

Franz FriebeI, BSc.

**Optimierung des Einsatzes Erneuerbarer
Energie in einer deutschen
Projektregion**

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades Diplom-Ingenieur

Masterstudium Technische Chemie

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Michael Narodoslawsky

Institut für Prozess- und Partikeltechnik

Graz, Mai 2015

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum

Unterschrift

Danksagung

Ich bedanke mich bei meinem Betreuer Prof. Michael Narodoslawsky und Mag. Stephan Maier die immer ein offenes Ohr für meine Fragen hatten.

Ein Dank geht auch an Arthur Schmed und Jimmy Wales, welche wichtige Beiträge zum entstehen dieser Arbeit geleistet haben.

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Prozess-Netzwerk-Synthese konnte ein Modell entwickelt werden, welches die Stoff- und Energieflüsse im Oberbergischen- und Rheinisch-Bergischen Kreis optimieren kann. Dabei wurde eine Vielzahl an Prozessen in den Bereichen Biomassenutzung, Viehzucht, Landwirtschaft, Strom und Wärme aus erneuerbaren Quellen, Wärmebereitstellung aus fossilen Rohstoffen und Wärmedämmung berücksichtigt. Aufbauend darauf wurden verschiedene Szenarien entwickelt und das Verhalten des Gesamtsystems, einzelner Wirtschaftszweige und den Einfluss verschiedener Parameter analysiert. So wurde gezeigt wie ein steigender Gaspreis zentrale Biomasseverfeuerung begünstigt, wie sinkende Stromeinspeisevergütungen den Verbrauch fossiler Rohstoffe reduzieren können und wie der Kraftfutterpreis die Nutzung des Ackerlandes beeinflusst. Mit der Einführung des internen Preises wurde eine neue Möglichkeit geschaffen den Wert einzelner Güter für das Gesamtsystem zu bestimmen. Damit kann neben dem betriebswirtschaftlichen Gewinn der Betrag zum Systemgewinn erstmals bestimmt werden.

Unter aktuellen Rahmenbedingungen können 4,8% des Heizwärmebedarfs mit regionalen Ressourcen gedeckt werden, was gemessen an Heizöl einer Einsparung von 37 Mio. € pro Jahr entspricht.

Abstract

With the process-network-synthesis a model was developed, which can optimise material and energy flows in two German counties (Oberbergischer Kreis and Rheinisch-Bergischer Kreis). For that a big number of processes in the field of biomass usage, husbandry, agriculture, electricity and heat generation from renewable resources, heat generation from fossil resources and heat insulation were included. Basing on that, different scenarios were defined to investigate the way how the whole system and single value chains behave and how different parameters influence the system. It has been shown how a rising gas price leads to central biomass burning, how a declining feed-in compensation for electricity reduces the consumption of fossil energies and how the price for concentrated feed determines the usage of farmland. With the introduction of the internal price, a new method was developed to determine the contribution of a single product to profit of the whole system.

Under current circumstances 4,8% of the local heat demand can be covered by regional resources, as measured by the price of heating oil 37 mil. € can be saved every year.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Einführung..... | 2 |
| 1.1 | Methodische Grundlagen | 2 |
| 1.1.1 | Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS)..... | 2 |
| 1.1.2 | Superstructure | 4 |
| 1.1.3 | Optimalstruktur..... | 4 |
| 1.1.4 | Technologiestruktur..... | 4 |
| 1.2 | Beschreibung der Projektregion | 5 |
| 1.3 | Energiebedarf der Projektregion | 11 |
| 1.4 | Modellerstellung..... | 11 |
| 1.4.1 | Allgemeines..... | 11 |
| 1.5 | Transportmodell | 13 |
| 1.6 | Rahmenbedingungen des Modells | 15 |
| 1.6.1 | Wärme..... | 15 |
| 1.6.2 | Strom..... | 16 |
| 1.6.3 | Viehzucht | 17 |
| 1.6.4 | Landwirtschaft | 17 |
| 1.7 | Bestimmung unbekannter Parameter durch iteratives Vorgehen | 17 |
| 1.8 | Multiperiodizität | 18 |
| 1.9 | Prozesse | 20 |
| 1.9.1 | Landwirtschaft und Forstwirtschaft..... | 20 |
| 1.9.2 | Viehzucht | 22 |
| 1.9.3 | Düngerkreislauf..... | 23 |
| 1.9.4 | Düngerkreislauf – Biogasgülle..... | 24 |
| 1.9.5 | Biogas | 24 |
| 1.9.6 | Holz und Stroh..... | 25 |
| 1.9.7 | Treibstofftechnologien..... | 26 |
| 1.9.8 | Wind | 27 |
| 1.9.9 | Solarthermie | 27 |
| 1.9.10 | Photovoltaik..... | 28 |
| 1.9.11 | Fernwärme und Gebäudeheizung..... | 28 |
| 1.9.12 | Grüne Bioraffinerie | 29 |
| 1.9.13 | Dämmung..... | 29 |
| 1.9.14 | Kompostierung..... | 29 |

| | | |
|-------|--|----|
| 1.10 | Parameter des Basisszenarios..... | 30 |
| 2 | Grundlagen der Auswertung..... | 33 |
| 2.1 | Berechnung der spezifischen Gestehungskosten der Produkte / Hektargewinn | 33 |
| 2.2 | Kostenaufteilung..... | 33 |
| 2.2.1 | Kraft-Wärme-Kopplung..... | 33 |
| 2.2.2 | Prozesse mit Neben- und Koppelprodukten..... | 34 |
| 2.2.3 | Sonderfall – Biogasanlagen | 34 |
| 2.3 | Preisermittlung einzelner Güter | 34 |
| 2.3.1 | Preisermittlung über interne Skala | 35 |
| 3 | Resultate | 38 |
| 3.1 | Basisszenario..... | 38 |
| 3.1.1 | Vergleich der Basisszenarien in den Regionen | 38 |
| 3.1.2 | Beschreibung der Optimalstruktur des Basisszenarios der Gesamtregion..... | 38 |
| 3.2 | Szenarienerstellung..... | 45 |
| 3.2.1 | Schwankungen des Energiepreises | 45 |
| 3.2.2 | Verringerung der Subventionen gemäß EEG | 45 |
| 3.2.3 | Veränderung des Viehbestandes | 46 |
| 3.3 | Berechnung der Szenarien | 46 |
| 3.3.1 | Energie +20%..... | 47 |
| 3.3.2 | Energie -20% | 47 |
| 3.3.3 | EEG - 50..... | 47 |
| 3.3.4 | EEG - 00 | 48 |
| 3.3.5 | Vieh -70 | 48 |
| 3.3.6 | Kraftfutter – autark..... | 48 |
| 3.3.7 | Einstreu – autark..... | 49 |
| 3.4 | Kosten für Bereitstellung alternativer Energien | 49 |
| 3.4.1 | Produktionskosten für nachwachsende Energierohstoffe. | 49 |
| 3.5 | Gewinn pro Hektar einzelner Technologiezweige | 50 |
| 3.5.1 | Gewinn pro Hektar..... | 50 |
| 3.5.2 | Beitrag zum Systemgewinn..... | 52 |
| 3.5.3 | Systemgewinn | 52 |
| 3.6 | Heizwärmebereitstellung..... | 54 |
| 3.7 | Gegenüberstellung Solarthermie und Photovoltaik | 55 |
| 4 | Sensitivitätsanalyse..... | 57 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.1 | Einfluss des Gaspreises auf Wärmeerzeugung | 57 |
| 4.1.1 | Einfluss auf den Energiemix | 57 |
| 4.1.2 | Einfluss auf die Erzeugung von Fernwärme | 59 |
| 4.1.3 | Gesamtbilanz fossiler Energien | 60 |
| 4.2 | Einfluss der Viehzucht auf die Energiebilanz | 61 |
| 4.2.1 | Sensitivitätsanalyse: Verringerung des Viehbestands | 63 |
| 4.2.2 | Auswertung..... | 63 |
| 4.2.3 | Bewertung..... | 64 |
| 4.3 | Einfluss der EEG Subventionen auf den Verbrauch fossiler Energieträger..... | 65 |
| 4.4 | Einfluss des Kraftfutterpreises auf die Futtermittelproduktion | 69 |
| 4.5 | Resilienz einzelner Wertschöpfungsketten | 72 |
| 4.5.1 | Resilienz gegen schwankende Energiepreise und veränderter Preistruktur | 72 |
| 4.5.2 | Strom aus Windkraft..... | 73 |
| 4.5.3 | Photovoltaik..... | 73 |
| 4.5.4 | Solarthermie | 73 |
| 4.5.5 | GBR..... | 74 |
| 4.5.6 | Scheitholz..... | 74 |
| 4.5.7 | Holzpellets aus Waldholz | 74 |
| 4.5.8 | Holzpellets aus Kurzumtriebsplantagen | 74 |
| 4.5.9 | Wärmepumpe | 74 |
| 4.5.10 | Strohpelletverbrennung / Strohpelletvergasung..... | 74 |
| 4.5.11 | Kraftfutteranbau | 74 |
| 4.5.12 | Strom aus Biogas..... | 75 |
| 4.5.13 | Fassadendämmung | 75 |
| 4.6 | Stabile Prozesse | 75 |
| 5 | Zusammenstellung der Ergebnisse | 76 |
| 5.1 | Phänomenologische Beschreibung des Wärmehaushalts | 76 |
| 5.2 | Zentrale oder dezentrale Biomasseverbrennung | 76 |
| 5.3 | Systemgewinn vs. betriebswirtschaftlicher Gewinn..... | 77 |
| 5.4 | Wärme vs. Strom | 77 |
| 5.5 | Ausbau des Modells..... | 78 |
| 5.6 | Anwendung des Modells..... | 78 |
| 6 | Abbildungsverzeichnis | 82 |
| 7 | Tabellenverzeichnis..... | 83 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 8 | Literaturverzeichnis | 84 |
| 9 | Anhang | 86 |
| 9.1 | Berechnungen | 86 |
| 9.2 | In der Superstructure enthaltene Strukturen | 87 |
| 9.3 | Auflistung verwendeter Technologien in den Optimalstrukturen für jedes Szenario jeder Region 111 | |
| 9.4 | OBK..... | 111 |
| 9.5 | RBK | 114 |
| 9.6 | Gesamt | 116 |
| 9.7 | Kostenstruktur Wärmebereitstellung | 119 |
| 9.7.1 | OBK..... | 119 |
| 9.7.2 | RBK | 128 |
| 9.7.3 | Gesamtregion..... | 136 |
| 9.8 | Wärmeerzeugung nach Kategorie | 145 |
| 9.8.1 | OBK..... | 145 |
| 9.8.2 | RBK | 150 |
| 9.8.3 | Gesamtregion..... | 156 |
| 9.9 | Strom Erneuerbaren Energien | 163 |
| 9.10 | Nährstoffbilanz..... | 163 |
| 9.11 | Kraftfutter | 164 |
| 9.12 | Energie aus NawaRoh | 165 |
| 9.13 | Interne Preise..... | 165 |
| 9.14 | Gestehungskosten einzelner Produkte | 166 |
| 9.15 | Substrat für Biogas..... | 167 |
| 9.16 | Hektargewinn..... | 167 |

1 Einführung

Anlass dieser Masterarbeit ist ein Kooperationsprojekt zwischen :metabolon und der Arbeitsgruppe Prozesssynthese – Prozessbewertung – Regionalentwicklung an der TU Graz. Ziel ist es für verschiedene Regionen im Bergischen Land (Deutschland) ein Berechnungsmodell zu entwickeln, welches das Potenzial zur Erzeugung regionaler Rohstoffe und Energie mit dem lokalen Bedarf an Rohstoffen und Energie verknüpft. Darauf aufbauend werden Szenarien entwickelt bei denen unterschiedliche Parameter geändert werden, wie etwa der Energiepreis oder der Viehbestand, um deren Einfluss auf die Wirtschaftsstruktur zu untersuchen. Damit kann berechnet werden wie eine optimale Wirtschaftsstruktur geschaffen sein muss, welche die Bedürfnisse der Menschen befriedigt, die regionale Wertschöpfung erhöht und den ökologischen Schaden reduziert.

Das Modell orientiert sich dabei an den regionalen Rahmenbedingungen, was heißt das die Geographie, klimatischen Verhältnisse, Siedlungsstruktur, Wirtschaftsstruktur sowie soziale Aspekte direkt oder indirekt einfließen und die Größe einzelner Parameter bestimmen. Folgende Hauptaspekte sind zu nennen.

- Die durch den Raumnutzungsplan vorgeschriebene Flächenaufteilung wird nicht geändert
- Das ackerbauliche Potenzial entspricht dem was real erzeugt werden kann
- Viehwirtschaft bleibt Bestandteil des Wirtschaftssystems
- Der Bedarf an Heizwärme muss gedeckt werden
- Bereits installierte Anlagen werden berücksichtigt

Mit Hilfe eines solchen Modells können regionale Entscheidungsprozesse unterstützt werden, da verschiedene Fragenstellungen mit konkreten Zahlen hinterlegt werden können. Wie auch in anderen Studien zur Nutzung natürlicher Ressourcen kann das Potenzial und die Kosten einzelner Technologien ermittelt werden. Darüber hinaus können diese aber auch in Gesamtsystem bewertet werden und folgende Kernfragen beantworten.

- Welche Güter besitzen eine Schlüsselfunktion und worin besteht diese?
- Welche Synergieeffekte gibt es und wer profitiert davon?
- Welche Prozesse müssen vertikal integriert werden um wirtschaftlich zu werden?
- Sind Prozessketten wirtschaftlich weil sie einen Gewinn erwirtschaften oder Einsparungen ermöglichen.

Dem Modell liegt das Konzept der Prozess-Netzwerk-Synthese zugrunde. In diesem ersten Schritt wird nur die Wirtschaftlichkeit der Nutzung regionaler Ressourcen untersucht. Für eine nachfolgende ökologische Bewertung wird damit der Grundstein gelegt.

1.1 Methodische Grundlagen

1.1.1 Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS)

Die PNS ist eine Methode zur Netzwerkoptimierung komplexer Strukturen, welche aus einer Vielzahl verknüpfter Energie- und Stoffströme bestehen. Grundlage für die Berechnung ist ein bipartiter

Graph, genannt P-Graph, welcher die Gesamtheit aller möglichen Strukturen darstellt um aus definierten Ausgangsstoffen Endprodukte zu erzeugen.

In Abbildung 1-1 ist ein P-Graph dargestellt in dem die Teilmengen A; B; C; D über Knotenpunkte O1; O2; O3; O4 und Teilmenge E; F mit der Teilmenge G verknüpft ist. Jede Verknüpfung ist gerichtet und hat einen Anfang und ein Ende (daher „bipartiter Graph“).

Aus Gründen der Anschaulichkeit wird im Folgenden nicht von Teilmengen, sondern von Rohstoffen Teilmenge A; B; C;D), Zwischenprodukten (Teilmenge E; F) und Endprodukt (Teilmenge G) gesprochen. Die Knotenpunkte O1; O2; O3; O4 entsprechen Prozessen.

Im linken Teil von Abbildung 1-1 ist die vollständige Struktur (Superstructure) dargestellt. Endprodukt G wird in Prozess O4 aus den Zwischenprodukten E und F erzeugt. Zwischenprodukt F kann nur aus Rohstoff D über Prozess O3 erzeugt. Zwischenprodukt E hingegen kann aus zwei verschiedenen Prozessen erzeugt werden, aus Rohstoff C über Prozess O2 oder Rohstoff A und B über Prozess O1.

Zum Ermitteln der Optimalstruktur wird eine „branch and bound“ Optimierung durchgeführt. Das heißt, dass in der Superstructure alle Möglichkeiten aus den Rohstoffen A; B; C; D das Produkt G zu erzeugen definiert werden und nacheinander durchgerechnet werden. Das Ergebnis, welches den höchsten Gewinn erzeugt wird als Optimalstruktur bezeichnet. (1)

Für das verwendete Beispiel ist im rechten Teil der Abbildung 1-1 die Optimalstruktur dargestellt. In diesem Fall werden die Rohstoffe C und D verwendet um Endprodukt G zu erzeugen. Der Weg über die Rohstoffe A und B ist weniger profitabel.

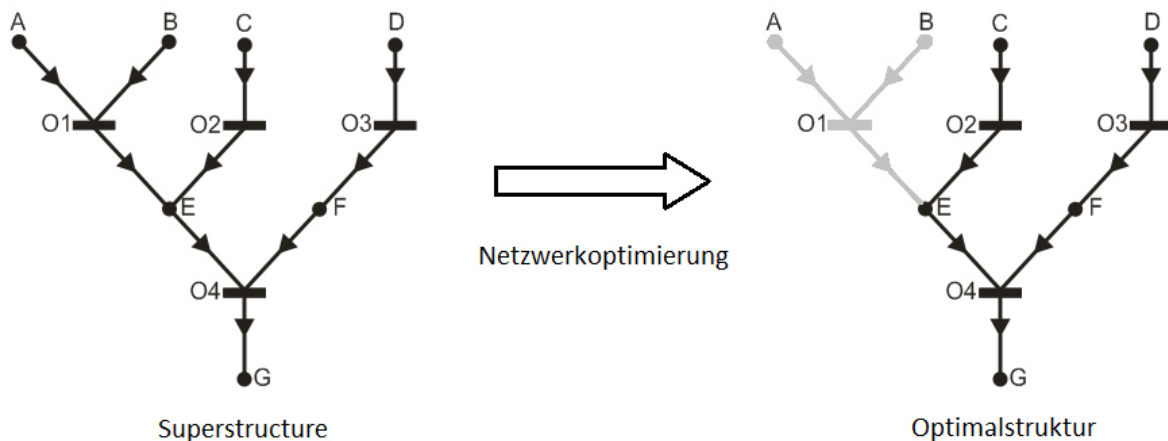


Abbildung 1-1 Schematische Darstellung eines P-Graphs

Für alle Berechnungen wurde das PNS-Studio in Version 3.0.4 verwendet. Dieses Programm ist freierhältlich und wurde von der Arbeitsgruppe „Computer Science and Systems Technology“ an der Pannonischen Universität in Veszprém entwickelt. (2)

1.1.2 Superstructure

Eine Superstructure ist ein Netzwerk aus beliebig vielen und beliebig verknüpften Prozessen. Dabei muss dies kein Prozess im Sinne eines technischen Vorgangs sein. Eine Umdeklarierung oder Umrechnung eines Gutes ist ebenfalls ein Prozess im Sinne des Modells.

Auf diese Art und Weise können Technologienetzwerke mathematisch dargestellt werden. Die Grenzen des Modells werden ausschließlich vom Benutzer festgelegt, wobei natürlich mit steigender Komplexität der Superstructure die Rechengeschwindigkeit als limitierender Faktor auftritt.

Die Superstructure stellt an sich kein reales Technologienetzwerk dar, sondern eine Vielzahl an theoretisch möglichen Verknüpfungen von Prozessen. Als Verknüpfung zwischen einzelnen Prozessen wird üblicherweise ein Stoff- oder Energiefluss beliebiger Größe und Anzahl verstanden. Wobei jede andere Möglichkeit, die einen Prozess mit einem anderen in ein Mengenverhältnis setzt, ebenfalls zulässig ist.

1.1.3 Optimalstruktur

Die Optimalstruktur ist das Resultat einer mathematischen Optimierung der Superstructure hinsichtlich einer Messgröße. Im Nachfolgenden wird immer der Preis als Messgröße verwendet und als Optimum ist die Struktur zu verstehen, welche die geringsten Kosten, respektive den höchsten Gewinn erzeugt. Prinzipiell sind jedoch auch andere Messgröße verwendbar, wie der Ökologische Fußabdruck oder das Global Warming Potential.

Die Optimalstruktur ist eine definierte Lösung. Das heißt jeder Prozess fließt in einer definierten Menge ein und jede Verknüpfung hat genau eine Flussrate. Sie ist immer ein Teil der Superstructure. Somit ist die Optimalstruktur die einzige Lösung unter den Rahmenbedingungen und beinhaltet keine Parameter oder einen Lösungsbereich.

1.1.4 Technologiestruktur

Die Technologiestruktur beschreibt das Netzwerk der Technologien welche in der Optimalstruktur enthalten sind. Im Unterschied zur Optimalstruktur enthält sie keine Flussraten oder Größenskalierungen sondern nur die Verknüpfungen verschiedener Technologien.

In vielen Fällen ändern sich bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen nur einzelne Flussraten und die Größe einiger Prozesseinheiten, Verknüpfungsarten bleiben aber gleich. Zudem ist es nicht sinnvoll einzelne Lösungen auf wenige Promille genau zu berechnen wenn die Eingangsparameter eine Streuung von mehreren Prozent aufweisen. In Diskussion ist es daher zielführender nur die prinzipiellen Verknüpfungen zu betrachten.

1.2 Beschreibung der Projektregion

Die Projektregion besteht aus dem Oberbergischen Kreis (OBK) und Rheinisch-Bergischen Kreis (RBK). Beide liegen im Bergischen-Land ca. 30km östlich von Köln. Insgesamt umfassen sie eine Fläche von 1356 km², womit sie zu den größten deutschen Landkreisen zählen. In beiden Kreisen leben 550.000 Menschen, welche überwiegend in Klein- und Mittelstädten leben. Nur Bergisch Gladbach hat mit 109.000 Einwohnern den Status einer Großstadt.



Abbildung 1-2 Kommunen in der Projektregion (3)

Die Projektregion liegt gänzlich im Mittelgebirge was für die Siedlungsstruktur und Gliederung der Infrastruktur bestimmend ist. Die Siedlungsflächen befinden sich vor allem in den Tälern der Flüsse Agger und Wupper einschließlich ihrer Nebenflüsse. Gleichzeitig haben sich auch in diesem Gebieten vor allem mittelständische Betriebe niedergelassen. In den höheren Lagen befinden sich vor allem Waldflächen und Grünland.

Die Globalstrahlung¹ ist mit 980-1000 kWh/m² eine der niedrigsten in ganz Deutschland (vgl. Abbildung 1-6), während die Niederschlagsmengen mit bis zu 1400mm pro Jahr überdurchschnittlich hoch sind (vgl. Abbildung 1-5). Die landwirtschaftliche Produktivität ist daher gering, weshalb nur auf 4% der Fläche Ackerbau betrieben wird. Größere Flächenanteile werden als Weideland genutzt (28% der Gesamtfläche).

Momentan werden auf den verfügbaren Ackerflächen fast ausschließlich Futtermittel produziert welche regional primär durch die Milchproduktion und Mutterkuhhaltung (ca. 80% der GVE) verbraucht werden. Der durchschnittliche Viehbesatz liegt zurzeit bei 1,8 GVE/ha, sodass noch von extensiver Landwirtschaft gesprochen werden kann.

Tabelle 1-1 Flächennutzung in der Projektregion (4) (5)

| [ha] | OBK | | RBK | | Gesamt | |
|-----------------------------|--------|------|--------|------|---------|------|
| Gesamtfläche | 91.885 | 100% | 43.755 | 100% | 135.640 | 100% |
| Landwirtschaftliche Flächen | 36.355 | 40% | 16.189 | 37% | 52.544 | 39% |
| davon Ackerland | 2577 | 3% | 3.049 | 7% | 5626 | 4% |
| davon Dauergrünland | 26.834 | 29% | 10.916 | 25% | 37.750 | 28% |
| Wald | 35.835 | 39% | 16.014 | 37% | 51.849 | 38% |
| bebaute Fläche | 9884 | 11% | 7.045 | 16% | 16.929 | 12% |
| Verkehrsfläche | 6596 | 7% | 2.625 | 6% | 9221 | 7% |
| Sonstige Flächen | 1068 | 1% | 1.093 | 2% | 2161 | 2% |
| Wasserfläche | 1704 | 2% | 787 | 2% | 2491 | 2% |

¹ Die Globalstrahlung ist die Strahlungsenergie die innerhalb eines Jahres auf eine waagerechte Fläche trifft. Sie berücksichtigt bereits die Abschattung durch Wolken und Aerosole.



Abbildung 1-3 Topographische Karte von Nordrhein-Westfalen mit den Grenzen des OBKs und RBKs (6)

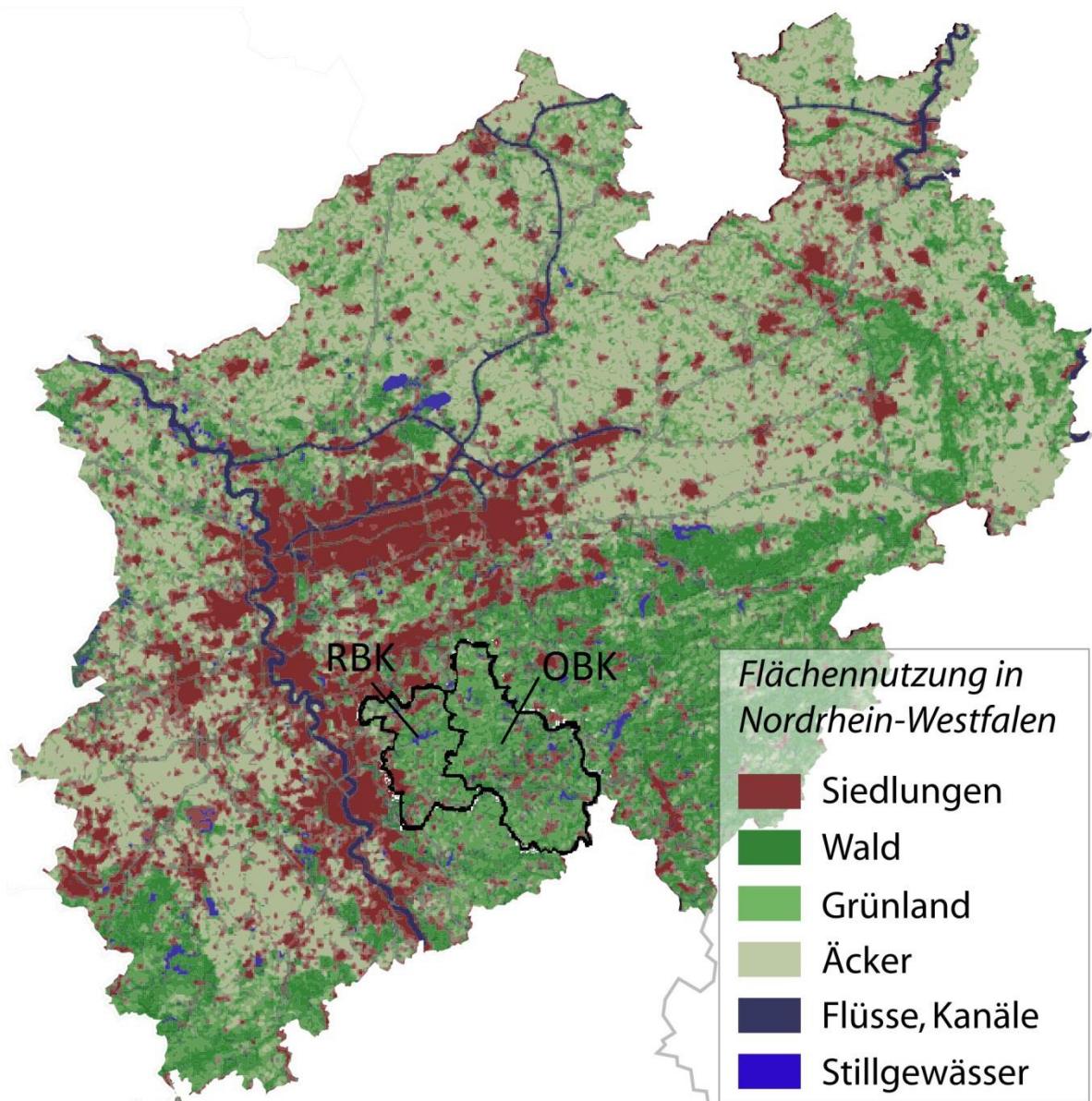


Abbildung 1-4 Flächennutzung in NRW (7)

In Wetterrichtung gibt es bis zur Nordsee keine höheren Erhebungen was eine Stauage mit hohen Niederschlägen zur Folge hat.

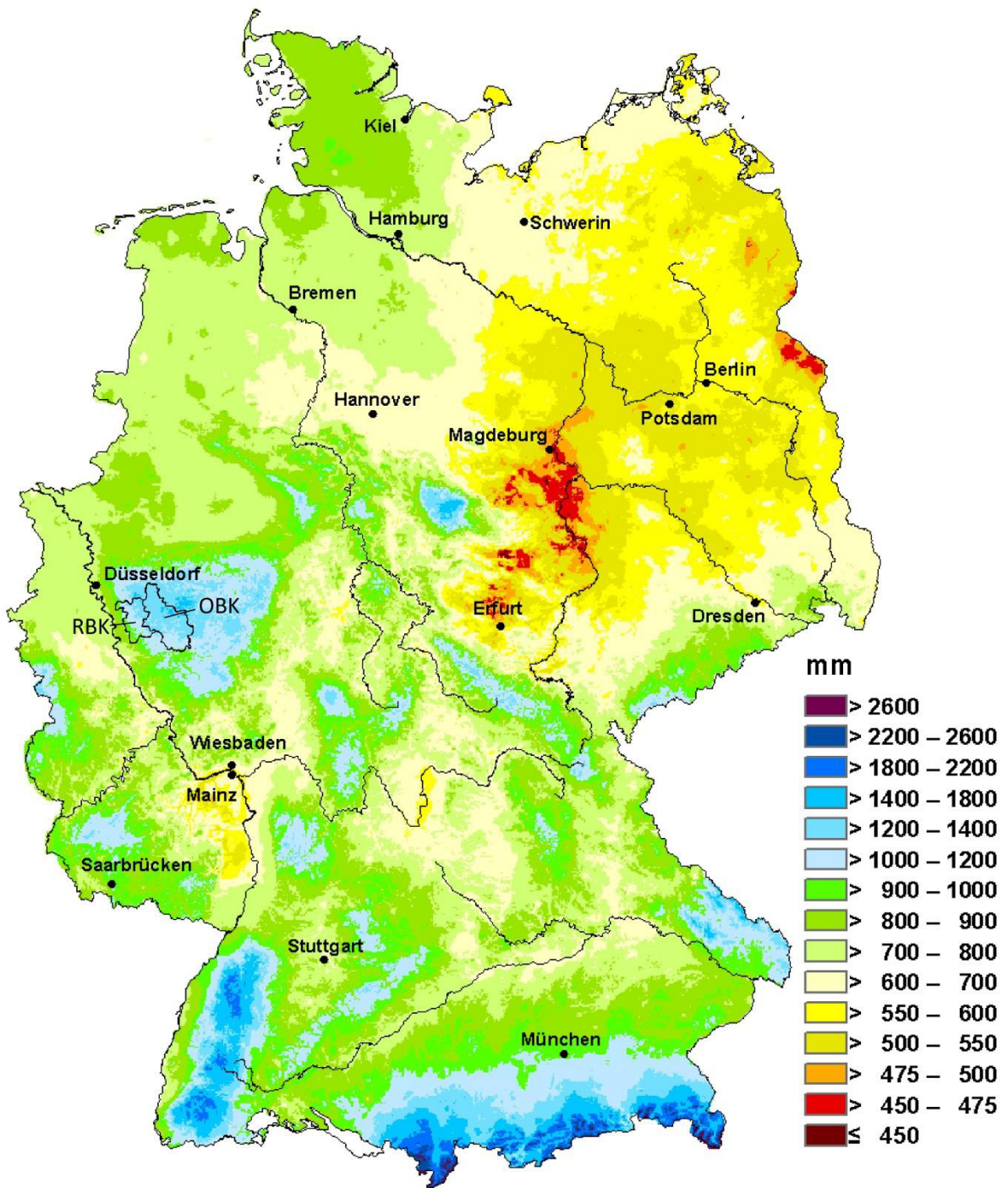
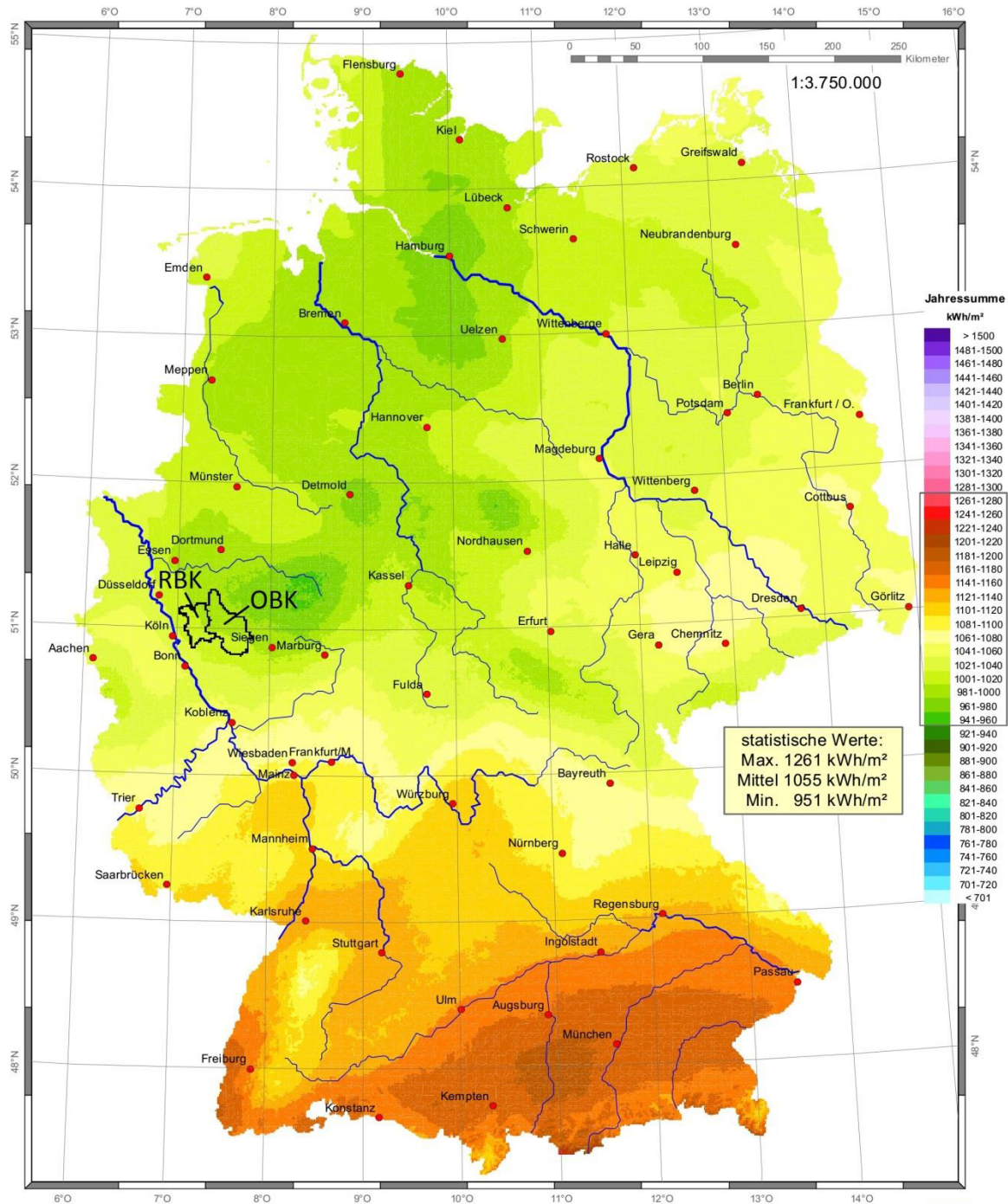


Abbildung 1-5 mittlerer Jahresniederschlag in Deutschland (8)

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland

Mittlere Jahressummen, Zeitraum: 1981 - 2010



Wissenschaftliche Bearbeitung:
 DWD, Abt. Klima- und Umweltberatung, Pf 30 11 90, 20304 Hamburg
 Tel.: 040 / 66 90-19 22; eMail: klima.hamburg@dwd.de



05.09.2012 / DN

Abbildung 1-6 Karte der Globalstrahlung in Deutschland (9)

1.3 Energiebedarf der Projektregion

In der Projektregion ist Erdgas der dominierende Energieträger. Dies dadurch ermöglicht dass jeder Ballungsraum einen an ein Gasnetz besitzt. Großflächige Fernwärmenetze existieren nicht, jedoch einige Nahwärmenetze mit jeweils unter 60 Anschlussnutzern. Regionen welche keinen Anschluss an ein Gas- oder Wärmenetz besitzen nutzen überwiegend Heizöl zur Wärmebereitstellung. In nachfolgender Tabelle ist der genaue Energieverbrauch nach Verbrauch und Energieträger aufgelistet (10) (11)

Tabelle 1-2 Auflistung des Energieverbrauchs nach Energieträger (12), (13)

| [MWh/a] | OBK | | RBK | | Heizwärmebedarf | |
|---------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|--------------|
| | Haushalt | Industrie | Haushalt | Industrie | Absolut | Anteil |
| Strom | 481.624 | 1.135.052 | 572.545 | 519.945 | 2.709.166 | ² |
| Fernwärme ³ | 157.831 | | 66.854 | | 224.685 | 2,7% |
| Erdgas | 900.000 | 1.737.931 | 1.349.786 | 790.012 | 4.777.729 | 58,1% |
| Heizöl | 484.449 | 568.139 | 479.866 | 562.764 | 2.095.218 | 25,5% |
| Flüssiggas | 334.021 | | 61.757 | | 395.778 | 4,8% |
| Holz ⁴ | 349.956 | | 346.616 | | 696.572 | 8,5% |
| Solarthermie ⁴ | 15.529 | | 15.300 | | 30.829 | 0,4% |

1.4 Modellerstellung

1.4.1 Allgemeines

Die Superstructure besteht aus einer Vielzahl an Prozessen, welche auf beliebige Weise mit Stoff- und Energieflüssen verknüpft sind, auch Kreisläufe sind zulässig. Es ist dabei zu beachten, dass Prozesse bzw. Stoff- und Energieflüsse nicht im selben Kontext verwendet werden wie ihre realen Pendanten, wenngleich es eine große Schnittmenge gibt. Alle Prozesse werden auf ein Jahr ausgelegt. Alle Aufwendungen welche einmal getätigt werden, werden anteilig gemäß der Nutzungsdauer eines Prozesses berechnet.

Ein Prozess im Sinne der PNS kann sein

- ein Abbild eines realen technischen Prozesses
 - 1 MW Biogas-KWK Anlage: Aus 19.048 MWh Biogas, 38.589 € Investkosten und 50.221 € Betriebskosten werden zu 8190 MWh Abwärme und 8000 MWh Strom
- andere Prozesse:
 - Aus 1ha Ackerland, 192 kg N-Dünger, 56 kg Phosphatdünger, 50 kg Kalidünger und 753€ Betriebskosten werden 12,57 t Maissilage
- Umrechnungen eines Flusses:
 - 1 t Hackschnitzel werden zu 4,9 MWh Hackschnitzel

² Es ist nicht bekannt welcher Anteil des Gesamtstrombedarfs für die Wärmebereitstellung verwendet wird.

³ Es ist bekannt dass für die Bereitstellung von Fernwärme Erdgas, Hackschnitzel und Biogas verwendet wird. Die Anteile sind jedoch nicht bekannt.

⁴ Für Holz und Solarthermie könnte keine Unterscheidung zwischen Haushalts- und Industrieverbrauchern getroffen werden.

- Umdeklarierung eines Flusses
 - 1 t Waldholz werden zu 1 t Input für Häcksler

Innerhalb der Superstructure werden 3 Kategorien von Flüssen unterschieden.

- Rohstoffe:
 - besitzen einen Preis, welcher auch negativ sein kann, können minimale und oder maximale Abnahmemenge haben oder unlimitiert sein. Sie können nur ein Inputstrom für einen Prozess sein.
- Zwischenprodukte:
 - besitzen keine Limitierungen und keinen Preis können aber In- und Outputströme von Prozessen sein. Es ist unzulässig, dass mehr Zwischenprodukt verbraucht wird als produziert wird, andersherum ist es jedoch möglich.
- Produkt:
 - besitzen einen Preis, welcher auch negativ sein kann, können eine Mindestmenge und oder maximale Produktionsmenge ausweisen. Sie können nur ein Outputstrom eines Prozesses sein

Analog zu den Prozessen muss ein Fluss nicht deckungsgleich mit einem realen Gut sein.

- 1 ha Ackerland (Rohstoff, kein Preis, maximal 5.626 ha)
- 1 MWh Strom für Haushalt(Rohstoff, 293€, unlimitiert)
- 1 t Biomüll Rohstoff (Rohstoff, -30€, feste Abnahmemenge von 55.646 t)
- 1€ Investitionskosten (Rohstoff, 1€, unlimitiert)
- 1t Maiskörner (Zwischenprodukt)
- 1 MWh Biogas (Zwischenprodukt)
- 1 MWh Wärme für Haushalt (Produkt, 108€, definierte Menge 4.198.263 MWh)
- 1 unit Solarstromsubvention, äquivalent zu 1 MWh (Produkt, 61€, unlimitiert)

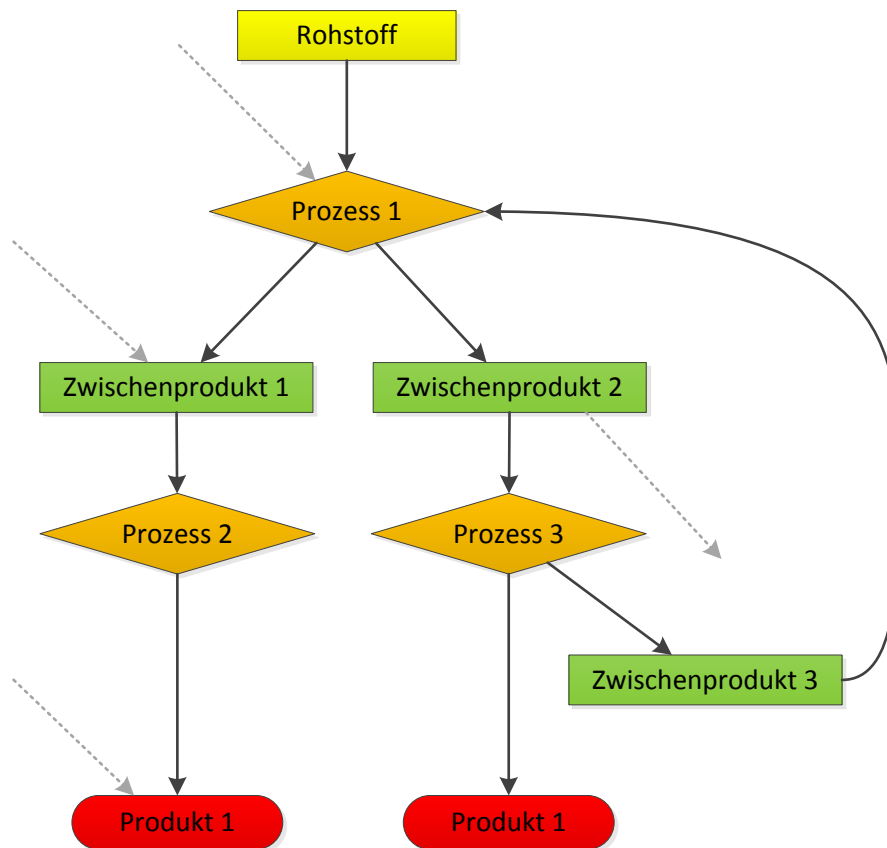


Abbildung 1-7 schematische Darstellung der Prozesse und Flüsse

1.5 Transportmodell

Nachwachsende Rohstoffe werden üblicherweise nicht dort produziert wo sie benötigt werden. Zudem fallen sie nicht punktuell wie fossile Rohstoffe sondern flächig an. Die einzige Ausnahme bilden Abfallströme welche an festen Standorten anfallen, wie z.B. Gülle im Stall. Ein weiterer Punkt ist die, im Vergleich zu Rohöl, niedrige Energiedichte von nachwachsenden Rohstoffen, was die Transportkosten erhöht

Jede Art von Rohstoff hat ihre eigenen Transportcharakteristika, welche abhängig von der Dichte und Aggregatzustand sind. Je nach Länge des Transportweges stehen verschiedene Transportmittel zur Verfügung. In Tabelle 1-3 sind für verschiedene Güter die zur Verfügung stehenden Transportmittel die entsprechenden Transportstrecken und spezifischen Kosten aufgelistet.

Tabelle 1-3 Spezifische Transportkosten

| Transportgut | Transportmittel | Wegstrecke [km] | Transportkosten [€/(t _{atro} *100 km)] oder [€(t FM*100 km)] | Einheit |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---|-------------------|
| Strohballen | Schlepper | 0-15 | 119,00 | t _{atro} |
| | LKW | 15-100 | 32,66 | t _{atro} |
| | Bahn | 100-250 | 32,43 | t _{atro} |
| Hackschnitzel und Schüttgut | Schlepper | 0-15 | 61,23 | t _{atro} |
| | LKW | 15-100 | 30,21 | t _{atro} |
| | Bahn | 100-250 | 20,53 | t _{atro} |

| | | | | |
|---------------------------|---------|---------|-------|-----------------------------|
| Pflanzenöl und Pyrolyseöl | LKW | 15-100 | 10,73 | t |
| | Bahn | 100-250 | 6,80 | t |
| Gülle | Traktor | 0-10 | 50,00 | t_FM 10% Trockensubstanz |

Um die Transportstrecke zu berechnen werden folgenden Annahmen getroffen. Eine Prozesseinheit benötigt ein definiertes Einzugsgebiet auf dem der entsprechende Rohstoff produziert wird. Dieses ist abhängig von der Produktivität der Fläche als auch vom Anteil dieser Fläche an der Fläche der Gesamtregion. Das Einzugsgebiet wird als Kreis angenommen wobei die Prozesseinheit im Mittelpunkt steht.

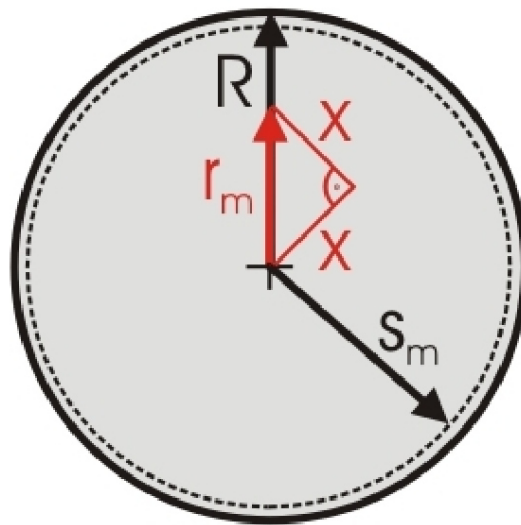


Abbildung 1-8 Transportmodell

Der durchschnittliche Kreisradius s_m entspricht der Luftlinie vom Produktionsort des Rohstoffes zur Prozesseinheit. Da diese Strecke nicht geradlinig zurückgelegt werden kann, muss ein Fahrprofil gewählt werden um den realen Weg zu ermitteln. Im Modell wird davon ausgegangen, dass die reale Fahrstrecke einer Zick-Zack-Linie gleichgesetzt werden kann. Damit kann die mittlere Wegstrecke als Summe der Katheten eines rechtwinkligen und gleichschenkligen Dreiecks angenommen werden. Der mittlere Kreisabstand ist dabei die Hypotenuse. Die Transportdistanzen können damit wie folgt berechnet werden. (14)

$$\text{Radius des flächengleichen Kreises/ Einzugsgebiet: } R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$\text{Mittlerer Radius: } r_m = \frac{2}{3} \cdot R$$

$$\text{Mittlerer Fahrweg: } s_m = 2 \cdot x \Rightarrow x = \frac{r_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow s_m = 2 \cdot \frac{r_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \cdot r_m$$

1.6 Rahmenbedingungen des Modells

Die Superstructure bildet eine Vielzahl an Wertschöpfungsketten ab. Auf der Angebotsseite fließen alle natürlichen Potenziale, die Nutzung fossiler Rohstoffe, Strom und Import von nicht-Energie Rohstoffen, wie z.B. Mineraldünger, ein. Die Nachfrageseite wird durch einen fixen Wärmebedarf, die Möglichkeit Güter zu exportieren und feste Einspeisevergütungen für Strom gemäß des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) charakterisiert. Die Superstructure beinhaltet nur technische Limitierungen.

So werden gesellschaftlich weniger akzeptierte Technologien wie Futtermittel zu Biogas und Windkraftanlagen nur durch das natürliche Potenzial limitiert und nicht von vornherein ausgeschlossen.

Für einige Güter gelten besondere Limitierungen. So muss immer eine definierte Menge Biomüll abgenommen und verwertet werden, selbst wenn dies unwirtschaftlich ist. Heizwärme muss ebenfalls immer bereitgestellt werden. In verschiedenen Szenarien kann ein Importgut nach oben begrenzt werden, wie z.B. Kraftfutter und Einstreu.

Bei einigen Prozessen gibt es in der Region bereits bestehende Anlagen, dies trifft primär auf Heizungsanlagen zu. Dies wurde berücksichtigt indem die entsprechenden Anlagen in der Superstructure implementiert wurden, ihnen jedoch keine Investitionskosten zugewiesen wurden.

Berechnungszeitraum ist ein Jahr, Prozesse die länger als Jahr andauern und Investitionskosten werden gemäß der Nutzungsdauer anteilig berechnet.

1.6.1 Wärme

Die Wärmeversorgung stellt ein zentrales Element dar. Es muss unter allen Umständen eine bestimmte Menge bereitgestellt werden um den Bedarf zu decken, überschüssige Wärme kann dabei nicht genutzt werden. Da Wärme nur eingeschränkt speicherbar und transportierbar ist, muss sie immer dann bereitgestellt werden wenn sie benötigt wird. Die Rahmenbedingungen dafür sind jedoch verschieden

Um die verschiedenen Möglichkeiten der Wärmeversorgung abzubilden wurden 3 Wärmekategorien definiert. Die Größe der Kategorie korrespondiert mit den Siedlungsräumen. Der Wärmebedarf wurde anhand der Verbrauchsdaten in Tabelle 1-2 berechnet.

Anschluss an Fern/Nahwärmenetz / „central“

Diese Kategorie zeichnet sich dadurch aus, dass ein Anschluss an ein Nah-/Fernwärmenetz und an ein Gasnetz möglich ist. Die Nutzung dezentraler Heizungstechnologien wie, Heizöl-, Scheitholz-, Holzpellettheizungen und Wärmepumpen wurde nicht zugelassen. Es gibt eine Reihe von Gründen für diese Annahme. Zum einen sind die Strukturen historisch gewachsen und viele Konsumenten sind vertraglich an ein Wärmenetz gebunden. Zum anderen befinden sich Wärmenetze oftmals in Siedlungsräumen mit hoher Bebauungsdichte, weshalb Regelungen zu Feinstaub- (Holz und Scheitholz) und Lärmemissionen (Luft/Wasser-Wärmepumpe) die Nutzung dieser Heizungsanlagen ausschließen. Ein weiterer Aspekt ist der hohe Platzbedarf von Erdsonden für Sole/Wasser-Wärmepumpen.

Solarthermie zur Unterstützung der Wärmebereitstellung wurde zugelassen, ebenso die Fassadendämmung.

Anschluss an Gasnetz / „gasgrid“

In dieser Kategorie besteht ein Anschluss an ein Gasnetz jedoch nicht an ein Fern/Nahwärmenetz. Diese Situation trifft auf den überwiegenden Teil der Siedlungsräume in der Projektregion zu, wie in Absatz 1.3 zu erkennen ist. In diesen Regionen konkurriert die Nutzung von Gas mit dezentralen Technologien zur Wärmeerzeugung.

Dezentrale Energieversorgung / „offgrid“

In dieser Region befindet sich weder ein Gas- noch ein Fern/Nahwärmenetz, damit muss die Wärme mittels dezentraler Technologien bereitgestellt werden.

Strom ist prinzipiell eine leitungsgebundene Energie. Jedoch ist in allen Siedlungsräumen ein Stromnetz vorhanden, sodass Strom auch zur dezentralen Wärmeversorgung genutzt werden kann.

Tabelle 1-4 Übersicht über die mögliche Wärmeversorgung in den Kategorien

| | central | gasgrid | offgrid |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| Nah-/Fernwärme | x | | |
| Gasheizung | x | x | |
| Ölheizung | | x | x |
| Pelletheizung | | x | x |
| Scheitholzheizung | | x | x |
| Solarthermie | x | x | x |
| Wärmepumpe | | x | x |
| Fassadendämmung ⁵ | x | x | x |

In Tabelle 1-4 ist dargestellt in welcher Kategorie welche Technologien zugelassen wird. Dabei ist zu beachten, dass Privathaushalte für Strom und Gas höhere Preise zahlen als Industriebetriebe. Die unterschiedliche Kostenstruktur wurde berücksichtigt indem jede Kategorie nochmal nach „Haushalt“ und „Industrie“ unterteilt wurde

1.6.2 Strom

Im Gegensatz zur Wärme unterliegt Strom keinen Beschränkungen hinsichtlich der Menge die gewinnbringend erzeugt werden kann. Durch die flächendeckende Netzinfrastruktur kann in unbegrenzter Menge Strom zugekauft werden.

Innerhalb der Superstructure kann Strom nur aus Erneuerbaren Energien erzeugt werden. Die Höhe Einspeisevergütungen werden vom EEG vorgegeben. Dabei wurden die Vergütungen in einen Anteil, welcher dem Börsenstrompreis entspricht, und einem Subventionsanteil unterteilt. Dies ermöglicht es den Einfluss der Subventionen auf die Wirtschaftsstrukturen separat vom Niveau der Energiepreise zu betrachten.

⁵ Nur für Haushalte und nicht für Industrierwärme

Der Eigenverbrauch von Strom wurde nicht zugelassen, da alle Stromspeichertechnologien nach wie vor zu teuer sind.

1.6.3 Viehzucht

Dem starken Anteil der Viehwirtschaft in der Projektregion wurde dadurch Rechnung getragen, dass der in der Superstructure die Viehwirtschaft als fester Verbraucher von Rohstoffen und Produzent von Abfallprodukten auftritt.

