualitäten (Biomethan aus Wirtschaftsdüngern als auch aus Reststoffen), aufgrund des immer noch sehr dynamischen Marktumfeldes nicht verlässlich möglich.

Insbesondere für Biomethan aus Wirtschaftsdüngern, für welches in den letzten Jahren sehr hohe Zahlungsbereitschaften (aufgrund des THG-Quotenhandels) im Kraftstoffsektor vorlagen, herrscht durch die aktuelle Diskussion um die zukünftige Anwendbarkeit der bilanziellen Teilbarkeit eine große Verunsicherung im Markt, die sich derzeit in den weiter sinkenden Marktpreisen widerspiegelt.

Für die derzeit für den EEG-Sektor relevanteste Biomethan-Qualität „Biomethan aus NawaRo“ zeigt sich aktuell eine Seitwärtsbewegung der Marktpreise um 10 ct/kWh_{H₂}. Sollte es zu keinen extremen Marktbeeinflussungen kommen (z. B. Gasmangellage, signifikante Preisveränderungen der Agrarmärkte, etc.), kann davon ausgegangen werden, dass sich der Preis für NawaRo-Biomethan in einem kurz- bis mittelfristigen Horizont in einem Korridor von ca. 10 % bis 20 % um 10 ct/kWh_{H₂} einpendeln wird.

4. Berechnungen der Stromgestehungskosten für Biomasse

Für Biomasse werden folgende Anlagentypen betrachtet:

- (1) Biogasanlage: 510 kW Bemessungsleistung, 70 % Anbaubiomasse (mit 30 Masseprozent Mais-silage), 30 % Wirtschaftsdünger (Neu- und Bestandsanlage)
- (2) Biomethananlage: Biomethan-BHKW 10 MW_{el} (Neuanlage)
- (3) Feste Biomasseanlage: Heizkraftwerk mit Holzhackschnitzel 4,8 MW_{el} (Neuanlage)

Die Berechnung der Stromgestehungskosten für die Biomasseanlagen erfolgen für 2023 unter Berücksichtigung der aktuellen Kostensituation und für 2026 als Abschätzung der Kostenentwicklungen auf Basis der vorangegangenen Überlegungen und Ausführungen. Gegenüber den bisherigen Kostenberechnungen (vgl. IEE 2023b) wurden die Kostensteigerungen der BHKW-Module und die Anpassung des Mischzinssatzes auf 5 % für alle Biomasseanlagenkonzepte mit einem Eigenkapitalanteil von 25 % resp. Fremdkapitalanteil 75 % berücksichtigt.

Die Gesamtkosten der Biomasseanlagen setzen sich aus den kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen sowie sonstigen Kosten für Bau, Betrieb und entsprechende Erweiterungen der betrachteten Modellanlagen zusammen. Diesen Kosten stehen Erlöse aus dem Verkauf von Strom, Wärme und gegebenenfalls Erlösen für weitere (Neben-)Produkte wie Gärprodukte gegenüber.

Eine Übersicht über die Zuordnung der einzelnen Kostenpositionen zu den jeweiligen Kostenarten der angewendeten Berechnungsmethode ist in Abbildung 4-1 dargestellt.

