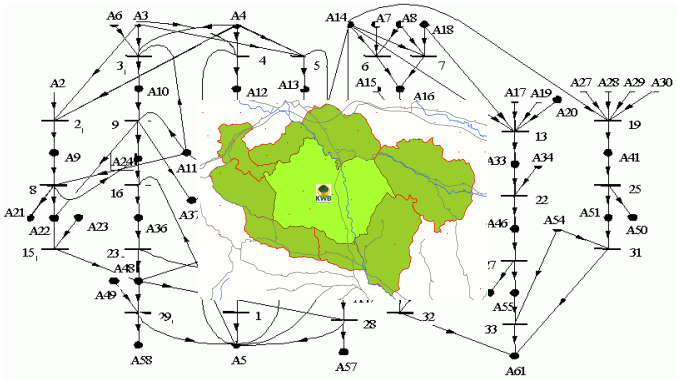
Regionale Energieoptimierung in St. Margarethen an der Raab mittels Prozess-Netzwerk-Synthese und RegiOpt-Datenbank

M a g i s t e r a r b e i t



zur Erlangung des akademischen Grades

Mag. rer. nat.

der Studienrichtung Umweltsystemwissenschaften – Geographie

an der Karl-Franzens-Universität Graz

vorgelegt von:

Stephan MAIER, Bakk. rer. nat.

am Institut für Prozess- und Partikeltechnik an der Technischen Universität (Erzherzog-Johann-Universität) Graz

Begutachter: **Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Narodoslawsky**

Graz, 2012

Thema

Regionale Energieoptimierung in St. Margarethen an der Raab mittels Prozess-Netzwerk-Synthese und RegiOpt-Datenbank

Betreuer

Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Narodoslawsky
Forschungseinrichtung: TU Graz, Institut für Prozess- und Partikeltechnik, Prozessbewertung

Verfasser

Stephan Maier, Bakk. rer. nat.
USW-Geographie-Masterstudent der Karl-Franzens-Universität Graz,
Umwelt-, Regional- und Bildungswissenschaftliche Fakultät

angestrebter akademischer Grad
Mag. rer. nat.

Studienkennzahl lt. Studienblatt: B 066 819 452

Studienrichtung lt. Studienblatt: Masterstudium Umweltsystemwissenschaften mit Schwerpunkt Geographie

Mit freundlicher Unterstützung durch: KWB Biomasseheizungen und Ökocluster Steiermark

Betreuer der Magisterarbeit
Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Narodoslawsky

.....
Graz, im März 2012

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ich versichere, dass ich dieses Magisterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin oder einem Beurteiler) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Graz, im März 2012 ……..

Bakk. rer. nat. Stephan Maier

Zusammenfassung

In dieser Magisterarbeit werden mittels Prozess-Netzwerk-Synthese die Möglichkeiten zur Energieoptimierung in der Region St. Margarethen untersucht. Die PNS ist ein Werkzeug, mit dem man Stoff- und Energieflüsse optimieren kann. Aus einer Vorgabe von maximal möglichen Verarbeitungsprozessen können Wertschöpfungsketten mit der optimalen Wertschöpfung gefunden werden. Als Basisziel dokumentiert diese Arbeit die Durchführung einer Prozessoptimierung in der oststeirischen Gemeinde St. Margarethen an der Raab und der direkt angrenzenden Umlandgemeinden. Durch die spezielle Energie- und Rohstoffsituation dieser Region wurde dabei eine besonders umfangreiche Synthese durchgeführt. Die Ergebnisse aus den Synthesen demonstrieren im Detail Möglichkeiten zur Erhöhung der Wertschöpfung in der Region St. Margarethen mit einer gleichzeitigen Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Importen. Zukunftsorientiertes Innovativziel der Arbeit ist es, die Weiterentwicklung der PNS im Rahmen der regionalen Prozessoptimierung (RegiOpt) zu fördern. Dafür wurde die bereits zuvor gut dokumentierte Region als Fallbeispiel ausgewählt, um eine neu erstellte PNS-Struktur in weiteren Synthesedurchläufen zu untersuchen. Um den globalen Stellenwert dieser Form der Optimierung regionaler Stoff- und Energieflüsse sichtbar zu machen, wurde eine systemische Betrachtung der Wirkungsgrößen der regionalen Prozessoptimierung durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurde die Wirkung erneuerbarer Ressourcennutzung auf die Diskussion um eine effiziente, suffiziente und umweltverträgliche Versorgung der Menschen betrachtet.

Abstract

This thesis examines the possibilities for energy optimisation in the region of St. Margarethen by use of Process Network Synthesis (PNS). PNS is a tool for optimising material and energy flows. Based on a given maximum number of processing possibilities PNS serves to find value chains with optimal value added. The basic aim of this thesis is to document the implementation of process optimisation in the East Styrian municipality of St. Margarethen an der Raab and its adjoining municipalities. Due to the region's specific energy and natural resources situation the synthesis carried out was particularly extensive. Its results show in detail possibilites for increasing the value added in the region St. Margarethen and decreasing the dependency on imports of fossil energy at the same time. The future-oriented goal of this thesis is to promote the further development of PNS within the regional process optimisation (RegiOpt). To this end the already well documented region of St. Margarethen was selected as example case to investigate a newly created PNS structure in further synthesis runs. In order to make apparent the global significance of this kind of optimisation of material and energy flows all elements that have an impact on regional process optimisation were systemically examined. In this context it was investigated how the use of renewable resources effects the discussion about efficient, sufficient and sustainable energy supply.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1
1.1. Problemstellung und Zielsetzung 1
1.2. Methodik 3
1.2.1. Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS) 3
1.2.1.1. Programmparameter PNS 3
1.3. Aufbau der Arbeit 7

2. Relevanz erneuerbarer Energieträger in den Regionen 8
2.1. Energieversorgungssituation Österreich / Steiermark 8
2.2. Effizienz, Suffizienz und Konsistenz 13
2.3. Globale Zusammenarbeit und regionale Ressourcennutzung 14
2.4. Biomassenutzung 18

3. Regionale Prozessoptimierung mittels Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS) 20
3.1. Stoff- und Energieflüsse 20
3.2. Technologien 21
3.3. Transformation der chemischen zur regionalen Prozesssynthese 22
3.4. Synthese auf der Basis erneuerbarer Ressourcen 23
3.4.1. Struktur der Datenerhebung für eine Region 23

4. Umsetzung der PNS für die Region St. Margarethen an der Raab 26
4.1. Aufbau und Standardisierung Hintergrunddatenbank 27
4.1.1. Materialien 27
4.1.2. Technologien 30
4.1.2.1. Verbrennung 31
4.1.2.2. Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) 32
4.1.2.3. Pelletierung 34
4.1.2.4. Vergasung 35
4.1.2.1. Pyrolyse und Katalytische drucklose Verölung (KDV) 35
4.1.2.2. Biogasfermenter 36
4.1.2.3. Grüne Bioraffinerie 37
4.1.2.4. Biogasreinigung 38
4.1.2.5. Einspeisung 38
4.1.2.6. Treibstofftechnologien 38
4.1.2.7. Trocknung 40
4.1.2.8. Solartechnologien 41
4.1.2.9. Windkraft 42
4.1.2.10. Effizienztechnologien 42
4.1.2.11. Hilfstechnologien 43
4.1.2.12. Transport 43
4.1.2.13. Ackerflächen 44
4.2. Implementation der Datenbank 44

5. Synthese-Projekt Untersuchungsregion in der Oststeiermark (Betrachtung multiperiodisch) 45
5.1. St. Margarethen an der Raab und Umlandgemeinden 45
5.1.1. Arbeitsschritte 46
5.1.2. Erhebung Struktur- und Ressourcensituation 47
5.1.3. Wärmeerzeugungs- und Wärmeversorgungssituation in St. Margarethen an der Raab 48
5.1.4. Ressourcensituation der ZUERST-Region und ihre mögliche Nutzung 50
5.1.5. Dateneinspeisung, Modellbildung und Synthese erneuerbarer Ressourcen 51
5.1.5.1. Maximalstruktur für ZUERST 51
5.1.5.2. Optimalstruktur für ZUERST 53
5.1.5.3. Szenario Ressourcenbegrenzung 59
5.1.6. Zusammenfassung multiperiodische Synthese 60
5.1.7. Resümee multiperiodische Synthese 62

6. Optimierung der Region St. Margarethen an der Raab mittels RegiOpt Conceptual Planner 63
6.1. Maximalstruktur Conceptual Planner 63
6.2. Adaption der Rahmenbedingungen 65
6.2.1. Neue Rahmenbedingungen in der Szenarienbildung 66
6.3. Optimalstruktur Conceptual Planner 68
6.3.1. Detailbetrachtung Gemeinde St. Margarethen 74
6.3.2. Gesamte Region St. Margarethen 77
6.3.3. Gesamte Region - Testlauf mit neuer PNS-Struktur - dynamisch 81
6.3.3.1. Adaption geänderter Rahmenbedingungen 81
6.3.4. Testlauf Conceptual-Planner-PNS 81

7. Abschließender Vergleich aller Synthesen 87

8. Resümee 90

Abbildungsverzeichnis 92
Tabellenverzeichnis 93

9. Hintergrundliteratur 95

10. Anhang 97
10.1. Nähere Daten Synthese Projekt St. Margarethen an der Raab - multiperiodisch 97
10.2. Zusammenfassung der Daten für die Hintergrunddatenbank 102
10.3. Zusammenfassung der Daten für die Maximalstruktur Triple E 141
10.4. Zusammenfassung der Daten für die Maximalstruktur von RegiOpt Conceptual Planner 157

11. Endnoten 167

Danksagung

Ich möchte mich herzlichst bei allen Personen bedanken, die mich im Laufe meines Studiums begleitet und ausgebildet haben. Den ständigen Rückhalt und Unterstützung erhielt ich von meiner Familie und meinen Freunden; ihnen danke ich ganz besonders.

Für den Abschluss in Form dieser Magisterarbeit möchte ich Herrn Professor Michael Narodoslawsky danken, der mir am Institut für Prozess- und Partikeltechnik in vielen Synthese-Sitzungen eine für einen Umweltsystemwissenschaftler vorbildlich interdisziplinär gehaltene Unterstützung zukommen hat lassen. Weiters bedanke ich mich bei Frau Mag.[a] Nora Niemetz und Herrn Mag. Michael Eder. Mit ihnen hat sich eine sehr konstruktive und spannende Zusammenarbeit mit gegenseitigem Wissensaustausch ergeben.

Ebenfalls möchte ich Frau Bakk.[a] Birgit Birnstingl-Gottinger danken, die mir als erste die Möglichkeit gegeben hat, konkret mit verschiedenen Themenfeldern der Erneuerbaren Energien zu arbeiten, sowie Erwin Stubenschrott, der es als Privatunternehmer bestens versteht, durch ganzheitliches soziales und vernetztes Denken Grundlagen für Innovation auf höchstem Niveau zu schaffen.

Dass die Arbeit in klarer, verständlicher Form vorliegt, ist nicht zuletzt auch allen Korrekturleserinnen und Korrekturlesern zu verdanken, die mir mit konstruktiven Rückmeldungen hilfreich zur Seite gestanden sind.

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
€	Euro
a	Jahr
dU	Wärmedurchgangskoeffizient
GVE	Großvieheinheiten
ha	Hektar
HT	Hochtemperatur
kW_{el}	Kilowatt elektrisch
kWh_{el}	Kilowattstunden elektrisch
kWh_{th}	Kilowattstunden thermisch
kW_{th}	Kilowatt thermisch
m^2	Quadratmeter
m^3	Kubikmeter
MW_{el}	Megawatt elektrisch
MWh_{el}	Megawattstunden elektrisch
MWh_{th}	Megawattstunden thermisch
MW_{th}	Megawatt thermisch
Nm^3	Normkubikmeter
NT	Niedertemperatur
PNS	Prozess-Netzwerk-Synthese
RF	Restfeuchtigkeit
SPI	Sustainable Process Index
t FM	Tonnen Feuchtmasse
t	Tonnen
t-atro	Tonnen absolut trockener Masse
TU Graz	Technische Universität Graz
CP	Conceptual Planner
RegiOpt	Regionale Prozessoptimierung
TJ	Terajoule (10^{12} Joule)

1. Einleitung

Maßgeblicher Anlass für die Beschäftigung mit der Prozessoptimierung regionaler Ressourcen und Prozesse in dieser Arbeit war eine Weiterentwicklung der regionalen Prozessoptimierung am Institut für Prozess- und Partikeltechnik an der Technischen Universität Graz. Dort wird eine Methode namens *RegiOpt* entwickelt, die mit Unterstützung des Konzepts der *Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS)* (Friedler et al. 1995)[1] und des *Sustainable Process Index* (SPI) (Narodoslawsky, Krotscheck 1995)[2] arbeitet. Mit der PNS ist es möglich aus einer Maximalstruktur von Technologien ein optimales Energienetzwerk in einer Region zu finden. Mittels SPI kann dieses dann ökologisch bewertet werden.

1.1. Problemstellung und Zielsetzung

Beim ersten Projekt, *ZUERST (Zukunftsorientiertes Energie- und Rohstoffzentrum St. Margarethen an der Raab)* der Firma *KWB (Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH)* handelt es sich um die Auseinandersetzung mit multifunktionalen Energiezentren. Die Verfügbarkeit bereits bestehender erneuerbarer Energien (Biogasanlage, Biomasseheizkessel zu Forschungszwecken) und angedachte Möglichkeiten effizienterer Ausnützung der vorhandenen biogenen Ressourcen in der Region (Abwärmenutzung, Pelletierung, Pflanzenölpresse, etc.) stellen dort eine gute Grundlage für eine weitere Regionalentwicklung dar. In dieser Region wurde im Rahmen dieser Magisterarbeit eine umfangreiche Sammlung regionsspezifischer Daten und eine regionale Energie- und Prozessoptimierung vorgenommen und dokumentiert. Als Untersuchungsgebiet wurde dafür die oststeirische Gemeinde St. Margarethen an der Raab mit ihren acht Umlandgemeinden Eichkögl, Markt Hartmannsdorf, Hofstätten, Labuch, Langegg bei Graz, Laßnitzthal, St. Marein bei Graz und Studenzen ausgewählt.

In einem zweiten Projekt (Triple E) in Zusammenarbeit mit Joanneum Research und dem Wegener Center wurden Ressourcenparameter verfeinert und zusätzliche ethische Parameter berücksichtigt.

Dies stellte im Rahmen der Magisterarbeit eine gute Möglichkeit dar, die Funktionalität der neuen PNS-Struktur zu überprüfen. Dafür wurden neue Szenarien gebildet und, mittels der für RegiOpt neu erstellten PNS-Struktur, erneut Synthesen vorgenommen. Begleitende Feedbackschleifen und Fehlerkorrektur sowie der Vergleich der einzelnen Synthesen untereinander sollten schließlich Erkenntnisgewinn für die weitere Entwicklung der regionalen Prozessoptimierung bringen.

Die Arbeit stellt sich folgenden Forschungsfragen:

1. Systemische Einordnung:

In welchen unmittelbaren Kontext ordnet sich die regionale Nutzung erneuerbarer Energie ein?

Was sind wichtige Einflussgrößen im Zusammenhang mit der Wertschöpfung in der Region?

2. Datensammlung und erste Synthese:
Wie sieht die Ressourcensituation der steirischen Gemeinde St. Margarethen an der Raab und ihrer Umlandgemeinden aus, welche Syntheseergebnisse liefert die PNS?

3. Datenüberprüfung und weitere Synthesen:

Wie funktioniert der Conceptual Planner von REGIOPT im Testlauf der Untersuchungsregionen St. Margarethen an der Raab?

Welche Erkenntnisse können bei der Überprüfung der Funktionalität der neuen Struktur gewonnen werden?

Wie unterscheiden sich die Syntheseergebnisse in Hinblick auf die erste Synthese?

Zusammenfassende Zieldefinition

Ziel dieser Arbeit ist die Optimierung von erneuerbaren Stoff- und Energieflüssen mittels PNS in der Testregion St. Margarethen. Aus dieser Prozessoptimierung heraus sollen die Durchführung und der Vergleich mehrerer Synthese-Testläufe Erkenntnisgewinne für die Weiterentwicklung der regionalen Prozessoptimierung liefern.

Rahmenziel der Arbeit ist die Positionierung bezüglich des Nutzens regionaler erneuerbarer Ressourcennutzung und der damit verbundenen Wertschöpfungsmöglichkeiten.

1.2. Methodik

1.2.1. Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS)

Die Betrachtung der regionalen Ressourcensituation und der aktuellen Verwendung des vorhandenen Ressourcen Systems, das Stoff- und Energieflüsse samt Kosten auflistet, wird mittels Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS) durchgeführt. (FRIEDLER et al., 1995[3]) Die PNS kann dann auf Basis algorithmischer Rechenabläufe, aus einer, dem System vorgegebenen Maximalstruktur von Technologien und Stoffflussvarianten, die interessanteste Optimalstruktur heraus rechnen. Für die konkrete Anwendung der regionalen Prozessoptimierung wurde dafür die Ermittlung der höchsten Wertschöpfung als Zielfunktion angenommen und damit die PNS als Bewertungsschema verwendet. Im Rahmen der Arbeit werden die Grundlagen der für die Synthese verwendeten Prozess-Netzwerk-Synthese erläutert.

Die Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS) ist ein Werkzeug das Verbindungen zwischen bestimmten definierten Rahmenbedingungen und Strukturen darstellt. Das im Rahmen der Magisterarbeit zur Anwendung gekommene Programm wurde auf Basis der Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS) programmiert. Die PNS ist eine Methode zur Optimierung der Struktur von Prozessen nach der P-Graph-Methode. (FRIEDLER et al., 1995[4]) Für die Regionale Prozessoptimierung eignet sich die PNS deshalb, weil die Methode in seiner Entwicklung grundsätzlich offen ist und sich damit sehr gut eignet, dynamisch weiterentwickelt und verbessert zu werden. Die Durchführung der Prozess-Netzwerk-Synthese wird mit den folgenden Softwareversionen vorgenommen. Eine Basisvariante der PNS ist frei im Internet verfügbar.[i]

- Combinatorial PNS Editor, Version 1.43 aus dem Jahr 2002
- PNS Studio, Version 3.0.3 aus dem Jahr 2010

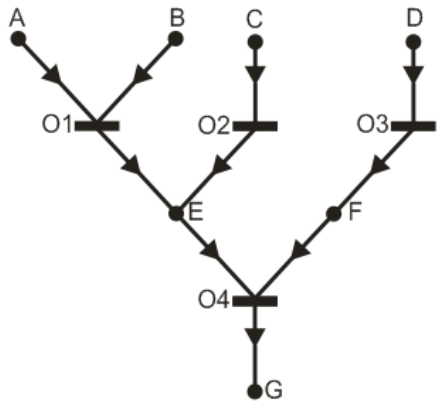
1.2.1.1. Programmparameter PNS

Mit Hilfe von kombinatorischen Regeln wird eine Menge aller real möglichen Lösungen bei vorgegebenen Randbedingungen gebildet. Dabei lassen sich Technologien und Materialien miteinander verschalten und eine Maximalstruktur wird aufgebaut.

[i] Online verfügbare Basisvariante der PNS: http://www.p-graph.com/pdece/demo/

Die Prozess-Netzwerk-Synthese arbeitet mit der P-graph-Methode (FRIEDLER et al., 1995[5]). Der P-graph (Abbildung 1 repräsentiert alle maximal möglichen Verbindungen zwischen eingesetzten Materialien, Prozessanlagen und Produkten (Maximalstruktur).

Abbildung 1: P-graph

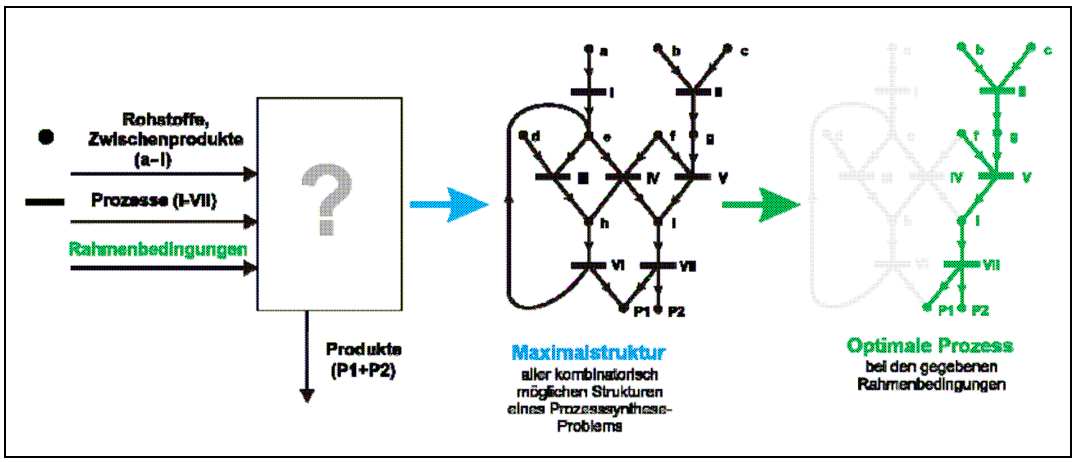


Quelle: P-graph[6]

Für die regionale Prozessoptimierung wird die Maximalstruktur folgendermaßen aufgebaut. Alle verfügbaren Ressourcen werden als Rohstoffe definiert (A, B, C, D in Abbildung 1). Diesen werden Kosten zugewiesen. Als Verwendungsmöglichkeiten für die Rohstoffe werden Technologien mit Kapazität, Wirkungsgrad, sowie Betriebs- und Investitionskosten festgelegt (O1, O2, O3, O4). Diese Technologien transformieren die Rohmaterialen zu Zwischenprodukten (E, F) oder Endprodukten (G). Zwischenprodukte können wiederum in den Prozessen verwendet werden, ihnen werden keine weiteren Kosten und auch kein Verkaufspreis zugeordnet. Für die Endprodukte wird ein Verkaufspreis festgelegt.

Aus der Maximalstruktur wird mit Hilfe einer „branchandbound“ Mixed Integer Non Linear Programming (MINLP) (FRIEDLER et al., 1998[7]) eine Optimalstruktur Abbildung 2 berechnet. Die Optimalstruktur bildet die innerhalb der Maximalstruktur günstigste Prozesskette aus Technologien und Stoff- und Energieflüssen ab. Für die regionale Prozessoptimierung wurde als Zielfunktion der maximale Gesamterlös ausgewählt. Einzelne Elemente können unrentabel sein.

Abbildung 2: Ablauf Prozessoptimierung mittels Prozess-Netzwerk-Synthese



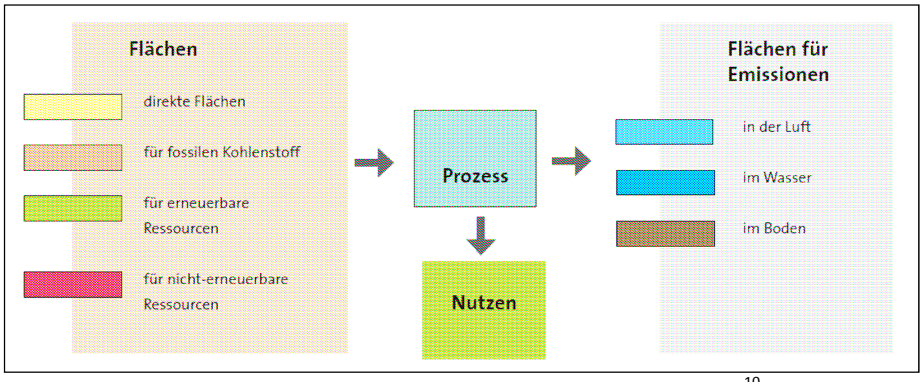
Quelle: p-graph[8]

Der Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS) liegen ein mathematischer Algorithmus, die Algorithmic Flowsheet Synthesis (AFS) und kombinatorische Regeln in Form des P-graph, zugrunde. Prozessströme werden im PNS-Editor über einen Rechenalgorithmus geführt, der aus einer Vielzahl an miteinander verschalteten Prozessketten die quantitativ wirtschaftlichste Lösung berechnet.

Sustainable Process Index (SPI)

Die in der PNS ermittelten Prozesse der Optimalstruktur sollen mit dem ökologischen Fußabdruck ökologisch bewertet werden. Der Sustainable Process Index (SPI) ist ein auf der TU Graz entwickeltes Werkzeug zur Bewertung und Messung des ökologischen Fußabdrucks von Produktionsprozessen und Dienstleistungen. Der SPI misst die Fläche von Stoff-, Energieflüssen und Emissionen, die maximal entstehen dürfen, um die Bereitstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung nachhaltig in die Ökosphäre einzubetten. Die Konvertierung von Strömen in Flächen stützt sich dabei auf natürliche Referenzen (z.B.: globaler Kohlenstoffzyklus und unbelasteter Boden) (NARODOSLAWSKY et al., 1995[9]). Dort sind in sogenannten Ökobilanzen Analysen von Produktlebenszyklen beschrieben. Die Arbeitsweise des SPI ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

Abbildung 3: Grundidee des Sustainable Process Index



Quelle: SANDHOLZER, NARODOSLAWSKY, TU Graz, Prozessbewertung, 2007[10]

Als Grundlage des SPI können für die Umrechnung von Materialströmen in Flächen zwei Axiome herangezogen werden (*Zitat: SUSTAIN, 1994*[11]):

Axiom I

„Menschlich induzierte Materialflüsse dürfen globale Stoffzyklen nicht stören, sie dürfen dabei insbesondere Langzeitspeicher in diesen Stoffzyklen in ihrer Größe nicht ändern."

Axiom II

„Menschlich induzierte Materialflüsse dürfen lokale Umweltkompartimente (Boden, Grundwasser und Luft) in ihrer Qualität nicht ändern."

Mit der SPI-Methode lässt sich eine Gesamtfläche des ökologischen Fußabdrucks errechnen, die sich aus folgenden Teilflächen zusammensetzt:

- direkter Flächenverbrauch für die Infrastruktur
- Flächenverbrauch für nicht erneuerbare Ressourcen
- Flächenverbrauch für erneuerbare Ressourcen
- Flächenverbrauch für die Aufnahme von fossilem Kohlenstoff (C)
- Flächenverbrauch für die Aufnahme von Emissionen ins Wasser
- Flächenverbrauch für die Aufnahme von Emissionen in den Boden
- Flächenverbrauch für die Aufnahme von Emissionen in die Luft

Je größer die Fläche dieses ökologischen Fußabdrucks, desto höher ist die Belastung für natürliche Umweltzyklen.

1.3. Aufbau der Arbeit

Nach der Methodenwahl und Zieldefinition wurde das Arbeitspensum in festgelegten Arbeitsschritten abgearbeitet. Die folgende Aufzählung gibt eine kurze Übersicht über die Arbeitsinhalte in Form von Prozessschritten, die in der Arbeit vorgenommen wurden.

- Erhebung der allgemeinen Energieversorgungssituation und die Rolle erneuerbarer Energieträger sowie der regionalen Prozessoptimierung (RegiOpt) in diesem Zusammenhang
- Erstellung einer Hintergrunddatenbank für Prozess-Netzwerk-Synthese der für die regionale Optimierung von Prozessen notwendigen Materialien und Technologien
- Definition der Untersuchungsregion und Erhebung regionsspezifischer Daten[ii], Datenverarbeitung und Datenberechnung in der Untersuchungsregion
- Erste Synthese in einer genauen Betrachtung und unter der Berücksichtigung jahreszyklisch unterschiedlicher Rohstoffverfügbarkeit (multiperiodisches Jahr)
- Laufende Überprüfung und Überarbeitung der PNS-Struktur und der Daten-Inhalte
- erneute Synthese mit PNS-Struktur im Rahmen der Weiterentwicklung der Regionalen Prozess Optimierung (ganzes Jahr)
- Vergleich der vorgenommenen Synthesen für den Gewinn von Erkenntnissen über die Funktionalität der regionalen Prozessoptimierung mittels PNS

Schlüsselbegriffe (key words)

PNS (Prozess-Netzwerk-Synthese / Process Network Synthesis), AFS (Algorithmic Flowsheet Synthesis)

ZUERST (Zukunftsorientiertes Energie- und Rohstoffzentrum St. Margarethen an der Raab / future-oriented centre for energy- and raw material exchange St. Margarethen an der Raab),

REGIOPT (Regionale-Prozess-Optimierung / regional process optimisation - Conceptual Planner)

[ii] Zur effizienten Durchführung der Datenerhebung werden bekannte Netzwerke genutzt. Das Ökocluster-Netzwerk verschiedener Unternehmen, wissenschaftlicher Einrichtungen, Gemeinden und Privatpersonen bietet hier eine naheliegende Möglichkeit.

2. Relevanz erneuerbarer Energieträger in den Regionen

Erneuerbare Energieträger können Importabhängigkeiten von hauptsächlich externen fossilen Quellen verringern und Kohlendioxid einsparen. Regionale, dezentrale Energieversorgungslösungen können durchaus eine selbständige Entwicklung von Regionen fördern. Eine Problematik bleibt jedoch bestehen. Österreich steht durch seinen stetig wachsenden Energiehunger, vor einem Suffizienzproblem.

2.1. Energieversorgungssituation Österreich / Steiermark

Neben der Elektrizitäts- und Wärmeversorgung sind auch alle anderen Energieflüsse zur energetischen Nutzung im Zeitraum von 1970 bis 2010 ständig im Wachsen begriffen. Diese Entwicklung zieht sich durch alle Sektoren und Bedarfsgruppen außer der Landwirtschaft. Der Bruttoinlandsverbrauch verdoppelte sich nahezu von 796.846 TJ im Jahr 1970 auf 1.457.662 TJ im Jahr 2010 (siehe Tabelle 1, STATISTIK AUSTRIA 2011, Gesamtenergiebilanz Österreich 1970 - 20).[12]

Tabelle 1: Gesamtenergiebilanz Österreich von 1970 bis 2010

Gesamtenergiebilanz					
in Terajoule (10^{12} Joule)	**1970**	**1980**	**1990**	**2000**	**2010**
Bruttoinlandsverbrauch	796.846	990.647	1.052.193	1.224.477	1.457.662
Energetischer Endverbrauch (EE)	567.233	701.433	766.509	941.289	1.119.154
davon im:					
Steiermark	.	.	132.084	151.661	170.261
davon für:					
Verkehr	.	.	.	303.130	378.325
Raumheizung, Klimaanlagen, Warmwasser	.	.	.	291.534	338.167

Quelle: Statistik Österreich, Energiebilanzen 1970-2010, erstellt am 22. 11. 2011, eigene Bearbeitung

Betrachtet man lediglich den Energetischen Endverbrauch (vom Bruttoinlandsverbrauch herausgelöst), sieht man, dass im Jahr 2000 der Verbrauch des Verkehrssektors mit 303.130 TJ den Verbrauch für die Wohnraumtemperierung (Raumheizung / Klimaanlagen / Warmwasser) 291.534 TJ überstiegen hat. Bis zum Jahr 2010 sind beide Werte noch weiter angestiegen. Der Verkehrssektor hat im Jahr 2010 einen Energetischen Endverbrauch von 378.325 TJ und Wohnraumtemperierung 338.167 TJ.

Zusammen machen die beiden größten Verbraucher im Jahr 2010 716.492 TJ und damit 64 % des gesamten Energetischen Endverbrauchs aus (STATISTIK AUSTRIA 2011, Gesamtenergiebilanz Österreich 1970 - 2010[13]).

Vom Jahr 2000 auf 2010 stieg der Energetische Endverbrauch für den Verkehr von 303.130 TJ um 24 % auf 378.325 TJ und für die Wohnraumtemperierung von 291.534 TJ um 16 % auf 338.167 TJ an. Legt man die gesamtösterreichischen Werte auf die Steiermark um, bedeutet das, dass der Energetische Endverbrauch im Zeitraum 2000 bis 2010 von 151.661 TJ um 12 % auf 170.261 TJ angestiegen ist. (vgl. Endnote 14[14])

Der Bruttoinlandsverbrauch der erneuerbaren Energieträger ist in Österreich von 123.791 TJ im Jahr 1970 auf 384.380 TJ gestiegen (siehe Tabelle 2). (vgl. Endnote 14[15]) Das ist eine Steigerung von 32 %.

Tabelle 2: Bilanz der erneuerbaren Energieträger von 1970 bis 2010 in Terajoule

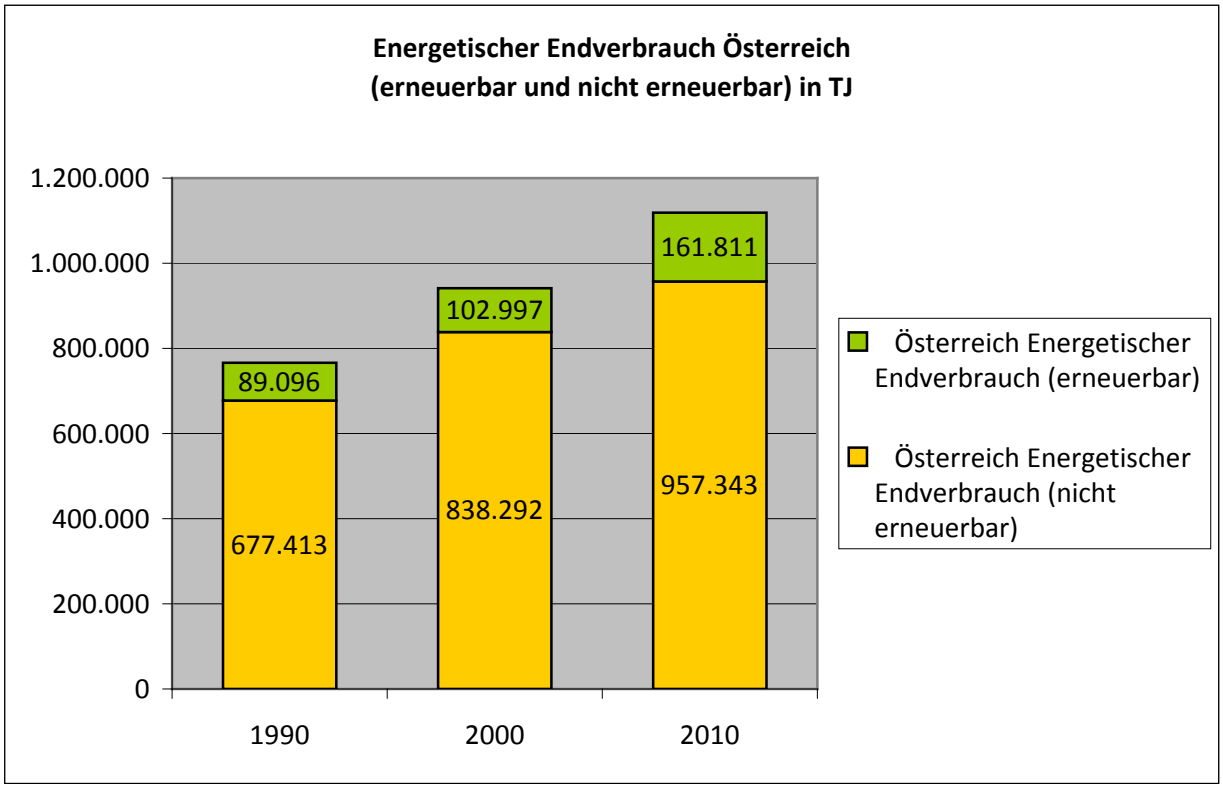
Bilanz der Erneuerbaren Energieträger					
in Terajoule (10^{12} Joule)	**1970**	**1980**	**1990**	**2000**	**2010**
Bruttoinlandsverbrauch	123.791	162.474	211.157	277.165	384.380
Energetischer Endverbrauch (EE)	46.353	53.837	89.096	102.997	161.811
davon in:					
Steiermark	.	.	18.492	20.791	29.940
davon für					
Verkehr	-	-	-	965	20.972
Raumheizung, Klimaanlagen, Warmwasser	-	-	-	65.300	91.750

Quelle: Statistik Österreich, Energiebilanzen 1970-2010, erstellt am 22. 11. 2011, eigene Bearbeitung

Aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit der Werte zu den erneuerbaren Energien wurde für weitere Betrachtungen der Zeitraum auf 1990 bis 2010 eingeschränkt und statt mit dem Bruttoinlandsverbrauch mit dem Energetischen Endverbrauch weitergerechnet.[iii] Der Energetische Endverbrauch ist in Österreich vom Jahr 1990 von 89.096 TJ bis zum Jahr 2010 um 55 % auf 161.811 TJ gestiegen (siehe Abbildung 4).

[iii] Für die Kalkulation des Energetischen Endverbrauches wird vom Bruttoinlandsverbrauch die Energie, die für die Energiebereitstellung notwendig ist, herausgerechnet.

Abbildung 4: Energetischer Endverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar) in TJ

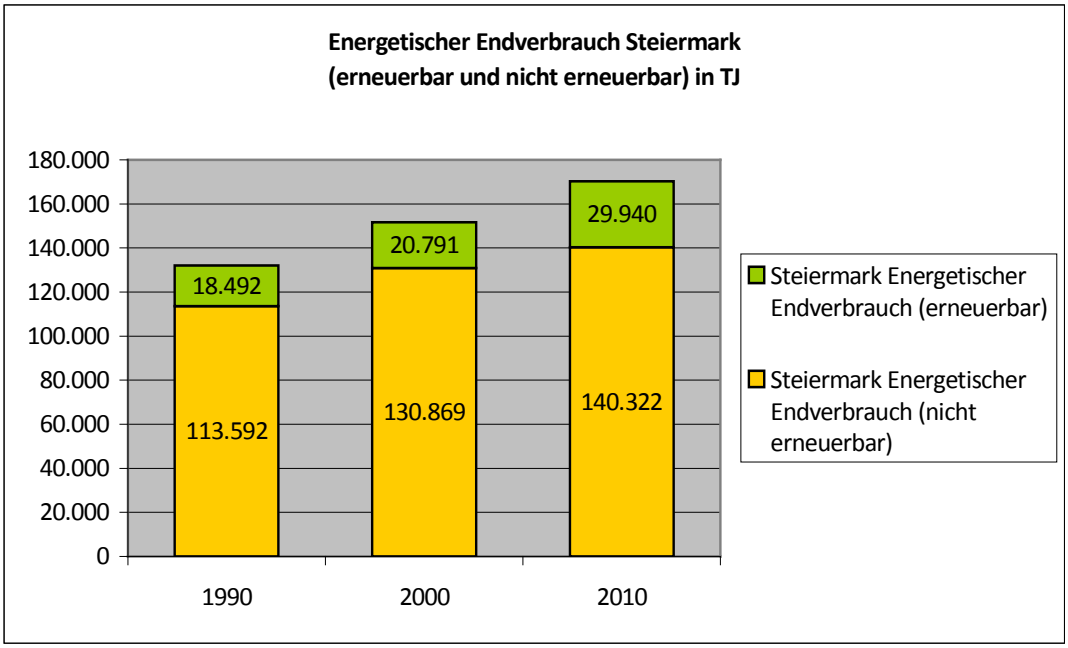


Quelle: Statistik Austria, Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2010. (2011) [16], eigene Bearbeitung

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch hat sich vom Jahr 1990 von 12 % (89.096 TJ) zum Jahr 2010 auf 14 % (161.811 TJ) erhöht. Da der gesamte Energetische Endverbrauch dazu jedoch überproportional steigt, muss trotzdem mehr fossile Energie importiert werden.

In der waldreichen Steiermark kann man bereits von einem im Vergleich mit Österreich höheren Niveau von 14 % (18.492 TJ) erneuerbaren Energien im Jahr 1990 ausgehen. Bis zum Jahr 2010 steigt dieser Wert auf einen Anteil von 18 % (29.940 TJ) an (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Energetischer Endverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar) in TJ

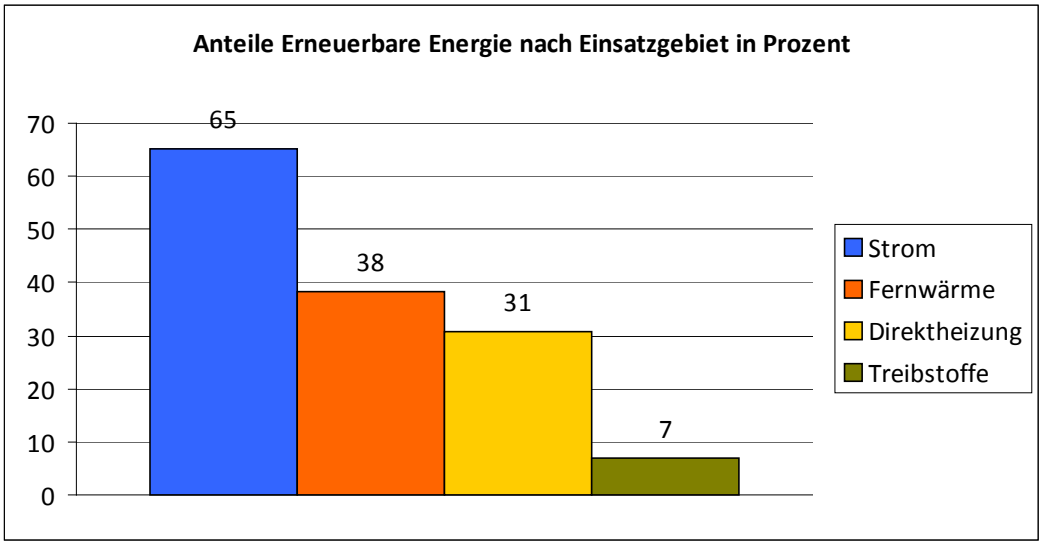


Quelle: Statistik Austria, Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2010. (2011) [17], eigene Bearbeitung

Der gesamtenergetische Endverbrauch in der Steiermark steigt von 132.084 TJ im Jahr 1990 um fast 29 % auf 170.261 TJ im Jahr 2010 an. Das ist um 20 % unter dem Anstieg von Gesamtösterreich.

Von den 1.119.154 TJ (Energetischer Endverbrauch Österreich 2010) waren 30,8 % erneuerbar. Einzeln variieren die Anteile erneuerbarer Energie in den unterschiedlichen Einsatzgebieten (siehe Abbildung 6).

Abbildung 6: Energetischer Endverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar) in TJ



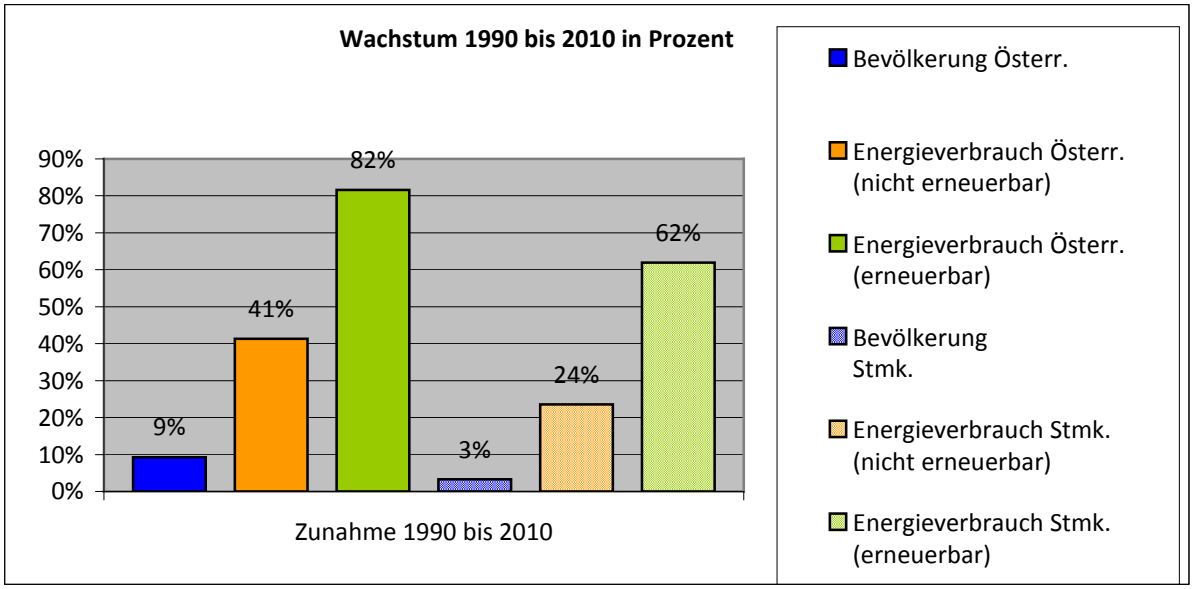
Quelle: Statistik Austria, Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2010. (2011) [18], eigene Bearbeitung

Die Wasserkraft trägt maßgeblich dazu bei, dass die Erneuerbare Energie im Jahr 2010 in der Elektrizitätsproduktion einen Anteil von 65 % hat. In der zentralen Versorgung mit Fernwärme und in der dezentralen Versorgung von Gebäuden liegen die Anteile über 30 %. Die Treibstoffe haben dazu einen immens geringeren Anteil von 7 %.

In Gesamtösterreich nahm die Bevölkerung von 1970 bis 2010 um 12 % zu, in der Steiermark um 1 %. Im Vergleichszeitraum von 1990 bis 2010 wuchs die Bevölkerung um 9 % , in der Steiermark um 3 % .(Statistik Austria 2011[19])

Die folgende Gegenüberstellung von Bevölkerungszahlen und Energieverbrauch zeigt, dass die Entwicklung der eingesetzten Energiemengen überproportional zur Bevölkerungsentwicklung ist (Abbildung 7).

Abbildung 7: Verschiedene Wachstumsgrößen 1990 bis 2010



Quelle: Statistik Austria, 2011, eigene Bearbeitung

Die österreichische Bevölkerung nahm in den 20 Jahren von 1990 bis 2010 um 9 % zu, gleichzeitig wuchs der Energiekonsum nicht erneuerbarer Energie in Österreich um 41 %. In der Steiermark nahm die Bevölkerung um 3 % zu und der nicht erneuerbare Energiekonsum um 24 %. Die erneuerbare Energiebereitstellung nahm in der Steiermark sogar um 62 %, in Gesamtösterreich um 82 % zu. Die Zunahme der Energiebereitstellung hat somit im Verhältnis zur Bevölkerungszunahme ein vielfach höheres Wachstum.

Die statistische Betrachtung zeigt die problematische Entwicklung des zunehmenden Energieverbrauchs in Österreich.

Energiesparmaßnahmen wie Effizienzsteigerungen in Betrieben, treibstoffsparendere Fahrzeuge, Energiesparlampen und Ähnlichem stehen einem eklatant steigenden Konsumverhalten gegenüber, was sich beispielsweise besonders in einer erhöhten Mobilität zeigt. Der Trend geht hin zu einem höheren Energieverbrauch. Anlagen werden zwar von ihrer Energieverwertung her effizienter, gleichzeitig werden sie jedoch mit immer höherer Leistung eingesetzt (Rebound-Effekt). In der Frage eines suffizienten Umganges mit Energie zeichnet sich damit kein Ende des Wachstums des Energiehungers ab. Die durch Effizienzmaßnahmen eingesparte Energie wird durch den Rebound-Effekt wieder zunichte gemacht und der Energieverbrauch steigt sogar noch an.

2.2. Effizienz, Suffizienz und Konsistenz

Die heute vorwiegend industrialisierte Landwirtschaft und die Energieversorgungsunternehmen stehen unter dem stetig wachsenden Druck der Nachfrage. Steigerung, Wachstum und Beschleunigung von Produktion, Konsum und Mobilität lauten die populären Schlüsselwörter. Der Wohlstand soll sich immerzu mehren, er ist für den Menschen nie ausreichend vorhanden. Das Leben baut schließlich auf Energiefluss auf, dieser Energiefluss muss permanent mehr Leistung bringen, und das Streben diese auszubauen, scheint keine Grenze zu haben.[20]

„…Ein komfortables Überleben der Menschen ohne Energiezufuhr ist nicht möglich"… Die Menge der „Energie zum Überleben kann nicht beliebig gesteigert werden…"
(Zitat: PIETSCHMANN H., 2000[21])

Ressourcenverknappung, anthropogen verursachter Klimawandel und damit Störungen im natürlichen Gleichgewicht von Ökosystemen (Wasserkreislauf, erhöhte Freisetzung von CO_2, vehemente Versiegelungsaktivitäten etc.) sind die Schranken grenzenlosen Wachstums, die Energie- und Klimakrise schließlich die Folge.

Neben der Nahrungsaufnahme zur Deckung der Grundbedürfnisse stellen fossile Energiereserven die Grundlage für ein Aufrechterhalten der hochtechnisierten Industriegesellschaft dar. Während die fossilen Energieträger der Erde bei hohen Förderraten nur für einige Jahrhunderte reichen, kann die solare Energie für menschliche Horizonte quasi „unendlich" genutzt werden (Sonnenexistenz noch etwa 5 Milliarden Jahre).