Für jede Tierart wurden einzelne Wirtschaftszweige modelliert und anhand des aktuellen Viehbestandes skaliert. Damit kann zum einen der Verbrauch von Ressourcen und die Produktion von Gülle und Mist berechnet werden, zum anderen kann die Wirtschaftlichkeit der Viehzucht innerhalb des Gesamtsystems untersucht werden.

Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da eine komplette Umstellung der Viehwirtschaft innerhalb weniger Jahre nicht realistisch ist. Gründe dafür sind hohe Investitionskosten für Wirtschaftsgebäude, soziale Widerstände gegen eine komplette Umstellung und die Vorgabe vom Projektpartner.

In einigen Szenarien wurde der Viehbestand variiert, sonst wurden folgende Werte vorgegeben.

Tabelle 1-5 Höhe des Viehbestands

| Bestandsgröße [Anzahl] | OBK | RBK | Gesamt |
|-------------------------|--------|--------|--------|
| Rinder, Milchproduktion | 19.628 | 7032 | 26.660 |
| Rinder, sonstige | 27.516 | 11.163 | 38.679 |
| Schweine | 1638 | 1751 | 3389 |
| Pferde | 4347 | 7076 | 11.423 |
| Schafe | 3051 | 1672 | 4723 |
| Legehennen | 34.555 | 19.000 | 53.555 |

1.6.4 Landwirtschaft

Es wurde angenommen, dass sämtliche Ackerfläche frei zur Verfügung steht und es keine Einschränkungen bezüglich Anbaufrucht gibt. Fruchtfolge und Zwischenfruchtanbau wurden nicht berücksichtigt. Eine Änderung der angebauten Ackerfrüchte ist innerhalb weniger Jahre möglich, weshalb die aktuelle Anbausituation nicht berücksichtigt wurde.

1.7 Bestimmung unbekannter Parameter durch iteratives Vorgehen

Für viele Parameter sind keine genauen Werte bekannt oder die Datenlage ist zu ungenau um in das Modell einzufließen. Dies trifft vor allem auf die Anzahl bestehender Heizungsanlagen und die Zusammensetzung der Biogasgülle zu.

Biogasgülle

In Abhängigkeit des verwendeten Substrates entstehen unterschiedlich Mengen Biogasgülle mit unterschiedlichen Mengen an wirksamen Stickstoff, Phosphat und Kalidünger. Rindergülle hat mit 13 Nm³ Methan pro Tonne Frischmasse einen niedrigen Methanertrag. Dies führt zu einem niedrigen Massenverlust, einen niedrigen Dünger Gehalt und somit zu hohen Ausbringungskosten. Im Gegensatz dazu hat Maissilage einen höheren Feststoffgehalt und Methanertrag. Damit fällt weniger

Biogasgülle an und der Düngergehalt ist höher womit die Ausbringungskosten für die Biogasgülle niedriger sind. In Abhängigkeit der jeweiligen Zusammensetzung ändern sich damit die Transportkosten.

Um dieses Problem zu umgehen wurde eine Optimierung des Modells, vor Erstellung der Szenarien durchgeführt und anhand des Ergebnisses ein Standard für Biogasgülle ermittelt, womit nachfolgend alle Transportkosten berechnet wurden.

Eine Tonne Substrat für die Biogasanlage setzen sich zusammen aus

| Massenanteil | |
|----------------|-----|
| Gülle/Mist | 80% |
| Reststoffe GBR | 4% |
| Grassilage | 10% |
| Biomüll | 6% |

Aus einer Tonne Substrat entstehen

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Biogasgülle | 930kg |
| Methan | 50,4m ³ |
| N | 4,1kg ⁶ |
| P ₂ O ₅ | 2,7kg |
| K ₂ O | 6,9kg |

Bestand Heizungsanlagen

Um zum Ermitteln von welchen Heizungstyp wie viele Anlagen bereits bestehen, wurde analog verfahren. Vor Erstellung der Szenarien wurde das Modell optimiert und die Anzahl an Heizungsanlagen berechnet. Für jede Region wurde der Bestand individuell ermittelt.

| Bestandsanlagen | OBK | RBK | Gesamt |
|------------------------------------|--------|--------|--------|
| Holzpelletheizung 30MWh/a Haushalt | 1372 | 1147 | 2519 |
| Scheitholzheizung 30MWh/a Haushalt | 1046 | 491 | 1537 |
| Gasheizung 30MWh/a Haushalt | 16.530 | 24.791 | 41.321 |
| Ölheizung 30MWh/a Haushalt | 13.673 | 9242 | 22.915 |
| Gasheizung 30MWh/a Industrie | 31.270 | 14.235 | 45.505 |
| Ölheizung 30MWh/a Industrie | 10.724 | 10.622 | 21.346 |
| Gasbrenner 310kW | 122 | 52 | 174 |

1.8 Multiperiodizität

Da der Wärmebedarf sich im Jahresverlauf stark ändert und Technologien wie z.B. Solarthermie auf eine schwankende Wärmeproduktion aufweisen wurden 3 Perioden definiert, welche den Jahresgang des Wärmebedarfs möglichst genau wiedergeben. Als Anhaltspunkt wurde der Gasverbrauch in den 9 Kommunen, welche von der AggerEnergie GmbH versorgt werden,

⁶ Nutzbarer Anteil; 60% MDÄ und 5% Lagerverlust

verwendet. (11). Alle Prozesse die Wärme erzeugen oder verbrauchen, wurden multiperiodisch erstellt. Etwaige Ausnahmen werden gesondert gekennzeichnet.

Tabelle 1-6 Aufteilung der Perioden

| Periode | Stunden | Zeitanteil | Wärmebedarf [Anteil am Jahresbedarf] |
|---|---------|------------|---|
| Übergangszeit (April, Mai, Oktober) | 2208 h | 25,2% | 21,48% |
| Sommer (Juni-September) | 2928 h | 33,4% | 11,96% |
| Winter (November-März) | 3624 h | 41,4% | 66,56% |

In Abbildung 1-9 ist dargestellt wie multiperiodische Prozesse in der Superstructure modelliert werden. Der fiktive „Verbrennungsprozess“ wurde unterteilt in verschiedene Prozesse. Im einen Grundprozess in welchen die verbrauchsunabhängige Kosten einfließen, wie Investitionskosten. Der Output besteht aus bereitgestellter Betriebszeit in der jeweiligen Periode. Für jede Periode gibt es einen Prozess in welchen Verbrauchsmaterialien, vor allem der Brennstoff, einfließen und die bereitgestellte Betriebszeit aus dem Grundprozess. Der Output ist in diesem Fall Wärme für die entsprechende Periode.

Damit ist es möglich die Fixkosten von den variablen Kosten zu trennen und auf die verschiedenen Bedarfssituationen einzugehen.

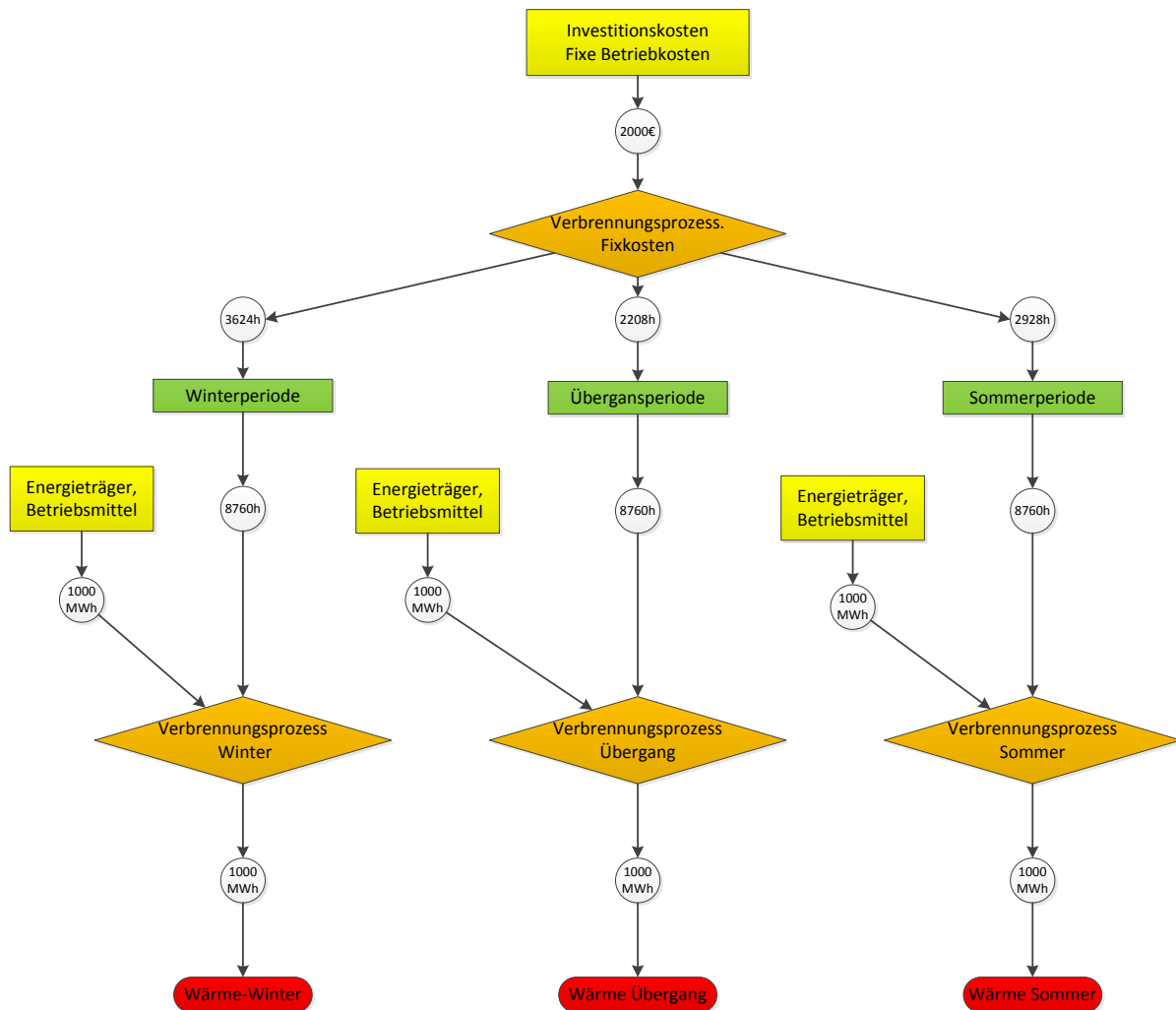


Abbildung 1-9 Grundstruktur multiperiodischer Prozesse innerhalb der Superstructure

1.9 Prozesse

Im Folgenden werden alle in der Superstructure enthaltenen Prozesse und Parameter aufgelistet.

1.9.1 Landwirtschaft und Forstwirtschaft

Die Landwirtschaftlichen Erträge orientieren sich am österreichischen Waldviertel. Diese Region ist klimatisch mit der Projektregion vergleichbar womit die landwirtschaftliche Produktivität ähnlich ist. (15)

Der Hektarertrag für Holz entstammt einer Studie welche für die Projektregion angefertigt wurde. Er beinhaltet kein Stammholz (16)

Alle Landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Holz wurde als Trockenmasse berechnet.

Tabelle 1-7 Auflistung der landwirtschaftlichen Prozesse inklusive Bedarf und Ertrag pro Hektar und Jahr

| genutztes Potenzial | | Düngebedarf und kosten [$\text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$] | | Ertrag in Trockenmasse [$\text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$] (einschließlich Silierverlust) | |
|---------------------|-----------|---|--------|---|------|
| Zuckerrüben | Ackerland | N-Dünger | 162 kg | Zuckerrüben | 15 t |
| | | P2O5-Dünger | 62 kg | | |

| | | | | | |
|----------------------|---------------|--------------------|----------|--------------------|---------|
| | | K2O-Dünger | 20 kg | | |
| | | Bearbeitungskosten | 1440 € | | |
| Weizen | Ackerland | N-Dünger | 105 kg | Weizenkörner | 5,16 t |
| | | P2O5-Dünger | 40 kg | Weizenstroh | 3,87 t |
| | | K2O-Dünger | 34 kg | | |
| | | Bearbeitungskosten | 443 € | | |
| Gerste | Ackerland | N-Dünger | 85 kg | Gerstenkörner | 4,47 t |
| | | P2O5-Dünger | 32 kg | Gerstenstroh | 2,91 t |
| | | K2O-Dünger | 37 kg | | |
| | | Bearbeitungskosten | 354 € | | |
| Raps | Ackerland | N-Dünger | 148 kg | Rapssamen | 3,4 t |
| | | P2O5-Dünger | 63 kg | Rapsstroh | 4,42 t |
| | | K2O-Dünger | 49 kg | | |
| | | Bearbeitungskosten | 527 € | | |
| Sonnenblume | Ackerland | N-Dünger | 33 kg | Sonnenblumenkörner | 5,41 t |
| | | P2O5-Dünger | 45 kg | Sonnenblumenstroh | 2,4 t |
| | | K2O-Dünger | 42 kg | | |
| | | Bearbeitungskosten | 558 € | | |
| Miscanthus | Ackerland | N-Dünger | 30 kg | Miscanthus | 12,1 t |
| | | Bearbeitungskosten | 337 € | | |
| Kurzumtriebspflanzen | Ackerland | N-Dünger | 56,25 kg | Kurzumtriebsholz | 10 t |
| | | Bearbeitungskosten | 388 € | | |
| Körnermais | Ackerland | N-Dünger | 149 kg | Maiskörner | 8 t |
| | | P2O5-Dünger | 56 kg | Maisspindel | 0,94 t |
| | | K2O-Dünger | 50 kg | Maisstroh | 2,66 t |
| | | Bearbeitungskosten | 591 € | | |
| Maissilage | Ackerland | N-Dünger | 192 kg | Maissilage | 12,57 t |
| | | P2O5-Dünger | 80 kg | | |
| | | K2O-Dünger | 194 kg | | |
| | | Bearbeitungskosten | 753 € | | |
| Futterhafer | Ackerland | N-Dünger | 75 kg | Haferkörner | 3,5 t |
| | | P2O5-Dünger | 24 kg | Haferstroh | 3,5 t |
| | | K2O-Dünger | 27 kg | | |
| | | Bearbeitungskosten | 377 € | | |
| Grassilage | Dauergrünland | N-Dünger | 123 kg | Grassilage | 6,4 t |
| | | P2O5-Dünger | 76 kg | | |
| | | K2O-Dünger | 201 kg | | |
| | | Bearbeitungskosten | 233 € | | |
| Grasfutter | Dauergrünland | N-Dünger | 123 kg | Grasfutter | 8 t |
| | | P2O5-Dünger | 76 kg | | |
| | | K2O-Dünger | 201 kg | | |
| | | Bearbeitungskosten | 201 € | | |
| Weichholz | Holzung | Bearbeitungskosten | 68 € | Weichholz | 2,37 t |

| | | | | |
|--|--------------------|------|----------|--------|
| Forstwirtschaft ⁷ Forstfläche | Bearbeitungskosten | 68 € | Derbholz | 0,88 t |
| | | | Reisig | 0,12 t |

1.9.2 Viehzucht

Die Viehzucht wurde im Gegensatz zu anderen Technologiezweigen nicht implementiert um eine optimale Nutzung zu ermitteln, sondern nur um ein Vergleichssystem zu anderen Technologiezweigen zu haben. Dafür wurden einige Möglichkeiten der Viehzucht abgebildet und deren Häufigkeit mittels des Viehbestandes definiert. In allen Szenarien bis auf „Kraftfutter autark“ wurde vorgegeben wie viele Tiere vorhanden sind.

Beim Gülle-Management wurde nur zwischen Gülle und Tiefstallmist unterschieden. Das System Jauche/Festmist wurde als Mischform der anderen beiden Varianten betrachtet. Die zugehörigen Daten finden sich im Teil 1.9.3.

Aus Gründen der Einfachheit und mangels zusätzlicher Information wurde bei der Futtermittelzusammensetzung nur zwischen Grundfutter und Kraftfutter unterschieden. Es wurde keine spezifische Zusammensetzung des Kraftfutters bzw. des Grundfutters verwendet. Im Modell ist es daher möglich, dass das Grundfutter für Rinder zu 100% aus Grünfutter und das Kraftfutter zu 100% aus Körnermais besteht.

Kraftfutter kann bestehen aus: Weizen, Gerste, Mais, Ölextraktionsschrot, Raps, Sonnenblumenkörner sowie zugekauften Kraftfutter.

Als Grundfutter können Grünfutter, Grassilage und Maissilage verwendet werden.

Alle Zahlenwerte beziehen sich auf jeweils ein Jahr und nicht auf die gesamte Nutzungsdauer eines Tieres und wurden anhand der Werte aus den Österreichischen Deckungsbeiträgen berechnet. (17)

Tabelle 1-8 PNS-Prozesse im Bereich Viehzucht

| | Input | | Output | |
|---|--------------------|-----------|----------------|-----------|
| Milchkuh Nutzungsdauer 3,5 Jahre | Grundfutter | 4375 kg | Gülle im Stall | 4,725 t |
| | Kraftfutter | 1750 kg | Gülle auf Feld | 14,125 t |
| | Bearbeitungskosten | 422 € | Kalb | 0,9 Stück |
| | | | Milch | 7000 kg |
| Mutterkuhhaltung Nutzungsdauer 5Jahre | Grundfutter | 5517 kg | Gülle im Stall | 7,6 t |
| | Kraftfutter | 85 kg | Gülle auf Feld | 7,6 t |
| | Bearbeitungskosten | 180 € | Kalb | 0,9 Stück |
| Kalbaufzucht 95kg Nutzungsdauer 28 Monate | Milch | 64,5 kg | Gülle im Stall | 5,35 t |
| | Kraftfutter | 19,565 kg | Gülle auf Feld | 5,35 t |
| | Bearbeitungskosten | 34,4 € | | |
| Kalbaufzucht 270kg Nutzungsdauer 17,2 Monate | Milch | 64,5 kg | Gülle im Stall | 5,35 t |
| | Kraftfutter | 19,565 kg | Gülle auf Feld | 5,35 t |
| | Bearbeitungskosten | 34,4 € | | |
| Ferkelproduktion Nutzungsdauer 2,5Jahre | Kraftfutter | 1650 kg | Ferkel | 16 Stück |
| | Bearbeitungskosten | 203 € | Gülle | 4,4 t |

⁷ Gemittelter Ertrag über gesamte Forstfläche. Der reale Ertrag pro Hektar liegt bei 2,46t/a allerdings können viele Fläche nicht bewirtschaftet werden.

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Schweinemast Nutzungsdauer 6 Monate | Kraftfutter Bearbeitungskosten | 510 kg 10 € | Gülle | 1,8 t |
| Legehennen Besatzzeit: 59 Wochen | Jungküken Kraftfutter Einstreu Bearbeitungskosten | 5000 Stück 208 kg 29 t 5479 € | Eier Althennen Mist | 11.300.000 Stück 4681 Stück 128 t |
| Milchschaafhaltung Nutzungsdauer 5 Jahre | Kraftfutter Einstreu Bearbeitungskosten | 163 kg 487 kg 108 kg | Schafsmilch Schafswolle Lämmer Gülle auf Feld Mist | 380 kg 4 kg 1,66 Stück 0,81 t 1,73 t |
| Pferdehaltung Pensionshaltung | Kraftfutter Einstreu | 1190 kg 1,752 t | Mist | 7,8 t |

1.9.3 Düngerkreislauf

Bei der Bereitstellung des Düngers wurde nur auf die Hauptnährstoffe Stickstoff, Kali und Phosphat eingegangen. Ein Mangel an Wirtschaftsdünger kann durch Zukauf von Mineraldünger ausgeglichen werden, ein Überschuss wird jedoch nur separat ausgewiesen und nicht näher berücksichtigt. Dieses Vorgehen kann zwar eine unausgeglichene Nährstoffbilanz verursachen, jedoch war die Produktion von Wirtschaftsdünger nur in wenigen Szenarien höher als der Bedarf und die Überproduktion konnte in jedem Fall im Rahmen der Gesetze auf die Felder ausgebracht werden.

In die Nährstoffbilanz geht feldfallende Gülle, Stallgülle, Mist und Biogasgülle ein. Die in der Literatur unterschiedlichen Nährstoffgehalte wurden auf einen einheitlichen Trockenmassegehalt umgerechnet. Die unterschiedliche Düngewirksamkeit für Stickstoffdünger wurde über Mineraldüngeräquivalente und Lagerverluste abhängig vom Nutzungsweg berechnet. Für Kali und Phosphat wurde ein MDÄ von 100% angesetzt, zudem gibt es keine Lagerverluste. Die Umwandlung von Gülle in Mist erfolgt nach dem Schema 1 t Gülle + x kg Einstreu ergibt y kg Mist.

In allen Fällen wurde bei Gülle und Mist mit der Frischmasse gerechnet.

Tabelle 1-9 Wirtschaftsdünger mit Nährstoffgehalt (18) (19)

| Wirtschafts- dünger | TS % | Einstreu- anteil [kg/t] | Gehalt [kg/t FM] | | | N-Lager- verlust | N-MDÄ | Düngewert [kg/t FM] | | |
|----------------------------|------|-------------------------------|------------------|-------|-------|---------------------|-------|------------------------|-------|-------|
| | | | N | P2O5 | K2O | | | N | P2O5 | K2O |
| Rindergülle | 10% | | 5,40 | 2,00 | 5,00 | 30% | 50% | 1,89 | 2,00 | 5,00 |
| Rindergülle feldfallend | 10% | | 5,40 | 2,00 | 5,00 | --- | 25% | 1,35 | 2,00 | 5,00 |
| Rindermist | 25% | 205 | 9,70 | 2,70 | 10,00 | 40% | 30% | 1,75 | 2,70 | 10,00 |
| Schweinegülle | 7,5% | | 5,60 | 3,75 | 3,75 | 30% | 50% | 1,96 | 3,75 | 3,75 |
| Schweinemist | 25% | 228 | 12,20 | 6,50 | 6,50 | 40% | 30% | 2,20 | 6,50 | 6,50 |
| Legehennenmist | 50% | 227 | 30,56 | 15,00 | 15,50 | 40% | 30% | 5,50 | 15,00 | 15,50 |
| Schafmist | 30% | 282 | 25,44 | 2,80 | 11,10 | 40% | 30% | 4,58 | 2,80 | 11,10 |
| Schafgülle feldfallend | 10% | | 12,97 | 1,43 | 5,66 | --- | 25% | 3,24 | 1,43 | 5,66 |
| Pferdemist | 30% | 225 | 7,80 | 3,60 | 10,90 | 40% | 30% | 1,40 | 3,60 | 10,90 |

1.9.4 Düngerkreislauf – Biogasgülle

Aufgrund eines höheren N-MDÄ und niedrigerem N-Lagerverlustes unterscheidet sich der verfügbare Stickstoff in Gülle zu dem von Biogasgülle. Neben Gülle und Mist können auch verschiedene Reststoffe sowie Agrarprodukte als Rohstoff für die Biogaserzeugung dienen. In Tabelle 1-10 ist dargestellt, wie viel Nährstoffe anfallen wenn eine Tonne Substrat in einer Biogasanlage verarbeitet werden. Da während der Fermentation eine Massenabnahme erfolgt, die Nährstoffmenge jedoch gleich bleibt, steigt die Nährstoffkonzentration. Für die Berechnung des N-Düngerwertes wurden 5% Lagerverlust und 60% MDÄ angesetzt.

Der Massenverlust und der Düngewert in Tabelle 1-10 wurden selbst berechnet. (19) (20)

Tabelle 1-10 Nährstoffgehalt in Biogasgülle

| Substrat | TM | Gehalt Substrat [kg/t FM] | | | Massenverlust [kg/t FM] | Düngewert Biogasgülle [kg/t] | | |
|---------------------|-------|---------------------------|-------|-------|-------------------------|------------------------------|-------|-------|
| | | N | P2O5 | K2O | | N | P2O5 | K2O |
| Rindergülle | 10% | 5,40 | 2,00 | 5,00 | 27,3 | 3,16 | 2,06 | 5,14 |
| Rindermist | 25% | 9,70 | 2,70 | 10,00 | 103,3 | 6,17 | 3,01 | 11,15 |
| Schweinegülle | 7,5% | 5,63 | 3,75 | 3,75 | 32,7 | 3,31 | 3,88 | 3,88 |
| Schweinemist | 25% | 12,20 | 6,50 | 6,50 | 90,0 | 7,64 | 7,14 | 7,14 |
| Legehennenmist | 50% | 30,56 | 15,00 | 15,50 | 215,3 | 22,20 | 19,12 | 19,75 |
| Schafmist | 30% | 25,44 | 2,80 | 11,10 | 124,0 | 16,55 | 3,20 | 12,67 |
| Pferdemist | 30% | 7,80 | 3,60 | 10,90 | 77,5 | 4,82 | 3,90 | 11,82 |
| Maissilage | 33% | 4,30 | 1,80 | 5,10 | 218,8 | 3,14 | 2,30 | 6,53 |
| Glyzerin | 100% | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1000,0 | --- | --- | --- |
| Grassilage | 35% | 9,28 | 2,45 | 10,85 | 221,4 | 6,79 | 3,15 | 13,94 |
| Ölextraktionsschrot | 88,6% | 56,50 | 27,90 | 16,70 | 541,8 | 70,28 | 60,89 | 36,44 |
| Getreideschlempe | 7,5% | 4,34 | 1,76 | 1,14 | 43,1 | 2,59 | 1,84 | 1,20 |
| Bioabfall | 50% | 7,20 | 4,10 | 1,90 | 107,8 | 4,60 | 4,60 | 2,13 |
| Presskuchen GBR | 50% | 1,86 | 0,49 | 2,17 | 237,0 | 1,39 | 0,64 | 2,84 |
| Trennrückstand GBR | 90% | 1,86 | 0,49 | 2,17 | 474,0 | 2,01 | 0,93 | 4,13 |

1.9.5 Biogas

Biogas kann aus verschiedenen Produkten erzeugt werden. In nachfolgender Tabelle sind alle möglichen Substrate, deren Trockengehalt, Biogasertrag, Methangehalt und die Produktion von Biogasgülle aufgelistet.

Tabelle 1-11 Spezifikation Biogassubstrat (20)

| | Trockengehalt | Biogasertrag [m³/t FM] | Methangehalt | Gärrest [kg/t FM] |
|----------------|---------------|------------------------|--------------|-------------------|
| Rindergülle | 10% | 24 | 55% | 973 |
| Rindermist | 25% | 90 | 55% | 897 |
| Schweinegülle | 7,5% | 30 | 60% | 967 |
| Schweinemist | 25% | 83 | 60% | 910 |
| Legehennenmist | 50% | 187,5 | 55% | 785 |
| Schafmist | 30% | 108 | 55% | 876 |
| Pferdemist | 30% | 67,5 | 55% | 922 |

| | | | | |
|--|------|-----|-----|-----|
| Maissilage | 33% | 185 | 52% | 781 |
| Grassilage | 35% | 189 | 53% | 779 |
| Ölextraktionsschrot | 88% | 496 | 60% | 458 |
| Glycerin aus Biodieselherstellung | 100% | 846 | 50% | 0 |
| Getreideschlempe aus Bioethanolherstellung | 7,5% | 40 | 61% | 957 |
| Bioabfall | 50% | 100 | 61% | 892 |
| Graspresskuchen aus GBR | 50% | 202 | 53% | 763 |
| Trennrückstand aus GBR | 90% | 404 | 53% | 526 |

Alle Fermenter wurde auf einen überwiegend Einsatz von Gülle ausgelegt und weisen somit einen höheren Wärmebedarf als NawaRoh-Anlagen auf. Da der Wärmeverlust von der Außentemperatur abhängig ist schwankt der Eigenwärmebedarf über das Jahr.

Tabelle 1-12 Biogastechnologien

| | Größe | Produkt |
|----------------------|--|------------------------------|
| Fermenter | 22; 45; 60; 240; 600 Nm ³ /h | Biogas, Biogasgülle |
| Biogas BHKW | 45; 150; 300kW _{el} ; 1; 3 MW _{el} | Strom und Prozess-/Fernwärme |
| Gasturbine | 27; 200; 1000 kW _{el} | Strom und Prozess-/Fernwärme |
| Biogas Brenner | 300kW _{th} , 1; 3MW _{th} | Prozess-/Fernwärme |
| Biogas Dampferzeuger | 300kW _{th} , 1; 3MW _{th} | Prozess-Wasserdampf |
| Biogasaufbereitung | 50; 250; 500 Nm ³ /h | Biomethan |
| Biogaseinspeisung | 50; 250; 500 Nm ³ /h | Erdgas |

Ein Teil der Prozesse wurden aus bereits abgeschlossenen Projekten übernommen ein anderer Teil wurde neu erstellt. (Details siehe Kapitel 9.2)

1.9.6 Holz und Stroh

In nachfolgender Tabelle sind verschiedene Technologien zur Konfektionierung, Verbrennung und Verstromung von Holz und Stroh aufgelistet

Alle Prozesse wurden aus bereits abgeschlossenen Projekten übernommen. (siehe Kapitel 9.2)

Tabelle 1-13 Biomasseverbrennung Übersicht

| | Größe | Input | Produkt |
|---------------------------------|--|---|--------------------|
| Biomassebrenner | 300kW _{th} , 1; 3MW _{th} | Miscanthus Maisspindel | Prozess-/Fernwärme |
| Häcksler | | Reisig Kurzumtriebsholz Weichholz Industrie und Feuerholz Holzabfälle | Hackschnitzel W50% |
| Hackschnitzeltrocknung auf W25% | 650, 3250kW | Hackschnitzel W50% | Hackschnitzel W25% |
| Hackschnitzeltrocknung | 650, 3250kW | Hackschnitzel W25% | Hackschnitzel W10% |

| | | | |
|----------------------|--|---------------------|------------------------------|
| auf W10% | | | |
| Holzvergaser | 250 kW _{el} ; 1; 3 MW _{el} | Hackschnitzel W25% | Strom und Prozess-/Fernwärme |
| Holz ORC | 635 kW _{el} | Hackschnitzel W25% | Strom und Prozess-/Fernwärme |
| Hackschnitzelbrenner | 300 kW _{th} ; 1; 3 MW _{th} | Hackschnitzel W25% | Prozess-/Fernwärme |
| Holzpelletierung | 9200; 27.600; 92.000 t/a | Hackschnitzel W10% | Holzpellets |
| Strohpelletierung | 9200; 27.600; 92.000 t/a | Stroh Miscanthus | Strohpellets |
| Strohpelletbrenner | 300 kW _{th} ; 1; 3 MW _{th} | Strohpellets | Prozess-/Fernwärme |
| Strohvergaser | 250 kW _{el} ; 1; 3 MW _{el} | Strohpellets | Strom und Prozess-/Fernwärme |

1.9.7 Treibstofftechnologien

In Nachfolgender Tabelle sind Technologien zur Erzeugung von Treibstoffen aus Biomasse aufgelistet. Da diese Anlagen für gewöhnlich Großanlagen sind und kontinuierlich arbeiten, wurden sie nicht multiperiodisch ausgeführt.

Alle Prozesse wurden aus bereits abgeschlossenen Projekten übernommen. (siehe Kapitel 9.2)

Tabelle 1-14 Übersicht Treibstofftechnologien

| Technologie | Größe | Input | Produkt |
|--------------------------|--------------------------------|--|--|
| Ölsaattrocknung | 650, 3250kW | Rapskörner Sonnenblumenkörner | getrocknete Ölsaat |
| Ölpresse | 474; 4740; 47.400 t/a | getrocknete Ölsaat | Pflanzenöl |
| Biodieselherstellung | 450; 4500; 45.000 t/a | Pflanzenöl Methanol Kaliumhydroxid | Biodiesel Glyzerin Kaliumphosphat |
| Bioethanolherstellung | 10.000; 30.000; 100.000 t/a | Zuckerrübe Maiskörner Weizen Gerste | Ethanol Getreideschlempe |
| Holzpyrolyse Slurry | 50; 150; 400 MWh/a | Hackschnitzel W25% | Slurry Prozess-/Fernwärme |
| Strohpyrolyse Slurry | 50; 150; 400 MWh/a | Strohpellets Biogas | Slurry Prozess-/Fernwärme |
| Fischer-Tropsch Anlage | 100.000t/a; 200.000t/a | Slurry | Synthetischer Kraftstoff |
| Strohpyrolyse Pyrolyseöl | 50MWh/a | Strohpellets Biogas | Pyrolyseöl Petrolkoks Prozess-/Fernwärme |
| Holzpyrolyse Pyrolyseöl | 50MWh/a | Hackschnitzel W25% | Pyrolyseöl Petrolkoks Prozess-/Fernwärme |

1.9.8 Wind

Es wurde eine Referenzanlage mit einer Leistung von 3MW und einer Nabhöhen von 135m gewählt. Bei durchschnittlich 2400 Volllaststunden (VLS) pro Jahr erzeugt eine Anlage 7200 MWh Strom.

Das Potenzial wurde anhand des NRW-Leitszenarios aus der „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 1 Windenergie“ entnommen. (21)

| Anzahl 3MW Windenergieanlage | |
|------------------------------|-----|
| OBK | 159 |
| RBK | 9 |
| Gesamt | 168 |

1.9.9 Solarthermie

Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten solare Wärme zu Heizzwecken zu nutzen. Hier wurden nur Flachkollektoren berücksichtigt, welche zur Warmwasserbereitung dienen. Andere Bautypen und Nutzungsarten wie Vakuumröhrenkollektoren, solare Heizung, Installation an Fassaden wurden nicht berücksichtigt.

Solarthermiemodule können im Winkel von 20°, 45° und 65° aufgestellt werden und weisen eine unterschiedliche Wärmeproduktion in Abhängigkeit der Jahreszeit auf. Es können maximal 15% des Gesamtwärmebedarfs via Solarthermie gedeckt werden, was etwa dem Wärmebedarf zur Warmwasserbereitstellung entspricht. Es liegen zurzeit keine Angaben über die Neigungswinkel der Hausdächer vor. Es wurden daher folgende Annahmen getroffen.

| Neigungswinkel | Anteil |
|----------------|--------|
| 20° | 20% |
| 45° | 30% |
| 65° | 50% |

Neben kleinen 8 kW Modulen, welche auf jedem Hausdach installiert werden können wurden auch Großanlagen mit 100 kW und 300 kW implementiert. Da letztere bis zu 1500 m²(300 kW bei 65° Anstellwinkel auf Flachdach) zusammenhängende Dachfläche benötigen, dafür aber keine Daten vorliegen wurden folgende Annahmen zum Baupotenzial getroffen.

Tabelle 1-15 Annahmen über Potenzial für Solarthermiegroßanlagen

| Leistung und Anstellwinkel | OBK | RBK | Gesamt |
|----------------------------|------------------------|-----|--------|
| | Maximale Anlagenanzahl | | |
| 100 kW 20° | 18 | 15 | 33 |
| 100 kW 45° | 18 | 15 | 33 |
| 300 kW 65° | 18 | 15 | 33 |
| 300 kW 20° | 6 | 5 | 11 |
| 300 kW 45° | 6 | 5 | 11 |
| 300 kW 65° | 6 | 5 | 11 |

Es ist zudem möglich 300kW Solarthermieanlagen auf Freiflächen zu installieren, welche die bereitgestellte Wärme in ein Fernwärmenetz einspeisen. Hierbei können ebenfalls maximal 15% des Wärmebedarfs des Fernwärmenetzes gedeckt werden.

Aufgrund der Vielzahl an Annahmen welche hier getroffen wurde sind quantitative Aussagen über das Potenzial kritisch zu bewerten.

1.9.10 Photovoltaik

Durch die Regelungen des EEGs kann Solarstrom immer eingespeist werden und ein Gewinn erzielt werden. Es ist nicht vorgesehen den eigenen Strombedarf durch Solarstrom zu decken. Dies hat zur Folge, dass PV-Module immer so aufgestellt werden das im Jahresverlauf die maximale Menge an Strom erzeugt werden kann. Die Berücksichtigung des Lastverlaufs innerhalb eines Tages oder Jahres, wie bei Solarthermieanlagen, ist hier nicht sinnvoll.

Es wurde die Annahme getroffen, dass auf jeder Dach- und Freifläche die PV-Module optimal aufgestellt werden, was in vielen Fällen eine Aufständigung notwendig macht. Für die Installationskosten wurde ein Mittelwert von 1500€ pro Kilowatt-Peakleistung (kW_{Peak}) für Dachanlagen und 1200€/ kW_{Peak} für Freiflächenanlagen gewählt. Der mittlere Anlagenwirkungsgrad ist 18%. Das hat zur Folge, dass Anlagen auf unterschiedlich gut geeigneten Flächen im Modell sich nicht durch ihre Kosten, sondern durch ihren Flächenverbrauch / abgeschattete Fläche unterscheiden. (22) (23)

In der Projektregion werden können pro optimal installiertem kW_{Peak} bis zu 1012 kWh/a Strom erzeugt werden.

1.9.11 Fernwärme und Gebäudeheizung

Fernwärme, Prozesswärme und Abwärme werden im Modell als äquivalent betrachtet da diese von den gleichen Technologien erzeugt werden können. Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) welches mit Biogas betrieben wird erzeugt Strom und Wärme. Die Wärme kann im Modell als Prozesswärme genutzt werden, etwa um einen Biogasfermenter zu beheizen, oder die Abwärme in ein Wärmenetz eingespeist werden.

Die Kapazität der Wärmenetze wurde anhand aktueller Verbrauchsdaten berechnet. (13) (12)

Zusätzlich stehen Öl und Gasbrenner zur Verfügung um den Fernwärmbedarf abzudecken. Aufbereitetes und ins Gasnetz eingespeistes Biogas steht ebenfalls der Fernwärmerezeugung zur Verfügung.

In der Projektregion bestehen bereits ausreichend Anlagen um den gesamten Wärmebedarf zu decken. Die Anzahl wurde rechnerisch ermittelt (vgl. Absatz 1.7). Es wurde angenommen dass diese Anlagen eine mittlere Lebensdauer von 20 Jahren besitzen, daher müssen pro Jahr 5% aller Anlagen neugebaut werden.

Tabelle 1-16 Übersicht Heizungsanlagen

| Technologie | Größe | Input | Produkt |
|-------------|---------------------|----------------|------------------------------|
| Ölbrenner | 310 kW | Heizöl | Fernwärme |
| Gasbrenner | 310 kW, 1; 3 MW | Erdgas | Fernwärme |
| Gasturbine | 250; 1000 kW_{el} | Erdgas, Biogas | Strom und Prozess-/Fernwärme |
| Biogas-KWK | 3 MW_{el} | Biogas | Strom und Prozess-/Fernwärme |
| Gasheizung | 30 MWh/a | Erdgas | Heizwärme |

| | | | |
|------------------------|-------------------|-------------|-----------|
| Ölheizung | 30 MWh/a | Heizöl | Heizwärme |
| Luft/Wasser-Wärmepumpe | 10 kW; 15,5 MWh/a | Strom | Heizwärme |
| Sole/Wasser-Wärmepumpe | 10 kW; 15,5 MWh/a | Strom | Heizwärme |
| Pelletheizung | 30 MWh/a | Holzpellets | Heizwärme |
| Scheitholzheizung | 30 MWh/a | Scheitholz | Heizwärme |

Ein Teil der Prozesse wurden aus bereits abgeschlossenen Projekten übernommen ein anderer Teil wurde neu erstellt. (Details siehe Kapitel 9.2)

1.9.11.1 Sole/Wasser-Wärmepumpe

Sole/Wasser-Wärmepumpen sind im Gegensatz zu Luft/Wasser-Wärmepumpen nicht überall einsetzbar, da das oberflächennahe Geothermiepotenzial als begrenzende Größe auftritt.

In der Projektregion ist es möglich 50% aller Verbraucher mit Sole/Wasser-Wärmepumpe auszustatten. Dabei können die Erdwärmesonden maximal 1550 Stunden pro Jahr voll belastet werden. (24)

1.9.12 Grüne Bioraffinerie

Es wurde ein Variante der Grünen Bioraffinerie zur Nutzung von Grassilage im Modell berücksichtigt. Da diese Technologie sich noch im Pilotmaßstab befindet wurde das Potenzial auf eine Anlage pro Kreis beschränkt.

| Technologie | Größe | Input | Produkt |
|----------------------|-----------|------------------------|---|
| Grassilage-Pressen | 15.500t/a | Grassilage | Grassaft_feucht Graspresskuchen_feucht |
| Presskuchentrocknung | | Graspresskuchen_feucht | Grass-Presskuchen_W10% |
| Grassafttrennung | | Grassaft_feucht | Milchsäure TM Proteingemisch |

1.9.13 Dämmung

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit lagen noch keine Daten über das Dämmpotenzial vor. Es wurden Annahmen getroffen wieviel Häuser ihren Wärmebedarf durch Dämmung reduzieren können. Als Dämmmaterial wurden Strohdämmplatten verwendet.

| Potenzial | Anteil der Häuser | Einsparung |
|-----------|-------------------|------------|
| Hoch | 15% | 40% |
| Mittel | 20% | 30% |
| Niedrig | 25% | 20% |

1.9.14 Kompostierung

Alternativ zur Verwertung in Biogasanlagen kann Biomüll und Reststoffe aus der GBR in Kompostieranlagen verwertet werden. Die verwendete Anlage kann pro Jahr 25000 t Abfall kompostieren.

1.10 Parameter des Basisszenarios

Das Basisszenario stellt einen Ausgangspunkt für alle weiteren Szenarien dar. Dafür wurden alle Parameter so gewählt, dass sie die aktuelle Situation in der Projektregion möglichst genau wiedergeben. Es wurde die jeweils aktuellsten verfügbaren Daten verwendet. Die Preise der Rohstoffe und Produkte unterliegen starken Schwankungen, daher wurden langjährige Durchschnittspreise angesetzt.

In Tabelle 1-17 sind alle Parameter für die 3 Regionen und alle Preise aufgelistet

Tabelle 1-17: Eckpunkte des Basisszenarios

| Flächenpotenzial | OBK | RBK | Gesamt | Quelle |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Gesamtfläche [ha] | 91.885 | 43.755 | 135.640 | (4) (5) |
| Ackerland [ha] | 2577 | 3049 | 5626 | (4) (5) |
| Forstfläche [ha] | 35.756 | 16.791 | 52.547 | (4) (5) |
| Holzungen [ha] | 5563 | 1774 | 7337 | (4) (5) |
| Dauergrünland [ha] | 26.834 | 10.916 | 37.750 | (4) (5) |
| Freiflächen, Modulfläche [m ²] ⁸ | 1.850.000 | 1.490.000 | 3.340.000 | (23) |
| Dach, gut geeignet [m ²] | 2.251.295 | 2.154.194 | 4.405.489 | (25) |
| Dach, bedingt geeignet [m ²] | 790.140 | 549.125 | 1.339.265 | (25) |
| Flachdach, gut geeignet [m ²] | 2.204.947 | 2.300.198 | 4.505.145 | (25) |
| Flachdach, bedingt geeignet [m ²] | 2.941.559 | 2.375.464 | 5.317.023 | (25) |
| Kapazität | OBK | RBK | Gesamt | |
| Gasnetz [MWh] | 5.196.078 | 4.214.878 | 9.410.957 | berechnet |
| Fernwärmenetz [MWh] | 310.888 | 131.686 | 442.574 | berechnet |
| sonstiges | OBK | RBK | Gesamt | |
| Fassadenfläche [m ²] | 2.417.244 | 2.521.009 | 4.938.253 | (26) |
| 3MW Windenergieanlage [Stück] | 159 | 9 | 168 | (21) |
| Biomüll [t] | 26.696 | 28.950 | 55.646 | (27) |
| Viehbestand | OBK | RBK | Gesamt | |
| Milchkuh [Stück] | 19.628 | 7.032 | 26.660 | (28) |
| Restliche Rinder [Stück] | 27.516 | 11.163 | 38.679 | (28) |
| Schweine [Stück] | 1638 | 1751 | 3389 | (28) |
| Pferde [Stück] | 4347 | 7076 | 11.423 | (28) |
| Schafe [Stück] | 3051 | 1672 | 4723 | (28) |
| Legehennen [Stück] | 34.555 | 19.000 | 53.555 | (28) |
| Heizwärmebedarf | OBK | RBK | Gesamt | |
| central, Haushalt [MWh] | 157.831 | 66.854 | 224.685 | berechnet |
| gasgrid, Haushalt [MWh] | 900.000 | 1.349.786 | 2.249.786 | berechnet |
| offgrid, Haushalt [MWh] | 1.001.212 | 722.580 | 1.723.792 | berechnet |
| central, Industrie [MWh] | 347.586 | 158.002 | 505.589 | berechnet |
| gasgrid, Industrie [MWh] | 1.390.345 | 632.010 | 2.022.354 | berechnet |
| offgrid, Industrie [MWh] | 750.882 | 743.722 | 1.494.604 | berechnet |
| Energie | Preis | Einheit | Art | |
| Erdgas Haushalt | 70,9 | €/MWh | Import | |
| Erdgas Industrie | 46,8 | €/MWh | Import | |
| Diesel-Treibstoff | 1428 | €/t | Import | |

⁸ Es lagen nur Daten vor für Fläche der installierbaren PV-Module.

| | | | |
|---|--------------|----------------|------------|
| Heizöl, leicht | 788 | €/t | Import |
| Strom, Haushalt | 291 | €/MWh | Import |
| Strom, Industrie | 150 | €/MWh | Import |
| Börsenstrompreis | 69,5 | €/MWh | Erlös |
| Bio-Kraftstoffe | Preis | Einheit | Art |
| KOH | 700 | €/t | Ankauf |
| Methanol | 300 | €/t | Ankauf |
| Biodiesel | 1428 | €/t | Verkauf |
| K ₃ PO ₄ | 800 | €/t | Verkauf |
| Synthese Treibstoff | 139 | €/MWh | Verkauf |
| Bioethanol | 570 | €/t | Verkauf |
| Pyrolyseöl | 47 | €/MWh | Verkauf |
| PyrolyseKoks | 114 | €/MWh | Verkauf |
| Stromsubventionen⁹ | Preis | Einheit | Art |
| Windstrom | 20 | €/MWh | Erlös |
| Solarstrom <10kW _{peak} | 61 | €/MWh | Erlös |
| Biomasse/Biogas | 74 | €/MWh | Erlös |
| Biogaseinspeisung mit Verstromung ¹⁰ | 30 | €/MWh | Erlös |
| Landwirtschaft | Preis | Einheit | Art |
| Kraftfutter | 330 | €/t | Ankauf |
| Einstreu | 170 | €/t | Ankauf |
| Stickstoffdünger | 1,22 | €/kg | Ankauf |
| Phosphatdünger | 0,95 | €/kg | Ankauf |
| Kalidünger | 0,88 | €/kg | Ankauf |
| Maispindeln, getrocknet | 135 | €/t | Verkauf |
| Proteinkonzentrat aus GBR | 5000 | €/t | Verkauf |
| Milchsäure aus GBR | 700 | €/t | Verkauf |
| Pflanzenöl | 1344 | €/t | Verkauf |
| Viehzucht | Preis | Einheit | Art |
| Kalbin | 1170 | €/Stück | Verkauf |
| Kalb, weiblich 270kg | 553,5 | €/Stück | Verkauf |
| Kalb, männlich 300kg | 720 | €/Stück | Verkauf |
| Kalb, männlich 65kg | 130 | €/Stück | Verkauf |
| Kalb, weiblich 90kg | 494 | €/Stück | Verkauf |
| Kuhmilch | 0,33 | €/kg | Verkauf |
| Milchkuh, alt | 552,5 | €/Stück | Verkauf |
| Mutterkuh, alt | 682,5 | €/Stück | Verkauf |
| Mastschwein | 112 | €/Stück | Verkauf |
| Ferkel | 62 | €/Stück | Verkauf |
| Sau, alt | 58 | €/Stück | Verkauf |
| Lamm | 40 | €/Stück | Verkauf |

⁹ Gemäß EEG wurden die Stromeinspeisevergütungen auf einen festen Wert gesetzt.

¹⁰ Das EEG sieht vor, dass gereinigtes und in ein Gasnetz eingespeistes Biogas in KWK-Anlagen verstromt wird. Die Höhe der Einspeisevergütung ist dabei von der Menge des erzeugten Stroms abhängig. Für die Verbrennung zum Zweck der Wärmebereitstellung gibt es keine Förderungen.

| | | | |
|----------------------|--------------|----------------|-------------------|
| Schafsmilch | 1 | €/kg | Verkauf |
| Schafswolle | 0,58 | €/kg | Verkauf |
| Schaf, alt | 40 | €/Stück | Verkauf |
| Althennen | 515 | €/(4681 Stück) | Verkauf |
| Küken für Legehennen | 24.050 | €/(5000 Stück) | Verkauf |
| Hühnerei | 7 | €/(100 Stück) | Verkauf |
| Sonstiges | Preis | Einheit | Art |
| Biomüll | -30 | €/t | Abnahmemenge |
| Komposterde | 30 | €/t | Verkauf |
| Verbrennungsasche | -90 | €/t | Entsorgungskosten |
| Sand | 3 | t | Ankauf |

2 Grundlagen der Auswertung

Die Superstructure wird entsprechend der Parameter mathematisch optimiert, d.h. für eine Konfiguration an Eingangsparametern gibt es genau eine Lösung, welche den höchsten Gewinn im Gesamtsystem aufweist. Dieser Gewinn wird als Systemgewinn bezeichnet. Dabei ist zu beachten, dass dies nicht mit einem betriebswirtschaftlichen Gewinn gleichzusetzen ist.

Eine Wertschöpfungskette wird in diesem Kontext als wirtschaftlich bezeichnet, wenn sie Teil der optimalen Lösung ist und zum Systemgewinn beiträgt. Dabei ist es möglich, dass entlang dieser Wertschöpfungskette einzelne Technologien im betriebswirtschaftlichen Sinne unprofitabel arbeiten können. Im Umkehrschluss heißt dies aber auch, dass betriebswirtschaftlich profitabel arbeitende Technologien nicht Teil der optimalen Lösung sein müssen wenn sie nicht zum Systemgewinn beitragen.

Um das Gesamtsystem zu analysieren werden aus der optimalen Lösung einzelne Wertschöpfungsketten entnommen und bewertet. Damit können Gestehungskosten einzelner Produkte, ein möglicher betriebswirtschaftlicher Gewinn sowie der Beitrag zu Systemgewinn berechnet werden.

2.1 Berechnung der spezifischen Gestehungskosten der Produkte / Hektargewinn

Allgemein wird unter den Gestehungskosten die Geldmenge verstanden die benötigt wird um eine definierte Menge eines Produktes herzustellen. Dies enthält Kosten für Verbrauchs- und Betriebsstoffs, Bearbeitungskosten, Transportkosten, Entsorgungskosten für Nebenprodukte und anteilig berechnete Investitionskosten. Falls mehrere Produkte entstehen, muss eine Allokation der Kosten erfolgen.

Wenn Produkte direkt oder indirekt auf Flächen als Rohstoff zurückgreifen, kann der Gewinn pro Hektar unter der gegebenen Optimalstruktur errechnet werden. Dabei ist zu beachten, dass diese Werte nur unter den jeweiligen Rahmenbedingungen gültig sind und nur begrenzt auf andere Szenarien übertragbar sind.

2.2 Kostenaufteilung

2.2.1 Kraft-Wärme-Kopplung

In allen Technologien die Biomasse oder Biogas in KWK-Verbrennungsprozessen nutzen und somit Wärme und Strom bereitstellen wird der Stromverkaufserlös zu 100% der produzierten Wärme angerechnet. Dieses Vorgehen hat seinen Grund in der Struktur des EEGs, wonach Strom aus erneuerbaren Rohstoffen immer ins Stromnetz eingespeist werden kann und zum Festpreis vergütet wird. Dabei gibt es weder Limit noch Mindestmenge für die Stromproduktion. Es muss jedoch immer eine festgelegte Wärmemenge produziert werden, selbst wenn dies hohe Kosten verursacht. Damit ist die Wärmebereitstellung die Triebkraft der KWK-Prozesse.

Dies ist für folgende Technologien gültig: Strohpellet-Vergasung, Hackschnitzelvergasung, Holz-ORC, Biogas und Erdgas -CHP, -GT und -MGT

2.2.2 Prozesse mit Neben- und Koppelprodukten

Biodiesel-, Bioethanol- und Pyrolyseanlagen produzieren ein Hauptprodukt sowie Neben- und Koppelprodukte. In keinem Szenario waren diese Technologien Teil der optimalen Lösung weshalb nachfolgende Berechnungen entfallen. Es wurde daher darauf verzichtet Methoden der Kostenallokation zu definieren.