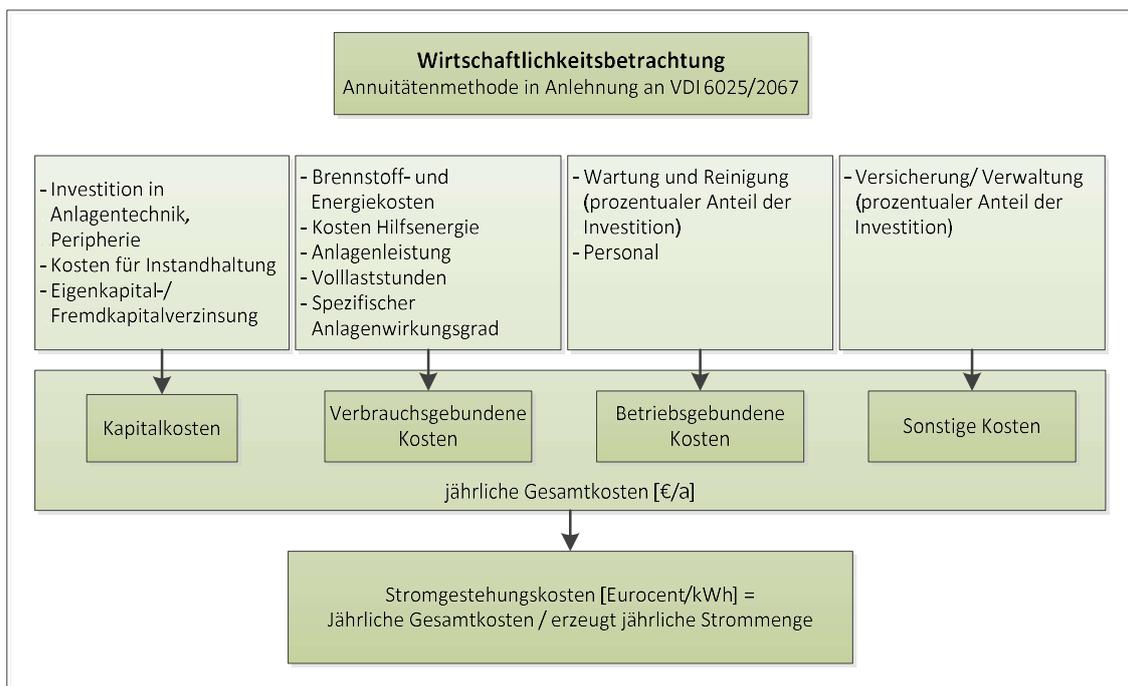


Abbildung 4-1: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI 2067 (eigene Darstellung DBFZ, o.J.)

4.1. Biogas

Für Biogas werden zwei Anlagenkonzepte modellhaft betrachtet: i) Neuanlage und ii) Bestandsanlage mit Weiterbetrieb durch erfolgreiche Teilnahme an den Biomasse-Ausschreibungen.

4.1.1. Biogas (Neuanlage)

Das Anlagenkonzept umfasst eine Biogasanlage als Neuanlage mit 510 kW_{el} Bemessungsleistung (entspricht 45 % der installierten Leistung von 1.135 kW_{el}), Nassfermentation und Vor-Ort-Verstromung des Biogases im BHKW (2 Gas-Otto-Motoren: 500 kW_{el} und 635 kW_{el}) im KWK-Betrieb mit flexibler Fahrweise. Als Einsatzstoffe werden 70 % Anbaubiomasse und 30 % Rindergülle (massebezogen) angenommen. Für das Konzept mit Inbetriebnahme 2026 ist der Maisdeckel von 30 % (statt 40 %) berücksichtigt. Sofern ein Zuschlag zu einem Gebot in 2024 oder 2025 erfolgt, sind nach EEG 2023 maximal 35 Masseprozent Maissilage möglich.

Die Annahmen für die Berechnungen sind nachfolgend in Tabelle 4-1 im Überblick dargestellt.

Tabelle 4-1: Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten, 510 kW Bemessungsleistung Na-waRo-Biogasanlage, Neubau

Parameter	Einheit	Wert 2023	Wert 2026	Quelle / Anmerkungen
Inbetriebnahme		1.1.2023	1.1.2026	-
Kalkulatorische Nutzungsdauer	Jahre	20	20	-
Volllaststunden	h/a	3.942	3.942	Nach EEG 2023: Bemessungsleistung entspricht 45 % der installierten elektrischen Anlagenleistung
Spezifischer Invest inkl. Flexibilisierung	€/kW Bemessungsleistung	7.521	8.517	Inkl. Planung/Projektierung (8% bez. auf Invest); 2023: spezifischer Invest Biogas-BHKW nach BHKW Infozentrum 2023; ggü. 2020 40% Kostensteigerung angenommen; 2026: Angepasst nach Destatis, 2024b sowie Deutsche Bundesbank, 2023;
Strombezugskosten (Mittelwert, nominal)	ct/kWh _{el}	26,7	27,2	Mittelwert, nominale Preise Gewerbe; jährlich wechselnde Werte nach Prognos, 2023
Effektive Lohnkosten	€/h	30	31,74	KTBL, 2024; Lohnsteigerung 2024 nach Garnitz und Schaller, 2023; Lohnsteigerung 2025 nach Deutsche Bundesbank, 2023
Eigenkapitalzins	%	8	8	konstant
Eigenkapitalanteil	%	25	25	konstant
Fremdkapitalzins	%	4	5,51	KfW, 2024; KfW-Programm EE-Standard 270 mit 20/3/20;