Nach nur etwas mehr als 160 Jahren Industrielle Revolution steht die Menschheit vor einer mächtigen globalen Herausforderung.

Das Überschreiten maximal möglicher fossiler Rohstoffförderraten führt dazu, dass für eine Beibehaltung der bestehenden Energieversorgung zukünftig entstehende Lücken mit erneuerbaren Ressourcen gefüllt werden müssen.

Daher bedarf es nicht nur einer effizienteren Ressourcennutzung, sondern in der Frage der Energiebereitstellung sind auch drei Nachhaltigkeitsstrategien für den Umgang mit globalen Ressourcen wesentlich: Effizienz-, Suffizienz- und Konsistenzwirtschaft. (LINZ, 2004[22]) Die Effizienz der Technologien zur Energienutzung wird laufend gesteigert. Eine erhöhte Energieeffizienz zieht nicht allzu selten eine erhöhte Nachfrage mit sich. Dadurch induzierte Rebound-Effekte können Einsparungen zunichtemachen und schließlich sogar zu einem erhöhten Verbrauch führen. Die essenziell notwendigen Bedürfnisse menschlichen Energiekonsums werden von einem immensen Überkonsum an Luxusenergie überdeckt (Suffizienzfrage).

Das macht es wichtig sich mit Suffizienz auseinanderzusetzen. Momentan werden in weiten Teilen der Welt, dazu gehört auch Österreich, in einem wesentlich höheren Maß zusätzlich Energie und Ressourcen eingesetzt, als auf der anderen Seite durch Energieeffizienzmaßnahmen eingespart wird. Nur für sich betrachtete Maßnahmen, die auf höhere Effizienz und Umweltverträglichkeit in der Material- und Energiewirtschaft (Konsistenz) abzielen sind, ohne eine Verringerung des Ressourcenverbrauchs an sich, insuffizient.

Werden vermehrt Ressourcensysteme geschaffen, die auf lokal verfügbare erneuerbare Energie zugreifen, wird der Ursprung der Ressourcenproduktion greifbar. Im gleichzeitigen Rückgang der Nutzung fossiler Ressourcen wird ein bewussterer Umgang im Ressourcenverbrauch entstehen müssen, weil die Schranken des bislang grenzenlosen Wachstums erstmals direkt vor der eigenen Tür stehen.

Ein konstruktiver Anknüpfungspunkt in der Frage der Suffizienz kann über die globale Zusammenarbeit und regionale Ressourcennutzung entstehen.

2.3. Globale Zusammenarbeit und regionale Ressourcennutzung

Die Globalisierung stellt die Welt vor Herausforderungen, die sowohl von konstruktivem Nutzen sein kann, als auch zu eklatanten Problemfeldern führen kann. Sie verschärft auf der einen Seite Gegensätze, auf der anderen Seite eröffnet sie wiederum durch weltweite Vernetzung neue Möglichkeiten.

Mit der Entwicklung von innovativen Technologien und Prozessen, sowie Wissens- und Wirtschaftsnetzwerken können viele Ressourcen geschont und gespart werden.

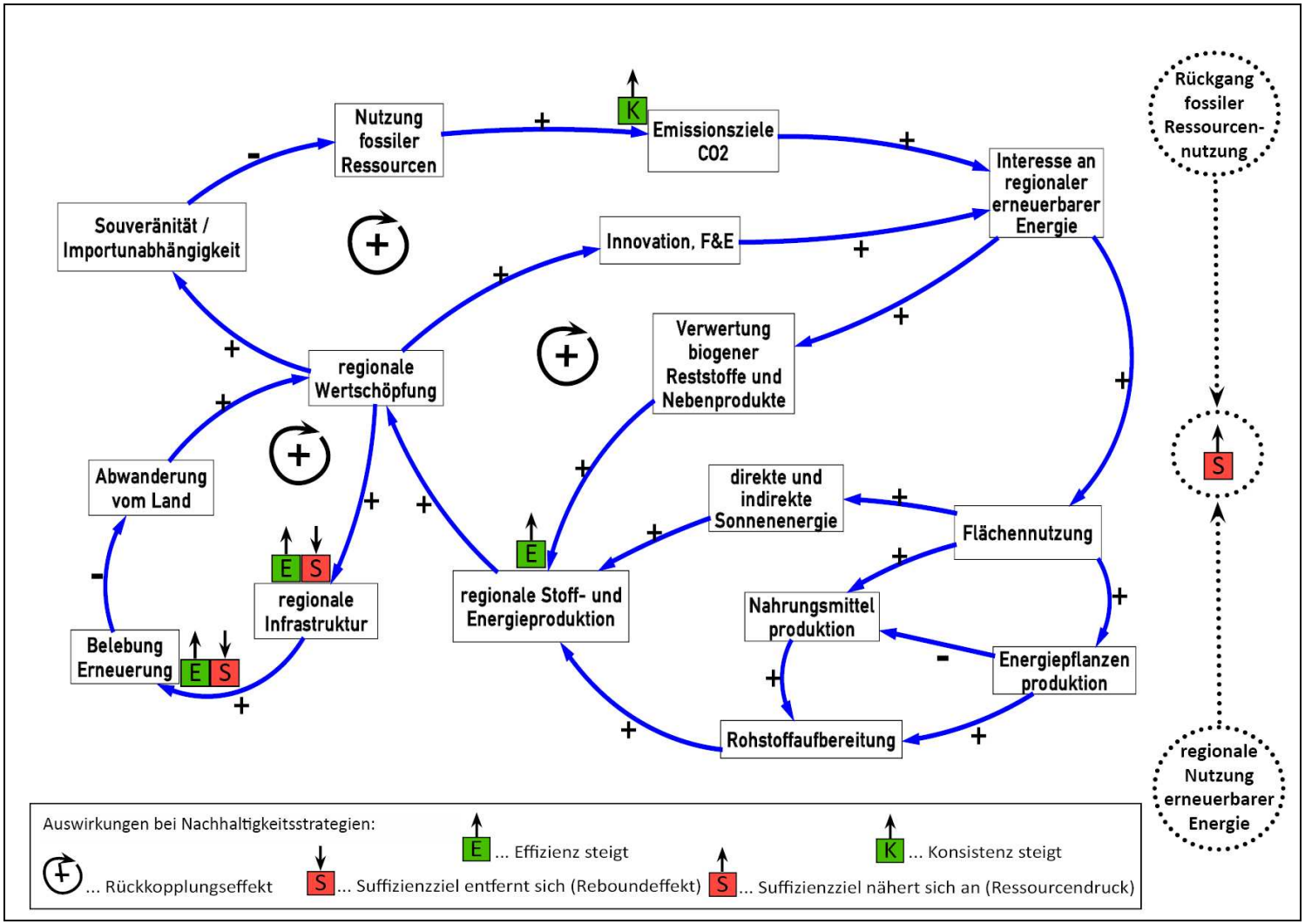
Die Regionalwirtschaft hat sich in den letzten hundert Jahren nach und nach von der Globalwirtschaft abhängig gemacht und sich ihrer Doktrin untergeordnet. Dabei haben sich ländliche Gemeinden von fossilen Ressourcenimporten in großem Stil abhängig gemacht. Die regionale Wertschöpfung ist somit von globalen Ressourcen abhängig geworden, die lokal kaum beeinflussbar sind.[23]

Doch die regional verfügbaren Ressourcen könnten ohne die Grenzen energetischer Nutzung systemisch oftmals besser genutzt werden, wie zum Beispiel die Flächenkonkurrenz von Energiepflanzen und Nahrungsmittelpflanzen bei Biomasse zu überschreiten. Regional können viele Vorteile quantitativer wie qualitativer Art durch vielseitige miteinander verschaltete Kaskaden, bessere Nutzung von Abfallstoffen etc. geschaffen werden.

Die Gestaltung von regionaler Produktion, und des ihr zugeordneten regionalen Konsums, kann ganz wesentliche Vorteile für die Region bringen. Eine „globale Region“ kann eine offene, lernfähige Zone darstellen, die sich der Zukunft stellt, versucht aus Fehlern zu lernen und nicht nach Problemen, sondern Problemlösungen sucht.[24] Erfolgreiche Beispiele aus der Praxis zeigen, dass eine solide Regionalwirtschaft eine Reihe von sich gegenseitig befruchtenden Leistungen erbringen kann. Wenn die Rahmenbedingungen stimmen können sich regionale Wertschöpfungsketten gegenseitig befruchten. Das kann gelingen, wenn regionalspezifische Stärken erkannt werden, wie es in der Südoststeiermark beispielsweise in der Region Vulkanland erfolgreich umgesetzt wird.

Abbildung 8 zeigt ein Systemmodell, das aus der Sicht des Autors Regionaldenken und nachwachsende Rohstoffe mit Nachhaltigkeitsstrategien in einen kausalen Zusammenhang stellt. Der Betrachtungsrahmen der drei Ziele der Effizienz, Konsistenz und Suffizienz wird dabei den einzelnen Systemparametern zugeordnet. Die mathematische Korrektheit der positiven und negativen Zusammenhänge wird zugunsten der leichteren Verständlichkeit der Systemzusammenhänge hintangestellt.

Abbildung 8: Systemübersicht Energieoptimierung



Quelle: eigene Darstellung mittels Vensim PLE

Innovatives Denken und Forschung fördern das Interesse sich mit der Entwicklung einer Region umfassender auseinanderzusetzen. Regionale Produktivität in Form erneuerbarer Energie zu fördern kann eine Reihe von Rückkopplungseffekten lostreten.

Erneuerbare Energie ist in vielfältiger Form möglich. Mit der direkten und indirekten Nutzung der Sonnenenergie in Form von Photovoltaik und Solarthermie, von Wind und Wasser kann Elektrizität und Wärme erzeugt werden. Eine weitere Form der indirekten Sonnenenergienutzung ist die Biomassenutzung. Eine mögliche Flächenkonkurrenz in der Produktion von Energie- und Nahrungsmittelpflanzen ist kritisch zu betrachten. Biogene Reststoffe und Nebenprodukte können den Aufbau einer regionalen Stoff- und Energieproduktion ergänzen. Im Systemmodell ist deshalb hier ein „E“ verortet, weil die Effizienz der Ressourcenverwertung gesteigert werden kann, je besser Reststoffe verwertet werden (zum Beispiel die Nutzung von überschüssigem Grünschnitt in einer Biogasanlage).

Eine Steigerung der regionalen Wertschöpfung durch regionale Stoff- und Energieproduktion tritt mehrere Rückkopplungseffekte los. Investitionen in regionale Produktionsstandorte ziehen weitere Investitionen in die regionale Infrastruktur mit sich. Dadurch kommt es zu Belebungs- und Erneuerungseffekten und einer Umkehr der Abwanderung in der Region. Mit der regionalen Entwicklung wird wiederum mehr Geld in der Region gehalten, worauf wiederum die regionale Wertschöpfung steigt. Mit weiteren Investitionen in Innovation, Forschung & Entwicklung und mit den finanziellen Möglichkeiten steigt wiederum das Interesse erneuerbare Energie regional auszubauen.

Eine erhöhte Nutzung erneuerbarer Ressourcen und in Folge effizienzsteigernde Maßnahmen (siehe „E“ in der Abbildung 8) können den Druck auf die Umwelt vermindern. Erhöhte Wertschöpfung erhöht jedoch wiederum Konsum und Nachfrage und das kann zu Reboundeffekten führen, die von einem angemessenen Suffizienzziel (siehe „S“ in der Grafik) wegführen.

Ein weiterer Rückkoppelungseffekt entsteht in der Zunahme der Selbstversorgung. Hier besteht die Chance über eine verminderte Nutzung fossiler Ressourcen CO^2-Emissionsziele zu erreichen und damit das allgemeine Interesse an regionaler erneuerbarer Energie zu heben.

Zwischen der erhöhten Nachfrage nach erneuerbarer Energie und dem gleichzeitigen Rückgang fossiler Ressourcennutzung entsteht ein neues Kräfteverhältnis. Es beginnt ein regionaler Ressourcendruck zu wirken. Erst die Entwicklung, dass maximal mögliche Förderraten fossiler Rohstoffe nun zum ersten Mal seit der industriellen Revolution zu Ende gehen, führt schließlich unter Druck an ein langsames Annähern an das Suffizienzziel.

Zusammenfassend kann man sagen, dass hier der Brückenschlag zu zwei der drei Nachhaltigkeitsstrategien gelingt:

- Die Steigerung der Konsistenz gelingt durch eine erhöhte Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen und in diesem Zusammenhang dem Ausbau und der Verlagerung hin zu umweltverträglicheren Technologien.
- Die Effizienz im Bereich der Energie- und Materialwirtschaft kann durch eine bessere Nutzung von industrieller Abwärme und Reststoffen erheblich gesteigert werden.

Suffizienz, die dritte genannte Nachhaltigkeitsstrategie, ist zu sehr an das Konsumverhalten der Menschen gebunden, sodass es in diesem Rahmen kaum beeinflusst werden kann.

2.4. Biomassenutzung

Mit der Nutzung von Biomasse kann Wertschöpfung in der Region gehalten werden, anstatt über fossile Energie ins Ausland abzufließen. Der Einsatz von Acker- und Wiesenfrüchten für die energetische Nutzung lässt die Frage der Flächenkonkurrenz von Futter- und Nahrungsmittelpflanzen mit Energiepflanzen aufkeimen. Folgend wird deshalb zwischen Biomasse, die in direkter Nahrungsmittelkonkurrenz steht und ungenutzter Biomasse unterschieden.

Biomasse, die durch ihre Art der Verwendung in Konkurrenz zu Lebensmitteln steht, kann zum Beispiel sein:

- Pflanzenöl (z.B. aus Raps, Sonnenblumen) als Treibstoff für Kraftfahrzeuge (Biodiesel)
- Mais in Biogasanlagen zur Produktion von Elektrizität und Wärme

Ungenutzte Biomasse kann zum Beispiel sein:

- Durchforstungsrückstände aus den Wäldern zur Erzeugung von Wärme (und Elektrizität)
- Überschüssige Tierreststoffe (Gülle, Mist, etc.) von Viehbetrieben zur Erzeugung von Biogas
- ungenutzte / überschüssige Pflanzenreste (Maiskolben, Stroh, etc.) zur Erzeugung von Biogas
- ungenutzter Grasschnitt zur Erzeugung von Biogas
- Biomüll, Schlachtabfälle, etc. zur Erzeugung von Biogas
- Altspeiseöl für Kraftfahrzeuge

Zurzeit ungenutzte Biomasse wird in Zukunft einem höheren Nachfragedruck ausgesetzt sein. Die chemische Industrie und der Nahrungsmittelsektor werden neben dem Energiesektor verstärkt auf biogene Rohstoffe zurückgreifen. Steigende Rohölpreise verstärken diese Entwicklung.

Die Prozess-Netzwerk-Synthese wählt verstärkt Technologien aus einer zuvor aufgesetzten Maximalstruktur aus, die gut mit anderen Technologien und Stoff- und Energieflüssen vernetzt sind und dadurch die Ressourcen effektiver nutzen können. In dieser errechneten Optimalstruktur werden Anlagen vorgeschlagen, die ihre Effizienz steigern können, indem sie biogene Ressourcen und Reststoffe (besser) verwerten.

3. Regionale Prozessoptimierung mittels Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS)

Versuche, die Wirklichkeit darzustellen, müssen immer kritisch betrachtet und ständig überarbeitet werden. Prozessbegleitende, laufend vorgenommene und dynamische Entwicklungsprozesse wie Fehlersuche, Korrektur, Aktualisierung und Anpassung sind somit für die Aussagekraft der Entwicklung unumgängliche Komponenten.

„There are only 3465 structures maybe feasible among 3.4 x 109 possible flowsheets from 35 operating units of a real industrial process. Then, it is very difficult to locate the optimal/near-optimal flowsheets because the feasible flowsheets only represent 0.00001 % of the possible one.“ (Zitat: Peters et.al, 2003[25])

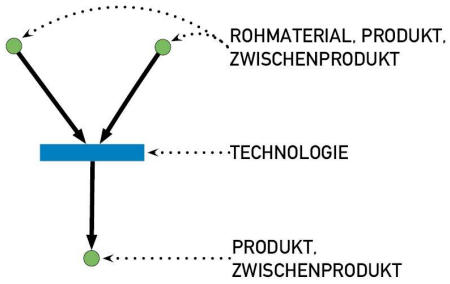
Jede menschliche Betrachtungsweise beschneidet den Blick auf die tatsächliche Wirklichkeit. Es ist äußerst wichtig sich das deshalb immer vor Augen zu halten, zu reflektieren und das Systemmodell für Veränderungen offen zu halten.

Mit der Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS) kann man in einer Struktur Stoff- und Energieflüsse und ihre Verarbeitung in verschiedenen Produktionsprozessen optimieren. Aus einer Maximalstruktur wählt die PNS die Optimalstruktur aus. Letztere verwendet die Kombination von Anlagen und Materialien mit der höchsten Wertschöpfung. Bei der regionalen Prozessbewertung werden Kosten für Rohstoffe und Verkaufserlöse der Produkte berücksichtigt.

3.1. Stoff- und Energieflüsse

Aufgrund der kombinatorischen Regeln werden in der PNS alle, also sowohl Stoff- als auch Energieflüsse, in drei Arten von Gruppen eingeordnet (Abbildung 9).

Abbildung 9: P-graph (vereinfacht)



Quelle: eigene Darstellung 2011[26]

Rohmaterialien (raw materials)

Als Rohmaterialien werden alle Rohstoffe bezeichnet, die für die Anlagen in der PNS-Struktur benötigt werden. Hier können völlig neue Rohstoffe und jegliche andere Stoffe integriert werden. Die Prozesse, durch die die Rohmaterialien hergestellt werden, werden nicht hineingenommen, stattdessen aber die Ressourcenpreise.

Zwischenprodukte (intermediate products)

Zwischenprodukte sind Stoffe, die innerhalb der Struktur verwendet und dabei verändert werden können, jedoch, aufgrund der für die Struktur definierten Systemgrenze, keine direkte Absatzmöglichkeit am Markt zugewiesen bekommen. Zwischenprodukte bekommen keine Preise zugewiesen und können über Prozesse hergestellt und genutzt werden.

Produkte (products)

Als Produkte werden jene Stoffe definiert, die direkt für den Verkauf am Markt bestimmt sind. Die Produkte bekommen Preise zugewiesen und werden über Prozesse hergestellt. Außerdem besteht die Möglichkeit die Produkte wieder in Prozessen zu nutzen.

In der Struktur werden neben Materialflüssen auch Technologien dargestellt. In einer Maximalstruktur wird ein Technologienetzwerk aufgebaut indem die einzelnen Technologien miteinander verschalten[iv] werden. Jeder einzelnen Technologie werden die jeweiligen Input- und Outputströme zugewiesen.

3.2. Technologien

Technologien kombinieren Stoff- und Energieströme zu neuen Strömen. Die richtige Benutzung der PNS-Software erfordert als Hintergrundwissen eine detaillierte Massen- und Energiebilanz und damit Daten zu:

- Ressourceneinsatz (Fläche, Rohstoffe und Energien wie Elektrizität und Prozesswärme)
- Menge an möglichen Produkten (z.B. Elektrizität, Prozesswärme, Energieträger)

Weitere wesentliche Informationen zu den Eigenschaften der einzelnen Technologien und Prozessschritte können folgende sein:

- Auslegung der Dimension der Anlage
- Abschreibungszeitraum der Anlage
- Betriebskosten pro Zeiteinheit
- Minimale und Maximale Auslastungsgrenze der Anlage
- Betriebsstunden pro Jahr
- Input- und Outputströme pro Zeiteinheit

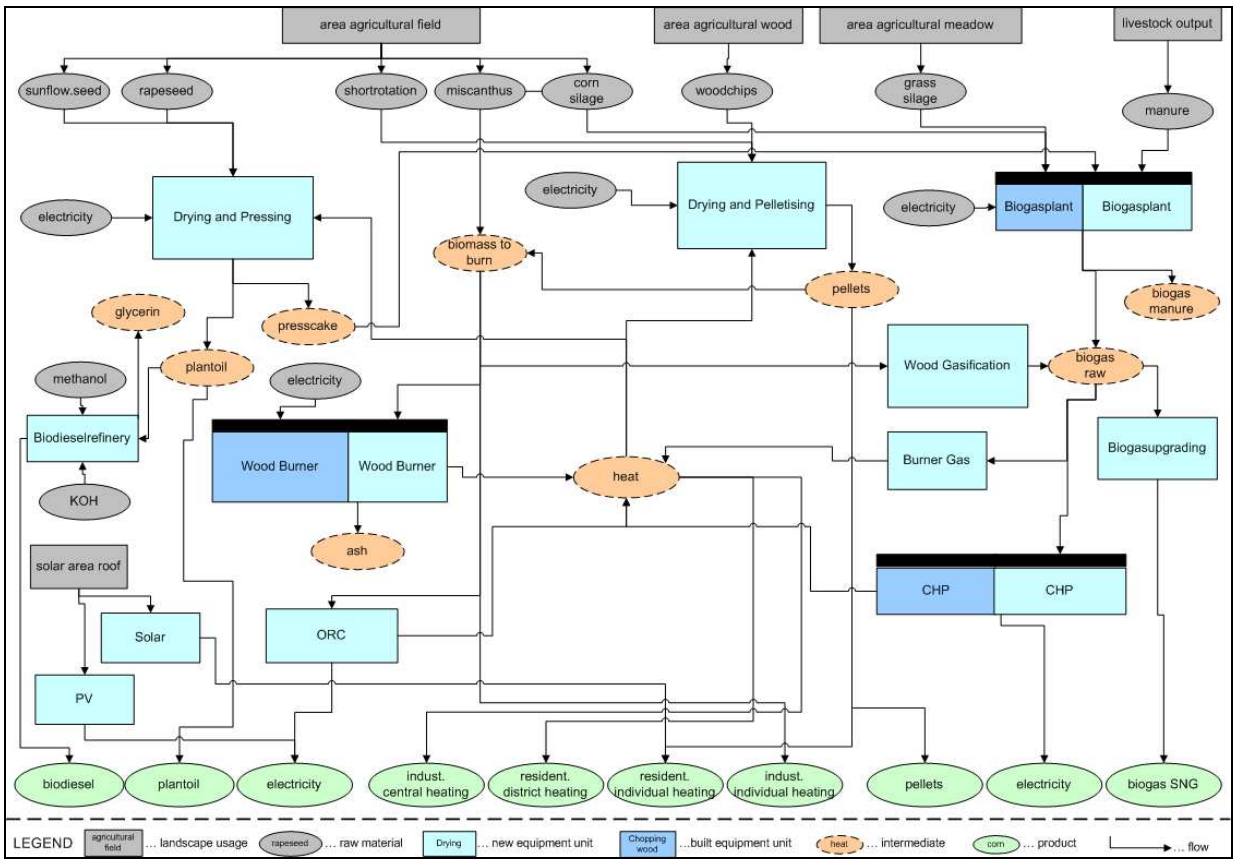
[iv] Der Begriff „Verschaltung“ bezeichnet die Verknüpfung von Technologien, Stoff- und Energieflüssen untereinander.

3.3. Transformation der chemischen zur regionalen Prozesssynthese

Von der chemischen zur Regionalen Prozessoptimierung sind Anpassungen von einigen Parametern wichtig. Dabei wurde vor allem die Maßstabs- und Mengenebene auf die Rahmenbedingungen angepasst. Stoffströme wurden in den chemischen Prozessen auf der Mikroebene (Milliliter, Nanometer, etc.) dargestellt. Für erneuerbare Ressourcen waren Mengeneinheiten auf der Makroebene notwendig, weshalb Größen, wie Kubikmeter, Tonnen Liter etc. in der PNS-Software programmiert wurden.n Materialien und Technologien.

Abbildung 10 zeigt ein Beispiel für eine Verschaltung von in einer Struktur zur Anwendung kommenden Materialien und Technologien.

Abbildung 10: Übersicht Maximalstruktur Materialien und Technologien



Quelle: eigene Darstellung 2011

Regionalbedingt ist der Raum nur in einem endlichen Ausmaß verfügbar. Es bedarf somit bestimmten Rahmenbedingungen innerhalb der Maximalstruktur. Flächenkonkurrenzen und Ressourcenbeschränkungen für energetische Nutzung müssen berücksichtigt werden.

Nachwachsende Rohstoffe fallen sehr unterschiedlich über das Jahr verteilt an.

Ackerfrüchte, wie zum Beispiel Mais und Getreide fallen vor allem im Spätsommer bis Herbst an, Holz ist prinzipiell das ganze Jahr über verfügbar. Es erwies sich als besonders schwierig diese Rohstoffzyklen in der Struktur zu berücksichtigen. Diese komplexe Art der multiperiodischen PNS kommt in der ersten Synthese des Fallbeispiels zur Anwendung.

3.4. Synthese auf der Basis erneuerbarer Ressourcen

Biogene erneuerbare Ressourcen weisen meist eine geringe Energie- und Transportdichte auf, sie sind zeitlich beschränkt verfügbar und man ist vor eine Reihe logistischer Herausforderungen und regionaler Besonderheiten gestellt. (HALASZ et al., 2005[27])

3.4.1. Struktur der Datenerhebung für eine Region

Bevor es zu einer Datenerhebung kommt ist es wichtig zu klären, welches Gebiet als Untersuchungsgebiet ausgewählt wird. Es werden Eingangsparameter für die Datenerhebung festgelegt:

- Auswahl einer Region als Untersuchungsgebiet
- Aufbau der Maximalstruktur (Auswahl der maximal möglichen Technologien und Materialien)

Für die Datenerhebung ist eine Aufzählung hilfreich, die vorgibt, welche Daten, in welcher Einheit erhoben werden müssen, um eine Struktur in der PNS aufzubauen. Die jeweils regional vorhandenen Ressourcen und Infrastrukturen sind in den Regionen sehr unterschiedlich vorhanden.

Um eine multiperiodische Berechnung im Rahmen des Projekts ZUERST (Zukunftsorientiertes Energie- und Rohstoffzentrum) durchführen zu können, wurde eine Datenerhebung im Ausmaß dieser Datentabelle durchgeführt (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Struktur Datenerhebung

Geographisch • Auswahl Untersuchungsgebiet (Gemeindegrenzen) • Gesamtfläche (in ha)	**Bestehende Infrastruktur (Fortsetzung)** • Netzanschluss - Nah-/Fernwärmenetz - Gasnetz • Wasser- / Kanal- / Elektrizitätsnetz
Nutzflächen Land- und Forstwirtschaft • Ackerfläche (in ha) • Grünlandfläche (in ha) • Waldfläche (in ha) **Ressourcen Land- und Forstwirtschaft** • Flächennutzung (in ha) - Anbaustatistik - Aufteilung biologisch/konventionell • Holzeinschlag (in t-atro pro Jahr) • Anteil Restholz	**Soziodemographisch** • Bevölkerung (Anzahl Personen) **Tierbestand** • Geflügel (in GVE) • Rinder (in GVE) • Schweine (in GVE)
Reststoffe und Abfall • Bioabfall (in t pro Jahr) • Altspeiseöle/-fette (in t pro Jahr) • Altholz (in t pro Jahr)	**Ressourcenbeschränkungen energetische Nutzung** • Grünfutter für Tierbestand (in t FM) • Ackerfrüchte für Tierfutter und Ernährung (in t FM)
Bestehende Infrastruktur • vorhandene Technologien (in Jahresleistung) - Biogasanlagen - Pelletieranlagen - Trocknungsanlagen - Biomasseheizwerke - Geothermieanlagen - Pflanzenpressung / Treibstofftechnologien - Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen - etc.	**Kosten** • Investitionskosten, Materialkosten, Transportkosten - Kosten und Preise von Ressourcen, Produkten und Bereitstellungs-maßnahmen

Quelle: TU Graz, eigene Bearbeitung

Tabelle 3: Struktur Datenerhebung (Fortsetzung)

Angebot Erneuerbare Energie	**Nachfrage Energie**
• Wärme (in MWh_{th}/Jahr) - Biomasse Fernwärme - Biomasse Einzelfeuerung - Solarthermie - Geothermie - Kraft-Wärme-Koppelung - etc. • Elektrizität (in MWh_{el}/Jahr) - Windkraft - Photovoltaik - Wasserkraft - Kraft-Wärme-Koppelung • Mobilität (in t pro Jahr) - Biodiesel - Pflanzenöl	• Gesamtverbrauch Industrie / Gewerbe / Privathaushalte - Wärme (in MWh_{th}/Jahr) - Elektrizität (in MWh_{el}/Jahr) - Mobilität (in Tonnen Treibstoff / Elektrizität pro Jahr)
Regionale Besonderheiten	**Potenzial Erneuerbare Energie**
• diverse	• Aufteilung Versorgung zentral / dezentral • Aufteilung erneuerbar / nicht erneuerbar • besondere ungenützte Wärmequellen

Quelle: TU Graz, eigene Bearbeitung

4. Umsetzung der PNS für die Region St. Margarethen an der Raab

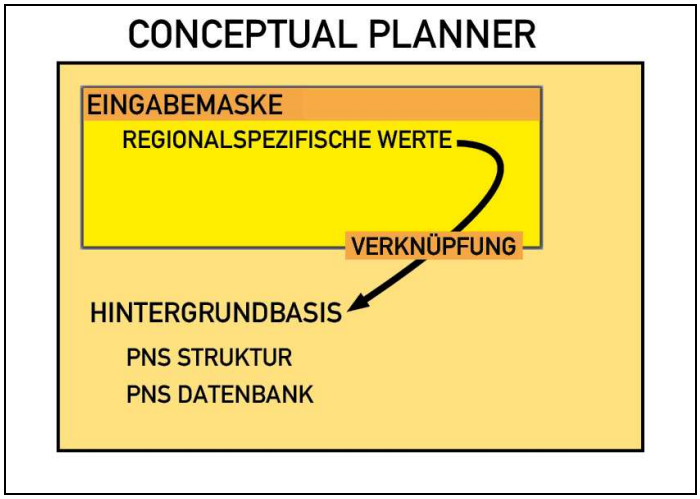
Grundlage dieser Arbeit sind mehrere Synthesen der Region St. Margarethen mit der Prozess-Netzwerk-Synthese. Dabei wurden die folgenden Synthesen durchgeführt:

1. Multiperiodische Synthese unter Berücksichtigung der Ressourcensituation vor Ort

2. weitere Synthesen, nicht multiperiodisch, angelehnt an eine einfachere Modellierungsmöglichkeit mit einer eingeschränkteren Technologieauswahl und mit geänderter Ressourcensituation

Das Programm zur Prozess-Netzwerk-Synthese wird in Kooperation des Institutes Prozess- und Partikeltechnik, Prozessoptimierung der Technischen Universität Graz und dem CAPO – Centre for Advanced Process Optimization der Pannonischen Universität Veszprém laufend weiterentwickelt und erweitert. Die PNS-Synthesestruktur und die Hintergrunddatenbank zur regionalen Energieoptimierung werden hierfür, im Rahmen des Projektes RegiOpt, an eine benutzerfreundliche Systemumgebung angeschlossen. Das Projekt RegiOpt umfasst zwei Varianten von Softwarelösungen. Der Conceptual Planner (CP) stellt die einfachere Modellierungsmöglichkeit für Interessierte dar und der Advanced Designer (AD) die umfassendere Lösung für Expertinnen und Experten. Abbildung 11 zeigt schematisch die Verknüpfung der PNS und der Datenbank mit der Eingabemaske .

Abbildung 11: Strukturelle Übersicht Conceptual Planner mit PNS



Quelle: TU Graz, eigene Darstellung

Der Conceptual Planner (CP) wird über das Internet allgemein zugänglich gemacht. Dieses Programm bietet vor allem Stakeholdern von Gemeinden die Möglichkeit den derzeitigen Einsatz von Energie und Ressourcen in ihren Gemeinden zu erhalten.

Nach Eingabe von regionalspezifischen Grunddaten der Gemeinde, erhält man einen Vorschlag für eine grobe Optimierung des Einsatzes erneuerbarer Ressourcen in der Region. Mit dem Programm lässt sich eine gewinnmaximierende Nutzung regional vorhandener Ressourcen überblicksartig berechnen. Beispielsweise kann die Deckung des Energiebedarfes auf Gemeinde- bzw. regionaler Ebene berechnet werden. Die multiperiodische Betrachtung des Jahres im Zusammenhang mit Ernteperioden wird nicht berücksichtigt. Die Multiperiodizität und weitere Betrachtungsebenen werden in einer erweiterten Variante des Conceptual Planner umgesetzt. Der Advanced Designer (AD) ermöglicht eine umfassende Synthese und damit eine genauere Planung einer Untersuchungsregion.

4.1. Aufbau und Standardisierung Hintergrunddatenbank

In der Hintergrunddatenbank sind die wichtigsten Informationen über die Ressourcen und Technologien gesammelt. Hier sind Beschreibungen zu Kapazitäten, eingesetzten Materialien, Stoff- und Energiebilanzen, Heizwerten, sowie Investitions- und Betriebskosten zu finden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Übersicht Datenbank

Materialien	Kraft-Wärme-Kopplung
Materialien und Verrechnung	Vergasung
Technologien	Biogasfermenter
Biomasseverbrennung	Biogasreinigung
Komprimierung	Einspeisung
Pyrolyse	Solartechnologien
Grüne Bioraffinerie	Effizienztechnologien
Treibstofftechnologien	Trocknung
Windkraft	Industrielle Abwärme
Transport	Hilfstechnologien
Ökologischer Fußabdruck (SPI-Werte)	

Quelle: eigene Darstellung

4.1.1. Materialien

Die folgende Tabelle 5 listet die in der Datenbank gesammelten Materialien und ihre Spezifizierung auf.

Tabelle 5: Liste der Materialien

Material	Spezifizierung	Material	Spezifizierung
wood	hardwood	electricity	renewable_biogas
wood	softwood	electricity	renewable_clean
wood	short rotation forestry	electricity	mix_nationalgrid
wood	bark		
wood	forest_residues	heat	renewable
wood	sawmillwaste	heat	nonrenewable
wood	fallen timber		
wood	stem	steam	-
wood	splitlogs		
wood	pellets	manure	semi_liquid
straw	pellets	digestate	-
wood	oldwood		
wood	softwood_chips	gas	raw_bioCH4
wood	middlewood_chips	gas	bio_methane_SNG
wood	hardwood_chips	gas	domestic
miscanthus	miscanthus_chips		
		waste	mix
grass	konv_miscanthus	waste	biogene
grass	org_miscanthus	waste	plastic
grass	konv_grassilage	waste	oil
grass	org_grassilage	wastewater	-
grass	konv_sudangrass	waste	recovered_paper
		waste	slaughterhouse_cattle
maincrops	cornstraw		
maincrops	konv_maizesilage	oil	domestic
maincrops	org_maizesilage	oil	vegetable_oil
maincrops	konv_maizegrain	diesel	domestic
maincrops	org_maizegrain	biodiesel	-
maincrops	konv_rape	bioethanol	-
maincrops	org_rape		
maincrops	konv_vegetables	ash	clean
maincrops	org_vegetables	ash	contaminated

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 5: Liste der Materialien (Fortsetzung)

Material	Spezifizierung	Material	Spezifizierung
maincrops	konv_potatoes	calciumcarbonate	-
maincrops	org_potatoes		
maincrops	konv_legumes	rape	presscake
maincrops	org_legumes		
maincrops	konv_sugarbeets	aminoacids	-
maincrops	konv_triticale	lacticacids	-
maincrops	org_triticale		
maincrops	konv_winterwheat	water	-
maincrops	org_wheat		
maincrops	konv_winterbarley	condensate	-
maincrops	konv_springbarley		
maincrops	org_barley	carbon dioxide	-
maincrops	konv_rye	charcoal	-
maincrops	org_rye		
maincrops	konv_oat	grass	presscake
maincrops	org_oat	grass	juice
maincrops	konv_sunflower		
maincrops	org_sunflower	gas	konv_methanol
maincrops	konv_maizecorn cob mix	gas	org_methanol
maincrops	org_maizecorn cob mix	sand	-
		pyrolysis-oil	-
cornlitter	-	coke+sand	-
straw	-	catalyst	-
straw	fibres	neutraliser	-
restproducts pyro	-	cellulose_panel	-
distiller's wash	-	wood_fibre_panel	-
K3PO4	-	seed	-
glycerin	-	fertiliser	-
mineral_wool	-	pesticides	-
EPS	-	cellulose_panel	-

Quelle: eigene Darstellung

Die Materialien wurden entsprechend ihres Energiegehaltes in der Datenbank verrechnet. In Tabelle 6 ist eine Auswahl der Verrechnung der wichtigsten Materialien dargestellt, eine vollständige Auflistung findet sich im Anhang.

Tabelle 6: Verrechnung der Materialien (Auswahl Fallbeispiel)

Material	Input	EH	Output	EH	Zusatz
Biogas aus Maissilage	1	t FM	185	m³	Methangehalt: 52 %
Biogas aus Gülle von Schweinen und Rindern	1	t FM	20 - 34	m³	Methangehalt: 55 %
Biogas aus Grassilage	1	t FM	208	m³	Methangehalt: 54 %
Maissilage	1	ha	49,5	t FM	Restfeuchte: 70 %
Sonnenblumenkerne	1	ha	2,5	t FM	
Kurzumtrieb	1	Ha	16	t FM	Restfeuchte: 35 % Heizwertberechnung: Hu [kWh/kg] (-5,684)*Wassergehalt in % + 5,1 1,9 % Aschegehalt
Rapskörner	1	ha	5,2	t FM	
Miscanthus	1	ha	15	t TM	Restfeuchte: 15 %
Grassilage	1	ha	35	t FM	Restfeuchte: 65 %
Holz	1	ha	10,88 - 11,82	t FM	Restfeuchte: 35 %, für CP neu Heizwertberechnung: Hu [kWh/kg] (-5,684)*Wassergehalt in % + 5,1

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2. Technologien

Die Technologien werden nach der Darstellung in einem Prozessfluss mit ihrem Ökologischen Fußabdruck aus dem SPI-Rechner der Technischen Universität Graz bewertet. Eine Übersicht der in der Datenbank hinterlegten Technologien ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Übersicht Technologien

Technologien		
Verbrennung Biomasse	Gasverbrennung mit und ohne Kraft-Wärme-Kopplung	Pelletierung
Vergasung Biomasse	Pyrolyse und Katalytische Drucklose Verölung	Grüne Bioraffinerie
Pflanzenölpresse	Biogasfermenter	Industrielle Verbrennung mit Kraft-Wärme-Kopplung
Biogasreinigung	Ethanolanlage	Biodieselanlage
Hilfstechnologien (Traktor, Hackschnitzelanlage, Holzspalter, Feldhächsler)		

Quelle: eigene Darstellung

Die Auswahl der Technologien orientiert sich am aktuellen Stand der Technik. Anhand des Verwendungszwecks wurden die Einzeltechnologien anschließend in die nun folgenden Gruppen eingeordnet. Es wurden kleine, mittlere und große Anlagengrößen definiert. Daraus kann die PNS nach Ressourcenverfügbarkeit die passende Anlagengröße auswählen und die Dimensionierung mit einem eigens dafür eingerichteten Parameter (upper bound / lower bound) zusätzlich noch feinabstimmen.

Nun folgt technologieweise eine Grobübersicht der Datenzusammenstellungen mit den mengenmäßig wichtigsten Stoff- und Energieflüssen. Genauere Informationen über die für den Conceptual Planner verwendeten Technologien finden sich im Anhang, Kapitel 10.2.

4.1.2.1. Verbrennung

Für die Verbrennung von erneuerbaren Ressourcen sorgen Biomasseheizkessel. Sie sind im Allgemeinen für Stückholz und Hackschnitzel und Holzpellets aus Waldholz ausgelegt. Weitere Brennmittel, wie Holz aus Kurzumtrieb, Sägespäne, Miscanthus (Elefantengras), Stroh und Strohpellets können, unter Berücksichtigung ihrer Reinheit, Ascheanteil und besonderer Wartungserfordernisse ebenfalls verbrannt werden. Kesselwirkungsgrade gehen dabei über 90 % hinaus.

Als Brenner für Biogas bzw. Erdgas und Erdöl wurden Stahlheizkessel mit eingebauten Edelstahlrekuperatoren verwendet. Der Wirkungsgrad liegt hier im bei 80 bis 90 %.

Output / Produkt: Wärme (siehe Tabelle 8)

Tabelle 8: Verbrennung

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Holzkessel HT	4.176,00 2,31	MWh Hackschnitzel MWh_{el} Elektrizität	2.400,00 856,00 8,00	MWh_{th} Wärme HT MWh_{th} Wärme NT t Asche
Holzkessel NT	2.572,00 1,42	MWh Hackschnitzel MWh_{el} Elektrizität	2.400,00 5,12	MWh_{th} Wärme NT t ash
Biomassekessel HT	4.176,00 1,61	MWh Miscanthus MWh_{el} Elektrizität	2.400,00 856,00 64,29	MWh_{th} Wärme HT MWh_{th} Wärme NT t Asche
Biomassekessel NT	2.728,00 1,05	MWh Miscanthus MWh_{el} Elektrizität	2.400,00 42,00	MWh_{th} Wärme NT t Asche
Gaskessel HT	681.824,00 3,80	m^3 Biogas MWh_{el} Elektrizität	2.400,00 872,00	MWh_{th} Wärme HT MWh_{th} Wärme NT
Gaskessel NT	428.067,00 2,39	m^3 Biogas MWh_{el} Elektrizität	2.400,00	MWh_{th} Wärme NT

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.2. Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Eine Form der verbesserten Ausnutzung von Brennstoffen in der Elektrizitätserzeugung kann durch eine gekoppelte Produktion von Elektrizität und Wärme erfolgen. Ein beliebter Standard ist der Claudius-Rankine-Prozess, einem thermodynamischen Kreisprozess, bei dem als Arbeitsmittel eine Flüssigkeit verdampft wird. Die Expansion des Arbeitsmittels wird häufig mit Hilfe eines Gasmotors oder einer Gasturbine in Elektrizität und Wärme umgewandelt.

Bei Biogasanlagen werden in einem BHKW zur Erzeugung von Elektrizität und Wärme gerne Gas-Ottomotoren oder Zündstrahlmotoren eingesetzt. Der Gesamtnutzungsgrad der Anlage ist von der Nutzung der Abwärme abhängig.

Eine Mikrogasturbine (MGT) kann neben der Verbrennung von Erdgas genauso für die Verbrennung von Biogas verwendet werden. Unter einer Mikrogasturbine versteht man im Allgemeinen eine Einwellenmaschine. Das bedeutet, dass Generator, Turbine und Verdichter auf ein und derselben Welle befestigt sind.

Diese Technik beinhaltet einen Rekuperator (Wärmetauscher), der es ermöglicht einen Nutzungsgrad (Gesamtwirkungsgrad) von 80 bis 88 % zu erreichen. Brennstoffoptionen: Holz, Biogas, Erdgas. (siehe Tabelle 9)

Tabelle 9: Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Biogas KWK (BHKW)	6.953	MWh Biogas	2.449 3.848	MWh_{th} Wärme NT MWh_{el} Elektrizität
Mikrogasturbine	1.962	MWh Biogas	1.051 569	MWh_{th} Wärme NT MWh_{el} Elektrizität

Quelle: eigene Darstellung

Organic Rankine Cycle (ORC)

Bei vorhandener industrieller Hochtemperaturabwärme oder durch einen gezielt herbeigeführten Verbrennungsprozess wird ein Arbeitsmedium mit möglichst niedrigem Siedepunkt verdampft und damit Druck aufgebaut. Die dabei erzeugte mechanische Energie wird über einen Generator in elektrische Energie umgewandelt. Der thermische Wirkungsgrad liegt bei 65 bis 75 %, der elektrische Wirkungsgrad liegt bei 10 bis 20 %. Der Gesamtwirkungsgrad liegt bei bis zu 95 %.

Output / Produkt: Elektrizität und Wärme (siehe Tabelle 10)

Tabelle 10: Organic Rankine Cycle

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
ORC	44.480	MWh Hackschnitzel	34.640 8.000	MWh_{th} Wärme NT MWh_{el} Elektrizität

Quelle: eigene Darstellung

Industrielle Abfallverbrennung

In diesem Verfahren wird die Abfallverbrennung von Restmüll, Altholz und Altpapier abgebildet. Diese Anlagen müssen umweltrechtliche Bestimmungen einhalten[v], da

[v] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend über die Verbrennung von Abfällen (Abfallverbrennungsverordnung - AVV) StF. BGBl. II Nr. 389/2002

Abfallprodukte Fremdstoffe, wie Schwermetalle, Lackierungen etc. enthalten, deren Emissionen mit besonderen Trenn- und Filtersystemen abgeschieden werden müssen und nicht in die freie Natur gelangen dürfen.

Output / Produkt: Elektrizität und Wärme (siehe Tabelle 11)

Tabelle 11: Industrielle Abfallverbrennung

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Restmüllverbrennung	691.000	MWh Restmüll	467.400 91.600	MWh_{th} Wärme HT MWh_{el} Elektrizität
Altholzverbrennung	1.382.400	MWh Altholz	934.800 183.100	MWh_{th} Wärme HT MWh_{el} Elektrizität
Altpapierverbrennung	1.340.000	MWh Altpapier	770.300 151.000	MWh_{th} Wärme HT MWh_{el} Elektrizität

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.3. Pelletierung

Durch eine Pelletierung von Holz und Stroh können Brennstoffe höhere Dichtegrade und geringere Feuchtgehalte erreichen. Damit erhöht sich der Heizwert pro Volumeneinheit, und in weiterer Folge können Pellets durch ihre höhere Transportdichte effizienter und kostengünstiger transportiert werden, als Stückholz oder Hackschnitzel. Gegenüber Heizöl ist die Energiedichte von Pellets allerdings trotzdem um den Faktor 3 geringer, die Transportdistanz zur Rohstoffquelle kann niedriger sein, wenn das Holz regional bereitgestellt wird.

Output / Produkt: Holzpellets, Strohpellets (siehe Tabelle 12)

Tabelle 12: Pelletierung

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Holzpelletierung	10.000 1.000	t Hackschnitzel trocken MWh_{el} Elektrizität	10.000	t Holzpellets
Strohpelletierung	10.000 2.500	t Stroh trocken MWh_{el} Elektrizität	10.000	t Holzpellets

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.4. Vergasung

Biomassevergasung

In einem hohen Temperaturbereich (meist etwa 850° Celsius) wird Biomasse unter Zuführung von Wasserdampf vergast, es entsteht ein Rohbiogas. Dieses kann dann, wie auch das Rohbiogas der Biogasanlage entweder durch Verbrennung direkt energetisch genutzt oder aufbereitet werden (siehe Kapitel Reinigung).

Output / Produkt: Rohbiogas, Elektrizität und Wärme (siehe Tabelle 13)

Tabelle 13: Beispiel Holzvergasung

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Holzvergasung	10.000	t Hackschnitzel	11.152	MWh_{el} Elektrizität
			25.109	MWh_{th} Wärme HT

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.1. Pyrolyse und Katalytische drucklose Verölung (KDV)

Pyrolyse

Beim Verfahren der Flash-Pyrolyse wird Biomasse unter Sauerstoffabschluss auf etwa 475° Celsius erhitzt und dann wieder abgekühlt. Nach der Kondensation erhält man eine rötliche-braune Flüssigkeit, das Pyrolyseöl, mit einem Energiegehalt, der in etwa der Hälfte des Heizwertes von Heizöl entspricht sowie Holzkohle.

Output / Produkt: Pyrolyseöl, Koks, Wärme (siehe Tabelle 14)

Tabelle 14: Pyrolyse

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Strohpyrolyse 50 MW	375.000	MWh Stroh	228.000	MWh Pyrolyseöl
	26.250	MWh Biogas	112.400	MWh Koks-Sandgemisch
	1.800	t Sand	16.500	MWh_{th} Wärme HT
	15.210	MWh_{el} Elektrizität		
Holzpyrolyse 50 MW	375.000	MWh Holz	301.000	MWh Pyrolyseöl
	1.800	t Sand	62.900	MWh Koks-Sandgemisch
	16.000	MWh_{el} Elektrizität	9.370	MWh_{th} Wärme HT

Quelle: eigene Darstellung

Katalytische drucklose Verölung

In der katalytischen drucklosen Verölung (KDV) von Altöl, Plastikmüll oder Biomüll kann mit leichtem Unterdruck (0,1 bis 0,8 Bar) und einer Temperatur von 290 ° Celsius bis 350 ° Celsius ein Dieseläquivalent erzeugt werden.