2.2.3 Sonderfall - Biogasanlagen

Der Biogasertrag, Methangehalt, Menge der Biogasgülle und der nutzbare Anteil an N-, P_2O_5 - und K_2O -Dünger schwanken abhängig vom Substrat um bis zu einem Faktor 50. Damit schwankt die Rentabilität der Anlage ebenfalls. Aus technischen Beschränkungen bei der Modellerstellung wurde ein normierter Input für Biogasanlagen definiert. Berechnungsgrundlage ist der Methanertrag wobei die Ausbringungskosten für Biogasgülle und der Düngerwert mit einberechnet wurden. Damit wurde erreicht dass Biogasanlagen rechnerisch nur Methan produzieren und somit die spezifischen Biogastgestehungskosten berechnet werden können

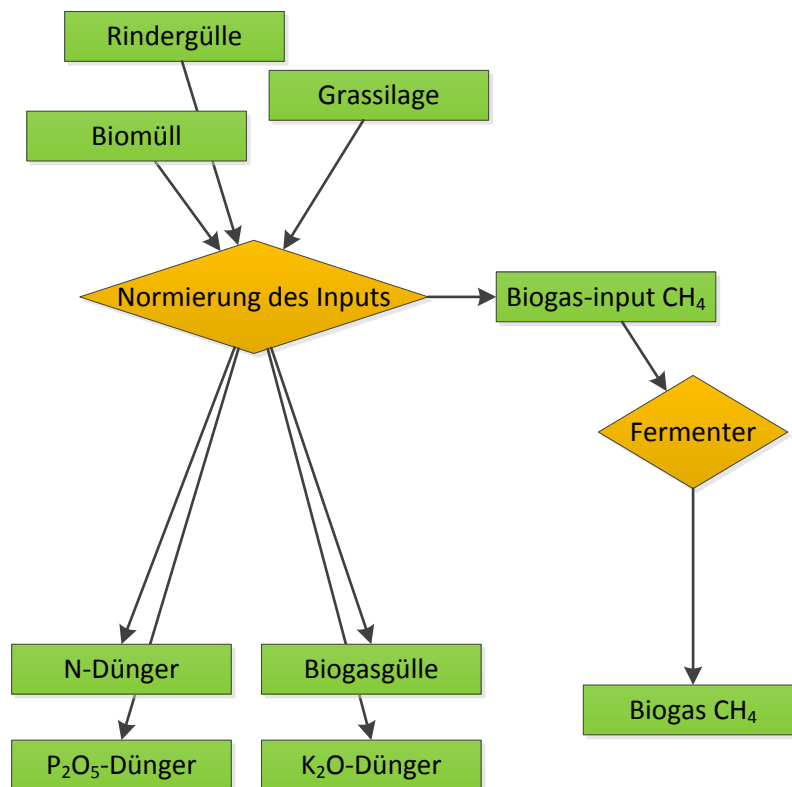


Abbildung 2-1: Normierung der Stoffströme für Biogasanlagen

2.3 Preisermittlung einzelner Güter

Innerhalb des Modells besitzen nur Rohstoffe und Produkte einen Preis. Zwischenprodukte bekommen innerhalb des Modells keinen Preis zugewiesen, da sie ausschließlich intern produziert und verwertet werden. Um einzelne Prozesse zu bewerten ist es dennoch notwendig Zwischenprodukten Preise zuzuweisen. Dafür wurden folgende Regeln angewendet. Wenn die erste Regel nicht anwendbar war wurde die nächste angewendet usw.

- I. Zwischenprodukte die direkt in ein Produkt umgewandelt werden bekommen dessen Preis z.B.: Prozessabwärme wird zu Fernwärme

- II. Zwischenprodukte die in mehrere Produkte umgewandelt werden bekommen den summierten Preis z.B.: PV-Strom wird aufgeteilt in Stromsubvention und Stromeinspeisung
- III. Zwischenprodukte die mit Rohstoffen in ihrer Verwendung konkurrieren bekommen den Preis des Rohstoff z.B.: N-Dünger aus Gülle wird dem Preis von mineralischem N-Dünger gleichgesetzt. Dies ist nur gültig wenn Produkt und Zwischenprodukt gleichzeitig verwendet werden.
- IV. Wenn Prozesse nur Inputströme aus Produkten mit definierten Preis haben werden die Gestehungskosten des Zwischenprodukts direkt berechnet z.B.: Anbau von Mais: Die Kosten für Dünger, Betriebskosten sowie Weiterverarbeitungskosten sind bekannt, somit können die Gestehungskosten für Körnermais berechnet werden
- V. Wenn es Zwischenprodukte Teil eines Netzwerkes sind und eine direkte Berechnung des Preises nicht möglich ist, kann ihnen mit einer PNS-internen Skala ein Preis zugewiesen werden. z.B.: getrocknete Hackschnitzel, welche zur Wärmeerzeugung verbrannt werden jedoch auch Prozesswärme bei der Trocknung verbrauchen

2.3.1 Preisermittlung über interne Skala

Wenn Zwischenprodukte Teil von mehreren Netzwerken sind, kann der Preis nicht analytisch ermittelt werden. Ein Ausweg ist die numerische Preisermittlung innerhalb der PNS. Dafür wird angenommen, dass ein Zwischenprodukt zu einem bestimmten Preis verkauft werden kann. Bei einem niedrigen Verkaufspreis ist die Nutzung des Produkts innerhalb der PNS lukrativer, d.h. es wird kein Zwischenprodukt verkauft. Dann wird der Preis sukzessive erhöht. Bei einem bestimmten Preis wird es lukrativer dieses Zwischenprodukt zu verkaufen anstatt zu verwenden. Der Mittelwert zwischen dem höchsten Preis bei dem das Zwischenprodukt nicht verkauft wird ($\epsilon_{\max; \text{keinVerkauf}}$) und dem niedrigsten Preis bei dem das Zwischenprodukt verkauft ($\epsilon_{\min; \text{Verkauf}}$) wird, entspricht dem internen Preis.

Innerhalb des Modells wird dies so umgesetzt, dass z.B.: Hackschnitzel_ZP in 20 „Verkaufsprozessen“ jeweils zu unterschiedlichen Preisen verkauft wird (Hackschnitzel_200€_pro_tonne, Hackschnitzel_210€_pro_tonne, Hackschnitzel_220€_pro_tonne, ... , Hackschnitzel_390€_pro_tonne). Die Grenzen werden so gesetzt, dass maximal 100g Hackschnitzel (upper bound = 0,0001) verkauft werden. Damit wird erreicht das $\epsilon_{\max; \text{keinVerkauf}}$ und $\epsilon_{\min; \text{Verkauf}}$ gleichzeitig bestimmt werden, siehe Abbildung 2-2. Gemessen am Gesamtumsatz von Hackschnitzeln (>10.000t/a) kann die Störung des Gesamtsystems durch den teilweisen Verkauf von Hackschnitzel als vernachlässigbar angesehen werden. Der Verkaufserlös liegt unter einem Euro was bei Bilanzsumme von >100mio € ebenfalls vernachlässigbar ist.

Mittels dieser internen Skala können die Preise von Hackschnitzel, Holzpellets, Spalholz, Gülle, Biogas usw. ermittelt werden.

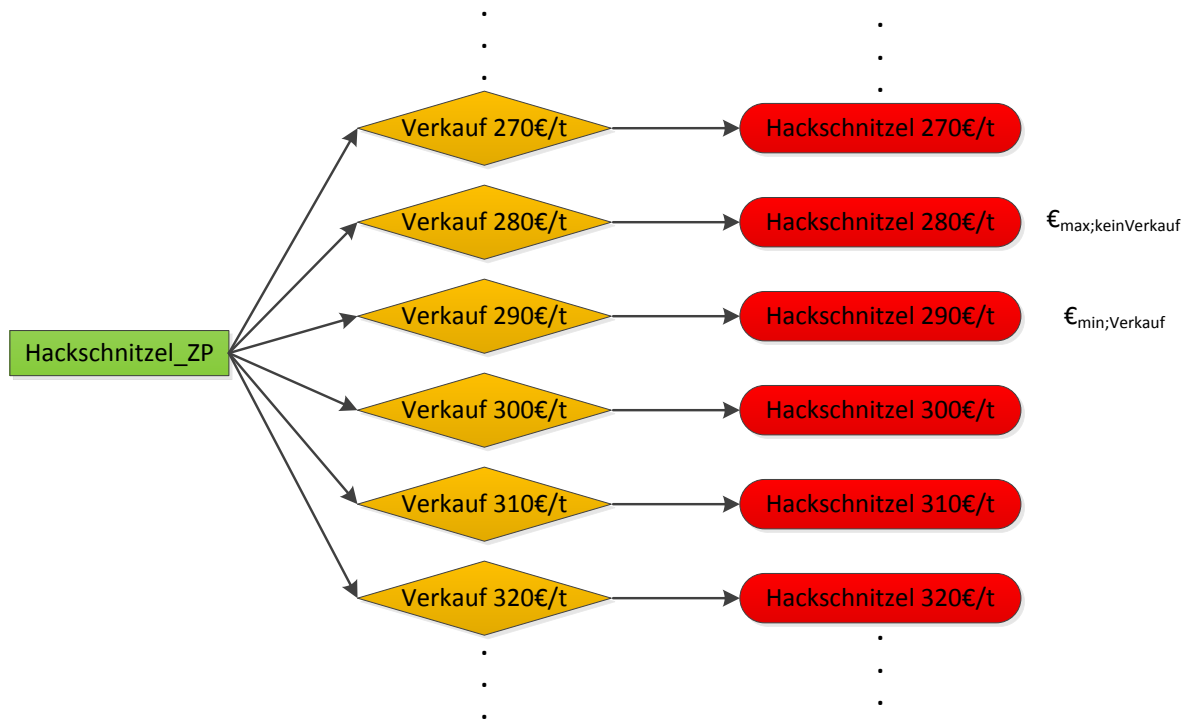


Abbildung 2-2: Schema der PNS-internen Skala

Der so ermittelte Preis entspricht den Kosten die aufgebracht werden müssen um die Produkte, welche aus den analysierten Gut hergestellt werden können, durch ein anderen und teureren Produktionsweg zu substituieren. Beispielsweise kann aus jeder Tonne Hackschnitzel die verkauft werden keine Heizwärme generiert werden, daher muss die fehlende Menge durch Heizölverbrennung gedeckt werden. Damit sind höheren Kosten verbunden, welche den internen Preis definieren.

3 Resultate

Ziel der Auswertung der Basisszenarien ist es nicht konkrete Handlungsanweisungen zu geben, sondern exemplarisch zu zeigen was das Modell in der Lage ist zu berechnen und einen Ausgangspunkt für weitere Berechnung zu schaffen. Abhängig der verwendeten Datengrundlage gibt es Verschiebungen bzgl. der Menge der verwendeten Rohstoffe/ produzierten Güter. Eine Abschließende Bewertung ist daher nur in Kombination mit einzelnen Szenarien und Testreihen sinnvoll.

3.1 Basisszenario

3.1.1 Vergleich der Basisszenarien in den Regionen

Der OBK und RBK sind hinsichtlich ihrer Siedlungs-, Wirtschaftsstruktur und Größe ähnlich. Die Unterschiede liegen vor allem in den unterschiedlichen Verhältnissen der Flächen. Die Gesamtregion ist die Summe beider Teile. Anhand charakteristischer Kenngrößen kann untersucht werden, ob die Regionen sich ähnlich.

Intensive Kenngrößen der Optimalstruktur der Gesamtregion müssen dem Mittelwert der Kenngrößen des OBKs und RBKs entsprechen. Im Falle extensiver Kenngrößen muss sich der Wert der Kenngröße der Gesamtregion additiv aus den Teilregionen zusammensetzen. Treffen beide Bedingungen auf alle Parameter zu können alle Region als ähnlich bezeichnet werden.

Tabelle 3-1 Vergleich der Regionen anhand einzelner Kenngrößen

| | OBK | RBK | Gesamt |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Bioprimärenergie-Produktion [MWh] | 660.850 | 393.190 | 1.049.497 |
| Stromanteil | 21,50% | 15,30% | 17,90% |
| Wärmeeigendeckungsgrad | 8,66% | 7,31% | 8,30% |
| Import Kraftfutter | 100% | 100% | 100% |
| Import Einstreu | 100% | 100% | 100% |
| Verbrauch Öl, Gas Strom [MWh] | 4.205.040 | 3.380.768 | 7.570.329 |
| Kosten für Wärme aus Heizöl, Haushalt [€/MWh] | 101,54 | 101,35 | 101,39 |
| Interner Preis Rindergülle [€/t] | 11,75 | 6,25 | 12,75 |

In Tabelle 3-1 wurde einige Kenngrößen abgebildet. Alle Kenngrößen entsprechen den oben genannten Regeln. Ausnahme bildet der interne Preis für Rindergülle. Dieser wird definiert durch den Düngeranteil und dem Potenzial Biogas zu erzeugen. Im Basisszenario des RBKs gibt es einen leichten Überschuss an Dünger. Damit sinkt zwangsläufig der ermittelte Preis, dies ist als Grenzphänomen zu werten. Sobald der Bedarf nicht durch die Eigenproduktion gedeckt wird steigt der Grenzpreis wieder.

Es kann damit gesagt werden, dass sich alle Regionen hinreichend ähnlich verhalten. Alle weiteren Auswertungen können somit ausschließlich anhand der Gesamtregion durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Teilregionen sind dem Anhang zu entnehmen (siehe Kapitel 9.3 ff.)

3.1.2 Beschreibung der Optimalstruktur des Basisszenarios der Gesamtregion.

Maßgeblich für das Verständnis und die Auswertung ist zu wissen, welche Prozesse wie miteinander verknüpft sind. In Abbildung 3-1 ist die Technologiestruktur des Basisszenarios dargestellt.

Die zentralen Merkmale sind:

- Wärme wird aus Erdgas erzeugt wenn dies aufgrund der Infrastruktur möglich ist
- Miscanthuspellets dienen nur dazu Holz hackschnitzel für die Weiterverarbeitung zu trocknen
- Das komplette Ackerland steht für den Anbau von Miscanthus und Kurzumtriebshölzern zur Verfügung, da 100% des Kraftfutters importiert werden.
- Es wird kein Ackerland von der Viehzucht in Anspruch genommen, da Einstreu und Kraftfutter importiert werden
- Biogasanlagen verwerten Biomüll, Gülle/Mist, Reststoffe der GBR und Grassilage
- Biogasgülle wird als Dünger verwendet, zusätzlich wird noch Mineraldünger zugekauft

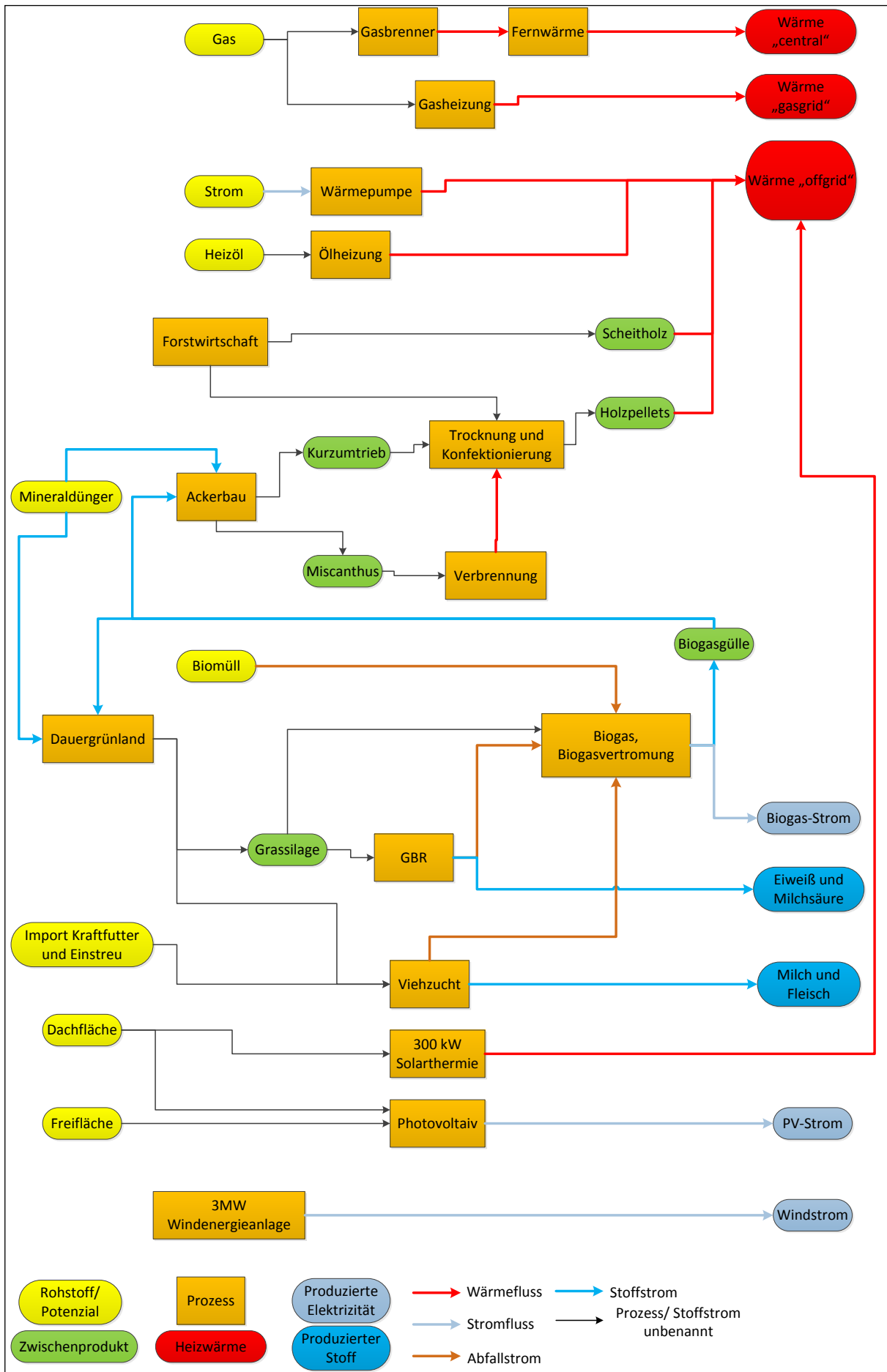


Abbildung 3-1 Darstellung der Technologiestruktur des Basisszenarios

3.1.2.1 Viehzucht

Der Viehbestand wurde im Basisszenario auf einen festen Wert gesetzt. Nicht jedoch welche Futtermittel eingesetzt werden und wie die anfallende Gülle und Mist verwertet wird.

| | |
|------------|--------|
| Rinder | 56.339 |
| Schwein | 3389 |
| Pferd | 11.423 |
| Schaf | 4723 |
| Legehennen | 53.555 |
| GVE | 78254 |

Unter den gegebenen Bedingungen wird Kraftfutter und Einstreu zu 100% importiert. Als Grundfutter wird ausschließlich 160.375 t Grünfutter benötigt welche auf 20.047 ha Dauergrünland produziert werden. Dies entspricht 53% der Fläche des zur Verfügung stehenden Grünlandes.

| | | |
|---------------------------|-----------|----------------|
| Dauergrünland | 20.047 ha | |
| -Grünfutter Produktion | 16.0375 t | |
| Kraftfutterbedarf | 66.734 t | 100% Import |
| Einstreubedarf | 21.170 t | 100% Import |
| Gülle/Mist (Stallfallend) | 708.395 t | 100% zu Biogas |

Bei Rindern und Schweinen werden alle im Stall anfallenden Exkremete In Form von Gülle und nicht als Mist gesammelt und verwertet.

3.1.2.2 Nutzung des Ackerlands

Die Ackerfläche wird gänzlich für die Energieerzeugung genutzt. Auf 1873 ha / 33% werden 22.666 t Miscanthus angebaut, welche zu Miscanthuspellets weiterverarbeitet werden. Auf 3753 ha / 67% werden 37.530 t Kurzumtriebspflanzen erzeugt. Das Holz wird über Hackschnitzel zu Holzpellets verarbeitet

3.1.2.3 Nährstoffbilanz

In nachfolgender Tabelle sind der Nährstoffbedarf und der Anteil, welcher regional via Biogasgülle bereitgestellt werden kann, dargestellt. Da trotz des großen Viehbestandes in der Region N-Mineraldünger zugekauft werden muss und die Verfügbarkeit von Stickstoff in Gülle durch Umsetzung in Biogasanlagen erhöht wird, muss dies in ökologischen und ökonomischen Bewertungen der Biogasanlagen berücksichtigt werden.

Tabelle 3-2 Nährstoffbilanz

| | N | P2O5 | K2O |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Bedarf [t] | 4911 | 2869 | 7588 |
| Anfall [t] | 3842 | 2937 | 7482 |
| Zukauf [t] | 1068 | 0 | 106 |
| Preis [€/t] | 1220 | 950 | 880 |
| Eigendeckung | 78,2% | 100% | 98,6% |
| Überschuss | --- | 2,4% | --- |
| Kosten des Zukaufs [€] | 1.303.423,60 | - | 93.065,28 |
| vermiedene Kosten [€] | 4.687.436,42 | 2.789.820,35 | 6.584.151,20 |

3.1.2.4 Forstfläche

Auf 7337 ha Holzungen und 52.547 ha Forstfläche werden jährlich 69.934 t TM Holz produziert, welche ausschließlich thermisch in Form von Holzpellets und Scheitholz verwertet werden.¹¹

Aus 80% des Waldholzes wird Scheitholz hergestellt, was gleichzeitig der maximale Anteil ist. Die restlichen 20% werden zu Hackschnitzel/Pellets weiterverarbeitet.

3.1.2.5 Grüne Bioraffinerie

Das Potenzial für GBR-Anlage wurde auf eine Anlage pro Landkreis beschränkt, da diese Technologie sich noch im Pilotmaßstab befindet.

Es wurden in der Gesamtregion 2 Anlagen gebaut, welche aus 25.000 t TM Grassilage 1680 t Rohprotein und 3120 t Milchsäure produzieren. Die benötigte Grassilage wird auf 3906 ha Dauergrünland angebaut, was 10% der gesamt verfügbaren Grünlandfläche entspricht.

3.1.2.6 Biogas

Biogas wird aus Gülle/Mist, Reststoffen der GBR, Biomüll und Grassilage und damit nur aus überschüssigen Rohstoffen hergestellt. Die verwendete Grassilage wird auf den Flächen angebaut, die nicht durch die Viehzucht oder GBR genutzt werden. Auf 13.797 ha Dauergrünland, was 37% der verfügbaren Fläche entspricht, können 88.300 t Grassilage produziert werden.

Tabelle 3-3 Zusammensetzung der Substrate für Biogasanlagen

| Gülle/Mist [t] | Reststoff [t] | Grassilage [t] | Biomüll [t] |
|----------------|---------------|----------------|-------------|
| 708.395 | 35.800 | 88.300 | 55.646 |

In der Summe wird Biogas mit einem Primärenergieinhalt von 447.468 MWh produziert, welches komplett in KWK Anlagen verstromt wird. Bei 8000 Betriebsstunden entspricht dies einer elektrischen Gesamtleistung von 23,5 MW. Aufgrund des hohen Gülleanteils wird die Abwärme der KWK-Anlagen komplett zum Beheizen der Fermenter benötigt. Damit wird kein Beitrag zur regionalen Wärmeversorgung geleistet.

3.1.2.7 Wind

Auf allen zur Verfügung stehenden Potenzialflächen werden Windkraftanlagen gebaut. Insgesamt 168 Anlagen mit je 3 MW produzieren 1,2 TWh Strom. Inklusive Stromeinspeisevergütung führt dies zu einem Nettogewinn von 34,7 Mio. €

3.1.2.8 Photovoltaik

Auf fast allen zur Verfügung stehenden Dachflächen und Freiflächen werden PV-Module installiert. Die Gesamtleistung liegt bei 1,74 GW_{peak}, dadurch werden 1,76 TWh Strom pro Jahr erzeugt. Der Gewinn beträgt 71,3 Mio. €.

¹¹ Der mittlere Holzertrag ist mit ca. 1t pro Hektar so niedrig, weil große Waldflächen aufgrund zu hoher Hangneigung nicht bewirtschaftbar sind. Zusätzlich wird das Potenzial durch die Eigentümerstruktur reduziert.

3.1.2.9 Solarthermie

Der Einsatz von 300 kW Solarthermiegroßanlagen auf Flachdächern zur dezentralen Wärmeversorgung ist wirtschaftlich. Unter den gegebenen Annahmen können je 11 Anlagen mit einem Anstellwinkel von 20°, 45° und 60° gebaut werden. (siehe Kapitel 1.9.9) Damit können 7133 MWh Heizwärme bereitgestellt werden.

3.1.2.10 Fassadendämmung

Nur bei Häusern mit hohem Einsparpotenzial lohnt sich eine Dämmung. (siehe Kapitel 1.9.131.9.13). Unter den gewählten Annahmen kann der Heizwärmebedarf der Haushalte um 252.394 MWh gesenkt werden, was 6% des Gesamtbedarfs entspricht.

3.1.2.11 Wärmenutzung

Die Wärme aus Biogas-KWK-Anlagen wird genutzt um den Eigenwärmebedarf der Biogasherstellung zu decken. Strohpellets werden nur zur Bereitstellung von Prozesswärme genutzt, welche zur Trocknung von Hackschnitzeln genutzt wird. Nur Holzpellets und Scheitholz werden letztendlich eingesetzt um Heizwärme bereitzustellen.

3.1.2.12 Wärmebereitstellung und Wärmegestehungskosten

In Tabelle 3-4 ist dargestellt über welchen Energieträger in den 6 Kategorien/Regionen Wärme bereitgestellt wird. Zusätzlich wurden die durchschnittlichen Wärmegestehungskosten angegeben.

Tabelle 3-4 Bereitstellung der Heizwärme / Alle Angaben in MWh

| | Haushalt | | | Industrie | | |
|----------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| | central | gasgrid | offgrid | central | gasgrid | offgrid |
| Fernwärme ¹² | 224.685 | | | 157.295 | | |
| Gas | | 2.249.789 | | 348.293 | 2.022.358 | |
| Biogas | | | | | | |
| Öl | | | 1.073.305 | | | 959.840 |
| Pellets | | | 256.305 | | | |
| Spaltholz | | | 134.655 | | | |
| Solarthermie ¹³ | | | 7133 | | | |
| Wärmepumpe | | | | | | 534.764 |
| Wärmedämmung ¹⁴ | | | 252.394 | | | |
| Kosten [€/MWh] | 50,6 | 85,8 | 84,3 | 55,0 | 57,0 | 99,9 |

In nachfolgender Tabelle sind die Wärmegestehungskosten abhängig der Art der Energieversorgung aufgelistet. Die Kosten setzen sich aus den Kosten entlang der jeweiligen Wertschöpfungskette zusammen. Die durchschnittlichen Kosten beinhalteten Bestandsanlagen, verschiedene Auslastungsgrade sowie etwaige Nebenprodukte innerhalb der Prozesskette.

¹² Fernwärme wird zu 100% aus Gas erzeugt

¹³ Siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Der Angegebene Wert wurde auf Grundlage von Annahmen berechnet

¹⁴ Siehe Kapitel 3.1.2.10 Der Angegebene Wert wurde auf Grundlage von Annahmen berechnet

Tabelle 3-5 Mittlere Wärmegestehungskosten abhängig des Energieträgers / Alle Angaben in €/MWh

| [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 50,6 | 50,6 |
| Gas | 85,8 | 57,0 |
| Biogas | --- | --- |
| Öl | 101,4 | 99,0 |
| Pellets | 91,3 | 94,7 |
| Spaltholz ¹⁵ | 95,5 | --- |
| Solarthermie | 37,2 | --- |
| Wärmepumpe | --- | 101,6 |
| Wärmedämmung | 78,3 | --- |

3.1.2.13 Wärmebilanz

In Tabelle 3-6 ist aufgelistet wie viel Wärme in Form von fossilen Energieträgern importiert wird, wie viel regional erzeugt wird und welche Einsparung erzielt werden können.

Tabelle 3-6 Bilanz der verwendeten Energieträger

| | |
|--|---|
| Bedarf Heizwärme inkl. Einsparung | 7.968.422 MWh |
| Eigenproduktion Prozesswärme | 287.435 MWh |
| Eigenproduktion Heizwärme | 398.093 MWh |
| Import Gas | 55.419.600 Nm ³ 5.541.960 MWh |
| Import Öl | 242.839 Nm ³ 2.392.693 MWh |
| Import Strom ¹⁶ | 310.548 MWh |
| Einsparung gemessen am teuersten Energieträger ¹⁷ | 37,5 Mio. € |
| Eigendeckungsgrad Heizwärme | 4,8% |

3.1.2.14 Nicht wirtschaftliche Technologien

Folgende Technologien sind nicht Bestandteil der Optimalstruktur des Basisszenarios, da sie nicht zum Systemgewinn beitragen.

- Treibstoffproduktion
 - Biodiesel
 - Bioethanol
 - Fischer-Tropsch Kraftstoffe
 - Pyrolyseöl
- Biogasaufbereitung und Direkteinspeisung
- Biogasverbrennung
- Futtermittelanbau

¹⁵ Wärme aus Spaltholz ist trotz niedrigerer Investitions- und Bereitstellungskosten teurer als Holzpellets da der Heizwert niedriger ist. Zudem können Pellets auch aus Kurzumtriebshölzern und nicht nur aus Waldholz produziert werden. Somit können sie trotz des höheren Verarbeitungsgrades billiger sein.

¹⁶ Inklusive Stromverbrauch aller Anlagen

¹⁷ Heizöl 80 €/MWh; Wirkungsgrad 85%

- Solarthermie Kleinanlagen
- Zentrale Biomasseverbrennung
- Biomassevergasung

3.2 Szenarienerstellung

In jedem Szenario wird ein Parameter geändert und untersucht wie sich die Optimal- und Technologiestrukturen ändern. Dieser Ansatz spiegelt zwar nicht die Realität wieder, da sich meist mehrere Parameter auf einmal ändern, erlaubt es jedoch das Verhalten des Systems zu untersuchen.

3.2.1 Schwankungen des Energiepreises

Eine allgemeine Änderung der Preise für fossile Energieträger, allen voran Rohöl als Leitsubstanz, schlägt sich langfristig in den Preisen für erneuerbare Energien nieder. Daher wurde ein Szenario definiert in dem alle Preise für Energieträger um 20% steigen (Energie +20%) oder fallen (Energie -20%).

Für folgende Rohstoffe und Produkte wurden die Kosten/Preise jeweils um 20% erhöht gesenkt:

- Transportkosten
- Gülleausbringung
- Diesel
- Heizöl
- Strom
- Gas
- Methanol
- Synthese Treibstoff
- Pyrolyseöl
- Biodiesel
- Pyrolysekoks
- Ethanol
- Holzpellets
- Scheitholz
- Heizwärme

Eine Ausnahme bildet der Strom. Im EEG wird der Erlös beim Verkauf von Strom auf einen festen Wert gesetzt, unabhängig vom allgemeinen Preisniveau für andere Energieträger und vom Börsenstrompreis. Da in diesem Modell die Einspeisevergütung nach Börsenstrompreis und Subventionsanteil unterteilt wurde, Ändert sich die Unterteilung nach Strompreis und Subvention. Die Summe bleibt aber immer konstant.

3.2.2 Verringerung der Subventionen gemäß EEG

Gemäß des EEGs sinken die garantierten Einspeisevergütungen mit der Zeit. Zudem ist die Höhe der Subvention regelmäßig Gegenstand politischer Debatten, welche die Senkung bereits garantierter Vergütungen beinhaltet. (29) Es wurde daher ein Szenario definiert bei dem der Subventionsanteil und 50% (EEG-50) sinkt und ein Szenario bei dem die Subventionen komplett entfallen (EEG-00). Dabei wurde sich nur auf den Subventionsanteil bezogen, welcher die Differenz von Einspeisevergütung und mittlerem Börsenstrompreis darstellt. Der Börsenstrompreis bleibt konstant

3.2.3 Veränderung des Viehbestandes

Sowohl im OBK also auch im RBK wird intensiv Viehzucht betrieben, was einen großen Teil der verfügbaren Flächen als Weideflächen, zum Futtermittelanbau und zur Erzeugung von Stroh-Einstreu in Anspruch nimmt. Da Änderung in diesem Bereich das Versorgungspotenzial stark beeinflussen wurden drei Szenarien erstellt bei dem jeder Parameter separat geändert wird.

- Reduktion des maximalen Viehbestandes auf 70%, keine Beschränkung des Futtermittel- und Einstreuzukaufs (Vieh-70)
- kein Zukauf von Kraftfutter, keine Limitierung des Viehbestands (Kraftfutter-autark)
- kein Zukauf von Einstreu, limitierter Viehbestand (Einstreu-autark)

3.3 Berechnung der Szenarien

Jedes Szenario unterscheidet sich in Teilen vom Basisszenario. Im Folgenden wurden nur die Unterschiede in den Optimalstrukturen zum Basisszenario dargestellt. Die Ergebnisse für jedes Szenario in jeder Region befinden sich im Anhang ab Kapitel 9.3

In Tabelle 3-7 sind die wesentlichen Unterschiede in den Ergebnissen der Szenarien dargestellt.

Tabelle 3-7 Gegenüberstellung einzelner Ergebnisse und Übersicht über wirtschaftliche Technologien in den Szenarien

| Enthaltene Technologien | Basis | Energie +20% | Energie -20% | EEG 50 | EEG 00 | Vieh 70 | Kraftfutter autark | Einstreu Autark |
|--|---------|--------------|--------------|---------|---------|---------|--------------------|-----------------|
| Solarthermie 300kW Freifläche | | x | | x | x | | | |
| Solarthermie 300kW Dach | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Solarthermie 100kW Dach | | x | | | | | | |
| Biogas CHP | x | x | x | x | | x | x | x |
| Biogas Verbrennung | | | | | x | | | |
| Strohpelletvergasung | | | x | | | | | |
| Strohpelletverbrennung | x | x | | x | | x | x | x |
| Hackschnitzelverbrennung, zentral | | | | | | | x | |
| Bilanzgewinn [Mio €]¹⁸ | 319,4 | 366,6 | 277,6 | 247,2 | 215,0 | 308,0 | 315,6 | 319,0 |
| Subventionsanteil | 45% | 27% | 69% | 29% | 0% | 48% | 46% | 46% |
| Eigendeckung Heizwärme | 5,0% | 5,6% | 3,1% | 5,6% | 6,4% | 5,0% | 2,9% | 4,3% |
| Heizölverbrauch [m³] | 242.839 | 242.231 | 324.282 | 242.798 | 235.152 | 243.016 | 262.441 | 249.426 |
| Kraftfutter, Eigendeckung | | | 17% | | | | 100% | |
| Einstreu, Eigendeckung | | | | | | | | 100% |
| Nutzung Ackerland | | | | | | | | |
| Miscanthus | 33% | 33% | 13% | 33% | 4% | 34% | | 58% |
| Kurzumtrieb | 67% | 67% | | 67% | 96% | 66% | | 42% |
| Raps | | | 87% | | | | | |
| Körnermais | | | | | | | 100% | |
| Nutzung Dauergrünland | | | | | | | | |
| Futtermittel | 53% | 53% | 53% | 53% | 53% | 37% | 53% | 53% |

¹⁸ Der Bilanzgewinn ist eine rechnerische Größe, er entspricht nicht dem betriebswirtschaftlichem Gewinn

| | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| GBR | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Biogas aus Grassilage brachliegend | 37% | 37% | 37% | 34% | | 53% | 37% | 37% |
| | | | | 3% | 37% | | | |

3.3.1 Energie +20%

In diesem Szenario wurde angenommen, dass alle Preise für Energieträger um 20% steigen. Die Einspeisevergütungen für Strom aus NawaRohs, Sonne und Wind steigen jedoch nicht, da diese im EEG auf einen festen Wert gesetzt wurden. Dies hat zur Folge, dass der Wert von Wärme gegenüber dem von Strom steigt.

Gegenüber dem Basisszenario sind die Änderungen gering. Es wird jedoch wirtschaftlich auch kleinere 100 kW Solarthermieanlagen auf Dachflächen zu installieren, womit ein Teil der PV-Module verdrängt wird. Auf Freiflächen verdrängen 300 kW-Solarthermiegroßanlagen ebenfalls Photovoltaikanlagen und können 11% der Fernwärme bereitstellen. In der Summe wird weniger Solarstrom produziert. Die Eigenproduktion von Heizwärme steigt um den Anteil der solaren Wärme auf 5,6%.

3.3.2 Energie -20%

Analog zum „Energie +20%“-Szenario bleiben die Einspeisevergütungen konstant. Dies führt dazu, dass die Stromerzeugung und die stoffliche Nutzung der Rohstoffe gegenüber der thermischen Nutzung an Wert gewinnen.

Dies verursacht eine Änderung in der Technologiestruktur. Auf 4889 ha / 87% der Ackerfläche wird nun Raps angebaut und nur die restlichen 13% werden genutzt um Miscanthus anzubauen. Die Rapskörner werden zur Pflanzenöl verarbeitet welches verkauft wird. Der Rapsextraktionsschrot, welcher als Nebenprodukt anfällt, wird als Kraftfutter verwendet und deckt 17% des Kraftfutterbedarfs. Das Rapsstroh wird zusammen mit Miscanthus zu Pellets verarbeitet, vergast und zu Strom umgewandelt.

Holzpellets werden nur noch aus Waldholz hergestellt. Die notwendige Trocknungswärme wird durch die Abwärme der Strohvergasung bereitgestellt.

Im industriellen Bereich werden Wärmepumpen durch Ölheizungen verdrängt. Bei Privathaushalten werden ebenfalls mehr Ölheizungen installiert.

Damit sinkt der Eigendeckungsgrad der Heizwärme auf 3,2% und der Heizölverbrauch steigt um 27%, da die fehlende Wärme primär über Heizöl bereitgestellt wird.

3.3.3 EEG - 50

Der Subventionsanteil für eingespeisten Strom gemäß EEG wird um 50% gesenkt. Dieses Szenario ist dem „Energie +20%“-Szenario ähnlich. Durch die Abwertung der Stromproduktion gewinnt die Wärmeerzeugung relativ an Attraktivität, daher sind die Technologienstrukturen fast identisch.

Im Unterschied zum Basisszenario werden auf einem Teil der Freiflächen 300 kW Solarthermieanlagen anstatt Photovoltaikanlagen installiert. 11% der Fernwärme können auf diese Art und Weise erzeugt werden. Der Heizwärmedeckungsgrad steigt somit auf 5,5%

3.3.4 EEG - 00

In diesem Szenario kann der erzeugte Strom nur mit dem Börsenstrompreis vergütet werden. Dadurch werden vor allem PV-Anlagen unrentabel und werden nicht mehr installiert. Windkraftanlagen können jedoch auch weiterhin rentabel arbeiten, sodass dieses Potenzial weiterhin voll ausgeschöpft wird. Durch den Wegfall der PV-Anlagen werden auf den Freiflächen Solarthermieanlagen installiert und stellen 11% der Fernwärme bereit.

Biogas wird weiterhin erzeugt, jedoch nur aus Biomüll, Gülle/Mist und Reststoffen der GBR. Die Kapazität sinkt damit um die Hälfte gegenüber dem Basisszenario. Das Biogas wird jedoch nicht in KWK-Anlagen verbrannt um Strom zu erzeugen, sondern wird direkt verbrannt. Die Wärme wird als Prozesswärme genutzt.

Die Ackerfläche wird zu 96% / 5494 ha zum Anbau von Kurzumtriebshölzern genutzt. Der Rest entfällt auf Miscanthus. Miscanthus wird allerdings nicht pelletiert, sondern als Ganzpflanze verbrannt. 35% des Dauergrünlands liegen brach da eine Nutzung nicht profitabel ist. Die restlichen 65% werden wie im Basisszenario als Weideland genutzt und zur Erzeugung von Grassilage für die GBR.

Da Trocknungswärme durch Biogasverbrennung bereitgestellt wird, muss weniger Miscanthus dafür verwendet werden. Dadurch ergibt sich eine Verschiebung der Ackerflächennutzung hin zu Kurzumtriebshölzern. Trotz des Wegfalls der EEG-Subvention können 6,4% der Heizwärme regional erzeugt werden was dem höchsten Wert in allen Szenarien entspricht.

3.3.5 Vieh -70

Bei der Verringerung des Viehbestands bleibt die Technologiestruktur gleich. Es werden weiterhin 100% des Kraftfutters und des Einstreus importiert.

Die Verringerung des Viehbestands führt zu einer höheren Verfügbarkeit von Grassilage, welche in Biogasanlagen verwertet wird. Dies führt jedoch nicht zu einer vermehrten Produktion von Heizwärme, da das Biogas verstromt wird und die Abwärme dem Fermentereigenbedarf entspricht.

3.3.6 Kraftfutter – autark

Dieses Szenario ist das einzige bei dem der Viehbestand nicht auf einen festen Wert gesetzt wurde. Der Aktuelle Viehbestand stellt lediglich die Obergrenze dar. Sämtliche Futtermittel müssen regional erzeugt werden, ein Import ist also nicht möglich. In nachfolgender Tabelle ist der Viehbestand und der Anteil, gemessen am Basisszenario, dargestellt

| | | |
|---|-------|------|
| Milchkuh | 24782 | 93% |
| Mutterkuh ¹⁹ | 9046 | 115% |
| Kalb aus Milchkuhhaltung | 24206 | 93% |
| Kalb aus Mutterkuhhaltung ¹⁹ | 5427 | 115% |
| Muttersau | 0 | 0% |
| Ferkel | 0 | 0% |
| Legehennen | 44190 | 100% |
| Schafe | 1776 | 100% |
| Pferde | 0 | 0% |

¹⁹ Der Bestand an Mutterkühen ist höher als im Basisszenario da der Bestand als Ganzes limitiert wurde nicht jedoch jede einzelne Art der Rinderhaltung.

| | | |
|-----|-------|-----|
| GVE | 64469 | 82% |
|-----|-------|-----|

Auf der gesamten Ackerfläche werden 45.000t TM Mais angebaut und als Kraftfutter verwendet. Das verwendbare Maisstroh 10.500t TM (bei 70% Entnahmekquote) wird getrocknet, pelletiert und im Strohpelletbrenner verbrannt. 5.300t TM Maisspindeln bleiben über und werden nicht genutzt.²⁰

Da geringfügig weniger Gülle als im Basisszenario zur Verfügung steht, werden 7% weniger Biogas erzeugt.

Zusätzlich zur Strohpelletverbrennung werden 4.300t Hackschnitzel verbrannt um ausreichend Trocknungswärme für die Maiskörner, Maisstroh und Hackschnitzeltrocknung bereitzustellen.

Durch den Wegfall der Kurzumtriebspflanzen können weniger Holzpellets erzeugt werden. Der Eigendeckungsgrad der Heizwärme sinkt auf 2,9%. Die Wärmedifferenz wird durch einen 8% höheren Heizölbedarf ausgeglichen.

3.3.7 Einstreu – autark

In diesem Szenario muss die Region ihren Einstreubedarf bei konstantem Viehbestand selbst decken.

Die Technologiestruktur bleibt gleich. Der einzige Unterschied ist das mehr Miscanthus (3280 ha / 58%) angebaut wird und als Einstreu verwendet. Damit können auf der restlichen Ackerfläche weniger Kurzumtriebshölzer angebaut werden und zu Pellets verarbeitet werden.

Der Heizwärmedeckungsgrad sinkt auf 4,3%. Die Wärmedifferenz wird durch einem Anstieg des Heizölbedarfs um 1% gedeckt.

3.4 Kosten für Bereitstellung alternativer Energien

3.4.1 Produktionskosten für nachwachsende Energierohstoffe.

In nachfolgender Tabelle wurde dargestellt wie hoch die Kosten sind um eine MWh Primärenergie aus nachwachsenden Rohstoffen zu erzeugen. Zum Vergleich wurden die Energiepreise für Heizöl und Gas angefügt. Die Kosten setzen sich aus allen Prozesskosten die während der Herstellung anfallen zusammen. Die jeweilige Technologiestruktur beeinflusst damit direkt die Kosten. Daher sind alle Zahlenwerte nicht eins zu eins auf andere Technologiestrukturen übertragbar.

Es ist zu sehen das alle Energieträger konstante Kosten aufweisen, außer in den Szenarien „Energie +20%“ und „Energie -20%“. Grund dafür ist das während der Produktion Trocknungswärme benötigt wird, welche entsprechend teurer oder günstiger ist. Scheitholz hat in jedem Szenario die gleichen Kosten. Bei der Herstellung wird zwar Strom benötigt, dessen Kosten allerdings vernachlässigbar sind. Außer im Szenario „Kraftfutter-autark“ werden Hackschnitzel nicht direkt verbrannt sondern zu Holzpellets weiterverarbeitet. Die berechneten Kosten für Hackschnitzel sind daher, außer in diesem Szenario, als Zwischenergebnis anzusehen.

²⁰ In der Modellstruktur können Maisspindel nur getrocknet und anschließend als Einstreu verwendet werden. Eine Verwertung in Biogasanlagen würde nicht ermöglicht

Wichtigste Aussage ist das die fossilen Energieträger in jedem Fall teurer sind als Pellets und Hackschnitzel. Ausnahme sind die Kosten für Gas im industriellen Bereich, welche geringfügig niedriger sind als die Produktionskosten für Holzpellets aus Hackschnitzel.

Die Produktion von Biogas und dessen Verwertung liefert keinen Nettobeitrag zur Wärmebereitstellung und wird daher nicht betrachtet

Tabelle 3-8 Kosten für Energieerzeugung in verschiedenen Szenarien

| [€/MWh] | Basis | Energie +20% | Energie -20% | EEG 50 | EEG 00 | Vieh 70 | Kraftfutter autark | Einstreu Autark |
|------------------------------|--------|--------------|--------------|--------|---------------|---------|--------------------|-----------------|
| Kurzumtrieb zu Hackschnitzel | (27,6) | (31,3) | | (27,6) | (27,6) | (27,6) | | (27,6) |
| Kurzumtrieb zu Pellets | 38,9 | 44,7 | | 38,9 | 38,9 | 38,9 | | 38,6 |
| Miscanthus zu Strohpellets | 18,0 | 19,9 | 16,0 | 18,0 | ²¹ | 18,0 | | 18,0 |
| Scheitholz | 17,0 | 17,1 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 |
| Waldholz zu Hackschnitzel | (38,0) | (41,6) | (34,3) | (37,9) | (37,9) | (38,0) | 37,9 | (38,0) |
| Waldholz zu Holzpellets | 49,3 | 55,0 | 43,3 | 49,3 | 49,2 | 49,3 | 48,9 | 48,9 |
| Heizöl | 80,0 | 96,0 | 64,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 |
| Gas - Haushalt | 70,9 | 85,1 | 56,7 | 70,9 | 70,9 | 70,9 | 70,9 | 70,9 |
| Gas - Industrie | 46,8 | 56,2 | 37,4 | 46,8 | 46,8 | 46,8 | 46,8 | 46,8 |

3.5 Gewinn pro Hektar einzelner Technologiezweige

Der Gewinn pro Hektar ist ein entscheidender Wert für die Umsetzung einer Technologie. Dabei muss unterschieden werden zwischen dem betriebswirtschaftlichen Gewinn und dem Beitrag zum Systemgewinn. Wie im Folgenden gezeigt wird, gibt es einzelne Technologien, welche für einen einzelnen Akteur unprofitabel sind aber den Systemgewinn erhöhen.

3.5.1 Gewinn pro Hektar

Um einen möglichen betriebswirtschaftlichen Gewinn einer Wertschöpfungskette abzuschätzen, müssen Annahmen getroffen werden zu welchem Marktpreis die Endprodukte verkauft werden können. Mit diesem ist es möglich zu berechnen wie hoch der Gewinn eines einzelnen Akteurs ist, der seine Produkte zu regulären Marktpreisen verkauft.

| | |
|--------------------|------|
| Holzpellets [€/t] | 245 |
| Strohpellets [€/t] | 170 |
| Kraftfutter [€/t] | 330 |
| Rapsöl [€/t] | 1344 |

²¹ Miscanthus wird als Ganzpflanze verbrannt und nicht Pelletiert.

Tabelle 3-9 Gewinn pro Hektar einzelner Wertschöpfungsketten

| [€/ha] | Basis | Energie +20% | Energie -20% | EEG 50 | EEG 00 | Vieh 70 | Kraftfutter autark | Einstreu Autark |
|---------------------------------------|--------|--------------|--------------|--------|--------|---------|--------------------|-----------------|
| GBR | 1078,6 | 1007,5 | 1149,7 | 900,3 | 733,2 | 1078,6 | 1067,4 | 1067,4 |
| Kurzumtrieb zu Pellets | 541,8 | 260,8 | | 541,9 | 543,5 | 541,6 | | 561,0 |
| Miscanthus zu Strohpellets | 1079,0 | 971,6 | 1186,4 | 1079,0 | | 1079,0 | | 1079,0 |
| Mais zu Kraftfutter, Strohpellets | | | | | | | 777,8 | |
| Raps zu Öl, Kraftfutter, Strohpellets | | | 1.749,4 | | | | | |
| Grassilage zu Biogas, Verstromung | 66,2 | 63,0 | 69,0 | 37,5 | | 103,4 | 74,8 | 67,6 |
| Rinderzucht, 100% Kraftfutterimport | 2271 | 2241 | 2286 | 2210 | 2139 | 2260 | 2150 | 2195 |

Der Gewinn bei der Produktion von Holz- und Strohpellets wird vor allem durch den Wärmepreis bestimmt. In Szenario „Energie +20%“ ist der Gewinn am niedrigsten obwohl ein Energieträger erzeugt wird. Der Grund ist das der Verkaufspreis konstant bleibt während die Prozesskosten steigen.

Der Gewinn der GBR schwankt mit den Energiepreisen da große Strommengen verbraucht werden und hohe Transportkosten anfallen. Zudem fällt er mit den EEG-Subventionen, da die Reststoffe in Biogasanlagen verwertet werden und damit über die Stromeinspeisevergütung querfinanziert werden.

Die Erzeugung von Strom aus Grassilage via Biogaserzeugung wirft einen unerwartet niedrigen Gewinn pro Hektar ab. Der Grund liegt in der Berechnungsmethode. In Biogasanlagen wird neben Grassilage auch Gülle, Biomüll und Reststoffe aus der GBR verarbeitet. Die Betriebskosten und der Erlös für den Fermentationsschritt werden gemäß der Massenanteile der Substrate aufgeteilt. Damit beeinflusst das Substratmischungsverhältnis, zumindest rein rechnerisch, den Gewinn. In den Szenarien „Vieh 70“ und „Kraftfutter autark“ sind der Gewinne höher als im Basisszenario, da weniger Gülle und mehr Grassilage zu Biogas verwendet wird.

Im Szenario „Energie -20%“ wird Raps angebaut anstelle von Kurzumtriebspflanzen. Da die Prozesskosten bei der Weiterverarbeitung zu Rapsöl in den Szenarien nur geringen Änderungen unterliegen ist davon auszugehen, dass in anderen Szenarien die Produktion von Rapsöl und Rapsextraktionsschrot als Kraftfutter ähnlich profitabel ist und damit mehr Gewinn abwerfen könnte als der Anbau von Miscanthus und Kurzumtriebshölzern. Dies geschieht nicht, da der Beitrag zum Systemgewinn durch eine andere Nutzungsart höher ist. (siehe nachfolgendes Kapitel 3.5.2)

Der Gewinn der Rinderzucht wurde unter der Annahme berechnet dass 100% des Kraftfutters importiert werden. Damit kann der Gewinn pro Hektar Dauergrünland berechnet werden.

3.5.2 Beitrag zum Systemgewinn

Für das Gesamtsystem ist nicht der Gewinn innerhalb einer Wertschöpfungskette von Bedeutung, sondern der Beitrag zum Systemgewinn. Das heißt, dass der Systemgewinn einer Technologie nicht dem betriebswirtschaftlichen Gewinn entsprechen muss. Da Energie aus nachwachsenden Rohstoffen zu einer Einsparung an fossilen Energieträgern führt, kann der Nutzen für das Gesamtsystem als Einsparung an fossilen Energieträgern berechnet werden. Dazu wird jedem erneuerbaren Energieträger ein korrespondierender fossiler Energieträger zugewiesen, je nachdem welcher Energieträger eingespart wird.

Holzpellets wurden mit Heizöl verglichen, da beide Energieträger in der Wärmekategorie „offgrid“ konkurrieren. Strohpellets können nur in zentralen Verbrennungsanlagen verwendet werden und Fernwärme bereitstellen. Da Fernwärme überwiegend mit Erdgas erzeugt wird, ist dies der korrespondierende Energieträger.

Tabelle 3-10 Einsparungen Systemgewinn einzelner Technologien

| [€/ha] | Basis | Energie +20% | Energie -20% | EEG 50 | EEG 00 | Vieh 70 | Kraftfutter autark | Einstreu Autark |
|----------------------------|---------|--------------|--------------|---------|---------|---------|--------------------|-----------------|
| Kurzumtrieb zu Pellets | 2.010,7 | 2.513,4 | | 2.010,7 | 2.012,3 | 2.010,4 | | 2.029,8 |
| Miscanthus zu Strohpellets | 1.570,3 | 1.972,5 | 1.168,1 | 1.570,3 | | 1.570,3 | | 1.570,3 |

Im Fall von Holzpellets ist wie erwartet der Gewinn durch Einsparung höher als der Gewinn durch Verkauf von Holzpellets.

Im Szenario „Energie -20%“ sinken durch die niedrigen Energiepreise die Kosteneinsparungen. Im Fall von Holzpellets sinken die Einsparungen so weit, dass der Anbau nicht mehr rentabel ist. Die Kosteneinsparung würde bei etwa 1500€/ha liegen. Der Gewinn durch den Anbau von Raps in diesem Fall mit 1750€/ha höher. Dabei werden Kurzumtriebshölzer durch Raps verdrängt.

Die berechneten Einsparungskosten für Miscanthus liegen unter denen von Kurzumtriebshölzern. Der Anbau von Raps ist ebenfalls lukrativer. Obwohl beide Wertschöpfungsketten mit Miscanthus um Ackerfläche konkurrieren und scheinbar einen größeren Beitrag zum Systemgewinn leisten, wird dennoch Miscanthus nicht komplett verdrängt. Mögliche Gründe dafür sind.

1. Erdgas ist nicht der korrespondierende Energieträger für Strohpellets.
2. Es wurden nur die Rohstoffkosten ermittelt, das eigentlich genutzte Produkt ist Wärme. Damit können unterschiedliche Prozesskosten Verschiebungen verursachen.
3. Das Technologienetzwerk gibt feste Verwertungswege vor sodass nicht jeder Energieträger durch einen anderen direkt ersetzt werden kann.
4. Strohpellets haben eine Hebefunktion, da sie zur Trocknung von Waldhackgut verwendet werden. Damit können sie zwar nicht Heizöl direkt ersetzen, wie im Fall von Holzpellets, tragen aber dennoch zu einer Einsparung bei

3.5.3 Systemgewinn

Eine alternative Methode um den Beitrag zum Systemgewinn einer Wertschöpfungskette zu untersuchen, ist es einen Mindestverkaufspreis zu ermitteln. Dazu wird die interne Skala (siehe

Kapitel 2.3.1) verwendet. Der so ermittelte interne Preis entspricht dem Preis ab dem der Systemgewinn durch den Verkauf dieses Produktes höher ist als die Verwendung des Produktes

Würde beispielsweise im Basisszenario der Verkaufspreis von Holzpellets über 355€/t liegen, wäre es für das Gesamtsystem ökonomischer Holzpellets zu verkaufen und die Heizwärme über Heizöl bereitzustellen.