Fremdkapitalanteil	%	75	75	konstant
Kosten Maissilage	€/t _{FM}	50	50	Annahme 2026: analog 2023
Mengenmäßiger Einsatz Maissilage	%	40	30	Reduzierung des Maisansatzes auf 30 Masseprozent gemäß § 39i Absatz 1 Satz 3 EEG.
Kosten Rindergülle	€/t _{FM}	3,04	3,20	2023: Nach Fachverband Biogas e.V. 2023; 2026: inkl. Kostensteigerung
Wärmeerlöse	ct/kWh _{th}	3,0	3,16	3 ct/kWh _{th} für 2023 frei BHKW-Flansch angenommen, für 2026 lediglich Inflation nach Deutsche Bundesbank, 2023 berücksichtigt; perspektivisch höhere Wärmeerlöse zu erwarten

Die ermittelten Stromgestehungskosten (mit und ohne Wärmeerlöse) für eine Inbetriebnahme zum 1.1.2023 im Vergleich zu 1.1.2026 sind in Tabelle 4-2 für 2023 und 2026 vergleichend dargestellt.

Tabelle 4-2: Mittlere Stromgestehungskosten für die Biogas-Neuanlage, 510 kW Bemessungsleistung, für 2023 im Vergleich zu 2026

Parameter	2023	2026
Stromgestehungskosten (ohne Wärmegutschriften), ct/kWh _{el}	31,52	33,76
Stromgestehungskosten (inkl. Wärmegutschriften), ct/kWh _{el}	29,95	32,11

4.1.2. Biogas (Bestandsanlage)

Das Anlagenkonzept umfasst eine Biogas-Bestandsanlage mit 510 kW_{el} Bemessungsleistung (entspricht 45% der installierten Leistung von 1.135 kW_{el}), Nassfermentation und Vor-Ort-Verstromung des Biogases im BHKW (2 Gas-Otto-Motoren: 500 kW_{el} und 635 kW_{el}) im KWK-Betrieb mit flexibler Fahrweise mit einer Laufzeit von weiteren 10 Jahren. Als Einsatzstoffe werden 70 % Anbaubiomasse und 30 % Rindergülle (massebezogen) angenommen. Für das Konzept mit Inbetriebnahme 2026 ist ein Maisdeckel von 30 % (statt 40 %) berücksichtigt.

Die Annahmen für die Berechnungen sind in Tabelle 4-3 im Überblick dargestellt.

Tabelle 4-3: Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten, 510 kW Bemessungsleistung Na-waRo-Biogasanlage, Bestand

Parameter	Einheit	Wert 2023	Wert 2026	Quelle / Anmerkungen
-----------	---------	-----------	-----------	----------------------

Inbetriebnahme		1.1.2023	1.1.2026	-
Kalkulatorische Nutzungsdauer	Jahre	10	10	-
Volllaststunden	h/a	3.942	3.942	EEG 2023: Bemessungsleistung entspricht 45 % der installierten elektrischen Anlagenleistung
Spezifischer Invest für 10-jährige Laufzeitverlängerung	€/kW Bemessungsleistung	2.256	2.555	2023: spezifischer Invest Biogas-BHKW nach BHKW Infozentrum 2023; ggü. 2020 40% Kostensteigerung angenommen; 2026: Angepasst nach Destatis, 2024b sowie Deutsche Bundesbank, 2023;
Retrofitfaktor	%	30	30	Bezogen auf Anfangsinvest: höherer Retrofitfaktor, da höhere Anforderungen und Kostenerhöhungen
Strombezugskosten (Mittelwert, nominal)	ct/kWh _{el}	25,9	25,0	Mittelwert, nominale Preise Gewerbe; jährlich wechselnde Werte nach Prognos, 2023
Effektive Lohnkosten	€/h	30	31,74	KTBL, 2024; Lohnsteigerung 2024 nach Garnitz und Schaller, 2023; Lohnsteigerung 2025 nach Deutsche Bundesbank, 2023
Eigenkapitalzins	%	8	8	konstant
Eigenkapitalanteil	%	25	25	konstant
Fremdkapitalzins	%	4	5,51	KfW, 2024; KfW-Programm EE-Standard 270 mit 20/3/10;
Fremdkapitalanteil	%	80	80	konstant
Kosten Maissilage	€/t _{FM}	50	50	Annahme: keine Änderung zu 2023
Mengenmäßiger Einsatz Maissilage	%	40	30	Reduzierung des Maisansatzes auf 30 Masseprozent gemäß § 39i Absatz 1 Satz 3 EEG.
Kosten Rindergülle	€/t _{FM}	3,04	3,20	2023: Nach Fachverband Biogas e.V. 2023; 2026: Kostensteigerungen
Wärmeerlöse	ct/kWh _{th}	3,0	3,16	3 ct/kWh _{th} für 2023 frei BHKW-Flansch angenommen, für 2026 lediglich Inflation nach Deutsche Bundesbank, 2023 berücksichtigt; perspektivisch höhere Wärmeerlöse zu erwarten