Output / Produkt: Diesel, Holzkohle, Wärme (siehe Tabelle 15)

Tabelle 15: Katalytische drucklose Verölung

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
KDV 500 Altöl	44.444	MWh Altöl	37.777	MWh Diesel
	120	t Katalysator	120	t Abwasser
	13	t Neutralisator	273	t Nebenprodukte
KDV 500 Plastikmüll	44.778	MWh Plastikmüll	37.777	MWh Diesel
	180	t Katalysator	928	t Abwasser
	20	t Neutralisator	992	t Nebenprodukte
KDV 500 Biomüll	48.889	MWh Biomüll	37.777	MWh Diesel
	200	t Katalysator	9.105	MWh Holzkohle
	8	t Neutralisator	2.400	t Abwasser
			621	t Nebenprodukte

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.2. Biogasfermenter

Biogasanlagen sind breit einsetzbare Verarbeiter von Abfällen und Ressourcen kohlenstoffhaltigen Substanzen jeglicher Art. Maissilage, Grassilage, tierische Gülle, Biomüll etc. können in Fermentern gesammelt, zu Essigsäure vergärt und in weiterer Folge aus Wasserstoff und Kohlendioxid der Essigsäure zu Methan umgewandelt werden. Auch aus Schlachtabfällen kann Biogas erzeugt werden. Dabei ist jedoch besonders auf die erlaubte Auswahl und Aufbereitung der Abfälle zu achten[vi]. Biogas besteht neben Methan noch aus anderen Bestandteilen, wie Kohlendioxid, Wasserdampf, Stickstoff, Sauerstoff, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, die je nach Substrat in unterschiedlichen Anteilen vorkommen können.

Output / Produkt: Rohbiogas, landwirtschaftlicher Dünger (siehe Tabelle 16)

[vi] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend über die Verbrennung von Abfällen (Abfallverbrennungsverordnung - AVV) StF. BGBl. II Nr. 389/2002

Tabelle 16: Biogasfermenter

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Fermenter	364.000	m^3 Biogaspotenzial aus jeweiliger Substratmischung	364.000	m^3 Biogas

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.3. Grüne Bioraffinerie

Hier wird Grasssilage mechanisch gepresst um Amino- und Milchsäure aus dem Presssaft der Grassilage zu erzeugen. Dieser Prozess lässt sich gut an Biogasanlagen koppeln und die Effektivität der Roh- und Abfallstoffnutzung kann durch die Herstellunghöherwertiger Güter auch finanziell interessant ausgenutzt werden. (KROMUS et al., 2002[28])

Output / Produkt: Aminosäuren, Milchsäuren (siehe Tabelle 17)

Tabelle 17: Grüne Bioraffinerie

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Silierung und Fraktionierung	20.875	t Grassilage	15.500	t Graspresskuchen feucht
	44.295	t Wasser	49.670	t Grassaft
	3.450	MWh_{el} Elektrizität		
Trocknung Grasfasern	15.500	t Graspresskuchen feucht	8.600	t Graspresskuchen trocken
	6.876	MWh_{th} Wärme	6.876	t Wasserdampf
	1.364	MWh_{el} Elektrizität		
Amino- und Milchsäureseparation	4.967	t Grassaft getrocknet	870	t Aminosäure
			1.614	t Milchsäure
			2.483	t Grassaft (2. Pressung)

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.4. Biogasreinigung

Die Reinigung des Rohbiogases läuft unter ständiger Zugabe von Wasserdampf ab. Zuerst erfolgt in einer Konditionierung die erste Reinigung (Aminwäsche) des Rohbiogases, dabei wird Kohlendioxid und Kondensat abgespalten, dann mittels Komprimierung die Methanisierung und schließlich wieder eine Aminwäsche. Das aufbereitete Bio-Methan kann dann entweder in ein Gasnetz eingespeist werden oder direkt zur Betankung von gasbetriebenen Fahrzeugen verwendet werden. Je nachdem welche Rahmenbedingungen vor Ort herrschen, kann das Gas auch im Sinne einer KWK zu Elektrizität und Wärme umgewandelt werden.

Output / Produkt: Biomethangas, Kohlendioxid (siehe Tabelle 18)

Tabelle 18: Biogasreinigung

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Biogasreinigung	3.464.000,00 686,40	m^3 Biogas MWh_{el} Elektrizität	2.080.000,00	m^3 gereinigtes Biogas

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.5. Einspeisung

Zur Einspeisung wird Gas mittels Verdichterstationen für den Transport komprimiert. Abhängig von der Einsatzart wird das Gas auf die jeweiligen Anforderungen des Erdgasnetzes, im Allgemeinen Niedrig- (ND < 0,1 Bar), Mittel- (MD 0,1 bis 1 Bar) oder Hochdruck (HD > 1 Bar), gebracht.

Output / Produkt: transport- und lagerfähiges Gas

4.1.2.6. Treibstofftechnologien

Bioethanolherstellung

In diesem Modell wird Ethanol aus Stärke gewonnen. Sie findet sich zum Beispiel in Weizen und Mais wieder. Nach einer enzymatischen Stärkekonversion folgen Gärung und Destillation zur Abtrennung des Ethanols vom Wasser. Bei der Umsetzung des Zuckers in Ethanol gilt, je größer die Anlage, desto höher der Ausbeutekoeffizient.

Ausgeschiedene Reststoffe (Schlempe) lassen sich zudem wieder gut in einer Biogasanlage energetisch nutzen. In der Kombination mit einer Biogasanlage oder einer reinen Biomasseverbrennung kann die nötige Prozessenergie auch selbst bereitgestellt werden. (FRIEDL et al., 2007[29])

Output / Produkt: Bioethanol und Schlempe (siehe Tabelle 19)

Tabelle 19: Ethanolerzeugung

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Ethanolanlage Mais	31.310	t Maiskörner	10.000	t Ethanol
	21.681	MWh_{th} Wärme HT	12.540	t Schlempe
	1.731	MWh_{el} Elektrizität		
Ethanolanlage Zuckerrübe	75.534	t Zuckerrübe	10.000	t Ethanol
	59.431	MWh_{th} Wärme HT	16.384	t Schlempe
	4.745	MWh_{el} Elektrizität		
Ethanolanlage Weizen	35.577	t Weizen	10.000	t Ethanol
	24.635	MWh_{th} Wärme HT	9.120	t Schlempe
	1.967	MWh_{el} Elektrizität		

Quelle: eigene Darstellung

Biodieselanlage

Das Standardverfahren dafür ist das CD-Verfahren (Connemann-Verfahren, continous deglycerolization). Ölsamen (meist Rapssamen, Sonnenblumenkerne) werden zur Biodieselerzeugung ausgepresst. Dem Pflanzenöl werden Methanol und KOH beigemengt (Umesterung), anschließend erfolgt eine schrittweise Trennung des Glycerin vom Biodiesel gefolgt von einer Biodiesel-Wäsche, einer Biodiesel-Trocknung und schließlich der Glycerin-Aufbereitung.

Output / Produkt: Biodiesel, Glycerin (siehe Tabelle 20)

Tabelle 20: Biodieselerzeugung

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Biodieselanlage	8.000	t Pflanzenöl	8.000	t Biodiesel
	800	t Methanol	800	t Glycerin
	8	t KOH	8	t K_3PO_4
	0,08	MWh_{el} Elektrizität		

Quelle: eigene Darstellung

Ölpresse

Öl aus Ölsaaten bringt macht bei einer Pressung etwa ein Drittel (z.B. Raps) der Gesamtmasse aus. Das Pflanzenöl aus Ölsaaten kann zu Biodiesel weiterverarbeitet werden.

Der bei der Pressung entstehende Reststoff (Presskuchen), macht etwa die anderen zwei Drittel der Masse aus. Der Presskuchen kann entweder verfüttert oder in der Biogasanlage energetisch verwertet werden.

Output / Produkt: Pflanzenöl (siehe Tabelle 21)

Tabelle 21: Ölpresse

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Ölpressung Rapssamen	1.440	t getrocknete Rapssamen	475	t Rapsöl
	67	MWh_{el} Elektrizität	965	t Presskuchen
Ölpressung Sonnenblumenkerne	1.440	t getrocknete Sonnenblumenkerne	504	t Sonnenblumenöl
	67	MWh_{el} Elektrizität	936	t Presskuchen

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.7. Trocknung

Die Trocknung von Mais, Rapssamen, Sonnenblumenkernen, Weizenkörnern, Hackschnitzeln, Holzabfällen (aus Sägewerken) oder Stroh erfolgt hier in Trocknungsanlagen, die mit Biomasse oder mit überschüssiger Abwärme, Blockheizkraftwerke und/oder Biogasanlagen betrieben werden, wie es im Fallbeispiel St. Margarethen bereits Umsetzung findet (siehe Kapitel 5).

Output / Produkt: trockene, halt- und lagerfähigere Lebensmittel und energetisch nutzbare Biomasse (siehe Tabelle 22)

Tabelle 22: Trocknung von Biomasse

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Trocknung Holz	12.576 2.832 192	t Hackschnitzel feucht MWh_{th} Wärme HT MWh_{el} Elektrizität	10.000	t Hackschnitzel trocken
Trocknung Rapssamen	700 147 1,4	t Rapssamen MWh_{th} Wärme HT MWh_{el} Elektrizität	595	t Rapssamen trocken
Trocknung Sonnenblumenkerne	700 216 7	MWh_{th} Wärme HT t Sonnenblumenkerne MWh_{el} Elektrizität	616	t Sonnenblumenkerne trocken

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.8. Solartechnologien

Solarthermie- und Photovoltaikanlagen (PV) bieten immer günstigere Möglichkeiten die Kraft der Sonne direkt zu nutzen. Solarthermische Flachkollektoren können Wirkungsgrade bis zu 85 % erzielen. Im Jahresschnitt liegt der Wirkungsgrad bei 50 bis 75 %. Bei den PV-Anlagen sind die Wirkungsgrade vergleichsweise gering. PV-Zellen können Wirkungsgrade bis zu 24 % erzielen. Dadurch hat diese Art der Energieerzeugung eine höhere Amortisationszeit von 25 Jahren. Die direkte Nutzung der Sonnenenergie ist eine Energiequelle die im Betrieb weitestgehend unabhängig von festen Rohstoffen ist. Die Errichtung von Solarthermie- und PV-Anlagen eignet sich besonders auf schon vorhandenen Dachflächen und sonstigen geeigneten Stellen, da dort keine Flächenkonkurrenz zu anderen, zum Beispiel agrarisch genutzten Flächen, auftritt.

Output / Produkt: Elektrizität, Wärme(siehe Tabelle 23)

Tabelle 23: Solartechnologien

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
PV	1	m^2 Solarfläche	0,13	MWh_{el} Elektrizität
Solarthermie	1	m^2 Solarfläche	0,40	MWh_{th} Wärme HT

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.9. Windkraft

Die Leistung einer Windkraftanlage ist abhängig von der Windstärke an ihrem Standort. In Österreich laufen Windräder im Schnitt 2.085 Volllaststunden. (HANTSCH et al. 2009[30]) Windkraftanlagen sind nicht abhängig von der Ertragskraft des Untergrundes. Sie können auf Flächen errichtet werden, die in keiner Flächenkonkurrenz stehen, wie zum Beispiel auf für die Land- und Forstwirtschaft ungünstigen oder bereits bebauten Flächen.

Output / Produkt: Elektrizität (siehe Tabelle 24)

Tabelle 24: Windkraft

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Windturbine	Windkraft	Schnitt Österreich	1.300	MWh_{el} Elektrizität

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.10. Effizienztechnologien

Für Berechnungen zur Dämmung von Gebäuden wurden Materialien, wie Mineralwolle, EPS (Expandiertes Polystyrol), Zelluloseplatten, Stroh und Holzfaserplatten ausgewählt. Immer noch gibt es ein erhebliches Potenzial, Wärmeverluste von Gebäuden mittels Dämmmaßnahmen zu verringern. 16 cm bis 20 cm Wanddämmung bedeuten je nach Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert, dU) des Gebäudes eine Wärmeeinsparung von über 90 kWh_{th} pro m² und Jahr.

Output / Produkt: Steigerung der Energieeffizienz (siehe Tabelle 25)

Tabelle 25: Außenwanddämmung

Verfahren	Input	Einheit/Jahr	Output	Einheit/Jahr
Mineralwolle 16 cm	1 0,823 3,2	m^2 dU kg	93,35	kWh_{th} Energieeinsparung
Expandiertes Polystyrol (EPS) 16 cm	1 0,811 1,92	m^2 dU kg	91,99	kWh_{th} Energieeinsparung
Zelluloseplatte 20 cm	1 0,845 12,8	m^2 dU kg	95,85	kWh_{th} Energieeinsparung
Strohplatte 20 cm	1 0,828 14,4	m^2 dU kg	93,92	kWh_{th} Energieeinsparung
Holzfaserplatte 16 cm	1 0,820 14,08	m^2 dU kg	93,35	kWh_{th} Energieeinsparung

Quelle: eigene Darstellung

4.1.2.11. Hilfstechnologien

Für die Aufspaltung von Holz kommen im Allgemeinen Holzspalter, für die Zerkleinerung zu Hackschnitzeln Holzhacker zum Einsatz. Zur Miscanthusernte können handelsübliche Mähdrescher, wie sie zur Maisernte verwendet werden, herangezogen werden.

Output / Produkt: zerkleinerte Biomasse für Energiebereitstellung

4.1.2.12. Transport

Die Effizienz im Gütertransport ist abhängig von Transportmittel und Transportstrecke. Letztere wurden im Fallbeispiel nur für den Traktor benötigt. Eine Transportaufteilung nach Streckenausmaß wurde wie folgt gefasst:

- Traktor für kurze Gütertransporte (bis 15 km)
- LKW für mittlere Strecken (15 bis 100 km)
- Zug für längere Strecken (über 100 km)

Output / Produkt: effizienter Gütertransport

4.1.2.13. Ackerflächen

Auf den Ackerflächen wird der Anbau für übliche Ackerfrüchte jeweils konventionell und organisch inklusive Dünger und Traktoreinsatz angegeben. Die Auswahl an Ackerfrüchten, die zur Verfügung gestellt werden ist in Tabelle 26 aufgelistet.

Tabelle 26: Auswahl Ackerfrüchte

Ackerfrucht	Ziel	Ackerfrucht	Ziel
Winterweizen	Bioethanolanlage	Maissilage	Biogasanlage
Roggen	Bioethanolanlage	Mix aus Maiskörnern und Maisspindeln	Bioethanolanlage
Winterroggen	Bioethanolanlage	Miscanthus (Elefantengras)	Erntemaschine, Verbrennung
Gerste	Bioethanolanlage	Grassilage	Biogasanlage
Hafer	Bioethanolanlage		
Mais	Bioethanolanlage	Hart-/Weichholz	Hackschnitzelanlage, Verbrennung, Pelletierung
Raps	Pflanzenölpresse	Kurzumtrieb	Hackschnitzelanlage, Verbrennung, Pelletierung
Zuckerrübe	Bioethanolanlage	Sonnenblumenkerne	Pflanzenölpresse

Quelle: eigene Darstellung

4.2. Implementation der Datenbank

Die Hintergrunddatenbank dient als Datenpool für den Conceptual Planner. Auf die Einarbeitung und Nutzung der Datenbank, sowie die Kontrolle und Entwicklung der PNS-Datei hinter dem Conceptual Planner, wird in Kapitel 6 eingegangen.

Um die korrekte Arbeitsweise der PNS des Conceptual Planner bestätigen zu können, war es notwendig das Programm fortwährend mit realen Daten einer Region zu füttern und seine Funktionen zu überprüfen.

Für einen konkreten Testlauf des Conceptual Planner wurde die oststeirische Region in und um St. Margarethen an der Raab ausgewählt, da sie bereits in Vorprojekten mit der Prozess-Netzwerk-Synthese durchgerechnet wurde. Damit war die Basis für einen Vergleich der Synthesen gegeben.

5. Synthese-Projekt Untersuchungsregion in der Oststeiermark (Betrachtung multiperiodisch)

Die Untersuchungsregion wurde klar in einer und um eine oststeirische Gemeinde herum aufgebaut. Mittels PNS wurden im Rahmen zweier Projekte Synthesen vorgenommen. Die Region eignet sich besonders für Ressourcenbetrachtungen, da sich dort ein landschaftlich sehr gut durchmischtes Gebiet mit viel Grün-, Acker- und Kleinwaldflächen befindet. Es gibt bereits vereinzelt bestehende Energielösungen, wie zum Beispiel eine Biogasanlage mit Nahwärmenetz in St. Margarethen, gleichzeitig sind die regionalen Stakeholder neuen Entwicklungen sehr aufgeschlossen.

5.1. St. Margarethen an der Raab und Umlandgemeinden

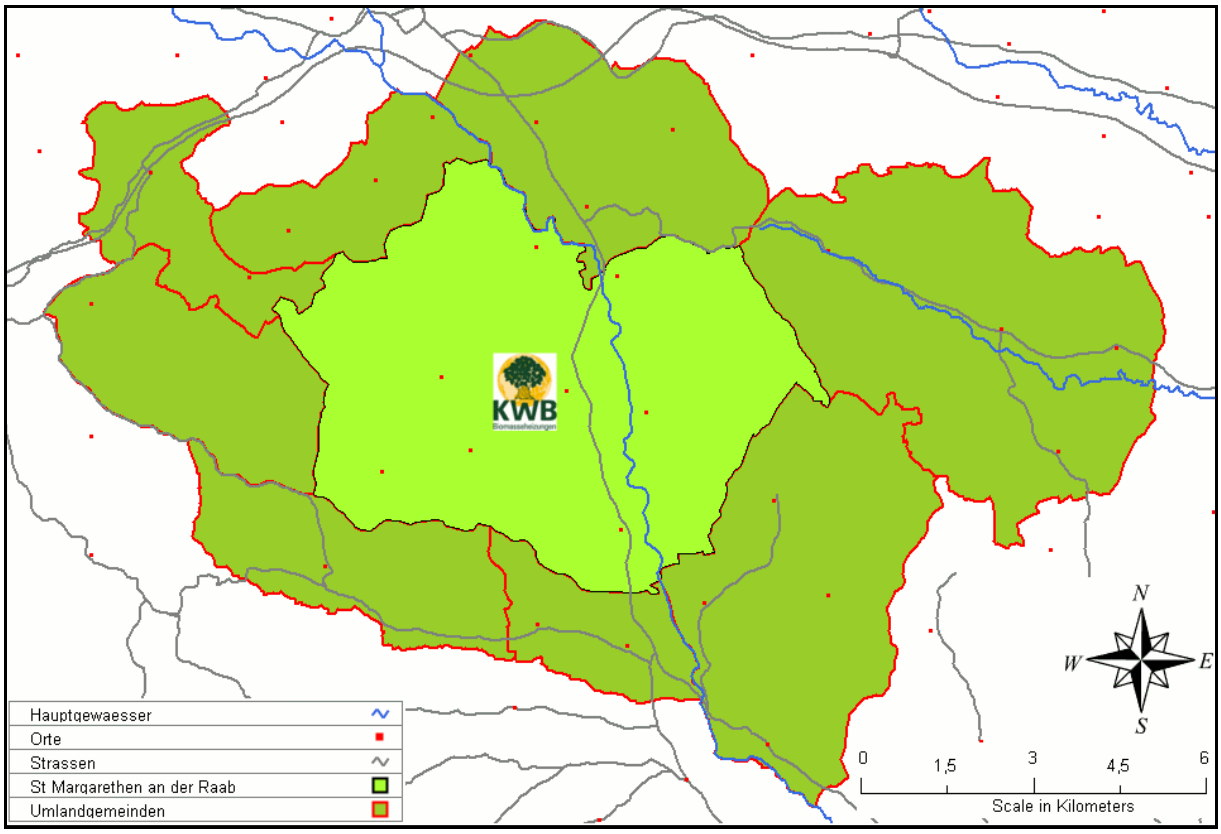
Die ersten Synthesen wurden für die Gemeinde St. Margarethen an der Raab und die direkt angrenzenden acht Umlandgemeinden Eichkögl, Markt Hartmannsdorf, Hofstätten, Labuch, Langegg bei Graz, Laßnitzthal, St. Marein bei Graz und Studenzen vorgenommen.

In der oststeirischen Gemeinde St. Margarethen an der Raab wird Biogas, Wärme und Elektrizität aus erneuerbaren Energieträgern produziert und eingesetzt. Diese Energieproduzenten sind teilweise an Versorgungsnetze angeschlossen. Ziel dieser Arbeit war es, von St. Margarethen an der Raab und den acht Umlandgemeinden relevante Daten zu erfassen und sie für eine ökonomische Optimierung in die Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS) einzuspeisen.

Dabei wird der Einsatz von Ressourcen der Region mit vorhandenen und neuen, möglichen Technologien optimiert. Überschüssige Abwärme könnte zur Weiternutzung/Veredelung von Rohstoffen verwendet werden. Kaskadenschaltungen ersetzen bislang getrennt ablaufende Energieprozesse. Technologiekombinationen helfen Ressourceninput und –output optimal auszuschöpfen.

Die Übersichtskarte bildet das Analysegebiet St. Margarethen an der Raab inklusive der acht Umlandgemeinden ab. Zentral in der Gemeinde St. Margarethen an der Raab ist die Firma KWB - Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH abgebildet (siehe Abbildung 12, Lage KWB durch das Logo gekennzeichnet).

Abbildung 12: Übersichtskarte St. Margarethen an der Raab mit Umlandgemeinden



Quelle: eigene Darstellung, Map Window GIS 2010

5.1.1. Arbeitsschritte

In dem Kapitel werden die Schwerpunkte der Datenerfassung und der Datenaufbereitung beschrieben.

Folgende Prozessschritte können angeführt werden:

1. Erhebung der momentanen Energieverbrauchssituation in St. Margarethen an der Raab

- Ausbaupläne Fernwärmenetz
- Verbrauchssituation der bestehenden Gebäude und Anschlussmöglichkeiten
- derzeitige Versorgung der bestehenden Gebäude des Gewerbeparks

2a. Recherche: Vorhaben im Bereich der Energiebereitstellung

- Biogasanlage der SGE Energie aus Biogas GmbH & Co KG
- Holzvergasung „CleanStGas“
- Photovoltaik
- Biomassehof und Waldstolz
- Kurzumtriebs- / Agroforstflächen

2b. Recherche: Vorhaben im Bereich der Energienutzung

- Trocknungsanlage
- Pflanzenölpresse / -tankstelle
- Biogasanlage
- Pelletieranlage
- weiterer Anschluss von Haushalten und Anschluss von Gärtnerei an Nahwärmenetz

3a. Recherche: Bestand agrarischer Flächen

- momentane Nutzung landwirtschaftlicher Flächen → Flächeninventur
  - Kleinwald, Wiesen, Äcker, etc.
- zusätzliche Rohstoffquellen (mögliche Biomassedrehscheiben)

3b. Recherche: Bestand Haushalte

- momentane Beheizung
- zukünftig geplante Siedlungen

3c. Recherche: Bestand Tiere

- Großvieheinheiten (GVE)

4. Einspeisung der Daten in die Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS)

- Definition von Ressourcen, Rohstoffen und Technologien sowie deren Verknüpfungen
- Analyse mit Preisen
- Generierung eines möglichen Technologienetzwerks

5. Modellierung

- Maximalstruktur
- erste optimierte Grundstruktur inklusive Kosten

Die Wärmeerzeugungs- und Versorgungssituation spielt für die Analyse des Untersuchungsgebietes eine vorrangige Rolle.

5.1.2. Erhebung Struktur- und Ressourcensituation

Eine Untersuchung der bestehenden Gemeindestrukturen und die Erhebung der vorhandenen Ressourcen und ihrer Verwendung bildete eine grundlegende Datenbasis, um die weitere Modellierung mit der Realwelt zu verknüpfen. Dabei wurden sowohl geographische und sozioökonomische Daten erhoben, als auch die Wärme- und Rohstoffdaten ermittelt (Datenauszug Tabelle 27).

Tabelle 27: Auszug aus den Erhebungsdaten

	Wohngebäude								Industriegebäude		
Gemeinde	Gde. Fläche (ha)	Einw. 2011	Haushalte 2001	Geb.	Beheizte Gebäude 2011	Wärmebedarf gesamt (MWh-th/a)	Wärmebedarf zentral (MWh-th/a)	Wärmebedarf dezentral (MWh-th/a)	Gebäude 2011	Wärmebedarf zentral (MWh-th/a)	Wärmebedarf dezentral (MWh-th/a)
St. Margarethen	4304	3890	1119	1343	1185	26587	8557	18030	25	10714	0
Studenzen	591	703	210	237	204	4586	0	4586	2	x	9504
Eichkögl	2126	1214	375	392	312	6994	0	6994	x	x	x
Langegg	1145	828	246	297	244	5475	0	5475	x	x	x
St. Marein	1028	1253	410	424	361	8092	0	8092	x	x	x
Hartmannsdorf	2924	2936	912	950	764	17130	0	17130	x	x	x
Hofstätten	1522	2040	528	681	609	13665	0	13665	x	x	x
Labuch	723	788	230	270	234	5251	0	5251	x	x	x
Laßnitzthal	761	1088	374	389	327	7330	0	7330	x	x	x
GESAMT	15124	14740	4404	4983	4240	95111	8557	86554	27	10714	9504

Quelle: eigene Erhebung; Stand 2011

5.1.3. Wärmeerzeugungs- und Wärmeversorgungssituation in St. Margarethen an der Raab

Ein Teil der Gemeinde St. Margarethen an der Raab ist an ein Nahwärmenetz angeschlossen, das durch die Firma Hestia GmbH betreut wird. Die Wärme von 408 kW_{th} liefert die Biogasanlage der SGE Energie aus Biogas GmbH & Co KG über ein Blockheizkraftwerk. Nach einer Ausbauphase wird das Netz innerhalb der nächsten 3 Jahre auf etwa 1.150 kW_{th} Nahwärmeabnahme ausgeweitet. Der Anschluss der CleanStGas Holzvergasungsanlage und der Heizkesselanlagen der KWB Forschungs- und Entwicklungsabteilung (F&E), sowie des Kundendienstes, soll die dann zukünftig benötigten Lasten und Spitzenlasten decken.

Die in Umsetzung befindliche Wärmeerzeugungs- und Wärmeversorgungssituation in St. Margarethen an der Raab ist in Tabelle 28 bis Tabelle 30 aufgelistet.

Dabei wurden die bestehenden Anlagen der Biogasanlage, die Heizkessel der KWB F&E und des Kundendienstes, sowie die neue CleanStGas Holzvergasungsanlage berücksichtigt.

In Tabelle 28 ist die von den bestehenden Anlagen produzierte Wärme pro Jahr, sowie der Verbrauch für Gemeinde und der Eigenverbrauch der jeweiligen Anlagen dargestellt. Diese Überschusswärme kann beispielsweise für Trocknung und die Gärtnerei verwendet werden.

Tabelle 28: Produktions- und Verbrauchssituation in St. Margarethen an der Raab

		MWh_{th} pro Jahr
Wärmeproduktion: CleanStGas, Biogas und KWB		14.593
-	Eigenverbrauch: CleanStGas, Biogas und KWB	- 4.536
=	Überschuss Wärme	10.057
-	Wärmenutzung: Gemeinde	- 1.700
-	**Wärmenutzung: Gärtnerei**	**-45**
=	**Ungenutzte Überschuss Wärme**	**8.312**

Quelle: KWB, Hestia, CleanStGas, eigene Berechnung; Stand: 2009

Das Jahr wurde in die in Tabelle 29 dargestellten Wirtschaftsperioden unterteilt. Die Unterteilung wurde dabei nach Stunden durchgeführt. Die Wirtschaftsperioden wurden eingeführt, um die über das Jahr verteilte unterschiedliche Verfügbarkeit an Rohstoffen, wie Mais, Maisspindeln und Raps zeitlich einzuordnen und zu überprüfen, wie viel überschüssige Wärme vorhanden ist und wie viel davon für die Trocknung genutzt werden könnte. Für den Rohstoff Holz wurde eine ganzjährige Verfügbarkeit angenommen.

Tabelle 29: Jahr - Perioden – Einteilung in Stunden (h)

Zeitschiene Jahr Gesamt 8.640 Stunden - Periodenaufteilung		
Sommer / Raps	Mais	Winter
2.880 h	1.440 h	4.320 h

Quelle: eigene Berechnung auf Basis der Wuchszeiten der Pflanzen; Stand: 2009

In Tabelle 30 ist die von den bestehenden Anlagen erzeugte Gesamtleistung an Überschusswärme für Produktion, Eigenverbrauch und Verbrauch von Gemeinde und Gärtnerei eines ganzen Jahres berechnet und in einzelne Perioden unterteilt.

Tabelle 30: Darstellung der Perioden „Sommer/Raps“, „Winter“ und „Mais“

Periode: Sommer/Raps	**MWh_{th}**
Produktion CleanStGas, Biogas und KWB	4.562
- Verbrauch CleanStGas, Biogas und KWB	709
- Verbrauch Gemeinde	246
- Verbrauch Gärtnerei	0
Überschuss Wärme	**3.607**
Periode: Mais	**MWh_{th}**
Produktion CleanStGas, Biogas und KWB	2.583
- Verbrauch CleanStGas, Biogas und KWB	1.053
- Verbrauch Gemeinde	287
- Verbrauch Gärtnerei	0
Überschuss Wärme	**1.244**
Periode: Winter	**MWh_{th}**
Produktion CleanStGas, Biogas und KWB	7.448
- Verbrauch CleanStGas, Biogas und KWB	2.773
- Verbrauch Gemeinde	1.168
- Verbrauch Gärtnerei	45
Überschuss Wärme	**3.462**

Quelle: KWB, Hestia, CleanStGas, eigene Berechnung; Stand: 2009

5.1.4. Ressourcensituation der ZUERST-Region und ihre mögliche Nutzung

In die Erfassung der Ressourcensituation wurden aufgrund der räumlichen Nähe zusätzlich zu St. Margarethen an der Raab auch die Gemeinden Studenzen, Eichkögl, Langegg, St. Marein, Markt Hartmannsdorf, Hofstätten, Labuch und Laßnitzthal eingebunden.

Die Gesamtfläche aller neun Gemeinden umfasst 15.124 ha. Davon sind 10.974 ha als land- und forstwirtschaftliche Nutzfläche ausgewiesen. Diese gliedert sich folgendermaßen auf (siehe Tabelle 31):

Tabelle 31: Flächennutzung in Hektar der ZUERST-Region

Wald	**Wiesen**	**Acker**	**Sonstige**	**Gesamt**
4.943	1.697	3.677	656	**10.974**

Quelle: Bezirkskammern Weiz, Feldbach u. Graz-Umgebung, eigene Berechnung; Stand: 2009

Die Nutzung der Wald- und Wiesenflächen wurde 1:1 in die Modellierung übernommen. Von den Ackerflächen wurden 2.080 ha ins Modell eingespielt, da es sich dabei um die aktuelle (2009/2010) Bepflanzung mit Mais, Maissilage und Raps handelte. Die Anbauflächen von Getreide, Kürbis und den sonstigen Feldfrüchten wurden herausgerechnet, um die aktuell mit Nahrungsmittelpflanzen bebauten Flächen nicht in Flächenkonkurrenz mit Energiepflanzen zu bringen.

5.1.5. Dateneinspeisung, Modellbildung und Synthese erneuerbarer Ressourcen

Die Daten wurden mit dem PNS-Editor, dem in Kapitel 2 beschriebenen Programm der *Prozess-Netzwerk-Synthese* (PNS), bearbeitet. Im Programm wird ein Maximum an Auswahlmöglichkeiten an diversen Technologien definiert über die die Stoffe (Rohstoffe, Zwischenprodukte, Endprodukte) transferiert und/oder umgewandelt werden können.

Sowohl Technologien, als auch Rohstoffe und Endprodukte werden monetär bewertet. Aus dieser *Maximalstruktur* wählt das Programm die wirtschaftlichste Struktur aus und stellt diese in einer *Optimalstruktur* dar.

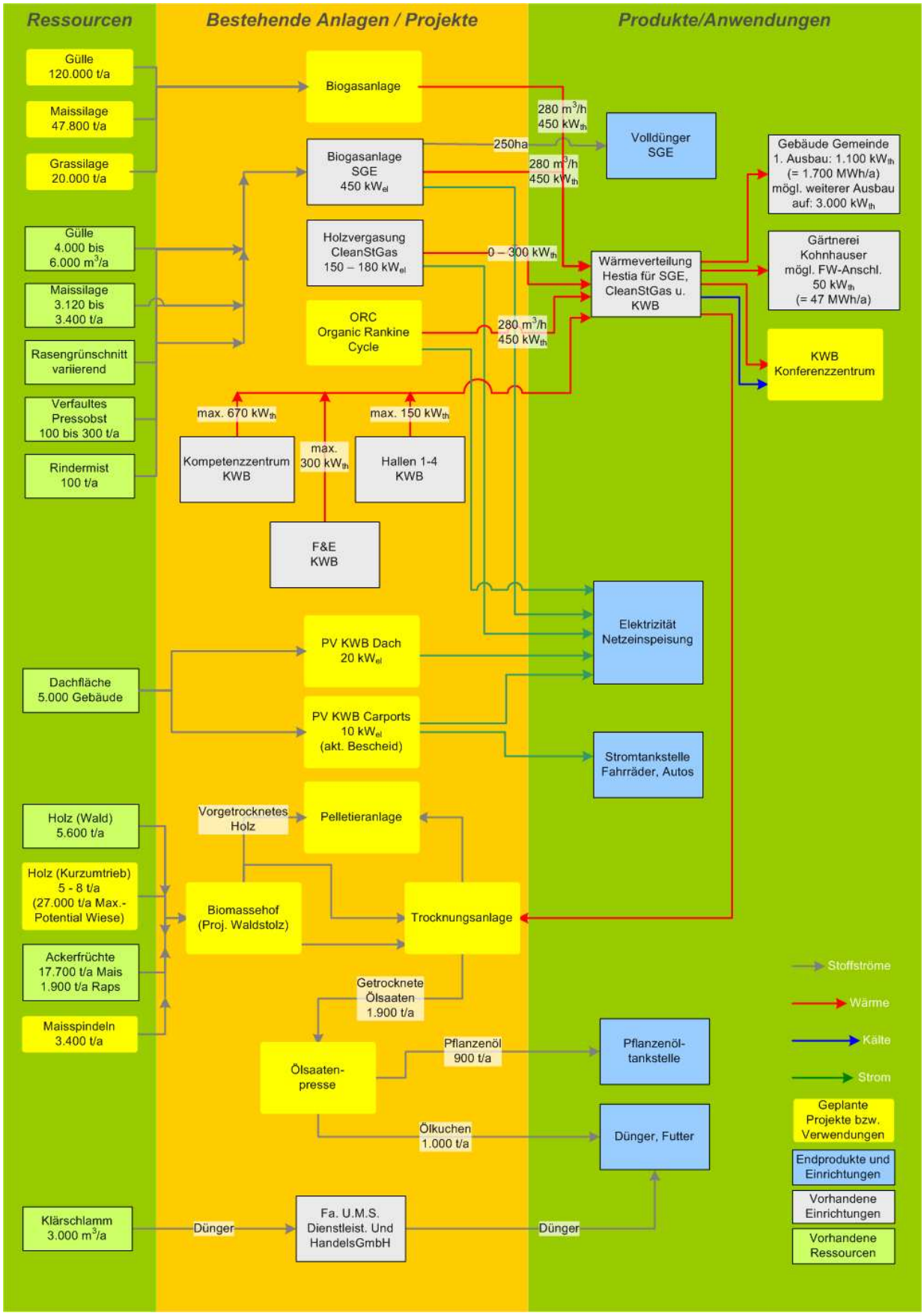
5.1.5.1. Maximalstruktur für ZUERST

Für die ZUERST-Region wurde zu Beginn eine Maximalstruktur mit Hilfe der PNS erstellt. Das bedeutet, dass einhergehend mit der Sammlung der regionsspezifischen Daten eine Reihe von Technologien in verschiedenen Dimensionierungen, bezüglich Leistungswerten / Stoffdurchsatzraten und den entsprechenden Investitionskosten zur Auswahlmöglichkeit gestellt wurde.

Die Rohstoffvorkommen Waldrestholz, Kurzumtrieb (KUM) und Maisspindeln, Mais und Raps sowie weiterverarbeitete Zwischenprodukte wie Hackgut, Holzpellets bzw. Holz-Maisspindel-Mischpellets wurden den Technologien zur möglichen Nutzung freigestellt.

Abbildung 13 zeigt die Maximalstruktur, in der alle Materialien und Technologien sowie die Verwendungsmöglichkeiten und mögliche Zusammenhänge dargestellt sind.

Abbildung 13: Maximalstruktur der PNS



Quelle: gemeinsame Darstellung von Renate Kleinhappl und Stephan Maier, KWB 2009-2010

Die Darstellung zeigt auf der linken Seite die vorhandenen Ressourcen, welche dann über die verschiedenen Anlagen zu Produkten (rechte Seite) weiterveredelt werden können. Die bestehenden Anlagen und Einrichtungen sind berücksichtigt. Dabei handelt es sich um die Biogasanlage SGE, Heizkesselanlagen der KWB und Holzvergasungsanlage CleanStGas, die über die Firma Hestia zu einem Wärmeverteilungsnetz zusammengeschlossen werden. Einige Gemeindegebäude sind bereits angeschlossen. Weitere geplante Einrichtungen sind eine Trocknungsanlage, Pelletieranlage und Ölsaatenpresse. In diesem Verbund und in zusätzlich angeschlossenen Gemeindegebäuden kann die überschüssige Abwärme genutzt werden. PV-Anlagen werden auch vorgeschlagen.

Aus dieser *Maximalstruktur* konnte mit Hilfe der PNS die sogenannte *Optimalstruktur* für das Projekt ZUERST generiert werden.

Das bedeutet, dass die PNS aus der Maximalstruktur die für die Wertschöpfung und Kosten-Nutzen-Rechnung optimale Struktur auswählt und darstellt. Die Ergebnisse daraus werden in Kapitel 5.1.5.2. beschrieben.

5.1.5.2. Optimalstruktur für ZUERST

Eingehend sei erwähnt, dass hierbei gezielt die maximale Wertschöpfung eines Jahres optimiert wurde. Eine multiperiodische Prozess-Netzwerk-Synthese diente als Hilfsmittel um die gewünschten Daten zu erhalten. Das bedeutet, dass das Jahr in mehrere Perioden aufgeteilt wurde um Rohstoffe und Energie an die jeweilige Verfügbarkeit anzupassen.

Die in St. Margarethen an der Raab bereits vorhandenen Anlagen speisen folgendermaßen Elektrizität ins Netz ein und haben überschüssige Wärme für das Nahwärmenetz übrig (Tabelle 32).

Tabelle 32: Nutzung vorhandener Anlagen

Anlage	Verfügbare Leistung
Biogasanlage	450 kW_{th} 456 kW_{el}
CleanStGas	144 kW_{th} 70 kW_{el}
KWB F&E	356-535 kW_{th}
KWB Kundendienst	nur Winter: 200 kW_{th}

Quelle: eigene Berechnung; Stand: 2009

Neben den bereits existierenden Anlagen wird die Errichtung der in Tabelle 33 angeführten Anlagen in der Optimierung vorgeschlagen.

Tabelle 33: Errichtung neuer Anlagen

Produktion	
Anlage	**Kapazität**
Biogasanlage2	450 kW_{th} 456 kW_{el}
CleanStGas2	720 kW_{th} 350 kW_{el}
KWB2	300 kW_{th}
Verbrauch	
Anlage	Kapazität
Trocknungsanlage	3.600 kW_{th} 318 kW_{el}
Ölpresse	15 kW_{el} 3 t/h
Pelletieranlage 1	480 kW_{th} 141 kW_{el} 0,5 t/h
Pelletieranlage 2	1.200 kW_{th} 353 kW_{el} 1 t/h

Quelle: eigene Berechnung; Stand 2009

Rohstoffe kämen dabei, wie in Tabelle 34 aufgelistet, in folgender Menge zum Einsatz („Tonnen lt. Opt.-Szenario“).

Tabelle 34: Nutzung von Ressourcen und Flächen

Ressource	**Menge** [in t] (lt. Opt.-Szenario)	**Menge** [in t] (max. möglich)	**Flächenverbrauch** [in ha] (lt. Opt.-Szenario)	**max. verfügbare Fläche** [in ha]	**Art der Fläche**
Restholz	5.605	5.605	4.943	4.943	Wald
KUM	27.152	60.432	1.697	1.697 2.080	Wiese Acker
Mais	12.153	17.763	1.423	2.080	Acker
Maisspindeln	2.348	3.424			
Maissilage	6.566	47.840	285		
Raps[+]	1.931	1.931	371		
Gülle	7.344	120.258			

Quelle: eigene Berechnung; Stand: 2009

[+] *Die Anbaumöglichkeit für Raps ist beschränkt (maximal 25 %, ergibt sich aus der Vier-Jahres-Wechselwirtschaft)*

Mit den in der Region wachsenden Rohstoffen können den einzelnen Perioden entsprechend folgende Mengen getrocknet werden. (Die jeweilige Möglichkeit zur Trocknung richtet sich nach Erntezeit und verfügbarer Abwärme. Beide Faktoren variieren über das Jahr. (siehe Tabelle 35)

Tabelle 35: Trocknungs-Potenzial

	Mögliche Menge pro Periode [in t]	**Periode**
Holztrocknung KUM	16.000	Winter
Holztrocknung KUM	17.000	Sommer/Raps
Raps	1.900	Sommer/Raps
Maisspindeln	1.077	Mais
Mais	9.003	Mais

Quelle: eigene Berechnung; Stand: 2009

Der Ressourcenverbrauch der Anlagen des Optimalszenarios ist nach Ressourcen und Perioden gegliedert in Tabelle 36 dargestellt.

Tabelle 36: Ressourcenverbrauch der einzelnen Anlagen

Bezeichnung	Anlage/Anwendung	Menge	Periode
Maisspindeln	CleanStGas	80 t	Mais
Hackschnitzel	CleanStGas	268 t	Winter
Hackschnitzel	CleanStGas	178 t	Sommer/Raps
Hackschnitzel	CleanStGas	1.672 t	Sommer/Raps
Hackschnitzel	CleanStGas 2	1.607 t	Sommer/Raps
Hackschnitzel	CleanStGas 2	2.410 t	Winter
Maisspindeln	CleanStGas 2	725 t	Mais
Maisspindeln	KWB F&E	83 t	Mais
Maissilage	Biogas	1.094 t	Sommer/Raps
Maissilage	Biogas	1.641 t	Winter
Maissilage	Biogas	547 t	Mais
Gülle	Biogas	7.344 t	Winter
Gülle	Biogas	2.448 t	Mais
Maissilage	Biogas 2	547 t	Mais
Maissilage	Biogas 2	1.641 t	Winter
Maissilage	Biogas 2	1.094 t	Sommer/Raps
Gülle	Biogas 2	4.896 t	Sommer/Raps
Wärme	Gemeinde	1.083 MWh_{th}	Winter
Wärme	Gemeinde	287 MWh_{th}	Mais
Wärme	Gemeinde	330 MWh_{th}	Sommer/Raps
Wärme	Gärtnerei	45 MWh_{th}	Winter

Quelle: eigene Berechnung; Stand: 2009

Die in Tabelle 37 dargestellten Zwischenprodukte „Hackschnitzel“ übersteigen den in Tabelle 36 aufgelisteten Eigenverbrauch um fast 27.000 Tonnen.

Tabelle 37: Zwischenprodukte

	Menge pro Periode [in t]	Periode
Hackschnitzel	16.000	Winter
Hackschnitzel	17.000	Sommer/Raps

Quelle: eigene Berechnung; Stand: 2009

Hackschnitzel können, nebst vielen weiteren Produkten, über alle Perioden hinweg weiterverarbeitetet und abgesetzt werden (siehe Tabelle 38).

Tabelle 38: Endprodukte als neue Absatzquelle

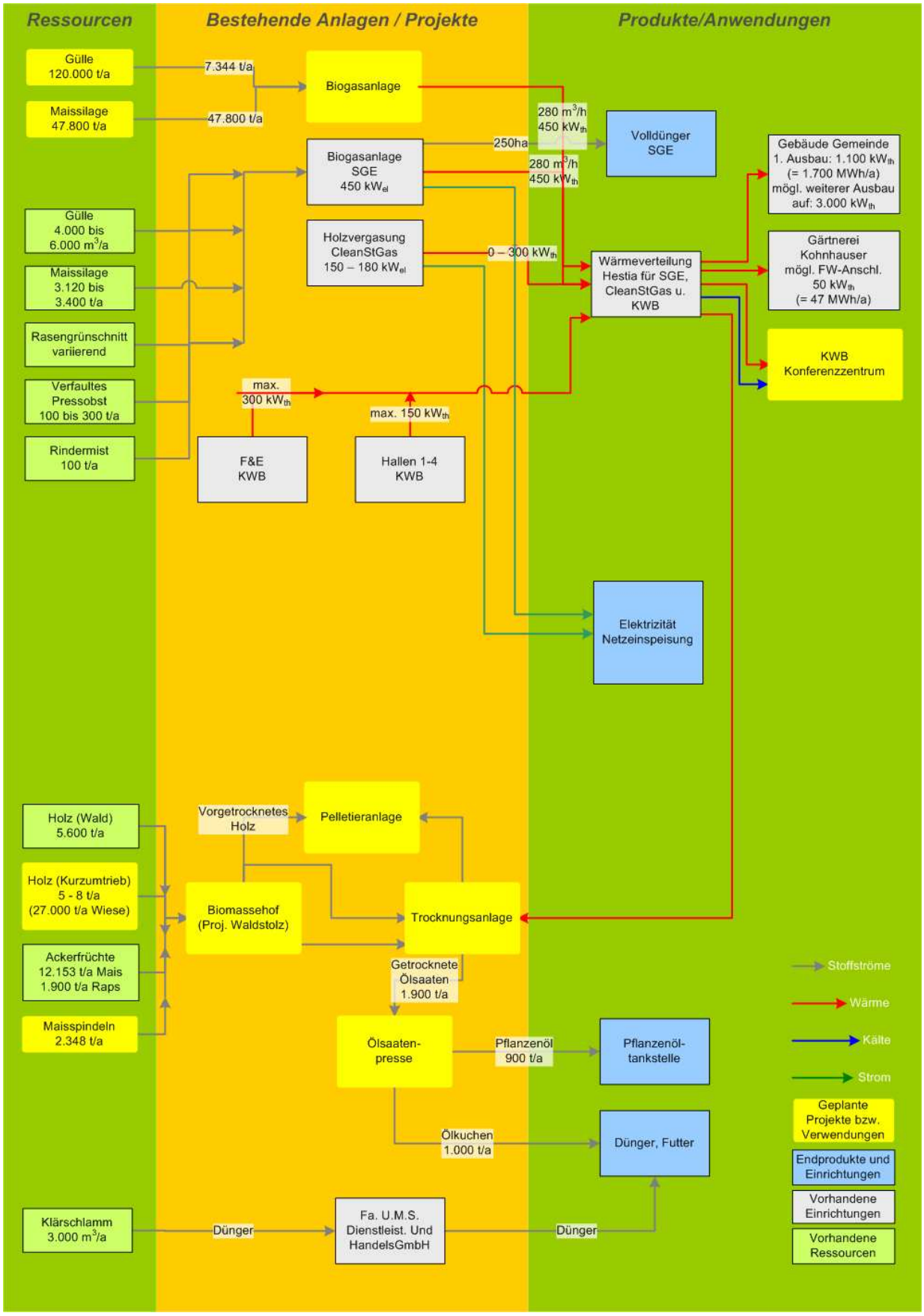
Produkt	Anlage	Menge	Periode	Preis in €	Einheit
Rapsöl	Ölpresse	643 t	Sommer/Raps	1.000	t
Rapsölkuchen	Ölpresse	1.287 t	Sommer/Raps	147	t
Holzpellets	Pelletierung	780 t	Mais	196	t
Holzpellets	Pelletierung	1.560 t	Sommer/Raps	196	t
Holzpellets	Pelletierung	1.728 t	Winter	196	t
Holzpellets	Pelletierung	1.152 t	Sommer/Raps	196	t
Holz-Maisspindelpellets	Pelletierung	576 t	Mais	186	t
Hackschnitzel	Verkauf	13.322 t	Winter	95,65	t
Hackschnitzel	Verkauf	13.543 t	Sommer/Raps	95,65	t
Mais trocken	Verkauf	12.153 t	Mais	205	t
Biogas Einspeisung Elektrizität	Biogas	3.942 MWh_{el}	Jahr	0,145	kWh_{el}
Biogas Einspeisung Wärme	Biogas	1.700 MWh_{th}	Jahr	45	MWh_{th}
CleanStGas Einspeisung Elektrizität	CleanStGas	580 MWh_{el}	Jahr	0,156	kWh_{el}
CleanStGas Einspeisung Wärme	CleanStGas	1.243 MWh_{th}	Jahr	65	MWh_{th}

Quelle: eigene Berechnung; Stand: 2009

In dieser maximalen Nutzung der in der Kleinregion vorhandenen Ressourcen nutzt die PNS alle vorhandenen und wählt neue wärme- und elektrizitätserzeugenden Anlagen aus. Das ergibt eine Wertschöpfung von insgesamt rund 2.350.000 € pro Jahr.