Zusammen mit den Gesteungskosten eines Produkts lässt sich so ein Bereich abstecken um eine Diskussion über die Wirtschaftlichkeit zu führen.

In diesem Modell werden die Berechnungen so durchgeführt, als ob die ganze Projektregion in einem Betrieb vereint ist. In der Realität gibt es allerdings eine Vielzahl von Akteuren, welche mit Gütern handeln, welche hier innerhalb eines Systems verwendet werden. Dabei ist der Marktpreis ein entscheidendes Kriterium ob ein Gut gehandelt wird oder nicht. Dieser ist jedoch nicht Teil der Modellrechnung. Es können jedoch obere und untere Grenzen für den Marktpreis berechnet werden.

Ist der Marktpreis niedriger als die Gesteungskosten eines Gutes wird der Verkäufer dies nicht produzieren. Liegt der Marktpreis oberhalb des internen Preises wird der Käufer ein anderes Gut einkaufen, das dies billiger ist. Erst wenn der Marktpreis zwischen internen Preis und den Gesteungskosten liegt wird ein Handel zwischen beiden Akteuren stattfinden.

Wenn eine Wertschöpfungskette wirtschaftlich im Sinne des Gesamtsystems ist, die Kostenstruktur aber einen Handel zwischen zwei Akteuren unmöglich macht, müssen andere Wege gefunden werden um diese umzusetzen. Diese Thematik ist jedoch nicht Teil dieser Arbeit.

Die internen Preise wurden mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\text{€}$ bestimmt.

Tabelle 3-11 Gegenüberstellung der Gesteungskosten und internen Preise 1

| [€/t] | Hackschnitzel | | | Scheitholz | |
|--------------------|-----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | Kurzumtrieb | Waldholz | interner Preis | Waldholz | interner Preis |
| Basis | 135,4 | 186,0 | 299,5 | 68,2 | 298,5 |
| Energie +20% | 153,2 | 203,8 | 364,5 | 68,2 | 359,5 |
| Energie -20% | | 168,3 | 244,5 | 68,1 | 238,5 |
| EEG 50 | 135,3 | 185,9 | 271,5 | 68,2 | 324,0 |
| EEG 00 | 135,2 | 185,8 | 291,5 | 68,2 | 297,5 |
| Vieh 70 | 135,4 | 186,0 | 299,5 | 68,2 | 298,5 |
| Krafftutter autark | | 185,8 | 307,5 | 68,2 | 298,5 |
| Einstreu Autark | 135,4 | 186,0 | 308,5 | 68,2 | 297,5 |
| [€/t] | Holzpellets | | | Strohpellets | |
| | aus Kurzumtrieb | aus Waldholz | interner Preis | Miscanthus | interner Preis |
| Basis | 190,8 | 241,4 | 354,5 | 80,8 | 251,5 |
| Energie +20% | 218,9 | 269,5 | 428,5 | 89,7 | 302,5 |
| Energie -20% | | 212,3 | 295,8 | 71,9 | 243,5 |
| EEG 50 | 190,8 | 241,4 | 354,5 | 80,8 | 249,5 |
| EEG 00 | 190,6 | 241,2 | 347,5 | | |

| | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|------|---------------------|
| Vieh 70 | 190,8 | 241,4 | 354,5 | 80,8 | 251,5 |
| Kraftfutter autark | | 239,4 | 369,5 | | 322,5 ²² |
| Einstreu Autark | 188,9 | 239,5 | 368,5 | 80,8 | 253,0 |

Der interne Preis wird primär durch die Kosten für fossile Energieträger bestimmt.

In nachfolgender Tabelle wurde die Gestehungskosten und die internen Preise für Maiskörner im Szenario „Kraftfutter autark“ und Miscanthus im Szenario „Einstreu autark“ aufgelistet.

Tabelle 3-12 Gegenüberstellung der Gestehungskosten und internen Preise 2

| [€/t] | Maiskörner | interner Preis |
|--------------------|------------|----------------|
| Kraftfutter autark | 213 | 1164,0 |
| | Miscanthus | interner Preis |
| Einstreu Autark | 31 | 190,0 |

3.6 Heizwärmebereitstellung

In nachfolgender Tabelle ist aufgelistet auf welche Art Haushalte und Industrie ihren Heizwärmebedarf decken.

Tabelle 3-13 Heizwärme, Anteil der Energieträger

| Haushalt | Fernwärme | Gas | Heizöl | Pellets | Scheitholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung |
|--------------------|-----------|-------|--------|---------|------------|--------------|------------|--------------|
| Basis | 5,4% | 53,6% | 25,6% | 6,1% | 3,2% | 0,2% | 0,0% | 6,0% |
| Energie +20% | 5,4% | 53,6% | 25,4% | 6,1% | 3,2% | 0,3% | 0,0% | 6,0% |
| Energie -20% | 5,4% | 53,6% | 29,2% | 2,6% | 3,0% | 0,2% | 0,0% | 6,0% |
| EEG 50 | 5,4% | 53,6% | 25,6% | 6,1% | 3,2% | 0,2% | 0,0% | 6,0% |
| EEG 00 | 5,4% | 53,6% | 24,1% | 7,6% | 3,2% | 0,2% | 0,0% | 6,0% |
| Vieh 70 | 5,4% | 53,6% | 25,6% | 6,1% | 3,2% | 0,2% | 0,0% | 6,0% |
| Kraftfutter autark | 5,4% | 53,6% | 29,5% | 2,2% | 3,2% | 0,2% | 0,0% | 6,0% |
| Einstreu Autark | 5,4% | 53,6% | 26,9% | 4,8% | 3,2% | 0,2% | 0,0% | 6,0% |
| Industrie | | | | | | | | |
| Basis | 3,9% | 58,9% | 23,9% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 13,3% | |
| Energie +20% | 3,9% | 58,9% | 23,9% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 13,3% | |
| Energie -20% | 3,9% | 58,9% | 37,0% | 0,0% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | |
| EEG 50 | 3,9% | 58,9% | 23,9% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 13,3% | |
| EEG 00 | 3,9% | 58,9% | 23,8% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 13,3% | |
| Vieh 70 | 3,9% | 58,9% | 23,9% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 13,3% | |

²² Maisstroh wird hier zu Strohpellets verarbeitet

| | | | | | | | | |
|---------------------------|------|-------|-------|------|------|------|-------|--|
| Kraftfutter autark | 3,9% | 58,9% | 23,9% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 13,3% | |
| Einstreu Autark | 3,9% | 58,9% | 23,9% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 13,3% | |

Es ist zu erkennen dass die Nutzung von Fernwärme, Gas, Scheitholz, Wärmedämmung keinen Schwankungen unterliegt. Die Nutzung von Holzpellets variiert mit deren Verfügbarkeit.

Industrielle Verbraucher decken einen Teil ihres Heizbedarfs mit Wärmepumpen. Nur im Szenario „Energie -20%“ ist die Verwendung von Heizöl günstiger.

Fernwärme wird primär aus Gas erzeugt. Ein Teil kann über Solarthermie gedeckt werden. Da letztere in Konkurrenz zur Photovoltaik, welche mehr Gewinn pro Fläche abwirft, wird nur bei hohen Energiepreisen bzw. niedrigen Einspeisevergütungen solare Wärme genutzt.

Tabelle 3-14 Bereitstellung von Fernwärme

| Fernwärme | Gas | Solarthermie | Netz- auslastung |
|---------------------------|------|--------------|---------------------|
| Basis | 100% | 0% | 86% |
| Energie +20% | 89% | 11% | 86% |
| Energie -20% | 100% | 0% | 86% |
| EEG 50 | 89% | 11% | 86% |
| EEG 00 | 89% | 11% | 86% |
| Vieh 70 | 100% | 0% | 86% |
| Kraftfutter autark | 100% | 0% | 86% |
| Einstreu Autark | 100% | 0% | 86% |

3.7 Gegenüberstellung Solarthermie und Photovoltaik

Die Kosten für solare Wärme sind stark abhängig vom Standort, Anstellwinkel sowie Auslastungsgrad. Zudem nehmen die spezifischen Kosten mit zunehmender Anlagengröße stärker ab als bei anderen Technologien. Der Systemgewinn einer Solarthermie Anlage entspricht immer der Einsparung eines anderen Energieträgers, da Wärme kein exportierbares Gut ist. Das heißt dass im System der Wert einer MWh solarer Wärme unterschiedlich sein kann.

Im Gegensatz dazu ist der Solarstrom ein Gut was immer zum Festpreis exportiert wird. Der Systemgewinn entspricht somit einem betriebswirtschaftlichen Gewinn. Eine Kostendegression mit steigender Anlagengröße findet nicht statt.

Um die Kostenstruktur zu analysieren wurden die Wärmegestehungskosten für Solarthermieanlagen berechnet. Dabei wurde angenommen, dass die Anlagen am jeweils besten Standort stehen²³ und zu 100% ausgelastet sind.

Tabelle 3-15 Wärmegestehungskosten für solare Wärme

| | | | |
|---------|-----|-----|-----|
| [€/MWh] | 20° | 45° | 65° |
|---------|-----|-----|-----|

²³ Dachflächen mit mehr 85% der maximalen Einstrahlung.

| | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|
| 8 kW | 140,1 | 137,8 | 173,1 |
| 100 kW | 105,0 | 103,3 | 129,8 |
| 300 kW Dach | 35,0 | 34,4 | 43,3 |
| 300 kW Freifläche | 35,0 | 34,4 | 43,3 |

In nachfolgender Tabelle ist der Systemgewinn pro genutzter Fläche für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen dargestellt. Dabei wurden nur einige Variationen der Solarthermie berücksichtigt.

Als genutzte Fläche wird die Fläche definiert, welche abgeschattet wird, wenn das Licht senkrecht auf die Module trifft.

Korrespondierender Energieträger für solare Wärme ist Heizöl (80 €/MWh). Eine Ausnahme bilden 300 kW Anlagen welche auf Freiflächen installiert werden und Fernwärme bereitstellen. Diese substituieren Erdgas (46,8 €/MWh).

Tabelle 3-16 Systemgewinn pro m² im Basisszenario ²⁴

| | PV | 8kW 45° | 100kW 45° | 300 kW 20° | 300 kW 45° | 300 kW 60° |
|--------------------------|------|----------------------|--------------------|------------|------------|------------|
| Schrägdach | 4,31 | -21,39 ²⁵ | --- | --- | --- | --- |
| Flachdach | 1,47 | -15,12 ²⁵ | -6,1 ²⁵ | 15,37 | 11,92 | 4,56 |
| Freifläche ²⁶ | 8,92 | --- | --- | 5,05 | 5,4 | 1,21 |

Auf allen Flächen können PV-Anlagen gewinnbringend installiert werden. 8kW und 100kW Solarthermieanlagen sind nie wirtschaftlich. 300kW Anlagen können immer wirtschaftlich betrieben werden, allerdings stehen sie in direkter Flächenkonkurrenz mit PV-Anlagen. Entscheidend an dieser Stelle ist welcher Energieträger eingespart wird. Die Wärmegestehungskosten der 300kW-Anlagen sind für Freiflächen und Dachflächen gleich, jedoch ist der Nutzen der bereitgestellten Wärme nicht gleich, da unterschiedliche Energieträger eingespart werden. Wenn Erdgas eingespart werden kann ist es wirtschaftlicher PV-Module zu installieren und weiterhin Erdgas zu nutzen. Wenn Heizöl eingespart werden kann ist es wirtschaftlicher die Wärme via Solarthermie bereitzustellen und kein Heizöl zu verbrennen.

²⁴ Die Berechnungen beziehen sich nur auf die Preis der Energieträger, wenn die Prozesskosten für die Wärmebereitstellung aus Öl und Gas berücksichtigt werden, wurde der Systemgewinn weiter steigen.

²⁵ Da die Wärmegestehungskosten höher sind als der Wärmepreis (80€/MWh), ist der Systemgewinn negativ.

²⁶ Als Bezugsfläche wurde nicht die abgeschattete Grundfläche betrachtet sondern die installierbare Modulfläche als Bezugsgröße verwendet.

4 Sensitivitätsanalyse

Anhand der Szenarien konnten einige Parameter definiert werden, welche die Optimalstruktur stark beeinflussen. Ausgehend vom Basisszenario wurden die Parameter schrittweise geändert und die Änderungen im Gesamtsystem beobachtet.

4.1 Einfluss des Gaspreises auf Wärmeerzeugung

Im Basisszenario der Gesamtregion ist zu erkennen, dass Erdgas ein bevorzugter Energieträger ist. Unter optimalen Umständen wird überall wo es möglich ist, das heißt wenn die Netzinfrastruktur es zulässt, Erdgas zur Wärmebereitstellung eingesetzt.

Um den Einfluss des Gaspreises auf die Art der Wärmeerzeugung zu untersuchen wurde der Gaspreis in 10%-Schritten vom Ausgangspreis erhöht. Die einseitige Erhöhung führt dazu, dass das Preisverhältnis Gas zu Heizöl und Strom steigt und entsprechende Verschiebung weg von Gasheizungen erfolgt.

Es wurde nicht untersucht wie sich das System verhält wenn der Gaspreis fällt, da beim Startpreis ohnehin schon alle Potenziale zu Nutzung von Gas maximal ausgeschöpft werden. Es würden nur die Kosten der Wärmebereitstellung sinken.

| Preis relativ zum Basisszenario | Gaspreis Haushalt [€/MWh] | Gaspreis Industrie [€/MWh] |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 100% | 70,90 | 46,80 |
| 110% | 77,99 | 51,48 |
| 120% | 85,08 | 56,16 |
| 130% | 92,17 | 60,84 |
| 140% | 99,26 | 65,52 |
| 150% | 106,35 | 70,20 |
| 160% | 113,44 | 74,88 |
| 170% | 120,53 | 79,56 |
| 180% | 127,62 | 84,24 |
| 190% | 134,71 | 88,92 |
| 200% | 141,80 | 93,60 |

4.1.1 Einfluss auf den Energiemix

In Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 sind die Anteile der Energieträger an der Wärmebereitstellung dargestellt. In beiden Fällen nimmt bei steigenden Preisen der Gasverbrauch ab. Die fehlende Energie wird durch Heizöl bereitgestellt, im industriellen Bereich wird steigt zusätzlich der Stromverbrauch durch den Ausbau der Wärmepumpen.

Der Gasverbrauch der Industrie bleibt bis zu einer Preiserhöhung um 70% konstant, während der Gasanteil an der Haushaltswärme bereits bei einer Preiserhöhung von 20% um 15% sinkt. In beidem Fällen finden die ersten Änderung statt wenn der Gaspreis den Wert von 80 €/MWh, was gleich dem Preis für Heizöl ist, überschreitet. Für das Gesamtsystem sind allerdings nicht nur die Rohstoffpreise

sondern auch die Kosten für Heizungsanlagen von Bedeutung. Für Kleinanlagen mit geringer Auslastung entfallen bis zu 55% der Wärmegestehungskosten auf die Anlagenkosten, wogegen der Prozesskostenanteil für bereits bestehende vollausgelastete Großanlagen auf 8% sinkt. Dies erklärt weshalb es keinen abrupten sondern kontinuierlichen Übergang von Gas zu Heizöl gibt.

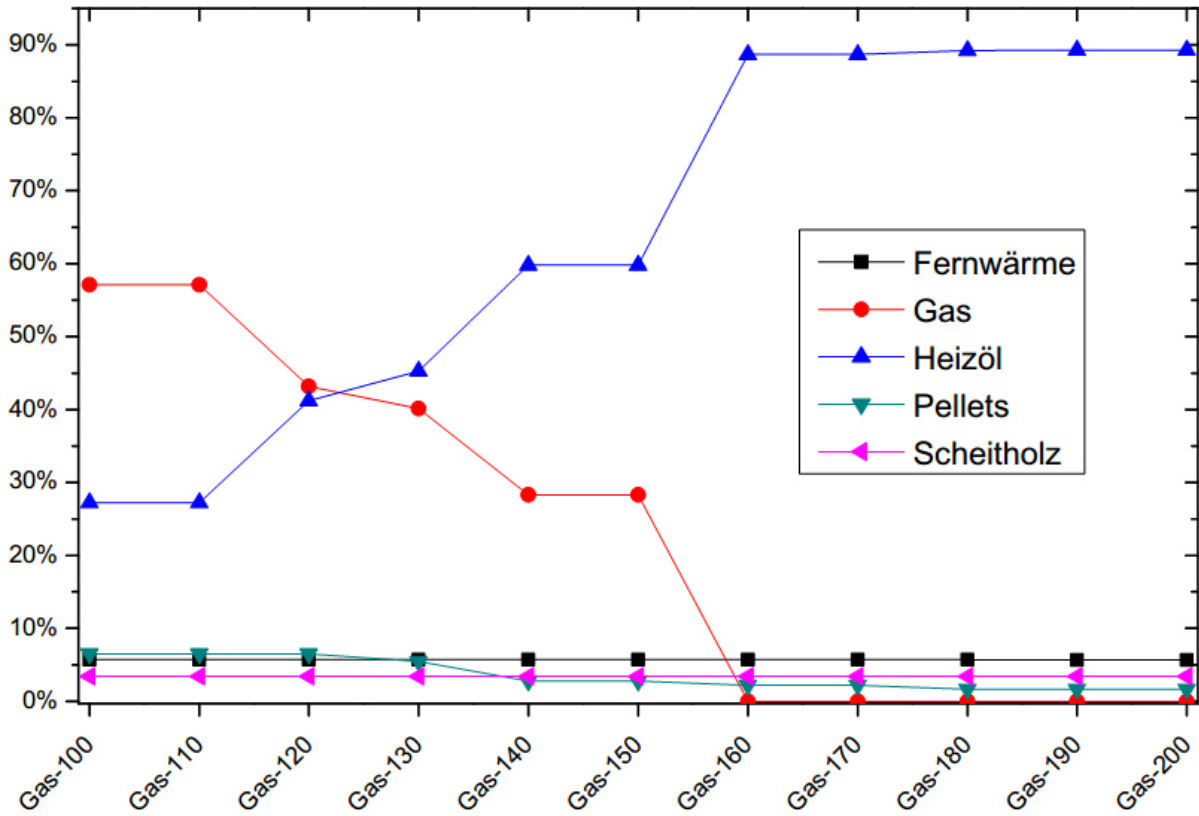


Abbildung 4-1 Wärmeerzeugung für Haushalte

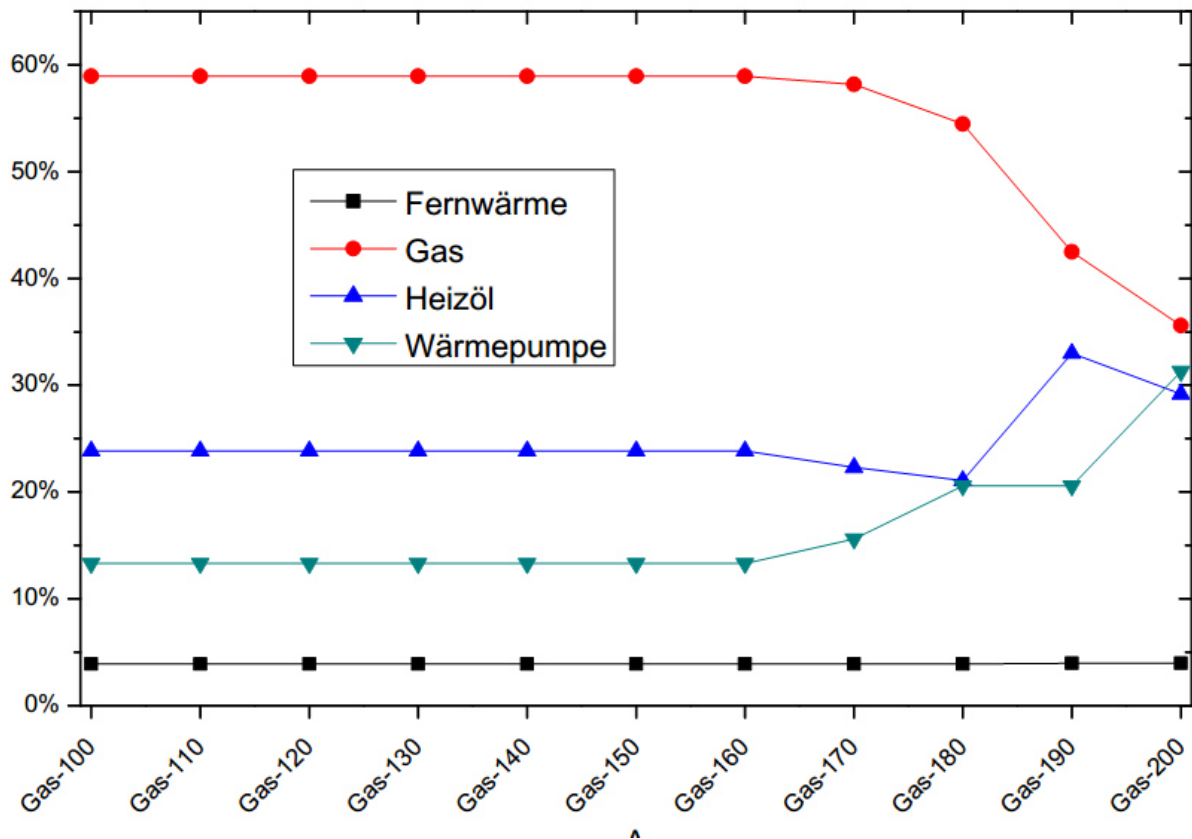


Abbildung 4-2 Wärmeerzeugung für Industrie

4.1.2 Einfluss auf die Erzeugung von Fernwärme

Im Basisszenario / Gas-100 wird Fernwärme zu 100% aus Gas erzeugt. Bei einer Preiserhöhung um 30% auf 60,84€/MWh wird bereits Gas durch Biomasse ersetzt. Dies ist insofern bemerkenswert, da der Energiepreis unter dem von Heizöl liegt und nicht darüber, wie bei der Wärme für Industrie- und Haushaltseindverbraucher. Der Grund liegt in der sich ändernden Technologiestruktur. Bei niedrigen Gaspreisen werden Hackschnitzel zu Holzpellets verarbeitet und dezentral verbrannt. Bei steigenden Gaspreisen werden Hackschnitzel vermehrt zentral verbrannt um Fernwärme zu produzieren. Dies führt zu einer Abnahme vom Holzpelletanteil und einer Erhöhung des Heizölanteils im Energiemix für Haushalte wie in Abbildung 4-1 zu erkennen ist. Grund ist, dass ein energieintensiver Trocknungsschritt notwendig ist um aus Hackschnitzeln mit einem Wassergehalt von 25% Holzpellets mit einem Wassergehalt von 10% herzustellen. Zudem wird auf dem Ackerland vermehrt Miscanthus anstelle von Kurzumtriebshölzern angebaut, da erstere einen höheren Energieertrag pro Hektar aufweisen.

Die zusätzlich benötigte Trocknungsenergie und die Mehrproduktion durch eine Nutzungsänderung des Ackerlands, erklärt warum bereits bei einem Gaspreis, der um 20 €/MWh niedriger ist als der von Heizöl, ein Umschlagen der Technologiestruktur erfolgt.

Zudem wird bereits bei einem um 10% höheren Gaspreis die Nutzung solarer Wärme wirtschaftlich. In diesem Fall werden PV-Module durch 300 kW- Solarthermieanlagen verdrängt.

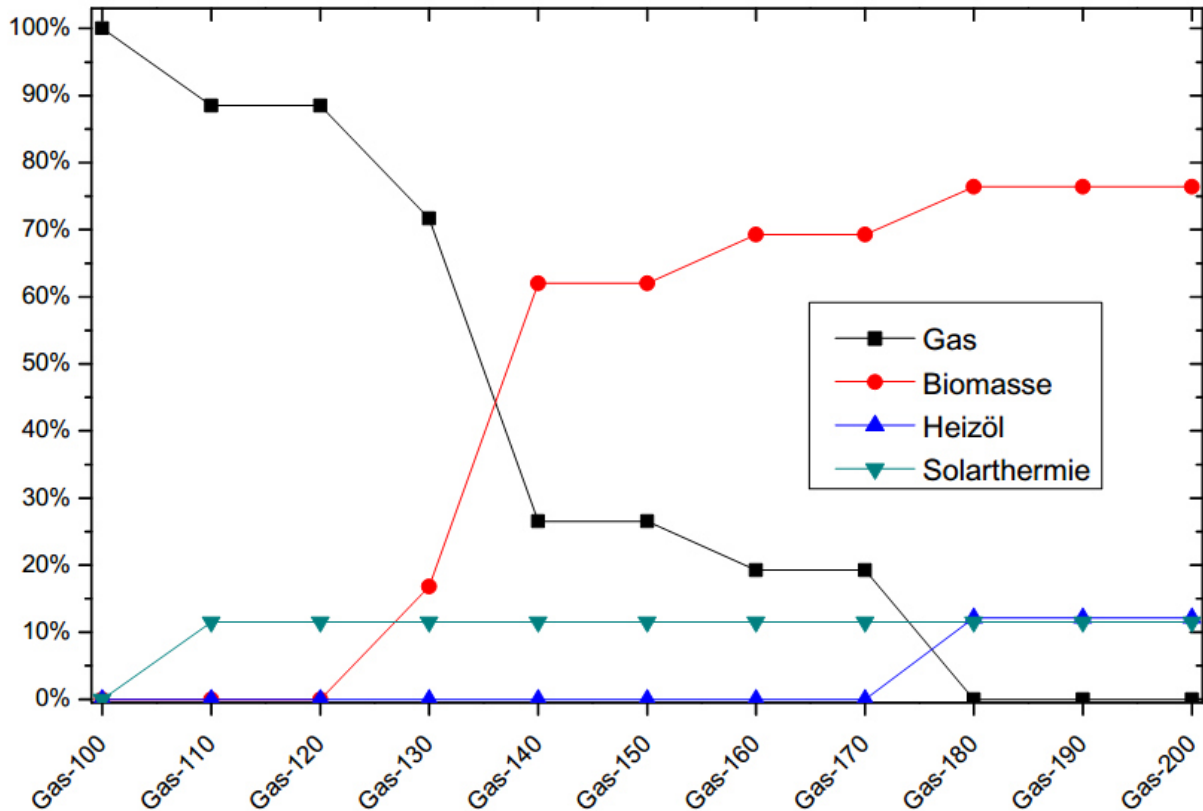


Abbildung 4-3 Erzeugung von Fernwärme

4.1.3 Gesamtbilanz fossiler Energien

Wie in den vorherigen Kapiteln gezeigt wurde, findet eine Verdrängung von Gas durch Heizöl statt. Der Gesamtimport von fossilen Energieträgern in die Region wird allerdings nicht wesentlich von einem erhöhten Gaspreis beeinflusst, da ohnehin schon alle natürlichen Potenziale ausgeschöpft werden und Heizwärme immer bereitgestellt werden muss.

Es wird vermehrt solare Wärme genutzt, allerdings ist die Installation von PV-Modulen auf Dachflächen auch bei hohen Energiepreisen profitabler und das Solarthermiefpotenzial auf Freiflächen ist begrenzt.²⁷

Die Nutzungsänderung der Hackschnitzel und die Verschiebung hin zum Anbau von Miscanthus, führen zu einer Erhöhung der regionalen Energieproduktion und zu einer leichten Abnahme des Imports von Energieträgern.

²⁷ Es wurde nur zugelassen das Warmwasser über Solarthermie bereitgestellt werden kann. Andere Arten zur Nutzung solarer Wärme sind nicht Teil des Modells.

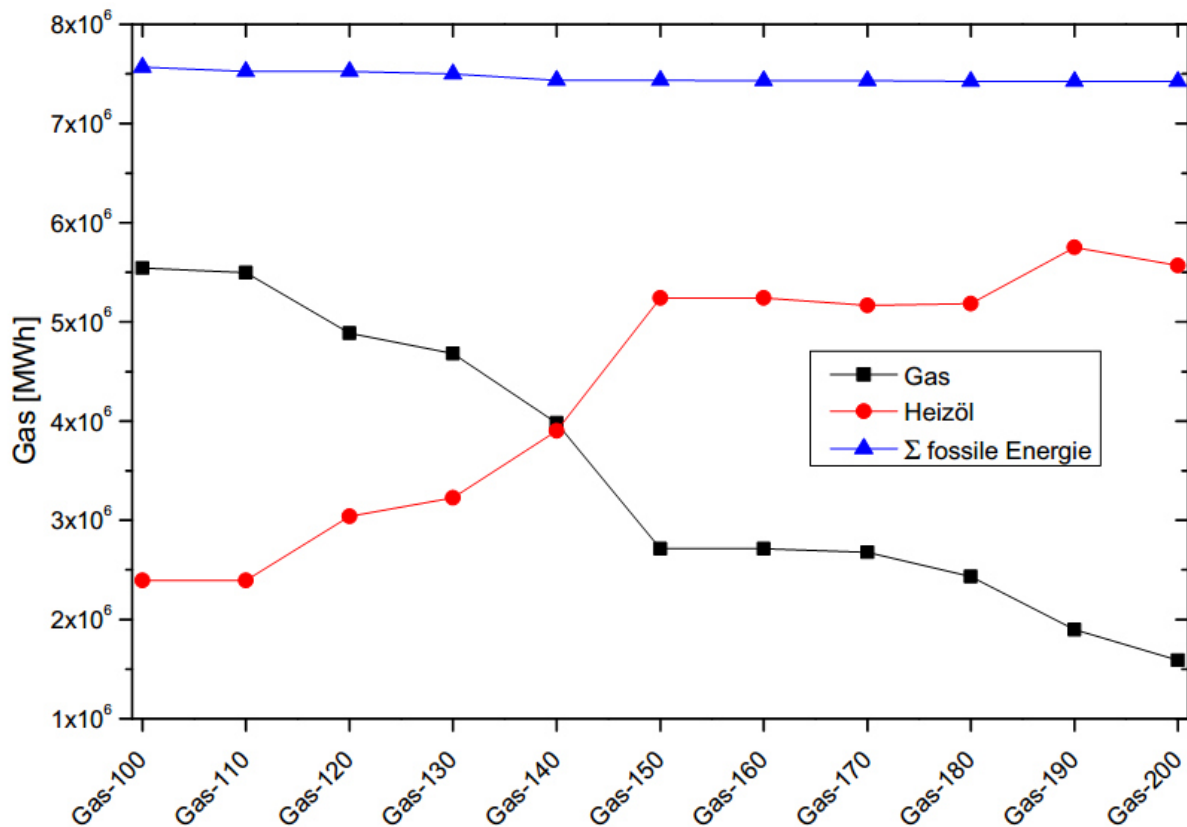


Abbildung 4-4 Bilanzierung fossiler Energieträger

4.2 Einfluss der Viehzucht auf die Energiebilanz

Der größte Teil der landwirtschaftlichen Fläche steht der Viehhaltung, insbesondere der Rinderzucht, zur Verfügung. Es besteht eine direkte Flächenkonkurrenz mit der Biogas- und Hackschnitzelerzeugung. Somit kann berechnet werden, wie viel Heizwärme erzeugt werden könnte, wenn der Viehbestand reduziert wird. Diese Rechnung wird am Beispiel der Mutterkuh und Milchkuhhaltung durchgeführt, da diese den größten Anteil an der Viehzucht haben (über 80% der GVE).

Die Grundannahme der Berechnung ist, dass auf einem Hektar Acker- oder Dauergrünland entweder Futtermittel oder ein Energieträger angebaut werden kann. Dabei werden verschiedene Futterzusammensetzungen verglichen. Der Energieverbrauch bei der Rohstoffherstellung fließt als Eigenanteil mit ein. Der Düngewert der Gülle wurde nicht berücksichtigt, da dieser nicht energetisch bewertet wurde. Berücksichtigt wurde Stroh als Koppelprodukt des Kraftfutteranbaus, wobei 30% auf dem Feld verbleiben, sowie Gülle als Rohstoff für Biogasanlagen. Die Berechnungsgrundlagen sind in Tabelle 4-1 dargestellt. Eine exemplarische Rechnung wurde im Anhang durchgeführt (siehe Kapitel 9.1, Seite 86)

Tabelle 4-1 Berechnungsgrundlagen

| Ackerland | Ertrag [t/ha] |
|--------------|---------------|
| Weizenkörner | 5,16 |
| Weizenstroh | 3,87 |

| | | | |
|----------------------------|--|-----------------------------|---------------------------------|
| Maiskörner | 8 | | |
| Maisspindel | 0,94 | | |
| Maisstroh | 2,66 | | |
| Maissilage | 12,57 | | |
| Dauergrünland | Ertrag [t/ha] | | |
| Grünfutter | 8 | | |
| Grassilage | 6,4 | | |
| | Kraftfutter [kg] | Grundfutter [kg] | nutzbare Gülle 10%TM [t] |
| Milchkuh | 1750 | 4375 | 14,125 |
| Mutterkuh | 85 | 5517 | 7,6 |
| | Energieinhalt [MWh/t] | | |
| Gülle | 0,13 (13,09Nm ³ CH ₄) | | |
| Weizenstroh | 4,5 | | |
| Maisstroh | 4,5 | | |
| Maisspindel | 4,77 | | |
| | Energieertrag [MWh/ha] | Weg | |
| Dauergrünland | 18,3 | Grassilage via Biogas | |
| Ackerland | 54,45 | Miscanthus via Strohpellets | |
| Eigenwärmebedarf Fermenter | 52% | | |
| Strohentnahmequote | 70% | | |

In nachfolgender Tabelle ist dargestellt wie viel Energie nicht erzeugt werden kann, da ein Rind die Flächen in Anspruch nimmt. Dabei wurden 6 unterschiedliche Futterzusammensetzungen und 2 Haltungsformen berechnet.

Tabelle 4-2 Korrespondierendes Energieerzeugungspotenzial der Milch- und Mutterkuhhaltung

| Eigenproduktion Kraftfutter | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|------------|------------|
| Milchkuh | "verbrauchtes" Potenzial [MWh] | | |
| | Grünfutter | Grassilage | Maissilage |
| | Weizen | 18,3 | 19,5 |
| Körnermais | 13,0 | 14,2 | 27,2 |
| Mutterkuh | "verbrauchtes" Potenzial [MWh] | | |
| | Grünfutter | Grassilage | Maissilage |
| | Weizen | 6,3 | 7,8 |
| Körnermais | 6,0 | 7,5 | 23,9 |
| 100% Kraftfutterimport | | | |
| Milchkuh | "verbrauchtes" Potenzial [MWh] | | |
| | Grünfutter | Grassilage | Maissilage |
| | | 8,2 | 10,7 |
| Mutterkuh | "verbrauchtes" Potenzial [MWh] | | |
| | Grünfutter | Grassilage | Maissilage |
| | | 11,6 | 14,8 |

4.2.1 Sensitivitätsanalyse: Verringerung des Viehbestands

Für die Gesamtregion wurde untersucht wie sich die Reduzierung des Viehbestandes auf den Energieverbrauch, bzw. die Art der Wärmebereitstellung, und den Systemgewinn auswirkt. Dazu wurde der Viehbestand in 10% Schritten verringert und der Energiebedarf, sowie die Optimalstruktur analysiert.

4.2.2 Auswertung

Es wurde festgestellt, dass keine Änderungen in der Technologiestruktur auftraten. Kraftfutter und Einstreu werden weiterhin zu 100% über den Import gedeckt. Beim Reduzieren des Viehbestandes wird somit nur Dauergrünland als Potenzial freigesetzt. Die zusätzliche Grassilage kann über die GBR verwertet werden oder in Biogasanlagen. Da erstere Technologie sich noch im Pilotmaßstab befindet wurde die das Nutzungspotenzial begrenzt. Daher wurde das Dauergrünland, welches nicht mehr von der Viehzucht genutzt wird, zur Erzeugung von Grassilage eingesetzt, woraus Biogas erzeugt wird.

In Abbildung 4-5 ist zu erkennen, dass der Anteil an regional erzeugter Wärme steigt. Dies ist jedoch nicht auf eine Substitution von Erdgas zurückzuführen, sondern auf dem insgesamt höheren Prozesswärmebedarf, verursacht durch die zusätzlichen Biogasanlagen. Das einzige Gut das zusätzlich produziert wird ist Strom, der gemäß dem EEG vergütet und exportiert wird. Wie dies sich auf die finanzielle Bilanz auswirkt ist in Abbildung 4-6 dargestellt.

Bezogen auf den Hektar hat die Viehzucht eine höhere Wertschöpfung als die Biogasverstromung, weshalb der Gesamtgewinn sinkt, gleichzeitig steigt der Subventionsanteil am Gesamtgewinn. Zudem steigt durch den Wegfall der Gülle der Import von Mineraldünger was, sich ebenfalls negativ auf den Systemgewinn auswirkt.

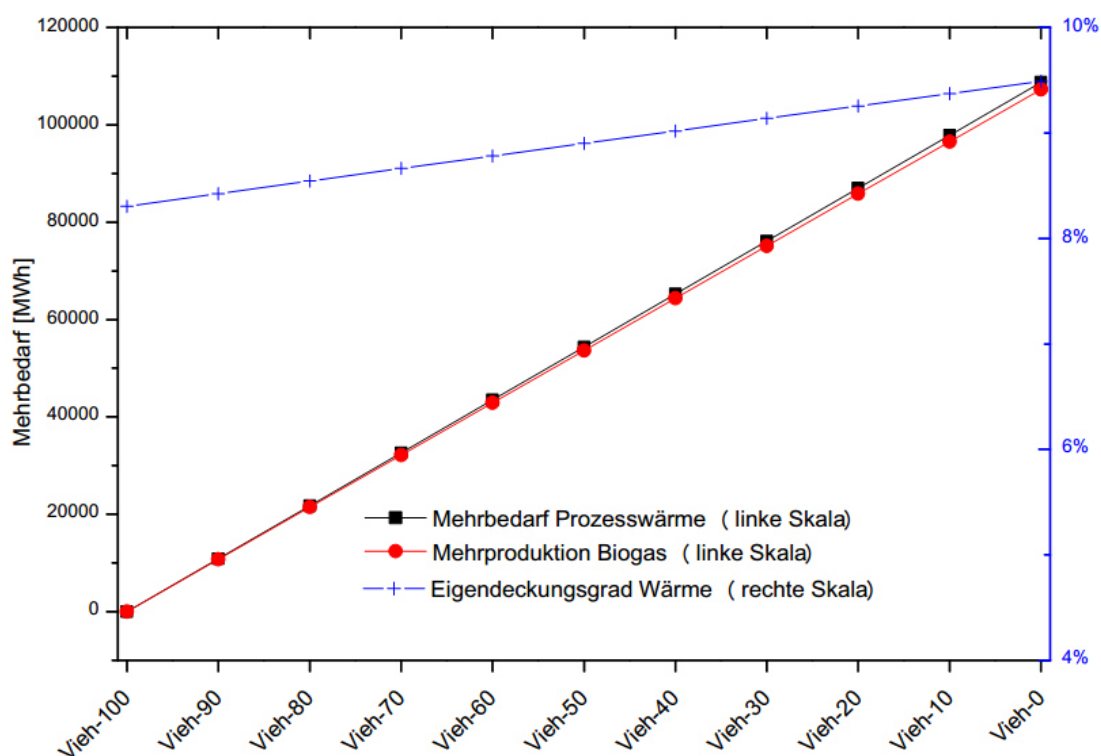


Abbildung 4-5 Wärmebilanz in Abhängigkeit des Viehbestandes

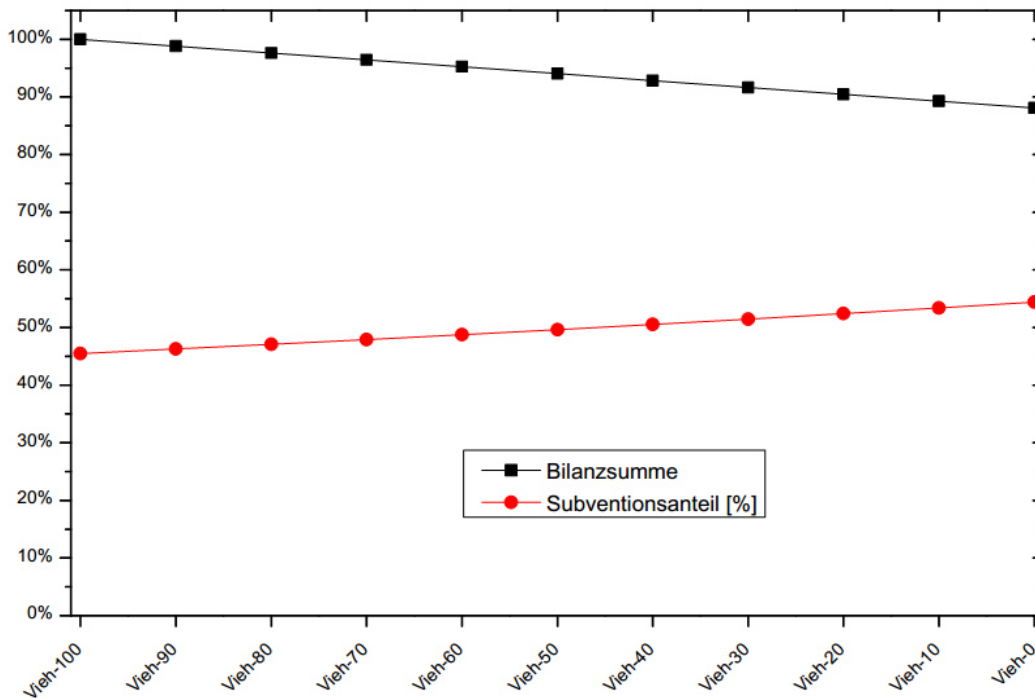


Abbildung 4-6 Gewinn in Abhängigkeit des Viehbestandes

4.2.3 Bewertung

Unter den Modellbedingungen ist es nicht sinnvoll den Viehbestand zu reduzieren, da weder mehr Heizwärme verfügbar ist, der Systemgewinn sinkt und gleichzeitig die Abhängigkeit von Fördermitteln steigt.

Die Parameter der Optimalstruktur unterscheiden sich im Bereich Viehzucht jedoch stark von den aktuellen Gegebenheiten. Zum einen werden momentan 50% des Kraftfutters in der Projektregion erzeugt. (28) Zum anderen sind die Biogasanlagen im Modell auf die Nutzung von Gülle ausgelegt, was heißt, dass ihr Wärmebedarf signifikant höher ist als für Anlagen, welche primär Grassilage verwerten.

Eine Reduzierung des Viehbestands würde in der Projektregion Ackerflächen für eine anderweitige Nutzung freigeben. Mit anderen Biogasanlagen könnte der Eigenwärmebedarf gesenkt werden, sodass Biogas einen Beitrag zur Wärmebereitstellung liefern kann.

Die GBR kann, wenn sie im industriellen Maßstab eingesetzt wird, denn Gewinn innerhalb dieses Wirtschaftszweiges stark erhöhen. Zum einen kann der anfallende Presskuchen als Grundfutter verwendet zum anderen kann er in Biogasanlagen verwertet werden.

Für eine abschließende Bewertung des Einflusses der Viehzucht auf den Systemgewinn und die Nutzung regenerativer Energien ist es notwendig diese Aspekte vorher zu klären.

4.3 Einfluss der EEG Subventionen auf den Verbrauch fossiler Energieträger

Für das Basisszenario der Gesamtregion wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt bei der die EEG Subventionen in 10%-Schritten reduziert werden. Es wurde betrachtet welchen Einfluss dies auf den Verbrauch fossiler Energieträger, Bioprimärenergieproduktion in der der Region und deren Verwendung hat.

In Abbildung 4-7 ist die Bioprimärenergieproduktion in der Region dargestellt, sowie die daraus resultierenden Produktion von Strom oder Wärme. Zur besseren Darstellung wurden alle Ergebnisse auf den Startwert (Basisszenario / EEG-100) normiert. Es ist deutlich zu erkennen, dass trotz eines Wegfalls der Subventionen keine Mindernutzung von Biomassepotenzialen vorliegt. Bei sinkenden Subventionen wird jedoch mehr Heizwärme bereitgestellt anstatt Strom produziert.

Mit sinkenden Subventionen finden verschiedene Änderungen in der Technologiestruktur statt:

- EEG 100 – EEG 90: Strohpellets werden verbrannt und nicht mehr vergast und verstromt
- EEG 90 – EEG 80: 300kW Solarthermie anlagen verdrängen PV-Anlagen auf Freiflächen
- EEG 50 – EEG 40: PV-Anlagen auf Dachflächen werden unrentabel
- EEG 40 – EEG 30: PV-Anlagen auf Freiflächen werden unrentabel
- EEG 10 – EEG 00: Biogas wird direkt verbrannt und nicht mehr verstromt

Die Reduktion der Bioprimärenergieproduktion von 2,3% ist darauf zurück zu führen, dass vermehrt Kurzumtriebshölzern anstatt von Miscanthus angebaut werden. Erstere haben einen geringfügig niedrigeren Energieertrag pro Hektar.

An grundlegenden Rahmenbedingungen ändern die EEG-Subventionen nichts. Die Auslastung des Gas- und Fernwärmenetzes bleibt annähernd konstant. Der Import von Kraftfutter und Einstreu, sowie der Anteil an Produkten aus der Grünen Bioraffinerie bleiben konstant.

In Abbildung 4-8 ist der Einfluss der EEG Subventionen auf den Systemgewinn dargestellt. Der Gesamtgewinn sinkt erwartungsgemäß mit sinkenden Subventionen, dafür steigt der förderungsunabhängige Gewinn, wenn auch weniger stark.

Da durch hohe Subventionen weniger Wärme regional produziert wird, muss die Differenz durch den Import von Energie ausgeglichen werden, wie Abbildung 4-9 zu entnehmen ist. Die Änderungen bewegen sich im Bereich von unter 5%, da der Wärmeeigendeckungsgrad unter 10% liegt. Zudem wird bei einer hohen Stromproduktion mehr Energie verbraucht, da die Umwandlungseffizienz sinkt und die Energieverluste steigen. Dieser Verlust entspricht mengenmäßig in etwa der Hälfte des zusätzlichen Energieimports.

Die Konkurrenz von Strom und Wärmeerzeugung ist ebenfalls bei Solartechnologien zu beobachten, was in Abbildung 4-10 dargestellt ist. Hohe Einspeisevergütungen führen dazu, dass PV-Anlagen pro Fläche mehr zum Systemgewinn beitragen als Solarthermie.

Da in diesem Modell Solarthermie nur zu Warmwasserbereitung eingesetzt werden kann, ist das Nutzungspotenzial begrenzt und das Flächenpotenzial ist ausreichend um das Nutzungspotenzial voll abzudecken. Solarthermie und PV-Anlagen können somit parallel genutzt werden.

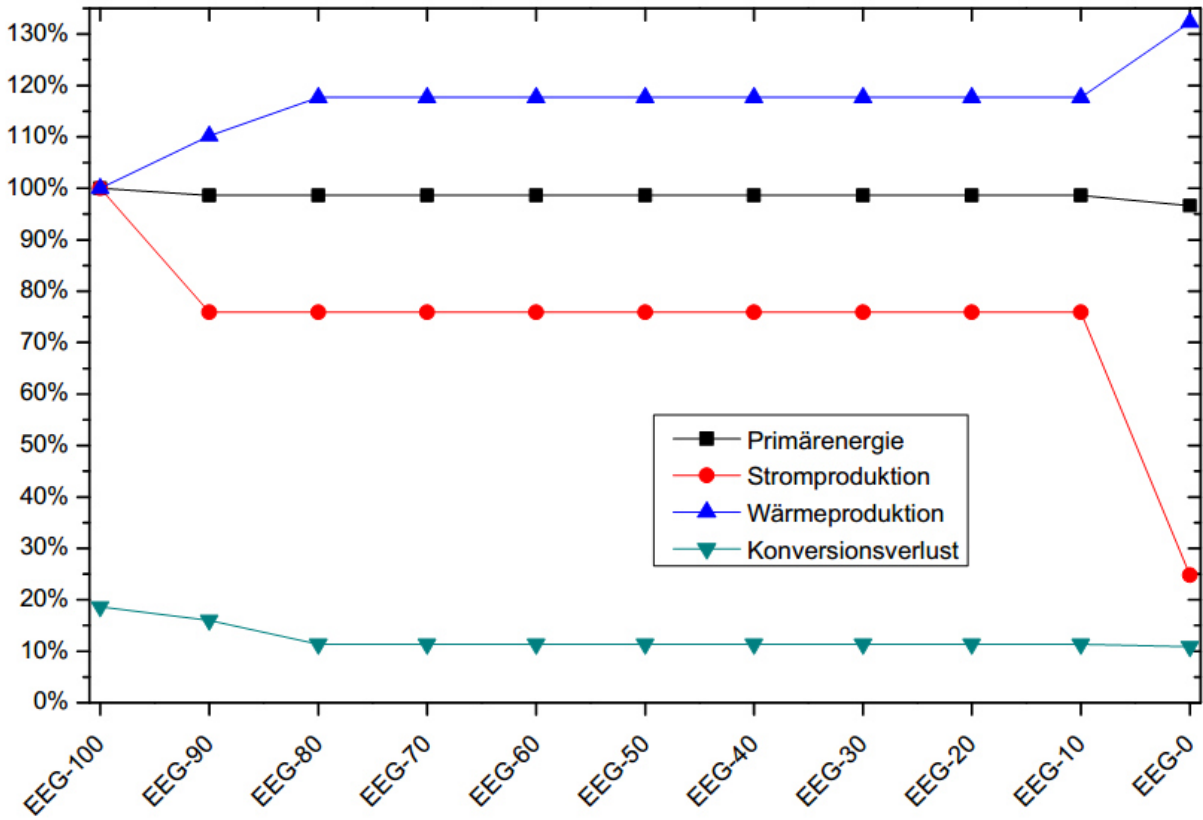


Abbildung 4-7 Bioprимärenergieproduktion und Umwandlung in Abhängigkeit der EEG Subventionen

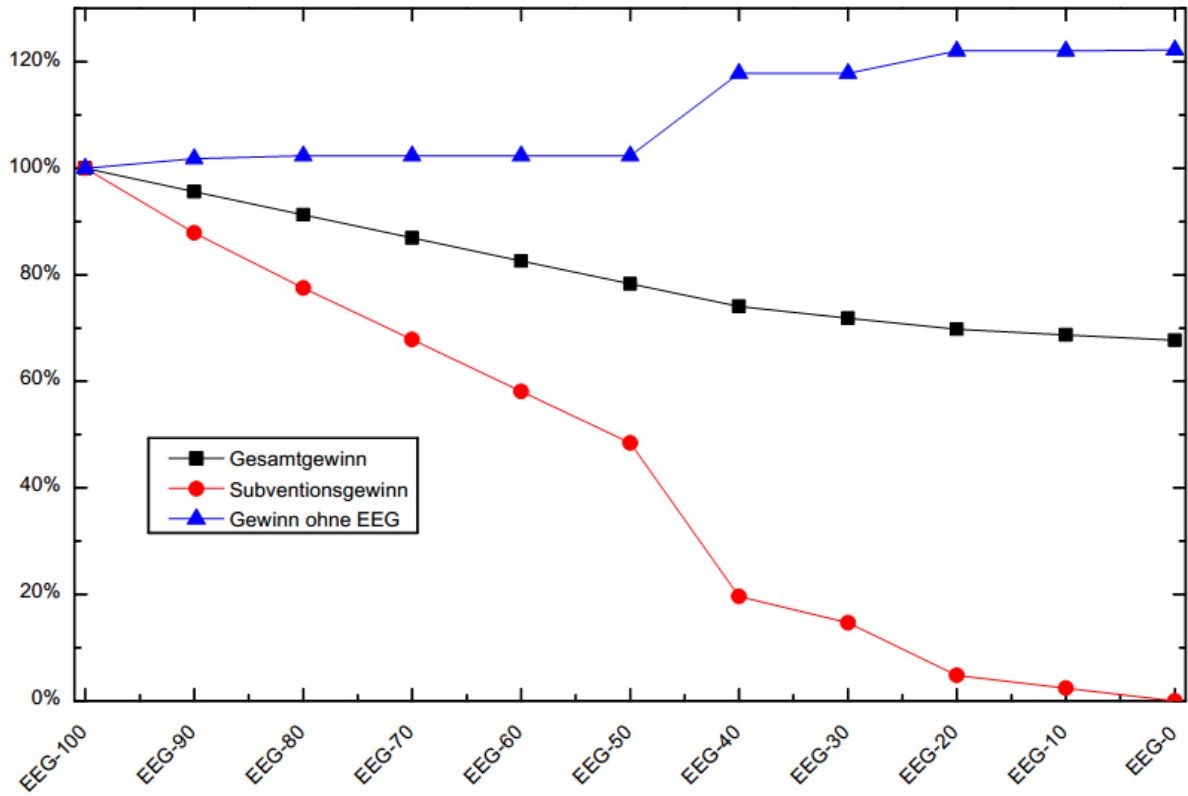


Abbildung 4-8 Veränderung des Gewinns in Abhängigkeit der EEG Subventionen

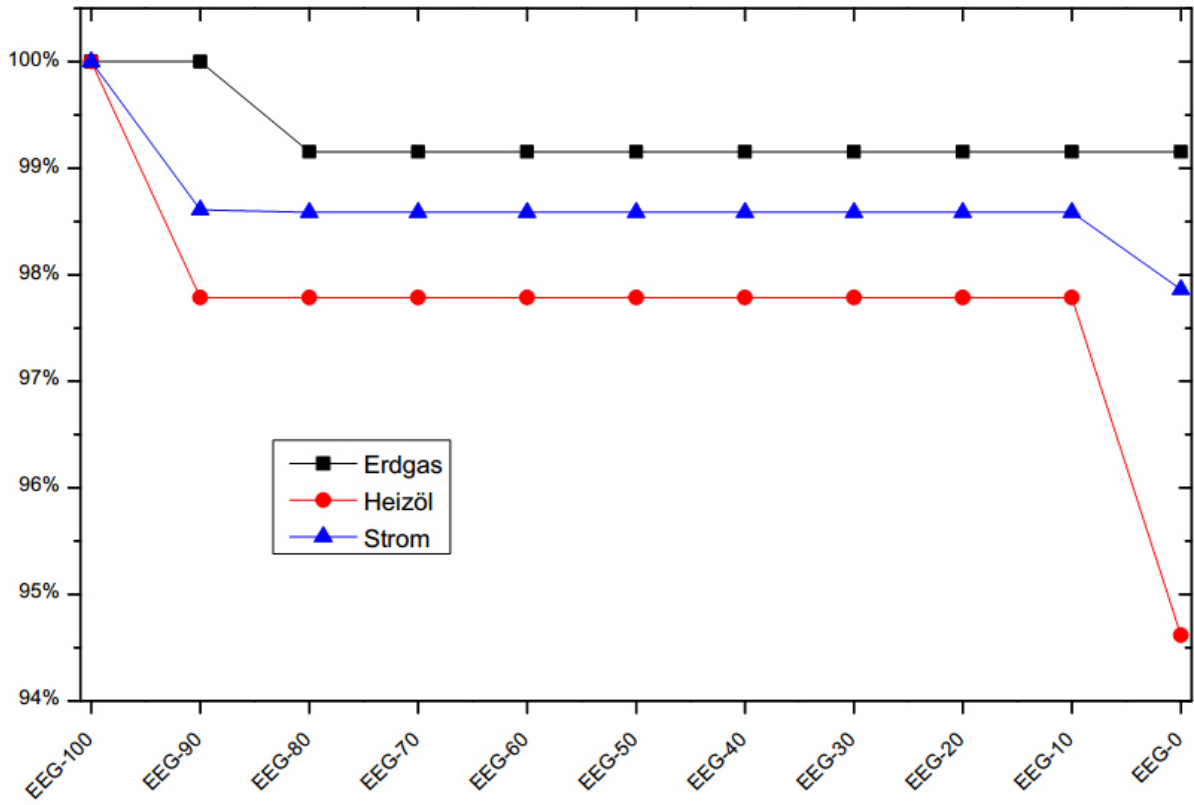


Abbildung 4-9 Verbrauch fossiler Energieträger in Abhängigkeit der EEG Subvention

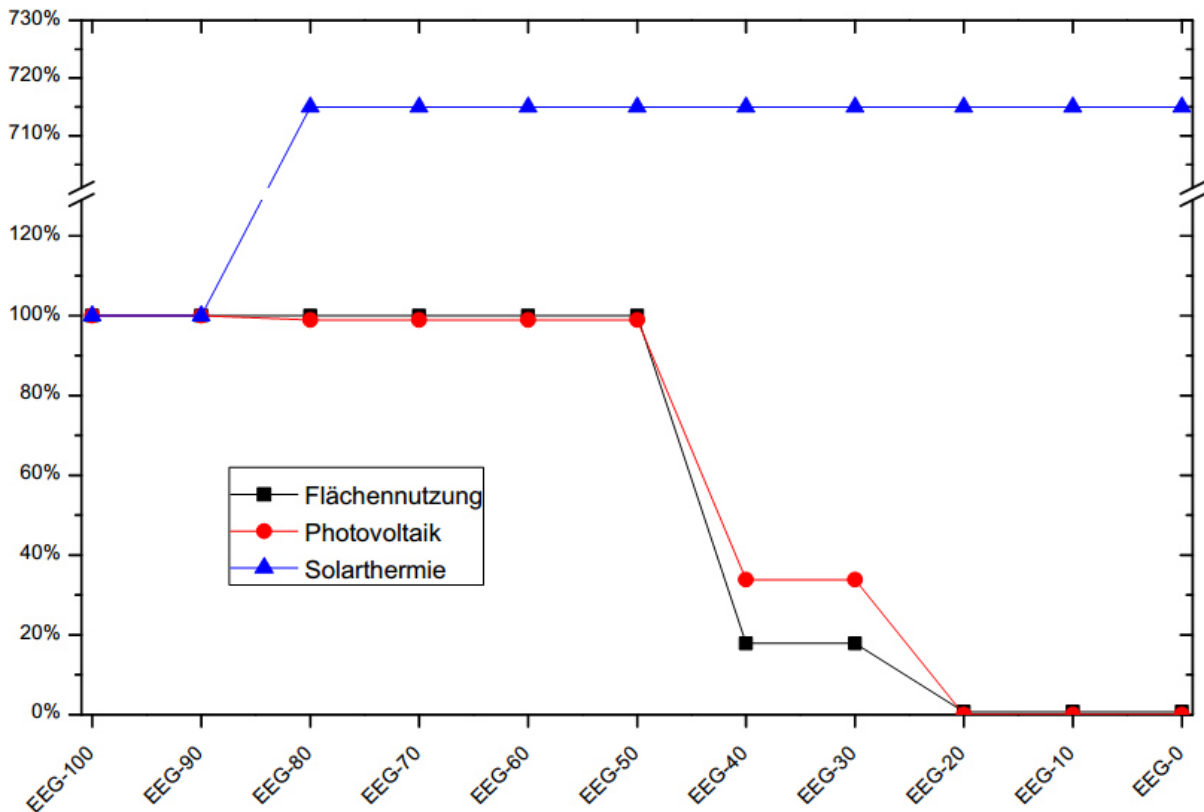


Abbildung 4-10 Nutzung Solarenergie in Abhängigkeit der EEG Subventionen

4.4 Einfluss des Kraftfutterpreises auf die Futtermittelproduktion

Die Produktion von Kraftfutter steht in direkter Konkurrenz zur Erzeugung von Energierohstoffen. Zudem können Agrarprodukte auf verschiedene Art und Weise stofflich und energetisch genutzt werden. Der Bedarf an Kraftfutter bleibt durch den Viehbestand konstant.