Die ermittelten Stromgestehungskosten der Biogas-Bestandsanlage (mit und ohne Wärmeerlöse) für eine Inbetriebnahme zum 1.1.2023 im Vergleich zum 1.1.2026 sind in Tabelle 4-4 für 2023 und 2026 vergleichend dargestellt.

Tabelle 4-4: Mittlere Stromgestehungskosten für 2023 im Vergleich zu 2026 für die Bestands-Biogasanlage, 510 kW Bemessungsleistung

Parameter	2023	2026
Stromgestehungskosten (ohne Wärmegutschriften), ct/kWh _{el}	25,58	26,76
Stromgestehungskosten (inkl. Wärmegutschriften), ct/kWh _{el}	24,08	25,17

4.2. Biomethan

Das Anlagenkonzept umfasst den Einsatz von Biomethan (bilanziell) in einem Erdgas-BHKW (Neuanlage), 10 MW installierte Anlagenleistung mit hochflexibler Fahrweise (Bemessungsleistung 1 MW). Die Annahmen für die Berechnungen sind in Tabelle 4-5 im Überblick dargestellt.

Tabelle 4-5: Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten, 10 MW_{el} Biomethan-BHKW (hochflexibilisiert), Neubau

Parameter	Einheit	Wert 2023	Wert 2026	Quelle / Anmerkungen
Inbetriebnahme		1.1.2023	1.1.2026	-
Kalkulatorische Nutzungsdauer	Jahre	20	20	-
Volllaststunden	h/a	876	876	EEG 2023: 10 % der installierten elektrischen Anlagenleistung als Bemessungsleistung
Spezifischer Invest inkl. Flexibilisierung	€/kW _{el} installierte Leistung	601	665	Inkl. Planung/Projektierung (8% bez. auf Invest); 2023: spezifischer Invest für Erdgas-BHKW nach BHKW Infozentrum 2023; 45% Steigerung ggü. 2020, für 10 MW-BHKW interpoliert DBFZ 2/2024; 2026: Angepasst nach Destatis, 2024b sowie Deutsche Bundesbank, 2023;
Strombezugskosten (Mittelwert, nominal)	ct/kWh _{el}	26,7	27,2	Mittelwert, nominale Preise Gewerbe; jährlich wechselnde Werte nach Prognos, 2023

Biomethanbezugspreis (inkl. Netzentgelte)	ct/kWh _{H₂}	11,0	10,2	2023: Jahresdurchschnitt nach Agriportance 2023; 2026: leichter Rückgang aber höheres Preisniveau als vor Energiekrise erwartet, daher Wert 1/2024 mit 9,7 ct/kWh _{H₂} zzgl. 0,5 ct/kWh _{H₂} Netzentgelte angenommen
Eigenkapitalzins	%	8	8	konstant
Eigenkapitalanteil	%	25	25	konstant
Fremdkapitalzins	%	4	5,51	2023: Mischzinssatz 5%; 2026: nach KfW, 2024; KfW-Programm EE- Standard 270 mit 20/3/20;
Fremdkapitalanteil	%	75	75	konstant
Wärmeerlöse	ct/kWh _{th}	3,0	3,16	3 ct/kWh _{th} für 2023 frei BHKW-Flansch angenommen, für 2026 lediglich Inflation nach Deutsche Bundesbank, 2023 berücksichtigt; perspektivisch höhere Wärmeerlöse zu erwarten

Die ermittelten Stromgestehungskosten des Biomethan-BHKW (mit und ohne Wärmeerlöse) für eine Inbetriebnahme zum 1.1.2023 im Vergleich zum 1.1.2026 sind in Tabelle 4-6 für 2023 und 2026 vergleichend dargestellt.