Die folgende Abbildung 14 stellt die Optimalstruktur dar.

Abbildung 14: Optimalstruktur der PNS



Quelle: Renate Kleinhappl und Stephan Maier, KWB 2009-2010

Außer den PV-Anlagen kommen alle vorgeschlagenen Anlagen zur Anwendung. Nur die überschüssige Abwärme aus dem Kompetenzzentrum und der ORC fielen in der Optimalstruktur heraus. Wegen der hohen Elektrizitätseinspeistarife und der Möglichkeit der Trocknung wird eine zusätzliche Biogasanlage vorgeschlagen, mit der die für die Trocknung notwendige Wärme aufgebracht werden kann.

Da in der Optimalvariante ein Maximum aller Ressourcen und Anlagen genutzt wird, wurden im Weiteren Szenarien gebildet, in denen alle vorhandenen Rohstoffe begrenzt wurden. Es wurden Szenarien mit unterschiedlichen Annahmen durchgerechnet (z.B. Ressourcenbegrenzung, Technologieeinschränkungen, etc.). In Kapitel 5.1.5.3 wird ein Szenario herausgegriffen und näher erläutert.

5.1.5.3. Szenario Ressourcenbegrenzung

In diesem Szenario wurde eine Annahme getroffen, dass die einzelnen Rohstoffe Raps, Mais, Maisspindel, Waldholz und Holz aus Kurzumtrieb nur sehr stark limitiert verfügbar sind. Alle Ressourcen wurden auf sehr geringe Mengen begrenzt und der Kurzumtrieb in Abstufungen von 0 bis 2.000 t gerechnet. Tabelle 39 zeigt diese Begrenzungen. Es soll untersucht werden bis zu welcher verfügbaren Rohstoffmenge die vorhandenen Anlagen mit einer starken Begrenzung versorgt werden und welche zusätzlichen Technologien weiterhin stabil sind.

Tabelle 39: Szenario Ressourcenbegrenzung – Verfügbare Mengen (in t)

Rohstoffe	Begrenzung [t]
Raps	700
Mais	6.000
Maissilage	7.000
Grassilage	10.000
Maisspindeln	1.000
Restholz	2.000
KUM	0 – 2.000
Gülle	8.000

Quelle: eigene Berechnung, Stand 2009

Das Szenario zeigt, dass die Limitierung von Kurzumtrieb keinen Einfluss auf die nötige Versorgung der vorhandenen Holzverbrennungs- und Vergasungsanlagen, und in weiterer Folge der Gemeinde hat. Die vorhandenen Energieproduktionsanlagen können nach wie vor genutzt werden. Die Biogasanlage liefert eine konstante Grundlast.

Die CleanStGas-Holzvergasungsanlagen und die KWB-Anlagen der F&E, sowie vom Kundendienst können ihre Mengen je nach Verfügbarkeit einspeisen. Jedoch wären bedingt durch die Schwankungen in der Bereitstellung der Wärme aus den Forschungsanlagen für konstante Trocknungsleistungen weitere Anlagen notwendig. Zur Spitzenlastenabdeckung könnte ein zusätzlicher KWB-Heizkessel mit einer Leistung von 300 kW_{th} ergänzend eingesetzt werden.

Trotz der stark begrenzten Mengen beinhaltet die Optimalstruktur dieses Szenarios ebenfalls eine Trocknungsanlage mit einer Trocknungsleistung von 1.400 kW_{th}. Eine Pelletieranlage mit einem Wärmeanschluss von 1.200 kW_{th} so wie eine Ölpresse mit einer Durchsatzleistung von 3 t pro Stunde könnten zusätzlich eingesetzt werden. Diese Anlagen bleiben auch bei geringeren Rohstoffmengen stabil.

Technologien, die durch Rohstoffmangel instabil werden, sind weitere Biogas- und Holzvergasungsanlagen.

Die Gesamtwertschöpfung bleibt in den ressourcenbegrenzten Szenarien immer noch in einem Rahmen von rund 1.250.000 bis 1.300.000 € pro Jahr.

5.1.6. Zusammenfassung multiperiodische Synthese

Nach Analyse der relevanten Daten kann somit behauptet werden, dass Pelletieranlagen, Ölpressen und Trocknungsanlagen in allen Synthese-Varianten stabil sind. Hauptverantwortlich für die Stabilität ist die Tatsache, dass in St. Margarethen zentral produzierte Wärme durch die Nahwärmeversorgung der Gemeinde abgenommen werden kann. Zusätzlich könnte der Bau einer Trocknungsanlage könnte die durch die bestehenden Anlagen (Biogasanlage und Forschungskessel KWB) produzierte überschüssige Abwärme effizienter ausnutzen. Die Synthesen zeigen, dass hier eine nahezu doppelt so hohe Trocknungskapazität möglich wäre, als die bisher geplanten 1.200 kW_{th}. (Tabelle 40) *(Anmerkung: Im Laufe der weiteren Synthesen wurde bereits eine Trocknungsanlage mit 500 kW_{th}[vii] errichtet)*

[vii] lt. KLG Trocknungs OG Tauschmann/Loidl

Tabelle 40: Alle multiperiodischen Szenarien Übersicht

	Optimalszenario 1	**Optimalszenario KUM 0**	**Optimalszenario Kurzumtrieb 2.000 t**
Parameter	**keine Ressourcenbegrenzung**	**Ressourcenbegrenzung ohne Kurzumtrieb**	**Ressourcenbegrenzung max. 2.000 t Kurzumtrieb**
Raps in t	1.931	696	696
Mais in t	12.153	5.175	5.175
Maissilage in t	6.566	0	0
Grassilage in t	0	3.268	3.268
Maisspindeln in t	2.348	286	286
Holz in t	5.605	1.999	1.999
KUM in t	27.152	0	125
Gülle in t	14.688	7.344	7.344
Versorgung vorhandene Anlagen	Ja	Ja	Ja
Biogas neu	450 kW_{th} 456 kW_{el}	nein	nein
Holzvergasung neu	720 kW_{th} 350 kW_{el}	nein	nein
Holzkessel neu	300 kW_{th}	300 kW_{th}	300 kW_{th}
Trocknungsanlage neu	3.600 kW_{th}	1.400 kW	1.400 kW
Pelletierung neu	1.700 kW_{th}	1.000 kW	1.000 kW
Ölpresse neu	3 t / h	3 t / h	3 t / h
Wertschöpfung	2.350.000	1.250.000	1.300.000

Quelle: eigene Berechnung, Stand 2009

Sind ausreichend Ressourcen vorhanden (wie im unbegrenzten Optimalszenario 1) bringt der Ausbau von CleanStGas-Anlagen und einer zusätzlichen Biogasanlage eine erhöhte Wertschöpfung. Werden die Ressourcen beschränkt (Optimalszenarien Ressourcenbeschränkung), fallen diese zusätzlichen energieerzeugenden Anlagen aus der Struktur hinaus. Die Wertschöpfung sinkt damit, vor allem, weil dann kein zusätzlicher Ökostrom mehr verkauft werden kann.

5.1.7. Resümee multiperiodische Synthese

Die Wertschöpfung der Region kann durch eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Anlagen gesteigert werden. Die überschüssige Wärme, die momentan nicht genutzt wird, ist in Tabelle 30 periodenweise aufgelistet. Die Einteilung in die drei Perioden Winter, Mais und Sommer/Raps schafft eine gute Basis für die richtige Dimensionierung neuer Anlagen. Potentielle Betreiberinnen und Betreiber von Anlagen können so unterstützt werden weitere Technologien aus der Struktur umzusetzen (Trocknung, Pelletierung, Ölpresse etc.).

Ein Ausbau der Nahwärmeleitung mit einem Anschluss der Gewächshäuser der Gärtnerei wird erst interessant, wenn in der Gemeinde die Nahwärme-Ringleitung eine höhere Ausbaustufe erreicht hat. Kräuter der Gemeindeapotheke könnten in der Trocknung eine weitere Nebennutzung darstellen. Die Apotheke würde nur eine marginale Wärmemenge zur Trocknung benötigen. Diese könnte durch eine Abzweigungsleitung in einen kleinen separaten Bereich in der Trocknungsanlage geleitet werden und so könnten auch die nötigen Hygienestandards eingehalten werden.

Das Modell zeigt, dass landwirtschaftliche Rohstoffe wie Holz, Mais, Raps, Maissilage, Grassilage und Maisspindeln vor Ort getrocknet bzw. sogar direkt weiterverwendet werden können. Beispielsweise können Holz, Hackschnitzel, Holzpellets und Holz-Maisspindel-Pellets in den Verbrennungsanlagen verwertet werden. Auch Raps kann als Rapsöl im Betrieb von landwirtschaftlichen dieselbetriebenen Maschinen eingesetzt werden bzw. der Pressrückstand als Rapskuchen in geeigneten Betrieben zur Tierfütterung verwendet werden.[viii] Die intensive Schweineproduktion in der Region, lässt auf eine hohe Nachfrage schließen.

Es können somit Kreislaufsysteme entstehen, die einerseits die Wertschöpfung in der Region halten und andererseits die Energieabhängigkeit von nicht erneuerbarer Energie senken können.

Die landwirtschaftlichen Flächen zeigen klare Nutzungspräferenzen. So verwendet die PNS für den Anbau von Kurzumtrieb nur Wiesen. Die Agrarprodukte (Getreide, Raps, Mais, Ölkürbis) auf Äckern stehen damit nicht in Konkurrenz mit KUM-Flächen und sollten vielfältig genutzt werden.

[viii] In der Fütterung muss darauf geachtet werden, in welchen Mengen Rapskuchen dem Futter beigemengt werden darf ohne Einfluss auf die Gesundheit der Tiere bzw. auf die Qualität des Fleisches zu haben.

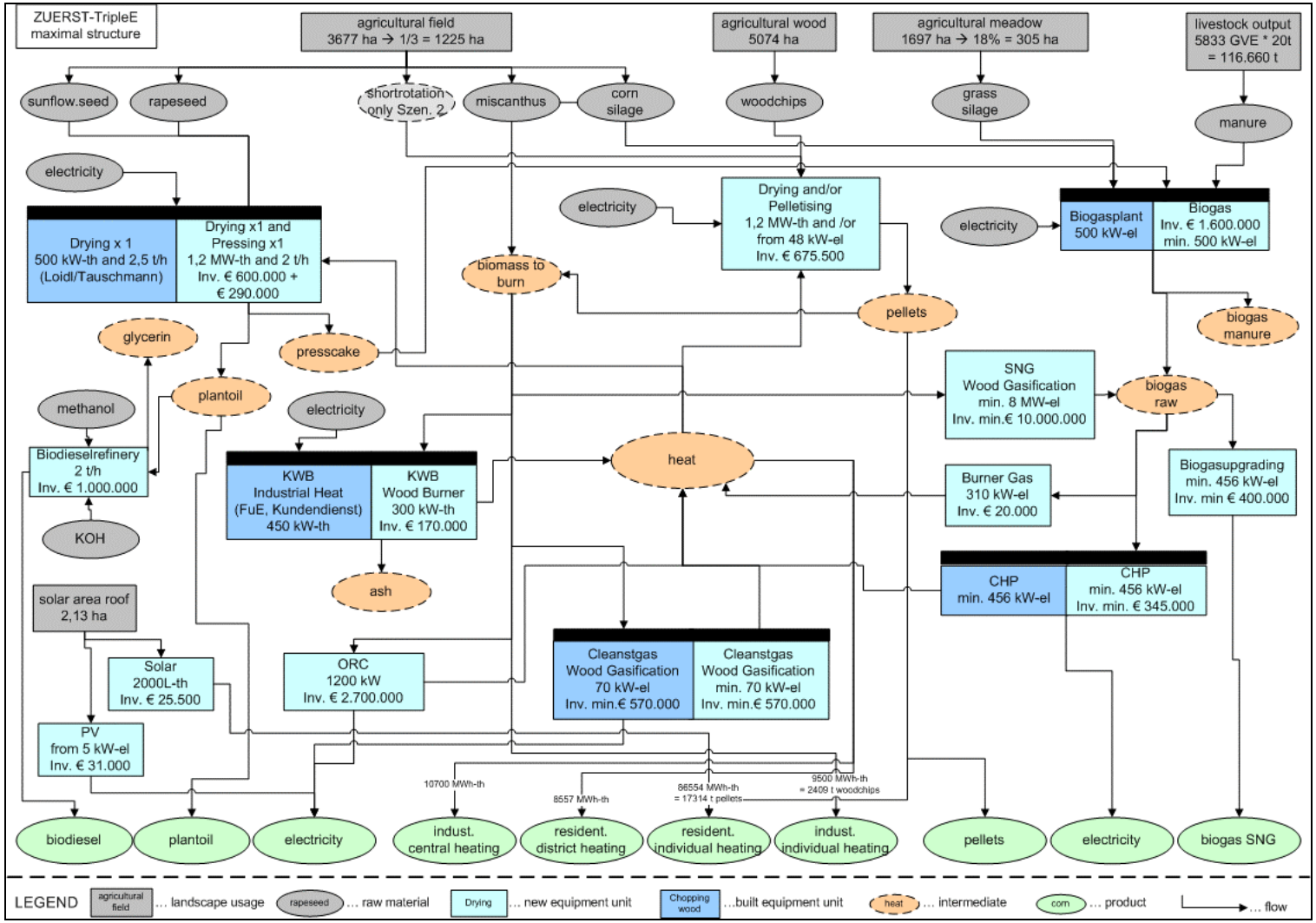
6. Optimierung der Region St. Margarethen an der Raab mittels RegiOpt Conceptual Planner

Für die erneute Synthese der ZUERST Region wurde eine Ganzjahresbetrachtung auf Basis des RegiOpt Conceptual Planner vorgenommen. Mit der neuen PNS-Struktur wurde eine Betrachtung des Gesamtjahres vorgenommen (nicht multiperiodisch). Dafür war es notwendig die Datengrundlagen an die neue PNS-Struktur anzupassen.

6.1. Maximalstruktur Conceptual Planner

Nach der Erstellung und Berechnung der Hintergrunddaten wurde in Folge eine neue Maximalstruktur aufgebaut. Abbildung 15 zeigt das vollständige Technologienetzwerk, das für die neue Berechnung erstellt wurde. Die Übersicht enthält alle für das Projekt relevanten, maximal möglichen Technologien, Materialien und die wichtigsten Verknüpfungen. Im Anhang in Kapitel 10.2 findet sich die vollständige Dokumentation der in der PNS eingegebenen Bausteine, Zahlenwerte und Daten.

Abbildung 15: Maximalstruktur Conceptual Planner



Quelle: eigene Darstellung 2011

6.2. Adaption der Rahmenbedingungen

Für die PNS-Struktur des Conceptual Planner wurden folgende Änderungen vorgenommen.

Grundlegende Änderungen

- Die Dimensionierung der Technologien kann nun exakter an die Rohstoffverfügbarkeit angepasst werden. Klein-, Mittel- und Großanlagen stehen zur Verfügung.
- Die Wärmeversorgung wurde in zentrale und dezentrale Wärmeversorgung, Privathaushalte und Industrie aufgeteilt.
- Die Technologien, die Wärme produzieren werden an die Nachfragesituation gekoppelt. Das bedeutet, dass nicht nur die hohen Einspeistarife für Elektrizität eine Anlage wirtschaftlich machen dürfen. Die gleichzeitig produzierte Wärme muss auch Abnehmerinnen und Abnehmer finden.
- Neben der gekoppelten Elektrizitäts- und Wärmeproduktion wurde auch die Möglichkeit gegeben, Biogas auch zur Erzeugung von Wärme mittels einfachen Gasbrenners zuzulassen.
- Die Einkaufspreise der Rohstoffe, die Verkaufspreise der für den Handel fertigen Produkte und die Investitions- und Betriebskosten der zum Einsatz kommenden Technologien wurden an die aktuelle Preislage angepasst.

Die folgenden Technologien wurden zusätzlich in die Struktur aufgenommen.

- Biogasaufbereitung (Biogasupgrading)
- Pflanzenölaufbereitung zu Biodiesel (Biodieselrefinery)
- Solarthermieanlagen (Solarthermie)
- Gasbrenner mit reiner Wärmeerzeugung (Burner Gas)

Bei den Materialien hat sich Folgendes verändert:

- Für die Energieerzeugung wurden zusätzlich Miscanthus (miscanthus) und Sonnenblumenkerne (sunflower seed) hineingenommen.
- Der Holzeinschlag[ix] im Wald wurde mit Unterstützung der Landwirtschaftskammer Steiermark neu berechnet.[31]
- Die Maiskorntrocknung und die Maisspindeln zur Energieerzeugung wurden herausgenommen.

[ix] lt. Landwirtschafskammer Steiermark

6.2.1. Neue Rahmenbedingungen in der Szenarienbildung

Aufgrund unter Anderem ethischer Überlegungen bezüglich des Landschaftsbildes und der Ressourcennutzung wurde die energetische Nutzung der Rohstoffe mit Stakeholdern des Triple E Projektteams in den Szenarien vor Synthesebeginn folgendermaßen definiert (siehe Tabelle 41):

Tabelle 41: Szenarienbildung

Szenario	Definition der Maßnahmen	erwartete Folgen
1	Schwerpunkt auf Waldwirtschaft Agrar: Maximal 1/3 der Fläche für Energiepflanzen freigegeben; keine Kurzumtriebe auf landwirtschaftlicher Fläche	Nachhaltige Waldwirtschaft keine Kurzumtriebe und damit keine negativen ökologischen Folgen durch Spritzmittel für die Aufzucht von Jungkurzumtriebspflanzen Reduktion von Treibhausgasen und höhere Unabhängigkeit von Energieimporten und Energiepreisen durch verminderten Import fossiler Energieträger
1A	Forst: Nachwachsende Menge wird ökologisch nachhaltig geerntet (nur Schaftholz und Rinde für Energieerzeugung; keine Äste, Nadeln, etc.)	kein Eingriff in die Flächengrundstruktur und damit Erhalt des persistenten Landschaftsbildes
1B	Forst: Maximal nachwachsende Menge wird abgebaut (Schaftholz, Rinde und Äste für Energieerzeugung)	höherer Ertrag pro Hektar durch „Raubbau“ partieller Eingriff in die Flächengrundstruktur und damit Veränderung des bestehenden Landschaftsbildes, sowie negative Folgend für das Ökosystem Wald (Nährstoffentzug)

Quelle: Projekt TripleE Abstimmungstreffen, 2010

Tabelle 41: Szenarienbildung (Fortsetzung)

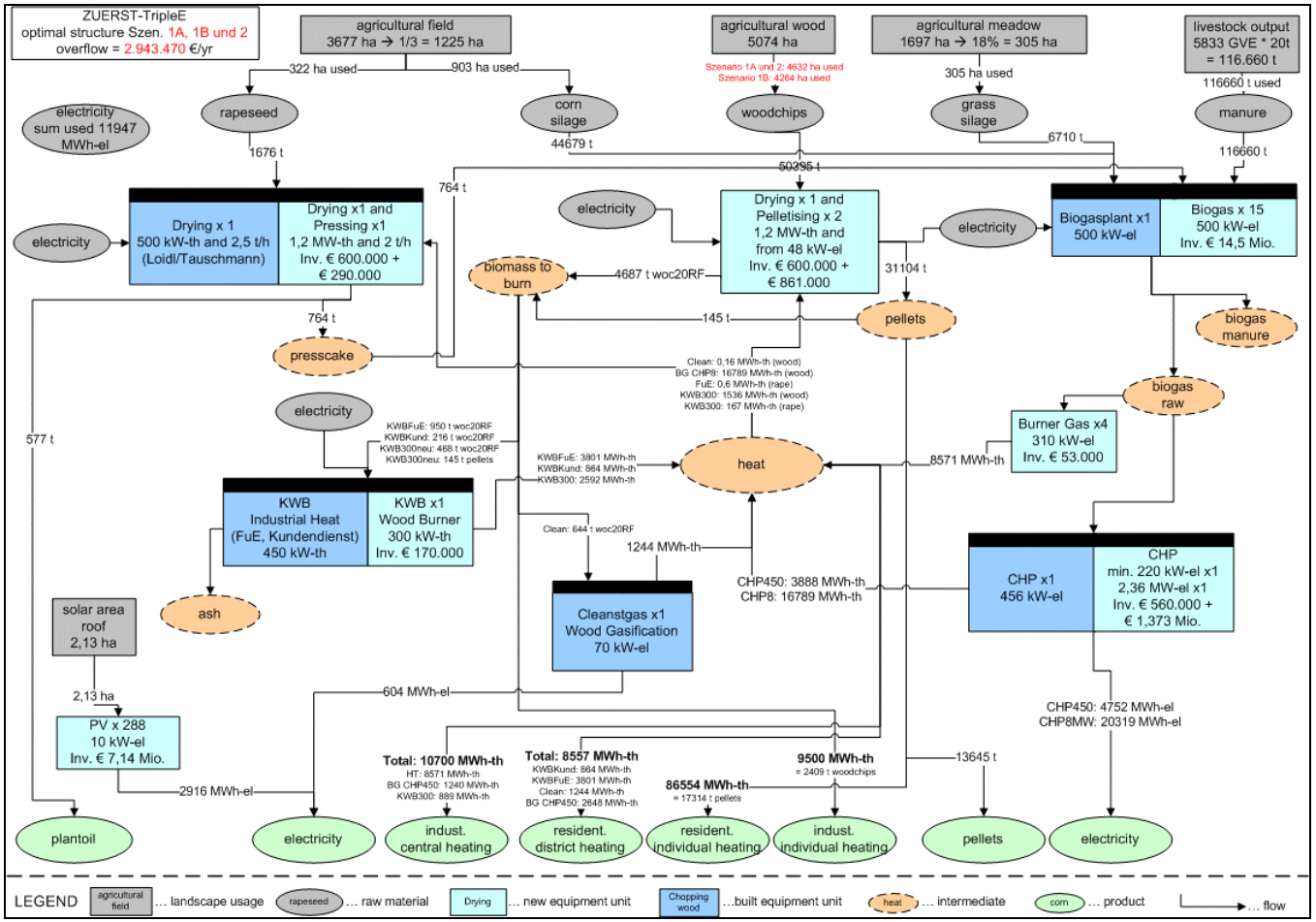
Szenario	Definition der Maßnahmen	erwartete Folgen
2	Vollständige Optimierung Forst: wie 1A Agrar: Maximal 1/3 der landwirtschaftlichen Fläche für Energiepflanzen freigegeben; Kurzumtriebe auf landwirtschaftlicher Flächemöglich	Nachhaltige Waldwirtschaft mit Kurzumtrieben Intensivere Holzproduktion, als im Wald und damit negative ökologische Folgen durch Spritzmittel für die Aufzucht von Jungkurzumtriebspflanzen und monokulturelle Folgen Reduktion von Treibhausgasen und höhere Unabhängigkeit von Energieimporten und Energiepreisen durch verminderten Import fossiler Energieträger

Quelle: Projekt TripleE Abstimmungstreffen, 2010

Entsprechend der in den Szenarien festgelegten Rahmenbedingungen generiert die PNS-Optimierung die Optimalstruktur, welche die Technologiestruktur mit der größten Wertschöpfung darstellt. Abbildung 16 zeigt diese Optimalstruktur für die Szenarien 1 A und B sowie 2:

6.3. Optimalstruktur Conceptual Planner

Abbildung 16: Optimalstruktur – Szenario 1A und 1B und 2



Quelle: eigene Darstellung

Die optimale Struktur ist stabil gegenüber den Szenarien-Annahmen. Unterschiede zwischen den drei Szenarien sind nur geringfügig (in roter Schrift herausgehoben). Dies heißt etwa, dass weder ein verstärkter Ausbau des Kurzumtriebs (wie in Szenario 2 möglich) noch eine starke Intensivierung der Forstwirtschaft auf Kosten der Qualität des Waldbodens aus rein wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist. Dies ist allerdings auch ein Hinweis auf die bereits sehr gut ausgebaute Energieinfrastruktur in der Region. Für Entscheidungsträger zeigt die Stabilität der Lösungen auf, dass das so errechnete Ergebnis eine gute Basis für einen detaillierten Aushandlungsprozess in der Region darstellt.

Betrachtet man die Ergebnisse der Optimierung, so erkennt man, dass folgende Technologien zusätzlich zu den bestehenden Anlagen zur optimalen Nutzung regionaler Ressourcen umgesetzt werden sollten:

- ein Ausbau von Biogasanlagen, gekoppelt mit KWK-Biogasverbrennung
- ein zusätzlicher Hackschnitzelkessel
- PV auf Dachflächen
- Rapstrocknung mit –pressung
- Holztrocknung mit Pelletierung

Tabelle 42 zeigt die Technologiestruktur im Überblick.

Tabelle 42: Übersicht über die Technologien des Optimalszenarios

	Technologien	Kapazität pro Einheit	Ressourcenverbrauch [pro Jahr]	Produkte [pro Jahr]
Bestand (Gemeinde St. Margarethen)	Biogasanlage mit KWK-Gasverbrennung (SGE)	450 kW_{el} 460 kW_{th}	Grassilage 203 t Maissilage 3.267 t Gülle 6.684 t	Nahwärme 3.110 MWh_{th} Elektrizität 3.801 MWh_{el}
	Trocknungsanlage (Loidl/Tauschmann)	500 kW_{th} 2,5 t pro h	Nahwärme 296 MWh_{th} Erdgas 265 MWh_{th}	Trocknung Mais 2.520 t Trocknung Getreide 600 t Trocknung Hackschnitzel 160 m^3
	Holzkessel (KWB Forschung)	450 kW_{th}	Holz 1.166 t RF	Nahwärme 4.665 MWh_{th}
	Holzvergasung (CleanStGas)	144 kW_{th} 70 kW_{el}	Holz 644 t RF	1.244 MWh_{th} 604 MWh_{el}
	Wärmeliefergemein-schaft (HESTIA)	Bündelung, Verteilung und Bereitstellung Nahwärme		
Ausbau (Region)	Biogasanlage x 15	450 kW_{el} 460 kW_{th}	Grassilage 6.507 t Maissilage 41.412 t Gülle 109.316 t	57.200 MWh Biogas direkt in KWK verbrannt
	KWK-Gasverbrennung x 1	220 kW_{el} 180 kW_{el}	Biogas 9.720 MWh	Nahwärme 950 MWh_{th} Elektrizität 778 MWh_{el}
	KWK-Gasverbrennung x 1	8.000 kW_{el}	Biogas 8.610 MWh	Nahwärme 16.789 MWh_{th} Elektrizität 20.319 MWh_{el}
	Gasbrenner x 4	310 kW_{el}	Biogas 10.714 MWh_{th}	Nahwärme 8.571 MWh_{th}
	Holzkessel x 1	300 kW_{th}	613 t Holz	1.866 MWh_{th}
	Trocknungsanlage x 2	1.200 kW_{th} 3 bis 12 t pro h	Nahwärme 18.493 MWh_{th} 1.663 MWh_{el}	Raps 1.676 t FM Holz 50.395 t FM
	Pflanzenölpresse	2 t pro h	168 MWh_{el}	Rapsöl 577 t Presskuchen 764 t
	PV x 288	10 kW_{el} pro m^2	Dachfläche 21.300 m^2	2916 MWh_{el}
	Pelletierung x 2	2 t Holz pro h	3.456 MWh_{el}	Pellets 31.104 t (davon 17.459 t für dezentrale Versorgung Privatgebäude)

Nahwärme direkt aus regionaler Produktion bereitgestellt

t RF = Tonnen restfeucht, t FM = Tonnen Feuchtmasse

Quelle: eigene Darstellung

Die bereits bestehende Trocknungsanlage trocknet bereits Getreide und Mais. Mit dieser und neuen Trocknungsanlagen könnten auch noch weitere Ackerfrüchte, wie zum Beispiel Raps und die Waldressource Holz getrocknet werden.

Prozesse, wie Aufbereitung des Rapsöls zu Biodiesel, zusätzliche Holzvergasung und Biogasaufbereitung kommen im Falle von St. Margarethen nicht in die Optimalstruktur. Bei der Biodiesel- und Biogasaufbereitung liegt das an den gegenwärtig hohen Investitions- und Betriebskosten und dem gegenwärtig angenommenen Verkaufspreis fossiler Treibstoffe.

Holzvergasungsanlagen kommen nicht zur Anwendung, da die für das Nahwärmenetz benötigte Wärme von Biogasanlagen kostengünstiger gedeckt werden kann. Biogasanlagen sind flexibler in der Verwertung biogener Masse, als Holzvergasungsanlagen. In diesem Szenario verwerten sie selbst Reststoffe wie überschüssige Grassilage und Gülle.

Die Wärmeversorgung kann für die gesamte Region mit dem bestehenden Netz und einer Erweiterung durch Biogasanlagen mit KWK bzw. reinen Gasbrennern (zentral) sowie mit Pellets und Hackschnitzel (dezentral) eingerichtet werden.

Betrachtet man die Ergebnisse seitens ihres ökologischen Fußabdruck und der regionalen Wertschöpfung, hat die Region sowohl monetär, als auch ökologisch ein sehr hohes Verbesserungspotenzial. Die Entwicklung der Gemeinde St. Margarethen in der Detailbetrachtung (siehe Kapitel 6.3.1) kann auf die gesamte Region St. Margarethen umgelegt werden.

In allen Szenarien (1A, 1B und 2) ergibt sich durch die erhöhte Nutzung lokaler Ressourcen eine Reduktion von Treibhausgasen durch verminderten Import fossiler Energieträger. Die unmittelbar die Region betreffenden negativen ökologischen Folgen steigen mit der Intensivierung der Energiepflanzenproduktion in den jeweiligen Szenarien.

Die gesamte in der Region zur Verfügung stehende Waldfläche beträgt 5.074 ha. Für Energieholz wurde in den Szenarien unterschiedlich viel Hektar Wald genutzt (Tabelle 43).

Tabelle 43: Waldnutzung in den Szenarien

Szenario	Fläche für Waldholz
1 A	4.632 ha
1 B	4.264 ha
2	4.632 ha

Quelle: eigene Berechnung

Energieholz Wald

Das bedeutet, dass durch die unterschiedlich starke Ausnutzung der Waldressourcen in den Szenarien 4.632 ha bis 4.264 ha Waldfläche benötigt wird. Die gesamte Waldfläche von 5.074 ha wird nie komplett ausgenutzt. Es bleibt immer mindestens eine Fläche von 442 ha frei. Auf den 442 ha Waldfläche könnten bei einer Bevölkerungszunahme 2.930 t-atro Holz für die Versorgung von 234 zusätzlichen Gebäuden mit Wärme bereitgestellt werden.

Energieholz Kurzumtrieb

Je nach Szenario ist es möglich Kurzumtriebsholz nicht zuzulassen (Szenario 1A und 1B) oder schon zuzulassen (Szenario 2). Der Wald hat jedoch noch einiges an Potenzial und damit kann die Wärmeversorgung über die aktuelle Bedarfssituation hinaus mit Waldholz gedeckt werden. Zusätzlich, mit erhöhtem Aufwand angepflanztes Kurzumtriebsholz ist deshalb nicht notwendig.

Um die Region mit ausreichend Wärmeenergie zu versorgen ist somit keine Veränderung des Landschaftsbildes notwendig noch muss das Risiko negativer Umweltfolgen eingegangen werden.

Energiepflanzen Landwirtschaft

Acker: von der Ackerfläche (3.677 ha) wird das maximal erlaubte Drittel (1.225 ha) voll ausgenutzt

Wiese: von der Wiesenfläche (1697 ha) werden nur 18 % (305 ha) genutzt, da für die Tierfütterung eine noch höhere Ressourcenbegrenzung als die 33,3 % notwendig ist. Die für die Energieerzeugung freie Grassilage wird jedoch zur Gänze energetisch genutzt.

Zusammen werden damit nur 28,5 % (1.530 ha) der landwirtschaftlichen Fläche zur Energiepflanzenproduktion verwendet.

Reststoffe

Die Gülle (116.660 t) und der in der Struktur erzeugte Presskuchen (764 t) werden zur Gänze in der Biogasanlage genutzt.

Tabelle 44 listet die Nutzungspfade der im Optimalszenario zur Anwendung gekommenen Ressourcen auf.

Tabelle 44: Energetische Nutzung

Rohstoff	Menge	→	Zwischenprodukt	Menge	→	Produkt	Menge
Raps	1.676 t	→	Pflanzenöl	577 t	→	Pflanzenöl	577 t
Waldholz	50.395 t				→	Pellets Verkauf	13.645 t
					→	Pellets dezentrale Versorgung (Privathaushalte Region)	17.314 t
						Hackschnitzel für dezentrale Versorgung (Industrie Region)	2.409 t
		→	Pellets Verbrennung (zentral)	145 t		Zentrale Versorgung (Industrie)	10.700 MWh_{th}
		→	Hackschnitzel für Wärme (zentral)	2.278 t			
Grassilage	6.710 t	→	Biogas	61.764 MWh	→	Zentrale Versorgung (Privat-haushalte)	8.557 MWh_{th}
Gülle	116.660 t						
Maissilage	44.679 t						
PV Dach-fläche	21.300 m²				→	Elektrizität	2.916 MWh_{el}

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 45 listet die mögliche Elektrizitäts- und Wärmebereitstellung nach Produktionsanlage auf.

Tabelle 45: Produktion für den Endverbrauch - RegiOpt Optimalszenario St.Margarethen – Stand 12.10.2011

	Szenario	1A	1B	2	Einheit
*	Elektrizität KWK 450 kW	4.752	4.752	4.752	MWh_{el} pro Jahr
	Elektrizität KWK 450 kW x2				
*	Elektrizität CleanSt 250 kW	605	605	605	MWh_{el} pro Jahr
	Elektrizität KWK 8 MW	20.319	20.319	20.319	MWh_{el} pro Jahr
	Wärme KWK für Haushalte	2.648	2.648	2.648	MWh_{th} pro Jahr
	Wärme KWK für Industrie	1.240	1.240	1.240	MWh_{th} pro Jahr
	Wärme diverse für Industrie	9.460	9.460	9.460	MWh_{th} pro Jahr
*	Wärme CleanSt	1.244	1.244	1.244	MWh_{th} pro Jahr
*	Wärme KWB FuE	3.801	3.801	3.801	MWh_{th} pro Jahr
*	Wärme KWB Kund	864	864	864	MWh_{th} pro Jahr
	Hackgut für Haushalte	17.314	17.314	17.314	t pro Jahr
	Hackgut für Industrie	2.409	2.409	2.409	t pro Jahr
	Export Holzpellets	13.645	13.645	13.645	t pro Jahr
	PV Elektrizität	2.916	2.916	2.916	MWh_{el} pro Jahr
* 2010 bereits vorhanden					

Quelle: eigene Berechnung

6.3.1. Detailbetrachtung Gemeinde St. Margarethen

Den Untersuchungen zufolge ergibt die Optimalstruktur eine vollkommen geänderte Versorgungsstruktur für die Region St. Margarethen. Die Wärmeversorgung kann für die gesamte Region mit dem bestehenden Netz und einer Erweiterung durch Biogasanlagen mit KWK bzw. reinen Gasbrennern (zentral) und mit Pellets und Hackschnitzel (dezentral) durchgeführt werden.

Tabelle 46 zeigt im Vergleich zum IST-Zustand, dass im Optimalszenario sogar eine Überversorgung mit Wärme aus erneuerbaren Energien möglich ist.

Tabelle 46: Wärmeversorgung St. Margarethen Wohngebäude und Industrie – aus RegiOpt Optimalszenario – Stand 12.10.2011

	Wärmeversorgung Wohngebäude	**IST**	**RegiOpt-Optimalszenario**
		kWh_{th} pro Jahr	**kWh_{th} pro Jahr**
Import	Heizöl	11.416.013	0
aus der Gemeinde	Holz	11.215.426	0
Import	Koks, Kohle, Briketts	943.454	0
Import	Gas	943.454	0
aus der Gemeinde	Hackgut / Pellets	0	18.043.740
aus der Gemeinde	Nahwärme Biogasanlage (Verbrennung Biogas)	1.700.802	2.648.000
aus der Gemeinde	Nahwärme Holzvergasung	0	1.244.000
aus der Gemeinde	Nahwärme Hackschnitzelheizung	0	4.665.000
	Summe Gebäude	**26.219.150**	**26.600.740**
	Wärmeversorgung Industrie	**IST**	**RegiOpt-Optimalszenario**
		kWh_{th} pro Jahr	**kWh_{th} pro Jahr**
Import	fossil v.a. Erdgas und Erdöl	10.700.000	0
aus der Gemeinde	Nahwärme Gasbrenner (Biogas)	0	8.571.000
aus der Gemeinde	Nahwärme KWK Gasbrenner (Biogas)	0	1.240.000
aus der Gemeinde	Nahwärme Hackschnitzelheizung	0	889.000
	Summe Industrie	**10.700.000**	**10.700.000**
	Summe Industrie und Gebäude	**36.919.150**	**37.300.740**

Quelle: eigene Berechnung

Die Biogasanlage SGE speist in St. Margarethen bereits am längsten Wärme ins Nahwärmenetz ein. Zusätzlich wurden bereits Forschungsanlagen der Holzvergasungsanlagen der CleanStGas und Hackschnitzelheizungen der KWB ans Netz angeschlossen. Das Optimalszenario zeigt, dass durch zusätzliche Biogasanlagen mit angeschlossenen Gasbrennern (KWK und reine Gasbrenner) und weiteren Hackschnitzelanlagen eine 100-%ige Versorgung der Gemeinde mit regional vorhandenen Ressourcen möglich ist (insgesamt über 37.300 MWh_{th}).

Für Elektrizität ergibt sich ebenfalls eine Überdeckung. Dabei ist allerdings die nicht unerhebliche Stromproduktion der bestehenden Kleinwasserkraft mit hineingenommen. Die Region Strom kann also nachhaltig exportieren, was einen wichtigen wirtschaftlichen Faktor für die Zukunft darstellt (siehe Tabelle 47).

Tabelle 47: Strombedarf und -erzeugung St. Margarethen Industrie – aus RegiOpt Optimalszenario – Stand 12.10.2011

	Strombedarf	**IST**	**RegiOpt-Optimalszenario**
		kWh_{el} pro Jahr	**kWh_{el} pro Jahr**
	Wohngebäude St. Margarethen	5.235.672	5.235.672
	Industriegebäude Energie- und Rohstoffzentrum St. Margarethen	11.947.000	11.947.000
	Summe Strombedarf	**17.182.672**	**17.182.672**
	Stromerzeugung	**IST**	**RegiOpt-Optimalszenario**
aus der Gemeinde	Biogas KWK	3.939.840	25.071.000
aus der Gemeinde	Kleinwasserkraft	3.000.000	3.000.000
aus der Gemeinde	PV	81.043*	810.426
aus der Gemeinde	Holzgas KWK	604.000	1.080.000
Import	Strommix Österreich	9.557.789	-12.778.754
	Deckung	**9.557.789**	**-12.778.754**

Quelle: eigene Berechnung

*Annahme

Die bereits vorhandene Biogasanlage, mehrere Kleinwasserkraftwerke, PV sowie Holzvergasungsanlagen mit KWK im Forschungsbetrieb liefern bereits einen hohen Anteil selbst produzierter Elektrizität. Der gegenwärtig laufende Ausbau der Anlagen bringt die Gemeinde nahe an eine vollständige Selbstversorgung mit Elektrizität heran. Das Optimalszenario zeigt, dass die Gemeinde sogar das Potenzial hätte einen hohen Überschuss an Elektrizität ins Netz einzuspeisen (über 12.700 MWh_{el} pro Jahr).

Seitens der Mobilität durch die Verwendung des in der Region produzierten Pflanzenöls in Kraftfahrzeugen, ein Teil regional gedeckt werden (6.540 MWh). (siehe Tabelle 48)

Tabelle 48: Mobilität St. Margarethen – aus RegiOpt Optimalszenario – Stand 12.10.2011

	Mobilität Pkw	**IST**	**RegiOpt-Optimalszenario**
		kWh pro Jahr	**kWh pro Jahr**
Import	Benzin	12.379.547	0
Import	Diesel	16.098.241	0
aus der Gemeinde	Pflanzenöl für Biodiesel	0	6.540.141
aus der Gemeinde	Biomethan aus Biogas*	0	61.764.000
	Summe	**28.477.788**	**68.304.141**

* Die Verwendung von Biogas für die Mobilität steht in Konkurrenz zur KWK.

Quelle: eigene Berechnung

Eine vollständige Deckung der Mobilität mit erneuerbaren Ressourcen kann mit Biomethan erreicht werden. Zu beachten ist hier jedoch die Konkurrenzsituation zur KWK, in der aus Biogas Elektrizität und für die für die Gebäude benötigte Wärme produziert wird. Es stellt aber gleichzeitig auch eine große Chance dar, flexibel auf die Jahreskurve der Wärmebereitstellung zu reagieren.

In den Zeiten in denen die Wärme nicht in dem hohen Ausmaß benötigt wird (v.a. Frühling bis Frühherbst), könnte Biogas anstatt verbrannt zu werden, in die Biogasaufbereitung gehen. Diese zusätzliche Einsatzschiene sorgt für zusätzliche Stabilität in der Anwendung der Biogasfermentation in St. Margarethen.

6.3.2. Gesamte Region St. Margarethen

Die mögliche energetische Nutzung der in der gesamten Region St. Margarethen verfügbaren Ressourcen zeigt Tabelle 49.

Tabelle 49: Energetische Nutzung regionaler erneuerbarer Ressourcen – (Optimalszenario Region)

Rohstoff	Menge	→	Zwischenprodukt	Menge	→	Produkt	Menge
Raps	1.676 t	→	Pflanzenöl	577 t	→	Pflanzenöl	577 t
Waldholz	50.395 t				→	Pellets Verkauf	13.645 t
					→	Pellets dezentrale Versorgung (Privathaushalte Region)	17.314 t
						Hackschnitzel für dezentrale Versorgung (Industrie Region)	2.409 t
		→	Pellets Verbrennung (zentral)	145 t	→	Zentrale Versorgung (Industrie)	10.700 MWh_{th}
		→	Hackschnitzel für Wärme (zentral)	2.278 t			
Grassilage	6.710 t	→	Biogas	61.764 MWh		Zentrale Versorgung (Privathaushalte)	8.557 MWh_{th}
Gülle	116.660 t						
Maissilage	44.679 t						
PV Dachfläche	21.300 m²				→	Elektrizität	2.916 MWh_{el}

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 50 bis Tabelle 53 fassen die ökonomischen Aspekte zusammen und zeigen, dass durch die Optimierung mit der PNS beträchtliche wirtschaftliche Potenziale für die Region erschlossen werden können.

In Tabelle 50 sind die in der Optimalystruktur zur Anwendung gekommenen Ressourcenmengen mit ihren aktuellen Einkaufspreisen und der dafür notwendige Flächenverbrauch dargestellt.

Tabelle 50: Optimalstruktur Conceptual Planner - Materialien

Materialien					
Name	**Preis [€ pro Einheit]**		**Energie-/Stoffstrom**		**Kosten [€ pro Jahr]**
Elektrizität	75	€/MWh $_{el}$	11.947	MWh $_{el}$ /Jahr	896.037
Ackerfläche	-	-	1.225	ha/Jahr	-
Wiesenfläche	-	-	305	ha/Jahr	-
Waldfläche	-	-	4.632	ha/Jahr (1b: 4.264 ha/Jahr	-
Solarfläche Gebäude	-	-	2	ha/Jahr	-
Gülle	-	-	116.660	t/Jahr	-
Maissilage	35	€/t	44.679	t/Jahr	1.563.780
Grassilage	25	€/t	6.710	t/Jahr	167.750
Raps	171	€/t	1.676	t/Jahr	286.665
Hackschnitzel	42	€/t	50.395	t/Jahr	2.116.575
Gesamtkosten Materialien [€ pro Jahr]					**5.030.807**

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 51 zeigt die Anlagen der Optimalstruktur. Die bestehende Biogasanlage mit KWK, die als bereits bestehende Anlage ohne Investitionskosten (Abschreibung) hineingenommen wurde, kommt in der Optimalstruktur vor. Die weiteren bestehenden Anlagen der Holzvergasung (CleanStGas) und der Heizkessel für Forschungszwecke (KWB) decken zusammen mit der Biogasanlage der KWK die zentrale Versorgung der Gebäude und Trocknungsanlage der Gemeinde.

Tabelle 51: Optimalstruktur Conceptual Planner - Anlagen

Anlagen					
Name	**Faktor Dimensionierung+**	**AfA* [in Jahren]**	**Betriebskosten [€ pro Jahr]**	**Abschreibung [€ pro Jahr]**	**Kosten [€ pro Jahr]**
Biogasanlage (Bestand)	0,89	10	93.000	0	93.000
Biogasbrenner HT (neu)	4,00	10	9.600	5.260	14.860
KWK Biogas (Bestand)	0,50	10	25.000	0	25.000
KWK Biogas (neu)	2,00	10	50.000	56.000	106.000
Biogasanlage (neu)	3,00	10	279.000	345.000	624.000
Biogasanlage (neu)	4,00	10	372.000	422.200	794.200
Biogasanlage (neu)	8,00	10	744.000	686.000	1.430.000
KWK für Biogas 8MW (neu)	1,00	10	161.000	137.300	298.300
Trocknungsanlage (neu)	1,78	10	345.600	120.000	465.600
Holzbrenner (neu)	1,00	10	1.534	17.000	18.534
Ölpresse (neu)	0,78	10	106.154	29.000	135.154
Pelletieranlage (neu)	2,00	10	721.280	86.099	807.379
PV (neu)	288,00	25	0	714.240	714.240
Gesamtkosten Anlagen [€ pro Jahr]					**5.526.267**

*Abschreibung für Anlagen

+Der Faktor Dimensionierung ist mit der Anlagenkapazität aus Tabelle 42 zu multiplizieren.

Quelle: eigene Berechnung

Die Daten ergeben, dass weitere Biogasanlagen und PV ergänzen die Versorgung mit Elektrizität und Wärme in der gesamten Region in und um St. Margarethen. Zusätzlich zu einem Ausbau der Trocknungsanlage und einem Heizkessel für Spitzenlasten rechnet sich der Bau einer Pflanzenölpresse und Pelletieranlage aus ökonomischer Sicht.

Tabelle 52 zeigt die Erlöse aus den Produkten unter der Berücksichtigung der jeweiligen Absatzpreise. Die Produkte für den Verkauf sind Elektrizität, Nahwärme, Holzpellets, Hackschnitzel und Rapsöl.

Tabelle 52: Optimalstruktur Conceptual Planner - Produkte

Produkte					
Name	**Preis [in € pro Einheit]**		**Energie-/Stoffstrom**		**Erlöse [in € pro Jahr]**
Elektrizität Biogasverbrennung KWK	145,00	€/MWh$_{el}$	4.752	MWh $_{el}$ /Jahr	689.040
Elektrizität Holzvergasung	156,00	€/MWh$_{el}$	605	MWh $_{el}$ /Jahr	94.349
Elektrizität Biogasverbrennung KWK	156,00	€/MWh$_{el}$	20.319	MWh $_{el}$ /Jahr	3.169.826
Elektrizität PV	380,00	€/MWh$_{el}$	2.916	MWh$_{el}$/Jahr	1.108.189
Biogasverbrennung für Nahwärme Gemeinde	45,00	€/MWh$_{th}$	2.648	MWh$_{th}$/Jahr	119.160
Biogasverbrennung für Nahwärme Industrie	45,00	€/MWh$_{th}$	1.240	MWh$_{th}$/Jahr	55.800
Sonstige Wärme für Nahwärme Industrie	45,00	€/MWh$_{th}$	9.460	MWh$_{th}$/Jahr	425.700
Wärme Holzvergasung für Nahwärme Gemeinde	45,00	€/MWh$_{th}$	1.244	MWh$_{th}$/Jahr	55.980
Holzverbrennung KWBFuE für Nahwärme Gemeinde	45,00	€/MWh$_{th}$	3.801	MWh$_{th}$/Jahr	171.045
Holzverbrennung KWBKund für Nahwärme Gemeinde	45,00	€/MWh$_{th}$	864	MWh$_{th}$/Jahr	38.880
Pellets dezentral für Gemeinde	197,00	€/t	17.314	t/Jahr	3.410.858
Hackschnitzel dezentral für Industrie	177,44	€/t	2.409	t/Jahr	427.499
Holzpellets (Überschuss der Region)	197,00	€/t	13.645	t/Jahr	2.688.026
Rapsöl	975,00	€/t	577	t/Jahr	562.265
Gesamterlöse Produkte [€ pro Jahr]					**13.016.618**

Quelle: eigene Berechnung

Zusammenfassend zeigt Tabelle 53 die Gesamtbilanz aus Material- und Anlagenkosten und Produkterlösen.