Um den Einfluss des Kraftfutterpreises zu untersuchen wurde, ausgehend vom Preis im Basisszenario, der Preis in Schritten von 20 €/t erhöht und die Änderung der Futtermittelproduktion untersucht. Da beim Preis von 330 €/t 100% des Kraftfutters importiert werden, ist es nicht sinnvoll niedrigere Preis zu untersuchen.

In Abbildung 4-11 ist dargestellt auf wie viel Hektar verschiedene Ackerfrüchte angebaut werden, wenn der Kraftfutterpreis sich erhöht. Es ist zu erkennen, dass abhängig vom Preis jeweils verschiedene Agrarfrüchte das System dominieren. Der Ertrag von Kraftfutter pro Hektar steigt in der Reihe Raps<Weizen<Mais, was erklärt weshalb bei steigenden Preisen sich die dominierende Ackerfrucht ändert. Es können bis zu 67% des Kraftfutterbedarfs regional erzeugt werden. Dadurch, dass mit steigenden Kosten mehr Ackerflächen für die Futtermittelproduktion verwendet werden, stehen weniger Flächen für den Anbau von Miscanthus und Kurzumtriebshölzern zu Verfügung. Damit kann weniger Heizwärme durch regionale Ressourcen bereitgestellt werden. Der Anteil sinkt von 4,8% auf 2,8%, was in Abbildung 4-12 dargestellt ist.

Zusätzlich treten Skaleneffekte auf welche die Technologiestruktur beeinflussen.

Rapsöl ↔ Biodiesel:

Bei Preisen von 370 €/t bis 430 €/t steigt der Anteil von Raps. Bei 370 €/t wird daraus Rapsöl produziert und als solches verkauft, erst wenn mehr Rapsöl zu Verfügung steht (390-430 €/t) ist die Produktion von Biodiesel wirtschaftlich.

Stropelletierung ↔ Einstreu:

Es ist wirtschaftlicher Stroh zur Bereitstellung von Prozesswärme zu verwenden, als es als Einstreu zu verwenden. Erst wenn der Strohbedarf der Verbrennung gedeckt ist, wird überschüssiges Stroh als Einstreu verwendet. Dies geschieht bei Kraftfutterpreisen von 450 €/t bis 490 €/t wenn auf allen Ackerflächen Weizen angebaut wird. Dabei werden 17% des Einstreubedarfs gedeckt.

Tabelle 4-3 Einfluss des Kraftfutterpreises auf die Technologiestruktur

| Preis [€/t] | 330 | 350 | 370 | 390 | 410 | 430 | 450 | 470 | 490 | 510 | 530 | 550 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kurzumtrieb [ha] | 3753 | 3753 | 3105 | 2216 | 1565 | | | | | | | |
| Miscanthus [ha] | 1873 | 1873 | 1448 | 869 | 444 | 74 | | | | | | |
| Raps [ha] | | | 1074 | 2541 | 3618 | 5552 | | | | | | |
| Weizen [ha] | | | | | | | 5626 | 5626 | 5626 | 2661 | | |
| Körnermais [ha] | | | | | | | | | | 2965 | 5626 | 5626 |
| Stropelletverbrennung | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Hackschnitzelverbrennung | | | | | | | | | | x | x | x |
| Stropelletvergasung | | | | | | x | | | | | | |
| Rapsölproduktion | | | x | x | x | x | | | | | | |
| Rapsölverkauf | | | x | | | | | | | | | |
| Biodieselproduktion | | | | x | x | x | | | | | | |
| Stroh zu Einstreu | | | | | | | x | x | x | | | |

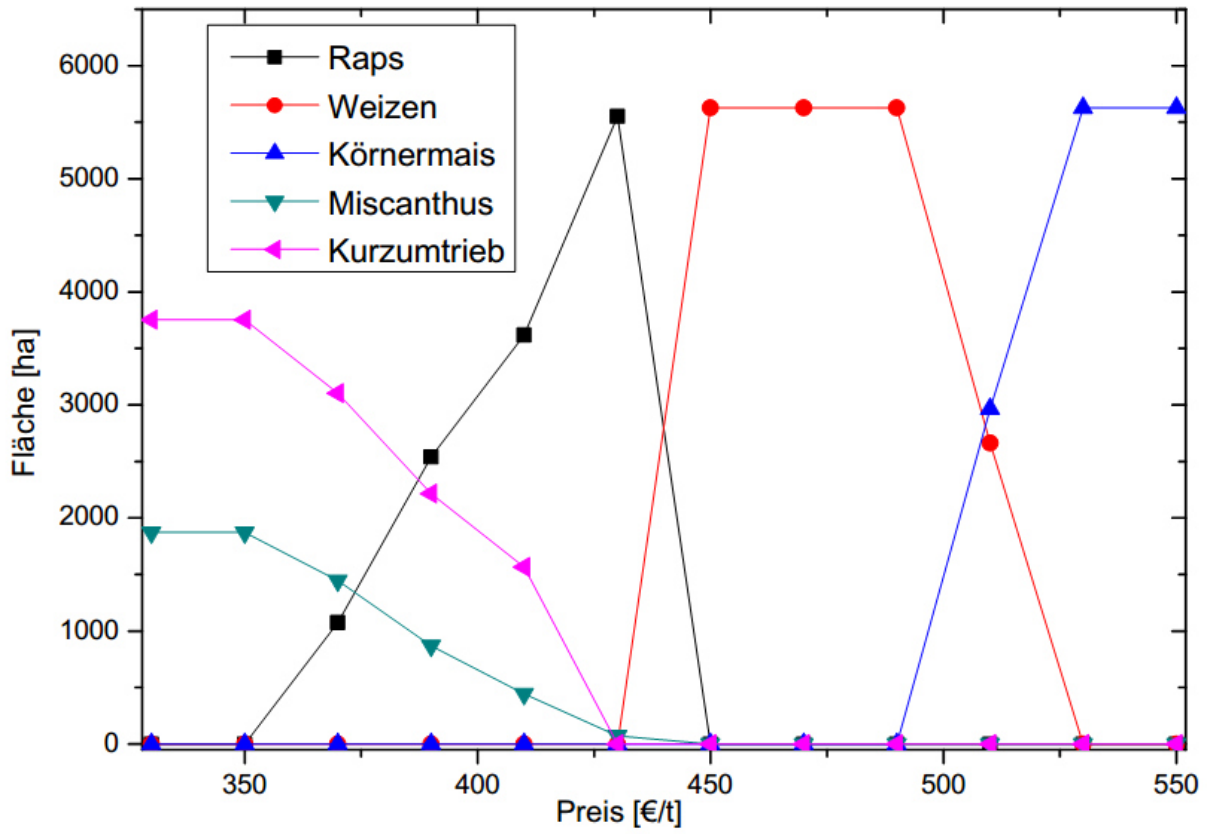


Abbildung 4-11 Nutzung des Ackerlandes in Abhängigkeit des Kraftfutterpreises

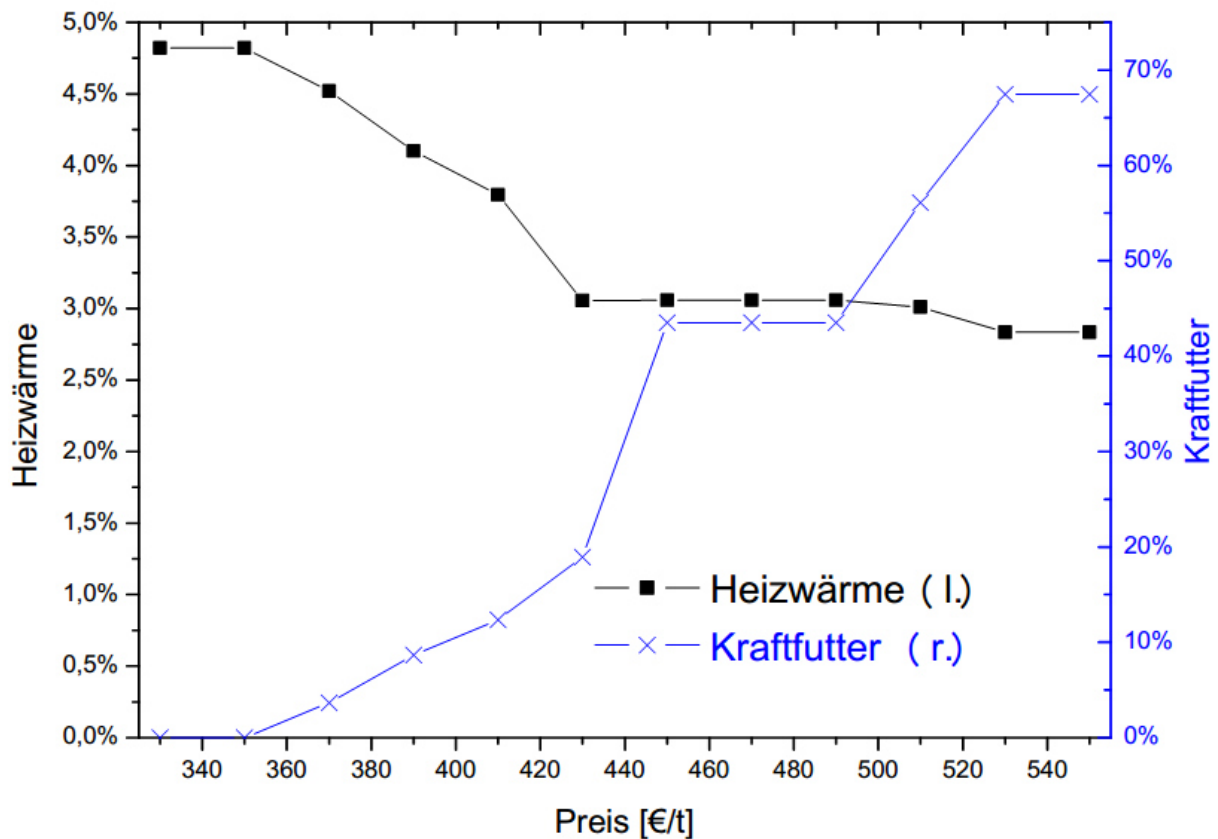


Abbildung 4-12 Eigenproduktion Kraftfutter und Heizwärme in Abhängigkeit des Kraftfutterpreises

4.5 Resilienz einzelner Wertschöpfungsketten

Mit diesem Modell ist es möglich abzuschätzen ob einzelne Wertschöpfungsketten, bei sich ändernden Rahmenbedingungen, nach wie vor für die Region wirtschaftlich sinnvoll sind. Es wird die Annahme getroffen, dass wenn die Technologiestruktur einer Wertschöpfungskette in einem Szenario intakt bleibt, diese als wirtschaftlich für diese Region bezeichnet wird. Damit bezieht sich die Wirtschaftlichkeit auf den Systemgewinn und nicht auf den betriebswirtschaftlichen Gewinn eines Akteurs.

4.5.1 Resilienz gegen schwankende Energiepreise und veränderter Preistruktur

Im verwendeten Modell gibt es 3 Parameter deren Verhältnisse und absolute Höhe die Optimalstruktur bestimmen. Alle natürlichen Potenziale können thermisch, elektrisch oder stofflich genutzt werden bzw. entsprechende Güter produzieren.

Jede Wertschöpfungskette ist solange wirtschaftlich, bis die mit ihr hergestellten Produkte über einen anderen Weg günstiger hergestellt werden können, oder bzw. die Gestehungskosten höher sind als der Verkaufserlös der Produkte. Damit lässt sich für jede Wertschöpfungskette ein qualitativer Grenzparameter bestimmen, welcher markiert wann die Technologien unwirtschaftlich werden. Für unterschiedliche Rahmenbedingung können für eine Wertschöpfungskette mehrere Grenzparameter existieren.

Im folgenden wird aufgelistet welche Technologien die natürlichen Potenziale auf welche Art und Weise nutzen und in welchen Szenarien dies untersucht wurde.

Thermische Nutzung beinhaltet die Bereitstellung solarer Wärme, Produktion von Scheitholz und Holzpellets für dezentrale Wärmeerzeugung sowie zentrale Biomasse/Biogas Verbrennung. Wertbestimmend für die thermische Nutzung ist der Preis fossiler Energieträger.

Szenarien/Testreihe:

- Energie +20%
- Energie -20%
- Testreihe „Gas100-200“

Elektrische Nutzung beinhaltet die Installation von PV-Modulen, Windkraftanlagen und Verstromung von Biogas und Biomasse, obwohl letztere auch nutzbare Abwärme produzieren. Wertbestimmend ist hier die Höhe der Stromeinspeisevergütung und damit der Subventionsanteil.

Szenarien/Testreihe:

- EEG 50
- EEG 00
- Testreihe „EEG100-00“

Stoffliche Nutzung beinhaltet die regionale Produktion von Grundfutter, Kraftfutter und Einstreu für die Viehzucht sowie die GBR. Der Wert wird damit durch die Nutzung in der Viehzucht und durch die Möglichkeit des Imports/Exports definiert.

Szenarien/Testreihe:

- Vieh 70
- Kraftfutter autark
- Einstreu Autark
- Testreihe „Vieh100-00“

4.5.2 Strom aus Windkraft

In allen Szenarien ist die Stromerzeugung aus Windkraft wirtschaftlich, da die Stromgestehungskosten unterhalb des Börsenstrompreises liegen.

Grenzparameter: Börsenstrompreis + Subventionsanteil

4.5.3 Photovoltaik

Analog zur Windkraft sind die Stromgestehungskosten für die Photovoltaik maßgebend. Im kleineren Maße allerdings auch das allgemeine Energiepreisniveau, da eine Flächenkonkurrenz zur Solarthermie besteht

Grenzparameter: Börsenstrompreis + Subventionsanteil; Gaspreis, Heizölpreis

4.5.4 Solarthermie

Die Gestehungskosten solarer Wärme liegen bei Großanlagen unterhalb derer für Gasheizungen, der Gewinn pro Fläche ist jedoch kleiner als der von Photovoltaik bei voller Einspeisevergütung. Erst bei sinkenden EEG-Vergütungen wird Solarthermie daher wirtschaftlich. 8KW Solarthermieanlagen sind in keinem Fall wirtschaftlich, da die Wärmegestehungskosten oberhalb der Kosten von Heizöl liegen.

Grenzparameter: Börsenstrompreis + Subventionsanteil;

4.5.5 GBR

Die GBR ist in allen Szenarien wirtschaftlich. Damit konnte kein Grenzparameter beobachtet werden. Allerdings besteht eine prinzipielle Konkurrenz mit der Rinderzucht um die Nutzung von Dauergrünland. Solange der Viehbestand auf aktuellem Niveau bleibt besteht jedoch keine Konkurrenz.

Grenzparameter: gegebenfalls Viehbestand

4.5.6 Scheitholz

In allen Szenarien wird Scheitholz für die dezentrale Wärmeversorgung eingesetzt. Die Art des zur Verfügung stehenden Holzes gibt vor aus wie viel Prozent des Holzes Scheitholz hergestellt werden kann. Es konnten keine weiteren Grenzparameter beobachtet werden.

4.5.7 Holzpellets aus Waldholz

Holzpellets aus Waldholz werden in jedem Szenario für die dezentrale Wärmeversorgung eingesetzt. Theoretisch können Holzpellets auch aus Holz hergestellt werden woraus Scheitholz hergestellt werden können. Dies ist jedoch nur Wirtschaftlich wenn Holzpellets zu einem hohen Preis verkauft werden können.

4.5.8 Holzpellets aus Kurzumtriebsplantagen

Pellets aus Kurzumtriebshölzern stehen in Flächenkonkurrenz zur Viehzucht/Kraftfutteranbau und zum Anbau von Miscanthus. Zudem konkurrieren unterschiedliche Verwertungswege wie die zentrale oder dezentrale Verbrennung.

Grenzparameter: Kraftfutterpreis, Importquote für Kraftfutter und Einstreu, Verhältnis Gaspreis zu Heizölpreis,

4.5.9 Wärmepumpe

In jedem Szenario, außer „Energie -20%“, wird für die Industrie Heizwärme mittels Wärmepumpen bereitgestellt und damit Heizöl ersetzt. Der Prozesskostenanteil an den Wärmegestehungskosten ist bei Wärmepumpen höher als bei Ölheizungen. Wenn das allgemeine Energiepreisniveau sinkt werden dadurch Wärmepumpen von Ölheizungen verdrängt.

Grenzparameter: Verhältnis Strompreis zu Heizölpreis, Energiepreisniveau

4.5.10 Strohpelletverbrennung / Strohpelletvergasung

Die Strohpelletverbrennung und -vergasung steht in Flächenkonkurrenz zur Kraftfutter- und Einstreuproduktion. Die Wärme wird ausschließlich als Prozesswärme zur Trocknung von Hackschnitzeln verwendet.

Grenzparameter: Verfügbarkeit von Hackschnitzeln, Verhältnis Stromeinspeisevergütung zum Gaspreis

4.5.11 Kraftfutteranbau

Es konnte gezeigt werden, dass der Preis für Kraftfutter und die Importquote maßgebend für die Art der Nutzung des Ackerlandes ist.

Grenzparameter: Importquote und Kraftfutterpreis

4.5.12 Strom aus Biogas

Biogas wird in jedem Szenario aus Gülle, Mist, Reststoffen und Biomüll hergestellt und direkt verstromt. Die bei der Verstromung produzierte Wärme wird als Prozesswärme für die Fermentation genutzt, daher gibt es keine Interaktion mit den Energiepreisen. Nur beim kompletten Wegfall der Stromeinspeisevergütung wird Biogas zur Fernwärmeerzeugung eingesetzt.

Einzig Grassilage bildet eine Ausnahme, da sie nur genutzt wird wenn die Stromsubventionen ausreichend hoch sind. Zudem besteht eine Konkurrenz mit der GBR um die Nutzung von Grassilage. Letztere ist dabei profitabler, da jedoch das Potenzial begrenzt wurde, wird Grassilage auf beiden Wegen verarbeitet.

Grenzparameter Nutzungsart: Verhältnis Stromeinspeisevergütung zum Gaspreis.

Grenzparameter Grassilage: Börsenstrompreis + Subventionsanteil, Nutzungspotenzial des GBR

4.5.13 Fassadendämmung

Die Fassadendämmung steht mit keiner Technologie in Konkurrenz um Potenzialflächen. Maßgebend für ihren Einsatz ist die Möglichkeit den Heizwärmebedarf zu reduzieren. Damit konkurriert der Einsatz mit dem jeweils teuersten verwendeten Energieträger in jeder Wärmekategorie.

Grenzparameter: Energiepreis

4.6 Stabile Prozesse

Es gibt eine Reihe von Prozessen die unter allen hier betrachteten Bedingungen immer Teil der Optimalstruktur waren und damit immer wirtschaftlich sind.

- Strom aus Windkraft
- Biomüll, Gülle und Reststoffe zu Biogas
- Scheitholz und Holzpellets aus Waldholz
- Güllewirtschaft anstatt Mistwirtschaft
- Nutzung von Fernwärme
- Grüne Bioraffinerie

5 Zusammenstellung der Ergebnisse

5.1 Phänomenologische Beschreibung des Wärmehaushalts

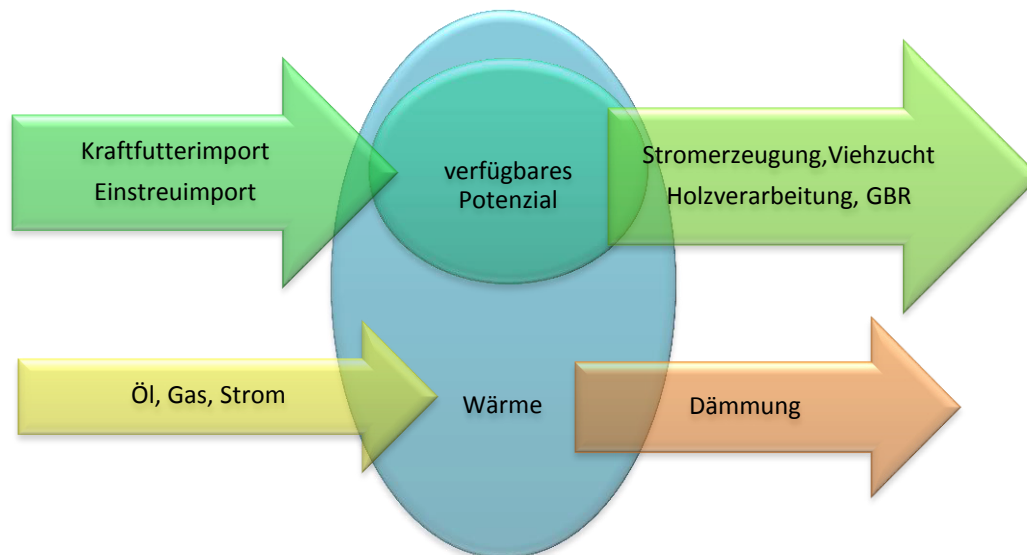


Abbildung 5-1 Wärme Gesamtbilanz

In allen Szenarien und Testreihen übersteigt der Wärmebedarf das verfügbare Potenzial zur Wärmeerzeugung. Die Differenz muss immer durch fossile Energieträger ausgeglichen werden. Das heißt, dass jede MWh Wärme die in der Region nicht erzeugt wird, weil das Potenzial anderweitig genutzt wird, durch Öl und Gas kompensiert werden muss. Dies trifft auf die bekannte Problemstellung „Lebensmittel oder Energie“ und die stoffliche oder energetische Nutzung von Holz zu.

Weniger offensichtlich ist, dass hohe Förderungen der Stromproduktion zu einem höheren Verbrauch an fossilen Rohstoffen in der Projektregion führen. Durch die Einspeisevergütung wird es lukrativer Strom aus Primärenergie herzustellen anstatt sie zur Bereitstellung von Heizwärme zu nutzen.

Eine derartige Verdrängung ist auch bei Photovoltaik und Solarthermie zu beobachten. Hier ist allerdings zu beachten, dass die im Modell enthaltenen Technologien maximal 15% des Wärmebedarfs abdecken können, weshalb ein kleiner Teil der Dachflächen bereits ausreichend ist um das gesamte Nutzungspotenzial abzudecken.

5.2 Zentrale oder dezentrale Biomasseverbrennung

In allen Szenarien wurden Holzpellets und Scheitholz dezentral verbrannt, da dies den höchsten Beitrag zum Systemgewinn bedeutete. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass bei einer einseitigen Erhöhung des Gaspreises gegenüber dem vom Heizöl das System umschlägt und eine zentrale Verbrennung von Biomasse bevorzugt wird.

Bei einer dezentralen Nutzung wird direkt Heizöl eingespart, wogegen bei einer zentralen Nutzung Gas eingespart wird. Der ökologische Fußabdruck wurde zwar dieser Studie nicht bewertet, es ist jedoch davon auszugehen, dass eine Verringerung des Heizölbedarfs eine größere Reduktion des ökologischen Schadens bewirkt, als wenn die gleiche Menge Gas eingespart wird.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Umsetzung ist, dass eine dezentrale Verbrennung eine Vielzahl an Akteuren bedeutet. Zudem ist technische Aufwand durch zusätzliche Konfektionierungs- und Trocknungsschritte höher. Eine zentrale Verbrennung erfordert weniger Verarbeitungsschritte und die Zahl der beteiligten Akteure ist kleiner, was eine Umsetzung üblicherweise vereinfacht.

5.3 Systemgewinn vs. betriebswirtschaftlicher Gewinn

Das Grundprinzip der Berechnungen ist die Maximierung des Systemgewinns. Dieser Wert ist jedoch keine verlässliche Kenngröße, um zu beurteilen wie hoch der Gewinn für die Region ist. Er beinhaltet sowohl Verkaufserlöse als auch Gewinne durch Kosteneinsparung und summiert die Bilanzen kommunaler und privater Akteure auf. Dies führt zu zwei Grundproblemen welche die Aussagekraft des Systemgewinns reduzieren.

Erstens ist die Höhe des Systemgewinns nicht mit einem tatsächlichen Gewinn gleichzusetzen. Beispielsweise führen steigende Energiepreise rein rechnerisch zu höheren Gewinnen durch Kosteneinsparungen, allerdings steigen dabei nur die Kosten.

Ein zweiter Punkt ist, dass Akteure unterschiedlicher Art und mit unterschiedlichen Interessen in einem System vereint werden. Kommunale Betriebe müssen kostendeckend arbeiten, Wirtschaftsunternehmen versuchen ihre Gewinne zu maximieren und Privathaushalte versuchen ihre Kosten zu minimieren. Dazu kommt, dass der Beitrag einzelner Technologien zum Systemgewinn nicht dem betriebswirtschaftlichen Gewinn entsprechen muss. Dies führt naturgemäß zu verschiedenen Konflikten um die Nutzung von Ressourcen. So konnte beispielsweise für den Bereich Ackerbau gezeigt werden, dass der Anbau von Kurzumtriebshölzern und Miscanthus für das Gesamtsystem vorteilhaft ist. Der Anbau von anderen Ackerfrüchten, wie Raps, ist hingegen lukrativer für ein landwirtschaftliches Unternehmen. Es besteht somit ein Konflikt zwischen der Gewinnmaximierung des einzelnen Unternehmens und den möglichen Einsparungen, also eine Maximierung des Systemgewinns, für die Gesamtregion.

Um diese Nutzungskonflikte mit Zahlen beschreiben zu können, können verschiedene Kenngrößen herangezogen werden. Der Verbrauch fossiler Energieträger und der Eigendeckungsgrad der Heizwärme sind Kenngrößen für den Gewinn des Gesamtsystems während der interne Preis den Beitrag einzelner Technologien zum Systemgewinn beschreibt. Für den betriebswirtschaftlichen Gewinn eines einzelnen Akteurs können die die Gestehungskosten einzelner Produkte und der Gewinn pro Fläche als Kenngröße verwendet werden.

Damit können die beschriebenen Konflikte zwar nicht gelöst werden, es wurde jedoch eine Basis geschaffen auf der Lösungen entwickelt werden können, welche die unterschiedlichen Rahmenbedingungen der Akteure berücksichtigen und den Gewinn für alle erhöhen.

5.4 Wärme vs. Strom

Es wurde gezeigt, dass im Bereich Biogas und Solarenergie die Stromeinspeisevergütungen gemäß EEG die Nutzung bis dato ungenutzter Flächenpotenziale ermöglicht. Es wurde aber auch gezeigt wie

Stromeinspeisevergütungen, durch ihre Lenkungsfunktion, zu einem höheren Verbrauch an fossilen Rohstoffen führen können.

Die Nutzung ungenutzter Potenziale wird somit von staatlicher Seite gefördert, um die Nutzungsart zu beeinflussen, müssen regionale Systeme geschaffen werden.

5.5 Ausbau des Modells

Im Laufe der Modellerstellung und Auswertung wurden einige Punkte erkannt, welche für die Aussagekraft des Modells und damit auch für eine praktische Umsetzung von großer Bedeutung sind. Dies trifft auf den Preis und die Importquote für Kraftfutter, der Gaspreis, die Strohentnahmequote²⁸, das Potenzial für Solarthermiegroßanlagen und das Potenzial zur Fassadendämmung zu.

Zusätzlich gibt es einige Technologiezweige deren Potenzial nicht untersucht wurde, wo aber zu erwarten ist, dass sie einen Beitrag zum Systemgewinn liefern können.

Über die Warmwasserbereitung mittels Solarthermiemodulen hinausgehend, können solare Heizsysteme im Modell implementiert werden. Beispielsweise können Vakuumröhrenkollektoren, welche an Hauswänden installiert werden und mit Wärmespeichern gekoppelt werden um einen höheren solare Deckungsgrad zu erreichen. Damit würden zusätzliche Potenzialflächen zur Nutzung von Solarstrahlung erschlossen werden. Um diese Flächen besteht zwar weiterhin eine Nutzungskonkurrenz mit PV-Anlagen, allerdings unterscheidet sich die Konkurrenzsituation von der Situation auf Dachflächen.

Für die Trocknung von Holzhackschnitzeln werden bis zu 25% des Energieinhaltes der Hackschnitzel aufgewandt. Würde die Trocknungswärme nicht über Biomasseverbrennung sondern Solarluftkollektoren bereitgestellt werden, könnte der Anteil an nutzbaren Hackschnitzeln gesteigert werden.

Im Modell wurde das Nutzungspotenzial der GBR begrenzt, zudem konnten alle anfallenden Reststoffe nur in Biogasanlagen verwertet werden. Eine Erhöhung des Potenzials und die Nutzung des Presskuchens als Grundfutter für die Rinderzucht, könnte den Gesamtgewinn weiter erhöhen.

5.6 Anwendung des Modells

Mit diesem Modell konnten grundlegende Zusammenhänge in der Projektregion aufgezeigt werden, wovon einige nicht den Erwartungen entsprachen. So wurde beispielsweise gezeigt, dass hohe Fördermittel zur Erzeugung von Strom nicht per se zu einer Reduktion des Verbrauchs fossiler Rohstoffe führen. Für einen Umweltschutz, der immer mit Investitionskosten verbunden ist, sind solche Erkenntnisse elementar. Keine Region besitzt unlimitierte finanzielle Mittel und muss die vorhandenen Mittel möglichst gezielt einsetzen um den größten Effekt zu erzielen. Die gleichen Zwänge gelten für die wirtschaftliche Entwicklung einer Region, da eine Änderung des Status quo auch hier mit einer Anfangsinvestition verbunden ist.

Das hier vorgestellte Modell kann als Werkzeug verstanden werden, welches den Prozess der Entscheidungsfindung in der Projektregion mit konkreten Zahlen und frei von Ideologie unterstützt.

²⁸ Die Strohentnahmequote wird an keiner Stelle im Modell variiert, aus anderen Projekten ist jedoch bekannt, dass über die Menge an verwendbaren Strohs bei allen Beteiligten Uneinigkeit herrscht.

Bisher wurden allerdings nur Szenarien untersucht bei denen einzelne Parameter geändert wurden, um prinzipielle Zusammenhänge aufzudecken. Um reale Bedingungen abzubilden ist es jedoch sinnvoll Szenarien zu definieren, in denen mehrere Parameter gleichzeitig geändert werden. Von großem Interesse sind dabei regionale Gegebenheiten, wie z.B. maximale Investitionssummen, Importmenge einzelner Güter und Nutzungsbeschränkungen der Flächen.

Abkürzungsverzeichnis

B

BHKW · *Blockheizkraftwerk*

Bioprimärenergieproduktion · *Die Menge an Energie aus Biomasse die in einer Region nachhaltig produziert werden kann, Primärenergieträger sind Biogas, Holzpellets, Scheitholz und Strohpellets*

C

CHP · *Combined heat and power*

E

EEG · *Erneuerbare Energien Gesetz, Erneuerbare Energien Gesetz*

EEG00 · *Szenario Reduktion der EEG Subvention um 100%*

EEG-50 · *Szenario Reduktion der EEG Subvention um 50%*

Einstreu-autark · *Szenario in dem kein Einstreu zugekauft werden darf*

Energie +20% · *Szenario Steigerung aller Energiepreise um 20%*

Energie -20% · *Szenario Senkung aller Energiepreis um 20%*

G

GT · *Gasturbine*

K

K₂O · *Kali-Dünger*

Kraftfutter-autark · *Szenario in dem kein Kraftfutter zugekauft werden darf*

KWK · *Kraft-Wärme-Kopplung*

kW_{Peak} · *Kilowatt_Peakleistung*

M

MWh · *Megawattstunden*

N

N · *Stickstoff-Dünger*

Nm³ · *Normkubikmeter*

O

ORC · *Organic Rankine cycle*

P

P_2O_5 · *Phosphat-Dünger*

PNS · *Prozess-Netzwerk-Synthese*

PV · *Photovoltaik*

V

Vieh-70

Szenario was den maximalen Viehbestand auf 70% des Anfangswertes senkt · 46

6 Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1-1 Schematische Darstellung eines P-Graphs | 3 |
| Abbildung 1-2 Kommunen in der Projektregion (3)..... | 5 |
| Abbildung 1-3 Topographische Karte von Nordrhein-Westfalen mit den Grenzen des OBKs und RBKs (6) | 7 |
| Abbildung 1-4 Flächennutzung in NRW (7)..... | 8 |
| Abbildung 1-5 mittlerer Jahresniederschlag in Deutschland (8)..... | 9 |
| Abbildung 1-6 Karte der Globalstrahlung in Deutschland (9)..... | 10 |
| Abbildung 1-7 schematische Darstellung der Prozesse und Flüsse | 13 |
| Abbildung 1-8 Transportmodell..... | 14 |
| Abbildung 1-9 Grundstruktur multiperiodischer Prozesse innerhalb der Superstructure | 20 |
| Abbildung 2-1: Normierung der Stoffströme für Biogasanlagen | 34 |
| Abbildung 2-2: Schema der PNS-internen Skala | 36 |
| Abbildung 3-1 Darstellung der Technologiestruktur des Basisszenarios..... | 40 |
| Abbildung 4-1 Wärmeerzeugung für Haushalte | 58 |
| Abbildung 4-2 Wärmeerzeugung für Industrie | 59 |
| Abbildung 4-3 Erzeugung von Fernwärme..... | 60 |
| Abbildung 4-4 Bilanzierung fossiler Energieträger | 61 |
| Abbildung 4-5 Wärmebilanz in Abhängigkeit des Viehbestands | 63 |
| Abbildung 4-6 Gewinn in Abhängigkeit des Viehbestandes | 64 |
| Abbildung 4-7 Bioprimärenergieproduktion und Umwandlung in Abhängigkeit der EEG Subventionen | 66 |
| Abbildung 4-8 Veränderung des Gewinns in Abhängigkeit der EEG Subventionen | 67 |
| Abbildung 4-9 Verbrauch fossiler Energieträger in Abhängigkeit der EEG Subvention..... | 68 |
| Abbildung 4-10 Nutzung Solarenergie in Abhängigkeit der EEG Subventionen | 69 |
| Abbildung 4-11 Nutzung des Ackerlandes in Abhängigkeit des Kraftfutterpreises..... | 71 |
| Abbildung 4-12 Eigenproduktion Kraftfutter und Heizwärme in Abhängigkeit des Kraftfutterpreises..... | 72 |
| Abbildung 5-1 Wärme Gesamtbilanz | 76 |

7 Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1-1 Flächennutzung in der Projektregion (4) (5) | 6 |
| Tabelle 1-2 Auflistung des Energieverbrauchs nach Energieträger (12), (13) | 11 |
| Tabelle 1-3 Spezifische Transportkosten | 13 |
| Tabelle 1-4 Übersicht über die mögliche Wärmeversorgung in den Kategorien | 16 |
| Tabelle 1-5 Höhe des Viehbestands..... | 17 |
| Tabelle 1-6 Aufteilung der Perioden..... | 19 |
| Tabelle 1-7 Auflistung der landwirtschaftlichen Prozesse inklusive Bedarf und Ertrag pro Hektar und Jahr | 20 |
| Tabelle 1-8 PNS-Prozesse im Bereich Viehzucht..... | 22 |
| Tabelle 1-9 Wirtschaftsdünger mit Nährstoffgehalt (18) (19) | 23 |
| Tabelle 1-10 Nährstoffgehalt in Biogassgülle | 24 |
| Tabelle 1-11 Spezifikation Biogassubstrat (20)..... | 24 |
| Tabelle 1-12 Biogastechnologien..... | 25 |
| Tabelle 1-13 Biomasseverbrennung Übersicht..... | 25 |
| Tabelle 1-14 Übersicht Treibstofftechnologien | 26 |
| Tabelle 1-15 Annahmen über Potenzial für Solarthermiegroßanlagen | 27 |
| Tabelle 1-16 Übersicht Heizungsanlagen..... | 28 |
| Tabelle 1-17: Eckpunkte des Basisszenarios | 30 |
| Tabelle 3-1 Vergleich der Regionen anhand einzelner Kenngrößen | 38 |
| Tabelle 3-2 Nährstoffbilanz..... | 41 |
| Tabelle 3-3 Zusammensetzung der Substrate für Biogasanlagen..... | 42 |
| Tabelle 3-4 Bereitstellung der Heizwärme / Alle Angaben in MWh | 43 |
| Tabelle 3-5 Mittlere Wärmegestehungskosten abhängig des Energieträgers / Alle Angaben in €/MWh | 44 |
| Tabelle 3-6 Bilanz der verwendeten Energieträger | 44 |
| Tabelle 3-7 Gegenüberstellung einzelner Ergebnisse und Übersicht über wirtschaftliche Technologien in den Szenarien..... | 46 |
| Tabelle 3-8 Kosten für Energieerzeugung in verschiedenen Szenarien..... | 50 |
| Tabelle 3-9 Gewinn pro Hektar einzelner Wertschöpfungsketten | 51 |
| Tabelle 3-10 Einsparungen Systemgewinn einzelner Technologien..... | 52 |
| Tabelle 3-11 Gegenüberstellung der Gestehungskosten und internen Preise 1 | 53 |
| Tabelle 3-12 Gegenüberstellung der Gestehungskosten und internen Preise 2 | 54 |
| Tabelle 3-13 Heizwärme, Anteil der Energieträger..... | 54 |
| Tabelle 3-14 Bereitstellung von Fernwärme..... | 55 |
| Tabelle 3-15 Wärmegestehungskosten für solare Wärme | 55 |
| Tabelle 3-16 Systemgewinn pro m ² im Basisszenario | 56 |
| Tabelle 4-1 Berechnungsgrundlagen | 61 |
| Tabelle 4-2 Korrespondierendes Energieerzeugungspotenzial der Milch- und Mutterkuhhaltung..... | 62 |
| Tabelle 4-3 Einfluss des Kraftfutterpreises auf die Technologiestruktur..... | 70 |

8 Literaturverzeichnis

1. **FRIEDLER, F., VARGA, J.B., FAN, L.T.** Decision-mapping: a tool for consistent and complete decisions in process synthesis. *Chemical Engineering Science*. 1995, Vol. 50, S. 1755-1768.
2. **PNSStudio**. [Online] 2011. Download. <http://www.p-graph.com/pnsstudio/index.html>.
3. **Achenbach, Diana**. *Biomassereststoffkataster Bergisches Land*. [Hrsg.] Bergischer Abfallwirtschaftsverband. 10. 10 2011.
4. **Statistik, Information und Technik Nordrhein-Westfalen Geschäftsbereich**. *Kommunalprofil Oberbergischer Kreis*. 2014.
5. *Vermessungs- und Katasteramt RBK*. 2010.
6. [Online] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/North_Rhine-Westphalia_topographic_map_02.jpg.
7. Wiki NRW. [Online] 22. April 2015.
http://de.wikipedia.org/wiki/Urbanisierung#/media/File:North_rhine_w_land_usage.svg.
8. Deutscher Klimaatlas. [Online] [Zitat vom: 20. April 2015.]
http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=P28800190621308654463391.
9. DWD. [Online]
http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_gutachten&T15805338371147076754824gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimagutachten%2FSolarenergie%2FGlobalstr__Karten__frei__tar ge.
10. **Krouma, Lamia**. persönliche Auskunft Fr. Lamia Krouma, Rheinische NETZGesellschaft mbH. 1. Januar 2015.
11. **Sternstein, Jan**. Persönliche Auskunft von Hr. Jan Sternstein, Aggerenergie. 8. Januar 2015.
12. *Energierregion Oberberg, Statusbericht*. 2012.
13. persönliche Auskunft Fr Judith Günther; Rheinisch-Bergischer Kreis Standortentwicklung und regionale Projekte. November 2014.
14. **Kappler, Gunnar**. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg . *Systemanalytische Untersuchung zum Aufkommen und zur Bereitstellung von energetisch nutzbarem Reststroh und Waldrestholz in Baden-Württemberg* . 2007. S. 61.
15. *Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, 2. Auflage*. s.l. : Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW),, 2008.
16. **Münster, Wald-Zentrum an der Uni**. *Potenzialstudie Holzcluster Bergisches Land*. s.l. : Internationales Institut für Wald und Holz, 2011.

17. **Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW),**
18. **Rühlmann, Oswald.** Wirtschaftsdünger, effektiv und umweltschonend lagern und einsetzen. *LUFA Sachsen-Anhalt*. 15. Mai 2000.
19. **LFL Bayern.** *Basisdaten für die Ermittlung des Düngedarfs*. s.l. : Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2013.
20. Arbeitsgruppeninterne Quelle, Substraterträge_Tobias.xlsx.
21. **Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.** Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 1 Windenergie,.
22. **ISE, Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme.** *Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien,*. November 2013.
23. **Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.** *Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 2 Solarenergie.*
24. telefonische Auskunft Hr. Sven Kersten, Energieagentur NRW 3.12.2014 .
25. Solarpotenzialkataster für den Obergischen Kreis und Rheinisch-Bergischen Kreis, zur Verfügung gestellt von Hr. Malte Fichtner Tetraeder.Solar GmbH.
26. berechnet aus Daten vom Zensus 2011, Statistisches Bundesamt.
27. **Abfallwirtschaftsverband, Bergischer.** Geschäftsbericht und Jahresband 2013.
28. Persönliche Auskunft Hr. Jörg Niederhöfer, Landwirtschaftskammer NRW, 09.10.2015 .
29. FAZ. [Online] 25. Februar 2015. <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/16-prozent-ab-1-juli-kuerzung-der-solar-subventionen-steht-1937301.html>.
30. <http://www.p-graph.com/pnsstudio/index.html>. [Online]

9 Anhang

9.1 Berechnungen

Exemplarische Rechnung:

Eine Milchkuh wird ausschließlich mit Grassilage und Weizenkörnern gefüttert.

$$\text{Ackerland: } \frac{1750 \text{ kg}}{5160 \text{ kg/ha}} \cdot 54,45 \frac{\text{MWh}}{\text{ha}} = 18,47 \text{ MWh}$$

$$\text{Dauergrünland: } \frac{4375 \text{ kg}}{6400 \text{ kg/ha}} \cdot 18,3 \frac{\text{MWh}}{\text{ha}} \cdot (100\% - 52\%) = 6,00 \text{ MWh}$$

$$\text{Strohproduktion: } 1750 \text{ kg} \cdot \frac{3870 \text{ kg} \cdot 70\%}{5160 \text{ kg}} \cdot 4,5 \frac{\text{MWh}}{\text{t}} = 4,13 \text{ MWh}$$

$$\text{Biogas: } 14,125 \text{ t} \cdot 13,09 \frac{\text{Nm}^3}{\text{t}} \cdot 0,01 \frac{\text{MWh}}{\text{Nm}^3} \cdot (100\% - 52\%) = 0,89 \text{ MWh}$$

$$\text{Bilanz: } 18,47 \text{ MWh} + 6,00 \text{ MWh} - 4,13 \text{ MWh} - 0,89 \text{ MWh} = 19,45 \text{ MWh}$$