Tabelle 4-6: Mittlere Stromgestehungskosten eines 10 MW Biomethan-BHKW mit IBN 2023 und 2026 (hochflexibilisiert), Neubau

Parameter	2023	2026
Stromgestehungskosten (ohne Wärmegutschriften), ct/kWh _{el}	39,58	38,38
Stromgestehungskosten (inkl. Wärmegutschriften), ct/kWh _{el}	36,28	34,93

4.3. Feste Biomasse (Holzhackschnitzel- HKW)

Im Bereich der Festen Biomasse wird ein Biomasseheizkraftwerk (HWK) mit Entnahmekondensations-turbine und KWK-Betrieb (wärmegeführt) für eine Anlagengröße von 4,8 MW_{el} (entspricht 24 MW_{FWL}) betrachtet. Als Einsatzstoffe werden Holzhackschnitzel (20 % Wassergehalt) zu Grunde gelegt. Die Annahmen für die Berechnungen sind in Tabelle 4-7 im Überblick dargestellt.

Tabelle 4-7: Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten, 4,8 MW_{el} Biomasseheizkraftwerk, Neubau, wärmegeführte Fahrweise

Parameter	Einheit	Wert 2023	Wert 2026	Quelle / Anmerkungen
Inbetriebnahme		1.1.2023	1.1.2026	-
Kalkulatorische Nutzungsdauer	Jahre	20	20	-
Volllaststunden	h/a	5.000 (elektrisch); 4.500 (thermisch)	5.000 (elektrisch); 4.500 (thermisch)	EEG 2023: 75 % der installierten elektrischen Anlagenleistung als Bemessungsleistung zu berücksichtigen, hier wärmegeführte Fahrweise mit 5.000 h/a angenommen
Wärmenutzungsgrad	%	60	60	Nutzwärmeleistung 14.400 kW _{th}
Spezifischer Invest	€/kW	5.000	5.492	2026: Angepasst nach Destatis, 2024b sowie Deutsche Bundesbank, 2023
Strombezugskosten (Mittelwert, nominal)	ct/kWh _{el}	26,7	27,2	Mittelwert, nominale Preise Gewerbe; jährlich wechselnde Werte nach Prognos, 2023
Eigenkapitalzins	%	8	8	konstant
Eigenkapitalanteil	%	25	25	konstant
Fremdkapitalzins	%	4	5,51	2023: Mischzinssatz 5% angenommen; 2026: KfW, 2024; KfW-Programm EE- Standard 270 mit 20/3/20;
Fremdkapitalanteil	%	75	75	konstant
Einsatzmenge Waldhackschnitzel	t _{FM} /a	30.000	30.000	Bezug Frischmasse, Waldhackschnitzel mit 20% Wassergehalt angenommen; Heizwert für Hackschnitzel mit 20% Wassergehalt mit 4 kWh/kg nach TFZ 2015
Kosten Hackschnitzel Waldrestholz	€/t _{FM}	139,76	102,19	Waldhackschnitzel mit 20% Wassergehalt nach C.A.R.M.E.N. e.V., 2023; für 2026: Preisniveau 2020

					angenommen (2020: 102,19 €/t mit 20% Wassergehalt)
Entsorgung Flug- asche	€/t	150	167,5		3 % der Inputmengen; Kostensteigerungen 2026 angepasst nach Destatis, 2024a sowie Deutsche Bundesbank, 2023
Wärmeerlöse	ct/kWh _{th}	7,0	7,4		höhere Wärmeerlöse bei wärmegeführtem HKW angenommen; für 2026 lediglich Inflation nach Deutsche Bundesbank, 2023 berücksichtigt

Die ermittelten Stromgestehungskosten des HKW (mit und ohne Wärmeerlöse) für eine Inbetriebnahme zum 1.1.2023 im Vergleich zum 1.1.2026 sind in Tabelle 4-8 für 2023 und 2026 vergleichend dargestellt.

Tabelle 4-8: Mittlere Stromgestehungskosten des Biomasseheizkraftwerkes, 4,8 MW_{el}, Neubau für IBN 2023 und IBN 2026

Parameter	2023	2026
Stromgestehungskosten (ohne Wärmegutschriften), ct/kWh _{el}	38,36	34,84
Stromgestehungskosten (inkl. Wärmegutschriften), ct/kWh _{el}	30,57	26,70

4.4. Überblick Stromgestehungskosten - Biomassekonzepte

Die ermittelten Stromgestehungskosten der betrachteten Anlagenkonzepte sind in Tabelle 4-9 im Überblick dargestellt. Diese werden ohne und mit Berücksichtigung von möglichen Wärmeerlösen dargestellt. Sofern die Anlage Flexibilitätszuschläge (EEG 2023) erhält, wurden diese in der letzten Spalte berücksichtigt.