Tabelle 53: Optimalstruktur Conceptual Planner - Gesamt

Gesamtbetrachtung (€ pro Jahr)	
Gesamtkosten Materialien	-5.030.807
Gesamtkosten Anlagen	-5.526.267
Gesamterlöse Produkte	13.016.618
Wertschöpfung	**2.459.544**

Quelle: eigene Berechnung

Der gesamtwirtschaftliche Erfolg der Berechnung fällt in Form einer Wertschöpfung von 2.459.544 € aus. Mit der Pellets- und Hackschnitzelproduktion können wesentliche Produkterlöse erzielt werden (über 6,5 Mio. €). Die Erlöse infolge des Elektrizitäts- und Wärmeverkauf (6,5 Mio €) aus den Biogas-KWKs nehmen eine weitere lukrative Absatzmöglichkeit ein. Zudem ist die die Wärmebereitstellung dieser Anlagen wesentliche Grundlage für die Stabilität der Trocknungs-, Pellets- und Pflanzenölproduktionsanlagen. Im Szenario 1A und 1B können in der Gemeinde über die Produktschiene der Pflanzenölproduktion 0,56 Mio. € an Erlösen erzielt werden.

Für die Entwicklung von RegiOpt war es wichtig den im Laufe der vorigen Synthese weiterentwickelten Conceptual Planner in einem erneuten Testlauf zu erproben.

6.3.3. Gesamte Region - Testlauf mit neuer PNS-Struktur - dynamisch

Die einzelnen Technologien in der überarbeiteten PNS-Struktur wurden dynamischer gestaltet. Es besteht nun die Möglichkeit, die Dimensionierung der Anlagengröße flexibler an die Rohstoffsituation anzupassen.

6.3.3.1. Adaption geänderter Rahmenbedingungen

Für die erneute Synthese der Region St. Margarethen wurde die Datengrundlage der Region St. Margarethen an die Rahmenbedingungen der neuen Struktur angepasst. Aufgrund einer Beschränkung in der neuen PNS-Struktur wurden die bestehenden Anlagen, der zugehörige Ressourcenverbrauch und die bestehende Wärmeversorgung herausgerechnet und damit nicht in der Struktur berücksichtigt. Der Grund für die Beschränkung lag an einer technischen Einschränkung seitens der Verbindung des PNS-Programmes zur internetbasierten RegiOpt-Lösung. Der korrigierte Ressourcenverbrauch ist in den gelb markierten Zellen im Anhang in Tabelle 69 einsehbar.

Die neu berechneten Daten wurden in die Conceptual-Planner-Struktur eingegeben und erneut eine Synthese begonnen.

6.3.4. Testlauf Conceptual-Planner-PNS

Tabelle 54 bis Tabelle 63 stellen Auflistungen der Materialien, Anlagen und Produkte sowie des Erfolgs in den unterschiedlichen Szenarien dar.

Szenarien 1A und 1B (Tabelle 54 und Tabelle 55) zeigen kaum Unterschiede in der Struktur. Das Waldholz wird intensiver genutzt. Das zusätzliche Einbringen der Äste verursacht Mehrkosten in der Bereitstellung, dafür wird weniger Forstfläche für dieselbe Holzernte benötigt.

Tabelle 54: Conceptual-Planner-PNS (Materialien) – Szenario 1A

Materialien					
Name	**Preis [€ pro Einheit]**		**Energie- / Stoffstrom**		**Kosten [€ pro Jahr]**
Elektrizität	75	€/MWh_{el}	3.362	MWh_{el}/Jahr	252.121
Waldholz	42	€/t	50.332	t/Jahr	2.113.944
Grassilage	25	€/t	6.711	t/yr	167.775
Raps	171	€/t	1.333	t/yr	228.196
Sonnenblumenkerne	215	€/t	1.641	t/yr	352.544
Gesamtkosten Materialien [€ pro Jahr]					**3.114.580**

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 55: Conceptual-Planner-PNS (Materialien) – Szenario 1B

Materialien			
Name	**Preis [€ pro Einheit]**	**Energie-/Stoffstrom**	**Kosten [€ pro Jahr]**
Elektrizität	75 €/MWh_{el}	3.362 MWh_{el}/Jahr	252.121
Waldholz	44 €/t	50.332 t/Jahr	2.214.608
Grassilage	25 €/t	6.711 t/Jahr	167.775
Raps	171 €/t	1.333 t/Jahr	228.196
Sonnenblumenkerne	215 €/t	1.641 t/Jahr	352.544
Gesamtkosten Materialien [€ pro Jahr]			**3.215.244**

Quelle: eigene Darstellung

Szenario 2 (siehe Tabelle 56) erlaubt genauso, wie Szenario 1A nur eine eingeschränkte Holzernte im Wald. Kurzumtrieb kommt jedoch auf den beschränkt für Energiepflanzen zugelassenen Ackerflächen vor und verdrängt damit die Ölfrüchte, die in den Szenarien 1A und 1B zur Anwendung kommen.

Tabelle 56: Conceptual-Planner-PNS (Materialien) – Szenario 2

Materialien			
Name	**Preis [€ pro Einheit]**	**Energie-/Stoffstrom**	**Kosten [€ pro Jahr]**
Elektrizität	75 €/MWh_{el}	4.351 MWh_{el}/Jahr	326.342
Waldholz	42 €/t	50.332 t/Jahr	2.113.944
Kurzumtrieb	42 €/t	11.580 t/Jahr	486.360
Grassilage	25 €/t	6.711 t/Jahr	167.775
Gesamtkosten Materialien [€ pro Jahr]			**3.094.421**

Quelle: eigene Darstellung

Die bestehenden Anlagen (Biogasanlage, KWB-Forschungskessel und CleanStGas-Forschungskessel) wurden, aus den oben angegebenen Gründen, für die erneute Synthese herausgenommen.

Szenario 1A und 1B (siehe Tabelle 57 und Tabelle 58) sind in der Technologiestruktur vollkommen konsistent zu betrachten. In beiden Szenarien kommen Biogasfermentation mit KWK, Holzbrenner, Trocknungsanlage, Pelletierung, Ölpresse und PV-Anlagen zum Einsatz.

Tabelle 57: Conceptual-Planner-PNS (Anlagen) – Szenario 1A

Anlagen					
Name	Größe	AfA* [in Jahren]	Betriebskosten [€ pro Jahr]	Abschreibung [€ pro Jahr]	Kosten [€ pro Jahr]
Fermentation (neu)	14	10	1.226.212	153.634	1.379.846
Trocknung Raps (neu)	1	10	44.983	37.232	82.215
Trocknung Sonnenblumen (neu)	1	10	55.391	13.385	68.776
KWK für Biogas (neu)	7	10	123.203	80.974	204.177
Holzbrenner (neu)	11	10	37.569	115.989	153.559
Trocknung Holz (neu)	3	10	293.813	93.992	387.805
Pelletierung Holz (neu)	3	10	807.533	167.031	974.564
Ölpresse Raps (neu)	1	10	92.803	9.752	102.555
Ölpresse Sonnenblumen (neu)	1	10	118.310	12.959	131.268
PV (neu)	21.324	25	0	979.326	979.326
Gesamtkosten Anlagen [€ pro Jahr]					**4.464.095**

*Abschreibung für Anlagen

+Der Faktor Dimensionierung ist mit der Anlagenkapazität aus Tabelle 42 zu multiplizieren.

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 58: Conceptual-Planner-PNS (Anlagen) – Szenario 1B

Anlagen					
Name	Größe	AfA* [in Jahren]	Betriebskosten [€ pro Jahr]	Abschreibung [€ pro Jahr]	Kosten [€ pro Jahr]
Fermentation (neu)	14	10	1.226.212	153.634	1.379.846
Trocknung Raps (neu)	1	10	44.983	37.232	82.215
Trocknung Sonnenblumen (neu)	1	10	55.391	13.385	68.776
KWK für Biogas (neu)	7	10	123.203	80.974	204.177
Holzbrenner (neu)	11	10	37.569	115.989	153.559
Trocknung Holz (neu)	3	10	293.813	93.992	387.805
Pelletierung Holz (neu)	3	10	807.533	167.031	974.564
Ölpresse Raps (neu)	1	10	92.803	9.752	102.555
Ölpresse Sonnenblumen (neu)	1	10	118.310	12.959	131.268
PV (neu)	21.324	25	0	979.326	979.326
Gesamtkosten Anlagen [€ pro Jahr]					**4.464.092**

*Abschreibung für Anlagen

+Der Faktor Dimensionierung ist mit der Anlagenkapazität aus Tabelle 42 zu multiplizieren.

Quelle: eigene Darstellung

Im Szenario 2 (siehe Tabelle 59) verringern sich die Kosten, weil aufgrund der Öffnung für Kurzumtrieb keine Ölpflanzen mehr angebaut werden und damit mehr Holz pelletiert wird.

Tabelle 59: Conceptual-Planner-PNS (Anlagen) – Szenario 2

Anlagen					
Name	Größe	AfA* [in Jahren]	Betriebskosten [€ pro Jahr]	Abschreibung [€ pro Jahr]	Kosten [€ pro Jahr]
Fermentation (neu)	11	10	975.155	122.179	1.097.334
KWK für Biogas (neu)	3	10	57.223	60.956	118.178
Holzbrenner (neu)	12	10	40.448	124.877	165.326
Trocknung Holz (neu)	4	10	380.810	121.823	502.633
Pelletierung Holz (neu)	4	10	1.046.639	216.489	1.263.128
KWK für Biogas (neu)	2	10	40.756	62.298	103.054
PV (neu)	21.324	25	0	979.326	979.326
Gesamtkosten Anlagen [€ pro Jahr]					**4.228.979,30**

*Abschreibung für Anlagen

+Der Faktor Dimensionierung ist mit der Anlagenkapazität aus Tabelle 42 zu multiplizieren.

Quelle: eigene Darstellung

Eine Anpassung der Abschreibungsdauer bei PV und Solarthermie von den bei Anlagen sonst im Schnitt angenommen 10 Jahren auf 25 hat sich hier wesentlich ausgewirkt. Solarthermielösungen kommen nicht, weil die zentralen KWK-Anlagen genügend Abwärme produzieren. Dezentral sind Kombinationslösungen mit Pelletsheizungen durchaus denkbar.

Szenario 1A und 1B deckt sich auch in der Situation der Produkte (siehe Tabelle 60 und Tabelle 61)

Tabelle 60: Conceptual-Planner-PNS (Produkte) – Szenario 1A

Produkte					
Name	Preis [in € pro Einheit]		Energie-/Stoffstrom [pro Jahr]		Erlöse [in € pro Jahr]
Elektrizität Biogas	156,00	€/MWh_{el}	17.207,16	MWh_{el}	2.684.317
Elektrizität PV	380,00	€/MWh_{el}	2.793,44	MWh_{el}	1.061.509
Nahwärme Industrie	45,00	€/MWh_{th}	18.960,00	MWh_{th}	853.200
Pellets dezentral	39,41	€/MWh	86.553,88	MWh	3.410.858
Pflanzenöl	975,00	€/t	879,43	t	857.447
Pellets Export	197,00	€/t	8.575,50	t	1.689.374
Gesamterlöse Produkte [€ pro Jahr]					**10.556.704**

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 61: Conceptual-Planner-PNS (Produkte) – Szenario 1B

Produkte					
Name	**Preis [in € pro Einheit]**		**Energie-/Stoffstrom [pro Jahr]**		**Erlöse [in € pro Jahr]**
Elektrizität Biogas	156,00	€/MWh$_{el}$	17.207,16	MWh$_{el}$	2.684.317
Elektrizität PV	380,00	€/MWh$_{el}$	2.793,44	MWh$_{el}$	1.061.509
Nahwärme Industrie	45,00	€/MWh$_{th}$	18.960,00	MWh$_{th}$	853.200
Pellets dezentral	45,00	€/MWh	86.553,88	MWh	3.410.858
Pflanzenöl	975,00	€/t	879,43	t	857.447
Pellets Export	197,00	€/t	8.575,50	t	1.689.374
Gesamterlöse Produkte [€ pro Jahr]					**10.556.704**

Quelle: eigene Darstellung

Es wird Elektrizität aus Biogas und Photovoltaik ins Stromnetz eingespeist. Die zentral versorgbaren Industriegebäude werden mit Nahwärme versorgt. Dezentral werden Gebäude mit Pellets versorgt. Darüber hinaus können über 8.500 Tonnen Pellets aus der Region exportiert werden. Zusätzlich können fast 900 Tonnen Pflanzenöl in den Verkauf kommen.

Tabelle 62 zeigt die logische Folge aus der Holzproduktion aus Kurzumtrieb. Es können mehr Pellets in den Export gelangen. Die Vielfalt der Verkaufsprodukte reduziert sich jedoch auf das Holz.

Tabelle 62: Conceptual-Planner-PNS (Produkte) – Szenario 2

Produkte					
Name	**Preis [in € pro Einheit]**		**Energie-/Stoffstrom [pro Jahr]**		**Erlöse [in € pro Jahr]**
Elektrizität Biogas	156	€/MWh$_{el}$	13.684	MWh$_{el}$	2.134.728
Elektrizität PV	380	€/MWh$_{el}$	2.793	MWh$_{el}$	1.061.509
Nahwärme Industrie	45	€/MWh$_{th}$	18.960	MWh$_{th}$	853.200
Pellets dezentral	45	€/MWh	86.554	MWh	3.410.858
Pellets Export	197	€/t	16.861	t	3.321.597
Gesamterlöse Produkte [€ pro Jahr]					**10.781.892**

Quelle: eigene Darstellung

Die folgende Übersicht zeigt die Gesamtrechnung der Optimierung der Zielgröße Wertschöpfung in den einzelnen Szenarien 1A, 1B und 2.

Tabelle 63: Conceptual-Planner-PNS (Gesamt) – Übersicht Szenarien 1A, 1B und 2

Gesamtbetrachtung Szenario 1A (€ pro Jahr)	
Gesamtkosten Materialien	-3.114.580
Gesamtkosten Anlagen	-4.464.095
Gesamterlöse Produkte	10.556.704
Wertschöpfung	**2.978.029**
Gesamtbetrachtung Szenario 1B (€ pro Jahr)	
Gesamtkosten Materialien	-3.215.244
Gesamtkosten Anlagen	-4.464.092
Gesamterlöse Produkte	10.556.704
Wertschöpfung	**2.877.368**
Gesamtbetrachtung Szenario 2 (€ pro Jahr)	
Gesamtkosten Materialien	-3.094.421
Gesamtkosten Anlagen	-4.228.979
Gesamterlöse Produkte	10.781.892
Wertschöpfung	**3.458.491**

Quelle: eigene Darstellung

Der gesamtwirtschaftliche Erfolg gestaltet sich im Gegensatz zur ersten Berechnung mittels Conceptual Planner von Szenario zu Szenario unterschiedlich. Die Wertschöpfung geht von 2.978.029 bis 3.458.491 €. Mit der Pelletsproduktion können wesentliche Produkterlöse erzielt werden (über 5 bis 6,7 Mio. €). Die Erlöse infolge des Elektrizitäts- und Wärmeverkauf (3,4 Mio €) aus den Biogas-KWKs nehmen eine weitere lukrative Absatzmöglichkeit ein. Zudem ist die die Wärmebereitstellung dieser Anlagen wesentliche Grundlage für die Stabilität der Trocknungs-, Pellets- und Pflanzenölproduktionsanlagen. Im Szenario 1A und 1B können in der Gemeinde über die Produktschiene der Pflanzenölproduktion 0,85 Mio. € an Erlösen erzielt werden.

7. Abschließender Vergleich aller Synthesen

Eine Zusammenschau verdeutlicht die grundsätzlich sehr ähnlichen Ergebnisse (siehe Tabelle 64).

Tabelle 64: Gegenüberstellung Wertschöpfung

Synthesen	Wertschöpfung in € (gerundet)
Erste Synthese (multiperiodisch)	2.350.000
Zweite Synthese (Conceptual Planner - Triple E)	2.459.544
Zweite Synthese (Conceptual Planner - dynamisch)	2.978.029 (1A) 2.877.368 (1B) 3.458.491 (2)

Quelle: eigene Darstellung

In der ersten Berechnung ergibt sich eine Wertschöpfung von rund 2.350.000 €. Die in der zweiten Synthese (Conceptual Planner Triple E) rund 100.000 € höhere Wertschöpfung ergibt sich aus der nun zusätzlich verkauften Elektrizität aus Photovoltaik.

In weiteren Testdurchläufen (dynamisch) wurden vorhandene Anlagen und ihre Ressourcennutzung aufgrund einer Begrenzung in der neuen PNS-Struktur herausgenommen. Die gegenüber der ersten Berechnung um rund 600.000 bis 1.100.000 € höhere Wertschöpfung (Szenario 1A: 2.978.029, Szenario 2: 3.458.491 €) ist mit der um Faktor 10 erhöhten Holzentnahme aus dem Wald zu erklären. In der ersten Synthese wurde die Waldholzerntemenge vorsichtiger gewählt, in der zweiten Synthese wurde die den nächsten 10 Jahren nachhaltig nutzbare Holzmenge von der Landwirtschaftskammer berechnet. Im Szenario 1B (2.877.368) wirkt sich der erhöhte Holzernteaufwand bei der Ernte der Äste mit einem Mehraufwand von 100.000 € negativ auf die Wertschöpfung aus.

Die höchste Wertschöpfung in Szenario 2 (3.458.491 €) ergibt sich daraus, dass am Acker statt Ölpflanzen Kurzumtrieb angebaut wird. Das hat eine Verdopplung des Pelletsexports zur Folge, da der Kurzumtrieb zur Gänze zu Pellets verarbeitet wird. Zudem spart dieses Szenario gegenüber Szenarien 1A und 1B die Investitions- und Betriebskosten für die Pflanzenölpresse ein. Die flexiblere Dimensionierung der neu eingesetzten Anlagen ermöglicht geringere Investitionskosten. Durch eine Auslegung der Anlagen auf klein, mittel und groß ist zudem eine höhere Feinanpassung möglich. Das wirkt sich auch positiv auf den Erfolg aus.

In der Betrachtung der einzelnen Syntheseergebnisse kristallisiert sich heraus, welche Anlagen bei unterschiedlich vorgegebenen Parametern (z.B. Rohstoffmenge/-einschränkung, Technologieauswahl) in der PNS stabil bleiben und welche nicht (siehe Tabelle 65).

Tabelle 65: Übersicht Stabilität in den Optimalstrukturen

Stabilität	Technologien	Rohstoffe und Produkte
S 1 (in allen Szenarien stabil)	Bestand (Biogasanlage SGE, KWB-Holzverbrennung F&E KWB, Holzvergasung F&E CleanStGas), zusätzliche Biogasfermenter mit KWK, Trocknung, Pelletierung	Waldholz, Grassilage u.a. biogene Reststoffe (Gülle) Hackschnitzel, Pellets, Elektrizität, Nah- und Trocknungswärme
S 2 (teilweise stabil)	Pflanzenölpresse, Photovoltaik	Ölpflanzen Elektrizität, Pflanzenöl und Presskuchen
I (in allen Szenarien instabil)	Biomassevergasung, Biogasreinigung, Biodieselanlage, (Solarthermie)	---

Quelle: eigene Darstellung

Die in der Tabelle 65 mit „S 1“ versehenen Prozesse bleiben in allen PNS-Strukturen stabil. Prozesse, die die bestehende Abwärmeerzeugung direkt nutzen (Nahwärmeversorgung, Trocknung, Pelletierung) erreichen die höchste Stabilität in den Optimalstrukturen. Zusätzliche Unterstützung für die Wärmebereitstellung kommt hier von weiteren Biogasfermentern mit KWK. Die Verwertung von Reststoffen (Gülle) und Grassilage ist gegenüber Technologien mit hohem Wertstoffeinsatz günstiger. Ein hoher Einspeisetarif für Elektrizität von Biogasanlagen unterstützt die Auswahl von Biogasfermentern.

Mit „S 2“ sind Prozesse aufgelistet, die fast überall stabil sind. Pflanzenöl ist ein nachgefragtes, leicht absetzbares Produkt und die Rentabilität von Ölpflanzen wird durch die gute Verwertungsmöglichkeit der Presskuchenreste für Futterbeimengung und Energieproduktion zusätzlich gesteigert. Der Einsatz von Photovoltaik wird durch den hohen Einspeisetarif und die höher eingestufte Nutzungsdauer gestützt. In fast allen Szenarien, die in den Synthesen durchgeführt wurden, ist die Pflanzenölpresse stabil, welche abhängig von der Flächennutzung der Ackerfläche für Ölsaaten ist.

Pflanzenöl und aufbereitetes Biogas könnten für den Betrieb Autos bzw. Biogas zur Einspeisung ins Erdgasnetz genutzt werden. Durch eine Kombinationslösung mit der KWK-Wärmenutzung könnte eine Biogasaufbereitung in Zukunft durchaus rentabel werden. In diesem Zusammenhang ist in St. Margarethen auch die Forschungsarbeit im Rahmen der Holzvergasung der Firma CleanStGas förderlich. Wichtige periodische Ergebnisse der Forschung in Zusammenhang mit Ackerfrüchten sind in Kapitel 5 der umfassend durchgeführten multiperiodischen Synthese angeführt.

Wichtige periodische Ergebnisse der Forschung in Zusammenhang mit Ackerfrüchten sind in Kapitel 5 der umfassend durchgeführten multiperiodischen Synthese angeführt. Dort ist die Erntezeit in Abhängigkeit zur Jahresverbrauchskurve der Wärme zu betrachten, was als wichtige Basisinformation zur richtigen Dimensionierung neu eingeführter Prozesse in der Region herangezogen werden kann.

„I“ sammelt die instabilen Prozesse. Einerseits sind diese Prozesse einer Vorkette nachgereiht. Pflanzenöl kann direkt abgesetzt werden und muss nicht aufwändig zu Biodiesel aufgewertet werden. Biogas kann mittels KWK direkt energetisch genutzt werden, statt gereinigt zu werden. Andererseits ist es eine Frage vom Verhältnis von Marktpreis zu Kosten. Investitions- und Betriebskosten sind im Bereich der erneuerbaren Treibstofftechnologien noch sehr hoch. Solarthermie ist in Klammer gestellt, weil dezentrale Kombinationsvarianten von Solarthermie mit anderen Heizsystemen nicht in der Struktur geprüft wurden. Zentral ist Solarthermie deshalb nicht Teil der Optimalstruktur, weil zentral genug Wärme aus Nahwärme vorhanden ist.

Ein bestimmender Faktor für die von der Optimalstruktur getroffene Auswahl ist die zentrale Wärmeversorgung der industriellen und nichtindustriellen Gebäude in St. Margarethen aus erneuerbarer Energie, die von etwa 1.700 MWh_{th} auf fast 20.000 MWh_{th} ansteigt. Die Elektrizitätsversorgung könnte von 6.000 MWh_{el} auf 17.000 MWh_{el} ausgebaut werden.

Seitens der festen Ressourcen können mehr als 17.000 t Pellets für die dezentrale Wärmeversorgung und zusätzlich 8.500 bis 13.500 t Pellets für den Export direkt in der Region produziert werden. Daneben sind 577 bis 879 t Pflanzenölherstellung möglich. Wird mehr Maisanbau auf den Feldern zugelassen (erste, multiperiodische Synthese), können bis zu 12.000 t Mais in der Region getrocknet werden.

8. Resümee

Durch die optimierte Energie- und Rohstoffnutzung in der Region St. Margarethen an der Raab konnte in dieser Arbeit mittels Prozess-Netzwerk-Synthese eine zusätzliche jährliche Wertschöpfung von 2,3 bis 3,4 Mio. € errechnet werden. Die Auswirkungen einer gesteigerten Wertschöpfung für eine Region und den heimischen Devisenhandel sind bekannt. Kann mehr in der Region produziert werden, muss weniger importiert werden und damit kann mehr Geld in der Region gehalten werden.

Aufgrund der in Kapitel 7 dargelegten Gründe sind in den durchgeführten Synthesen sind folgende Anlagen für die Region stabile Prozesse:

- bestehende Anlagen der Biogasanlage, F&E Anlagen
- zusätzliche Biogasfermenter mit KWK
- Trocknung
- Pelletierung

Die Prozess-Netzwerk-Synthese (PNS) überzeugt in der Arbeit als ein flexibel einsetzbares Werkzeug, um eine Energie- und Stoffoptimierung in einer Region vorzunehmen. Der Vergleich (siehe Kapitel 7) der anhand des Fallbeispiels St. Margarethen vorgenommenen Synthesen konnte zur Sammlung und Nutzung von Erfahrungen für den Funktionstest und die Weiterentwicklung der regionalen Prozessoptimierung (RegiOpt) eingesetzt werden.

Das Rahmenziel der Arbeit konnte systemisch gelöst werden. Der für die Optimierung ausgewählte Zielwert (Wertschöpfungssteigerung durch erneuerbare Energie) wurde in wesentliche regionale und überregionale Wirkungszusammenhänge gestellt. Hinsichtlich der Suffizienzdebatte wurde mit Hilfe des Systemmodells (siehe Kapitel 2.2) eine wesentliche Einschätzung getroffen. Erst aus einem neuen Ressourcenverhältnis heraus entsteht eine konkrete Suffizienzerfüllung. Der Rückgang fossiler Ressourcennutzung wegen des Überschreitens maximal möglicher Förderraten fossiler Ressourcen und macht die Kapazitätsgrenzen der erneuerbaren Ressourcen bewusst. Das führt zu einem Zwang

Passend zu den Syntheseergebnissen wurden bereits während der Forschungsarbeit einzelne Prozesse umgesetzt bzw. sind mit Stand der Fertigstellung der Magisterarbeit in Umsetzung begriffen. So wurde eine kleine Trocknungsanlage errichtet. Eine Holzvergasungsanlage wird durch die Firma CleanStGas am Prüfstand betrieben und ein Biomassehof ist in Bau.

Die Stakeholder in der Region waren im Rahmen der erfolgten Datenaufnahme äußerst entgegenkommend, was die Datenaufnahme begünstigte.

Die Verwendung und Weiterentwicklung der für die Arbeit eingesetzten Methodik der Prozess-Netzwerk-Synthese lief in einem konstruktiven wissenschaftlichen Betreuungsrahmen ab. Damit konnten die Synthese-Ergebnisse gut zur Erfahrungsnutzung in der regionalen Prozessoptimierung eingesetzt werden.

Durch die Beschäftigung des Autors mit der Region St. Margarethen im Rahmen der Prozess-Netzwerk-Synthese über mehrere Jahre (2008 – 2012) liegt dieser Arbeit eine umfassende Sammlung spezifischer Regionaldaten und Syntheseergebnisse zugrunde. Das bildet eine gute Basis für eine weitere wissenschaftliche Unterstützung der Region.

Detailinformationen zur Datenaufnahme, Struktur der PNS und den Synthesen finden sich im Anhang.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: P-graph 4
Abbildung 2: Ablauf Prozessoptimierung mittels Prozess-Netzwerk-Synthese 5
Abbildung 3: Grundidee des Sustainable Process Index 6
Abbildung 4: Energetischer Endverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar) in TJ 10
Abbildung 5: Energetischer Endverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar) in TJ 11
Abbildung 6: Energetischer Endverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar) in TJ 11
Abbildung 7: Verschiedene Wachstumsgrößen 1990 bis 2010 12
Abbildung 8: Systemübersicht Energieoptimierung 16
Abbildung 9: P-graph (vereinfacht) 20
Abbildung 10: Übersicht Maximalstruktur Materialien und Technologien 22
Abbildung 11: Strukturelle Übersicht Conceptual Planner mit PNS 26
Abbildung 12: Übersichtskarte St. Margarethen an der Raab mit Umlandgemeinden 46
Abbildung 13: Maximalstruktur der PNS 52
Abbildung 14: Optimalstruktur der PNS 58
Abbildung 15: Maximalstruktur Conceptual Planner 64
Abbildung 16: Optimalstruktur – Szenario 1A und 1B und 2 68
Abbildung 17: Rohstoffe in der Untersuchungsregion St. Margarethen an der Raab und Umlandgemeinden 101
Abbildung 18: Materialien 102
Abbildung 19: Feldernte 110
Abbildung 20: Verbrennung 118
Abbildung 21: Kraft-Wärme-Kopplung 120
Abbildung 22: Pelletierung 123
Abbildung 23: Biomassevergasung 124
Abbildung 24: Pyrolyse und Katalytische Drucklose Verölung 127
Abbildung 25: Biogasfermentation 128
Abbildung 26: Grüne Bioraffinerie 129
Abbildung 27: Biogasreinigung 130
Abbildung 28: Treibstofftechnologien 132
Abbildung 29: Gaseinspeisung 133
Abbildung 30: Trocknung 134
Abbildung 31: Solartechnologien 136
Abbildung 32: Windkraft 136
Abbildung 33: Effizienztechnologien (Dämmung) 137
Abbildung 34: Transport 137
Abbildung 35: Hilfstechnologien 139
Abbildung 36: Maximalstruktur PNS (Triple E) 141
Abbildung 37: Maximalstruktur PNS (RegiOpt Conceptual Planner) 158

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtenergiebilanz Österreich von 1970 bis 2010 8
Tabelle 2: Bilanz der erneuerbaren Energieträger von 1970 bis 2010 in Terajoule 9
Tabelle 3: Struktur Datenerhebung 24
Tabelle 4: Übersicht Datenbank 27
Tabelle 5: Liste der Materialien 28
Tabelle 6: Verrechnung der Materialien (Auswahl Fallbeispiel) 30
Tabelle 7: Übersicht Technologien 31
Tabelle 8: Verbrennung 32
Tabelle 9: Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) 33
Tabelle 10: Organic Rankine Cycle 33
Tabelle 11: Industrielle Abfallverbrennung 34
Tabelle 12: Pelletierung 34
Tabelle 13: Beispiel Holzvergasung 35
Tabelle 14: Pyrolyse 35
Tabelle 15: Katalytische drucklose Verölung 36
Tabelle 16: Biogasfermenter 37
Tabelle 17: Grüne Bioraffinerie 37
Tabelle 18: Biogasreinigung 38
Tabelle 19: Ethanolerzeugung 39
Tabelle 20: Biodieselerzeugung 40
Tabelle 21: Ölpresse 40
Tabelle 22: Trocknung von Biomasse 41
Tabelle 23: Solartechnologien 41
Tabelle 24: Windkraft 42
Tabelle 25: Außenwanddämmung 43
Tabelle 26: Auswahl Ackerfrüchte 44
Tabelle 27: Auszug aus den Erhebungsdaten 48
Tabelle 28: Produktions- und Verbrauchssituation in St. Margarethen an der Raab 49
Tabelle 29: Jahr - Perioden – Einteilung in Stunden (h) 49
Tabelle 30: Darstellung der Perioden „Sommer/Raps“, „Winter“ und „Mais“ 50
Tabelle 31: Flächennutzung in Hektar der ZUERST-Region 50
Tabelle 32: Nutzung vorhandener Anlagen 53
Tabelle 33: Errichtung neuer Anlagen 54
Tabelle 34: Nutzung von Ressourcen und Flächen 55
Tabelle 35: Trocknungs-Potenzial 55
Tabelle 36: Ressourcenverbrauch der einzelnen Anlagen 56
Tabelle 37: Zwischenprodukte 56
Tabelle 38: Endprodukte als neue Absatzquelle 57
Tabelle 39: Szenario Ressourcenbegrenzung – Verfügbare Mengen (in t) 59
Tabelle 40: Alle multiperiodischen Szenarien Übersicht 61
Tabelle 41: Szenarienbildung 66
Tabelle 42: Übersicht über die Technologien des Optimalszenarios 70
Tabelle 43: Waldnutzung in den Szenarien 71
Tabelle 44: Energetische Nutzung 73
Tabelle 45: Produktion für den Endverbrauch - RegiOpt Optimalszenario St.Margarethen – Stand 12.10.2011 74

Tabelle 46: Wärmeversorgung St. Margarethen Wohngebäude und Industrie – aus RegiOpt Optimalszenario – Stand 12.10.2011 75
Tabelle 47: Strombedarf und -erzeugung St. Margarethen Industrie – aus RegiOpt Optimalszenario – Stand 12.10.2011 76
Tabelle 48: Mobilität St. Margarethen – aus RegiOpt Optimalszenario – Stand 12.10.2011 76
Tabelle 49: Energetische Nutzung regionaler erneuerbarer Ressourcen – (Optimalszenario Region) 77
Tabelle 50: Optimalstruktur Conceptual Planner - Materialien 78
Tabelle 51: Optimalstruktur Conceptual Planner - Anlagen 79
Tabelle 52: Optimalstruktur Conceptual Planner - Produkte 80
Tabelle 53: Optimalstruktur Conceptual Planner - Gesamt 80
Tabelle 54: Conceptual-Planner-PNS (Materialien) – Szenario 1A 81
Tabelle 55: Conceptual-Planner-PNS (Materialien) – Szenario 1B 82
Tabelle 56: Conceptual-Planner-PNS (Materialien) – Szenario 2 82
Tabelle 57: Conceptual-Planner-PNS (Anlagen) – Szenario 1A 83
Tabelle 58: Conceptual-Planner-PNS (Anlagen) – Szenario 1B 83
Tabelle 59: Conceptual-Planner-PNS (Anlagen) – Szenario 2 84
Tabelle 60: Conceptual-Planner-PNS (Produkte) – Szenario 1A 84
Tabelle 61: Conceptual-Planner-PNS (Produkte) – Szenario 1B 85
Tabelle 62: Conceptual-Planner-PNS (Produkte) – Szenario 2 85
Tabelle 63: Conceptual-Planner-PNS (Gesamt) – Übersicht Szenarien 1A, 1B und 2 86
Tabelle 64: Gegenüberstellung Wertschöpfung 87
Tabelle 65: Übersicht Stabilität in den Optimalstrukturen 88
Tabelle 66: Glossar 97
Tabelle 67: Datenmaterial 98
Tabelle 68: Gemeinden Bestände 2009 100
Tabelle 69: Ressourcenberechnungen 157

9. Hintergrundliteratur

Bücher, Skripten und Artikel

FRIEDL, A. et al. (2007): Abschätzung der Machbarkeit von ökologischen und ökonomischen Bioethanol-Kleinanlagen, Endbericht, TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, 30. März 2007

FRIEDLER, F., TARJAN, K., HUANG, Y.W., und FAN, L.T. (1992): Graph-theoretic approach to process synthesis: axioms and theorems. Chem Eng Sci 1992a;47:1973–88.

FRIEDLER, F., TARJAN, K., HUANG, Y.W., und FAN, L.T. (1992): Combinatorial algorithms for process synthesis. Comput Chem Eng 1992b;16:S313–20.

FRIEDLER, F., TARJAN, K., HUANG, Y.W., und FAN, L.T. (1993): Graph-theoretic approach to process synthesis: polynomial algorithm for maximal structure generation. Comput Chem Eng 1993;17:929–42.

FRIEDLER, F., VARGA, J.B. und FAN, L.T. (1995): Decision-mapping: a tool for consistent and complete decisions in process synthesis. Chem Eng Sci 1995;50:1755–68.

HALASZ, L., POVODEN, G. und NARODOSLAWSKY, M. (2005): Sustainable processes synthesis for renewable resources, S. 293-307.

HANTSCH, S., MOIDL, S. und NÄHRER, U. (2009): IG Windkraft, Austrian Wind Energy Association, Expertise der IG Windkraft zur Ermittlung der Gestehungskosten für kosteneffiziente Windenergieanlagen, 4. 11. 2009.

LINZ, M. (2004): Weder Mangel noch Übermaß – Über Suffizienz und Suffizienzforschung, Querprojekt „Öko-Suffizienz und Lebensqualität“. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 57 S.

NAGY, A.B., FRIEDLER, F., FAN, L.T. (1998): Combinatorial acceleration of separable concave programming for process synthesis. In: Presented at the AIChE Annual Meeting; 1998.

NARODOSLAWSKY, M.; KROTSCHECK, C. (1995): The sustainable process index (SPI): Evaluating processes according to environmental compatibility; Journal of Hazardous Materials, 41 (2+3), S. 383-397

PETERS, M.S., TIMMERHAUS, K.D., WEST, R.E. (2003): Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th Edition, 2003, Mc Graw Hill.

SANDHOLZER, D., NARODOSLAWSKY, M. (2007): SPI on Excel - Fast and easy calculation of the Sustainable Process Index via computer. Resources, Conservation and Recycling 50, S. 130-142.

SUSTAIN (1994): Forschungs- und Entwicklungsbedarf für den Übergang zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich - (Verein zur Koordination von Forschung über Nachhaltigkeit) Im Auftrag der BBK, des BMWF und des BMUJF, Institut für Verfahrenstechnik der Technischen Universität Graz, Graz.

KROMUS, S. (2002): Grüne Bioraffinerie Österreich—Entwicklung eines integrierten Systems zur Nutzung von Grünlandbiomasse. Dissertation, Graz.

KROMUS, et al. (2002): Grüne Bioraffinerie. Integrierte Grasnutzung als Eckstein einer nachhaltigen Kulturlandschaftsnutzung. In: BBK-Endbericht. Feldbach: Kornberg Institut.

PIETSCHMANN, H.(2000): Wissenschaft & Umwelt Nr. 2/00, Interdisziplinär, Energie und Gesellschaft, Verlag Forum Österreichischer Wissenschaftler für Umweltschutz, S. 11 von 89 S.

Internetressourcen

Bild P-Graph: http://www.p-graph.com/wiki/index.php?title=Image:P_graph_flow.PNG&oldid=1419

Online verfügbare Basisvariante der PNS: http://www.p-graph.com/pdece/demo/

STATISTIK AUSTRIA, Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2010. Erstellt am: 23.11.2011. - Rundungsdifferenzen rechnerisch bedingt. Aufgliederung nach der Struktur der Nutzenergieanalyse (NEA) 2005. Verkehr ist die Summe aus Transport und landwirtschaftlicher "Off-Road" Traktion. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/022712.html

10. Anhang

10.1. Nähere Daten Synthese Projekt St. Margarethen an der Raab - multiperiodisch

Tabelle 66: Glossar

Biogasanlage	Biogasanlage mit 450 kW_{th} Überschuss
Biogasanlage 2	Biogasanlage mit 450 kW_{th} Überschuss
CleanStGas	Holzvergasungsanlage mit 144 kW_{th} Überschuss
CleanStGas 2	Holzvergasungsanlage mit 144 kW_{th} Überschuss
h	Stunden
KWB 2	Heizkessel mit 300 kW_{th} Überschuss
KWB FuE od. KWB F&E	Heizkessel Forschung & Entwicklung mit 0 – 535 kW_{th} Überschuss (variiert über das Jahr)
KWB Kundendienst	Heizkessel Kundendienst mit 0 – 200 kW_{th} Überschuss (variiert über das Jahr und nur für Perioden Winter und Sommer / Raps garantiert)
kWh	Kilowattstunden
Maximalstruktur	für die PNS max. mögliche Auswahlparameter in Form von Anlagen, Materialflüssen und Materialien in Form von Rohstoffen, Zwischenprodukten und Endprodukten
MWh	Megawattstunden
Optimalstruktur	Von der PNS ausgewählte max. Auswahl der vorhandenen und möglichen Strukturen zur max. Wertschöpfung und besten Kosten-Nutzen-Rechnung in Form einer Optimalvariante
Periode co (corn)	Jahresunterteilung Abschnitt Mais
Periode Holz	ganze Jahresperiode, Holz
Periode Jahr	ganze Jahresperiode
Periode su/ra (summer/raps)	Jahresunterteilung Abschnitt Sommer/Raps
Periode wi (winter)	Jahresunterteilung Abschnitt Winter
PNS	Prozess-Netzwerk-Synthese, Programm zur Modellbildung von Anlagen und Stoffflüssen für analytische Betrachtungen
t	Tonnen
ZUERST	Zukunftsorientiertes Energie- und Rohstoffzentrum St. Margarethen an der Raab

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 67: Datenmaterial

Anlage (Periode)	Input / h	Output / h
Vorhandene Anlagen		
KWB FuE (wi)	0,14 - 0,21 kW_{el} 0,07 – 0,09 t Holz	0,356 MW_{th}
KWB FuE (co)	0,17 - 0,26 kW_{el} 0,09 – 0,1 t Holz	0,438 MW_{th}
KWB FuE (su_ra)	0,2 - 0,3 kW_{el} 0,11 – 0,13 t Holz	0,535 MW_{th}
KWB Kundendienst (wi)	0,07 – 0,11 kW_{el} 0,04 – 0,05 t Holz	0,2 MW_{th}
KWB Kundendienst (su_ra)	0,07 – 0,11 kW_{el} 0,04 – 0,05 t Holz	0,2 MW_{th}
Biogasanlage (Jahr)	48 kW_{el} 0,37 t Maissilage 0,84 t Gülle	456 kW_{el} 0,45 MW_{th}
CleanStGas (Jahr)	6,7 kW_{el} 0,05 – 0,061 t Holz	70 kW_{el} 0,144 MW_{th}
Optionale Anlagen		
ORC (Jahr)	0,28 – 0,35 t Holz	200 kW_{el} 1,2 MW_{th}
KWB 300er-Kessel 2 (nach Bedarf)	0,11 – 0,18 t kW_{el} 0,061 – 0,075 t Holz	0,3 MW_{th}
CleanStGas 2 (Jahr)	6,7 kW_{el} 0,05 – 0,061 t Holz	70 kW_{el} 0,144 MW_{th}
Biogasanlage 2 (Jahr)	48 kW_{el} 0,37 t Maissilage 0,84 t Gülle	456 kW_{e}l 0,45 MW_{th}
Trocknungsanlage (Jahr) Holz	105,6 kW_{el} 1,2 MW_{th} 3,3 t Holz feucht	3,3 t Holz (20 % Restfeuchte)
Trocknungsanlage (co) Mais	70 kWel 1,2 MW-th 3,5 t Mais feucht	3,5 t Mais atro

Trocknungsanlage (su_ra) Raps	36 kW_{el} 1,2 MW_{th} 12 t Raps feucht	12 t Raps trocken
Ölpresse (su_ra) Raps	15 kWel 3 t Raps trocken	2 t Presskuchen 1 t Rapsöl
Pelletieranlage 1200 kWth (Jahr) Holz	353 kW_{el} 1,2 MW_{th} 1 t Holz feucht	1 t Holzpellets (10 % Restfeuchte)
Pelletieranlage 1200 kWth (co) Holz / Maisspindeln	423 kW_{el} 1,2 MW_{th} 1 t Holz / Maisspindeln feucht	1 t Holz-Maisspindel-Pellets (10 % Restfeuchte)
Pelletieranlage 480 kWth (Jahr) Holz	141 kW_{el} 0,48 MW_{th} 0,4 t Holz feucht	0,4 t Holzpellets (10 % Restfeuchte)
Wärme	alle mit Min. 85°C Wärme Wasser	
Hackschnitzel	20 % Restfreuchtigkeit = 4 kW Heizwert	
Holzpellets	10 % Restfeuchtigkeit = 4,9 kW Heizwert	
Holz-Maisspindel-Pellets	10 % Restfeuchtigkeit = 4,66 kW Heizwert	
Maisspindeln	10 % Restfeuchtigkei = 4,45 kW Heizwert	

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 68: Gemeinden Bestände 2009

	Gesamt in ha		Von den land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen in ha						Aufteilung Heizungsart	
Gemeinde	**Gemeinde Fläche**	**Land- u. forstwirtsch. Nutzflächen Gesamt**	**Wald**	**Wiese**	**Acker**	**Sonst.**	**Bevölkerung**	**Gebäude**	**Beheizte Gebäude**	**Neubauten geplant**
St. Margarethen an der Raab	4.304	3.481	1.540	467	1.358	116	3.746	1.343	1.148	62
Studenzen	591	341	30	28	278	5	701	237	199	5
Eichkögl	2.126	1.171	509	209	386	67	1.208	392	307	5
Langegg	1.145	1.039	520	314	190	15	815	297	239	5
St. Marein	1.028	802	444	135	173	51	1.216	424	356	5
Hartmannsdorf	2.924	2.296	1.048	223	660	365	2.958	950	759	5
Hofstätten	1.522	1.036	452	140	419	25	1.877	681	609	0
Labuch	723	264	49	106	95	14	774	270	229	5
Laßnitzthal	761	544	351	75	118	0	1.081	389	327	0
GESAMT	**15.124**	**10.974**	**4.943**	**1.697**	**3.677**	**656**	**15.719**	**4.983**	**4.173**	**92**

Quelle: Bezirkskammern Feldbach, Graz-Umgebung und Weiz; Statistik Austria, Waldverband; Stand:2009

Abbildung 17: Rohstoffe in der Untersuchungsregion St. Margarethen an der Raab und Umlandgemeinden

		Tiere		**Wald / Kurzumtrieb**	**Wiesen**		**Äcker**							
Gemeinden Bestände			**Waldeinschlag in Fm/a**	**Kurzumtrieb m. Schnitt 16tatro/ha**										
	GVE*	**m³ Gülle /a**	**Holz für Energie-bereit-stellung in t-atro**	**Wiesen Holzanbau Potenzial t-atro/a**	**Mais**		**Getreide**		**Ölkürbis**		**Raps, Soja**		**Silo-mais**	
St. Margarethen an der Raab	2.454	34.318	8.316	7.471	622	ha	270	ha	115	ha	0	ha	159	ha
Studenzen	419	5.130	162	450	180	ha	14	ha	34	ha	0	ha	0	ha
Eichkögl	617	8.362	2.748	3.351	269	ha	51	ha	12	ha	2	ha	0	ha
Langegg	595	8.834	2.808	5.029	31	ha	42	ha	15	ha	0	ha	36	ha
St. Marein	392	5.848	2.398	2.158	71	ha	33	ha	12	ha	0	ha	16	ha
Hartmannsdorf	614	8.604	5.659	3.567	369	ha	103	ha	78	ha	1	ha	14	ha
Hofstätten	385	5.719	2.440	2.239	222	ha	66	ha	56	ha	1	ha	7	ha
Labuch	145	2.313	266	1.689	31	ha	32	ha	8	ha	0	ha	6	ha
Laßnitzthal	212	3.241	1.896	1.200	28	ha	29	ha	7	ha	0	ha	16	ha
GESAMT	**5.833**	**82.369**	**26.693**	**x**	**1.823**	**ha**	**641**	**ha**	**337**	**ha**	**4**	**ha**	**253**	**ha**
GESAMT in t	**x**	**120.288**	**5.605**	**27.153**	**17.504**		**3.110**		**x**	**x**	**7**		**5.895**	

Quelle: Bezirkskammern Feldbach, Graz-Umgebung und Weiz; Statistik Austria, Waldverband; Stand: 2009