9.2 In der Superstructure enthaltene Strukturen

| Prozesseinheit | Größe; Kapazität | Einheit | Input | Output | Investkosten € | Lebensdauer | Kommentar | Quelle |
|-------------------------|---------------------|---------|---|---|-------------------|-------------|---|--|
| A_field_sugar_beet | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 162 kg P2O5_fertilizer 62 kg K2O_fertilizer 20 kg op_cost 1440 € | A_sugar_beet 15 t | | | 17% Zucker; 76% Wassergehalt; Industrierübe Feuchtgebiet; 62,5t FS/ha | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 117 Op_cost ohne Dünger |
| A_field_wheat_whole | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 105 kg P2O5_fertilizer 40 kg K2O_fertilizer 34 kg op_cost 443 € | A_wheat_grains_wet 5,2 t A_wheat_straw_wet 3,87 t | | | | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 88 Op_cost ohne Dünger |
| A_field_barley_whole | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 85 kg P2O5_fertilizer 32 kg K2O_fertilizer 37 kg op_cost 354 € | A_barley_grains_wet 4,47 t A_barley_straw_wet 2,91 t | | | | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 91 Op_cost ohne Dünger |
| A_field_rapeseed_whole | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 148 kg P2O5_fertilizer 63 kg K2O_fertilizer 49 kg op_cost 527 € | A_rapeseed_grains_wet 3,4 t A_rapeseed_straw_wet 4,42 t | | | | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 106 Op_cost ohne Dünger |
| A_field_sunflower_whole | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 33 kg P2O5_fertilizer 45 kg K2O_fertilizer 42 kg op_cost 558 € | A_sunflower_straw_wet 5,4 t A_sunflower_grains_wet 2,4 t | | | | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 108 Op_cost ohne Dünger |
| A_field_miscanthus | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 30 kg op_cost 337 € | BM_miscanthus 12 t | | | Ertragsleistung Standard 12,1t TM; 17,5t FM; Miscanthus wird schon beim Ernten automatisch gehäckselt | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 307 Op_cost ohne Dünger |
| A_field_shortrotation | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 56 kg op_cost 388 € | A_shortrotation 10 t | | | Ertragsleistung Standard 10t TM; 60t FM in 3 Jahren bei 50% Wasser | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 308 Op_cost ohne Dünger |
| A_field_corn_whole | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 149 kg | A_corn_grains_wet 8 t A_corn_cobs_wet 0,94 t | | | Nassmais 12,5t FM 26% Wasser; | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 130 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|--|---|---|--|--|---|--|
| | | | P2O5_fertilizer 56 kg K2O_fertilizer 50 kg op_cost 591 € | A_corn_straw_wet 2,66 t | | | Trockenmais 8t TM; | Op_cost ohne Dünger |
| A_field_corn_silage | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 192 kg P2O5_fertilizer 80 kg K2O_fertilizer 194 kg op_cost 753 € | A_corn_silage_TM 13 t | | | Grünmasse: 48,16t (30% TM). 13% Silierverlust; Silage (30% TM) 41,9t Silagetrockenmasse. 12,57t | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 133 Op_cost ohne Dünger |
| A_field_grass_silage | | | greenland_field 1 ha N_fertilizer 123 kg P2O5_fertilizer 76 kg K2O_fertilizer 201 kg op_cost 233 € | A_grass_silage_TM 6,4 t | | | Grünmasse: 35,6t (22,5% TM) . 4% Silierverlust; Silage (35% TM) 18,31t Silagetrockenmasse. 6,408t | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 150 Op_cost ohne Dünger |
| A_field_grass_fodder | | | greenland_field 1 ha N_fertilizer 123 kg P2O5_fertilizer 76 kg K2O_fertilizer 201 kg op_cost 201 € | A_grass_fodder_TM 8 t | | | TM:8t Grünmasse: 35,6t (22,5%TM) | |
| A_field_oat | | | agricultural_field 1 ha N_fertilizer 75 kg P2O5_fertilizer 24 kg K2O_fertilizer 27 kg op_cost 377 € | A_oat_grains 3,5 t A_oat_straw 3,5 t | | | | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2_Auflage.pdf Seite 99 Op_cost ohne Dünger |
| A_agro_wood_forestry | | | agro_foresty_area 1 ha op_cost 68 € | A_softwood 2,37 t | | | Nachhaltig mobilisierbares Holzpotenzial | |
| A_gathering_sunflower_straw | | | A_sunflower_straw_wet 1 t op_cost 34 € | A_gathered_straw_different_origin_wet 0,7 t | | | Es wurde von einer Strohentnahme quote von 70% ausgegangen | |
| A_gathering_corn_straw | | | A_corn_straw 1 t op_cost 34 € | A_gathered_straw_different_origin_wet 0,7 t | | | | |
| A_gathering_corn_cobs | | | A_corn_cobs_wet 1 t op_cost 90 € | A_gathered_corn_cobs_wet 0,7 t | | | | |
| A_gathering_corn_grains | | | A_corn_grains_wet 1 t op_cost 104 € | A_gathered_corn_grains 1 t | | | | |
| A_gathering_wheat_straw | | | A_wheat_straw_wet 1 t op_cost 34 € | BM_dried_straw 0,7 t | | | | |
| A_gathering_oat_straw | | | A_oat_straw 1 t op_cost 34 € | BM_dried_straw 0,7 t | | | | |
| A_gathering_barley_straw | | | A_barley_straw_wet 1 t op_cost 34 € | BM_dried_straw 0,7 t | | | | |
| A_gathering_rapeseed_straw | | | A_rapeseed_straw_wet 1 t op_cost 34 € | BM_dried_straw 0,7 t | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------------------|-------|----|---|---------------------------|-----------|----|--|---------------------------------|
| A_Drying_corn_grains | 650 | kW | A_gathered_corn_grains 10888 t process_heat_mt 4225 MWh electricity_industry 120 MWh inv_cost 11020 € op_cost 2000 € | A_corn_grains_dry 10888 t | | | Von einem Wassergehalt von 30% auf 40% | Entnommen aus Greenheart Styria |
| A_Drying_corn_grains | 3250 | kW | A_gathered_corn_grains 54440 t process_heat_mt 21125 MWh electricity_industry 601 MWh inv_cost 46909 € op_cost 9382 € | A_corn_grains_dry 54440 t | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| A_Drying_straw | 9200 | t | A_gathered_straw_different_origin_dry 9200 t electricity_industry 150 MWh inv_cost 18300 € op_cost 18286 € | BM_dried_straw 9200 t | | | Sonnenblumen- und Maistrohrocknung von 25 auf 10% Wassergehalt | Entnommen aus Greenheart Styria |
| A_Drying_straw | 27600 | t | A_gathered_straw_different_origin_dry 27600 t electricity_industry 450 MWh inv_cost 39485 € op_cost 16979 € | BM_dried_straw 27600 t | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| A_Drying_straw | 92000 | t | A_gathered_straw_different_origin_dry 92000 t electricity_industry 1500 MWh inv_cost 91717 € op_cost 39438 € | BM_dried_straw 92000 t | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| A_Drying_corn_cobs | 650 | kW | inv_cost 11020 € op_cost 2000 € A_gathered_corn_cobs_wet 3457 t process_heat 4225 MWh electricity_industry 120 MWh | A_corn_cobs_w15 3457 t | 110.200 | 10 | Maisspindelrocknung von Wassergehalt 50% auf 15% | Entnommen aus Greenheart Styria |
| A_Drying_corn_cobs | 3250 | kW | inv_cost 46909 € op_cost 9382 € A_gathered_corn_cobs_wet 17287 t process_heat 21125 MWh electricity_industry 601 MWh | A_corn_cobs_w15 17287 t | 469.088 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| A_Pelletizing_Straw | 9200 | t | inv_cost 165500 € op_cost 70825 € BM_dried_straw 9200 t electricity_industry 2300 MWh transport_costs 43536 € | BM_pellets_straw 9200 t | 1.655.000 | 10 | op_cost:1,5% Inv=Verwaltung, Versicherung; Wartung= 5€/t 250kWh el/t (Stroh-)Pellets - lt. TechnologieDB (Komprimierung) | Entnommen aus Greenheart Styria |
| A_Pelletizing_Straw | 27600 | t | inv_cost 357100 € | BM_pellets_straw 27600 t | 3.571.000 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|---|--|--|-----------|----|---|--|
| | | | op_cost 153553 € BM_dried_straw 27600 t electricity_industry 6900 MWh transport_costs 224602 € | | | | | |
| A_Pelletizing_Straw | 92000 | t | inv_cost 829460 € op_cost 356668 € BM_dried_straw 92000 t electricity_industry 23000 MWh transport_costs 1366883 € | BM_pellets_straw 92000 t | 8.294.600 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| VIEH_cow_milk_production | | | VIEH_fodder 4,38 t VIEH_concentrated_feed 1750 kg op_cost 422 € VIEH_calf 0,29 unit 0 0 | VIEH_calf_65kg_male 0,42 unit VIEH_calf_95kg_female 0,42 unit VIEH_cow_manure_field 4,73 t VIEH_cow_manure_shed 14 t VIEH_cow_milk 7000 kg V_old_cow_milk 0,29 unit | | | Nutzungsdauer 3,5 Jahre; Abkalbequote 0,9 mit 7% Verlust Güllenutzungsgrad 75% männliche Kälber werden verkauft, Weibliche aufgezogen | Deckungsbeitraege_und_Daten _2008_2_auflage.pdf Seite 172 |
| VIEH_suckler_cow_husbandry | | | VIEH_fodder 5,5 t VIEH_concentrated_feed 85 kg op_cost 180 € VIEH_calf 0,2 unit 0 0 | VIEH_calf_270kg_female 0,42 unit VIEH_calf_300kg_male 0,42 unit VIEH_cow_manure_field 7,6 t VIEH_cow_manure_shed 7,6 t V_old_suckler_cow 0,2 unit | | | Nutzungsdauer 5 Jahre; Güllenutzungsgrad 50% | |
| VIEH_conv_calf_95kg_raising | | | VIEH_calf_95kg_female 0,43 unit VIEH_cow_milk 65 kg VIEH_concentrated_feed 20 kg op_cost 34 € | VIEH_cow_manure_shed 5,4 t VIEH_cow_manure_field 5,4 t VIEH_calf 0,43 unit | | | Aufzuchtdauer 28Monate | |
| VIEH_conv_calf_270kg_raising | | | VIEH_calf_270kg_female 0,7 unit VIEH_cow_milk 65 kg VIEH_concentrated_feed 20 kg op_cost 34 € | VIEH_cow_manure_shed 5,4 t VIEH_cow_manure_field 5,4 t VIEH_calf 0,7 unit | | | Aufzuchtdauer 18Monate | |
| VIEH_cow_manure_field_to_fertilizer | | | VIEH_cow_manure_field 1 t 0 0 | N_VIEH_fertilizer_field 1,35 kg P2O5_VIEH_fertilizer_field 2 kg K2O_VIEH_fertilizer_field 5 kg | | | | |
| VIEH_cow_manure_shed_to_fertilizer | | | manure_application 3,08 € VIEH_cow_manure_shed 1 t 0 | N_fertilizer 1,89 kg P2O5_fertilizer 2 kg K2O_fertilizer 5 kg | | | | |
| VIEH_cow_dung_to_fertilizer | | | manure_application 3,35 € VIEH_cow_dung 1 t 0 | N_fertilizer 1,75 kg P2O5_fertilizer 2,7 kg K2O_fertilizer 10 kg | | | | |
| VIEH_cow_manure_shed_to_biogas | | | VIEH_cow_manure_shed 1 t 0 0 0 | N_fertilizer_biogas 3,08 kg B_biogas_input_CH4 13 m³ B_manure_biogas 0,97 t P2O5_fertilizer_biogas 2 kg | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|---|------------------------|------------|--|--|---|--|
| | | | 0 | K2O_fertilizer_biogas | 5 kg | | | | |
| VIEH_cow_dung_to_biogas | | | VIEH_cow_dung 1 t | N_fertilizer_biogas | 5,5 kg | | | | |
| | | | 0 | B_biogas_input_CH4 | 50 m³ | | | | |
| | | | 0 | B_manure_biogas | 0,9 t | | | | |
| | | | 0 | P2O5_fertilizer_biogas | 2,7 kg | | | | |
| | | | 0 | K2O_fertilizer_biogas | 10 kg | | | | |
| VIEH_cow_manure_shed_to_dung | | | VIEH_cow_manure_shed 1 t | VIEH_cow_dung | 1,03 t | | | | |
| | | | VIEH_litter 0,21 t | | | | | | |
| VIEH_piglet_production | | | VIEH_fattening_pig 0,4 unit | VIEH_piglet | 16 unit | | | Nutzungsdauer einer Zuchtsau liegt bei 2,5 Jahren. | |
| | | | VIEH_concentrated_feed 1650 kg | V_old_sow | 0,4 unit | | | Sau und Ferkelfutter zusammen (1010kg+640kg) | |
| | | | op_cost 203 € | VIEH_manure_pig | 4,4 t | | | op_costs: Kosten für Desinfektion + Deckgeld + Energie + Verlustausgleich + sonstiges | |
| VIEH_fattening_pig_production | | | VIEH_piglet 1 unit | VIEH_fattening_pig | 1 unit | | | Ein Mastschwein wird nur 6 Monate genutzt daher fallen nur 0,5 im Bestand an. | Deckungsbeitraege_und_Daten_2008_auflage 2 Seite 203 |
| | | | VIEH_concentrated_feed 255 kg | VIEH_manure_pig | 0,9 t | | | 86kg Aufmast (31-118kg) | |
| | | | op_cost 10 € | | | | | | |
| VIEH_pig_manure_to_dung | | | VIEH_manure_pig 1 t | VIEH_dung_pig | 1,1 t | | | | |
| | | | VIEH_litter 0,24 t | | | | | | |
| VIEH_pig_manure_to_fertilizer | | | VIEH_manure_pig 1 t | N_fertilizer | 1,96 kg | | | | |
| | | | manure_application 3,08 € | P2O5_fertilizer | 3,75 kg | | | | |
| | | | 0 | K2O_fertilizer | 3,75 kg | | | | |
| VIEH_pig_dung_to_fertilizer | | | VIEH_dung_pig 1 t | N_fertilizer | 2,2 kg | | | | |
| | | | manure_application 3,35 € | P2O5_fertilizer | 6,5 kg | | | | |
| | | | 0 | K2O_fertilizer | 6,5 kg | | | | |
| VIEH_pig_manure_to_biogas | | | VIEH_manure_pig 1 t | B_biogas_input_CH4 | 18 m³ | | | | |
| | | | 0 | N_fertilizer_biogas | 3,21 kg | | | | |
| | | | 0 | B_manure_biogas | 0,97 t | | | | |
| | | | 0 | P2O5_fertilizer_biogas | 3,75 kg | | | | |
| | | | 0 | K2O_fertilizer_biogas | 3,75 kg | | | | |
| VIEH_pig_dung_to_biogas | | | VIEH_dung_pig 1 t | B_biogas_input_CH4 | 50 m³ | | | | |
| | | | 0 | N_fertilizer_biogas | 7 kg | | | | |
| | | | 0 | B_manure_biogas | 0,91 t | | | | |
| | | | 0 | P2O5_fertilizer_biogas | 6,5 kg | | | | |
| | | | 0 | K2O_fertilizer_biogas | 6,5 kg | | | | |
| Vieh_egg_production | | | VIEH_input_young_chicken_5000 0,88 unit | V_eggs_100 | 11300 unit | | | Input bezieht sich auf ein Jahr (56+3)/52 Wochen | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_auflage 2 Seite 217 |
| | | | VIEH_concentrated_feed 207 kg | V_old_chicken_4681 | 0,88 unit | | | Es tritt ein gesamtverlust von 8% der Tiere auf was anteilig im output berücksichtigt wurde | |
| | | | VIEH_litter 29 t | VIEH_chicken_dung | 128 t | | | | |
| | | | op_cost 5479 € | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----|-----|--|---|-----------|----|--|--|
| VIEH_chicken_dung_to_fertilizer | | | VIEH_chicken_dung 1 t manure_application 3,35 € 0 | N_fertilizer 3,14 kg P2O5_fertilizer 15 kg K2O_fertilizer 16 kg | | | | |
| VIEH_chicken_dung_to_biogas | | | VIEH_chicken_dung 1 t 0 0 0 0 | N_fertilizer_biogas 17 kg B_biogas_input_CH4 103 m³ B_manure_biogas 0,78 t P2O5_fertilizer_biogas 15 kg K2O_fertilizer_biogas 16 kg | | | | |
| VIEH_sheep_production | | | VIEH_concentrated_feed 163 kg VIEH_litter 0,49 t op_cost 108 € 0 0 0 | V_sheep_milk 380 kg V_sheep_wool 4 kg V_old_sheep 0,2 unit V_lamb 1,66 unit VIEH_sheep_dung 1,73 t VIEH_sheep_manure_field 0,81 t | | | Auf ein Mutterschaft kommen 1,66 Lämmer pro Jahr weshalb im Bestand 2,66 anfallen Milchleistung von 400kg wird angenommen op_cost ohne Kosten für Einstreu und ohne Futterkosten | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_auflage 2 Seite 188 |
| VIEH_sheep_dung_to_fertilizer | | | VIEH_sheep_dung 1 t manure_application 3,35 € 0 | N_fertilizer 4,58 kg P2O5_fertilizer 2,8 kg K2O_fertilizer 11 kg | | | | |
| VIEH_sheep_manure_field_to_fertilizer | | | VIEH_sheep_manure_field 1 t 0 0 | N_VIEH_fertilizer_field 3,24 kg P2O5_VIEH_fertilizer_field 1,43 kg K2O_VIEH_fertilizer_field 5,7 kg | | | | |
| VIEH_sheep_dung_to_biogas | | | VIEH_sheep_dung 1 t 0 0 0 0 | B_biogas_input_CH4 59 m³ N_fertilizer_biogas 15 kg B_manure_biogas 0,88 t P2O5_fertilizer_biogas 2,8 kg K2O_fertilizer_biogas 11 kg | | | | |
| VIEH_horse_care | | | VIEH_concentrated_feed 1188 kg VIEH_litter 1,75 t | VIEH_horse_dung 7,8 t | | | | Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_auflage 2 Seite 222 |
| VIEH_horse_dung_to_fertilizer | | | VIEH_horse_dung 1 t manure_application 3,35 € 0 | N_fertilizer 0,8 kg P2O5_fertilizer 3,6 kg K2O_fertilizer 11 kg | | | | |
| VIEH_horse_dung_to_biogas | | | VIEH_horse_dung 1 t 0 0 0 0 | B_biogas_input_CH4 37 m³ N_fertilizer_biogas 4,45 kg B_manure_biogas 0,92 t P2O5_fertilizer_biogas 3,6 kg K2O_fertilizer_biogas 11 kg | | | | |
| B_Biogas_cleaning | 500 | Nm³ | B_biogas_CH4 2500000 m³ electricity_industry 1000 MWh inv_cost 140750 € op_cost 34800 € | B_biomethane 2500000 m³ | 1.407.500 | 10 | Input 4000000 Nm³ = 2500000 B_biogas_CH4-m³ | Technologien und Kosten der Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz. Ergebnisse der Markterhebung 2007-2008 Entnommen aus Abwasserenergieprojekt |
| B_Biogas_cleaning | 250 | Nm³ | B_biogas_CH4 1250000 m³ | B_biomethane 1250000 m³ | 866.418 | 10 | Input 2000000 Nm³ = 1250000 B_biogas_CH4-m³ | |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----------------|--|---|---------|----|--|-------------------------------|
| | | | electricity_industry 500 MWh inv_cost 173284 € op_cost 43321 € | | | | | |
| B_Biogas_cleaning | 50 | Nm ³ | B_biogas_CH4 250000 m ³ electricity_industry 100 MWh inv_cost 228107 € op_cost 57027 € | B_biomethane 250000 m ³ | 456.215 | 10 | Input 800000 Nm ³ = 500000 B_biogas_CH4-m ³ | |
| B_Supply_Station | 50 | Nm ³ | B_biomethane 400000 m ³ GRID_pipeline_1km_inv 5 km inv_cost 12498 € op_cost 18747 € | B_biomethane_gasgrid 4000 MWh | 124.978 | 10 | supply station (=Einspeisestation), Brennwert Bio-Methan 10.6 - 13.1 kWh/Nm ³ (11 kWh/Nm ³ genommen) | Einspeisestudie.pdf Seite 140 |
| B_Supply_Station | 250 | Nm ³ | B_biomethane 2000000 m ³ GRID_pipeline_1km_inv 10 km inv_cost 16969 € op_cost 25454 € | B_biomethane_gasgrid 20000 MWh | 169.691 | 10 | maintenance = 5% of investment | Einspeisestudie.pdf |
| B_Supply_Station | 500 | Nm ³ | B_biomethane 4000000 m ³ GRID_pipeline_1km_inv 20 km inv_cost 21009 € op_cost 31514 € | B_biomethane_gasgrid 40000 MWh | 210.093 | 10 | other operating costs = 10% of investment | Einspeisestudie.pdf |
| B_corn_silage_to_biogas | | | A_corn_silage_TM 1 t 0 0 0 0 | B_biogas_input_CH4 293 m ³ N_fertilizer_biogas 2,45 kg B_manure_biogas 0,78 t P2O5_fertilizer_biogas 1,8 kg K2O_fertilizer_biogas 5,1 kg | | | | |
| B_glycerin_to_biogas | | | T_glycerin 1 t 0 0 0 0 | B_biogas_input_CH4 423 m ³ | | | | |
| B_grass_silage_to_biogas | | | A_grass_silage_TM 1 t 0 0 0 0 | B_biogas_input_CH4 286 m ³ N_fertilizer_biogas 5,3 kg B_manure_biogas 0,78 t P2O5_fertilizer_biogas 2,45 kg K2O_fertilizer_biogas 11 kg | | | | |
| B_press_cake_to_biogas | | | T_press_cake 1 t 0 0 0 | B_biogas_input_CH4 335 m ³ N_fertilizer_biogas 32 kg B_manure_biogas 0,46 t P2O5_fertilizer_biogas 28 kg | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------------------|-----|----------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------|----|---|---------------------------------|
| | | | 0 | K2O_fertilizer_biogas 17 kg | | | | |
| B_stillage_to_biogas | | | TE_stillage 1 t | B_biogas_input_CH4 325 m³ | | | | |
| | | | 0 | N_fertilizer_biogas 2,48 kg | | | | |
| | | | 0 | B_manure_biogas 0,96 t | | | | |
| | | | 0 | P2O5_fertilizer_biogas 1,76 kg | | | | |
| | | | 0 | K2O_fertilizer_biogas 1,14 kg | | | | |
| B_biowaste_to_biogas | | | biowaste 1 t | B_biogas_input_no_transport 61 m³ | | | | |
| | | | 0 | N_fertilizer_biogas 4,1 kg | | | | |
| | | | 0 | B_manure_biogas 0,89 t | | | | |
| | | | 0 | P2O5_fertilizer_biogas 4,1 kg | | | | |
| | | | 0 | K2O_fertilizer_biogas 1,9 kg | | | | |
| B_Biogas_boiler | 300 | kW | inv_cost 4000 € | process_heat_vapour 2400 MWh | 40.000 | 10 | Kosten incl. Wasseraufbereitung, Economiser, Kamin, | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | op_cost 1400 € | | | | | |
| | | | B_biogas_HW 2526 MWh | | | | | |
| | | | electricity_industry 32 MWh | | | | | |
| | | | 0 | | | | | |
| B_Biogas_boiler | 1 | MW | inv_cost 9293 € | process_heat_vapour 7992 MWh | 92.848 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | op_cost 3253 € | | | | | |
| | | | B_biogas_HW 8413 MWh | | | | | |
| | | | electricity_industry 107 MWh | | | | | |
| B_Biogas_boiler | 3 | MW | inv_cost 20050 € | process_heat_vapour 24000 MWh | 200.475 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | op_cost 7020 € | | | | | |
| | | | B_biogas_HW 25263 MWh | | | | | |
| | | | electricity_industry 320 MWh | | | | | |
| B_Biogas_burner | 300 | kW | inv_cost 1777 € | heat_biogas_burning 2400 MWh | 17.770 | 10 | ohne Brennwert-Technik | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | op_cost 888 € | | | | | |
| | | | B_biogas_HW 2609 MWh | | | | | |
| | | | electricity_industry 4,69 MWh | | | | | |
| B_Biogas_burner | 1 | MW | inv_cost 4130 € | heat_biogas_burning 7992 MWh | 41.248 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | op_cost 1447 € | | | | | |
| | | | B_biogas_HW 8687 MWh | | | | | |
| | | | electricity_industry 16 MWh | | | | | |
| B_Biogas_burner | 3 | MW | inv_cost 8910 € | heat_biogas_burning 24000 MWh | 89.061 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | op_cost 3120 € | | | | | |
| | | | B_biogas_HW 26087 MWh | | | | | |
| | | | electricity_industry 47 MWh | | | | | |
| B_Biogas_CHP | 45 | kW_el kW_th | inv_cost 9153 € | heat_biogas_CHP 420 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | op_cost 9951 € | electricity_biogas 360 MWh | | | | |
| | | | B_biogas_HW 1000 MWh | | | | | |
| B_Biogas_CHP | 150 | kW_el kW_th | inv_cost 16002 € | heat_biogas_CHP 1400 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | op_cost 18656 € | electricity_biogas 1200 MWh | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------------|--------------|----------------|--|---|-----------|----|--|---|
| B_Biogas_CHP | 300 | kW_el kW_th | B_biogas_HW 3333 MWh inv_cost 22072 € op_cost 26788 € B_biogas_HW 6316 MWh | heat_biogas_CHP 2652 MWh electricity_biogas 2400 MWh | 132.574 | 10 | attention: less efficiency than the bigger plant sizes! | Entnommen aus Greenheart Styria |
| B_Biogas_CHP | 1 | MW_el kW_th | inv_cost 38589 € op_cost 50221 € B_biogas_HW 19048 MWh | heat_biogas_CHP 8190 MWh electricity_biogas 8000 MWh | 385.885 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| B_Biogas_CHP | 3 | MW_el kW_th | inv_cost 64246 € op_cost 89114 € B_biogas_HW 57143 MWh | heat_biogas_CHP 24571 MWh electricity_biogas 24000 MWh | 642.455 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| B_Biogas_MGT | 27 68 | kW_el kW_th | inv_cost 6493 € op_cost 8053 € B_biogas_HW 1003 MWh electricity_industry 2,13 MWh | heat_biogas_GT 596 MWh electricity_biogas 237 MWh | 64.930 | 10 | | http://www.efa-leipzig.com/kraft-warme-kopplung/mikrogasturbinen/mikrogasturbine-iii/ |
| B_Biogas_MGT | 295 200 | kW-th kW-el | inv_cost 30897 € op_cost 21679 € B_biogas_HW 5353 MWh electricity_industry 9,3 MWh | heat_biogas_GT 2584 MWh electricity_biogas 1752 MWh | 308.973 | 10 | | |
| B_Biogas_GT | 1440 1000 | kW-th kW-el | inv_cost 95323 € op_cost 50212 € B_biogas_HW 26388 MWh electricity_industry 47 MWh | heat_biogas_GT 12614 MWh electricity_biogas 8760 MWh | 953.233 | 10 | die 1 MW Turbine besteht aus 5 200kW turbinen | |
| B_Fermentation | 22 80 | Nm³ kW_el | inv_cost 51893 € op_cost 11791 € B_biogas_input 173931 m³ electricity_industry 38 MWh process_heat 767 MWh manure_application 248 € | B_biogas_CH4 173931 m³ | 518.927 | 10 | Wärmebedarf und Kosten auf Anlage mit 100% Gülle input ausgelegt | ienergy 2_09_12_13_Fermenters, etc EingangsdatenFermenter A: 100% Gülle Entnommen aus Ienergy-Projekt |
| B_Fermentation | 45 160 | Nm³ kW_el | inv_cost 112619 € op_cost 20523 € B_biogas_input 357500 m³ electricity_industry 77 MWh process_heat 1576 MWh manure_application 731 € | B_biogas_CH4 357500 m³ | 1.126.189 | 10 | | |
| B_Fermentation | 60 250 | Nm³ kW_el | inv_cost 150563 € op_cost 34302 € B_biogas_input 497943 m³ electricity_industry 117 MWh process_heat 2195 MWh manure_application 1202 € | B_biogas_CH4 497943 m³ | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|--------------|---|---|-----------|----|---|---------------------------------|
| B_Fermentation | 240 1000 | Nm³ kW_el | inv_cost 397339 € op_cost 90524 € B_biogas_input 1991770 m³ electricity_industry 468 MWh process_heat 8781 MWh manure_application 9615 € | B_biogas_CH4 1991770 m³ | | | | |
| B_Fermentation | 600 2500 | Nm³ kW_el | inv_cost 857327 € op_cost 19532 € B_biogas_input_600m3 5975309 m³ electricity_industry 1404 MWh process_heat_mt 26344 MWh manure_application 49964 € | B_biogas_CH4 5975309 m³ | | | | |
| BM_Biomass_furnace | 300 | kW | inv_cost 23025 € op_cost 11972 € BM_biomass_furnace_input_HW 2727 MWh electricity_industry 104 MWh transport_costs 7084 € | heat_biomass_burning_mt 2400 MWh ash 45 t | 230.253 | 10 | für Halmgüter in Quaderballenc od. Rundballen | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Biomass_furnace | 1 | MW | inv_cost 50032 € op_cost 26013 € transport_costs 42471 € BM_biomass_furnace_input_HW 9000 MWh electricity_industry 343 MWh | heat_biomass_burning_mt 7920 MWh ash 147 t | 500.318 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Biomass_furnace | 3 | MW | inv_cost 115400 € op_cost 60000 € BM_biomass_furnace_input_HW 27273 MWh electricity_industry 1040 MWh transport_costs 224041 € | heat_biomass_burning_mt 24000 MWh ash 446 t | 1.154.000 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Chopper | 45 | m³ | inv_cost 7400 € op_cost 2000 € BM_chopper_input 30060 t diesel 84 t | H_woodchips_wet 30060 t | 74.000 | 10 | rho woodchips-atro=0,167t/SRm diesel: =11,8kWh/kg; ca. 25 l/h (Traktor ca. 100 KW) | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Chopper | 450 | m³ | inv_cost 37088 € op_cost 10014 € BM_chopper_input 300600 t diesel 840 t | H_woodchips_wet 300600 t | 370.879 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Gasification_woodchips | 250 | kW_el | inv_cost 135000 € op_cost 40500 € transport_costs 15035 € H_woodchips_w25_HW 7407 MWh | electricity_biomass 2000 MWh heat_gasification_mt 3440 MWh ash 21 t | 1.350.000 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-------|---|--|-----------|----|--|---------------------------------|
| BM_Gasification_woodchips | 1 | MW_el | electricity_industry 120 MWh inv_cost 356267 € op_cost 106880 € transport_costs 120289 € H_woodchips_w25_HW 29630 MWh electricity_industry 480 MWh | electricity_biomass 8000 MWh heat_gasification_mt 13760 MWh ash 83 t | 3.562.671 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Gasification_woodchips | 3 | MW_el | inv_cost 768707 € op_cost 230612 € transport_costs 308339 € H_woodchips_w25_HW 88889 MWh electricity_industry 1440 MWh BM_Gasification_woodchips_w25_3MW_el_mt 8760 unit | electricity_biomass 24000 MWh heat_gasification_mt 41280 MWh ash 249 t | 7.687.067 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_ORC_woodchips | | | inv_cost 231500 € op_cost 69450 € H_woodchips_w25_HW 33333 MWh electricity_industry 480 MWh transport_costs 143529 € | electricity_biomass 5000 MWh heat_woodchip_ORC_mt 21667 MWh ash 55 t | 2.315.000 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Straw_Burner | 300 | kW | inv_cost 7340 € op_cost 914 € electricity_industry 1,07 MWh BM_pellets_straw_HW 1932 MWh | process_heat_vapour 1800 MWh ash 46 t | 73.400 | 10 | Lt. RegiOpt-Datenbank 1Verbrennung Kosten gleich wie wood_furnace lt. Bespr. 27.2.2014 | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Straw_Burner | 1 | MW | inv_cost 16930 € op_cost 2109 € electricity_industry 3,52 MWh BM_pellets_straw_HW 6376 MWh | process_heat_vapour 5940 MWh ash 153 t | 0 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Straw_Burner | 3 | MW | inv_cost 36787 € op_cost 4582 € electricity_industry 11 MWh BM_pellets_straw_HW 19320 MWh | process_heat_vapour 18000 MWh ash 463 t | 0 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Gasification_straw_pellets | 250 | kW | inv_cost 135000 € op_cost 40500 € BM_pellets_straw_HW 7407 MWh electricity_industry 120 MWh | electricity_biomass 2000 MWh heat_gasification_mt 3440 MWh ash 71 t | 1.350.000 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Gasification_straw_pellets | 1 | MW | inv_cost 356267 € op_cost 106880 € BM_pellets_straw_HW 29630 MWh electricity_industry 480 MWh | electricity_biomass 8000 MWh heat_gasification_mt 13760 MWh ash 284 t | 3.562.671 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| BM_Gasification_straw_pellets | 3 | MW | inv_cost 768707 € op_cost 230612 € | electricity_biomass 24000 MWh heat_gasification_mt 41280 MWh | 7.687.067 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |

| | | | | | | | | |
|------------------------|------|----|---|-------------------------|---------|----|---|---------------------------------|
| | | | BM_pellets_straw_HW 88889 MWh electricity_industry 1440 MWh | ash 853 t | | | | |
| H_Drying_woodchips_w25 | 650 | kW | inv_cost 11020 € op_cost 2000 € H_woodchips_wet 4559 t process_heat 4225 MWh electricity_industry 120 MWh | H_woodchips_w25 4559 t | 110.200 | 10 | Containertrockner mit Warmluftgebläse, Trockengut transportfähig in 30 m³ Containern Trocknung von w50 (erntefrisch) auf w25% (lagerbeständig) spez. Wärmebedarf =1,39 kWh/kg Wasser verdampft; kontin. Verarbeitung vorausgesetzt! Modulbauweise --> Investitionskosten-Degressions-Faktor auf n=0,9 abgeändert | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Drying_woodchips_w25 | 3250 | kW | inv_cost 46909 € op_cost 9382 € H_woodchips_wet 22795 t process_heat 21125 MWh electricity_industry 601 MWh | H_woodchips_w25 22795 t | 469.088 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Storing_woodchips | 1000 | t | H_woodchips_wet 1000 t inv_cost 17006 € diesel 0,23 t | H_woodchips_w25 800 t | 510.180 | 30 | Trocknung von w50 auf w25 (wäre in ca. 3 Monaten möglich!) errechneter Energieverlust durch biolog. Abbau =12% 20% Trockenmasseverlust bei Lagerung Trocknungszyklus =12 Monate angenommen--> (Potential nicht ausgenutzt!!!) | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Drying_woodchips_w10 | 650 | kW | inv_cost 11020 € op_cost 2000 € H_woodchips_w25 13678 t process_heat 4225 MWh electricity_industry 120 MWh | H_woodchips_w10 13678 t | 110.200 | 10 | Containertrockner mit Warmluftgebläse, Trockengut transportfähig in 30 m³ Containern Modulbauweise --> Investitionskosten-Degressions-Faktor auf n=0,9 abgeändert Trocknungsvorgang von w25 auf w10 (nur für Pelletsproduktion notwendig) spez. Wärmebedarf =1,39 kWh/kg Wasser verdampft | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Drying_woodchips_w10 | 3250 | kW | inv_cost 46909 € op_cost 9382 € | H_woodchips_w10 68390 t | 469.088 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |

| | | | | | | | | |
|---------------------|-------|----|---|--|-----------|----|--|--|
| | | | H_woodchips_w25 68390 t process_heat 21125 MWh electricity_industry 601 MWh inv_cost 165500 € | | | | | |
| H_Pelletizing_wood | 9200 | t | op_cost 70825 € H_woodchips_w10 9200 t electricity_industry 920 MWh transport_costs 46069 € | H_pellets_wood 9200 t | 1.655.000 | 10 | op_cost:1,5% Inv=Verwaltung, Versicherung; Wartung= 5€/t | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Pelletizing_wood | 27600 | t | inv_cost 357100 € op_cost 152819 € H_woodchips_w10 27600 t electricity_industry 2760 MWh transport_costs 118091 € | H_pellets_wood 27600 t | 3.571.000 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Pelletizing_wood | 92000 | t | inv_cost 829460 € op_cost 354964 € H_woodchips_w10 92000 t electricity_industry 9200 MWh transport_costs 718682 € | H_pellets_wood 92000 t | 8.294.600 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Splitter_wood | | | H_splitter_input 45000 t electricity_industry 55 MWh inv_cost 1000 € op_cost 100 € | H_split_logs 45000 t | 10.000 | 10 | capacity=ca. 2 logs/min, 1stem=0,15 fm--> ca. 18fm/h, rho medium=500kg/fm | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Woodchips_furnace | 300 | kW | inv_cost 7340 € op_cost 914 € H_woodchips_w25_HW 1935 MWh electricity_industry 1,07 MWh transport_costs 2007 € | heat_biomass_burning_mt 1800 MWh ash 3,84 t | 73.400 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Woodchips_furnace | 1 | MW | inv_cost 16930 € op_cost 2109 € H_woodchips_w25_HW 6387 MWh electricity_industry 3,52 MWh transport_costs 12038 € | heat_biomass_burning_mt 5940 MWh ash 13 t | 169.300 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_Woodchips_furnace | 3 | MW | inv_cost 36787 € op_cost 4582 € H_woodchips_w25_HW 19355 MWh electricity_industry 11 MWh transport_costs 63506 € | heat_biomass_burning_mt 18000 MWh ash 38 t | 367.871 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| H_forestry | | | forestry_area 1 ha | H_raw_wood 0,88 t | | | Beinhaltet Kosten, die anfallen um 1t Holz | ökologisch mobilisierbares Potenzial. Gesamt potenzial raw_wood 1,58t_atro und brushwood 0,79t_atro |

| | | | | | | | | |
|--|------|-------|-------------------------------|--------------------------------------|---------|----|--|---------------------------------|
| | | | op_cost 68 € | H_brushwood 0,12 t | | | anzubauen - NICHT zu bergen | |
| H_splitting_wood_to_firewood_and_industrialwood_and_sawlogwood_and_lumberwaste | | | H_raw_wood 1 t | H_firewood_and_industrialwood 0,34 t | | | Beinhaltet Anteil an Brennholz aus 1t Gesamtholzbestand lt. Holzweig-Berechnungen.xlsx | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | inv_cost 0 € | H_lumberwaste 0,09 t | | | | |
| | | | op_cost 0 € | H_sawlogs 0,57 t | | | | |
| H_handling_gathering_lumberwaste | | | H_lumberwaste 1 t | H_gathered_lumberwaste_wet 1 t | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | op_cost 71 € | | | | | |
| H_wood_pellet_burner_30MWh_domestic | 10 | kW_th | inv_cost 975 € | heat_wood_pellets 88 MWh | 19.500 | 20 | Es wurden Durchschnittswerte mit Umsatzsteuer, installation usw verwendet. Referenz ist ein Haus mit 30MWh bedarf verwendet Strombedarf ist 1,5% der endenergie Effizienzgrad bezieht sich auf ganzes Haussystem. Also wärmeverlust in Rohrleitung etc | "heizkostenvergleich.pdf" |
| | | | op_cost 120 € | | | | | |
| | | | H_pellets_wood_HW 110 MWh | | | | | |
| | | | electricity_domestic 1,31 MWh | | | | | |
| H_wood_pellet_burner_30MWh_industry | 10 | kW_th | inv_cost 975 € | heat_wood_pellets 88 MWh | 19.500 | 20 | | |
| | | | op_cost 120 € | | | | | |
| | | | H_pellets_wood_HW 110 MWh | | | | | |
| | | | electricity_industry 1,31 MWh | | | | | |
| H_split_log_burner_30MWh_domestic | 10 | kW_th | inv_cost 725 € | heat_split_logs 88 MWh | 14.500 | 20 | | |
| | | | op_cost 120 € | | | | | |
| | | | H_split_logs_HW 110 MWh | | | | | |
| | | | electricity_domestic 1,31 MWh | | | | | |
| H_split_log_burner_30MWh_industry | 10 | kW_th | inv_cost 725 € | heat_split_logs 88 MWh | 14.500 | 20 | | |
| | | | op_cost 120 € | | | | | |
| | | | H_split_logs_HW 110 MWh | | | | | |
| | | | electricity_industry 1,31 MWh | | | | | |
| T_Biodiesel_plant | 450 | t | T_vegetable_oil 450 t | biodiesel 450 t | 321.000 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | methanol 45 t | T_glycerin 45 t | | | | |
| | | | electricity_industry 11 MWh | K3PO4 4,5 t | | | | |
| | | | process_heat 23 MWh | | | | | |
| | | | KOH 4,5 t | | | | | |
| | | | inv_cost 32100 € | | | | | |
| | | | op_cost 12840 € | | | | | |
| | | | transport_costs 934 € | | | | | |
| T_Biodiesel_plant | 1800 | t | T_vegetable_oil 1800 t | biodiesel 1800 t | 847.124 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| | | | methanol 180 t | T_glycerin 180 t | | | | |
| | | | electricity_industry 45 MWh | K3PO4 18 t | | | | |
| | | | process_heat 90 MWh | | | | | |
| | | | KOH 18 t | | | | | |
| | | | inv_cost 84712 € | | | | | |
| | | | op_cost 33885 € | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------------|-------|----|--|--|-----------|----|---|---------------------------------|
| T_Biodiesel_plant | 4500 | t | transport_costs 2460 € T_vegetable_oil 4500 t methanol 450 t electricity_industry 113 MWh process_heat 225 MWh KOH 45 t inv_cost 160881 € op_cost 64352 € transport_costs 9724 € | biodiesel 4500 t T_glycerin 450 t K3PO4 45 t | 1.608.811 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| T_Drying_oilseeds | 650 | kW | inv_cost 11020 € op_cost 2000 € T_oilseeds_wet 44086 t process_heat 4225 MWh electricity_industry 120 MWh | T_oilseeds_dry 44086 t | 110.200 | 10 | Containertrockner mit Warmluftgebläse, Trockengut transportfähig in 30 m³ Containern Modulbauweise --> Investitionskosten- Degressions-Faktor auf n= 0,9 abgeändert Trocknung von w14 auf w9% spez. Wärmebedarf =1,5 kWh/kg Wasser verdampft | Entnommen aus Greenheart Styria |
| T_Drying_oilseeds | 3250 | kW | inv_cost 46909 € op_cost 9382 € T_oilseeds_wet 220430 t process_heat_mt 21125 MWh electricity_industry 601 MWh | T_oilseeds_dry 220430 t | 469.088 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| T_Pressing_oilseeds | 474 | t | inv_cost 30600 € op_cost 24235 € T_oilseeds_dry 1440 t electricity_industry 67 MWh | T_vegetable_oil 474 unit T_press_cake 965 | 306.000 | 10 | alle Ölsaaten werden als gleich betrachtet | Entnommen aus Greenheart Styria |
| T_Pressing_oilseeds | 4740 | t | inv_cost 153363 € op_cost 121464 € T_oilseeds_dry 14400 t electricity_industry 670 MWh | T_vegetable_oil 4740 t T_press_cake 9650 t | 1.533.633 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| T_Pressing_oilseeds | 47400 | t | inv_cost 330907 € op_cost 262079 € T_oilseeds_dry 144000 t electricity_industry 6700 MWh | T_vegetable_oil 47400 t T_press_cake 96500 t | 3.309.073 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TE_Ethanol_corn | 10000 | t | A_corn_grains_dry 29244 t process_heat_vapour 22319 MWh electricity_industry 2680 MWh inv_cost 433000 € op_cost 721550 € | ethanol 10000 t TE_stillage 9120 t | 4.330.000 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |

| | | | | | | | | |
|-------------------------|--------|---|---|---|------------|----|--|---------------------------------|
| TE_Ethanol_corn | 30000 | t | transport_costs 183396 € A_corn_grains_dry 87731 t process_heat_vapour 66957 MWh electricity_industry 8034 MWh inv_cost 934271 € op_cost 1560232 € transport_costs 952935 € | ethanol 30000 t TE_stillage 27360 t | 9.342.708 | 10 | conversion of sugars to alcohol= 0,9 moisture corn grains=6,6% | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TE_Ethanol_corn | 100000 | t | A_corn_grains_dry 292435 t process_heat_vapour 223190 MWh electricity_industry 26796 MWh inv_cost 2170141 € op_cost 3624135 € transport_costs 5799329 € | ethanol 100000 t TE_stillage 91200 t | 21.701.407 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TE_Ethanol_sugarbeet | 10000 | t | A_sugar_beet 28704 t process_heat_vapour 17330 MWh electricity_industry 3260 MWh inv_cost 433000 € op_cost 721550 € transport_costs 120459 € | ethanol 10000 t TE_stillage 9120 t | 4.330.000 | 10 | 11,96 t sugarbeet/t Ethanol (Klima-Aktiv.at) moisture sugarbeet=76% | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TE_Ethanol_sugarbeet | 30000 | t | A_sugar_beet 86112 t process_heat_vapour 51990 MWh electricity_industry 9780 MWh inv_cost 934271 € op_cost 1560232 € transport_costs 625925 € | ethanol 30000 t TE_stillage 27360 t | 9.342.708 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TE_Ethanol_sugarbeet | 100000 | t | A_sugar_beet 287040 t process_heat_vapour 173300 MWh electricity_industry 32600 MWh inv_cost 2170141 € op_cost 3624135 € transport_costs 3809256 € | ethanol 100000 t TE_stillage 91200 t | 21.701.407 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TE_Ethanol_wheat_barley | 10000 | t | TE_ethanol_input_dry 32517 t process_heat_vapour 22319 MWh electricity_industry 2680 MWh inv_cost 433000 € op_cost 721550 € transport_costs 247636 € | ethanol 10000 t TE_stillage 9120 t | 4.330.000 | 10 | conversion of sugars to alcohol= 0,9 moisture wheat=8,6% | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TE_Ethanol_wheat_barley | 30000 | t | TE_ethanol_input_dry 97552 t process_heat_vapour 66957 MWh electricity_industry 8039 MWh inv_cost 934271 € | ethanol 30000 t TE_stillage 27360 t | 9.342.708 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------|----|---|---|------------|-----|---|---------------------------------|
| | | | op_cost 1560232 € transport_costs 1286772 € | | | | | |
| TE_Ethanol_wheat_barley | 100000 | t | TE_ethanol_input_dry 325174 t process_heat_vapour 223190 MWh electricity_industry 26796 MWh inv_cost 2170141 € op_cost 3624135 € transport_costs 7831068 € | ethanol 100000 t TE_stillage 91200 t | 21.701.407 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TE_Drying_ethanol_input_w14 | 650 | kW | inv_cost 11020 € op_cost 2000 € TE_ethanol_input_wet 24122 t process_heat 4225 MWh electricity_industry 120 MWh | TE_ethanol_input_dry 24122 t | 110.200 | 10 | Containertrockner mit Warmluftgebläse, Trockengut transportfähig in 30 m³ Containern Trocknung von w21 auf w14% Modulbauweise --> Investitionskosten-Degressions-Faktor auf n=0,9 abgeändert spez. Wärmebedarf =1,7 kWh/kg Wasser verdampft | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TE_Drying_ethanol_input_w14 | 3250 | kW | inv_cost 9382 € op_cost 1876 € TE_ethanol_input_wet 120610 t process_heat 21125 MWh electricity_industry 601 MWh | TE_ethanol_input_dry 120610 t | 469.088 | 10 | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TPyro_Pyrolysis_straw_to_slurry | 50 | MW | inv_cost 3232000 € op_cost 1350000 € electricity_industry 44625 MWh BM_pellets_straw_HW 375000 MWh B_biogas_HW 26250 MWh sand 1425 t | TPyro_slurry 337500 MWh heat_pyrolysis 23250 MWh | 32.320.000 | 10 | operating costs: with 1,84 Mio. EUR personal costs Hu pyrolysis-oil:17 MJ/kg bei w25 = 4,72MWh/t Hu coke+sand: 18,4 MJ/kg | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TPyro_Pyrolysis_straw_to_slurry | 150 | MW | inv_cost 6973587 € op_cost 2912854 € electricity_industry 133875 MWh BM_pellets_straw_HW 1125000 MWh B_biogas_HW 78750 MWh sand 4275 t | TPyro_slurry 1012500 MWh heat_pyrolysis 69750 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TPyro_Pyrolysis_straw_to_slurry | 400 | MW | inv_cost 13855888 € op_cost 5787577 € electricity_industry 357000 MWh BM_pellets_straw_HW 3000000 MWh B_biogas_HW 210000 MWh sand 11400 t | TPyro_slurry 2700000 MWh heat_pyrolysis 186000 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TPyro_Pyrolysis_wood_to_slurry | 50 | MW | inv_cost 3066000 € op_cost 862875 € electricity_industry 47250 MWh | TPyro_slurry 287625 MWh heat_pyrolysis 9375 MWh | 306.600 | ### | Anlagenwirkungsgrad = 75,7% operating costs: with 1,84 | Entnommen aus Greenheart Styria |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|----|--|--|-----------|----|---|--|
| | | | H_woodchips_w25_HW 375000 MWh sand 1010 t | | | | Mio. EUR personal costs Hu pyrolysis-oil:17 MJ/kg bei w25 = 4,72MWh/t Hu coke+sand: 18,4 MJ/kg | |
| TPyro_Pyrolysis_wood_to_slurry | 150 | MW | inv_cost 9198000 € op_cost 258863 € electricity_industry 141750 MWh H_woodchips_w25_HW 1125000 MWh sand 3029 t | TPyro_slurry 862875 MWh heat_pyrolysis 28125 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TPyro_Pyrolysis_wood_to_slurry | 400 | MW | inv_cost 34103466 € op_cost 959786 € electricity_industry 378000 MWh H_woodchips_w25_HW 3000000 MWh sand 8077 t | TPyro_slurry 2301000 MWh heat_pyrolysis 75000 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TPyro_Pyrolysis_straw_to_pyrolysisoil | 50 | MW | inv_cost 3232000 € op_cost 900000 € electricity_industry 44625 MWh BM_pellets_straw_HW 375000 MWh B_biogas_HW 26250 MWh sand 1425 t | pyrolysis_oil 225000 MWh coke_sand 111000 MWh heat_pyrolysis 23250 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TPyro_Pyrolysis_wood_to_pyrolysisoil | 50 | MW | inv_cost 3066000 € op_cost 841500 € electricity_industry 47250 MWh H_woodchips_w25_HW 375000 MWh sand 1010 t | pyrolysis_oil 280500 MWh coke_sand 58500 MWh heat_pyrolysis 9375 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TPyro_Fischer_Tropsch | 100000 | t | inv_cost 27023620 € op_cost 1351181 € TPyro_slurry 2706666 MWh | synfuel 1218000 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| TPyro_Fischer_Tropsch | 200000 | t | inv_cost 43900000 € op_cost 2195000 € TPyro_slurry 5413333 MWh | synfuel 2436000 MWh | | | | Entnommen aus Greenheart Styria |
| W_Windpower_station_3MW | | | inv_cost 257100 € op_cost 180810 € wind_potential_for_3MW 1 unit | electricity_wind_produced 7200 MWh | 5.142.000 | 20 | Siehe Berechnung im File "Berechnung zu Windanlagen" Nabenhöhe 135m | Kostensituation der Windenergie an Land in Deutschland |
| S_Photovoltaic_rooftop_good | 1 | kW | rooftop_good 8,6 m² inv_cost 60 € op_cost 35 € | electricity_solar_produced 1,01 MWh | 1.500 | 25 | inv_cost range 1300-1800€/kW. Here is taken 1500 Op_cost 35€/kW/a | "STROMGESTEHUNGSKOSTEN ERNEUERBARE ENERGIEEN STUDIE" ISE_Studie_Stromgestehungskosten _Erneuerbare Energien_final.pdf |
| S_Photovoltaic_rooftop_flat_good | 1 | kW | inv_cost 60 € op_cost 35 € rooftop_flat_good 25 m² | electricity_solar_produced 1,01 MWh | 1.500 | 25 | | |

| | | | | | | | | |
|---|-----------|-------------|--|-------------------------------------|--------|----|---|---|
| S_Photovoltaic_rooftop_limited_suitable | 1 | kW | inv_cost 60 € op_cost 35 € rooftop_limited_suitable 13 m² | electricity_solar_produced 1,01 MWh | 1.500 | 25 | | |
| S_Photovoltaic_rooftop_flat_limited_suitable | 1 | kW | inv_cost 60 € op_cost 35 € rooftop_flat_limited_suitable 40 m² | electricity_solar_produced 1,01 MWh | 1.500 | 25 | | |
| S_Photovoltaic_open_space | 1 | kW | inv_cost 48 € op_cost 35 € open_space_solar 5,5 m² | electricity_solar_produced 1,01 MWh | 1.200 | 25 | | |
| S_Solarheating_good_20degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_good_20degree 17 m² | heat_drinking_water 6120 kWh | 14.286 | 25 | Wärmeproduktion wurde aus Globalstrahlung und Wirkungsgrade berechnet | http://www.fire-italia.it/convegni/st-esco/info_sheet.pdf |
| S_Solarheating_limited_suitable_20degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_limited_suitable_20degree 20 m² | heat_drinking_water 6120 kWh | 14.286 | 25 | | |
| S_Solarheating_good_45degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_good_45degree 17 m² | heat_drinking_water 10568 kWh | | | | |
| S_Solarheating_limited_suitable_45degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_limited_suitable_45degree 20 m² | heat_drinking_water 6222 kWh | | | | |
| S_Solarheating_good_65degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_good_65degree 17 m² | heat_drinking_water 4951 kWh | | | | |
| S_Solarheating_limited_suitable_65degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_limited_suitable_65degree 20 m² | heat_drinking_water 4951 kWh | | | | |
| S_Solarheating_flat_good_20degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_flat_good 18 m² | heat_drinking_water 4951 kWh | | | | |
| S_Solarheating_flat_limited_suitable_20degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_flat_limited_suitable 22 m² | heat_drinking_water 4951 kWh | | | | |
| S_Solarheating_flat_good_45degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_flat_good 24 m² | heat_drinking_water 4951 kWh | | | | |
| S_Solarheating_flat_limited_suitable_45degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_flat_limited_suitable 29 m² | heat_drinking_water 4951 kWh | | | | |
| S_Solarheating_flat_ | 8 | kW-th | inv_cost 571 € | heat_drinking_water 4951 kWh | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---------------|-------------|---|--------------------------------|---------|----|--|---|
| good_65degree | 14,3 | m² | op_cost 286 € rooftop_flat_good 40 m² | | | | | |
| S_Solarheating_flat_limited_suitable_65degree | 8 14,3 | kW-th m² | inv_cost 571 € op_cost 286 € rooftop_flat_limited_suitable 48 m² | heat_drinking_water 4951 kWh | | | | |
| S_Solarheating_flat_good_20degree | 100 178,75 | kW-th m² | inv_cost 6429 € op_cost 1607 € rooftop_flat_good 224 m² | heat_drinking_water 76496 kWh | 107.143 | 25 | | |
| S_Solarheating_flat_good_45degree | 100 178,75 | kW-th m² | inv_cost 6429 € op_cost 1607 € rooftop_flat_good 297 m² | heat_drinking_water 77777 kWh | | | | |
| S_Solarheating_flat_good_65degree | 100 178,75 | kW-th m² | inv_cost 6429 € op_cost 1607 € rooftop_flat_good 498 m² | heat_drinking_water 61889 kWh | | | | |
| S_Solarheating_flat_good_20degree | 300 536,25 | kW-th m² | inv_cost 6429 € op_cost 1607 € rooftop_flat_good 671 m² | heat_drinking_water 229488 kWh | 160.714 | 25 | | - |
| S_Solarheating_flat_good_45degree | 300 536,25 | kW-th m² | inv_cost 6429 € op_cost 1607 € rooftop_flat_good 892 m² | heat_drinking_water 233332 kWh | | | | |
| S_Solarheating_flat_good_65degree | 300 536,25 | kW-th m² | inv_cost 6429 € op_cost 1607 € rooftop_flat_good 1493 m² | heat_drinking_water 185666 kWh | | | | |
| S_Solarheating_open_space_20degree | 300 536,25 | kW-th m² | inv_cost 6429 € op_cost 1607 € open_space_solar 536 m² | heat_drinking_water 229488 kWh | | | | |
| S_Solarheating_open_space_45degree | 300 536,25 | kW-th m² | inv_cost 6429 € op_cost 1607 € open_space_solar 536 m² | heat_drinking_water 233332 kWh | | | | |
| S_Solarheating_open_space_65degree | 300 536,25 | kW-th m² | inv_cost 6429 € op_cost 1607 € open_space_solar 536 m² | heat_drinking_water 185666 kWh | | | | |
| Oil_burner_30MWh_domestic | 10 | kW_th | inv_cost 635 € op_cost 120 € E_heating_oil_input 103 MWh electricity_domestic 1,31 MWh | heat_oil 88 MWh | 12.700 | 20 | Es wurden Durchschnittswerte mit Umsatzsteuer, installation usw verwendet. Referenz ist ein Haus mit 30MWh bedarf verwendet Strombedarf ist 1,5% der endenergie Effizienzgrad bezieht sich auf ganzes Haussystem. Also wärmeverlust in Rohrleitung etc | "heizkostenvergleich.pdf" An dieser Stelle möchte ich mich dafür bedanken dass sie meine Masterarbeit so fleißig durchgelesen haben. Vielen Dank! Als Belohnung möchte ich ihnen erzählen wie es die Namen Arthur Schmed und Jimmy Wales in meine Danksagung geschafft haben. Wie sie vielleicht schon erkannt haben ist Jimmy Wales der Gründer Wikipedia und hat mir damit indirekt enorm geholfen. Arthur Schmed ist der Erfinder des Kaffevollautomatens. Ohne ihn würde ich vermutlich noch heute an meiner Arbeit schreiben. |
| Oil_burner_30MWh_industry | 10 | kW_th | inv_cost 635 € op_cost 120 € E_heating_oil_input 103 MWh electricity_industry 1,31 MWh | heat_oil 88 MWh | 12.700 | 20 | | |
| Gas_burner_30MWh_domestic | 10 | kW_th | inv_cost 471 € op_cost 120 € | heat_gas 88 MWh | 9.420 | 20 | | |