Tabelle 4-9: Stromgestehungskosten der betrachteten Biomassekonzepte für IBN 2023 und IBN 2026 in ct/kWh_{el}

Anlagenkonzept	Jahr	Stromgestehungskosten (ohne Wärmergutschriften), ct/kWh _{el}	Stromgestehungskosten (inkl. Wärmergutschriften), ct/kWh _{el}	Stromgestehungskosten (inkl. Wärmergutschriften) abzgl. Flexzuschlag, ct/kWh _{el}
Biogas (Neuanlage)	2023	31,5	30,0	28,3
Biogas (Neuanlage)	2026	33,8	32,1	30,5
Biogas (Bestand)	2023	25,6	24,1	22,4
Biogas (Bestand)	2026	26,8	25,2	23,5
Biomethan-BHKW (Neuanlage)	2023	39,6	36,3	28,9
Biomethan-BHKW (Neuanlage)	2026	38,4	34,9	27,5
Biomasse-HKW (Neuanlage)	2023	38,4	30,6	
Biomasse-HKW (Neuanlage)	2026	34,8	26,7	

5. Fazit

In den letzten Jahren seit Anfang 2021 waren die Bioenergieanlagen in den Investitionskosten, Instandhaltungskosten und im laufenden Betrieb mit überwiegend signifikanten Kostensteigerungen konfrontiert. Insbesondere bedingt durch die Energiekrise zeigt sich ein deutlicher Kostenanstieg besonders bei den Einsatzstoffen, seit 2023 zwar wieder mit moderat abfallender Entwicklung – jedoch auf höherem Niveau im Vergleich zu 2020. Die betriebswirtschaftliche Situation von Biomasseanlagen ist besonders von den Preisentwicklungen der Einsatzstoffe abhängig, da 50 - 60 % der Gestehungskosten auf die eingesetzte Biomasse zurückzuführen sind. Wesentliche Preissenkungen werden vor dem Hintergrund steigender Energiepreise (Anbau, Ernte, Transport), Lohnkosten aber auch Pachtpreise (auch aufgrund von Nutzungskonkurrenz) nicht erwartet. Für den Einsatz alternativer ackerbaulicher Substrate bei Biogasanlagen im Vergleich zu Mais ist zu erwarten, dass diese i. d. R. höhere spezifische Bereitstellungskosten bezogen auf den Energiegehalt frei Fermenter aufweisen. Für die Prognose der Preise für die eingesetzte Biomasse wird angenommen, dass diese bis 2026 zumindest nicht signifikant sinken, sondern sich auf einem konstant hohen Niveau gegenüber 2023 bewegen. Holzartige Biomasse dagegen ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht im Vergleich zu Biogassubstraten transportwürdiger, wodurch ein größeres überregionales Angebot für Biomasseanlagen nutzbar ist.

Neben den Kostensteigerungen für die Einsatzstoffe in Biomasseanlagen sind höhere Kosten bei Betrieb (Wartung, Instandsetzung) der Anlagen, aber auch bei den baulichen und technischen Anlagenkomponenten zu verzeichnen. Hier spielen insbesondere die allgemeinen Preissteigerungen von Energie, Rohstoffen (wie Metalle) und Personalkosten die Hauptrolle. Es ist anzunehmen, dass die Kostensteigerungen nicht in gleichem Umfang durch höhere Erlöse kompensiert werden können.

Die ermittelten Gestehungskosten der betrachteten Biomasseanlagenkonzepte berücksichtigen diese Kostensteigerungen. Anzumerken ist, dass die spezifischen Stromgestehungskosten nur für die betrachteten Kapazitäten unter den spezifisch getroffenen Annahmen gelten; Stromgestehungskosten anderer Anlagenkapazitäten können daher von den im Gutachten dargestellten abweichen.

6. Literaturverzeichnis

AGRIPORTANCE (2024): BIOMETHANPREISENTWICKLUNG NACH ART DER EINSATZSTOFFE.