10.2. Zusammenfassung der Daten für die Hintergrunddatenbank

Materialien

Abbildung 18: Materialien

Material	specification	moisture* (water content / Wasser-gehalt)	ash content of dry mass	energy content (heat value / Heizwert) sonst: Brennwert in kWh/t (wet-lutro*)	yield	seed	fertilizer	heat value (Heizwert) formula	price for selling (at fixed water content) in Euro (netto)	price calculation with various water content (sum formula)	comments	source
		in %	in %		in t/ha	in €/ha	in €/ha					
wood	hardwood	45-50	0,5	2.400	3,11	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,2			water content siehe Literatur Energie aus Biom	http://www.klimaaktiv.at/filemanager/download/42357; ash content: http://www.zae-bayern.de/files/pub_a1_11.pdf;
wood	softwood	50-60	1,25	1.974	0,4	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,2			water content siehe Literatur Energie aus Biom	energy content: http://www.klimaaktiv.at/filemanager/download/42357; ash content: http://www.zae-bayern.de/files/pub_a1_11.pdf;
wood	short rotation forestry	35	1,9	3.111	10	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,2	Laubholz: €43,65 per t (lutro 35% water content) Nadelholz: €45,56 per t (lutro 35% water content)	Laubholz: [€/t] = [(-5,684) * water content in % + 5] * € 14,499 Nadelholz: [€/t] = [(-5,88) * water content in % + 5,2] * € 14,5	moisture: RPMV price to sell: € 13 to € 16 per MWh heat value	Landeskammer für Land- u. Forstwirtschaft Steiermark, Jauschnegg, Metschina, Loibnegger, 04/2009; price: www.klimaaktiv.at/filemanager/download/13623/;
wood	bark	50	3,8	2.258	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,2			defined as resource	http://www.waldwissen.net/themen/holz_markt/holzenergie/fva_energiegehalt_hackschnitzel.pdf; moisture: http://www.klimaaktiv.at/filemanager/do
wood	forest_ residues	10-30	1,5-10	3.963	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,2	Mix Holz = € 73 per t fm (= atro 0% water content) (Laubholz = € 48 per t (=lutro 41-50% water content) (Nadelholz = € 34,5 per t (=lutro 35-41% water content)	Mix Holz: [€/t] = [(-5,85) * water content in % + 5,1] * € 14,3137 Laubholz: [€/t] = [(-5,684) * water content in % + 5] * € 20,6 Nadelholz: [€/t] = [(-5,88) * water content in % + 5,2] * € 11,63	forest residues, land use in t lutro (air dry), de	Der forschrittliche Landwirt, Magazin, Bayerisches Brennholzdepot/Brennholz-deutschland.de 2008; Umrechnung Brennholz: http://www.klimaaktiv.at/filemanager/download/42357; ash content: http://www.bios-

wood	sawmillwaste	10	1	4.532	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,2			land use in t lutro (air dry), defined as resour	gehalt: http://www.klimaaktiv.at/filemanager/download/42357; ash content: http://www.zae-

wood	sawmillwaste	10	1	4.532	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,2			land use in t lutro (air dry), defined as resour	gehalt: http://www.klimaaktiv.at/filemanager/download/42357; ash content: http://www.zae-
wood	fallen timber	45-60	1	2.116	1,48	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,2			defined as resource	ash content: http://www.zae-bayern.de/files/pub_a1_11.pdf
wood	stem	20	0,9	4.019	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,2	Laubholz: € 73 per fm (= € 117,2 per t) Nadelholz: € 87 per fm, Gütekl. B Stmk. niedrigere Qualität auch: € 40-84 per fm		Laubholz = 565kg/nassFM with 41 to 50 % water content or 70 to 100% humidity Nadelholz = 405kg/nassFM with 35 to 41% water content or 55 to 70% humidity wood stem (=Baumstamm, Blochholz)	price Landwirtschafskammer Österreich: preisentwicklung.pdf, 11_monatliche_Ergebnisse_Nadelholz_11_2010.pdf
wood	splitlogs	20	0,9	4.019	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,3				
wood	pellets	10	0,3	5.000	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,4	€ 196 per t (lutro 10% moisture)		pelletised forest residues	cost price KWB 2009
straw	pellets	10	14,4	5.000	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,5	€ 210 per t (lutro 10% moisture)		Strohpellets	BACHMANN_HeuStrohpellets.pdf
wood	oldwood	10	0,01	5.000	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,6			oldwood (=Altholz, Industrieholz, Gebrauchtholz) more than 50% wood content	
wood	softwood_ chips	20	1	3.970	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,7	€ 95,65 per t (lutro 20% moisture)		woodchips ÖNORM G 30, at 20% Wassergehalt = 198,75 kg per m3 FM = 789 kWh heating value per m3 (Mix Fichte/Tanne/Pappel/Weide) 3,97 kWh per kg	cost price: KWB 2009 Bundesministerium_Brennstoffe-Feuerungstechnik(LasselsbergerLeopold).pdf Sunnseit.pdf

wood	middlewood_ chips	20	1	3.974	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,8	€ 95,65 per t (lutro 20% moisture)		woodchips ÖNORM G 30, at 20% Wassergehalt = 243,5 kg per m3 FM = 967,75 kWh heating value per m3 (Mix Kiefer/Lärche/Birke/Erle) 3,97 kWh per kg [160 to 250 kg TS per m3 (middle bulk density, Kiefer/Lärche/Birke/Erle, Ö NORM S 200)] (*srm=m3, heating value=Heizwert)	cost price: KWB 2009 Bundesministerium_Brennstoffe-Feuerungstechnik(LasselsbergerLeopold).pdf Sunnseit.pdf Hackschnitzel_Normierung.pdf
wood	hardwood_ chips	20	1	3.866	-	-	-	Laubholz: Hu [kWh/kg] = (-5,684) * water content in % + 5 Nadelholz: Hu [kWh/kg] = (-5,88) * water content in % + 5,9	€ 95,65 per t (lutro 20% moisture)		woodchips ÖNORM G 30, at 20% Wassergehalt = 305,67 kg per m3 FM = 1181,67 kWh heating value per m3 (Mix Buche/Eiche/Robinie) 3,87 kWh per kg [> 250 kg per m3 (high bulk density, Buche/Eiche/Robinie, ÖNORM S 250)] (*srm=m3, heating value=Heizwert)	cost price: KWB 2009 Bundesministerium_Brennstoffe-Feuerungstechnik(LasselsbergerLeopold).pdf Sunnseit.pdf Hackschnitzel_Normierung.pdf
miscanthus	miscanthus_ chips	14	1	4.400	-	-	-		€ 74,16 per t miscanthus chips (lutro 14% moisture)		production cost: € 32 to 46 per t (depends on planted crop per ha)	Preis Miscanthus - Parallel4_Fruehwirth_Peter2.pdf
grass	konv_ miscanthus	15	2,95	4.054	19	1.800	131	-			Elefantengras (Miscanthus giganteus), 2.7 bis 3.1 % Aschengehalt; moisture: RPMV	Mischbrennstoffen für KFA und Handlungsbedarf, Technologie- und Förderzentrum (TFZ) Straubing, Fachgespräch „Mischpellets- und Alternativbrennstoffe für KFA-Potentiale und Handlungsbedarf", Fachveranstaltung der FNR am 1.März 2007; amount land use from project Ressourcenplan MV (AP2, Datenerhebung); http://www.biomasseverband.at/static/mediendatenbank/root01/3.%20
grass	org_ miscanthus	15	2,95	4.054	19	1.800	0	-				
grass	konv_ grassilage	65	8,3	3.383	23,5	42	480	-		-	price dry: € 23,50 per m3	http://www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/veranst/030/Tagungsband/21_Rathbauer_Seite_157-160.pdf; Heizwert: Biogashandbuch Bayern

grass	org_ grassilage	65	8,3	3.383	18,8	75	0	-				
grass	konv_ sudangrass	70	8,65	4.681	52	65	209	-			moisture: RPMV	http://www.google.at/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.tll.de%2Fainfo%2Fpdf%2Fgras0708.pdf&ei=a4VBTejhNc7rOf7igOcB&usg=AFQjCNFk4xesEtum6fcIkqlVDPUcVwmM2g; Zuckerhirse und Sudangras – Rohstoffpflanzen für Biogasanlagen: Dr. habil. Christian Röhricht, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Leipzig; http://media.repro-mayr.de/15/76815.pdf; ash content: Studie der Landwirtschaftskammer Niederösterreich: Sudangras; St. Pölten, April 2009;
maincrops	cornstraw	15	6,7	4.077	9	-	-	-			Stroh	Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann und Hermann Hofbauer (Hrsg.), 2009: Energie
maincrops	konv_ maizesilage	70	3,8	3.500	49,5	160	320	-	€ 70 per t (lutro 70% water content)		price dry: € 70 per t	Betreibervorstand Karl Untersweg; Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix; ash content: http://www.lufa-nord-west.de/lufa2/downloads/pdf/Maissilage-2009-Endauswertung.pdf; heat value: http://www.biogas-infoboard.de/pdf/
maincrops	org_ maizesilage	70	3,8	3.500	37,1	234	0	-	?			
maincrops	konv_ maizegrain	33	1,5	-	9,7	152	209	-	€ 170 per t		moisture: RPMV, price dry: € 170 per t	http://www.finanzen.net/rohstoffe/Maispreis, momentaner Durchschnitt d. lfd. Montats 2009; ash content: Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann und Hermann Hofbauer (Hrsg.), 2009: Energie aus Biomasse. Grundlagen,
maincrops	org_ maizegrain	33	1,5	-	6,75	165	0	-				

maincrops	konv_rape	87	6,5	-	3	49	214	-			limit: 4-years-crop-rotation, price dry: € 300 p	http://www.finanzen.net/rohstoffe/Rapspreis, momentaner Durchschnitt d. lfd. Montats 2009; ash content: http://www.bioenergie-
maincrops	org_rape	87	6,5	-	2,12	73,50	0	-			limit: 4-years-crop-rotation, price dry: € 300 p	http://www.finanzen.net/rohstoffe/Rapspreis, momentaner Durchschnitt d. lfd. Montats 2009; ash content: http://www.bioenergie-
maincrops	konv_ vegetables	-	-	-	43,2	696	182	-				Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix, http://www.roman-schaffer.com/
maincrops	org_ vegetables	-	-	-	32,4	950	0	-				
maincrops	konv_ potatoes	-	-	-	29,7	1.096	271	-				Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix
maincrops	org_potatoes	-	-	-	20,79	1.440	0	-				
maincrops	konv_legumes	-	-	-	0,3	69	56	-				Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix
maincrops	org_legumes	-	-	-	0,23	177	0	-				
maincrops	konv_ sugarbeets	75	-		62,5	188	317	-			moisture: RPMV	Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix
maincrops	konv_triticale	14	4,4	3.966	5,01	60	188	-	?€ 100 per t		moisture: RPMV	Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix; energy and ash
maincrops	org_triticale	14	4,4	3.966	4	80	0	-				
maincrops	konv_ winterwheat	14	-	-	5,1	65	172	-	?€ 200 per t		moisture: RPMV	Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix
maincrops	org_wheat	14	-	-	3,05	98	0	-				
maincrops	konv_ winterbarley	14	-	-	4,6	57	149	-			moisture: RPMV	Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix
maincrops	konv_ springbarley	14	-	-	4	57	137	-			moisture: RPMV	Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix
maincrops	org_barley	14	-	-	3,3	82	0	-				
maincrops	konv_rye	14	4,2	4.133	3,8	53	139	-			moisture: RPMV	Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix; energy and ash
maincrops	org_rye	14	4,2	4.133	3,42	74	0	-				ash content:http://www.lfl.bayern.de/ipz/pfla
maincrops	konv_oat	14	-	-	3,5	55	134	-			moisture: RPMV	Ressourcenplan MV Stoff- und Energieflussmatrix
maincrops	org_oat	14	-	-	2,6	70	0	-				

maincrops	konv_ sunflower	75	2,5-4	588	2,5	152	106	-			moisture: RPMV	Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren, Kapitel 9, S. 360
maincrops	org_sunflower	75	2,5-4	588	1,88	117	0	-				Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren, Kapitel 9, S. 360
maincrops	konv_maizecor	35	4,7	2944	14	129	235	-			maizecorn cobs dry, price dry: € 68 per t	Verwertung.aspx/%C3%96konomie/ Wirtschaftliche_Kennwerte/Corn-Cob-Mix; ash, h eat value: http://jas.fass.org/cgi/reprint/10/2/434.pdf, heat value: http://energieberatung.ibs-
maincrops	org_maizecorn	35	4,7	2944	10,5	165	0	-				Verwertung.aspx/%C3%96konomie/ Wirtschaftliche_Kennwerte/Corn-Cob-Mix; ash, heat value:
cornlitter	-				-	-	-				Getreideabfall bei Getreideproduktion (Kornstreu)	
straw	-										Stroh	
straw	fibres											
electricity	renewable _biogas	-	-	-	-	-	-	-	sell = € 0,15 per kWh-el	-	Preis lt. Biogas St. Margarethen	SGE Biogas St. Margarethen, Betreibervorstand Karl Untersweg, und
electricity	renewable_cle	-	-	-	-	-	-	-	sell = € 0,16 - 0,18 per kWh-el	-	Preis von CleanStGasifciation St. Margarether	aktueller Elektrizitätseinspeisetarif lt. Ökostromverordnung Österreich 2009
electricity	mix_ nationalgrid	-	-	-	-	-	-	-	buy = € 0,08 per kWh-el	-		aktueller Elektrizitätspreis 2009
heat	renewable	-	-	-	-	-	-	-	sell = Einspeisetarif € 0,045 per kWh	-		SGE Biogas St. Margarethen, Betreibervorstand Karl Untersweg, und
heat	nonrenewable	-	-	-	-	-	-	-	buy = Arbeitspreis € 0,071 per kWh	-		Energie Steiermark Fernwärmepreise 2010 (Fernwaerme_Stmk_Preise.pdf)
steam	-	100	-	-	-	-	-	-		-		
manure	semi_liquid	95	-		-	-	-	-	-	-	manure semi-liquid (Gülle Mix von div. Tieren)	
digestate	-	92,5	-		-	-	-	-	?	-	Gärrest	
gas	raw_bioCH4	-	-	4.318	-	-	-	-	€ 0,055 per kWh	-		
gas	bio_methane _SNG	-	-	8.636	-	-	-	-	€ 0,11 per kWh	-	gas raw bio CH4 cleaned and upgraded, 6,6kWh/m3	

gas	domestic	-	-	14.000	-	-	-	-	€ 0,073 per kWh	-	fossil gas, price per kWh incl. tax (=Arbeitspre	studie-biogaseinspeisung-diplomarbeit-2005.pdf
waste	mix		-	2.500	-	-	-	-	?	-	waste mix (=Restmüll), 2500 to 2700 kWh per t	
waste	biogene			4.865							biogene waste (=Biomüll), 17,5 MJ/kg)	
waste	plastic			6.950							plastic waste (=Plastikmüll), 25 MJ/kg	
waste	oil			9.549							oil waste (=Altöl), 34,35 MJ/kg	
wastewater	-			-							waste water (=Abwasser)	
waste	recovered_paper	9	1-40	4.917	-	-	-	-	-	-	recovered paper (=Altpapier), defined as resou	"Check it"; Kapitel 5 - Modul 3 siehe http://www.ifz.tugraz.at/oekoeinkauf/; ash content:
waste	slaughterhous											
oil	domestic	-	-	11.880	-	-	-	-	€ 1150 per t	-	oil domestic (=Heizöl), 0,845 kg per litre	
oil	vegetable_oil	-	-	10.600	-	-	-	-	€ 1000 per t	-	Durchschnittsverkaufswert bei normaler Tank	Heizwert: Klimaaktiv
diesel	domestic	-	-	11.900	-	-	-	-	€ 1342 per t	-	1 litre diesel 820g to 845g, 1 litre petrol = 72	Heizwert: Klimaaktiv
biodiesel	-											
bioethanol	-											
ash	clean	-	-	-	-	-	-	-	€ 21-31 per t	-	Flugasche Steinkohle Guangdong China	
ash	contaminated	-	-	-	-	-	-	-				
calciumcarbonate	-	-	-	-	-	-	-	-	€ 30,07 per t	-	calcium carbonate = Kalk, price ab Werk	
rape	presscake	25?	-		-	-	-		€ 147,5 per t		Presskuchen (Raps)	UFOP Marktinformation, Juli 2007, Durchschnittswert
aminoacids	-	-	-	-	-	-	-	-	€ 5000 per t	-		
lacticacids	-	-	-	-	-	-	-	-	€ 1630 per t	-	lactic acid 80% (Milchsäure 80%-ig)	lt. Emailauskunft Erna Daiber, Einkauf/Verkauf,
water	-	100	-	-	-	-	-	-	€ 2 per m3	-	-	
condensate	-	100	-	-	-	-	-	-	€ 2 per m3	-		
carbon dioxide	-	-	-	-	-	-	-	-	€ 1000 per t	-		
charcoal	-			4.142							14,9 MJ/kg	
grass	presscake	31	8	5.760	-	-	-		€ 60 - 65 per t FM		after first pressing	
grass	juice	-	-		-	-	-		?		after first pressing	
gas	konv_methanol								€ 300 per t			
gas	org_methanol											

sand	-										pyrolysis	
pyrolysis-oil	-										pyrolysis	
coke+sand	-										pyrolysis	
catalyst	-											
neutraliser	-											
restproducts pyro	-										catalytic low pressure depolymerisation (= KDV, katalytische drucklose Verölung)	
distiller's wash	-											
K3PO4	-											
glycerin	-											
mineral_wool	-	-										
EPS	-	-									EPS (=Polystyrol)	
cellulose_panel	-	-										
wood_fibre_panel	-	-										
seed	-											
fertiliser	-											
pesticides	-											

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 19: Feldernte

ha_konv_winterwheat	field	1,00	ha	konv_winterwheat	5,10	t		**451,57**	ha			
	seed	0,17	t	konv_winterwheat	4,08	t		65,00	ha		Korn-Stroh Verhältnis 0,8, mittlere Ertragslage	
	fertilizer	0,48	t					172,00	ha			
	pesticides							70,00	ha			
	tractor_55	1,80	h					144,57	ha			
	tractor_80	5,90	h									
ha_org_wheat	field	1,00	ha	org_wheat	3,05	t		**224,15**	ha			
	seed	0,16	t	org_wheat_straw	2,44	t		98,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	0,20	h					104,15	ha			
	tractor_80	4,90	h									
ha_konv_rye	field	1,00	ha	konv_rye	3,80	t		**336,58**	ha			
	seed	0,14	t	konv_rye_straw	3,42	t		53,00	ha			
	fertilizer	0,44	t					139,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	1,80	h					144,58	ha			
	tractor_80	5,90	h									
ha_org_rye	field	1,00	ha	org_rye	3,42	t		**200,15**	ha			
	seed	0,13	t	org_rye_straw	3,08	t		74,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	0,20	h					104,15	ha			
	tractor_80	4,90	h									
ha_konv_triticale	field	1,00	ha	konv_triticale	5,01	t		**427,58**	ha			
	seed	0,15	t	konv_triticale_stra	4,51	t		60,00	ha			
	fertilizer	0,50	t					188,00	ha			
	pesticides							35,00	ha			
	tractor_55	1,80	h					144,58	ha			
	tractor_80	5,90	h									

ha_org_triticale	field	1,00	ha	org_triticale	4,00	t		**206,15**	ha			
	seed	0,17	t	org_triticale_straw	3,60	t		80,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	0,20	h					104,15	ha			
	tractor_80	4,90	h									
ha_konv_winterbarley	field	1,00	ha	konv_winterbarley	4,60	t		**403,60**	ha			
	seed	0,15	t	konv_winterbarley	2,99	t		57,00	ha			
	fertilizer	0,45	t					149,00	ha			
	pesticides							53,00	ha			
	tractor_55	1,80	h					144,60	ha			
	tractor_80	5,90	h									
ha_konv_springbarley	field	1,00	ha	konv_springbarley	4,00	t		**380,60**	ha			
	seed	0,18	t	konv_springbarley _straw	2,60	t		57,00	ha			
	fertilizer	0,43	t					137,00	ha			
	pesticides							42,00	ha			
	tractor_55	1,8	h					144,60	ha			
	tractor_80	5,9	h									
ha_org_barley	field	1,00	ha	org_barley	3,30	t		**208,20**	ha			
	seed	0,18	t	org_barley_straw	2,15	t		82,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	0,2	h					104,20	ha			
	tractor_80	4,9	h									
ha_konv_oat	field	1,00	ha	konv_oat	3,50	t		**360,58**	ha			
	seed	0,15	t	konv_oat_straw	3,50	t		55,00	ha			
	fertilizer	0,43	t					134,00	ha			
	pesticides							27,00	ha			
	tractor_55	1,8	h					144,58	ha			
	tractor_80	5,9	h									

ha_org_oat	field	1,00	ha	org_oat	2,60	t		**196,20**	ha			
	seed	0,15	t	org_oat_straw	2,60	t		70,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	0,2	h					104,20	ha			
	tractor_80	4,9	h									
ha_konv_maizegrain	field	1,00	ha	konv_maizegrain	9,70	t		**576,50**	ha			
	seed	0,00	t					152,00	ha			
	fertilizer	0,53	t					209,00	ha			
	pesticides							100,00	ha			
	tractor_55	1,50	h					115,50	ha			
	tractor_80	4,90	h									
ha_org_maizegrain	field	1,00	ha	org_maizegrain	6,75	t		**367,40**	ha			
	seed	0,00	t					165,00	ha			Bio DB-Katalog
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	5,50	h					180,40	ha			
	tractor_80	5,20	h									
ha_konv_rape	field	1,00	ha	konv_rape	3,00	t		**513,60**	ha			
	seed	0,00	t	konv_rape_straw	5,10	t		49,00	ha			Korn-Stroh-Verhältnis: Energie aus Biomasse, Kapitel Nebenprodukte, Rückstände; Seite 156
	fertilizer	0,52	t					214,00	ha			
	pesticides							106,00	ha			
	tractor_55	1,8	h					144,60	ha			
	tractor_80	5,9	h									
ha_org_rape	field	1,00	ha	org_rape	2,12	t		**199,70**	ha			
	seed	0,01	t	org_rape_straw	3,60	t		73,50	ha			Korn-Stroh-Verhältnis: Energie aus Biomasse, Kapitel Nebenprodukte, Rückstände; Seite 156
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	0,2	h					104,20	ha			
	tractor_80	4,9	h									

ha_konv_legumes	field	1,00	ha	konv_legumes	0,30	t		**296,50**	ha			
	seed	0,24	t					69,00	ha			
	fertilizer	0,34	t					51,00	ha			
	pesticides							65,00	ha			
	tractor_55	1,20	h					111,50	ha			
	tractor_80	4,70	h									
ha_org_legumes	field	1,00	ha	org_legumes	0,23	t		**309,50**	ha			
	seed	6,00	Pkg.					177,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	0,60	h					110,50	ha			
	tractor_80	4,90	h									
ha_konv_sugarbeets	field	1,00	ha	konv_sugarbeets	62,50	t		**1.068,20**	ha			
	seed	0,00	t					188,00	ha			
	fertilizer	0,72	t					317,00	ha			
	pesticides							342,00	ha			
	tractor_55	5,60	h					221,20	ha			
	tractor_80	7,90	h									
ha_konv_potatoes	field	1,00	ha	konv_potatoes	29,70	t		**2.469,20**	ha			
	seed	2,20	t					1.096,00	ha			
	fertilizer	0,63	t					271,00	ha			
	pesticides							533,00	ha			
	tractor_55	35,10	h					569,20	ha			
	tractor_80	88,80	h									
ha_org_potatoes	field	1,00	ha	org_potatoes	20,79	t		**2.820,80**	ha			
	seed	3,00	t					1.440,00	ha			
	fertilizer	1,25	t					373,00	ha			
	pesticides							225,00	ha			
	tractor_55	28,60	h					782,80	ha			
	tractor_80	6,90	h									

ha_konv_maizesilage	field	1,00	ha	konv_maize_silage	49,50	t		**739,30**	ha			
	seed	0,00	t					160,00	ha			
	fertilizer	0,74	t					320,00	ha			
	pesticides							98,00	ha			
	tractor_55	2,90	h					161,30	ha			
	tractor_80	7,50	h									
ha_org_maizesilage	field	1,00	ha	org_maize_silage	37,10	t		**326,30**	ha			
	seed		t					234,00	ha			BIO DB-Katalog
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	16,60	h					70,30	ha			
	tractor_80	3,30	h									
ha_konv_vegetables	field	1,00	ha	konv_vegetables	43,20	t		**1.588,90**	ha			
	seed	0,00	t					696,00	ha			
	fertilizer	0,28	t					182,00	ha			
	pesticides							271,00	ha			
	tractor_35	5,30	h					439,90	ha			
	tractor_70	26,50	h									
ha_org_vegetables	field	1,00	ha	org_vegetables	32,40	t		**1.412,00**	ha			
	seed	0,01	t					950,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t						ha			
	tractor_35	6,70	h					440,00	ha			
	tractor_70	22,70	h									
ha_konv_miscanthus	field	1,00	ha	konv_miscanthus	19,00	t		**2.325,01**	ha			
	seed	10000,00	Stk.					1.800,00	ha			
	fertilizer	0,22	t					131,35	ha			
	pesticides							120,00	ha			
	tractor_45	4,00	h					273,66	ha			
	tractor_70	0,90	h									
	tractor_360	1,00	h									

ha_org_miscanthus	field	1,00	ha	org_miscanthus	19,00	t		**2.073,66**	ha			
	seed	10000,00	t					1.800,00	ha			
	fertilizer	0,00	t					0,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_45	4,00	h					273,66	ha			
	tractor_70	0,90	h									
	tractor_360	1,00	h									
ha_konv_grassilage	grassland	1,00	ha	konv_grassilage	23,50	t		**576,60**	ha			
	seed	0,02	t					42,00	ha			
	fertilizer	0,93	t					480,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	2,60	h					54,60	ha			
	tractor_80	3,80	h									
ha_org_grassilage	grassland	1,00	ha	org_grassilage	18,80	t		**198,00**	ha			
	seed	0,02	t					75,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	2,50	h					101,00	ha			
	tractor_80	3,70	h									
ha_konv_sudangras	field	1,00	ha	konv_sudangras	52,00	t		**389,50**	ha			
	seed	0,03	t					65,00	ha			
	fertilizer	0,35	t					209,00	ha			fertilizer: http://www.nachwachsenderohstoffe.de/fileadmin/
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	1,50	h					115,50	ha			
	tractor_80	4,90	h									
ha_hardwood	forest	1	ha	hardwood	0,4	t		**73,45**	ha			
	tractor_40	2,58	h									
	motor saw	13,1	h									
ha_softwood	forest	1	ha	softwood	3,11	t		**36,17**	ha			
	tractor_40	1,92	h									
	motor saw	5,13	h									

short rotation	forest	1	ha	shortrotation	10	t		**106,80**	ha			
	fertilizer		t					45,00	ha			
	tractor_40	2,5	h					61,80	ha			Operating costs 2. Quelle: http://www.waldwissen.net/themen/holz_markt/holzenergie/bfw_kurzumtriebsplantage_2006_DE?start=0
	motor saw	10	h									
ha_konv_sunflower	field	1,00	ha	konv_sunflower	2,30	t		**493,99**	ha			
	seed	0,00	t					152,00	ha			
	fertilizer	0,41	t					106,00	ha			
	pesticides							88,00	ha			
	tractor_55	13,70	h					147,99	ha			
	tractor_80	19,40	h									
ha_org_sunflower	field	1,00	ha	org_sunflower	1,88	t		**316,70**	ha			
	seed	0,00	t					117,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	14,40	h					177,70	ha			
	tractor_80	20,00	h									
ha_konv_corn cob mix	field	1,00	ha	konv_corn cob mix	14,00	t		**470,50**	ha			
	seed	0,00	t					129,00	ha			
	fertilizer	0,53	t					150,00	ha			
	pesticides							76,00	ha			
	tractor_55	1,50	h					115,50	ha			
	tractor_80	4,90	h									
ha_org_corn cob mix	field	1,00	ha	org_corn cob mix	10,50	t		**367,40**	ha			
	seed	0,00	t					165,00	ha			
	fertilizer	0,15	t					22,00	ha			
	pesticides	0,00	t					0,00	ha			
	tractor_55	5,50	h					180,40	ha			
	tractor_80	5,20	h									

ha_konv_fodder	field	1,00	ha	konv_fodder	20,32	t		**547,64**	ha			
	seed	0,04	t									
	fertilizer	0,79	t									
	pesticides		t									
	tractor_55	2,41	h									
	tractor_80	4,56	h									
ha_org_fodder	field	1,00	ha	org_fodder	16,23	t		**212,55**	ha			
	seed	0,04	t									
	fertilizer	0,15	t									
	pesticides		t									
	tractor_55	2,85	h									
	tractor_80	3,97	h									

Quelle: eigene Erhebung 2012

Technologien

Abbildung 20: Verbrennung

Operating Units	input per hour			output / capacity per hour			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
Burn_chips_wood	wood_chips_	322	kWh	heat_burn_wood_chips_dry	0,300	MWh-th	170.000	1.534	yr	6.000	calculation KWB at woc 20% rest humidity	KWB Powerfire, 300kW, KWB St. Margarethen 2009
	electricity	0,178	kWh-el	heat_burn_wood_chips_dry_lost	0,022	MWh-th					0.08 t mixed woc * 4018.75 kWh/t = 321.5 kW input woc, mittlere Schüttdichte 230 kg/m³	KWB_Powerfire_300_Pellets_Hackschnitzel.pdf
				ash	0,64	kg					€ 15340 operating costs at 6000 working hours over 10 years guarantee, ash is 1% of dry solids (=Trockensubstanz)	Vollwartungskosten TDS u_USV_xls (operating costs), trae-DE06.pdf (ash)
Burn_sawmillwaste	sawmillwaste	322	kWh	heat_burn_sawmillwaste	0,300	MWh-th	170.000	1.534	yr	6.000	calculation KWB at woc 10% rest humidity, 4,64 kWh per kg FM (mix wood shavings/sawmillwaste hard- and softwood)	KWB Powerfire, 300kW, KWB St. Margarethen 2009
	electricity	0,178	kWh-el	heat_burn_sawmillwaste_lost	0,022	MWh-th					0,0693 t mixed sawmillwaste * 4640 kWh/t = 321.5 kW input sawmillwaste, mittlere Schüttdichte 614,5 kg/m³ FM	KWB_Powerfire_300_Pellets_Hackschnitzel.pdf
				ash	0,64	kg					€ 15340 operating costs at 6000 working hours over 10 years guarantee, ash is 1% of dry solids	Vollwartungskosten TDS u_USV_xls (operating costs), trae-DE06.pdf (ash)
Burn_chips_KUP	wood_chips_ KUP_dry	322	kWh	heat_burn_wood_chips_KUP_dry	0,300	MWh-th	170.000	1.534	yr	6.000	KUP = energy wood (Kurzumtrieb), calculation at 15% rest humidity	KWB Powerfire, 300kW, KWB St. Margarethen 2009
	electricity	0,178	kWh-el	heat_burn_wood_chips_KUP_dry	0,022	MWh-th					0.0785 t mixed woc * 4100 kWh/t = 321.5 kW input woc, mittlere Schüttdichte 230 kg/m³	KWB_Powerfire_300_Pellets_Hackschnitzel.pdf
				ash	1,2087	kg					€ 15340 operating costs at 6000 working hours over 10 years guarantee; 4,1kWh/kg and ash 1,8% of dry solids energy wood (Kurzumtrieb Pappel)	Vollwartungskosten TDS u_USV_xls, http://energieberatung.ibs-hlk.de/planbio_brennst.htm
Burn_wood_pellets	wood_pellets	321	kWh	heat_burn_pellets	0,300	MWh-th	170.000	1.534	yr	6.000	calculation KWB at pellets 10% rest humidity	KWB Powerfire, 300kW, KWB St. Margarethen 2009
	electricity	0,116	kWh-el	heat_burn_pellets_lost	0,021	MWh-th					pellets, Schüttdichte 650 kg/m³	KWB_Powerfire_300_Pellets_Hackschnitzel.pdf
				ash	0,17	kg					€ 15340 operating costs at 6000 working hours over 10 years guarantee, ash is 0,3% of dry solids	Vollwartungskosten TDS u_USV_xls
Burn_splitlogs	splitlogs_dry	55	kWh	heat_burn_splitlogs_dry	0,050	MWh-th	170.000	1.534	yr	6.000	calculation KWB at split logs 20% rest humidity	Stückholz_KWB_Classicfire.pdf
	electricity	0,030	kWh-el	heat_burn_splitlogs_dry_lost	0,005	MWh-th					0.01378 t mixed split logs * 4018.75 kWh/t = 55,4 kW input split logs	
				ash	0,992	kg					€ 15340 operating costs at 6000 working hours over 10 years guarantee; ash is 0,9% of dry solids = Schnitt Asche Buche-Kiefer-Fichte	Vollwartungskosten TDS u_USV_xls, trae-DE06.pdf

Burn_straw	straw	3580	kWh	heat_burn_straw	3,150	MWh-th	1.154.000	63.000	yr	3.048	Heizwert straw = kWh/kg, Wirkungsgrad der Anlage =	Biokraftwerk_Schkoelen.pdf
	electricity	1,378	kWh-el	heat_burn_straw_lost	0,430	MWh-th					0.7875 t straw * 4000 kWh/t = 3150 kW input straw, straw input = ganze Strohballen = 250kg/kWh, electricity input = 4200 kWh per yr, € 48,--per t straw_14resthumidity	Investitionskosten: für 3 MW-Kessel Info Harald Messner (Sekem Energy GmbH), Betriebskosten: FNNR_Strohverbrennung_Kalkulation.pdf
				ash	55,125	kg					max. temperatue heat (=max. Betriebstemperatur) = 1	trae-DE06.pdf (Asche)
Burn_straw_pellets	straw_pellets	321	kWh	heat_burn_straw	0,300	MWh-th	170.000	1.831	yr	6.000	calculation KWB at pellets 10% rest humidity	KWB Powerfire, 300kW, KWB St. Margarethen 2009
	electricity	0,116	kWh-el	heat_burn_straw_lost	0,021	MWh-th					0,06418 t strawpellets * 5000kWh/t = 320,9 kW input strawpellets, Schüttdichte 650 kg/m³	KWB_Powerfire_300_Pellets_Hackschnitzel.pdf
				ash	7,78	kg					€ 18308 operating costs at 6000 working hours over 10 years guarantee, ash straw = 14,4% d. TM	Vollwartungskosten TDS u_ USV_xls
Burn_gas_domestic	gas_domestic	310	kWh	heat_burn_gas_domestic	0,290	MWh-th	19.930	2.230	yr	8.000	heating value (=Heizwert) domestic gas (=fossiles Erdgas) = 10kWh/m3 (0,714kg/m3) = 14kWh/kg domestic gas	Investitionskosten: Buderus Produktdaten - Ausschreibung.pdf
	electricity	0,288	kWh-el	heat_burn_gas_domestic_lost	0,020	MWh-th					Buderus Logano plus SB615-310 Oil/Gas burner	Betriebskosten: Wartungsvertrag Buderus.pdf
											operating costs: 749 CHF / 1,3167 = € 568,846 (Wartungsvertrag Heizöl economy, Brenner modulierend, without material) € 19930 investment costs / Lebensdauer of 12 years = € 1660,83 (Material) --> operating costs althogether = € 2229,68	
Burn_oil_domestic	oil_domestic	310	kWh	heat_burn_oil_domestic	0,282	MWh-th	19.930	2.468	yr	8.000	heating value (=Heizwert) domestic oil (=fossiles Heizöl) = 11,88kWh/kg (42,8 MJ/kg = 11,88 kWh)	Investitionskosten: Buderus Produktdaten - Ausschreibung.pdf
	electricity	0,558	kWh-el	heat_burn_oil_domestic_lost	0,028	MWh-th					t domestic oil * 11888kWh/t = kW input domestic oil, Buderus Logano plus SB615-310 Oil/Gas burner	Betriebskosten: Wartungsvertrag Buderus.pdf
											operating costs: 626 CHF / 1,3167 = € 475,431 (Wartungsvertrag Heizöl economy, Brenner modulierend, without material) € 19930 investment costs / Lebensdauer of 10 years = € 1993 (Material) --> operating costs althogether = € 2468,431	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 21: Kraft-Wärme-Kopplung

Operating Units	input per hour			output / capacity per hour			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
ORC	wood	5.560	kWh	heat	4,333	MWh-th	2.765.000	606.271	yr	5.000	15% Netto-Wirkungsgrad-el, 85% Wirkungsgrad-th (zusammen 8	Euroheat_ORC-Lienz-final.pdf
				heat_lost	0,227	MWh-th					Treibstoffkosten von 117647 Euro sind in operating costs inkludiert	
				ash	11,0	kg					ash is 1% of dry solids	
				electricity	1,000	MWh-el						
MGT	gas_raw_BioCH4	224	kWh	heat	0,120	MWh-th	199.500	9.205	yr	8.760	Mikrogasturbine C65, Nettopreis	email anfrage capstone CR65 mgt.pdf
				electricity	0,065	MWh-el					224kWh = 36 m3 (including 65% methane) biogas	mgt_planermappe.pdf
				energy_lost	0,039	MWh					biogas directly fired without cleaning	
MGT	gas_domestic	224	kWh	heat	0,125	MWh-th	199.500	9.205	yr	8.760	Mikrogasturbine C65, Nettopreis	email anfrage capstone CR65 mgt.pdf
				electricity	0,065	MWh-el					224kWh = 23,3 m3 domestic gas	mgt_planermappe.pdf
				energy_lost	0,034	MWh						
BHKW	gas_raw_BioCH4	1.962	kWh	heat	0,799	MWh-th	713.000	62.986	yr	7.884	BHKW (= Blockheizkraftwerk, block heat and power plant)	Wirkungsgrad: BHKW St. Margarethen
				heat_lost	0,089	MWh-th					biogas directly fired without cleaning	invest costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity	0,967	MWh-el					operating costs = € 0,01 per kWh-el	operating costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity_lost	0,107	MWh-el						
BHKW	gas_raw_BioCH4	882	kWh	heat	0,311	MWh-th	345.500	24.494	yr	7.884	BHKW (= Blockheizkraftwerk, block heat and power plant)	Wirkungsgrad: BHKW St. Margarethen
				heat_lost	0,035	MWh-th					biogas directly fired without cleaning	invest costs: Synenergy/Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_500_KW_mit_Guelle.pdf
				electricity	0,488	MWh-el					operating costs = € 0,01 per kWh-el	operating costs: Synenergy/Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_500_KW_mit_Guelle.pdf
				electricity_lost	0,049	MWh-el						
BHKW	gas_raw_BioCH4	10.000	kWh	heat	4,073	MWh-th	2.229.726	321.115	yr	7.884	BHKW (= Blockheizkraftwerk, block heat and power plant)	Wirkungsgrad: BHKW St. Margarethen
				heat_lost	0,453	MWh-th					biogas directly fired without cleaning	invest costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity	4,927	MWh-el					operating costs = € 0,01 per kWh-el	operating costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity_lost	0,547	MWh-el						

BHKW	gas_raw_BioCH4	23.700	kWh	heat	9,652	MWh-th	4.079.192	760.959	yr	7.884	BHKW (= Blockheizkraftwerk, block heat and power plant)	Wirkungsgrad: BHKW St. Margarethen
				heat_lost	1,072	MWh-th					biogas directly fired without cleaning	invest costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity	11,678	MWh-el					operating costs =€ 0,01 per kWh-el	operating costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity_lost	1,298	MWh-el						
BHKW	gas_raw_BioCH4	78.000	kWh	heat	31,766	MWh-th	9.391.118	2.504.430	yr	7.884	BHKW (= Blockheizkraftwerk, block heat and power plant)	Wirkungsgrad: BHKW St. Margarethen
				heat_lost	3,530	MWh-th					biogas directly fired without cleaning	invest costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity	38,434	MWh-el					operating costs =€ 0,01 per kWh-el	operating costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity_lost	4,270	MWh-el						
BHKW	gas_raw_BioCH4	5.000	kWh	heat	2,0	MWh-th	1.372.557	160.541	yr	7.884	BHKW (= Blockheizkraftwerk, block heat and power plant)	Wirkungsgrad: BHKW St. Margarethen
				heat_lost	0,2	MWh-th					biogas directly fired without cleaning	invest costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity	2,5	MWh-el					operating costs =€ 0,01 per kWh-el	operating costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity_lost	0,3	MWh-el						
BHKW	gas_raw_BioCH4	60.000	kWh	heat	24,438	MWh-th	7.815.508	1.926.692	yr	7.884	BHKW (= Blockheizkraftwerk, block heat and power plant)	Wirkungsgrad: BHKW St. Margarethen
				heat_lost	2,718	MWh-th					biogas directly fired without cleaning	invest costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity	29,562	MWh-el					operating costs =€ 0,01 per kWh-el	operating costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_1_MW_ohne_Guelle.pdf
				electricity_lost	3,282	MWh-el						
BHKW	gas_raw_BioCH4	1.000,00	kWh	heat_biogas_corn_silage	0,450	MWh-th	377.242	35.478	yr	7.884	BHKW (= Blockheizkraftwerk, block heat and power plant)	Wirkungsgrad: BHKW St. Margarethen
				heat_biogas_corn_silage_lost	0,050	MWh-th					biogas directly fired without cleaning	invest costs: Synenergy/Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_500_KW_mit_Guelle.pdf
				electricity_biogas_corn_silage	0,456	MWh-el					operating costs =€ 0,01 per kWh-el	operating costs: Synenergy/Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_500_KW_mit_Guelle.pdf
				electricity_biogas_corn_silage_lost	0,044	MWh-el						

Burn_waste	waste	80.000	kWh	heat_burn_waste_supply	54,100	MWh-th	220.000.000	20.176.730	yr	7.800	Investment costs excl. Biogas plant Wien Simmering (=€ 13,5 Mio.), operating costs = MVA Nürnberg	MVA Pfaffenau: Technische Details MVA Pfaffenau.pdf
				heat_burn_waste_lost	10,300	MWh-th					32t waste per h, 250000t per yr, 32t waste = 80000 kWh, heating value (=Heizwert) waste = 2,5 kWh/kg (low value, because up to 3,27 kWh per kg technically possible)	Aufteilung Verbrennungsrückstände: Verbrennungsrückstand.pdf
				electricity_burn_waste_supply	10,600	MWh-el					steam = 40bar, 400°C, 100t per hour	MVA Nürnberg (operating costs): MVA Nürnberg.pdf
				heat_burn_waste_producingsteam_lost	1,000	MWh-el					65GWh-el per yr, 410 GWh-th per yr	
				electricity_burn_waste_selfuse	4,000	MWh-el					Brennstoffwärmeleistung 80MW-th, Abgasverluste 10,3MW-th, Umformer 54,1 MW-th heat into net, Rest heat into steam = 10,6 MW-el into net, 4 MW-el self-use	
				waste_slag	7584	kg					76% Gesamtwirkungsgrad, 87% Kesselwirkungsgrad Verdampfung (lt. Stadt Wien), 80MW Anschlussleistung = 8000Nm3 per hour, that means 62400000m3 * 10,3 kWh/m3 = 642720 MWh/yr	
				waste_fluegasdust	1632	kg					burn 1000 kg waste and you get in average: 237 kg slag, 19kg scrap (=Schrott) and 51kg fluegas-dust (lt. Verbrennungsrückstand.pdf, S. 13)	
				waste_scrap	608	kg					_supply (=Einspeisung ins Netz), waste burns without other fuels	
Burn_oldwood	oldwood	160.000	kWh	ply	108,200	MWh-th	220.000.000	20.176.730	yr	7.800	(=€ 13,5 Mio.), operating costs = MVA Nürnberg	MVA Pfaffenau: Technische Details MVA Pfaffenau.pdf
				heat_burn_oldwood_lost	20,600	MWh-th					32t waste per h, 250000t per yr, 32t waste = 160000 kWh, heating value (=Heizwert) oldwood = 5kWh/kg	Aufteilung Verbrennungsrückstände: Verbrennungsrückstand.pdf
				electricity_burn_oldwood	21,200	MWh-el					steam = 40bar, 400°C, 100t per hour	MVA Nürnberg (operating costs): MVA Nürnberg.pdf
				heat_burn_oldwood_prod	2,000	MWh-el					65GWh-el per yr, 410 GWh-th per yr	
				electricity_burn_oldwood	8,000	MWh-el					Brennstoffwärmeleistung 80MW-th, Abgasverluste 10,3MW-th, Umformer 54,1 MW-th heat into net, Rest heat into steam = 10,6 MW-el into net, 4 MW-el self-use	
				oldwood_fluegasdust	1632	kg					76% Gesamtwirkungsgrad, 87% Kesselwirkungsgrad Verdampfung (lt. Stadt Wien), 80MW Anschlussleistung = 8000Nm3 per hour, that means 62400000m3 * 10,3 kWh/m3 = 642720 MWh/yr	
				oldwood_ash_special_wa	320	kg					burn 1000 kg waste and you get in average: 19kg scrap (=Schrott), 10 kg ash special waste and 51kg fluegas-dust (lt. Verbrennungsrückstand.pdf, S. 13)	
				oldwood_scrap	608	kg					_supply (=Einspeisung ins Netz), waste burns without other fuels	

Burn_recovered_pa	recovered_paper	131.840	kWh	heat_burn_recovered_paper_supply	89,157	MWh-th	220.000.000	20.176.730	yr	7.800	Investment costs excl. Biogas plant Wien Simmering (=€ 13,5 Mio.), operating costs = MVA Nürnberg	MVA Pfaffenau: Technische Details MVA Pfaffenau.pdf
				heat_burn_recovered_pap	16,974	MWh-th					32t waste per h, 250000t per yr, 32t waste = 131840 kWh, heating value (=Heizwert) oldpaper = 4,12kWh/kg	Aufteilung Verbrennungsrückstände: Verbrennungsrückstand.pdf, struntz_rp_grades_for_packaging_papers.pdf, S. 21
				electricity_burn_recovere	17,469	MWh-el					steam = 40bar, 400°C, 100t per hour	MVA Nürnberg (operating costs): MVA Nürnberg.pdf
				heat_burn_recovered_pap	1,648	MWh-el					65GWh-el per yr, 410 GWh-th per yr	
				electricity_burn_recovere	6,592	MWh-el					Brennstoffwärmeleistung 80MW-th, Abgasverluste 10,3MW-th, Umformer 54,1 MW-th heat into net, Rest heat into steam = 10,6 MW-el into net, 4 MW-el self-use	
				recovered_paper_fluegasc	1632	kg					76% Gesamtwirkungsgrad, 87% Kesselwirkungsgrad	
				recovered_paper_ash	3792	kg					burn 1000 kg waste and you get in average: 118,5 kg ash (= 11,85% ash content average of collected paper products, lt. struntz_rp_grades_for_packaging_papers.pdf, S. 21) and 51 kg fluegas-dust (lt. Verbrennungsrückstand.pdf, S. 13)	
											_supply (=Einspeisung ins Netz), waste burns without other fuels	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 22: Pelletierung

Operating Units	input			output / capacity			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
pelletising_wood	wood	2	t	wood_pellets	2	t	1.655.000	311.675	yr	8.640		maerkte.pdf
	electricity	200	kWh								95-100 kWh electricity per t woodpellets	Eder, Gottfried: Perspektiven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse in Kleinfeuerungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung von Pelletsbrennstoffen. Dissertation, Linz 2007, S. 262
pelletising_straw	straw	2	t	straw_pellets	2	t	1.655.000	311.675	yr	8.640	operating costs at level of capacity of 10.000 t pell	Eder, Gottfried: Perspektiven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse in Kleinfeuerungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung von Pelletsbrennstoffen. Dissertation, Linz 2007, S. 256 ff.
	electricity	500	kWh									