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------------|--|--|---------|----|---|
| | | | natural_gas_domestic 97 MWh electricity_domestic 1,31 MWh | | | | |
| Gas_burner_30MWh _industry | 10 | kW_th | inv_cost 471 € op_cost 120 € natural_gas_industry 97 MWh electricity_industry 1,31 MWh | heat_gas 88 MWh | 9.420 | 20 | |
| Micro_gas_turbine _domestic | 27 68 | kW_el kW_th | inv_cost 6493 € op_cost 8053 € natural_gas_domestic 1003 MWh electricity_domestic 2,13 MWh | heat_gas 596 MWh E_electricity_grind_input 237 MWh | 64.930 | 10 | Analog zur Gasturbine welche mit Erdgas betrieben wird http://www.efa-leipzig.com/ kraft-warme-kopplung/mikrogasturbinen /mikrogasturbine-iii/ |
| Micro_gas_turbine _industry | 27 68 | kW_el kW_th | inv_cost 6493 € op_cost 8053 € natural_gas_industry 1003 MWh electricity_domestic 2,13 MWh | heat_gas 596 MWh E_electricity_grind_input 237 MWh | 64.930 | 10 | |
| Micro_gas_turbine _central | 295 200 | kW-th kW-el | inv_cost 30897 € op_cost 21679 € natural_gas_industry 5353 MWh electricity_domestic 9,3 MWh | heat_central 2584 MWh E_electricity_grind_input 1752 MWh | 308.973 | 10 | |
| Gas_turbine_central | 1440 1000 | kW-th kW-el | inv_cost 95323 € op_cost 50212 € natural_gas_industry 26388 MWh electricity_domestic 47 MWh | heat_central 12614 MWh E_electricity_grind_input 8760 MWh | 953.233 | 10 | |
| Micro_BIOgas_ turbine_domestic | 27 68 | kW_el kW_th | inv_cost 6493 € op_cost 8053 € B_biomethane_gasgrid 1003 MWh electricity_domestic 2,13 MWh | heat_gas 596 MWh electricity_biogas 237 MWh | 64.930 | 10 | |
| Micro_BIOgas_turbine _industry | 27 68 | kW_el kW_th | inv_cost 6493 € op_cost 8053 € B_biomethane_gasgrid 1003 MWh electricity_domestic 2,13 MWh | heat_gas 596 MWh electricity_biogas 237 MWh | 64.930 | 10 | |
| Micro_BIOgas_turbine _central | 295 200 | kW-th kW-el | inv_cost 30897 € op_cost 21679 € B_biomethane_gasgrid 5353 MWh electricity_domestic 9,3 MWh | heat_central 2584 MWh electricity_biogas 1752 MWh | 308.973 | 10 | |
| BIOGas_turbine_central | 1440 1000 | kW-th kW-el | inv_cost 95323 € op_cost 50212 € B_biomethane_gasgrid 26388 MWh electricity_domestic 47 MWh | heat_central 12614 MWh electricity_biogas 8760 MWh | 953.233 | 10 | |
| Biogas_CHP_central | 3 | MW | inv_cost 64246 € op_cost 89114 € | heat_central 26902 MWh electricity_biogas 26280 MWh | | | |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-------|---|--------------------------|--------|----|--|---|
| | | | B_biomethane_gasgrid 62568 MWh electricity_domestic 47 MWh | | | | | |
| heating_oil_burner_central | 310 | kW_th | inv_cost 1993 € op_cost 475 € E_heating_oil_input 2716 MWh electricity_industry 4,46 MWh | heat_central 2492 MWh | | | | Entnommen aus RegiOpt |
| Natural_gas_burner_central | 310 | kW_th | inv_cost 1661 € op_cost 569 € E_gas_input 2716 MWh electricity_industry 4,46 MWh | heat_central 2540 MWh | | | | Entnommen aus RegiOpt |
| Natural_gas_burner_central | 1 | MW | inv_cost 4130 € op_cost 1447 € E_gas_input 8687 MWh electricity_industry 16 MWh | heat_central 7992 MWh | | | | Entnommen aus RegiOpt |
| Natural_gas_burner_central | 3 | MW | inv_cost 8910 € op_cost 3120 € E_gas_input 26087 MWh electricity_industry 47 MWh | heat_central 24000 MWh | | | | Entnommen aus RegiOpt |
| Heat_pump_air_water_domestic | 10 | kW_th | inv_cost 675 € op_cost 150 € electricity_domestic 5 MWh | heat_heat_pump 16 MWh | 13.500 | 20 | Jahreslaufzahl bei Neubau 3,1-3,2 bedarf 12000 bis 15000kWh + 500kWh für Warmwasser; 100 bis 200m² | telefonische Auskunft Sven Kersten Energieagentur NRW 3.12.2014 |
| Heat_pump_brine_water_domestic | 10 | kW_th | inv_cost 950 € op_cost 150 € electricity_domestic 3,6 MWh | heat_heat_pump 16 MWh | 19.000 | 20 | maximale Vollarststunden 1550h/a. Kann in 50% aller Haushalte angewandt werden Jahreslaufzahl bei Neubau 4-4,5 bedarf 12000 bis 15000kWh + 500kWh für Warmwasser; 100 bis 200m² Kosten enthalten Bohrung für Sonde | telefonische Auskunft Sven Kersten Energieagentur NRW 3.12.2014 |
| Heat_pump_air_water_industry | 10 | kW_th | inv_cost 675 € op_cost 150 € electricity_industry 5 MWh | heat_heat_pump 16 MWh | 13.500 | 20 | Jahreslaufzahl bei Neubau 3,1-3,2 bedarf 12000 bis 15000kWh + 500kWh für Warmwasser; 100 bis 200m² | telefonische Auskunft Sven Kersten Energieagentur NRW 3.12.2014 |
| Heat_pump_brine_water_industry | 10 | kW_th | inv_cost 950 € op_cost 150 € electricity_industry 3,6 MWh | heat_heat_pump 2208 unit | 19.000 | 20 | maximale Vollarststunden 1550h/a. Kann in 50% aller Haushalte angewandt werden Jahreslaufzahl bei Neubau 4-4,5 bedarf 12000 bis 15000kWh + 500kWh für Warmwasser; 100 bis 200m² | telefonische Auskunft Sven Kersten Energieagentur NRW 3.12.2014 |

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|-----------|----|---|---------------------------------------|
| GBR_grass_silage_pressing | | | inv_cost 70000 € op_cost 395000 € A_grass_silage_TM 12500 t water 44295 t electricity_industry 3450 MWh transport_costs 64695 € | GBR_grass_presscake_wet 15500 t GBR_grass_juice_FM_mt 49670 t | 700.000 | 10 | Kosten enthalten Bohrung für Sonde Die Stromkosten wurden aus den Betriebskosten herausgerechnet und separat eingefügt | 0667_grassfaserfraktion2.pdf |
| GBR_press_cake_drying | | | inv_cost 67400 € op_cost 187400 € GBR_grass_presscake_FM_mt 15500 t process_heat_mt 6876 MWh electricity_industry 606 MWh | GBR_grass_presscake_w10 8600 t waste_water 6879 t | 674.000 | 10 | Die Stromkosten wurden aus den Betriebskosten herausgerechnet 3450MWh/25600€*45000€ Der Strombedarf anteilig berechnet aus Daten die in der Quelle angegeben wurden | 0667_grassfaserfraktion2.pdf |
| GBR_grass_juice_separation | | | inv_cost 700000 € op_cost 1917500 € GBR_grass_juice_FM_mt 49670 t GBR_grass_juice_separation_mt 8760 unit | GBR_crude_protein_TM 840 t GBR_lactic_acid_TM 1560 t waste_water 45070 t GBR_residue_separation 2400 t | 7.000.000 | 10 | Abwasseranteil wurde aus Massenbilanz berechnet | 0667_grassfaserfraktion2.pdf |
| GBR_presscake_wet_to_biogas | | | GBR_grass_presscake_wet 1 t 0 0 0 0 | B_biogas_input 107 m³ N_fertilizer_biogas 1,06 kg B_manure_biogas 0,76 t P2O5_fertilizer_biogas 0,49 kg K2O_fertilizer_biogas 2,17 kg | | | Der Biogasinput wurde auf 80% von Grassilage gesetzt. Wassergehalt liegt bei 50% $268\text{m}^3 * 50\% * 80\%$ | Persönliche Auskunft Prof. Narodowski |
| GBR_residue_separation_to_biogas | | | GBR_residue_separation 1 t 0 0 0 0 | B_biogas_input 214 m³ N_fertilizer_biogas 1,06 kg B_manure_biogas 0,53 t P2O5_fertilizer_biogas 0,49 kg K2O_fertilizer_biogas 2,17 kg | | | Der Biogasinput wurde auf 80% von Grassilage gesetzt $268\text{m}^3 * 80\%$. | Persönliche Auskunft Prof. Narodowski |
| I_staw_bale_insulation_20cm_high_potential | | | I_house_surface_area 1 m² inv_cost 4 € | I_saved_heat_energy 51 kWh | 80 | 20 | Eine Platte für ein m² kostet 80€; 1m2 Dämmung für 0,8m² Wohnfläche; Höhe des Potenzials geschätzt. | Entnommen aus RegiOpt |
| I_staw_bale_insulation_20cm_medium_potential | | | I_house_surface_area 1 m² inv_cost 4 € | I_saved_heat_energy 38 kWh | 80 | 20 | Eine Platte für ein m² kostet 80€; 1m2 Dämmung für 0,8m² Wohnfläche; Höhe des Potenzials geschätzt. | Entnommen aus RegiOpt |
| I_staw_bale_insulation_20cm_low_potential | | | I_house_surface_area 1 m² inv_cost 4 € | I_saved_heat_energy 26 kWh | 80 | 20 | Eine Platte für ein m² kostet 80€; 1m2 Dämmung für 0,8m² Wohnfläche; | Entnommen aus RegiOpt |

| | | | | | | | | |
|------------------------|--|--|---|----------------------|---------|----|-------------------------------------|--|
| | | | | | | | Höhe des Potenzials geschätzt. | |
| WASTE_composting_plant | | | Biowaste_and_residue_from_GBR 25000 t op_cost 625000 € inv_cost 43750 € | compost_soil 12500 t | 875.000 | 20 | | Preisliste 2011 Kompostierung.pdf Mail von Michi.docx |
| WASTE_manure_disposal | | | unused_manure 1 t transport_costs 6 € | WASTE_manure 1 t | | | entspricht Gülletransport über 12km | |

9.3 Auflistung verwendeter Technologien in den Optimalstrukturen für jedes Szenario jeder Region

Folgende Technologiezweige wurden nicht aufgelistet da sie in keinem Szenario wirtschaftlich waren.

- Biodieselproduktion
- Fischer-Tropsch-Synthese
- Bioethanolherstellung
- Holz- und Strohpyrolyse

9.4 OBK

| | Basis | Energie +20% | Energie -20% | EEG 50 | EEG 00 | Vieh 70 | Kraftfutter autark | Einstreu Autark |
|-----------------------------|---------|--------------|--------------|---------|---------|---------|--------------------|-----------------|
| Ölverbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| Ölheizung 30MWh | 24350,2 | 24161,0 | 27526,8 | 24159,8 | 23744,0 | 24363,0 | 24459,9 | 24422,3 |
| Ölbrenner 310kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasverbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| Gasheizung 30MWh | 47799,9 | 47799,9 | 47799,9 | 47799,9 | 47799,9 | 47799,9 | 47799,9 | 47799,9 |
| Gasbrenner 310kW | 122,4 | 116,7 | 122,4 | 116,7 | 116,7 | 122,4 | 122,4 | 122,4 |
| Gasbrenner 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasbrenner 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gas KWK | Anzahl | | | | | | | |
| Gasturbine 27kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasturbine 200kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasturbine 1000kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wärmepumpe | Anzahl | | | | | | | |
| Luft-wasser Wärmepumpe 10kW | 17333,2 | 17333,2 | --- | 17333,2 | 17333,2 | 17333,2 | 17333,2 | 17333,2 |
| Sole-wasser Wärmepumpe 10kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas KWK | Anzahl | | | | | | | |
| BioGasturbine 27kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasturbine 200kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasturbine 1000kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 45kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 150kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 300kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 1MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 3MW_el | 5,3 | 5,3 | 5,7 | 4,3 | --- | 6,3 | 5,2 | 5,3 |
| BioGas Verbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| BioGasbrenner; Dampf 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Dampf 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Dampf 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Wärme 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner;Wärme 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner;Wärme 3MW | --- | --- | --- | --- | 4,9 | --- | --- | --- |
| Biogas Fermenter | Anzahl | | | | | | | |
| Fermenter 80kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 160kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 250kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 1000kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

| | | | | | | | | |
|--|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fermenter 2500kW_el | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 4,1 | 1,9 | 6,0 | 4,9 | 5,1 |
| Biogas Reinigung | Anzahl | | | | | | | |
| Biogasreinigung 50Nm³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogasreinigung 250Nm³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogasreinigung 500Nm³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogaseinspeisung 50 Nm³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogaseinspeisung 250 Nm³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogaseinspeisung 500 Nm³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biomasse verbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| Biomasseofen 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biomasseofen 1MW | --- | --- | --- | --- | 0,6 | --- | 0,6 | --- |
| Biomasseofen 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletofen, Dampf 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletofen, Dampf 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletofen, Dampf 3MW | 1,9 | 3,6 | --- | 3,4 | --- | 2,1 | --- | 3,2 |
| Hackschnitzelbrenner, Wärme 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelbrenner, Wärme 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 7,0 | --- |
| Hackschnitzelbrenner, Wärme 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 1,3 | --- |
| Holzpelletheizung 30MWh | 1412,7 | 1589,5 | 1303,0 | 1603,0 | 2018,9 | 1399,8 | 1303,0 | 1340,6 |
| Scheitholzheizung 30MWh | 1046,0 | 1046,0 | 1046,0 | 1046,0 | 1046,0 | 1046,0 | 1046,0 | 1046,0 |
| Biomasse KWK | Anzahl | | | | | | | |
| Hackschnitzelvergasung 250kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelvergasung 1MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelvergasung 3MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel ORC | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletvergasung 250kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletvergasung 1MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletvergasung 3MW_el | 0,6 | --- | 0,8 | --- | --- | 0,6 | --- | --- |
| Trocknungsprozesse | Anzahl | | | | | | | |
| Maisspindel Trocknung auf w15 650kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0,6 | --- |
| Maisspindel Trocknung auf w15 3250kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisstrohtrocknung 9200t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisstrohtrocknung 27600t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisstrohtrocknung 92000t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel Trocknung auf w25 650kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel Trocknung auf w25 3250kW | 1,9 | 2,0 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 1,5 | 1,8 |
| Hackschnitzel Trocknung auf w10 650kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 1,5 | --- |
| Hackschnitzel Trocknung auf w10 3250kW | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | --- | 0,7 |
| Pelletierung und Häckseln | Anzahl | | | | | | | |
| Strohpelletierung 9200t | --- | 1,4 | --- | 1,3 | --- | --- | --- | 1,2 |
| Strohpelletierung 27600t | 0,6 | --- | 0,6 | --- | --- | 0,6 | --- | --- |
| Strohpelletierung 92000t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

| | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Holzhäcksler 45m ³ | 1,1 | 1,2 | 0,7 | 1,2 | 1,5 | 1,0 | 0,7 | 1,0 |
| Holzhäcksler 450m ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Holzpelletierung 9200t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 1,3 | --- |
| Holzpelletierung 27600t | 1,1 | 1,3 | 0,7 | 1,3 | 1,6 | 1,1 | --- | 1,1 |
| Holzpelletierung 92000t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| GBR | Anzahl | | | | | | | |
| Grassilage pressen | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Presskuchentrocknung | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Grassafttrennung | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Viehzucht | Anzahl | | | | | | | |
| Milchkuh 7000kg Milch | 19628 | 19628 | 19628 | 19628 | 19628 | 13740 | 10973 | 19628 |
| Mutterkuh | 5215 | 5215 | 5215 | 5215 | 5215 | 3650 | 10499 | 5215 |
| Aufzucht weibliches Kalb aus Milchkuhhaltung | 19172 | 19172 | 19172 | 19172 | 19172 | 13421 | 10718 | 19172 |
| Aufzucht weibliches Kalb aus Mutterkuhhaltung | 3129 | 3129 | 3129 | 3129 | 3129 | 2190 | 6299 | 3129 |
| Ferkelproduktion | 1365 | 1365 | 1365 | 1365 | 1365 | 956 | --- | 1365 |
| Ferkelaufzucht | 546 | 546 | 546 | 546 | 546 | 382 | --- | 546 |
| Legehennen/ Ei | 28512 | 28512 | 28512 | 28512 | 28512 | 19959 | 28512 | 28512 |
| Schafzucht | 1147 | 1147 | 1147 | 1147 | 1147 | 803 | 1147 | 1147 |
| Pensionpferdehaltung | 4347 | 4347 | 4347 | 4347 | 4347 | 3043 | --- | 4347 |
| Ackerbau | Fläche[ha] | | | | | | | |
| Zuckerrübe | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Weizen | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gerste | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Raps | --- | --- | 674,5 | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sonnenblume | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Miscanthus | 1450,8 | 1055,7 | 1902,5 | 1025,4 | 96,2 | 1479,5 | --- | 1611,9 |
| Kurzumtrieb | 1126,2 | 1521,3 | --- | 1551,6 | 2480,8 | 1097,5 | --- | 965,1 |
| Körnermais, ganze Pflanze | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 2577,0 | --- |
| Maissilage | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Grassilage | 12489,1 | 12489,1 | 12489,1 | 9200,8 | 1953,1 | 16792,6 | 13582,0 | 12489,1 |
| Grünfutter | 14344,9 | 14344,9 | 14344,9 | 14344,9 | 14344,9 | 10041,4 | 13252,0 | 14344,9 |
| Hafer | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zukauf Dünger | Menge [t] | | | | | | | |
| Stickstoff | 841,5 | 851,8 | 891,5 | 591,1 | 38,9 | 1241,4 | 1644,1 | 837,2 |
| Phosphat | 107,7 | 107,7 | 150,2 | --- | --- | 496,2 | 672,9 | 107,7 |
| Kali | 367,6 | 367,6 | 400,6 | --- | --- | 1176,2 | 1537,6 | 367,6 |
| Wind | Strom [MWh] | | | | | | | |
| Windenergieanlage 3MW | 1144800,0 | 1144800,0 | 1144800,0 | 1144800,0 | 1144800,0 | 1144800,0 | 1144800,0 | 1144800,0 |
| PV | Strom [MWh] | | | | | | | |
| Solarstrom | 932266,0 | 918883,0 | 932266,0 | 919259,0 | --- | 932266,0 | 932266,0 | 932266,0 |
| Solarthermie Dachfläche | Warmwasser [MWh] | | | | | | | |
| 8, 100 und 300kW Anlage | 3890,9 | 6667,8 | 3890,9 | 3890,9 | 3890,9 | 3890,9 | 3890,9 | 3890,9 |
| Solarthermie Freifläche | Warmwasser [MWh] | | | | | | | |
| 300kW Anlage | --- | 30818,6 | --- | 30818,6 | 30818,6 | --- | --- | --- |
| Ölproduktion | Anzahl | | | | | | | |
| Ölsaantrocknung 650kW | --- | --- | 0,6 | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölsaantrocknung 3250kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölpresse 474t | --- | --- | 1,6 | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölpresse 4740t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölpresse 47400t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

9.5 RBK

| | Basis | Energie +20% | Energie -20% | EEG 50 | EEG 00 | Vieh 70 | Kraftfutter autark | Einstreu Autark |
|---------------------------------------|---------|--------------|--------------|---------|---------|---------|--------------------|-----------------|
| Ölverbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| Ölheizung 30MWh | 19666,9 | 19656,5 | 22950,9 | 19666,9 | 19453,7 | 19670,9 | 19913,3 | 19913,3 |
| Ölbrenner 310kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasverbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| Gasheizung 30MWh | 39025,6 | 39025,6 | 39025,6 | 39025,6 | 39025,6 | 39025,6 | 39025,6 | 39025,6 |
| Gasbrenner 310kW | 51,8 | 49,4 | 51,8 | 49,4 | 49,4 | 51,8 | 51,8 | 51,8 |
| Gasbrenner 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasbrenner 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gas KWK | Anzahl | | | | | | | |
| Gasturbine 27kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasturbine 200kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasturbine 1000kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wärmepumpe | Anzahl | | | | | | | |
| Luft-wasser Wärmepumpe 10kW | 17167,7 | 17167,7 | --- | 17167,7 | 17167,7 | 17167,7 | 17167,7 | 17167,7 |
| Sole-wasser Wärmepumpe 10kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas KWK | Anzahl | | | | | | | |
| BioGasturbine 27kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasturbine 200kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasturbine 1000kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 45kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 150kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 300kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 1MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 3MW_el | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | --- | 2,8 | 2,1 | 2,5 |
| BioGas Verbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| BioGasbrenner; Dampf 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Dampf 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Dampf 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Wärme 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Wärme 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Wärme 3MW | --- | --- | --- | --- | 3,6 | --- | --- | --- |
| Biogas Fermenter | Anzahl | | | | | | | |
| Fermenter 80kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 160kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 250kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 1000kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 2500kW_el | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 1,4 | 2,7 | 2,1 | 2,4 |
| Biogas Reinigung | Anzahl | | | | | | | |
| Biogasreinigung 50Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogasreinigung 250Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogasreinigung 500Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogaseinspeisung 50 Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogaseinspeisung 250 Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogaseinspeisung 500 Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biomasse verbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| Biomasseofen 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

| | | | | | | | | |
|--|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Biomasseofen 1MW | --- | --- | --- | --- | 0,6 | --- | --- | --- |
| Biomasseofen 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletofen, Dampf 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletofen, Dampf 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletofen, Dampf 3MW | 2,6 | 2,6 | 1,2 | 2,6 | --- | 2,6 | 0,7 | 2,0 |
| Hackschnitzelbrenner, Wärme 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelbrenner, Wärme 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelbrenner, Wärme 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Holzpelletheizung 30MWh | 1336,4 | 1336,4 | 1090,0 | 1336,4 | 1549,6 | 1332,3 | 1090,0 | 1090,0 |
| Scheitholzheizung 30MWh | 491,2 | 491,2 | 491,2 | 491,2 | 491,2 | 491,2 | 491,2 | 491,2 |
| Biomasse KWK | Anzahl | | | | | | | |
| Hackschnitzelvergasung 250kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelvergasung 1MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelvergasung 3MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel ORC | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletvergasung 250kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletvergasung 1MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0,6 | --- |
| Strohpelletvergasung 3MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Trocknungsprozesse | Anzahl | | | | | | | |
| Maisspindel Trocknung auf w15 650kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisspindel Trocknung auf w15 3250kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisstrohtrocknung 9200t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisstrohtrocknung 27600t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisstrohtrocknung 92000t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel Trocknung auf w25 650kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel Trocknung auf w25 3250kW | 1,4 | 1,4 | 0,8 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 0,7 | 1,3 |
| Hackschnitzel Trocknung auf w10 650kW | --- | --- | 1,0 | --- | --- | --- | 0,7 | 1,6 |
| Hackschnitzel Trocknung auf w10 3250kW | 0,7 | 0,7 | --- | 0,7 | 0,6 | 0,6 | --- | --- |
| Pelletierung und Häckseln | Anzahl | | | | | | | |
| Strohpelletierung 9200t | 1,1 | 1,1 | 0,5 | 1,1 | --- | 1,1 | 0,8 | 0,8 |
| Strohpelletierung 27600t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletierung 92000t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Holzhäcksler 45m ³ | 1,0 | 1,0 | 0,3 | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 0,3 | 0,7 |
| Holzhäcksler 450m ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Holzpelletierung 9200t | --- | --- | 1,1 | --- | --- | --- | 1,1 | --- |
| Holzpelletierung 27600t | 1,1 | 1,1 | --- | 1,1 | 1,3 | 1,1 | --- | 0,8 |
| Holzpelletierung 92000t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| GBR | Anzahl | | | | | | | |
| Grassilage pressen | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Presskuchentrocknung | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Grassafttrennung | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Viehzucht | Anzahl | | | | | | | |
| Milchkuh 7000kg Milch | 7032 | 7032 | 7032 | 7032 | 7032 | 4922 | 7032 | 7032 |

| | | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|
| Mutterkuh | 2684 | 2684 | 2684 | 2684 | 2684 | 1879 | 2684 | 2684 |
| Aufzucht weibliches Kalb aus Milchkuhhaltung | 6869 | 6869 | 6869 | 6869 | 6869 | 4808 | 6869 | 6869 |
| Aufzucht weibliches Kalb aus Mutterkuhhaltung | 1611 | 1611 | 1611 | 1611 | 1611 | 1127 | 1611 | 1611 |
| Ferkelproduktion | 1459 | 1459 | 1459 | 1459 | 1459 | 1022 | 928 | 1459 |
| Ferkelaufzucht | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 409 | 371 | 584 |
| Legehennen/ Ei | 15677 | 15677 | 15677 | 15677 | 15677 | 10974 | 15677 | 15677 |
| Schafzucht | 629 | 629 | 629 | 629 | 629 | 440 | 629 | 629 |
| Pensionpferdehaltung | 7076 | 7076 | 7076 | 7076 | 7076 | 4953 | --- | 7076 |
| Ackerbau | Fläche[ha] | | | | | | | |
| Zuckerrübe | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Weizen | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 2796,2 | --- |
| Gerste | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Raps | --- | --- | 2796,2 | --- | 254,1 | --- | --- | --- |
| Sonnenblume | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Miscanthus | 817,5 | 817,5 | --- | 817,5 | 87,0 | 826,5 | --- | 1668,2 |
| Kurzumtrieb | 2231,5 | 2231,5 | 252,8 | 2231,5 | 2707,9 | 2222,5 | 252,8 | 1380,8 |
| Körnermais, ganze Pflanze | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maissilage | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Grassilage | 5214,0 | 5214,0 | 5214,0 | 5214,0 | 1953,1 | 6924,7 | 5214,0 | 5214,0 |
| Grünfutter | 5702,0 | 5702,0 | 5702,0 | 5702,0 | 5702,0 | 3991,3 | 5702,0 | 5702,0 |
| Hafer | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zukauf Dünger | Menge [t] | | | | | | | |
| Stickstoff | 216,6 | 216,6 | 494,6 | 216,6 | --- | 434,5 | 648,7 | 194,2 |
| Phosphat | --- | --- | 0,8 | --- | --- | 28,4 | 161,6 | --- |
| Kali | --- | --- | --- | --- | --- | 200,4 | 495,4 | --- |
| Wind | Strom [MWh] | | | | | | | |
| Windenergieanlage 3MW | 64800,0 | 64800,0 | 64800,0 | 64800,0 | 64800,0 | 64800,0 | 64800,0 | 64800,0 |
| PV | Strom [MWh] | | | | | | | |
| Solarstrom | 824325,0 | 818502,0 | 824325,0 | 818816,0 | --- | 824325,0 | 824325,0 | 824325,0 |
| Solarthermie Dachfläche | Warmwasser [MWh] | | | | | | | |
| 8, 100 und 300kW Anlage | 3242,4 | 5556,5 | 3242,4 | 3242,4 | 3242,4 | 3242,4 | 3242,4 | 3242,4 |
| Solarthermie Freifläche | Warmwasser [MWh] | | | | | | | |
| 300kW Anlage | --- | 13054,1 | --- | 13054,1 | 13054,1 | --- | --- | --- |
| Ölproduktion | Anzahl | | | | | | | |
| Ölsaantrocknung 650kW | --- | --- | 0,6 | --- | 0,6 | --- | --- | --- |
| Ölsaantrocknung 3250kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölpresse 474t | --- | --- | --- | --- | 0,6 | --- | --- | --- |
| Ölpresse 4740t | --- | --- | 0,7 | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölpresse 47400t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

9.6 Gesamt

| | Basis | Energie +20% | Energie -20% | EEG 50 | EEG 00 | Vieh 70 | Kraftfutter autark | Einstreu Autark |
|-----------------------|---------------|--------------|--------------|---------|---------|---------|--------------------|-----------------|
| Ölverbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| Ölheizung 30MWh | 43840,3 | 43817,6 | 50477,8 | 43836,4 | 43100,8 | 43857,2 | 44373,2 | 44373,2 |
| Ölbrenner 310kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasverbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| Gasheizung 30MWh | 86825,5 | 86825,5 | 86825,5 | 86825,5 | 86825,5 | 86825,5 | 86825,5 | 86825,5 |
| Gasbrenner 310kW | 174,2 | 166,2 | 174,2 | 166,2 | 166,2 | 174,2 | 174,2 | 174,2 |
| Gasbrenner 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasbrenner 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gas KWK | Anzahl | | | | | | | |
| Gasturbine 27kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Gasturbine 200kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gasturbine 1000kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wärmepumpe | Anzahl | | | | | | | |
| Luft-wasser Wärmepumpe 10kW | 34500,9 | 34500,9 | --- | 34500,9 | 34500,9 | 34500,9 | 34500,9 | 34500,9 |
| Sole-wasser Wärmepumpe 10kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas KWK | Anzahl | | | | | | | |
| BioGasturbine 27kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasturbine 200kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasturbine 1000kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 45kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 150kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 300kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 1MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGas CHP 3MW_el | 7,8 | 7,8 | 8,4 | 7,5 | --- | 9,1 | 7,2 | 7,8 |
| BioGas Verbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| BioGasbrenner; Dampf 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Dampf 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Dampf 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Wärme 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Wärme 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BioGasbrenner; Wärme 3MW | --- | --- | --- | --- | 8,6 | --- | --- | --- |
| Biogas Fermenter | Anzahl | | | | | | | |
| Fermenter 80kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 160kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 250kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 1000kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fermenter 2500kW_el | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,2 | 3,3 | 8,7 | 6,9 | 7,5 |
| Biogas Reinigung | Anzahl | | | | | | | |
| Biogasreinigung 50Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogasreinigung 250Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogasreinigung 500Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogaseinspeisung 50 Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogaseinspeisung 250 Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biogaseinspeisung 500 Nm ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biomasse verbrennung | Anzahl | | | | | | | |
| Biomasseofen 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Biomasseofen 1MW | --- | --- | --- | --- | 1,5 | --- | --- | --- |
| Biomasseofen 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletofen, Dampf 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletofen, Dampf 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletofen, Dampf 3MW | 6,1 | 6,1 | --- | 6,1 | --- | 6,4 | 3,7 | 5,2 |
| Hackschnitzelbrenner, Wärme 300kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelbrenner, Wärme 1MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 4,8 | --- |
| Hackschnitzelbrenner, Wärme 3MW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Holzpelletheizung 30MWh | 2925,9 | 2925,9 | 2393,0 | 2929,8 | 3660,5 | 2909,0 | 2393,0 | 2393,0 |
| Scheitholzheizung 30MWh | 1537,2 | 1537,2 | 1537,2 | 1537,2 | 1542,0 | 1537,2 | 1537,2 | 1537,2 |

| | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Biomasse KWK | Anzahl | | | | | | | |
| Hackschnitzelvergasung 250kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelvergasung 1MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzelvergasung 3MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel ORC | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletvergasung 250kW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletvergasung 1MW_el | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Strohpelletvergasung 3MW_el | --- | --- | 1,2 | --- | --- | --- | --- | --- |
| Trocknungsprozesse | Anzahl | | | | | | | |
| Maisspindel Trocknung auf w15 650kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisspindel Trocknung auf w15 3250kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisstrohtrocknung 9200t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisstrohtrocknung 27600t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Maisstrohtrocknung 92000t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel Trocknung auf w25 650kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel Trocknung auf w25 3250kW | 4,0 | 4,0 | 2,1 | 3,3 | 3,6 | 4,2 | 1,3 | 3,4 |
| Hackschnitzel Trocknung auf w10 650kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hackschnitzel Trocknung auf w10 3250kW | 1,0 | 1,0 | 0,7 | 1,6 | 1,2 | 1,0 | 0,6 | 0,8 |
| Pelletierung und Häckseln | Anzahl | | | | | | | |
| Strohpelletierung 9200t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 1,1 | --- |
| Strohpelletierung 27600t | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,8 | --- | 0,8 | --- | 0,7 |
| Strohpelletierung 92000t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Holzhäcksler 45m ³ | 2,2 | 2,2 | 0,9 | 2,2 | 2,7 | 2,2 | 0,9 | 1,7 |
| Holzhäcksler 450m ³ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Holzpelletierung 9200t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Holzpelletierung 27600t | --- | --- | 1,0 | --- | --- | --- | 0,9 | 1,9 |
| Holzpelletierung 92000t | 0,7 | 0,7 | --- | 0,7 | 0,9 | 0,7 | --- | --- |
| GBR | Anzahl | | | | | | | |
| Grassilage pressen | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Presskuchentrocknung | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Grassafttrennung | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Viehzucht | Anzahl | | | | | | | |
| Milchkuh 7000kg Milch | 26660 | 26660 | 26660 | 26660 | 26660 | 18662 | 24782 | 26660 |
| Mutterkuh | 7899 | 7899 | 7899 | 7899 | 7899 | 5529 | 9046 | 7899 |
| Aufzucht weibliches Kalb aus Milchkuhhaltung | 26040 | 26040 | 26040 | 26040 | 26040 | 18228 | 24206 | 26040 |
| Aufzucht weibliches Kalb aus Mutterkuhhaltung | 4740 | 4740 | 4740 | 4740 | 4740 | 3318 | 5428 | 4740 |
| Ferkelproduktion | 2824 | 2824 | 2824 | 2824 | 2824 | 1977 | --- | 2824 |
| Ferkelaufzucht | 1130 | 1130 | 1130 | 1130 | 1130 | 791 | --- | 1130 |
| Legehennen/ Ei | 44190 | 44190 | 44190 | 44190 | 44190 | 30933 | 44190 | 44190 |
| Schafzucht | 1776 | 1776 | 1776 | 1776 | 1776 | 1243 | 1776 | 1776 |
| Pensionpferdehaltung | 11423 | 11423 | 11423 | 11423 | 11423 | 7996 | --- | 11423 |
| Ackerbau | Fläche[ha] | | | | | | | |
| Zuckerrübe | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Weizen | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gerste | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Raps | --- | --- | 4889,0 | --- | --- | --- | --- | --- |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Sonnenblume | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Miscanthus | 1873,2 | 1873,2 | 737,0 | 1864,5 | 231,5 | 1911,0 | --- | 3280,1 |
| Kurzumtrieb | 3752,8 | 3752,8 | --- | 3761,5 | 5394,5 | 3715,1 | --- | 2345,9 |
| Körnermais, ganze Pflanze | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 5626,0 | --- |
| Maissilage | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Grassilage | 17703,1 | 17703,1 | 17703,1 | 16757,0 | 3906,3 | 23717,3 | 17940,2 | 17703,1 |
| Grünfutter | 20046,9 | 20046,9 | 20046,9 | 20046,9 | 20046,9 | 14032,7 | 19809,8 | 20046,9 |
| Hafer | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zukauf Dünger | Menge [t] | | | | | | | |
| Stickstoff | 1068,4 | 1068,4 | 1546,8 | 993,4 | 14,0 | 1686,2 | 2187,2 | 1031,5 |
| Phosphat | --- | --- | 240,4 | --- | --- | 524,6 | 704,2 | --- |
| Kali | 105,8 | 105,8 | 345,3 | --- | --- | 1376,6 | 1625,9 | 105,8 |
| Wind | Strom [MWh] | | | | | | | |
| Windenergieanlage 3MW | 1209600,0 | 1209600,0 | 1209600,0 | 1209600,0 | 1209600,0 | 1209600,0 | 1209600,0 | 1209600,0 |
| PV | Strom [MWh] | | | | | | | |
| Solarstrom | 1756590,0 | 1737390,0 | 1756590,0 | 1738080,0 | --- | 1756590,0 | 1756590,0 | 1756590,0 |
| Solarthermie Dachfläche | Warmwasser [MWh] | | | | | | | |
| 8, 100 und 300kW Anlage | 7133,4 | 12224,4 | 7133,4 | 7133,4 | 7133,4 | 7133,4 | 7133,4 | 7133,4 |
| Solarthermie Freifläche | Warmwasser [MWh] | | | | | | | |
| 300kW Anlage | --- | 43872,7 | --- | 43872,7 | 43872,7 | --- | --- | --- |
| Ölproduktion | Anzahl | | | | | | | |
| Ölsaantrocknung 650kW | --- | --- | 0,6 | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölsaantrocknung 3250kW | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölpresse 474t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölpresse 4740t | --- | --- | 1,2 | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölpresse 47400t | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

9.7 Kostenstruktur Wärmebereitstellung

9.7.1 OBK

9.7.1.1 Basisszenario

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 29935 | 56639 | 10782 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durchschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 23083 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3891 | | |
| Durchschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 268664 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durchschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 9609 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 4552 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |

| Bestandsanlagen | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,55 | 870065 | 1571699 | 256637 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,90 | 98,97 | 0,00 | 635314 | 462784 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 94,11 | 92,69 | | 114143 | 0 | |
| Scheitholz | 98,69 | 0,00 | | 87074 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 |
| Gas | 85,76 | 57,00 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,54 | 98,97 |
| Pellets | 86,81 | 92,69 |
| Spaltholz | 93,79 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.1.2 Energie +20%

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 116,06 | 81,40 | 62,47 | 29935 | 56639 | 759 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 116,06 | 81,40 | 62,47 | | | |
| Heizölverbrennung | 138,96 | 136,43 | 0,00 | 16227 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 104,18 | | | 2777 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3891 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 65,08 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 34,44 | | | 30819 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 111,29 | | 0 | 268664 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 111,29 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 25094 | 0 | |

| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 4552 | 0 | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 101,92 | 67,36 | 60,63 | 870065 | 1571699 | 235841 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 120,63 | 118,24 | 0,00 | 623908 | 462784 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 115,90 | 114,06 | | 114143 | 0 | |
| Scheitholz | 101,75 | 0,00 | | 87074 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 60,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,44 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 57,62 | 57,62 |
| Gas | 102,39 | 67,85 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 121,09 | 118,24 |
| Pellets | 95,01 | 114,06 |
| Spaltholz | 96,69 | 0,00 |
| Solarthermie | 65,08 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 111,29 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.1.3 Energie -20%

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 82,81 | 59,70 | 41,55 | 29935 | 56639 | 10782 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 82,81 | 59,70 | 41,55 | | | |
| Heizölverbrennung | 99,59 | 97,90 | 0,00 | 27058 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3891 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt | 0,00 | 0,00 | | | | |

| Bestandsanlagen | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 4552 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Gas Verbrennung | 68,67 | 45,66 | 40,49 | 870065 | 1571699 | 256637 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 81,06 | 79,04 | 0,00 | 675488 | 620302 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 81,08 | 80,74 | | 79602 | 0 | |
| Scheitholz | 79,38 | 0,00 | | 87074 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 52,08 | | | 1 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 40,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 40,53 | 40,53 |
| Gas | 69,14 | 46,15 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 81,77 | 79,04 |
| Pellets | 81,08 | 80,74 |
| Spaltholz | 75,44 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 0,00 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.1.4 EEG 50

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 52,41 | 29935 | 56639 | 759 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 52,41 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 16184 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3891 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 34,44 | | | 30819 |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | 0 | 268664 | |

| | | | | | | |
|--|-----------------|------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------|-----------|
| Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 26284 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 4552 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,57 | 870065 | 1571699 | 235841 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,93 | 98,97 | 0,00 | 625538 | 462784 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 96,09 | 94,67 | | 114143 | 0 | |
| Scheitholz | 98,92 | 0,00 | | 87074 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solar- thermie | |
| [€/MWh] | 50,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,44 | |
| Wärmegestehungs- kosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie | | | | |
| Fernwärme | 48,72 | 48,72 | | | | |
| Gas | 85,76 | 57,00 | | | | |
| Biogas | 0,00 | 0,00 | | | | |
| Heizöl | 101,40 | 98,97 | | | | |
| Pellets | 78,11 | 94,67 | | | | |
| Spaltholz | 94,01 | 0,00 | | | | |
| Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |

9.7.1.5 EEG 00

| Anlagenneubau | | | | | | |
|--------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 52,41 | 29935 | 56639 | 759 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 52,41 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 1116 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3891 | | |

| Durchschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 34,44 | | | 30819 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 268664 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durchschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 62709 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 4552 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| [€/MWh] | | | [MWh] | | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,57 | 870065 | 1571699 | 235841 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durchschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 101,02 | 98,97 | 0,00 | 604181 | 462784 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durchschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durchschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 95,65 | 94,22 | | 114143 | 0 | |
| Scheitholz | 98,69 | 0,00 | | 87074 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 50,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,44 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 48,72 | 48,72 |
| Gas | 85,76 | 57,00 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,06 | 98,97 |
| Pellets | 61,73 | 94,22 |
| Spaltholz | 93,79 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.1.6 Vieh 70

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| [€/MWh] | | | [MWh] | | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 29935 | 56639 | 10782 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durchschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 23548 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3891 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 268664 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 8484 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 4552 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,55 | 870065 | 1571699 | 256637 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,89 | 98,97 | 0,00 | 635973 | 462784 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 94,11 | 92,69 | | 114143 | 0 | |
| Scheitholz | 98,69 | 0,00 | | 87074 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 |
| Gas | 85,76 | 57,00 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,55 | 98,97 |
| Pellets | 87,60 | 92,69 |
| Spaltholz | 93,79 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.1.7 Kraftfutter autark

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-----------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 29935 | 56639 | 10782 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------|---------------|---------------------|-----------|
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 27058 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3891 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 268664 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 4552 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,55 | 870065 | 1571699 | 256637 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,65 | 98,97 | 0,00 | 707010 | 462784 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 101,86 | 99,81 | | 48080 | 0 | |
| Scheitholz | 98,69 | 0,00 | | 87074 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 61,98 | | | 1 |
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie | |
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie | | | | |
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 | | | | |
| Gas | 85,76 | 57,00 | | | | |
| Biogas | 0,00 | 0,00 | | | | |
| Heizöl | 101,33 | 98,97 | | | | |
| Pellets | 101,86 | 99,81 | | | | |
| Spaltholz | 93,79 | 0,00 | | | | |
| Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |

9.7.1.8 Einstreu Autark

Anlagenneubau

| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------|---------------|---------------------|-----------|
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 29935 | 56639 | 10782 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 25697 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3891 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 268664 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 3291 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 4552 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,55 | 870065 | 1571699 | 256637 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,88 | 98,97 | 0,00 | 639019 | 462784 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 99,98 | 98,56 | | 114143 | 0 | |
| Scheitholz | 98,69 | 0,00 | | 87074 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie | |
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie | | | | |
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 | | | | |
| Gas | 85,76 | 57,00 | | | | |
| Biogas | 0,00 | 0,00 | | | | |
| Heizöl | 101,59 | 98,97 | | | | |
| Pellets | 97,18 | 98,56 | | | | |
| Spaltholz | 93,79 | 0,00 | | | | |
| Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |

9.7.2 RBK

9.7.2.1 Basisszenario

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 44941 | 25786 | 4794 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durchschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 9597 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3242 | | |
| Durchschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 266100 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durchschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 21584 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 2206 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,54 | 1304846 | 716519 | 109767 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durchschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,95 | 98,97 | 0,00 | 420796 | 458377 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durchschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durchschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 99,98 | 98,56 | | 95484 | 0 | |
| Scheitholz | 99,00 | 0,00 | | 40822 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 |
| Gas | 85,76 | 56,99 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,35 | 98,97 |
| Pellets | 81,55 | 98,56 |

| | | |
|--------------|-------|--------|
| Spaltholz | 93,93 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.2.2 Energie +20%

| Anlagenneubau | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------|---------------|---------------------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 116,06 | 81,40 | 62,47 | 44941 | 25786 | 631 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 116,06 | 81,40 | 62,47 | | | |
| Heizölverbrennung | 138,96 | 136,43 | 0,00 | 9223 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 104,18 | | | 2314 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3242 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 65,08 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 34,44 | | | 13054 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 111,29 | | 0 | 266100 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 111,29 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 21584 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 2206 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 101,92 | 67,35 | 60,62 | 1304846 | 716519 | 100876 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 120,65 | 118,24 | 0,00 | 418857 | 458377 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 115,90 | 114,06 | | 95484 | 0 | |
| Scheitholz | 118,94 | 0,00 | | 40822 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie | |
| [€/MWh] | 60,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,44 | |
| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie | | | | |
| Fernwärme | 57,65 | 57,65 | | | | |
| Gas | 102,39 | 67,84 | | | | |

| | | |
|--------------|--------|--------|
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 121,04 | 118,24 |
| Pellets | 94,53 | 114,06 |
| Spaltholz | 112,84 | 0,00 |
| Solarthermie | 65,08 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 111,29 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.2.3 Energie -20%

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 82,81 | 59,70 | 41,55 | 44941 | 25786 | 4794 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 82,81 | 59,70 | 41,55 | | | |
| Heizölverbrennung | 99,59 | 97,90 | 0,00 | 18527 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3242 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 0,00 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 2206 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 68,67 | 45,66 | 40,49 | 1304846 | 716519 | 109767 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 80,91 | 79,04 | 0,00 | 489433 | 614391 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 82,43 | 80,74 | | 39502 | 0 | |
| Scheitholz | 78,91 | 0,00 | | 40822 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie | |
| [€/MWh] | 40,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |

| Wärmegestehungs- kosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|------------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 40,53 | 40,53 |
| Gas | 69,14 | 46,15 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 81,59 | 79,04 |
| Pellets | 82,43 | 80,74 |
| Spaltholz | 74,87 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 0,00 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.2.4 EEG 50

| Anlagenneubau | | | | | | |
|----------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 52,41 | 44941 | 25786 | 631 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 52,41 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 9597 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3242 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 34,44 | | | 13054 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 266100 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 21584 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 2206 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,57 | 1304846 | 716519 | 100876 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,95 | 98,97 | 0,00 | 420796 | 458377 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 81,17 | 79,75 | | 95484 | 0 | |
| Scheitholz | 80,25 | 0,00 | | 40822 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 50,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,44 |
| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie | | | |
| Fernwärme | 48,74 | 48,74 | | | |
| Gas | 85,76 | 56,99 | | | |
| Biogas | 0,00 | 0,00 | | | |
| Heizöl | 101,35 | 98,97 | | | |
| Pellets | 66,20 | 79,75 | | | |
| Spaltholz | 76,14 | 0,00 | | | |
| Solarthermie | 37,17 | | | | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | |

9.7.2.5 EEG 00

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 52,41 | 44941 | 25786 | 631 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 52,41 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 1872 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3242 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 34,44 | | | 13054 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 266100 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 40259 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 2206 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,57 | 1304846 | 716519 | 100876 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 101,01 | 98,97 | 0,00 | 409847 | 458377 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 94,37 | 92,95 | | 95484 | 0 | |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------|---------------|---------------------|---|
| Scheitholz | 98,69 | 0,00 | | 40822 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie | |
| [€/MWh] | 50,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,44 | |
| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie | | | | |
| Fernwärme | 48,74 | 48,74 | | | | |
| Gas | 85,76 | 6,99 | | | | |
| Biogas | 0,00 | 0,00 | | | | |
| Heizöl | 101,10 | 98,97 | | | | |
| Pellets | 66,38 | 92,95 | | | | |
| Spaltholz | 93,63 | 0,00 | | | | |
| Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |

9.7.2.6 Vieh 70

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 44941 | 25786 | 4794 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durchschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 9744 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3242 | | |
| Durchschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 266100 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durchschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 21229 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 2206 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,54 | 1304846 | 716519 | 109767 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durchschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,94 | 98,97 | 0,00 | 421004 | 458377 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durchschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durchschnitt | | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------|-------|-------|------|-------|---|---|
| Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 99,98 | 98,56 | | 95484 | 0 | |
| Scheitholz | 99,00 | 0,00 | | 40822 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| | | | | | |
|------------------|------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------|
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|
| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 |
| Gas | 85,76 | 56,99 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,36 | 98,97 |
| Pellets | 81,80 | 98,56 |
| Spaltholz | 93,93 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.2.7 Kraftfutter autark

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,76 | 44941 | 25786 | 4309 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durchschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,76 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 18527 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3242 | | |
| Durchschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 266100 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durchschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 2206 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,56 | 1304846 | 716519 | 104907 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durchschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,59 | 98,97 | 0,00 | 489433 | 458377 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durchschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe | | | | | | |

| | | | | | |
|--|-----------------|------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------|
| Luft/Wasser 10kW | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | |
| Holzpellets | 101,92 | 99,81 | | 39502 | 0 |
| Scheitholz | 100,25 | 0,00 | | 40822 | 0 |
| Biogas CHP/GT | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | 0 |
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solar- thermie |
| [€/MWh] | 50,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wärmegestehungs- kosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie | | | |
| Fernwärme | 48,24 | 48,24 | | | |
| Gas | 85,76 | 56,99 | | | |
| Biogas | 0,00 | 0,00 | | | |
| Heizöl | 101,28 | 98,97 | | | |
| Pellets | 101,92 | 99,81 | | | |
| Spaltholz | 95,11 | 0,00 | | | |
| Solarthermie | 37,17 | | | | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | |

9.7.2.8 Einstreu Autark

| Anlagenneubau | | | | | | |
|----------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 44941 | 25786 | 4794 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 18527 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 3242 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 266100 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 2206 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,54 | 1304846 | 716519 | 109767 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,81 | 98,97 | 0,00 | 445215 | 458377 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |

| | | | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|------|-------|---|---|
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 99,92 | 99,56 | | 83720 | 0 | |
| Scheitholz | 89,32 | 0,00 | | 40822 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| | | | | | |
|------------------|------------|---------------|-------------------------------|---------------|---------------------------|
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solar- thermie |
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|--|-----------------|------------------|
| Wärmegestehungs- kosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 |
| Gas | 85,76 | 56,99 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,55 | 98,97 |
| Pellets | 99,92 | 99,56 |
| Spaltholz | 84,74 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.3 Gesamtregion

9.7.3.1 Basisszenario

| Anlagenneubau | | | | | | |
|----------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 74876 | 82425 | 15578 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 26274 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 7133 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 534764 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 46678 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 6759 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,55 | 2174907 | 2288223 | 366402 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------|--------|-------|------|---------|--------|---|
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,94 | 98,97 | 0,00 | 1047030 | 921160 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 96,16 | 94,73 | | 209627 | 0 | |
| Scheitholz | 99,00 | 0,00 | | 127896 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 |
| Gas | 85,76 | 57,00 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,39 | 98,97 |
| Pellets | 78,64 | 94,73 |
| Spaltholz | 94,03 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.3.2 Energie +20%

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 116,06 | 81,40 | 62,47 | 74876 | 82425 | 1223 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 116,06 | 81,40 | 62,47 | | | |
| Heizölverbrennung | 138,96 | 136,43 | 0,00 | 25450 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 104,18 | | | 5091 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 7133 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 65,08 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 34,44 | | | 43873 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 111,29 | | 0 | 534764 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 111,29 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 46678 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 6759 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |

| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Gas Verbrennung | 101,92 | 67,36 | 60,63 | 2174907 | 2288223 | 336884 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 120,64 | 118,24 | 0,00 | 1042764 | 921160 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 115,90 | 114,06 | | 209627 | 0 | |
| Scheitholz | 118,94 | 0,00 | | 127896 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 60,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,44 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 57,62 | 57,62 |
| Gas | 102,39 | 67,84 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 121,07 | 118,24 |
| Pellets | 94,79 | 114,06 |
| Spaltholz | 112,97 | 0,00 |
| Solarthermie | 65,08 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 111,29 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.3.3 Energie -20%

| | Anlagenneubau | | | | | |
|-------------------------------|---------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 82,81 | 59,70 | 41,55 | 74876 | 82425 | 15578 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 82,81 | 59,70 | 41,55 | | | |
| Heizölverbrennung | 99,59 | 97,90 | 0,00 | 48381 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 7133 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 0,00 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 0 | 6759 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |

| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 68,67 | 45,66 | 40,49 | 2174907 | 2288223 | 366402 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 80,97 | 79,04 | 0,00 | 1178794 | 1230731 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 81,56 | 80,55 | | 109194 | 0 | |
| Scheitholz | 79,38 | 0,00 | | 127896 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 51,25 | | | 2 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 40,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 40,53 | 40,53 |
| Gas | 69,14 | 46,15 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 81,70 | 79,04 |
| Pellets | 81,56 | 80,55 |
| Spaltholz | 79,38 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 0,00 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.3.4 EEG 50

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 52,41 | 74876 | 82425 | 1223 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 52,41 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 26132 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 7133 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 34,44 | | | 43873 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 534764 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |

| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 47021 | 0 | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 6759 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,57 | 2174907 | 2288223 | 336884 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,94 | 98,97 | 0,00 | 1046830 | 921160 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 96,16 | 94,73 | | 209627 | 0 | |
| Scheitholz | 106,97 | 0,00 | | 127896 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 50,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,44 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 48,72 | 48,72 |
| Gas | 85,76 | 57,00 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,38 | 98,97 |
| Pellets | 78,54 | 94,73 |
| Spaltholz | 101,60 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.3.5 EEG 00

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 52,41 | 74876 | 82425 | 1223 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 52,41 | | | |
| Heizölverbrennung | 0,00 | 117,17 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 7133 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 34,44 | | | 43873 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 534764 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |

| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 111032 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 5916 | 843 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,57 | 2174907 | 2288223 | 336884 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 101,03 | 98,98 | 0,00 | 1009794 | 920842 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 94,37 | 92,95 | | 209627 | 0 | |
| Scheitholz | 98,69 | 0,00 | | 127896 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 50,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,44 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 48,72 | 48,72 |
| Gas | 85,76 | 57,00 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,03 | 98,98 |
| Pellets | 61,69 | 92,95 |
| Spaltholz | 94,33 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.3.6 Vieh 70

| Anlagenneubau | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 74876 | 82425 | 15578 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 26886 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 7133 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------|---------------|---------------------|-----------|
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 534764 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 45199 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 6759 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,55 | 2174907 | 2288223 | 366402 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,93 | 98,97 | 0,00 | 1047898 | 921160 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 96,16 | 94,73 | | 209627 | 0 | |
| Scheitholz | 99,00 | 0,00 | | 127896 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie | |
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie | | | | |
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 | | | | |
| Gas | 85,76 | 57,00 | | | | |
| Biogas | 0,00 | 0,00 | | | | |
| Heizöl | 101,39 | 98,97 | | | | |
| Pellets | 79,10 | 94,73 | | | | |
| Spaltholz | 94,03 | 0,00 | | | | |
| Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |

9.7.3.7 Kraftfutter autark

| Anlagenneubau | | | | | | |
|--------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 74876 | 82425 | 15578 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 45585 | 0 | 0 |
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 7133 | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 534764 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 6759 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,55 | 2174907 | 2288223 | 366402 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,63 | 98,97 | 0,00 | 1191837 | 921160 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 101,73 | 99,81 | | 92189 | 0 | |
| Scheitholz | 99,00 | 0,00 | | 127896 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 65,20 | | | 2 |

| | | | | | |
|------------------|------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------|
| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|
| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 |
| Gas | 85,76 | 57,00 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,32 | 98,97 |
| Pellets | 101,73 | 99,81 |
| Spaltholz | 94,03 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.7.3.8 Einstreu Autark

| | | | | | | |
|----------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Anlagenneubau | | | | | | |
| | [€/MWh] | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 99,43 | 70,55 | 51,61 | 74876 | 82425 | 15578 |
| Gas CHP/MGT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Durschnitt Gas | 99,43 | 70,55 | 51,61 | | | |
| Heizölverbrennung | 119,28 | 117,17 | 0,00 | 45585 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Solarthermie 8kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 100kW | 0,00 | | | 0 | | |
| Solarthermie 300kW | 37,17 | | | 7133 | | |
| Durschnitt Solarthermie | 37,17 | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | 0,00 | | | 0 |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | 0,00 | 101,61 | | 0 | 534764 | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Durschnitt Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 | | | | |
| Wärmedämmung | 0,00 | | | | | |
| Holzpellets | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | |
| Scheitholz | 0,00 | 0,00 | | 6759 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | |
| Bestandsanlagen | | | | | | |
| [€/MWh] | | | | [MWh] | | |
| | Haushalt | Industrie | Fernwärme | Haushalt | Industrie | Fernwärme |
| Gas Verbrennung | 85,29 | 56,51 | 50,55 | 2174907 | 2288223 | 366402 |
| Gas CHP/MGT | | | | | | |
| Durschnitt Gas | | | | | | |
| Heizölverbrennung | 100,85 | 98,97 | 0,00 | 1082872 | 921160 | 0 |
| Solarthermie 8kW | | | | | | |
| Solarthermie 100kW | | | | | | |
| Solarthermie 300kW | | | | | | |
| Durschnitt Solarthermie | | | | | | |
| Solarthermie 300kW Freifläche | | | | | | |
| Wärmepumpe Luft/Wasser 10kW | | | | | | |
| Wärmepumpe Sole/Wasser 10kW | | | | | | |
| Durschnitt Wärmepumpe | | | | | | |
| Wärmedämmung | | | | | | |
| Holzpellets | 99,78 | 99,56 | | 201154 | 0 | |
| Scheitholz | 98,69 | 0,00 | | 127896 | 0 | |
| Biogas CHP/GT | | | | | | |
| Prozesswärme | | | 0,00 | | | 0 |

| Fernwärme | Gas | Biogas | Biomasse / Abwärme | Heizöl | Solarthermie |
|-----------|-------|--------|--------------------|--------|--------------|
| [€/MWh] | 50,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Wärmegestehungskosten [€/MWh] | Haushalt | Industrie |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Fernwärme | 50,59 | 50,59 |
| Gas | 85,76 | 57,00 |
| Biogas | 0,00 | 0,00 |
| Heizöl | 101,60 | 98,97 |
| Pellets | 99,78 | 99,56 |
| Spaltholz | 93,74 | 0,00 |
| Solarthermie | 37,17 | |
| Wärmepumpe | 0,00 | 101,61 |
| Wärmedämmung | 0,00 | |

9.8 Wärmeerzeugung nach Kategorie

9.8.1 OBK

9.8.1.1 Basisszenario

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | Summe |
| Central | 157831 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157831 |
| Gasgrid | 0 | 900000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 900000 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 658397 | 123751 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 1001211 |
| Menge absolut | 157831 | 900000 | 0 | 658397 | 123751 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 2059042 |
| %Menge | 7,67% | 43,71% | 0,00% | 31,98% | 6,01% | 4,45% | 0,19% | 0,00% | 6,00% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | Summe |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Central | 109588 | 237998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 347586 |
| Gasgrid | 0 | 1390344 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1390344 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 750882 |
| Menge absolut | 109588 | 1628342 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 2488812 |
| Mengenanteil | 4,40% | 65,43% | 0,00% | 19,38% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 10,79% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 267419 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 267419 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampferzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|----------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 23908 | 0 | 0 | 24768 | 0 | 0 | 130655 | 179331 |
| %Menge | 13,33% | 0,00% | 0,00% | 13,81% | 0,00% | 0,00% | 72,86% | 100,00% |

9.8.1.2 Energie +20%

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | Summe |
| Central | 157831 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157831 |
| Gasgrid | 0 | 900000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 900000 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 640134 | 139237 | 91627 | 6668 | 0 | 123545 | 1001211 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Menge absolut | 157831 | 900000 | 0 | 640134 | 139237 | 91627 | 6668 | 0 | 123545 | 2059042 |
| %Menge | 7,67% | 43,71% | 0,00% | 31,09% | 6,76% | 4,45% | 0,32% | 0,00% | 6,00% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Central | 109588 | 237998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 347586 |
| Gasgrid | 0 | 1390344 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1390344 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 750882 |
| Menge absolut | 109588 | 1628342 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 2488812 |
| Mengenanteil | 4,40% | 65,43% | 0,00% | 19,38% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 10,79% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|--------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 236600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30819 | 267419 |
| %Menge | 88,48% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 11,52% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampferzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|----------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 53557 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 130655 | 184212 |
| %Menge | 29,07% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 70,93% | 100,00% |

9.8.1.3 Energie -20%

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | Summe |
| Central | 157831 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157831 |
| Gasgrid | 0 | 900000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 900000 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 702547 | 79603 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 1001212 |
| Menge absolut | 157831 | 900000 | 0 | 702547 | 79603 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 2059043 |
| %Menge | 7,67% | 43,71% | 0,00% | 34,12% | 3,87% | 4,45% | 0,19% | 0,00% | 6,00% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Central | 109588 | 237998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 347586 |
| Gasgrid | 0 | 1390344 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1390344 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 750882 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 750882 |
| Menge absolut | 109588 | 1628342 | 0 | 750882 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2488812 |
| Mengenanteil | 4,40% | 65,43% | 0,00% | 30,17% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 267419 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 267419 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 0 | 0 | 1 | 34979 | 0 | 0 | 130655 | 165635 |
| %Menge | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 21,12% | 0,00% | 0,00% | 78,88% | 100,00% |

9.8.1.4 EEG 50

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
| Central | 157831 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157831 |
| Gasgrid | 0 | 900000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 900000 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 641722 | 140427 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 1001212 |
| Menge absolut | 157831 | 900000 | 0 | 641722 | 140427 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 2059043 |
| %Menge | 7,67% | 43,71% | 0,00% | 31,17% | 6,82% | 4,45% | 0,19% | 0,00% | 6,00% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Central | 109588 | 237998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 347586 |
| Gasgrid | 0 | 1390344 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1390344 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 750882 |
| Menge absolut | 109588 | 1628342 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 2488812 |
| Mengenanteil | 4,40% | 65,43% | 0,00% | 19,38% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 10,79% | 0,00% | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|--------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 236600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30819 | 267419 |
| %Menge | 88,48% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 11,52% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 52017 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 104775 | 156791 |
| %Menge | 33,18% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 66,82% | 100,00% |

9.8.1.5 EEG 00

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | Summe |
| Central | 157831 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157831 |
| Gasgrid | 0 | 900000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 900000 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 605297 | 176852 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 1001212 |
| Menge absolut | 157831 | 900000 | 0 | 605297 | 176852 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 2059043 |
| %Menge | 7,67% | 43,71% | 0,00% | 29,40% | 8,59% | 4,45% | 0,19% | 0,00% | 6,00% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | Summe |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------|
| Central | 109588 | 237998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 347586 |
| Gasgrid | 0 | 1390344 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1390344 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 750882 |
| Menge absolut | 109588 | 1628342 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 2488812 |
| Mengenanteil | 4,40% | 65,43% | 0,00% | 19,38% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 10,79% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|--------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 236600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30819 | 267419 |
| %Menge | 88,48% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 11,52% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf-erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|-----------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|-------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 0 | 0 | 4884 | 0 | 0 | 102124 | 0 | 107009 |
| %Menge | 0,00% | 0,00% | 4,56% | 0,00% | 0,00% | 95,44% | 0,00% | 100,00% |

9.8.1.6 Vieh 70

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | Summe |
| Central | 157831 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157831 |
| Gasgrid | 0 | 900000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 900000 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 659522 | 122627 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 1001212 |
| Menge absolut | 157831 | 900000 | 0 | 659522 | 122627 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 2059043 |
| %Menge | 7,67% | 43,71% | 0,00% | 32,03% | 5,96% | 4,45% | 0,19% | 0,00% | 6,00% | 100,00% |

| | | | | | | | | | | |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 0 | 0 | 41398 | 0 | 0 | 0 | 127127 | 168525 |
| %Menge | 0,00% | 0,00% | 24,56% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 75,44% | 100,00% |

9.8.1.8 Einstreu Autark

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
| Central | 157831 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 157831 |
| Gasgrid | 0 | 900000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 900000 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 664715 | 117434 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 1001211 |
| Menge absolut | 157831 | 900000 | 0 | 664715 | 117434 | 91627 | 3891 | 0 | 123545 | 2059042 |
| %Menge | 7,67% | 43,71% | 0,00% | 32,28% | 5,70% | 4,45% | 0,19% | 0,00% | 6,00% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Central | 109588 | 237998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 347586 |
| Gasgrid | 0 | 1390344 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1390344 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 750882 |
| Menge absolut | 109588 | 1628342 | 0 | 482218 | 0 | 0 | 0 | 268664 | 0 | 2488812 |
| Mengenanteil | 4,40% | 65,43% | 0,00% | 19,38% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 10,79% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 267419 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 267419 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 46684 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 130655 | 177340 |
| %Menge | 26,32% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 73,68% | 100,00% |

9.8.2 RBK

9.8.2.1 Basisszenario

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|---|---------|
| Gasgrid | 0 | 632009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 632009 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 743722 |
| Menge absolut | 47707 | 742305 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 1533734 |
| Mengenanteil | 3,11% | 48,40% | 0,00% | 31,14% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 17,35% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|--------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 101507 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13054 | 114561 |
| %Menge | 88,61% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 11,39% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 41471 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61752 | 103223 |
| %Menge | 40,18% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 59,82% | 100,00% |

9.8.2.3 Energie -20%

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
| Central | 66854 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66854 |
| Gasgrid | 0 | 1349786 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1349786 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 507960 | 39502 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 722581 |
| Menge absolut | 66854 | 1349786 | 0 | 507960 | 39502 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 2139221 |
| %Menge | 3,13% | 63,10% | 0,00% | 23,75% | 1,85% | 2,01% | 0,15% | 0,00% | 6,02% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Central | 47707 | 110296 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 158003 |
| Gasgrid | 0 | 632009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 632009 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 743722 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 743722 |
| Menge absolut | 47707 | 742305 | 0 | 743722 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1533734 |
| Mengenanteil | 3,11% | 48,40% | 0,00% | 48,49% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 114561 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 114561 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-----|-------------|-------|-------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 17932 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61752 | 79684 |

| | | | | | | | | |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| %Menge | 22,50% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 77,50% | 100,00% |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|

9.8.2.4 EEG 50

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | Summe |
| Central | 66854 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66854 |
| Gasgrid | 0 | 1349786 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1349786 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 430394 | 117068 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 722582 |
| Menge absolut | 66854 | 1349786 | 0 | 430394 | 117068 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 2139222 |
| %Menge | 3,13% | 63,10% | 0,00% | 20,12% | 5,47% | 2,01% | 0,15% | 0,00% | 6,02% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | Summe |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Central | 47707 | 110296 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 158003 |
| Gasgrid | 0 | 632009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 632009 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 743722 |
| Menge absolut | 47707 | 742305 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 1533734 |
| Mengenanteil | 3,11% | 48,40% | 0,00% | 31,14% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 17,35% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|--------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 101507 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13054 | 114561 |
| %Menge | 88,61% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 11,39% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampferzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|----------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 41471 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61752 | 103223 |
| %Menge | 40,18% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 59,82% | 100,00% |

9.8.2.5 EEG 00

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | Summe |
| Central | 66854 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66854 |
| Gasgrid | 0 | 1349786 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1349786 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 411719 | 135743 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 722581 |
| Menge absolut | 66854 | 1349786 | 0 | 411719 | 135743 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 2139221 |

| | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------|------------|---------------|-----------|----------------|------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------|
| %Menge | 3,13% | 63,10% | 0,00% | 19,25% | 6,35% | 2,01% | 0,15% | 0,00% | 6,02% | 100,00% |
| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | |
| Central | 47707 | 110296 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 158003 |
| Gasgrid | 0 | 632009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 632009 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 743722 |
| Menge absolut | 47707 | 742305 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 1533734 |
| Mengenanteil | 3,11% | 48,40% | 0,00% | 31,14% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 17,35% | | 100,00% |

| | | | | | | | | | |
|------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|----------------------|------------|-----------|---------------------|--------------|
| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 101507 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13054 | 114561 |
| %Menge | 88,61% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 11,39% | 100,00% |

| | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|------------|--------------------|------------|--------------|
| Prozesswärme | Dampf-erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 0 | 0 | 4417 | 0 | 0 | 77211 | 0 | 81628 |
| %Menge | 0,00% | 0,00% | 5,41% | 0,00% | 0,00% | 94,59% | 0,00% | 100,00% |

9.8.2.6 Vieh 70

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|------------|---------------|---------------|----------------|------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------|
| [MWh] | | | | | | | | | | |
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | Summe |
| Central | 66854 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66854 |
| Gasgrid | 0 | 1349786 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1349786 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 430748 | 116713 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 722581 |
| Menge absolut | 66854 | 1349786 | 0 | 430748 | 116713 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 2139221 |
| %Menge | 3,13% | 63,10% | 0,00% | 20,14% | 5,46% | 2,01% | 0,15% | 0,00% | 6,02% | 100,00% |

| | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------|------------|---------------|-----------|----------------|------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------|
| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | |
| Central | 47707 | 110296 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 158003 |
| Gasgrid | 0 | 632009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 632009 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 743722 |
| Menge absolut | 47707 | 742305 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 1533734 |
| Mengenanteil | 3,11% | 48,40% | 0,00% | 31,14% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 17,35% | | 100,00% |

| | | | | | | | | | |
|------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|----------------------|------------|-----------|---------------------|--------------|
| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 114561 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 114561 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|---------|
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |
| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe | |
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | | |
| Menge absolut | 41930 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69475 | 111405 | |
| %Menge | 37,64% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 62,36% | 100,00% | |

9.8.2.7 Kraftfutter autark

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
| Central | 66854 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66854 |
| Gasgrid | 0 | 1349786 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1349786 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 507960 | 39502 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 722581 |
| Menge absolut | 66854 | 1349786 | 0 | 507960 | 39502 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 2139221 |
| %Menge | 3,13% | 63,10% | 0,00% | 23,75% | 1,85% | 2,01% | 0,15% | 0,00% | 6,02% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Central | 47707 | 110296 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 158003 |
| Gasgrid | 0 | 632009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 632009 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 743722 |
| Menge absolut | 47707 | 742305 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 1533734 |
| Mengenanteil | 3,11% | 48,40% | 0,00% | 31,14% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 17,35% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|--------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 109217 | 0 | 2099 | 0 | 3245 | 0 | 0 | 0 | 114561 |
| %Menge | 95,33% | 0,00% | 1,83% | 0,00% | 2,83% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 13443 | 0 | 0 | 5011 | 0 | 0 | 50645 | 69099 |
| %Menge | 19,45% | 0,00% | 0,00% | 7,25% | 0,00% | 0,00% | 73,29% | 100,00% |

9.8.2.8 Einstreu Autark

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-----|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|-------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Central | 66854 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66854 |
| Gasgrid | 0 | 1349786 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1349786 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 463742 | 83720 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 722582 |
| Menge absolut | 66854 | 1349786 | 0 | 463742 | 83720 | 43028 | 3242 | 0 | 128849 | 2139222 |
| %Menge | 3,13% | 63,10% | 0,00% | 21,68% | 3,91% | 2,01% | 0,15% | 0,00% | 6,02% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Central | 47707 | 110296 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 158003 |
| Gasgrid | 0 | 632009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 632009 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 743722 |
| Menge absolut | 47707 | 742305 | 0 | 477622 | 0 | 0 | 0 | 266100 | 0 | 1533734 |
| Mengenanteil | 3,11% | 48,40% | 0,00% | 31,14% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 17,35% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 114561 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 114561 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampferzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|----------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 30959 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61752 | 92711 |
| %Menge | 33,39% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 66,61% | 100,00% |

9.8.3 Gesamtregion

9.8.3.1 Basisszenario

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | Summe |
| Central | 224685 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224685 |
| Gasgrid | 0 | 2249789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2249789 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 1073305 | 256305 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 1723792 |
| Menge absolut | 224685 | 2249789 | 0 | 1073305 | 256305 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 4198266 |
| %Menge | 5,35% | 53,59% | 0,00% | 25,57% | 6,11% | 3,21% | 0,17% | 0,00% | 6,01% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | |
|-----------|-----------|---------|--------|----|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Central | 157295 | 348293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 505588 |
| Gasgrid | 0 | 2022358 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2022358 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|---|---------|
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 1494604 |
| Menge absolut | 157295 | 2370651 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 4022550 |
| Mengenanteil | 3,91% | 58,93% | 0,00% | 23,86% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 13,29% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 381980 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 381980 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 95027 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 192407 | 287435 |
| %Menge | 33,06% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 66,94% | 100,00% |

9.8.3.2 Energie +20%

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
| Central | 224685 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224685 |
| Gasgrid | 0 | 2249789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2249789 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 1068213 | 256305 | 134655 | 12224 | 0 | 252394 | 1723792 |
| Menge absolut | 224685 | 2249789 | 0 | 1068213 | 256305 | 134655 | 12224 | 0 | 252394 | 4198266 |
| %Menge | 5,35% | 53,59% | 0,00% | 25,44% | 6,11% | 3,21% | 0,29% | 0,00% | 6,01% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Central | 157295 | 348293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 505588 |
| Gasgrid | 0 | 2022358 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2022358 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 1494604 |
| Menge absolut | 157295 | 2370651 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 4022550 |
| Mengenanteil | 3,91% | 58,93% | 0,00% | 23,86% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 13,29% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|--------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 338108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43873 | 381980 |
| %Menge | 88,51% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 11,49% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-----|-------------|--------|--------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 95027 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 192407 | 287435 |

| | | | | | | | | |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| %Menge | 33,06% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 66,94% | 100,00% |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|

9.8.3.3 Energie -20%

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | Summe |
| Central | 224685 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224685 |
| Gasgrid | 0 | 2249789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2249789 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 1227175 | 109194 | 127896 | 7133 | 0 | 252394 | 1723793 |
| Menge absolut | 224685 | 2249789 | 0 | 1227175 | 109194 | 127896 | 7133 | 0 | 252394 | 4198267 |
| %Menge | 5,35% | 53,59% | 0,00% | 29,23% | 2,60% | 3,05% | 0,17% | 0,00% | 6,01% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | Summe |
|---------------|-----------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------|
| Central | 157295 | 348293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 505588 |
| Gasgrid | 0 | 2022358 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2022358 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 1487845 | 0 | 6759 | 0 | 0 | 0 | 1494604 |
| Menge absolut | 157295 | 2370651 | 0 | 1487845 | 0 | 6759 | 0 | 0 | 0 | 4022550 |
| Mengenanteil | 3,91% | 58,93% | 0,00% | 36,99% | 0,00% | 0,17% | 0,00% | 0,00% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|-------|-----------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK | Vergasung | | | |
| Menge absolut | 381980 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 381980 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf-erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|-----------------|----------|-------------|-----------|-------|--------|-------------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung | KWK | ORC | Verbrennung | |
| Menge absolut | 0 | 0 | 2 | 50248 | 0 | 0 | 192407 | 242657 |
| %Menge | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 20,71% | 0,00% | 0,00% | 79,29% | 100,00% |

9.8.3.4 EEG 50

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | Summe |
| Central | 224685 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224685 |
| Gasgrid | 0 | 2249789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2249789 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 1072962 | 256648 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 1723792 |
| Menge absolut | 224685 | 2249789 | 0 | 1072962 | 256648 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 4198266 |
| %Menge | 5,35% | 53,59% | 0,00% | 25,56% | 6,11% | 3,21% | 0,17% | 0,00% | 6,01% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Central | 157295 | 348293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 505588 |
| Gasgrid | 0 | 2022358 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2022358 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 1494604 |
| Menge absolut | 157295 | 2370651 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 4022550 |
| Mengenanteil | 3,91% | 58,93% | 0,00% | 23,86% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 13,29% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|--------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 338108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43873 | 381980 |
| %Menge | 88,51% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 11,49% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampferzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|----------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 94584 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 184961 | 279546 |
| %Menge | 33,84% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 66,16% | 100,00% |

9.8.3.5 EEG 00

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | Summe |
| Central | 224685 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224685 |
| Gasgrid | 0 | 2249789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2249789 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 1009795 | 320659 | 133812 | 7133 | 0 | 252394 | 1723792 |
| Menge absolut | 224685 | 2249789 | 0 | 1009795 | 320659 | 133812 | 7133 | 0 | 252394 | 4198266 |
| %Menge | 5,35% | 53,59% | 0,00% | 24,05% | 7,64% | 3,19% | 0,17% | 0,00% | 6,01% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärmepumpe | Wärmedämmung | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|------------|--------------|---------|
| Central | 157295 | 348293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 505588 |
| Gasgrid | 0 | 2022358 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2022358 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 958997 | 0 | 843 | 0 | 534764 | 0 | 1494604 |
| Menge absolut | 157295 | 2370651 | 0 | 958997 | 0 | 843 | 0 | 534764 | 0 | 4022550 |
| Mengenanteil | 3,91% | 58,93% | 0,00% | 23,84% | 0,00% | 0,02% | 0,00% | 13,29% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|--------|-------------|-----|-------------|---------------|-----|----|--------------|--------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 338108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43873 | 381980 |

| | | | | | | | | | |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| %Menge | 88,51% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 11,49% | 100,00% |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|-------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 0 | 0 | 11760 | 0 | 0 | 179336 | 0 | 191096 |
| %Menge | 0,00% | 0,00% | 6,15% | 0,00% | 0,00% | 93,85% | 0,00% | 100,00% |

9.8.3.6 Vieh 70

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
| Central | 224685 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224685 |
| Gasgrid | 0 | 2249789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2249789 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 1074784 | 254826 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 1723792 |
| Menge absolut | 224685 | 2249789 | 0 | 1074784 | 254826 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 4198266 |
| %Menge | 5,35% | 53,59% | 0,00% | 25,60% | 6,07% | 3,21% | 0,17% | 0,00% | 6,01% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|---------|
| Central | 157295 | 348293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 505588 |
| Gasgrid | 0 | 2022358 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2022358 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 1494604 |
| Menge absolut | 157295 | 2370651 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 4022550 |
| Mengenanteil | 3,91% | 58,93% | 0,00% | 23,86% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 13,29% | 0,00% | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 381980 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 381980 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 96942 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224590 | 321532 |
| %Menge | 30,15% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 69,85% | 100,00% |

9.8.3.7 Kraftfutter autark

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-----|--------|--------|---------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|--------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme- pumpe | Wärme- dämmung | Summe |
| Central | 224685 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224685 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|---------|-------|---------|-------|--------|-------|-------|--------|---------|
| Gasgrid | 0 | 2249789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2249789 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 1237421 | 92189 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 1723792 |
| Menge absolut | 224685 | 2249789 | 0 | 1237421 | 92189 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 4198266 |
| %Menge | 5,35% | 53,59% | 0,00% | 29,47% | 2,20% | 3,21% | 0,17% | 0,00% | 6,01% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------|
| Central | 157295 | 348293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 505588 |
| Gasgrid | 0 | 2022358 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2022358 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 1494604 |
| Menge absolut | 157295 | 2370651 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 4022550 |
| Mengenanteil | 3,91% | 58,93% | 0,00% | 23,86% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 13,29% | | 100,00% |

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 381980 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 381980 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf-erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|-----------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 43920 | 0 | 19771 | 0 | 0 | 0 | 177660 | 241350 |
| %Menge | 18,20% | 0,00% | 8,19% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 73,61% | 100,00% |

9.8.3.8 Einstreu Autark

| [MWh] | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------|
| Haushalt | Fernwärme | Gas | Biogas | Heizöl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | Summe |
| Central | 224685 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 224685 |
| Gasgrid | 0 | 2249789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2249789 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 1128456 | 201154 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 1723792 |
| Menge absolut | 224685 | 2249789 | 0 | 1128456 | 201154 | 134655 | 7133 | 0 | 252394 | 4198266 |
| %Menge | 5,35% | 53,59% | 0,00% | 26,88% | 4,79% | 3,21% | 0,17% | 0,00% | 6,01% | 100,00% |

| Industrie | Fernwärme | Gas | Biogas | Öl | Pellets | Spaltholz | Solarthermie | Wärme-pumpe | Wärme-dämmung | |
|---------------|-----------|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|-------------|---------------|---------|
| Central | 157295 | 348293 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 505588 |
| Gasgrid | 0 | 2022358 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2022358 |
| Offgrid | 0 | 0 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 1494604 |
| Menge absolut | 157295 | 2370651 | 0 | 959840 | 0 | 0 | 0 | 534764 | 0 | 4022550 |

| | | | | | | | | | |
|--------------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Mengenanteil | 3,91% | 58,93% | 0,00% | 23,86% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 13,29% | 100,00% |
|--------------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|---------|

| Fernwärme | Gas | Biogas | | Biomasse | | | Öl | Solarthermie | Summe |
|---------------|---------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|-------|--------------|---------|
| | | Verbrennung | KWK | Verbrennung | KWK Vergasung | ORC | | | |
| Menge absolut | 381980 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 381980 |
| %Menge | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

| Prozesswärme | Dampf- erzeugung | Pyrolyse | Biomasse | | | Biogas | | Summe |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|-------|-------------|--------|---------|
| | | | Verbrennung | Vergasung KWK | ORC | Verbrennung | KWK | |
| Menge absolut | 77643 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 192407 | 270050 |
| %Menge | 28,75% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 71,25% | 100,00% |

9.9 Strom Erneuerbaren Energien

| Stromproduktion [MWh] | | Wind | Solar | Biogas | Biomasse |
|-----------------------|--------------------|---------|---------|--------|----------|
| OBK | Basis | 1144800 | 932266 | 14400 | 127619 |
| | Energie +20% | 1144800 | 918883 | 0 | 127619 |
| | Energie -20% | 1144800 | 932266 | 20336 | 127619 |
| | EEG 50 | 1144800 | 919259 | 0 | 102340 |
| | EEG 00 | 1144800 | 0 | 0 | 0 |
| | Vieh 70 | 1144800 | 932266 | 14400 | 151511 |
| | Kraftfutter autark | 1144800 | 932266 | 0 | 124173 |
| | Einstreu Autark | 1144800 | 932266 | 0 | 127619 |
| RBK | Basis | 64800 | 824325 | 0 | 60317 |
| | Energie +20% | 64800 | 818502 | 0 | 60317 |
| | Energie -20% | 64800 | 824325 | 0 | 60317 |
| | EEG 50 | 64800 | 818816 | 0 | 60317 |
| | EEG 00 | 64800 | 0 | 0 | 0 |
| | Vieh 70 | 64800 | 824325 | 0 | 67860 |
| | Kraftfutter autark | 64800 | 824325 | 4800 | 51519 |
| | Einstreu Autark | 64800 | 824325 | 0 | 60317 |
| Gesamt | Basis | 1209600 | 1756590 | 0 | 187936 |
| | Energie +20% | 1209600 | 1737390 | 0 | 187936 |
| | Energie -20% | 1209600 | 1756590 | 29214 | 187936 |
| | EEG 50 | 1209600 | 1738080 | 0 | 180663 |
| | EEG 00 | 1209600 | 0 | 0 | 0 |
| | Vieh 70 | 1209600 | 1756590 | 0 | 219371 |
| | Kraftfutter autark | 1209600 | 1756590 | 0 | 173531 |
| | Einstreu Autark | 1209600 | 1756590 | 0 | 187936 |

9.10 Nährstoffbilanz

| Nährstoffbilanz Stickstoff | | Bedarf [t] | Anfall [t] | Zukauf [t] | Eigendeckung | Überschuss [t] | Kosten des Zukaufs [€] | vermiedene Kosten [€] |
|----------------------------|--------------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|------------------------|-----------------------|
| OBK | Basis | 3407 | 2566 | 841 | 75% | | 1026576 | 3130521 |
| | Energie +20% | 3418 | 2566 | 852 | 75% | | 1039228 | 3130521 |
| | Energie -20% | 3457 | 2566 | 891 | 74% | | 1087609 | 3130521 |
| | EEG 50 | 3014 | 2423 | 591 | 80% | | 721091 | 2956183 |
| | EEG 00 | 2147 | 2108 | 39 | 98% | | 47506 | 2571944 |
| | Vieh 70 | 3407 | 2165 | 1241 | 64% | | 1514459 | 2641721 |
| | Kraftfutter autark | 3685 | 2040 | 1644 | 55% | | 2005790 | 2489366 |
| | Einstreu Autark | 3403 | 2566 | 837 | 75% | | 1021416 | 3130521 |
| RBK | Basis | 1493 | 1276 | 217 | 85% | | 264198 | 1556915 |
| | Energie +20% | 1493 | 1276 | 217 | 85% | | 264198 | 1556915 |
| | Energie -20% | 1771 | 1276 | 495 | 72% | | 603373 | 1556915 |
| | EEG 50 | 1493 | 1276 | 217 | 85% | | 264198 | 1556915 |
| | EEG 00 | 1134 | 1134 | | 100% | 0,3 | | 1384016 |
| | Vieh 70 | 1492 | 1058 | 434 | 71% | | 530068 | 1290754 |
| | Kraftfutter autark | 1650 | 1002 | 649 | 61% | | 791446 | 1222152 |
| | Einstreu Autark | 1470 | 1276 | 194 | 87% | | 236955 | 1556915 |
| Gesamt | Basis | 4911 | 3842 | 1068 | 78% | | 1303424 | 4687436 |
| | Energie +20% | 4911 | 3842 | 1068 | 78% | | 1303424 | 4687436 |
| | Energie -20% | 5389 | 3842 | 1547 | 71% | | 1887059 | 4687436 |
| | EEG 50 | 4794 | 3801 | 993 | 79% | | 1211896 | 4637282 |
| | EEG 00 | 3257 | 3243 | 14 | 100% | | 17105 | 3955973 |
| | Vieh 70 | 4910 | 3223 | 1686 | 66% | | 2057188 | 3932454 |
| | Kraftfutter autark | 5482 | 3294 | 2187 | 60% | | 2668421 | 4019047 |
| | Einstreu Autark | 4874 | 3842 | 1031 | 79% | | 1258369 | 4687436 |

| Nährstoffbilanz Phosphat | | Bedarf [t] | Anfall [t] | Zukauf [t] | Eigendeckung | Überschuss [t] | Kosten des Zukaufs [€] | vermiedene Kosten [€] |
|--------------------------|--------------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|------------------------|-----------------------|
| OBK | Basis | 2039 | 1932 | 108 | 95% | | 102304 | 1835114 |
| | Energie +20% | 2039 | 1932 | 108 | 95% | | 102304 | 1835114 |
| | Energie -20% | 2082 | 1932 | 150 | 93% | | 142672 | 1835114 |
| | EEG 50 | 1789 | 1865 | | 104% | 75,9 | | 1772129 |
| | EEG 00 | 1239 | 1719 | | 139% | 480,6 | | 1633325 |
| | Vieh 70 | 2039 | 1543 | 496 | 76% | | 471402 | 1466012 |
| | Kraftfutter autark | 2184 | 1511 | 673 | 69% | | 639296 | 1435213 |
| | Einstreu Autark | 2039 | 1932 | 108 | 95% | | 102304 | 1835114 |
| RBK | Basis | 830 | 1005 | | 121% | 175,3 | | 954705 |
| | Energie +20% | 830 | 1005 | | 121% | 175,3 | | 954705 |
| | Energie -20% | 1006 | 1005 | 1 | 100% | | 783 | 954706 |
| | EEG 50 | 830 | 1005 | | 121% | 175,3 | | 954705 |
| | EEG 00 | 598 | 939 | | 157% | 341,4 | | 892242 |
| | Vieh 70 | 830 | 801 | 28 | 97% | | 26943 | 761192 |
| | Kraftfutter autark | 941 | 780 | 162 | 83% | | 153491 | 740900 |
| | Einstreu Autark | 830 | 1005 | | 121% | 175,3 | | 954705 |
| Gesamt | Basis | 2869 | 2937 | | 102% | 67,7 | | 2789820 |
| | Energie +20% | 2869 | 2937 | | 102% | 67,7 | | 2789820 |
| | Energie -20% | 3177 | 2937 | 240 | 92% | | 228338 | 2789820 |
| | EEG 50 | 2797 | 2918 | | 104% | 120,5 | | 2771694 |
| | EEG 00 | 1820 | 2659 | | 146% | 838,1 | | 2525578 |
| | Vieh 70 | 2869 | 2344 | 525 | 82% | | 498360 | 2227187 |
| | Kraftfutter autark | 3184 | 2480 | 704 | 78% | | 669017 | 2355835 |
| | Einstreu Autark | 2869 | 2937 | | 102% | 67,7 | 0 | 2789820 |
| Nährstoffbilanz Kali | | Bedarf [t] | Anfall [t] | Zukauf [t] | Eigendeckung | Überschuss [t] | Kosten des Zukaufs [€] | vermiedene Kosten [€] |
| OBK | Basis | 5394 | 5026 | 368 | 93% | | 323470 | 4422933 |
| | Energie +20% | 5394 | 5026 | 368 | 93% | | 323470 | 4422933 |
| | Energie -20% | 5427 | 5026 | 401 | 93% | | 352555 | 4422933 |
| | EEG 50 | 4733 | 4733 | | 100% | | | 4164767 |
| | EEG 00 | 3276 | 4086 | | 125% | 810,2 | | 3595750 |
| | Vieh 70 | 5394 | 4217 | 1176 | 78% | | 1035047 | 3711356 |
| | Kraftfutter autark | 5522 | 3985 | 1538 | 72% | | 1353114 | 3506668 |
| | Einstreu Autark | 5394 | 5026 | 368 | 93% | | 323470 | 4422933 |
| RBK | Basis | 2194 | 2456 | 0 | 112% | 261,8 | 0 | 2161223 |
| | Energie +20% | 2194 | 2456 | 0 | 112% | 261,8 | 0 | 2161223 |
| | Energie -20% | 2331 | 2456 | 0 | 105% | 124,8 | 0 | 2161223 |
| | EEG 50 | 2194 | 2456 | 0 | 112% | 261,8 | 0 | 2161223 |
| | EEG 00 | 1551 | 2165 | 0 | 140% | 613,8 | 0 | 1905186 |
| | Vieh 70 | 2194 | 1994 | 200 | 91% | 0,0 | 176386 | 1754435 |
| | Kraftfutter autark | 2289 | 1794 | 495 | 78% | 0,0 | 435981 | 1578504 |
| | Einstreu Autark | 2194 | 2456 | 0 | 112% | 261,8 | 0 | 2161223 |
| Gesamt | Basis | 7588 | 7482 | 106 | 99% | 0,0 | 93065 | 6584151 |
| | Energie +20% | 7588 | 7482 | 106 | 99% | 0,0 | 93065 | 6584151 |
| | Energie -20% | 7827 | 7482 | 345 | 96% | 0,0 | 303878 | 6584151 |
| | EEG 50 | 7398 | 7398 | 0 | 100% | 0,0 | 0 | 6509879 |
| | EEG 00 | 4815 | 6251 | 0 | 130% | 1436,5 | 0 | 5500959 |
| | Vieh 70 | 7588 | 6211 | 1377 | 82% | 0,0 | 1211443 | 5465777 |
| | Kraftfutter autark | 7869 | 6243 | 1626 | 79% | 0,0 | 1430757 | 5493998 |
| | Einstreu Autark | 7588 | 7482 | 106 | 99% | 0,0 | 93065 | 6584151 |

9.11 Kraftfutter

| Kraftfutterbilanz | | Bedarf [t] | Zukauf [t] | Eigenproduktion | Weizen [t] | Mais [t] | Ölsaatextraktions-schrot [t] |
|-------------------|--------------|------------|------------|-----------------|------------|----------|------------------------------|
| OBK | Basis | 42971 | 42971 | | | | |
| | Energie +20% | 42971 | 42971 | | | | |
| | Energie -20% | 42971 | 41434 | | | | 1537 |
| | EEG 50 | 42971 | 42971 | | | | |
| | EEG 00 | 42971 | 42971 | | | | |
| | Vieh 70 | 30081 | 30081 | | | | |

| | | | | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | Kraftfutter autark | 20617 | | 100,0% | | 20617 |
| | Einstreu Autark | 42971 | 42971 | | | |
| RBK | Basis | 23763 | 23763 | | | |
| | Energie +20% | 23763 | 23763 | | | |
| | Energie -20% | 23763 | 17392 | 26,8% | | 6371 |
| | EEG 50 | 23763 | 23763 | | | |
| | EEG 00 | 23763 | 23184 | 2,4% | | 579 |
| | Vieh 70 | 16634 | 16634 | | | |
| | Kraftfutter autark | 14430 | | 100,0% | 14430 | |
| Einstreu Autark | 23763 | 23763 | | | | |
| Gesamt | Basis | 66735 | 66735 | | | |
| | Energie +20% | 66735 | 66735 | | | |
| | Energie -20% | 66735 | 55595 | 16,7% | | 11139 |
| | EEG 50 | 66735 | 66735 | | | |
| | EEG 00 | 66735 | 66735 | | | |
| | Vieh 70 | 46714 | 46714 | | | |
| | Kraftfutter autark | 45009 | | 100,0% | 45009 | |
| Einstreu Autark | 66735 | 66735 | | | | |

9.12 Energie aus NawaRoh

| Energiebilanz | | Primärenergie [MWh] | Stromanteil | Prozesswärme [MWh] | Heizwärme-NawaRoh | Anteil am Gesamtbedarf |
|---------------|--------------------|---------------------|-------------|--------------------|-------------------|------------------------|
| OBK | Basis | 660850 | 21,5% | 179331 | 219269 | 4,8% |
| | Energie +20% | 656307 | 19,4% | 184212 | 268350 | 5,8% |
| | Energie -20% | 601583 | 24,6% | 165635 | 175120 | 3,8% |
| | EEG 50 | 595769 | 17,2% | 156791 | 266763 | 5,8% |
| | EEG 00 | 452154 | 0,0% | 107009 | 303188 | 6,7% |
| | Vieh 70 | 718065 | 23,1% | 205246 | 218145 | 4,7% |
| | Kraftfutter autark | 515087 | 24,1% | 168525 | 143598 | 3,1% |
| | Einstreu Autark | 620857 | 20,6% | 177340 | 212952 | 4,6% |
| RBK | Basis | 393190 | 15,3% | 103223 | 163339 | 4,5% |
| | Energie +20% | 393190 | 15,3% | 103223 | 178707 | 4,9% |
| | Energie -20% | 268159 | 22,5% | 79684 | 85772 | 2,4% |
| | EEG 50 | 393190 | 15,3% | 103223 | 176393 | 4,8% |
| | EEG 00 | 312408 | 0,0% | 81628 | 195068 | 5,4% |
| | Vieh 70 | 411254 | 16,5% | 111405 | 162984 | 4,5% |
| | Kraftfutter autark | 261611 | 21,5% | 69099 | 91116 | 2,5% |
| | Einstreu Autark | 338969 | 17,8% | 92711 | 129991 | 3,6% |
| Gesamt | Basis | 1049497 | 17,9% | 287435 | 398093 | 4,8% |
| | Energie +20% | 1049497 | 17,9% | 287435 | 447057 | 5,4% |
| | Energie -20% | 872504 | 24,9% | 242657 | 250982 | 3,1% |
| | EEG 50 | 1032080 | 17,5% | 279546 | 442309 | 5,4% |
| | EEG 00 | 777437 | 0,0% | 191096 | 506320 | 6,2% |
| | Vieh 70 | 1124775 | 19,5% | 321532 | 396614 | 4,8% |
| | Kraftfutter autark | 770362 | 22,5% | 241350 | 233977 | 2,8% |
| | Einstreu Autark | 959826 | 19,6% | 270050 | 342942 | 4,2% |

9.13 Interne Preise

| Interner Preis | Rindergülle [€/t] | Schweinegülle [€/t] | Hühnermist [€/t] | Hackschnitzel [€/t] | Strohpellets [€/t] | Holzpellets [€/t] | Scheitholz [€/t] | |
|----------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|
| OBK | Basis | 11,8 | 13,8 | 89,8 | 280,5 | 248,5 | 346,5 | 297,5 |
| | Energie +20% | 11,8 | 14,3 | 96,8 | 362,5 | 305,5 | 428,5 | 304,5 |
| | Energie -20% | 13,1 | 15,6 | 99,8 | 244,5 | 242,8 | 296,5 | 238,5 |
| | EEG 50 | 10,4 | 12,1 | 82,5 | 296,5 | 252,3 | 354,3 | 298,3 |
| | EEG 00 | 8,4 | 9,8 | 66,8 | 295,5 | | 352,5 | 297,5 |
| | Vieh 70 | 11,8 | 13,8 | 89,8 | 280,5 | 248,5 | 346,5 | 297,5 |
| | Kraftfutter autark | 11,1 | | 88,8 | 289,5 | | 369,5 | 297,5 |
| | Einstreu Autark | 12,8 | 15,3 | 98,3 | 311,5 | | 369,5 | 297,5 |
| RBK | Basis | 6,3 | 8,3 | 63,3 | 313,5 | 243,5 | 369,5 | 298,5 |
| | Energie +20% | 5,3 | 7,3 | 61,3 | 362,5 | 303,5 | 428,5 | 359,5 |

| | | | | | | | | |
|--------|--------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | Energie -20% | 6,8 | 8,8 | 1,3 | 244,5 | 243,5 | 296,5 | 237,0 |
| | EEG 50 | 13,3 | 15,8 | 99,8 | 244,5 | 243,5 | 295,8 | 238,5 |
| | EEG 00 | 1,6 | 1,9 | 29,5 | 291,5 | | 347,5 | 297,5 |
| | Vieh 70 | 12,4 | 15,3 | 99,5 | 313,5 | 243,5 | 369,5 | 298,5 |
| | Kraftfutter autark | 12,4 | | 98,3 | 312,5 | 236,5 | 369,5 | 302,5 |
| | Einstreu Autark | 5,8 | 7,8 | 62,3 | 308,5 | 256,0 | 368,5 | 267,5 |
| Gesamt | Basis | 12,8 | 15,3 | 98,3 | 299,5 | 251,5 | 354,5 | 298,5 |
| | Energie +20% | 11,8 | 14,3 | 96,8 | 364,5 | 302,5 | 428,5 | 359,5 |
| | Energie -20% | 13,3 | 15,8 | 99,8 | 244,5 | 243,5 | 295,8 | 238,5 |
| | EEG 50 | 10,8 | 12,3 | 82,3 | 271,5 | 249,5 | 354,5 | 324,0 |
| | EEG 00 | 8,4 | 9,8 | 67,5 | 291,5 | | 347,5 | 297,5 |
| | Vieh 70 | 12,4 | 15,3 | 98,5 | 299,5 | 251,5 | 354,5 | 298,5 |
| | Kraftfutter autark | 12,4 | | 97,8 | 307,5 | 322,5 | 369,5 | 298,5 |
| | Einstreu Autark | 10,3 | 10,8 | 79,5 | 308,5 | 253,0 | 368,5 | 297,5 |

9.14 Gestehungskosten einzelner Produkte

| Gestehungskosten [€/t] | | Kurzumtrieb zu Hackschnitzel | Kurzumtrieb zu Pellets | Miscanthus zu Strohpellets | Scheitholz | Waldholz zu Hackschnitzel | Waldholz zu Holzpellets |
|--------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------|------------|---------------------------|-------------------------|
| OBK | Basis | 135,4 | 188,8 | 82,1 | 49,9 | 167,9 | 221,3 |
| | Energie +20% | 153,2 | 216,1 | 89,3 | 49,9 | 185,7 | 248,7 |
| | Energie -20% | 0,0 | 0,0 | 72,9 | 49,8 | 150,3 | 194,2 |
| | EEG 50 | 135,3 | 188,7 | 80,8 | 49,9 | 167,9 | 221,3 |
| | EEG 00 | 135,2 | 188,6 | | 49,9 | 167,8 | 221,1 |
| | Vieh 70 | 135,5 | 188,8 | 82,1 | 49,9 | 168,0 | 221,4 |
| | Kraftfutter autark | | | | 49,9 | 168,1 | 224,4 |
| | Einstreu Autark | 135,4 | 188,8 | 80,8 | 49,9 | 167,9 | 221,3 |
| RBK | Basis | 135,3 | 189,1 | 79,3 | 54,6 | 172,5 | 226,3 |
| | Energie +20% | 153,1 | 216,5 | 87,5 | 54,6 | 190,3 | 253,7 |
| | Energie -20% | 117,8 | 164,7 | | 54,5 | 155,0 | 201,9 |
| | EEG 50 | 135,3 | 189,1 | 79,3 | 54,6 | 172,5 | 226,3 |
| | EEG 00 | 135,2 | 189,0 | 0,0 | 54,6 | 172,4 | 226,2 |
| | Vieh 70 | 135,3 | 189,1 | 79,3 | 54,6 | 172,5 | 226,3 |
| | Kraftfutter autark | 135,5 | 192,2 | | 54,6 | 172,8 | 229,4 |
| | Einstreu Autark | 135,4 | 189,1 | 79,3 | 54,6 | 172,6 | 226,3 |
| Gesamt | Basis | 135,4 | 190,8 | 80,8 | 51,3 | 169,3 | 224,8 |
| | Energie +20% | 153,2 | 218,9 | 89,7 | 51,3 | 187,2 | 252,9 |
| | Energie -20% | 0,0 | 0,0 | 71,9 | 51,2 | 151,7 | 195,7 |
| | EEG 50 | 135,3 | 190,8 | 80,8 | 51,3 | 169,2 | 224,8 |
| | EEG 00 | 135,2 | 190,6 | 0,0 | 51,3 | 169,2 | 224,6 |
| | Vieh 70 | 135,4 | 190,8 | 80,8 | 51,3 | 169,4 | 224,8 |
| | Kraftfutter autark | | | | 51,3 | 169,2 | 222,8 |
| | Einstreu Autark | 135,4 | 188,9 | 80,8 | 51,3 | 169,4 | 222,8 |
| Gestehungskosten [€/MWh] | | Kurzumtrieb zu Hackschnitzel | Kurzumtrieb zu Pellets | Miscanthus zu Strohpellets | Scheitholz | Waldholz zu Hackschnitzel | Waldholz zu Holzpellets |
| OBK | Basis | 27,6 | 38,5 | 18,2 | 12,5 | 34,3 | 45,2 |
| | Energie +20% | 31,3 | 44,1 | 19,8 | 12,5 | 37,9 | 50,7 |
| | Energie -20% | | | 16,2 | 12,5 | 30,7 | 39,6 |
| | EEG 50 | 27,6 | 38,5 | 18,0 | 12,5 | 34,3 | 45,2 |
| | EEG 00 | 27,6 | 38,5 | | 12,5 | 34,2 | 45,1 |
| | Vieh 70 | 27,6 | 38,5 | 18,2 | 12,5 | 34,3 | 45,2 |
| | Kraftfutter autark | | | | 12,5 | 34,3 | 45,8 |
| | Einstreu Autark | 27,6 | 38,5 | 18,0 | 12,5 | 34,3 | 45,2 |
| RBK | Basis | 27,6 | 38,6 | 17,6 | 13,6 | 35,2 | 46,2 |
| | Energie +20% | 31,2 | 44,2 | 19,4 | 13,7 | 38,8 | 51,8 |
| | Energie -20% | 24,0 | 33,6 | 0,0 | 13,6 | 31,6 | 41,2 |
| | EEG 50 | 27,6 | 38,6 | 17,6 | 13,6 | 35,2 | 46,2 |
| | EEG 00 | 27,6 | 38,6 | 0,0 | 13,6 | 35,2 | 46,2 |
| | Vieh 70 | 27,6 | 38,6 | 17,6 | 13,6 | 35,2 | 46,2 |
| | Kraftfutter autark | 27,7 | 39,2 | 0,0 | 13,6 | 35,3 | 46,8 |
| | Einstreu Autark | 27,6 | 38,6 | 17,6 | 13,6 | 35,2 | 46,2 |
| Gesamt | Basis | 27,6 | 38,9 | 18,0 | 12,8 | 34,6 | 45,9 |
| | Energie +20% | 31,3 | 44,7 | 19,9 | 12,8 | 38,2 | 51,6 |
| | Energie -20% | | | 16,0 | 12,8 | 31,0 | 39,9 |
| | EEG 50 | 27,6 | 38,9 | 18,0 | 12,8 | 34,5 | 45,9 |
| | EEG 00 | 27,6 | 38,9 | 0,0 | 12,8 | 34,5 | 45,8 |

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| Vieh 70 | 27,6 | 38,9 | 18,0 | 12,8 | 34,6 | 45,9 |
| Kraftfutter autark | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 12,8 | 34,5 | 45,5 |
| Einstreu Autark | 27,6 | 38,6 | 18,0 | 12,8 | 34,6 | 45,5 |

9.15 Substrat für Biogas

| Substrat für Biogasherstellung | | Gülle/Mist [t] | Reststoffe aus GBR [t] | Grassilage [t] | Biomüll [t] | Methan [Nm ³] |
|--------------------------------|--------------------|----------------|------------------------|----------------|-------------|---------------------------|
| OBK | Basis | 479561 | 17900 | 67430 | 26696 | 30385600 |
| | Energie +20% | 479561 | 17900 | 67430 | 26696 | 30385600 |
| | Energie -20% | 479561 | 17900 | 67430 | 26696 | 30385600 |
| | EEG 50 | 479561 | 17900 | 46385 | 26696 | 24366700 |
| | EEG 00 | 479561 | 17900 | | 26696 | 11100500 |
| | Vieh 70 | 335699 | 17900 | 94973 | 26696 | 36074100 |
| | Kraftfutter autark | 328753 | 17900 | 74425 | 26696 | 29565000 |
| | Einstreu Autark | 479561 | 17900 | 67430 | 26696 | 30385600 |
| RBK | Basis | 228835 | 17900 | 20869 | 28950 | 14361200 |
| | Energie +20% | 228835 | 17900 | 20869 | 28950 | 14361200 |
| | Energie -20% | 228835 | 17900 | 20869 | 28950 | 14361200 |
| | EEG 50 | 228835 | 17900 | 20869 | 28950 | 14361200 |
| | EEG 00 | 228832 | 17900 | | 28950 | 8392510 |
| | Vieh 70 | 160178 | 17900 | 31818 | 28950 | 16157200 |
| | Kraftfutter autark | 171114 | 17900 | 20869 | 28950 | 12266400 |
| | Einstreu Autark | 228835 | 17900 | 20869 | 28950 | 14361200 |
| Gesamt | Basis | 708395 | 35800 | 88300 | 55646 | 44746800 |
| | Energie +20% | 708395 | 35800 | 88300 | 55646 | 44746800 |
| | Energie -20% | 708395 | 35800 | 88300 | 55646 | 44746800 |
| | EEG 50 | 708395 | 35800 | 82245 | 55646 | 43015100 |
| | EEG 00 | 708395 | 35800 | | 55646 | 19493100 |
| | Vieh 70 | 495872 | 35800 | 126791 | 55646 | 52231200 |
| | Kraftfutter autark | 581897 | 35800 | 89818 | 55646 | 41317100 |
| | Einstreu Autark | 708395 | 35800 | 88300 | 55646 | 44746800 |

9.16 Hektargewinn

| Gewinn [€/ha] | | GBR | Kurzumtrieb zu Pellets | Miscanthus zu Strohpellets | Weizen zu Kraftfutter und Strohpellets | Mais zu Kraftfutter | Raps zu Öl, Extraktionsschrot und Strohpellets | Rinderzucht mit Grünfütter und 100% Kraftfutterimport |
|---------------|--------------------|------|------------------------|----------------------------|--|---------------------|--|---|
| OBK | Basis | 991 | 562 | 1064 | | | | 2294 |
| | Energie +20% | 1010 | 289 | 977 | | | | 2294 |
| | Energie -20% | 1151 | | 1174 | | | 1719 | 2336 |
| | EEG 50 | 902 | 563 | 1079 | | | | 2252 |
| | EEG 00 | 735 | 564 | 0 | | | | 2190 |
| | Vieh 70 | 991 | 562 | 1064 | | | | 2294 |
| | Kraftfutter autark | 980 | | 0 | | 938 | | 1531 |
| | Einstreu Autark | 1080 | 562 | 1079 | | | | 2325 |
| RBK | Basis | 1075 | 559 | 1097 | | | | 1946 |
| | Energie +20% | 1003 | 285 | 998 | | | | 1917 |
| | Energie -20% | 1135 | 803 | | | | 1749 | 1961 |
| | EEG 50 | 1086 | 559 | 1097 | | | | 2151 |
| | EEG 00 | 707 | 560 | | | | 1706 | 1811 |
| | Vieh 70 | 1075 | 559 | 1097 | | | | 2125 |
| | Kraftfutter autark | 1075 | 528 | | 1261 | | | 2125 |
| | Einstreu Autark | 1063 | 559 | 1097 | | | | 1932 |
| Gesamt | Basis | 1079 | 542 | 1079 | | | | 2271 |
| | Energie +20% | 1007 | 261 | 972 | | | | 2241 |
| | Energie -20% | 1150 | | 1186 | | | 1749 | 2286 |

| | | | | | | | |
|--------------------|------|-----|------|--|-----|--|------|
| EEG 50 | 900 | 542 | 1079 | | | | 2210 |
| EEG 00 | 733 | 544 | | | | | 2139 |
| Vieh 70 | 1079 | 542 | 1079 | | | | 2260 |
| Kraftfutter autark | 1067 | | | | 938 | | 2150 |
| Einstreu Autark | 1067 | 561 | 1079 | | | | 2195 |