BHKW-INFOZENTRUM, ERHEBUNGEN BHKW KENNDATEN 2020 UND 20203, VORLÄUFIGE DATEN STAND
31.01.2024

CARMEN (2024): MARKTPREISE HACKSCHNITZEL. [HTTPS://WWW.CARMEN-EV.DE/SERVICE/MARKTUEBERBLICK/MARKTPREISE-ENERGIEHOLZ/MARKTPREISE-HACKSCHNITZEL/](https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-hackschnitzel/) (ABGERUFEN AM 31.01.2024)

DEUTSCHE BUNDESBANK (2023): SINKENDE INFLATION, ABER NOCH KEINE ENTWARNUNG – PERSPEKTIVEN DER DEUTSCHEN WIRTSCHAFT BIS 2026. [HTTPS://WWW.BUNDESBANK.DE/RE-SOURCE/BLOB/920342/B4A237DE9F9288FFA511A87E5AE75C73/ML/2023-12-PROGNOSE-DATA.PDF](https://www.bundesbank.de/re-source/blob/920342/B4A237DE9F9288FFA511A87E5AE75C73/ML/2023-12-PROGNOSE-DATA.PDF) (ABGERUFEN AM 30.01.2024)

DEUTSCHE ENERGIEAGENTUR DENA BRANCHENBAROMETER BIOMETHAN: 2019, 2020, 2021, 2023

DEUTSCHES PELLETINSTITUT GMBH (2024): ENTWICKLUNG DER BRENNSTOFFKOSTEN VON ÖL, GAS UND PELLETS IN DEUTSCHLAND, STAND JANUAR 2024. [HTTPS://DEPI.DE/P/BRENNSTOFFKOSTENENTWICKLUNG-VON-ERD-GAS-OL-UND-PELLETS-96FDNYYWMZ3CURU738VAX](https://depi.de/p/brennstoffkostenentwicklung-von-erdgas-ol-und-pellets-96fdnyywmz3curu738vax) (ABGERUFEN AM 25.01.2024)

DESTATIS (2024A): INFLATIONSRATE IM JAHR 2023 BEI +5,9 %. [HTTPS://WWW.DESTATIS.DE/DE/PRESSE/PRESSEMITTEILUNGEN/2024/01/PD24_020_611.HTML](https://www.destatis.de/DE/PRESSE/PRESSEMITTEILUNGEN/2024/01/PD24_020_611.HTML) (ABGERUFEN AM 30.01.2024)

DESTATIS (2024B): INDIZES DER ERZEUGERPREISE GWERBLICHER PRODUKTE (INLANDSABSATZ). EVAS-NUMMER 61241. WIESBADEN. [HTTPS://WWW-GENESIS.DESTATIS.DE/GENESIS/ONLINE?SEQUENZ=STATISTIKTABELLEN&SELECTIONNAME=61241#ABREADCRUMB](https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=statistiktabellen&selectionname=61241#abreadcrumb) (ABGERUFEN AM 30.01.2024)

EUWID RECYCLING UND ENTSORGUNG (2024): EUWID-PREISSPIEGEL: NAWARO-HOLZ, ABGERUFEN AM
31.01.2024

FACHVERBAND BIOGAS E.V.: SUBSTRATPREISENTWICKLUNGEN FÜR BIOGAS. BIOGAS JOURNALE: 03/2011,
02/2012, 02/2013, 03/2014, 02/2015, 03/2016, 03/2017, 02/2018, 02/2019, 03/2023

FINANZEN.NET GMBH (2024): WEIZENPREISENTWICKLUNG 2/2019 – 01/2024. [HTTPS://WWW.FINANZEN.NET/ROHSTOFFE/WEIZENPREIS/CHART](https://www.finanzen.net/rohstoffe/weizenpreis/chart) (STAND 30.01.2024)

GARNITZ, JOHANNA; SCHALLER, DARIA (2023): LOHNSTEIGERUNG UM 4,7% FÜR 2024 ERWARTET. IN: IFO SCHNELLDIENST, 2023, 76, NR. 12, 51-55, IFO INSTITUT, MÜNCHEN. [HTTPS://WWW.IFO.DE/PUBLIKATIONEN/2023/AUFSATZ-ZEITSCHRIFT/LOHNSTEIGERUNG-FUER-2024-ERWARTET#:~:TEXT=DURCHSCHNITTLICH%20PLANEN%20DIE%20BEFRAGTEN%20UNTERNEHMEN,LOHNSTEIGERUNG%20VON%204%2C7%25](https://www.ifo.de/publikationen/2023/aufsatz-zeitschrift/lohnsteigerung-fuer-2024-erwartet#:~:text=DURCHSCHNITTLICH%20PLANEN%20DIE%20BEFRAGTEN%20UNTERNEHMEN,LOHNSTEIGERUNG%20VON%204%2C7%25) (ABGERUFEN AM 30.01.2024)