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 23: Biomassevergasung

Operating Units	input per hour			output / capacity per hour			investment costs	operating costs			comments	source
name	materi	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
gasificationSNG_burn_wood	wood	125	MWh	gas_bio_methane_SNG	66,04	MWh	90.608.882	15.995.570	yr	8.100	input per year = wood 332100 t (=178200 t KUP,	DBFZ Energiezentrale Güssing:
(steam gasification and gas upgrade)	CO2	187,50	kg	gas_flue_lost	23,23	MWh					output per year = 608000 MWh-bioCH4, 2000 t ash (1500 t KUP, 500 t Waldrestholz), ash is 0,6% of dry solids	steam: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung _Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)
				heat_burn_wood_lost	11,83	MWh-th					efficiency (=Wirkungsgrad) 59 to 72% (values calculated with 65% average), heating value = 3,04878 kWh/kg (at 35% rest humidity)	
				condensate	3,40	MWh					SNG 332100 t per year used wood to burn, heating value (=Heizwert) * 3048,78 kWh per t = 1618250,238 MWh per year	
				steam_lost	9,38	MWh-th					investment and operating costs exclude the BHKW with a capacity of 78 MW	
				compression	8,33	MWh					steam = 2,1% of input fuel	
				electricity_selfuse	2,48	MWh-el						
				ash	247	kg						
gasificationSNG_burn_wood	wood	125	MWh	heat_burn_woodandgas	70,38	MWh-th	100.000.000	18.500.000	yr	8.100	input per year = wood 332100 t (=178200 t KUP,	DBFZ Energiezentrale Güssing: 09
(steam gasification, gas upgrade and CHP)	CO2	187,50	kg	heat_burn_ woodandgas_lost	11,23	MWh-th					output per year = 608000 MWh-bioCH4, 2000 t ash (1500 t KUP, 500 t Waldrestholz), ash is 0,6% of dry solids	steam: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_ Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)
				electricity_burn_ woodandgas	31,25	MWh-el					efficiency (=Wirkungsgrad) 59 to 72% (values calculated with 65% average), heating value = 3,04878 kWh/kg (at 35% rest humidity)	
				electricity_burn_ woodandgas_selfuse	12,14	MWh-el					SNG 332100 t per year used wood to burn, heating value (=Heizwert) * 3048,78 kWh per t = 1618250,238 MWh per year	
				ash	247	kg					bio_methane_SNG_gas and wood get fired, CHP = KWK	
gasificationSNG_burn_wood	wood	8	MWh	gas_raw_BioCH4	4,8	MWh	4.327.443	1.083.929		7000		DBFZ Energiezentrale Güssing: 09 bereitstellungskonzepte_dlweb.pdf (42-44)
(steam gasification)												steam: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_ Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)

gasificationSNG_burn_wood	wood	8	MWh	gas_bio_methane_SNG	4,23	MWh	8.627.443	1.089.459	yr	7.000	heating value = 4872,78 kWh/t (at 20% rest humidity), input 2t/h wood	DBFZ Energiezentrale Güssing: 09 bereitstellungskonzepte_dlweb.pdf (42-44)
(steam gasification and gas upgrade)	CO2	12,00	kg	gas_flue_lost	1,49	MWh					SNG uses 1,64177 t wood per hour, heating value (=Heizwert) * 4,87278 MWh per t * 7000 h = 56000 MWh per year	steam: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_ Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)
				heat_burn_wood_lost	0,76	MWh-th					investment and operating costs exclude the BHKW with a capacity of 5 MW	
				condensate	0,22	MWh					operating costs = 10% to 15% of investment costs	
				steam_lost	0,60	MWh-th					steam = 2,1% of input fuel	
				compression	0,53	MWh					SNG uses 1,64177 t wood per hour, heating value (=Heizwert) * 4,87278 MWh per t = 56000 MWh per year	
				electricity_selfuse	0,16	MWh-el						
				ash	13	kg						
gasificationSNG_burn_wood	wood	8	MWh	heat_burn_woodandgas	4,50	MWh-th	10.000.000	1.250.000	yr	7.000	input: 2t/h wood	DBFZ Energiezentrale Güssing:
(steam gasification, gas upgrade and CHP)	CO2	12,00	kg	heat_burn_	0,72	MWh-th					energy efficiency (of fuel power): electrical = 25%, thermal = 56,3%	
				electricity_ burn_woodandgas	2,00	MWh-el					operating costs = 10 to 15% of investment costs per year	steam: Abschlussbericht_ Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)
				electricity_ burn_woodandgas_ selfuse	0,78	MWh-el					heating value = 4872,78 kWh/t (at 20% rest humidity)	Investment and operating costs: 03 Biomass CHP Plant Güssing.pdf
				ash	13	kg						
gasificationSNG_burn_wood	wood	30	MWh	gas_raw_BioCH4	18	MWh	4.920.808	976.784		7000		DBFZ Energiezentrale Güssing: 09 bereitstellungskonzepte_dlweb.pdf (42-44)
(steam gasification)												steam: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_ Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)
gasificationSNG_burn_wood	wood	30,00	MWh	gas_bio_methane_SNG	15,85	MWh	20.920.808	983.041	yr	7.920	SNG xxx t per h used wood to burn,	0679_energiezentrale_guessing.pdf (p. 37-38)
(steam gasification and gas upgrade)	CO2	45,00	kg	gas_flue_lost	5,58	MWh					heat burn loss = 20% to 30%	steam: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_ Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)
				heat_burn_wood_lost	2,84	MWh-th					SNG = xxx Nm3 per h, 1Nm3 = 10kW	
				condensate	0,82	MWh					gas_bio_raw = product gas with steam-gasification (consists out of: 23 to 25 % H2O, 27 to 29% H, 18 to 20% CO, 15 to 17% CO2, 8 to 9% CH4, 1 to 2% N, 2 to 4% rest)	
				steam_lost	2,25	MWh-th					investment and operating costs must be excluded: the BHKW with an overall capacity of 4,2 MW	
				compression	2,00	MWh					ash is 1% of dry solids, investment and operating costs exclude the BHKW with a capacity of 23,7 MW	
				electricity_selfuse	0,60	MWh-el						
				ash	63	kg					steam = 2,1% of input fuel	

gasificationSNG_burn_wood	wood	30,00	MWh	heat_burn_woodandgas	14,88	MWh-th	25.000.000	1.744.000	yr	7.920	SNG 7,912 t per h used wood to burn, heating value	0679_energiezentrale_guessing.pdf (p. 37-38)
(steam gasification, gas upgrade and CHP)	calcium	45,00	kg	heat_burn_woodandgas_lost	5,16	MWh-th					heat burn loss = 20% to 30%	steam: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_ Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)
				electricity_ burn_woodandgas	8,76	MWh-el					SNG = xxx Nm3 per h, 1Nm3 = 10kW	
				electricity_ burn_woodandgas_ selfuse	1,20	MWh-el					gas_bio_raw = product gas with steam-gasification (consists out of: 23 to 25 % H2O, 27 to 29% H, 18 to 20% CO, 15 to 17% CO2, 8 to 9% CH4, 1 to 2% N, 2 to 4% rest)	
				ash	63	kg					steam = 2,1% of input fuel, ash is 1% of dry solid	
gasificationSNG_burn_wood	wood	30,00	MWh	heat_burn_woodandgas	12,24	MWh-th	25.000.000	1.744.000	yr	7.920	SNG 7,912 t per h used wood to burn,	0679_energiezentrale_guessing.pdf (p. 37-38)
(steam gasification, gas upgrade and partly CHP)	calcium	45,00	kg	heat_burn_ woodandgas_lost	4,69	MWh-th					heat burn loss = 20% to 30%	steam: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_ Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)
				electricity_burn_ woodandgas	2,80	MWh-el					SNG = xxx Nm3 per h, 1Nm3 = 10kW	
				electricity_burn_ woodandgas_selfuse	2,91	MWh-el					gas_bio_raw = product gas with steam-gasification (consists out of: 23 to 25 % H2O, 27 to 29% H, 18 to 20% CO, 15 to 17% CO2, 8 to 9% CH4, 1 to 2% N, 2 to 4% rest)	
				gas_bio_methane_SNG	7,36	MWh						
				ash	63	kg					steam = 2,1% of input fuel, ash is 1% of dry solid	
gasificationSNG_burn_wood	wood	60,00	MWh	gas_bio_methane_SNG	31,70	MWh	48.350.000	1.527.132	yr	8.000	Taylor Verfahren	Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_
(steam gasification and gas upgrade)	calcium	90,00	kg	gas_flue_lost	11,15	MWh					Input: calcium carbonate 90kg/h, wood 16260kg/h (12000kg/h and 96000t/yr atro), steam 2154kg/h, burned air 32300kg/h	Investment costs: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_ Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 52)
				heat_burn_wood_lost	5,68	MWh-th					Output: fluegas 36716kg/h, ash 500kg/h, rawgas 11925kg/h	Operating costs: Energiezentrale Güssing
				condensate	1,63	MWh					ash = 500kg per hour	
				steam_lost	4,50	MWh-th					steam = 2,1% of input fuel	
				compression	4,00	MWh						
				electricity_selfuse	1,19	MWh-el						
				ash	500	kg						
gasificationSNG_burn_wood	wood	60,00	MWh	heat_burn_woodandgas	33,78	MWh-th	56.165.508	3.453.824	yr	7.920	SNG xxxx t per h used wood to burn, heating value	0679_energiezentrale_guessing.pdf (p. 37-38)
(steam gasification, gas upgrade and CHP)	calcium	90,00	kg	heat_burn_ woodandgas_lost	5,39	MWh-th					heat burn loss = 20% to 30%	steam: Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_ Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf (p. 39)
				electricity_burn_ woodandgas	15,00	MWh-el					SNG = xxx Nm3 per h, 1Nm3 = 10kW	
				electricity_burn_ woodandgas_selfuse	5,83	MWh-el					gas_bio_raw = product gas with steam-gasification (consists out of: 23 to 25 % H2O, 27 to 29% H, 18 to 20% CO, 15 to 17% CO2, 8 to 9% CH4, 1 to 2% N, 2 to 4% rest)	
				ash	500	kg					steam = 2,1% of input fuel, ash is 1% of dry solid	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 24: Pyrolyse und Katalytische Drucklose Verölung

Operating Units	input per hour			output / capacity per hour			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
Pyro straw 50MW (input)	straw	50.000	KWh	pyrolysis-oil	30.436	KWh	32.320.000	2.670.000	yr	7.500	operating costs: with 1,84 Mio. EUR personal costs	http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2008/lang08a.pdf
	bio-gas	3.500	KWh	coke+sand	14.996	KWh					Hu pyrolysis-oil:14,6 MJ/kg	Recherche Pyrolyse
	sand	0	t/h	heat @ 500°	2.200	KWh-th					Hu coke+sand: 18,4 MJ/kg	
	electricity	2.028	KWh-el								area needed: 10000m²	
Pyro wood 50MW (input)	woodchips	50.000	KWh	pyrolysis-oil	40.128	KWh	30.660.000	2.570.000	yr	7.500	operating costs: with 1,72 Mio. EUR personal costs	http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2008/lang08a.pdf
	sand	0	t/h	coke+sand	8.387	KWh					Hu pyrolysis-oil:15,2 MJ/kg	Recherche Pyrolyse
	electricity	2.138	KWh-el	heat @ 500°	1.250	KWh-th					Hu coke+sand: 14,9 MJ/kg	
											area needed: 10000m²	
KDV 500 waste oil	waste oil	5.556	KWh	diesel	4.722	KWh	3.855.000	270.000	yr	8.000	Hu waste oil=34,35 MJ/kg , HU Diesel=40MJ/kg	KDV anlage
	catalyst	15	kg/h	waste water	15	kg/h					operating costs: with 198.000 EUR personal costs	synthetischer Diesel aus Kunststoffen
	neutraliser	2	kg/h	rest products pyro	34	kg/h						KDV invest
												Energieinhalt (altoel_3011.pdf)
KDV 500 plastic waste	plastic waste	5.972	KWh	diesel	4.722	KWh	3.855.000	270.000	yr	8.000	Hu plastic waste= 25 MJ/kg , HU Diesel=40 MJ/kg	KDV anlage
	catalyst	23	kg/h	waste water	116	kg/h					operating costs: with 198.000 EUR personal costs	synthetischer Diesel aus Kunststoffen
	neutraliser	3	kg/h	rest products pyro	124	kg/h						KDV invest
KDV 500 biogene waste	biogene waste	6.111	KWh	diesel	4.722	KWh	3.855.000	270.000	yr	8.000	Hu biogenewaste= 17,5 MJ/kg , HU Diesel=40 MJ/kg	KDV anlage
	catalyst	25	kg/h	charcoal	1.138	KWh					operating costs: with 198.000 EUR personal costs	synthetischer Diesel aus Kunststoffen
	neutraliser	3	kg/h	rest products pyro	78	kg/h					Hu charcoal: 14,9 MJ/kg	KDV invest
				waste water	300	kg/h						
KDV2000 waste oil	waste oil	22.222	KWh	diesel	18.889	KWh	10.300.000	1.080.000	yr	8.000	mass flows = Mass flows KDV 500 +4	http://www.lautech.de/pdf/Symposium11_V7.pdf
	catalyst	60	kg/h	waste water	60	kg/h					Hu waste oil=34,35 MJ/kg , HU Diesel=40 MJ/kg	KDV Anlage
	neutraliser	6	kg/h	rest products pyro	136	kg/h					operating costs: with 198.000 EUR personal costs	Energieinhalt (altoel_3011.pdf)
KDV2000 plastic waste	plastic waste	23.889	KWh	diesel	18.889	KWh	10.300.000,00	1.080.000	yr	8.000,00	mass flows = Mass flows KDV 500 +4	http://www.lautech.de/pdf/Symposium11_V7.pdf
	catalyst	90	kg/h	waste water	464	kg/h					Hu plastic waste= 25 MJ/kg , HU Diesel=40 MJ/kg	KDV Anlage
	neutraliser	10	kg/h	rest products pyro	496	kg/h					operating costs: with 198.000 EUR personal costs	
KDV2000 biogene waste	biogene waste	24.444	KWh	diesel	18.889	KWh	10.300.000	1.080.000	yr	8.000	mass flows = Mass flows KDV 500 +4	http://www.lautech.de/pdf/Symposium11_V7.pdf
	catalyst	100	kg/h	charcoal	4.552	KWh					Hu biogenewaste= 17,5 MJ/kg , HU Diesel=40 MJ/kg	KDV Anlage
	neutraliser	11	kg/h	rest products pyro	311	kg/h					operating costs: with 198.000 EUR personal costs	
				waste water	1.200	kg/h					Hu charcole: 14,9 MJ/kg	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 25: Biogasfermentation

Operating Units	input per hour			output / capacity per hour			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
biogas_corn_silage	manure_semi_liquid	0,85	t	gas_raw_BioCH4	280,00	m3	1.011.000	93.000	yr	8.640	producing 280m3 gas per hour	SGE Biogas St. Margarethen: Betreibervorstand Karl Untersweg 2009
(St. Margarethen a.d. Raab)	corn_silage	0,38	t	digestate	0,78	m3					operating costs without interest (interest=Zinsen)	operating costs: biogas_invest.pdf
	electricity	499,54	kWh-el								investment costs without add. technic, machines etc. (+ 300.000€ more)	investment costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_500_KW_mit_Guelle.pdf
											600 litres gas per kg grass_silage_wet	
											250 ha bedüngbare Flächen, bei durchschnittlich 25m3 Düngung pro ha	
biogas_grass_wet_silage	manure_semi_liquid	0,85	t	gas_raw_BioCH4	280,00	m3	1.076.000	93.000	yr	8.640	producing 280m3 gas per hour	SGE Biogas St. Margarethen: Betreibervorstand Karl Untersweg 2009
(St. Margarethen a.d. Raab)	grass_wet_silage	0,38	t	digestate	0,78	m3					operating costs without interest (interest=Zinsen)	operating costs: biogas_invest.pdf
	electricity	499,54	kWh-el								investment costs without add. technic, machines etc. (+ 300.000€ more)	investment costs: Bioenergie Serviceargentur, Wirtschaftlichkeitsrechnung_500_KW_mit_Guelle.pdf
											600 litres gas per kg corn_silage	
											250 ha bedüngbare Flächen, bei durchschnittlich 25m3 Düngung pro ha	
biogas_corn_silage (incl. BHKW)	manure_semi_liquid	0,85	t	heat_biogas_corn_silage	0,45	MWh-th	1.700.000	333.000	yr	8.640	producing 280m3 gas per hour	SGE Biogas St. Margarethen: Betreibervorstand Karl Untersweg 2009
(St. Margarethen a.d. Raab)	corn_silage	0,38	t	heat_biogas_corn_silage_lost	0,05	MWh-th					operating costs without interest (interest=Zinsen)	operating costs: biogas_invest.pdf
	electricity	499,54	kWh-el	electricity_biogas_corn_silage	0,46	MWh-el					investment costs without add. technic, machines etc. (+ 300.000€ more)	
				electricity_biogas_corn_silage_lost	0,04	MWh-el					600 litres gas per kg grass_silage_wet	
				digestate	0,78	m3					250 ha bedüngbare Flächen, bei durchschnittlich 25m3 Düngung pro ha	
biogas_grass_wet_silage (incl. BHKW)	manure_semi_liquid	0,85	t	heat_biogas_grass_silage	0,45	MWh-th	1.700.000	333.000	yr	8.640	producing 280m3 gas per hour	SGE Biogas St. Margarethen: Betreibervorstand Karl Untersweg 2009
(St. Margarethen a.d. Raab)	grass_wet_silage	0,38	t	heat_biogas_grass_silage_lost	0,05	MWh-th					operating costs without interest (interest=Zinsen)	operating costs: biogas_invest.pdf
	electricity	499,54	kWh-el	electricity_biogas_grass_silage	0,46	MWh-el					investment costs without add. technic, machines etc. (+ 300.000€ more)	
				electricity_biogas_grass_silage_lost	0,04	MWh-el					600 litres gas per kg corn_silage	
				digestate	0,78	m3					250 ha bedüngbare Flächen, bei durchschnittlich 25m3 Düngung pro ha	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 26: Grüne Bioraffinerie

Operating Units	input per year			output / capacity per year			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
ensilage and mech fractionation	grasssilage_wet	20.875	t	grass_presscake_wet	15.500	t	760.000	395.000	yr	8.760	silage 20875 t FM = 6888 t TM (33%)	Grüne Bioraffinerie Basisinfo.pdf, 0667_grasfaserfraktion2.pdf
	water	44.295	t	grass_juice	49.670	t					juice 49670 t FM = 4967 t TM (10%)	
	electricity	3.450	MWh-el								presscake 15500 t FM = 7750 t TM (50%)	
											operating costs without material costs!	
drying fibres	grass_presscake_wet	15.500	t	grass_presscake_dry	8.600	t	654.000	187.400	yr	8.760	FM per yr	Grüne Bioraffinerie Basisinfo.pdf, 0667_grasfaserfraktion2.pdf
	heat	6.876	MWh-th	water_vapour	6.876	t					operating costs without material costs!	
	electricity	1.364	MWh-el									
amino acid separation	grass_juice_dry	4.967	t	aminoacids	870	t	7.000.000	1.917.500	yr	8.760	2ndpress = after filtration of amino and lacticacids	Grüne Bioraffinerie Basisinfo.pdf, 0667_grasfaserfraktion2.pdf
				lacticacids	1.614	t					lactic acids / protein (Milchsäure) = 62 to 210 kg per t TM, aminoacids (Aminosäure)	
				grass_juice_2ndpress	2.483	t					operating costs without material costs!, pressjuice_2ndpress can also be used in biogas plant	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 27: Biogasreinigung

Operating Units	input per hour			output / capacity per hour			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
1. conditioning_gas_raw	gas_raw_BioCH4	37,39	MWh	gas_bio_synthetis_gas	36,2	MWh	7.929.400	0,27	kWh	8000	gasCH4 = raw gas / product gas, 1st conditioning = induces only S, Cl and particles loss (1st amine gas treating / Aminwäsche)	Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	3,5	MWh-th	carbon_dioxide	3800	kg					Input = 11925kg/h gasCH4 Output = 3800kg/h CO2, 3900kg/h condensate, 4298kg/h bio synthesis gas	
				condensate	3900	kg						
2. methanation_gas_raw_clean	gas_bio_synthetis_gas	36,2	MWh	gas_bio_methane	31,80	MWh	8.557.950	0,29	kWh	8000	Methanation	Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	2,21	MWh-th								Input = 4298kg/h bio synthesis gas, 1770kg/h steam	
	compression	4	MWh								Output = 6073kg/h bio methane gas	
3. cleaning_gas_raw_SNG	gas_bio_methane	31,8	MWh	gas_bio_methane_SNG	31,70	MWh	6.817.350	0,23	kWh	8000	2nd conditioning = amine gas treating / Aminwäsche = cleaning	Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	3,5	MWh-th	steam	4,50	MWh-th					Input = 6073kg/h bio methane gas	
				condensate	1,63	MWh						
				carbon_dioxide	819	kg					Output = 2708kg/h condensate, 819kg/h CO2, 2629kg/h bio methane gas	
	downscaling factor:	0										
1. conditioning_gas_raw	gas_raw_BioCH4	0,45	MWh	gas_bio_synthetis_gas	0,44	MWh	136.332	0,27	kWh	8000	downscaled for: 0,45 MW input biomass with 0,38 MW Gas Bio methane SNG production	Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	0,04	MWh-th	carbon_dioxide	45,73	kg						
				condensate	46,94	kg						
2. methanation_gas_raw_clean	gas_bio_synthetis_gas	0,44	MWh	gas_bio_methane	0,38	MWh	147.139	0,29	kWh	8000		Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	0,03	MWh-th									
	compression	0,05	MWh									
3. cleaning_gas_raw_SNG	gas_bio_methane	0,38	MWh	gas_bio_methane_SNG	0,38	MWh	117.213	0,23	kWh	8000		Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	0,04	MWh-th	steam	0,05	MWh-th						
				condensate	0,02	MWh						
				carbon_dioxide	9,86	kg						
	downscaling factor:	83,0889										
1. conditioning_gas_raw_ (8MW_wood)	gas_raw_BioCH4	4,83	MWh	gas_bio_synthetis_gas	4,68	MWh	1.463.302	0,27	kWh	8000	downscaled for: 4,23 MW Gas Bio methane SNG	Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	0,45	MWh-th	carbon_dioxide	490,88	kg					downscaled for: 8 MW input biomass with 4,23 MW Gas Bio methane SNG production	
				condensate	503,80	kg						

2. methanation_gas_raw_clean_ (8MW_wood)	gas_bio_synthetis_gas	4,68	MWh	gas_bio_methane	4,11	MWh	1.579.295	0,29	kWh	8000		Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	0,29	MWh-th									
	compression	0,52	MWh									
3. cleaning_gas_raw_SNG_ (8MW_wood)	gas_bio_methane	4,11	MWh	gas_bio_methane_SNG	4,09	MWh	1.258.083	0,23	kWh	8000		Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	0,45	MWh-th	steam	0,58	MWh-th						
				condensate	0,21	MWh						
				carbon_dioxide	105,80	kg						
	downscaling factor:	7,7412										
1. conditioning_gas_raw_ (30MW wood)	gas_raw_BioCH4	18,00	MWh	gas_bio_synthetis_gas	17,43	MWh	5.453.299	0,27	kWh	8000	downscaled for: 15,85 MW Gas Bio methane SNG	Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	1,68	MWh-th	carbon_dioxide	1829,37	kg					downscaled for: 30 MW input biomass with 15,85 MW Gas Bio methane SNG production	
				condensate	1877,51	kg						
2. methanation_gas_raw_clean_ (30MW wood)	gas_bio_synthetis_gas	17,43	MWh	gas_bio_methane	15,31	MWh	5.885.573	0,29	kWh	8000		Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	1,06	MWh-th									
	compression	1,93	MWh									
3. cleaning_gas_raw_SNG_ (30MW wood)	gas_bio_methane	15,31	MWh	gas_bio_methane_SNG	15,26	MWh	4.688.507	0,23	kWh	8000		Abschlussbericht_Biogaseinspeisung_Band_3_Technik_SNG_AP2.pdf
	steam	0,45	MWh-th	steam	2,17	MWh-th						
				condensate	0,78	MWh						
				carbon_dioxide	394,28	kg						
	downscaling factor:	2,07722										

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 28: Treibstofftechnologien

Operating Units	input per year			output / capacity per year			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
bioethanol plant	wheat	3.767	t/yr	Ethanol	1.000	t/yr	1.000.000	323.800	yr	8400	operating costs: in € per t Ethanol:	Endbericht_Bioethanol Kleinanlagen.pdf
(wheat)	heat HT	2.464	MWh	distiller's wash	912	t/yr					323,8	addBioethanolKleinanlagen_Email_Friedl_Betriebsstunden.pdf
	electricity	197	MWh								distiller's wash (= Bioethanol-Schlempe)	addBioethanolKleinanlagen-Email_Friedl_Elektrizität.pdf
bioethanol plant	wheat	18.297	t/yr	Ethanol	5.000	t/yr	2.660.000	739.880	yr	8400	operating costs: in € per t Ethanol:	Endbericht_Bioethanol Kleinanlagen.pdf
(wheat)	heat HT	12.318	MWh	distiller's wash	4.560	t/yr					323,8	addBioethanolKleinanlagen_Email_Friedl_Betriebsstunden.pdf
	electricity	983	MWh								distiller's wash (= Bioethanol-Schlempe)	addBioethanolKleinanlagen-Email_Friedl_Elektrizität.pdf
bioethanol plant	wheat	35.577	t/yr	Ethanol	10.000	t/yr	4.330.000	1.266.640	yr	8400	operating costs: in € per t Ethanol:	Endbericht_Bioethanol Kleinanlagen.pdf
(wheat)	heat HT	24.635	MWh	distiller's wash	9.120	t/yr					323,8	addBioethanolKleinanlagen_Email_Friedl_Betriebsstunden.pdf
	electricity	1.967	MWh								distiller's wash (= Bioethanol-Schlempe)	addBioethanolKleinanlagen-Email_Friedl_Elektrizität.pdf
bioethanol plant	corn	3.315	t/yr	Ethanol	1.000	t/yr	1.000.000	126.664	yr	8400	operating costs: in € per t Ethanol:	Endbericht_Bioethanol Kleinanlagen.pdf
(corn)	heat HT	2.168	MWh	distiller's wash	11.400	t/yr					323,8	addBioethanolKleinanlagen_Email_Friedl_Betriebsstunden.pdf
	electricity	173	MWh								distiller's wash (= Bioethanol-Schlempe)	addBioethanolKleinanlagen-Email_Friedl_Elektrizität.pdf
bioethanol plant	corn	16.102	t/yr	Ethanol	5.000	t/yr	2.660.000	633.320	yr	8400	operating costs: in € per t Ethanol:	Endbericht_Bioethanol Kleinanlagen.pdf
(corn)	heat HT	10.840	MWh	distiller's wash	57.000	t/yr					323,8	addBioethanolKleinanlagen_Email_Friedl_Betriebsstunden.pdf
	electricity	865	MWh								distiller's wash (= Bioethanol-Schlempe)	addBioethanolKleinanlagen-Email_Friedl_Elektrizität.pdf
bioethanol plant	corn	31.310	t/yr	Ethanol	10.000	t/yr	4.330.000	1.266.640	yr	8400	operating costs: in € per t Ethanol:	Endbericht_Bioethanol Kleinanlagen.pdf
(corn)	heat HT	21.681	MWh	distiller's wash	12.540	t/yr					323,8	addBioethanolKleinanlagen_Email_Friedl_Betriebsstunden.pdf
	electricity	1.731	MWh								distiller's wash (= Bioethanol-Schlempe)	addBioethanolKleinanlagen-Email_Friedl_Elektrizität.pdf
bioethanol plant	sugarbeet	75.534	t/yr	Ethanol	10.000	t/yr	4.330.000	633.320	yr	8400	operating costs: in € per t Ethanol:	Endbericht_Bioethanol Kleinanlagen.pdf
(sugarbeet)	heat HT	59.431	MWh	distiller's wash	16.384	t/yr					126,664	addBioethanolKleinanlagen_Email_Friedl_Betriebsstunden.pdf
	electricity	4.745	MWh								distiller's wash (= Bioethanol-Schlempe)	addBioethanolKleinanlagen-Email_Friedl_Elektrizität.pdf
oil seed press	rapeseed	1.440	t/yr	press cake	965	t/yr	306.500	52.735	yr	7200	rapeseeds: w oil= 33%	Pflanzenölpresse Burgenland: 2009 04 20 Auflistung aller Kosten.pdf
	electricity	67	MWh	oil	475	t/yr					personal costs = 28500 € /yr	equipment: 2xSträhle130
biodiesel plant	vegetable oil	60.000	t/yr	biodiesel	60.000	t/yr	25.000.000	1.710.000	yr	8400	Rapsölmethylester nach Norm (RME = "Biodiesel" EN 14214)	Biodieselanlage-Lubmin
	methanol	6.000	t/yr	glycerin	6.000	t/yr					operating costs: maintenance 2% of investment, other 1% of investment and salaries € 16 per t (36 MA)	Bioethanol und Biodiesel (Buch Henniges).pdf
	electricity	0,60	MWh/yr	K_3PO_4	60	t/yr					36 Mitarbeiter + 7 Auszubildende	
	KOH	60	t/yr									

biodiesel plant	vegetable oil	8.000	t/yr	biodiesel	8.000	t/yr	6.100.945	396.788	yr	8400	Rapsölmethylester nach Norm (RME = "Biodiesel" EN 14214)	Biodieselanlage-Lubmin
(Lubmin)	methanol	800	t/yr	glycerin	800	t/yr					operating costs: maintenance 2% of investment, other 1% of investment and salaries € 26,72 per t (22 MA)	Bioethanol und Biodiesel (Buch Henniges).pdf
	electricity	0,08	MWh/yr	K_3PO_4	8	t/yr					22 Mitarbeiter + 7 Auszubildende	
	KOH	8,00	t/yr									
biodiesel plant	waste_ vegitable_oil	50.000	t/yr	biodiesel	50.000	t/yr	28.000.000	1.640.000	yr	8400	Rapsölmethylester nach Norm (RME = "Biodiesel" EN 14214)	Biodieselanlage-Arnoldstein
(Arnoldstein)	methanol	5.000	t/yr	glycerin	5.000	t/yr					operating costs: maintenance 2% of investment, other 1% of investment and salaries € 16 per t (36 MA)	Bioethanol und Biodiesel (Buch Henniges).pdf
	electricity	0,50	MWh/yr	K_3PO_4	50	t/yr					25 Mitarbeiter	
	KOH	50,00	t/yr									

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 29: Gaseinspeisung

Operating Units	input per hour			output / capacity per hour			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
1a. Supply Station 50 Nm3	gas_bio_methane_SNG	550	kWh	gas_bio_methane_SNG_line_entry	50	kWh	124.978	18.747	yr	8760	supply station (=Einspeisestation),	Einspeisestation.pdf
or 1b. Supply Station 250 Nm3	gas_bio_methane_SNG	2.750	kWh	gas_bio_methane_SNG_line_entry	250	kWh	169.691	25.454	yr	8760	maintenance = 5% of investment	Einspeisestation.pdf
or 1c. Supply Station 500 Nm3	gas_bio_methane_SNG	5.500	kWh	gas_bio_methane_SNG_line_entry	500	kWh	210.093	31.514	yr	8760	other operating costs = 10% of investment	Einspeisestation.pdf
2. Pipeline	length_of_pipeline	20	km	length_of_pipeline	20	km	160.000	0	yr	8760	trassenlänge (=length of pipeline) = 20km	Einspeisestation.pdf

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 30: Trocknung

Operating Units	input			output / capacity			investment costs	operating costs			comments	source
	per hour			per hour								
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		Wartungskosten alle: StAlban.pdf
drying_maize	maize_wet	5	t	maize_dry	4,11	t	740.000	23.622	yr	700	Trocknung v. Feuchtmais 30% auf 14% Restfeuchte	KWA Anlagenbau GmbH
	heat	1200	kWh-th	water_vapour	1,00	t					Betriebskosten: € 12,50/h Fahrer Radlader + 5,5L/h Diesel im Schnitt für 78,75 Arbeitstage*1h/Tag + Wartungskosten 3% der Investkosten	Tauschmann/Loidl Planung St. Margarethen a.d. Raab
	electricity	70	kWh-el									hlk_1-208_binder.pdf, HHSTrocknung.pdf
drying_rape	rape_wet	1	t	rape_dry	0,85	t	237.192	23.622	yr	700	Feuchte Eingang: 15%	Hilfsberechnungen Komeus
	heat	210	kWh-th	water_vapour	0,15	t					Feuchte Ausgang: 9%	HHSTrocknung.pdf
	electricity	7	kWh-el								electricity = 0,028-0,045 kWh-el/kg H2O, Betriebskosten: € 12,50/h Fahrer Radlader + 5,5L/h Diesel im Schnitt für 78,75 Arbeitstage*1h/Tag + Wartungskosten 3% der Investkosten	electricity (1_04_Laxhuber.pdf)
drying_sunflowerseeds	sunflowerseeds_wet	1	t	sunflowerseeds _dry	0,88	t	237.192	23.622	yr	700	Feuchte Eingang: 12%	Hilfsberechnungen Komeus
	heat	308	kWh-th	water_vapour	0,22	t					Feuchte Ausgang: 8%	
	electricity	10	kWh-el								electricity = 0,028-0,045 kWh-el/kg H2O, Betriebskosten: € 12,50/h Fahrer Radlader + 5,5L/h Diesel im Schnitt für 78,75 Arbeitstage*1h/Tag + Wartungskosten 3% der Investkosten	electricity (1_04_Laxhuber.pdf)
drying_wheat	wheat_wet	1	t	wheat_dry	0,95	t	237.192	23.622	yr	700	Feuchte Eingang: 21%	Hilfsberechnungen Komeus
	heat	67	kWh-th	water_vapour	0,05	t					Feuchte Ausgang: 17%	HHSTrocknung.pdf
	electricity	2	kWh-el								electricity = 0,028-0,045 kWh-el/kg H2O Betriebskosten: € 12,50/h Fahrer Radlader + 5,5L/h Diesel im Schnitt für 78,75 Arbeitstage*1h/Tag + Wartungskosten 3% der Investkosten	electricity (1_04_Laxhuber.pdf)
drying_woodchips	woodchips_wet	13	t	woodchips_dry	7,35	t	1.380.000	37.392	yr	7500	fluidbed dryer, Kapazitäten = max. Werte, Feuchte Eingang: max. 50%, Feuchte Ausgang: max. 15%;	DRYON fluid bed drier/cooler, Type DCBM 2400x18; BINDER&Co. AG, Gleisdorf
	heat	7061	kWh-th	water_vapour	5,15	t					Berechnung "heat": T. Wachter mit cp_Luft =0,3886 [kJ/kg*K], rho_Luft=1,204 [kg/m³], T_Umgebung=20°C	
	electricity	15	kWh-el								Energie pro kg verdampftem Wasser: 1,374 kWh/kg, Betriebskosten: € 12,50/h Fahrer Radlader + 5,5L/h Diesel im Schnitt für 225Arbeitstage*1h/Tag + Wartungskosten 3% der Investkosten	

drying_woodchips	woodchips_wet	2	t	woodchips_dry	1,27	t	677.691	26.250	yr	2000	Eingang: bei 50 % RF 0,29 t pro srm = 14,7 t bzw. 50 srm	HHSTrocknung.pdf
	heat	689	kWh-th	water_vapour	0,49	t					Feuchte Ausgang: bei 20 % RF 0,25 t pro srm = 10,6 t bzw. 42,5 srm	
	electricity	22	kWh-el								Trocknung v. 6 srm/h, insgesamt 12000 srm/Jahr, Betriebskosten: € 12,50/h Fahrer Radlader + 5,5L/h Diesel im Schnitt für 844 Arbeitstage*1h/Tag + Wartungskosten 3% der Investkosten	
drying woodcuttings	woodcuttings wet	17	t	woodcuttings dry	12,51	t	2.460.000	37.392	yr	7500	Fechte Eingang: 35%	Recherche Pyrolyse
	heat	4444	kWh-th	water_vapour	4,87	t					Feuchte Ausgang: 7%	HHSTrocknung.pdf
	electricity	215	kWh-el								Energie pro kg verdampftem Wasser: 0,957 kWh/kg, Betriebskosten: € 12,50/h Fahrer Radlader + 5,5L/h Diesel im Schnitt für 844 Arbeitstage*1h/Tag + Wartungskosten 3% der Investkosten	
straw fibre dryer	straw fibres	13	t	straw fibres dry	11,91	t	1.500.000	37.392	yr	7500	Fechte Eingang: 14%	Recherche Pyrolyse
	heat	889	kWh-th	water_vapour	0,90	t					Feuchte Ausgang: 7%	HHSTrocknung.pdf
	electricity	180	kWh-el								Energie pro kg verdampftem Wasser: 1,192 kWh/kg, Betriebskosten: € 12,50/h Fahrer Radlader + 5,5L/h Diesel im Schnitt für 844 Arbeitstage*1h/Tag + Wartungskosten 3% der Investkosten	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 31: Solartechnologien

Operating Units	input per year			output / capacity per year			investment costs	operating costs			comments	source
	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
Photovoltaic 4,843 KW	Area	37	m²	electricity	4843	KWh-el	31000	-	yr	6000	Q [MWh]=1[MWh/KW*a]*power rating[KW]	Sol-ution Solartechnik Preisliste
												Leistung_m2
Photovoltaic 10,126 KW	Area	74	m²	electricity	10126	KWh-el	64500	-	yr	6000	Upgrading: needed area =7,4m²/KW	Sol-ution Solartechnik Preisliste
											investment costs =6400€/KW	Leistung_m2
Solar system usewater 2000l/d	Area	49	m²	heat	19600	KWh-th	25500	80	yr	6000	capacity: 400KWh/m²*yr	Sol-ution Solartechnik Preisliste
											ca. 70% annual covery	Leistung_m2
Solar system usewater 3400l/d	Area	76	m²	heat	30400	KWh-th	41000	95	yr	6000	capacity: 400KWh/m²*yr	Sol-ution Solartechnik Preisliste
											ca. 70% annual covery	Leistung_m2
Solar system usewater 55000l/d	Area	122	m²	heat	48800	KWh-th	61500	95	yr	6000	capacity: 400KWh/m²*yr	Sol-ution Solartechnik Preisliste
											ca. 70% annual covery	Leistung_m2
											same values for heating support	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 32: Windkraft

Operating Units	input per hour			output / capacity per hour			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
windpower	wind	1	kWh	electricity_wind	1	kWh	1.762	0,0258	kWh	2.085	costs of operating unit (=Anlagenkosten): € 1434 per kW, additional costs (=Nebenkosten): € 328 per kW	IG Windkraft Austrian Energy Association: 091104 Expertise Tarife IG Windkraft endg.pdf
											maintenance costs (=Wartungskosten): € 0,012 per kWh (3rd to 12th yr) up to € 0,024 (after 12th yr) median = 0,01416, other operating costs: € 0,01165 --> sum: € 0,025813	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 33: Effizienztechnologien (Dämmung)

Operating Units	input per m² living area			output / capacity			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
mineral wool 16 cm	mineral wool	0,823	dU	energy conservation	93,35	KWh-th/(m²*yr)	265	0	yr	8760	dU =U_0 (without Insulation)- U_I (with Insulation)	Dämmstoff-Preisliste Knauf.pdf S 19
18€/m² Wand	mineral wool	3,2	kg								U_0=1,011; U_I=1/ (1,014+d[m]/l)	ROEA_szenarios_vs3b.xlsx
	l	0,037	W/m*K								Q= dU *113,43 [KWh/m²Living area*yr]	Mineralwolle-Stoffwerte.pdf
											1m² surface = 0,8m² living area	
EPS 16 cm	EPS 16 cm	0,811	dU	energy conservation	91,99	KWh-th/(m²*yr)	265	0	yr	8760	dU =U_0 (without Insulation)- U_I (with Insulation)	Preisliste Austrotherm.pdf S 27
21€/m² Wand	EPS 16 cm	1,92	kg								U_0=1,011; U_I=1/ (1,014+d[m]/l)	ROEA_szenarios_vs3b.xlsx
	l	1,04	W/m*K								Q= dU *113,43 [KWh/m²Living area*yr]	Baustoff-Kenndaten.pdf
											1m² surface = 0,8m² living area	Preis (pl_at.pdf, S. 17)
cellulose panel 20 cm	cellulose panel 20 cm	0,845	dU	energy conservation	95,85	KWh-th/(m²*yr)	251	0	yr	8760	dU =U_0 (without Insulation)- U_I (with Insulation)	Zellulosefaser-Dämmstoffe.pdf
34€/m² Wand	cellulose panel 20 cm	12,8	kg								U_0=1,011; U_I=1/ (1,014+d[m]/l)	ROEA_szenarios_vs3b.xlsx
	l	0,04	W/m*K								Q= dU *113,43 [KWh/m²Living area*yr]	Zellulose-Preis.doc
											1m² surface = 0,8m² living area	
straw panel 20 cm	straw panel 20 cm	0,828	dU	energy conservation	93,92	KWh-th/(m²*yr)	251	0	yr	8760	dU =U_0 (without Insulation)- U_I (with Insulation)	stroh+ preis.pdf
50€/m² Wand	straw panel 20 cm	14,4	kg								U_0=1,011; U_I=1/ (1,014+d[m]/l)	ROEA_szenarios_vs3b.xlsx
	l	0,045	W/m*K								Q= dU *113,43 [KWh/m²Living area*yr]	strohdämmung.pdf S 28
											1m² surface = 0,8m² living area	
wood fibre panel 16 cm	wood fibre panel 16 cm	0,8196	dU	energy conservation	92,97	KWh-th/(m²*yr)	251	0	yr	8760	dU =U_0 (without Insulation)- U_I (with Insulation)	Preisliste Holzfaserdämmplatten.pdf S 9
29€/m² Wand	wood fibre panel 16 cm	14,08	kg								U_0=1,011; U_I=1/ (1,014+d[m]/l)	ROEA_szenarios_vs3b.xlsx
	l	0,038	W/m*K								Q= dU *113,43 [KWh/m²Living area*yr]	
											1m² surface = 0,8m² living area	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 34: Transport

Operating Units	input per t-km			output / capacity per t-km			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
tractor154kW_15km	good	1	t	good_transported	1	t	0	0,022	t-km	var.	fix costs + costs per t-km (= Fixkosten + Kosten pro transportierter atro-Tonne)	p_28561.pdf
	diesel	0,09	L								nicht in Kosten: € 64,8/14t (Kosten Schlepper, Fahrer und Transportwagen)	
LKW40tSattelschlepper_15km_to_100km	good	1	t	good_transported	1	t	0	0,013	t-km	var.	€ 36,8 L/100km, € 2482 gesamte Lohnkosten/Monat + € 53/Reise	Verkehrstraegervergleich_Kurzfassung.pdf
	diesel	0,01	L								€ 0,013/t-km	
train_over_100km	good	1	t	good_transported	1	t	0	0,014	t-km	var.		BahnindustrieKlimaschutz.pdf
	electricity	0,13	kWh								€ 0,014/t-km ab 30 t	

Quelle: eigene Erhebung 2012

Abbildung 35: Hilfstechnologien

Operating Units	input			output / capacity			investment costs	operating costs			comments	source
name	material	amount	unit	material	amount	unit	in Euro	amount in Euro	per time unit	at working hours per year		
Wood_Chopper_TP100	wood_stem	1,50	m3	woodchips	1,50	m3	7400	20	hr	8760	for tractor (needs power = 11-29kW bzw. 15-40PS), 1-2 m3/h, 5-20mm woodchips	Op.unit (LINDana A/S, www.tphacker.com, linddana_tpkomplett.pdf)
	petrol	2,50	l									Price excl. purchase tax (http://www.ap-anhaengerprofi.de/anhaengerprofi45,Rohse-Fahrzeugtechnik,seiten,162,4,Holzhacker_&_Mulcher.html)
											forest stem wood, different sizes, woodmix (hard and soft)	operating costs: pure man-hours
Wood_Chopper_TP130PTO	wood_stem	6,50	m3	woodchips	6,50	m3	8000	20	hr	8760	for tractor (needs power = 18-45 kW bzw. 25-60 PS),	Op.unit (LINDana A/S, www.tphacker.com,
	diesel	5,60	l									Price excl. purchase tax (http://www.ap-anhaengerprofi.de/anhaengerprofi45,Rohse-Fahrzeugtechnik,seiten,162,4,Holzhacker_&_Mulcher.html)
											forest stem wood, different sizes, woodmix (hard and soft)	operating costs: pure man-hours
Wood_Chopper_TP200	wood_stem	7,00	m3	woodchips	7,00	m3	21000	20	hr	8760	for tractor (needs power = 40-115kW bzw. 30-85PS),	Op.unit (LINDana A/S, www.tphacker.com,
	diesel	5,00	l									Price excl. purchase tax (http://www.ap-anhaengerprofi.de/anhaengerprofi45,Rohse-Fahrzeugtechnik,seiten,162,4,Holzhacker_&_Mulcher.html)
											forest stem wood, different sizes, woodmix (hard and soft)	operating costs: pure man-hours
Wood_Chopper_TP230	wood_stem	12,50	m3	woodchips	12,50	m3	28620	20	hr	8760	for tractor (needs power = 37-90 kW bzw. 50-120PS),	Op.unit (LINDana A/S, www.tphacker.com,
	diesel	7,00	l									Price excl. purchase tax (http://www.ap-anhaengerprofi.de/anhaengerprofi45,Rohse-Fahrzeugtechnik,seiten,162,4,Holzhacker_&_Mulcher.html)
											forest stem wood, different sizes, woodmix (hard and soft)	operating costs: pure man-hours
Wood_Chopper_TP270a	wood_stem	22,50	m3	woodchips	22,50	m3	34460	20	hr	8760	20-25m3/h, 12-22mm woodchops	linddana_tpkomplett.pdf)
	diesel	10,60	l									Price excl. purchase tax (http://www.ap-anhaengerprofi.de/anhaengerprofi45,Rohse-Fahrzeugtechnik,seiten,162,4,Holzhacker_&_Mulcher.html)
											forest stem wood, different sizes, woodmix (hard and soft)	operating costs: pure man-hours
Wood_Chopper_TP270b	wood_stem	22,50	m3	woodchips	22,50	m3	47580	20	hr	8760	forest residues, for tractor, with crane (needs power = 80-150kW), 20-25m3/h, 12-22mm woodchops	Op.unit (LINDana A/S, www.tphacker.com, linddana_tpkomplett.pdf)
	diesel	10,00	l									Price excl. purchase tax (http://www.ap-anhaengerprofi.de/anhaengerprofi45,Rohse-Fahrzeugtechnik,seiten,162,4,Holzhacker_&_Mulcher.html)
											forest stem wood, different sizes, woodmix (hard and soft)	operating costs: pure man-hours

Wood_Chopper_TP280	wood_stem	45	m3	woodchips	45	m3	54924	20	hr	8760	forest residues, for tractor with crane (needs power = 100-150kW), 40-50m3/h, 12-23mm woodchips	Op.unit (LINDana A/S, www.tphacker.com, linddana_tpkomplett.pdf)
	diesel	10,00	l									Price excl. Purchase tax (http://ott.stardesign-kunden.info/assets/files/Downloads/1%20Preislisten%20Ott/28_holzhacker_linddana.pdf)
											forest stem wood, different sizes, woodmix (hard and soft)	operating costs: pure man-hours
Wood_Chopper_TP400	wood_stem	90	m3	woodchips	90	m3	98000	20	hr	8760	forest residues, for tractor and crane, 147-294kW, 80-100m3/h, 20-40mm woodchops (hard wood max. 25 mm)	Op.unit (LINDana A/S, www.tphacker.com, linddana_tpkomplett.pdf)
	diesel	11,00	l									Price excl. purchase tax (http://www.ap-anhaengerprofi.de/anhaengerprofi45,Rohse-Fahrzeugtechnik,seiten,162,4,Holzhacker_&_Mulcher.html), extrapolated
											forest stem wood, different sizes, woodmix (hard and soft)	operating costs: pure man-hours
Wood_Splitter_BGUsp30	wood_stem	161,9	m3	splitlogs	161,9	m3	6170	20	hr	8760	forest stem wood, max. length 126cm and max. diameter 50cm	Profitest- Waagrechtholzspalter.pdf
	diesel	5	l									
Miscanthus_Chopper_TP40	miscanthus	245,77	t	miscanthuschips	245,77	t	250000	20	hr	8760	miscanthus chopper (=Feldhäcksler)	Operating unit (big_x_de.pdf)
	diesel	164,67	l									Price exkl. Purchase tax (Krone Big X 650 Preis.pdf)

Quelle: eigene Erhebung 2012

10.3. Zusammenfassung der Daten für die Maximalstruktur Triple E

Abbildung 36: Maximalstruktur PNS (Triple E)

Maximalstruktur PNS-Triple E	
Materialien **Rohstoffe** Materials Raw Materials r_elec r_ha_field_limited r_ha_meadow_limited r_ha_wood r_solar_area_roof r_manure rd_corn_silage_price rd_grass_silage_price rd_miscanthus15RF_price rd_kumchips35RF_price_Szen2 rd_rape_wet35RF_price rd_sunflowerseed_wet35RF_price rd_woodchips35RF_price r_woodpellets_10RF_ext r_methanol_konv r_KOH r_calcium_carbonate <New>	**Zwischenprodukte**

Produkte

- Products
  - p_elec_CHP450kw
  - p_elec_clean
  - p_elec_clean144
  - p_elec_CHP8MW
  - p_elec_SNG30MW
  - p_elec_ORC1200
  - p_heat_biogasCHP_for_resident_districtSM
  - p_heat_biogasCHP_for_industrial_centralSM
  - p_heat_diverse_for_industrial_centralSM
  - p_heat_cleanst_for_resident_districtSM
  - p_heat_KWBFuE_for_resident_districtSM
  - p_heat_KWBKund_for_resident_districtSM
  - p_pellheat_for_resident_individual
  - p_wocheat_for_indus_individual
  - p_woodpellets_10_RF
  - p_lactic_acid
  - p_amino_acids
  - p_grasscake_dry
  - p_gas_bio_methane_SNG
  - p_elec_PV_5kW
  - p_elec_PV_10kW
  - p_heat_solar2000L
  - p_biodiesel
  - p_sunflower_oil
  - p_rapeseed_oil
  - <New>