IEE (2023A): KURZFRISTANALYSE ZU DEN KOSTENSTEIGERUNGEN VON BIOMASSEANLAGEN. ONLINE VERFÜGBAR UNTER: [HTTPS://WWW.BMWK.DE/REDAKTION/DE/PUBLIKATIONEN/ENERGIE/KURZFRISTANALYSE-BIOMASSE-KOSTEN.PDF?_BLOB=PUBLICATIONFILE&V=4](https://www.bmwk.de/redaktion/de/publikationen/energie/kurzfristanalyse-biomasse-kosten.pdf?_blob=publicationfile&v=4) (ABGERUFEN AM 30.01.2024)

IEE (2023B): VORBEREITUNG UND BEGLEITUNG BEI DER ERSTELLUNG EINES ERFAHRUNGSBERICHTS GEMÄß § 97 ERNEUERBARE-ENERGIE-GESETZ (EEG 2021) TEILVORHABEN „BIOMASSE SOWIE KLÄR-, DEPONIE- UND GRUBENGAS“. ENDBERICHT DES FRAUNHOFER IEE, DBFZ DEUTSCHES BIOMASSEFORSCHUNGSZENTRUM, ESE BÜRO FÜR ENERGIESYSTEMEFFIZIENZ IM AUFTRAG DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR WIRTSCHAFT UND

- KLIMASCHUTZ. KASSEL, AUGUST 2023. [HTTPS://WWW.BMWK.DE/REDAKTION/DE/DOWNLOADS/E/ERFAHRUNGSBERICHT-BIOMKDG-230818.PDF?_BLOB=PUBLICATIONFILE&V=2](https://www.bmwk.de/redaktion/de/downloads/e/erfahrungsbericht-biomkdg-230818.pdf?_blob=publicationfile&v=2) (ABGERUFEN AM 08.02.2024)
- KFW (2024): KUNDENÜBERSICHT FÜR ENDKREDITABNEHMER IN DEN FÖRDERPROGRAMMEN DER KFW BANKENGRUPPE (STAND: 10.01.2024) [HTTPS://WWW.IHK.DE/BLEUPRINT/SERVLET/RESOURCE/BLOB/6024128/09E068405F6297193E4D624B752D63EF/KONDITIONENUEBERSICHT-FUER-ENDKREDITNEHMER-GUELTIG-AB-04-01-2024-DATA.PDF](https://www.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/6024128/09E068405F6297193E4D624B752D63EF/KONDITIONENUEBERSICHT-FUER-ENDKREDITNEHMER-GUELTIG-AB-04-01-2024-DATA.PDF) (ABGERUFEN AM 30.01.2024)
- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2024): DIE LOHNANSÄTZE DES KTBL, [HTTPS://WWW.KTBL.DE/FILEADMIN/USER_UPLOAD/ARTIKEL/MANAGEMENT/LOHNANSATZ/LOHNANSATZ-LOEHNE.PDF](https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/artikel/management/lohnansatz/lohnansatz-loehne.pdf) (ABGERUFEN AM 30.01.2024)
- PROGNOS 2023: ENDKUNDENSTROMPREIS FÜR EEG-ERFAHRUNGSBERICHT 2023: BERECHNUNGEN PROGNOS 2023, GROßHANDELSPREISE ENERGY BRAINPOOL, SZENARIUM LOW. 2023
- TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM IM KOMPETENZZENTRUM FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (2015): HEIZWERTTABELLEN FÜR VERSCHIEDENE HOLZARTEN. TFZ-MERKBLATT: 15BKU005. STAND: OKTOBER 2015 [HTTPS://WWW.TFZ.BAYERN.DE/MAM/CMS08/FESTBRENNSTOFFE/DATEIEN/HEIZWERTTABELLEN_HOLZARTEN.PDF](https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/heizwerttabelle_n_holzarten.pdf) (ABGERUFEN AM 06.02.2024)