- Intermediates
  - ip_biogas_c
  - ip_burnbiogas_c
  - ip_CHP450kW_for_biogas_c
  - ip_biogas_new_c
  - ip_clean_c
  - ip_clean144_new_c
  - ip_SNG8MW_c
  - ip_SNG30MW_c
  - ip_CHP_for_8MW_c
  - ip_CHP_for_30MW_c
  - ip_corn_silage
  - ip_grass_silage
  - ip_heat_CHP450kw
  - ip_heat_clean
  - ip_heat_clean144
  - ip_heat_burn_biogas
  - ip_heat_CHP8MW
  - ip_heat_CHP30MW
  - ip_heat_drying_kum
  - ip_heat_drying_rape
  - ip_heat_drying_wood
  - ip_heat_drying_sunflowerseed
  - ip_heat_drying_cake
  - ip_heat_kwb_FuE
  - ip_heat_kwb_kund
  - ip_heat_kwb_300
  - ip_heat_orc1200
  - ip_heat1200kw_c
  - ip_kumchips35RF
  - ip_kwb_FuE_c
  - ip_kwb_kund_c
  - ip_kwb300_c
  - ip_orc1200_c
  - ip_pelletising200kw_c
  - ip_pelletising40kw_c
  - ip_rape_dry15RF
  - ip_oilpress_c
  - ip_rape_wet35RF
  - ip_woodchips_20RF
  - ip_woodchips_35RF
  - ip_woodpellets10RF
  - ip_gbr_c
  - ip_grass_presscake_wet
  - ip_grass_juice
  - ip_glycerin
  - ip_K3PO4
  - ip_biodiesel_c

	ip_sunflowerseed_wet35RF ip_sunflowerseed_dry15RF ip_biogascondtion450kW_c ip_gas_raw_bioCH4 ip_steam_output ip_steam_output ip_gas_bio_synthesis_gas ip_CO2 ip_biogasmethanation450kW_c ip_compression ip_biogascleaning450kW_c ip_gas_bio_methane ip_miscanthus15RF ip_rapeseedoil ip_sunfloweroil ip_ash_biomass ip_water_vapour ip_presscake_rape ip_presscake_sunflower <New>

Anlagen

- Operating Units
  - R_field_sunflowerseed_p
    - Input Materials
      - rd_sunflowerseed_wet35RF_price: 2,5 t/yr
      - r_ha_field_limited: 1 ha/yr
    - Output Materials
      - ip_sunflowerseed_wet35RF: 2,5 t/yr
  - R_field_corn_silage_p
    - Input Materials
      - rd_corn_silage_price: 49,5 t/yr
      - r_ha_field_limited: 1 ha/yr
    - Output Materials
      - ip_corn_silage: 49,5 t/yr
  - R_field_kum_p
    - Input Materials
      - rd_kumchips35RF_price_Szen2: 16 t/yr
      - r_ha_field_limited: 1 ha/yr
    - Output Materials
      - ip_kumchips35RF: 16 t/yr
  - R_field_rape_p
    - Input Materials
      - rd_rape_wet35RF_price: 5,2 t/yr
      - r_ha_field_limited: 1 ha/yr
    - Output Materials
      - ip_rape_wet35RF: 5,2 t/yr
  - R_meadow_grass_p
    - Input Materials
      - rd_grass_silage_price: 22 t/yr
      - r_ha_meadow_limited: 1 ha/yr
    - Output Materials
      - ip_grass_silage: 22 t/yr
  - R_field_miscanthus_p
    - Input Materials
      - rd_miscanthus15RF_price: 15 t/yr
      - r_ha_field_limited: 1 ha/yr
    - Output Materials
      - ip_miscanthus15RF: 15 t/yr
  - R_wood35RF_shaft_bark_p_Szen1A
    - Input Materials
      - rd_woodchips35RF_price: 10,88 t/yr
      - r_ha_wood: 1 ha/yr
    - Output Materials
      - ip_woodchips_35RF: 10,88 t/yr
  - Biogas_e
    - Input Materials
    - Output Materials
      - ip_biogas_c: 8640 unit/yr
  - Biogas_p_cosi
    - Input Materials
      - r_manure: 0,85 t/h
      - ip_corn_silage: 0,38 t/h
      - r_elec: 48 kWh/h
      - ip_biogas_c: 1 unit/h
    - Output Materials
      - ip_gas_raw_bioCH4: 0,45 MWh/h
  - Biogas_p_grass
    - Input Materials
      - r_manure: 0,85 t/h
      - ip_grass_silage: 0,38 t/h
      - ip_biogas_c: 1 unit/h
      - r_elec: 48 kWh/h
    - Output Materials
      - ip_gas_raw_bioCH4: 0,45 MWh/h
  - Burn_biogas_HT_e
    - Input Materials
    - Output Materials
      - ip_burnbiogas_c: 8640 unit/yr
  - Burn_biogas_HT_e_x2
    - Input Materials
    - Output Materials
      - ip_burnbiogas_c: 8640 unit/yr
  - Burn_biogas_HT_e_x3
    - Input Materials
    - Output Materials
      - ip_burnbiogas_c: 8640 unit/yr
  - Burn_biogas_HT_e_x4
    - Input Materials
    - Output Materials
      - ip_burnbiogas_c: 8640 unit/yr
  - Burn_biogas_HT_e_x8
    - Input Materials
    - Output Materials
      - ip_burnbiogas_c: 8640 unit/yr
  - Burn_biogas_HT_p
    - Input Materials
      - ip_gas_raw_bioCH4: 0,31 MWh/h
      - r_elec: 0,288 kWh/h
      - ip_burnbiogas_c: 1 unit/h
    - Output Materials
      - ip_heat_burn_biogas: 0,248 MWh/h

- CHP450kw_for_biogas_raw_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_CHP450kW_for_biogas_c: 8640 unit/yr
- CHP450kw_for_biogas_raw_e_x1
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_CHP450kW_for_biogas_c: 8640 unit/yr
- CHP450kw_for_biogas_raw_e_x2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_CHP450kW_for_biogas_c: 8640 unit/yr
- CHP450kw_for_biogas_raw_e_x3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_CHP450kW_for_biogas_c: 8640 unit/yr
- CHP450kw_for_biogas_raw_e_x4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_CHP450kW_for_biogas_c: 8640 unit/yr
- CHP450kw_for_biogas_raw_e_x8
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_CHP450kW_for_biogas_c: 8640 unit/yr
- CHP450kw_for_biogas_raw_p
  - Input Materials
    - ip_gas_raw_bioCH4: 0,45 MWh/h
    - ip_CHP450kW_for_biogas_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_elec_CHP450kw: 0,22 MWh/h
    - ip_heat_CHP450kw: 0,18 MWh/h

- HeatBiogasBurn_to_industrial_extra_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_burn_biogas: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_diverse_for_industrial_centralSM: 1 MWh/yr
- HeatCleanstNew_to_industrial_extra_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_clean144: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_diverse_for_industrial_centralSM: 1 MWh/yr
- HeatCHP8MWNew_to_industrial_extra_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP8MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_diverse_for_industrial_centralSM: 1 MWh/yr
- HeatCHP30MWNew_to_industrial_extra_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP30MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_diverse_for_industrial_centralSM: 1 MWh/yr
- HeatORC1200kWNew_to_industrial_extra_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_orc1200: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_diverse_for_industrial_centralSM: 1 MWh/yr
- HeatKWB300New_to_industrial_extra_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_300: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_diverse_for_industrial_centralSM: 1 MWh/yr
- HeatBiogasCHP_to_resident_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP450kw: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_biogasCHP_for_resident_districtSM: 1 MWh/yr
- HeatBiogasCHP_to_industrial_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP450kw: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_biogasCHP_for_industrial_centralSM: 1 MWh/
- HeatCleanst_to_resident_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_clean: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_cleanst_for_resident_districtSM: 1 MWh/yr
- HeatKwBFuE_to_resident_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_KWBFuE_for_resident_districtSM: 1 MWh/yr

- HeatKWBKund_to_resident_SM
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - p_heat_KWBKund_for_resident_districtSM: 1 MWh
- woodpellets_10RF_to_residindivdemand
  - Input Materials
    - ip_woodpellets10RF: 1 t/yr
  - Output Materials
    - p_pellheat_for_resident_individual: 1 t/yr
- woodpellets_10RFext_to_residindivdemand
  - Input Materials
    - r_woodpellets_10RF_ext: 1 t/yr
  - Output Materials
    - p_pellheat_for_resident_individual: 1 t/yr
- woodchips_20RF_to_indusindivdemand
  - Input Materials
    - ip_woodchips_20RF: 1 t/yr
  - Output Materials
    - p_wocheat_for_indus_individual: 1 t/yr
- Biogas_new_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogas_new_c: 8640 unit/yr
- Biogas_new_e_x2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogas_new_c: 8640 unit/yr
- Biogas_new_e_x3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogas_new_c: 8640 unit/yr
- Biogas_new_e_x4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogas_new_c: 8640 unit/yr
- Biogas_new_e_x8
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogas_new_c: 8640 unit/yr
- Biogas_new_p_cosi
  - Input Materials
    - ip_corn_silage: 0,38 t/h
    - r_elec: 48 kWh/h
    - ip_biogas_new_c: 1 unit/h
    - r_manure: 0,85 t/h
  - Output Materials
    - ip_gas_raw_bioCH4: 0,45 MWh/h
- Biogas_new_p_grass
  - Input Materials
    - r_elec: 48 kWh/h
    - ip_grass_silage: 0,38 t/h
    - ip_biogas_new_c: 1 unit/h
    - r_manure: 0,85 t/h
  - Output Materials
    - ip_gas_raw_bioCH4: 0,45 MWh/h
- Clean_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_clean_c: 8640 unit/yr
- Clean_p_pell
  - Input Materials
    - r_elec: 6,73 kWh/h
    - ip_woodpellets10RF: 0,06 t/h
    - ip_clean_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_elec_clean: 70 kWh/h
    - ip_heat_clean: 0,144 MWh/h
- Clean_p_pell_extern
  - Input Materials
    - r_woodpellets_10RF_ext: 0,06 t/h
    - r_elec: 6,73 kWh/h
    - ip_clean_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_elec_clean: 70 kWh/h
    - ip_heat_clean: 0,144 MWh/h
- Clean_p_woc
  - Input Materials
    - ip_woodchips_20RF: 0,0746 t/h
    - r_elec: 6,73 kWh/h
    - ip_clean_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_elec_clean: 70 kWh/h
    - ip_heat_clean: 0,144 MWh/h
- Clean_p_miscanthus
  - Input Materials
    - ip_miscanthus15RF: 0,074 t/h
    - r_elec: 6,73 kWh/h
    - ip_clean_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_elec_clean: 70 kWh/h
    - ip_heat_clean: 0,144 MWh/h
- Clean2_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_clean144_new_c: 8640 unit/yr
- Clean2_e_2x
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_clean144_new_c: 8640 unit/yr

- Clean2_e_3x
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_clean144_new_c: 8640 unit/yr
- Clean2_e_4x
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_clean144_new_c: 8640 unit/yr
- Clean2_p_pell
  - Input Materials
    - ip_woodpellets10RF: 0,06 t/h
    - r_elec: 6,73 kWh/h
    - ip_clean144_new_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_heat_clean144: 0,144 MWh/h
    - p_elec_clean144: 70 kWh/h
- Clean2_p_pell_extern
  - Input Materials
    - r_elec: 6,73 kWh/h
    - ip_clean144_new_c: 1 unit/h
    - r_woodpellets_10RF_ext: 0,06 t/h
  - Output Materials
    - ip_heat_clean144: 0,144 MWh/h
    - p_elec_clean144: 70 kWh/h
- Clean2_p_woc
  - Input Materials
    - ip_woodchips_20RF: 0,0746 t/h
    - r_elec: 6,73 kWh/h
    - ip_clean144_new_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_heat_clean144: 0,144 MWh/h
    - p_elec_clean144: 70 kWh/h
- Clean2_p_miscanthus
  - Input Materials
    - ip_miscanthus15RF: 0,0746 t/h
    - r_elec: 6,73 kWh/h
    - ip_clean144_new_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_heat_clean144: 0,144 MWh/h
    - p_elec_clean144: 70 kWh/h
- SNG8MW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_SNG8MW_c: 8640 unit/yr
- SNG8MW_p_pell
  - Input Materials
    - ip_SNG8MW_c: 1 unit/h
    - r_calcium_carbonate: 12 kg/h
    - p_woodpellets_10_RF: 1,87 t/h
  - Output Materials
    - ip_gas_raw_bioCH4: 4,8 MWh/h
    - ip_ash_biomass: 13 kg/h
- SNG8MW_p_pell_extern
  - Input Materials
    - ip_SNG8MW_c: 1 unit/h
    - r_calcium_carbonate: 12 kg/h
    - r_woodpellets_10RF_ext: 1,87 t/h
  - Output Materials
    - ip_gas_raw_bioCH4: 4,8 MWh/h
    - ip_ash_biomass: 13 kg/h
- SNG8MW_p_woc
  - Input Materials
    - ip_woodchips_20RF: 2,32 t/h
    - ip_SNG8MW_c: 1 unit/h
    - r_calcium_carbonate: 12 kg/h
  - Output Materials
    - ip_ash_biomass: 13 kg/h
    - ip_gas_raw_bioCH4: 4,8 MWh/h
- SNG8MW_p_miscanthus
  - Input Materials
    - ip_miscanthus15RF: 2,3 t/h
    - ip_SNG8MW_c: 1 unit/h
    - r_calcium_carbonate: 12 kg/h
  - Output Materials
    - ip_ash_biomass: 13 kg/h
    - ip_gas_raw_bioCH4: 4,8 MWh/h
- CHP_for_8MW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_CHP_for_8MW_c: 8640 unit/yr
- CHP_for_8MW_p
  - Input Materials
    - ip_CHP_for_8MW_c: 1 unit/h
    - ip_gas_raw_bioCH4: 4,8 MWh/h
  - Output Materials
    - p_elec_CHP8MW: 2,36 MWh/h
    - ip_heat_CHP8MW: 1,95 MWh/h
- SNG30MW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_SNG30MW_c: 8640 unit/yr
- SNG30MW_p_pell
  - Input Materials
    - r_calcium_carbonate: 45 kg/h
    - ip_SNG30MW_c: 1 unit/h
    - ip_woodpellets10RF: 6,8 t/h
  - Output Materials
    - ip_ash_biomass: 63 kg/h
    - ip_gas_raw_bioCH4: 18 MWh/h

- SNG30MW_p_pell_extern
  - Input Materials
    - r_calcium_carbonate: 45 kg/h
    - ip_SNG30MW_c: 1 unit/h
    - r_woodpellets_10RF_ext: 6,8 t/h
  - Output Materials
    - ip_ash_biomass: 63 kg/h
    - ip_gas_raw_bioCH4: 18 MWh/h
- SNG30MW_p_woc
  - Input Materials
    - r_calcium_carbonate: 45 kg/h
    - ip_SNG30MW_c: 1 unit/h
    - ip_woodchips_20RF: 8,44 t/h
  - Output Materials
    - ip_ash_biomass: 63 kg/h
    - ip_gas_raw_bioCH4: 18 MWh/h
- SNG30MW_p_miscanthus
  - Input Materials
    - ip_miscanthus15RF: 8,377 t/h
    - r_calcium_carbonate: 45 kg/h
    - ip_SNG30MW_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_ash_biomass: 63 kg/h
    - ip_gas_raw_bioCH4: 18 MWh/h
- CHP_for_30MW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_CHP_for_30MW_c: 8640 unit/yr
- CHP_for_30MW_p
  - Input Materials
    - ip_CHP_for_30MW_c: 1 unit/h
    - ip_gas_raw_bioCH4: 18 MWh/h
  - Output Materials
    - p_elec_SNG30MW: 8,87 MWh/h
    - ip_heat_CHP30MW: 7,33 MWh/h
- Drying_1200kW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_heat1200kw_c: 8640 unit/yr
- Drying_1200kW_e_x2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_heat1200kw_c: 8640 unit/yr
- Drying_1200kW_e_x3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_heat1200kw_c: 8640 unit/yr
- Drying_1200kW_e_x4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_heat1200kw_c: 8640 unit/yr
- Drying_1200kW_e_x8
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_heat1200kw_c: 8640 unit/yr
- Drying_1200kW_e_x40
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_heat1200kw_c: 8640 unit/yr
- Drying_1200kW_cake_p
  - Input Materials
    - r_elec: 70 kWh/h
    - ip_heat_drying_cake: 1,2 MWh/h
    - ip_grass_presscake_wet: 3 t/h
    - ip_heat1200kw_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_grasscake_dry: 3 t/h
- Drying_1200kW_kumchips_p
  - Input Materials
    - r_elec: 105,6 kWh/h
    - ip_heat_drying_kum: 1,2 MWh/h
    - ip_kumchips35RF: 3,3 t/h
    - ip_heat1200kw_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_woodchips_20RF: 2,57 t/h
    - ip_water_vapour: 0,73 t/h
- Drying_1200_kW_rape_p
  - Input Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1,2 MWh/h
    - ip_rape_wet35RF: 12 t/h
    - r_elec: 360 kWh/h
    - ip_heat1200kw_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_rape_dry15RF: 9,6 t/h
    - ip_water_vapour: 2,4 t/h
- Drying_1200_kW_sunflowerseeds_p
  - Input Materials
    - r_elec: 360 kWh/h
    - ip_heat1200kw_c: 1 unit/h
    - ip_sunflowerseed_wet35RF: 12 t/h
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1,2 MWh/h
  - Output Materials
    - ip_sunflowerseed_dry15RF: 9,6 t/h
    - ip_water_vapour: 2,4 t/h
- Drying_1200kW_woodchips_p
  - Input Materials
    - r_elec: 105,6 kWh/h
    - ip_heat_drying_wood: 1,2 MWh/h
    - ip_heat1200kw_c: 1 unit/h
    - ip_woodchips_35RF: 3,3 t/h
  - Output Materials
    - ip_woodchips_20RF: 2,57 t/h
    - ip_water_vapour: 0,73 t/h

- heat_CHP450kw_to_heat_drying_cake
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP450kw: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_cake: 1 MWh/yr
- heat_CHP450kw_to_heat_drying_kum
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP450kw: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_kum: 1 MWh/yr
- heat_CHP450kw_to_heat_drying_rape
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP450kw: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1 MWh/yr
- heat_CHP450kw_to_heat_drying_wood
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP450kw: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_wood: 1 MWh/yr
- heat_CHP450kw_to_heat_drying_sunflowerseed
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP450kw: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1 MWh/yr
- heat_clean_to_heat_drying_cake
  - Input Materials
    - ip_heat_clean: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_cake: 1 MWh/yr
- heat_clean_to_heat_drying_kum
  - Input Materials
    - ip_heat_clean: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_kum: 1 MWh/yr
- heat_clean_to_heat_drying_rape
  - Input Materials
    - ip_heat_clean: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1 MWh/yr
- heat_clean_to_heat_drying_wood
  - Input Materials
    - ip_heat_clean: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_wood: 1 MWh/yr
- heat_clean_to_heat_drying_sunflowerseed
  - Input Materials
    - ip_heat_clean: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1 MWh/yr
- heat_clean144_to_heat_drying_cake
  - Input Materials
    - ip_heat_clean144: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_cake: 1 MWh/yr
- heat_clean144_to_heat_drying_kum
  - Input Materials
    - ip_heat_clean144: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_kum: 1 MWh/yr
- heat_clean144_to_heat_drying_rape
  - Input Materials
    - ip_heat_clean144: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1 MWh/yr
- heat_clean144_to_heat_drying_wood
  - Input Materials
    - ip_heat_clean144: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_wood: 1 MWh/yr
- heat_clean144_to_heat_drying_sunflowerseed
  - Input Materials
    - ip_heat_clean144: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1 MWh/yr
- heat_CHP8MW_to_heat_drying_cake
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP8MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_cake: 1 MWh/yr
- heat_CHP8MW_to_heat_drying_kum
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP8MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_kum: 1 MWh/yr
- heat_CHP8MW_to_heat_drying_rape
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP8MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1 MWh/yr
- heat_CHP8MW_to_heat_drying_wood
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP8MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_wood: 1 MWh/yr
- heat_CHP8MW_to_heat_drying_sunflowerseed
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP8MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1 MWh/yr

- heat_CHP30MW_to_heat_drying_cake
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP30MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_cake: 1 MWh/yr
- heat_CHP30MW_to_heat_drying_kum
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP30MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_kum: 1 MWh/yr
- heat_CHP30MW_to_heat_drying_rape
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP30MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1 MWh/yr
- heat_CHP30MW_to_heat_drying_wood
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP30MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_wood: 1 MWh/yr
- heat_CHP30MW_to_heat_drying_sunflowerseed
  - Input Materials
    - ip_heat_CHP30MW: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1 MWh/yr
- heat_kwb_FuE_to_heat_drying_cake
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_cake: 1 MWh/yr
- heat_kwb_FuE_to_heat_drying_kum
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_kum: 1 MWh/yr
- heat_kwb_FuE_to_heat_drying_rape
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1 MWh/yr
- heat_kwb_FuE_to_heat_drying_wood
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_wood: 1 MWh/yr
- heat_kwb_FuE_to_heat_drying_sunflowerseed
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1 MWh/yr
- heat_kwb_kund_to_heat_drying_cake
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_cake: 1 MWh/yr
- heat_kwb_kund_to_heat_drying_kum
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_kum: 1 MWh/yr
- heat_kwb_kund_to_heat_drying_rape
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1 MWh/yr
- heat_kwb_kund_to_heat_drying_wood
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_wood: 1 MWh/yr
- heat_kwb_kund_to_heat_drying_sunflowerseed
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1 MWh/yr
- heat_kwb2_to_heat_drying_cake
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_300: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_cake: 1 MWh/yr
- heat_kwb2_to_heat_drying_kum
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_300: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_kum: 1 MWh/yr
- heat_kwb2_to_heat_drying_rape
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_300: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1 MWh/yr
- heat_kwb2_to_heat_drying_wood
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_300: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_wood: 1 MWh/yr
- heat_kwb2_to_heat_drying_sunflowerseed
  - Input Materials
    - ip_heat_kwb_300: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1 MWh/yr

- heat_orc_to_heat_drying_kum
  - Input Materials
    - ip_heat_orc1200: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_kum: 1 MWh/yr
- heat_orc_to_heat_drying_rape
  - Input Materials
    - ip_heat_orc1200: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_rape: 1 MWh/yr
- heat_orc_to_heat_drying_wood
  - Input Materials
    - ip_heat_orc1200: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_wood: 1 MWh/yr
- heat_orc_to_heat_drying_sunflowerseed
  - Input Materials
    - ip_heat_orc1200: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - ip_heat_drying_sunflowerseed: 1 MWh/yr
- ip_woodpell_to_p_woodpell
  - Input Materials
    - ip_woodpellets10RF: 1 t/yr
  - Output Materials
    - p_woodpellets_10_RF: 1 t/yr
- KWB_FuE_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_kwb_FuE_c: 8640 unit/yr
- KWB_FuE_p_pell
  - Input Materials
    - r_elec: 0,17 kWh/h
    - ip_woodpellets10RF: 0,09 t/h
    - ip_kwb_FuE_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 0,44 MWh/h
- KWB_FuE_p_pell_extern
  - Input Materials
    - r_elec: 0,17 kWh/h
    - ip_kwb_FuE_c: 1 unit/h
    - r_woodpellets_10RF_ext: 0,09 t/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 0,44 MWh/h
- KWB_FuE_p_woc
  - Input Materials
    - ip_woodchips_20RF: 0,11 t/h
    - r_elec: 0,26 kWh/h
    - ip_kwb_FuE_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 0,44 MWh/h
- KWB_FuE_p_miscanthus
  - Input Materials
    - ip_miscanthus15RF: 0,109 t/h
    - r_elec: 0,26 kWh/h
    - ip_kwb_FuE_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_FuE: 0,44 MWh/h
- KWB_Kund_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_kwb_kund_c: 8640 unit/yr
- KWB_Kund_p_pell
  - Input Materials
    - r_elec: 0,077 kWh/h
    - ip_kwb_kund_c: 1 unit/h
    - ip_woodpellets10RF: 0,0215 t/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 0,1 MWh/h
- KWB_Kund_p_pell_extern
  - Input Materials
    - r_elec: 0,077 kWh/h
    - ip_kwb_kund_c: 1 unit/h
    - r_woodpellets_10RF_ext: 0,0215 t/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 0,1 MWh/h
- KWB_Kund_p_woc
  - Input Materials
    - r_elec: 0,118 kWh/h
    - ip_kwb_kund_c: 1 unit/h
    - ip_woodchips_20RF: 0,025 t/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 0,1 MWh/h
- KWB_Kund_p_miscanthus
  - Input Materials
    - r_elec: 0,118 kWh/h
    - ip_kwb_kund_c: 1 unit/h
    - ip_miscanthus15RF: 0,0248 t/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_kund: 0,1 MWh/h
- KWB_300_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_kwb300_c: 8640 unit/yr
- KWB_300_ex2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_kwb300_c: 8640 unit/yr
- KWB_300_ex4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_kwb300_c: 8640 unit/yr

- KWB_300_ex8
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_kwb300_c: 8640 unit/yr
- KWB_300_ex16
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_kwb300_c: 8640 unit/yr
- KWB_300_p_pell
  - Input Materials
    - ip_kwb300_c: 1 unit/h
    - ip_woodpellets10RF: 0,06 t/h
    - r_elec: 0,116 kWh/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_300: 0,3 MWh/h
- KWB_300_p_pell_extern
  - Input Materials
    - ip_kwb300_c: 1 unit/h
    - r_elec: 0,116 kWh/h
    - r_woodpellets_10RF_ext: 0,06 t/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_300: 0,3 MWh/h
- KWB_300_p_woc
  - Input Materials
    - ip_woodchips_20RF: 0,075 t/h
    - ip_kwb300_c: 1 unit/h
    - r_elec: 0,178 kWh/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_300: 0,3 MWh/h
- KWB_300_p_miscanthus
  - Input Materials
    - ip_kwb300_c: 1 unit/h
    - r_elec: 0,178 kWh/h
    - ip_miscanthus15RF: 0,0744 t/h
  - Output Materials
    - ip_heat_kwb_300: 0,3 MWh/h
- Oilpress_rape_p
  - Input Materials
    - ip_oilpress_c: 1 unit/h
    - r_elec: 25 kWh/h
    - ip_rape_dry15RF: 0,2 t/h
  - Output Materials
    - ip_presscake_rape: 0,114 t/h
    - ip_rapeseedoil: 0,086 t/h
- Oilpress_sunflowerseed_p
  - Input Materials
    - ip_oilpress_c: 1 unit/h
    - r_elec: 25 kWh/h
    - ip_sunflowerseed_dry15RF: 0,2 t/h
  - Output Materials
    - ip_presscake_sunflower: 0,12 t/h
    - ip_sunfloweroil: 0,08 t/h
- Oilpress_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_oilpress_c: 8640 unit/yr
- Oilpress_e_x2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_oilpress_c: 8640 unit/yr
- Oilpress_e_x3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_oilpress_c: 8640 unit/yr
- Oilpress_e_x4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_oilpress_c: 8640 unit/yr
- ip_sunfloweroil_to_p_sunflower_oil
  - Input Materials
    - ip_sunfloweroil: 1 t/yr
  - Output Materials
    - p_sunflower_oil: 1 t/yr
- ip_rapeseedoil_to_p_rapeseed_oil
  - Input Materials
    - ip_rapeseedoil: 1 t/yr
  - Output Materials
    - p_rapeseed_oil: 1 t/yr
- ORC1200_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_orc1200_c: 8640 unit/yr
- ORC1200_ex2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_orc1200_c: 8640 unit/yr
- ORC1200_ex3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_orc1200_c: 8640 unit/yr
- ORC1200_ex4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_orc1200_c: 8640 unit/yr
- ORC1200_p_pell
  - Input Materials
    - ip_woodpellets10RF: 0,286 t/h
    - ip_orc1200_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_elec_ORC1200: 200 kWh/h
    - ip_heat_orc1200: 1,2 MWh/h

- ORC1200_p_pell_extern
  - Input Materials
    - ip_orc1200_c: 1 unit/h
    - r_woodpellets_10RF_ext: 0,286 t/h
  - Output Materials
    - p_elec_ORC1200: 200 kWh/h
    - ip_heat_orc1200: 1,2 MWh/h
- ORC1200_p_woc
  - Input Materials
    - ip_woodchips_20RF: 0,35 t/h
    - ip_orc1200_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_elec_ORC1200: 200 kWh/h
    - ip_heat_orc1200: 1,2 MWh/h
- ORC1200_p_miscanthus
  - Input Materials
    - ip_miscanthus15RF: 0,347 t/h
    - ip_orc1200_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_elec_ORC1200: 200 kWh/h
    - ip_heat_orc1200: 1,2 MWh/h
- Pelletising200kW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_pelletising200kw_c: 8640 unit/yr
- Pelletising200kW_e_x2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_pelletising200kw_c: 8640 unit/yr
- Pelletising200kW_e_x3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_pelletising200kw_c: 8640 unit/yr
- Pelletising200kW_e_x4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_pelletising200kw_c: 8640 unit/yr
- Pelletising200kW_e_x8
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_pelletising200kw_c: 8640 unit/yr
- Pelletising200kW_p_woodchips
  - Input Materials
    - ip_pelletising200kw_c: 1 unit/h
    - r_elec: 200 kWh/h
    - ip_woodchips_20RF: 2 t/h
  - Output Materials
    - ip_woodpellets10RF: 1,8 t/h
    - ip_water_vapour: 0,2 t/h
- Pelletising40kW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_pelletising40kw_c: 8640 unit/yr
- Pelletising40kW_p_woodchips
  - Input Materials
    - ip_pelletising40kw_c: 1 unit/h
    - r_elec: 40 kWh/h
    - ip_woodchips_20RF: 0,4 t/h
  - Output Materials
    - ip_woodpellets10RF: 0,36 t/h
    - ip_water_vapour: 0,04 t/h
- GBR_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_gbr_c: 8640 unit/yr
- gbr_p
  - Input Materials
    - r_elec: 400 kWh/h
    - ip_grass_silage: 2,416 t/h
    - ip_gbr_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_lactic_acid: 0,187 t/h
    - p_amino_acids: 0,1007 t/h
    - ip_grass_juice: 0,287 t/h
    - ip_grass_presscake_wet: 1 t/h
- juice_to_silage
  - Input Materials
    - ip_grass_juice: 3 t/yr
  - Output Materials
    - ip_corn_silage: 1 t/yr
- presscakerape_to_cornsilage
  - Input Materials
    - ip_presscake_rape: 1 t/yr
  - Output Materials
    - ip_corn_silage: 1 t/yr
- presscakesunflower_to_cornsilage
  - Input Materials
    - ip_presscake_sunflower: 1 t/yr
  - Output Materials
    - ip_corn_silage: 1 t/yr
- Biodieselrefinery_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biodiesel_c: 8640 unit/yr
- Biodieselrefinery_e_x2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biodiesel_c: 8640 unit/yr
- Biodieselrefinery_e_x3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biodiesel_c: 8640 unit/yr
- Biodieselrefinery_e_x4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biodiesel_c: 8640 unit/yr

- Biodieselrefinery_e_x8
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biodiesel_c: 8640 unit/yr
- Biodieselrefinery_rape_p
  - Input Materials
    - ip_rapeseedoil: 1 t/h
    - r_methanol_konv: 0,1 t/h
    - r_KOH: 0,001 t/h
    - ip_biodiesel_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_biodiesel: 1 t/h
    - ip_glycerin: 0,1 t/h
    - ip_K3PO4: 0,001 t/h
- Biodieselrefinery_sunflower_p
  - Input Materials
    - ip_sunfloweroil: 1 t/h
    - r_methanol_konv: 0,1 t/h
    - r_KOH: 0,001 t/h
    - ip_biodiesel_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_biodiesel: 1 t/h
    - ip_glycerin: 0,1 t/h
    - ip_K3PO4: 0,001 t/h
- Biogasconditioning450kW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascondtion450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasconditioning450kW_e_x2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascondtion450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasconditioning450kW_e_x3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascondtion450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasconditioning450kW_e_x4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascondtion450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasconditioning450kW_e_x8
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascondtion450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasconditioning450kW_e_x40
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascondtion450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogascondition450kW_p
  - Input Materials
    - ip_gas_raw_bioCH4: 0,45 MWh/h
    - ip_biogascondtion450kW_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_gas_bio_synthesis_gas: 0,44 MWh/h
    - ip_CO2: 45,73 kg/h
    - ip_steam_output: 0,01 MWh/h
- Biogasmethanation450kW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogasmethanation450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasmethanation450kW_e_x2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogasmethanation450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasmethanation450kW_e_x3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogasmethanation450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasmethanation450kW_e_x4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogasmethanation450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasmethanation450kW_e_x8
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogasmethanation450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasmethanation450kW_e_x40
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogasmethanation450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogasmethanation450kW_p
  - Input Materials
    - ip_gas_bio_synthesis_gas: 0,44 MWh/h
    - ip_biogasmethanation450kW_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - ip_gas_bio_methane: 0,38 MWh/h
    - ip_steam_output: 0,06 MWh/h
- Biogascleaning450kW_e
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascleaning450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogascleaning450kW_e_x2
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascleaning450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogascleaning450kW_e_x3
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascleaning450kW_c: 8640 unit/yr

- Biogascleaning450kW_e_x4
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascleaning450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogascleaning450kW_e_x8
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascleaning450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogascleaning450kW_e_x40
  - Input Materials
  - Output Materials
    - ip_biogascleaning450kW_c: 8640 unit/yr
- Biogascleaning450kW_p
  - Input Materials
    - ip_gas_bio_methane: 0,38 MWh/h
    - ip_biogascleaning450kW_c: 1 unit/h
  - Output Materials
    - p_gas_bio_methane_SNG: 0,38 MWh/h
    - ip_CO2: 9,86 kg/h
- PV_5kW_p
  - Input Materials
    - r_solar_area_roof: 37 m²/yr
  - Output Materials
    - p_elec_PV_5kW: 4869 kWh/yr
- PV_5kW_p_x576
  - Input Materials
    - r_solar_area_roof: 37 m²/yr
  - Output Materials
    - p_elec_PV_5kW: 4869 kWh/yr
- PV_10kW_p
  - Input Materials
    - r_solar_area_roof: 74 m²/yr
  - Output Materials
    - p_elec_PV_10kW: 10126 kWh/yr
- PV_10kW_p_x288
  - Input Materials
    - r_solar_area_roof: 74 m²/yr
  - Output Materials
    - p_elec_PV_10kW: 10126 kWh/yr
- Solartherm2000L_p
  - Input Materials
    - r_solar_area_roof: 49 m²/yr
  - Output Materials
    - p_heat_solar2000L: 19600 kWh/yr
- Solartherm2000L_p_x435
  - Input Materials
    - r_solar_area_roof: 49 m²/yr
  - Output Materials
    - p_heat_solar2000L: 19600 kWh/yr
- <New>

Änderungen Szenario 1B

- Operating Units
  - R_field_sunflowerseed_p
  - R_field_corn_silage_p
  - R_field_kum_p
  - R_field_rape_p
  - R_meadow_grass_p
  - R_field_miscanthus_p
  - R_wood35RF_shaft_bark_p_Szen1B
    - Input Materials
      - rd_woodchips35RF_price: 11,82 t/yr
      - r_ha_wood: 1 ha/yr
    - Output Materials
      - ip_woodchips_35RF: 11,82 t/yr

Änderungen Szenario 2

- R_wood35RF_shaft_bark_p_Szen2
  - Input Materials
    - rd_woodchips35RF_price: 10,88 t/yr
    - r_ha_wood: 1 ha/yr
  - Output Materials
    - ip_woodchips_35RF: 10,88 t/yr

rd_kumchips35RF_price_Szen2 - Material properties

Name	rd_kumchips35RF_price_Szen2
Type	raw material
Quantity type	mass
Required flow	200 t/yr
Required flow Mu	t/yr
Maximum available flow	19600 t/yr
Maximum flow Mu	t/yr
Price	42 €/t
Price Mu	€/t
Description	Description

Name
Name of the material. It must be unique in the problem definition.

☐ Convert values automatically

Update | Cancel | Delete

Quelle: eigene Berechnungen mittels PNS-Studio

10.4. Zusammenfassung der Daten für die Maximalstruktur von RegiOpt Conceptual Planner

Tabelle 69: Ressourcenberechnungen

						für CP-PNS		
ABFALL BIOGEN	Menge in t/GVE/Jahr	GVE	Gülle in t/Jahr	Gülle in m³ Biogas/t	GESAMT Gülle in m³ Biogas/Jahr	vorhandene Nutzung raus in m³	m³ Biogas (für CP)	t Gülle in TripleE PNS (für CP)
Biogaspotential Gülle	20	5.833	116.660	25	2.916.500	183.600	2.732.900	109.316
			für TripleE und CP-PNS					
BETON	Gebäude	geeignete Dachfläche in m²/Gebäude (begrenzt)	GESAMT max. m² Solar/PV-Fläche (begrenzt)					
Fläche für PV und Solar	2.132	10	21.324					
					für TripleE und CP-PNS			
GRAS	Wiesenfläche in ha	Grasernte in t FM/ha	GVE (nur Rinder)	Futter in t FM	GESAMT Grassilage für Energie in t FM	GESAMT Grassilage für Energie in ha		
Grassilage	1.697	22	5.833	5,25	6.711	305		
						für CP-PNS		
WALD	Waldfläche in ha	Holzernte in t atro/ha	Holzernte in t (25% Restfeuchte)	GESAMT Holz in t atro	GESAMT Holz in t (55% Restfeuchte)	vorhandene Nutzung raus in t	damit t 55%RF Holz (für CP)	auf ha Waldfläche in TripleE PNS ändern
Holz aus Wald	5.074	6,63	10,28	33.641	52.143	1.811	50.332	4.898
							für CP-PNS	
ACKER	Ackerfläche in ha	Ernte in t RF/ha		WÄRME	GESAMT in MWh/a	ALT GESAMT in MWh/a	vorhandene Bereitstellung raus in MWh	in MWh (für CP)
Sojabohnen	2	2,6		Industrielle Wärme	20.200	20200	1240	18960
Raps	2	5,2		Nahwärme Gebäude	8.044	8557	8557	0
Sonnenblumen	0	2,5		Individuelle Wärme Einzelheizungen	86.041	86554	0	86554
Ölkürbiskerne	337	0,5						
Weizen	321	5,1						
Wintergerste	321	3,6						
Maiskörner	1.823	14,0						
Silomais	253	49,5			für CP-PNS			
Rest (inkl. Brachen)	618		Begrenzung auf 1/3 der Ackerfläche in ha		vorhandene Nutzung raus in ha	auf ha Silomais (für CP)		
GESAMT Ackerfläche	3.677	---------->	1.225		66,32727273	1.158		

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 37: Maximalstruktur PNS (RegiOpt Conceptual Planner)

Maximalstruktur PNS von RegiOpt-Conceptual Planner

Materialien

Rohstoffe

- Raw Materials
  - agricultural_field
  - biogas_pot_from_manure
  - solar_area_for_PV_parks
  - solar_area_for_thermal_and_PV
  - wind_potential
  - electricity
  - methanol
  - KOH
  - inv_cost
  - op_cost
  - transport_costs
  - wood
  - grass_silage
  - CaCO3
  - diesel
  - <New>

Produkte

- Products
  - ethanol
  - vegetable_oil
  - biodiesel
  - ash
  - biogas_manure
  - upgraded_biogas
  - electricity_biomass
  - electricity_biogas
  - pellets
  - industrial_heat_demand
  - district_heat_demand
  - individual_heating
  - electricity_PV
  - electricity_wind
  - K3PO4
  - waste_heat
  - <New>

Zwischenprodukte

- Intermediates
  - unspec_cereal
  - sugar_beet
  - corn_grains
  - wheat
  - barley
  - rapeseed
  - unspec_biomass_for_burning
  - rapeseed_dried
  - sunflower
  - sunflower_dried
  - unspec_oil_seed
  - Miscanthus_chopped
  - Miscanthus
  - shortrotation
  - unspec_biomass_for_biogas
  - corn_silage
  - stillage_DM
  - press_cake
  - heat_LT
  - heat_HT
  - biogas
  - biogas_input
  - glycerin
  - ethanol_input
  - wood_furnace_input
  - biomass_furnace_input
  - ORC_input
  - dried_woodchips
  - ip_wood
  - ip_grass_silage
  - wood_dryer_input
  - wood_chopper_and_splitter_input
  - woodchips
  - split_logs
  - solar_area_for_PV
  - <New>

Anlagen

- Operating Units
  - field_unspec_cereal
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 0 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - unspec_cereal: 0 t/yr
  - field_sugar_beet
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 1068,2 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - sugar_beet: 62,5 t/yr
  - field_corn_grains
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 576,5 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - corn_grains: 9,7 t/yr
  - field_wheat
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 451,57 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - wheat: 5,1 t/yr
  - field_barley
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 403,6 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - barley: 4,6 t/yr
  - field_rapeseed
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 513,6 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - rapeseed: 3 t/yr
  - field_sunflower
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 493,99 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - sunflower: 2,3 t/yr
  - field_unspec_oil_seed
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 0 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - unspec_oil_seed: 0 t/yr
  - field_unspec_biomass_for_burning
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 0 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - unspec_biomass_for_burning: 0 t/yr
  - field_Misanthus
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 2325,01 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - Miscanthus: 19 t/yr
  - field_shortrotation
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 106,8 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - shortrotation: 10 t/yr
  - field_unspec_biomass_for_biogas
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 0 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
    - Output Materials
      - unspec_biomass_for_biogas: 0 t/yr
  - field_corn_silage
    - Input Materials
      - agricultural_field: 1 ha/yr
      - op_cost: 739,3 €/yr
      - transport_costs: 1 €/yr
    - Output Materials
      - corn_silage: 49,5 t/yr
  - wood_price
    - Input Materials
      - op_cost: 44 €/yr
      - transport_costs: 0 €/yr
      - wood: 1 t/yr
    - Output Materials
      - ip_wood: 1 t/yr

- grass_silage_price
  - Input Materials
    - op_cost: 24,5 €/yr
    - transport_costs: 0 €/yr
    - grass_silage: 1 t/yr
  - Output Materials
    - ip_grass_silage: 1 t/yr
- biogas_input_potential_manure
  - Input Materials
    - biogas_pot_from_manure: 1 m³/yr
    - transport_costs: 0 €/yr
  - Output Materials
    - biogas_input: 1 m³/yr
- biogas_input_unspec_biomass
  - Input Materials
    - unspec_biomass_for_biogas: 1 t/yr
  - Output Materials
    - biogas_input: 0 m³/yr
- biogas_input_corn_silage
  - Input Materials
    - corn_silage: 1 t/yr
  - Output Materials
    - biogas_input: 199 m³/yr
- biogas_input_grass_silage
  - Input Materials
    - ip_grass_silage: 1 t/yr
  - Output Materials
    - biogas_input: 207 m³/yr
- biogas_input_stillage
  - Input Materials
    - stillage_DM: 1 t/yr
  - Output Materials
    - biogas_input: 603 m³/yr
- biogas_input_glycerin
  - Input Materials
    - glycerin: 1 t/yr
  - Output Materials
    - biogas_input: 1378 m³/yr
- biogas_input_press_cake
  - Input Materials
    - press_cake: 1 t/yr
  - Output Materials
    - biogas_input: 625 m³/yr
- Fermentation_45_5m3
  - Input Materials
    - biogas_input: 364000 m³/yr
    - inv_cost: 28337 €/yr
    - op_cost: 86111 €/yr
  - Output Materials
    - biogas: 364000 m³/yr
    - biogas_manure: 1640 t/yr
- Fermentation_284_3m3
  - Input Materials
    - biogas_input: 364000 m³/yr
    - inv_cost: 16353 €/yr
    - op_cost: 86111 €/yr
  - Output Materials
    - biogas: 364000 m³/yr
    - biogas_manure: 1640 t/yr
- Fermentation_above_284_3m3
  - Input Materials
    - biogas_input: 364000 m³/yr
    - inv_cost: 10789 €/yr
    - op_cost: 86111 €/yr
  - Output Materials
    - biogas: 364000 m³/yr
    - biogas_manure: 1640 t/yr
- Biogas_cleaning_260m3
  - Input Materials
    - biogas: 3464000 m³/yr
    - electricity: 686,4 MWh/yr
    - inv_cost: 54322 €/yr
    - op_cost: 50463 €/yr
  - Output Materials
    - upgraded_biogas: 2080000 m³/yr
- Drying_rapeseed
  - Input Materials
    - rapeseed: 1333 t/yr
    - inv_cost: 37232 €/yr
    - heat_HT: 138,632 MWh/yr
    - op_cost: 44983 €/yr
  - Output Materials
    - rapeseed_dried: 1133 t/yr
- Drying_rapeseed_x10
  - Input Materials
    - rapeseed: 1333 t/yr
    - inv_cost: 18660 €/yr
    - heat_HT: 138,632 MWh/yr
    - op_cost: 44983 €/yr
  - Output Materials
    - rapeseed_dried: 1133 t/yr
- Dyring_sunflower
  - Input Materials
    - sunflower: 1333 t/yr
    - inv_cost: 21688 €/yr
    - heat_HT: 103,308 MWh/yr
    - op_cost: 44983 €/yr
  - Output Materials
    - sunflower_dried: 1173 t/yr

- Dyring_sunflower_x10
  - Input Materials
    - sunflower: 1333 t/yr
    - inv_cost: 10870 €/yr
    - heat_HT: 103,308 MWh/yr
    - op_cost: 44983 €/yr
  - Output Materials
    - sunflower_dried: 1173 t/yr
- Pressing_rapeseed
  - Input Materials
    - rapeseed_dried: 1440 t/yr
    - inv_cost: 12394 €/yr
    - op_cost: 117949 €/yr
  - Output Materials
    - vegetable_oil: 475,2 t/yr
    - press_cake: 964,8 t/yr
- Pressing_sunflower
  - Input Materials
    - inv_cost: 12919 €/yr
    - op_cost: 117949 €/yr
    - sunflower_dried: 1440 t/yr
  - Output Materials
    - vegetable_oil: 504 t/yr
    - press_cake: 936 t/yr
- Biodiesel_plant_8000
  - Input Materials
    - vegetable_oil: 8000 t/yr
    - methanol: 800 t/yr
    - KOH: 8 t/yr
    - inv_cost: 631291 €/yr
    - op_cost: 396788 €/yr
    - electricity: 0,08 MWh/yr
  - Output Materials
    - biodiesel: 8000 t/yr
    - glycerin: 800 t/yr
    - K3PO4: 8 t/yr
- Biodiesel_plant_25000
  - Input Materials
    - vegetable_oil: 8000 t/yr
    - methanol: 800 t/yr
    - KOH: 8 t/yr
    - inv_cost: 448513 €/yr
    - op_cost: 396788 €/yr
    - electricity: 0,08 MWh/yr
  - Output Materials
    - biodiesel: 8000 t/yr
    - glycerin: 800 t/yr
    - K3PO4: 8 t/yr
- Biodiesel_plant_100000
  - Input Materials
    - vegetable_oil: 8000 t/yr
    - methanol: 800 t/yr
    - KOH: 8 t/yr
    - inv_cost: 295908 €/yr
    - op_cost: 396788 €/yr
    - electricity: 0,08 MWh/yr
  - Output Materials
    - biodiesel: 8000 t/yr
    - glycerin: 800 t/yr
    - K3PO4: 8 t/yr
- Biogas_CHP_300kW
  - Input Materials
    - biogas: 722952 m³/yr
    - inv_cost: 26267 €/yr
    - op_cost: 17184 €/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 1528 MWh/yr
    - electricity_biogas: 2400 MWh/yr
- Biogas_CHP_1MW
  - Input Materials
    - biogas: 722952 m³/yr
    - inv_cost: 18305 €/yr
    - op_cost: 17184 €/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 1528 MWh/yr
    - electricity_biogas: 2400 MWh/yr
- Biogas_CHP_above1MW
  - Input Materials
    - biogas: 722952 m³/yr
    - inv_cost: 11294 €/yr
    - op_cost: 17184 €/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 1528 MWh/yr
    - electricity_biogas: 2400 MWh/yr
- Biogas_burner_HT_300kW
  - Input Materials
    - biogas: 681824 m³/yr
    - inv_cost: 2829 €/yr
    - op_cost: 3678 €/yr
    - electricity: 3,8 MWh/yr
  - Output Materials
    - heat_HT: 2400 MWh/yr
    - heat_LT: 872 MWh/yr

- Biogas_burner_HT_1MW
  - Input Materials
    - biogas: 681824 m³/yr
    - inv_cost: 1972 €/yr
    - op_cost: 3678 €/yr
    - electricity: 3,8 MWh/yr
  - Output Materials
    - heat_HT: 2400 MWh/yr
    - heat_LT: 872 MWh/yr
- Biogas_burner_HT_above1MW
  - Input Materials
    - biogas: 681824 m³/yr
    - inv_cost: 1216 €/yr
    - op_cost: 3678 €/yr
    - electricity: 3,8 MWh/yr
  - Output Materials
    - heat_HT: 2400 MWh/yr
    - heat_LT: 872 MWh/yr
- Biogas_burner_LT_300kW
  - Input Materials
    - biogas: 428067 m³/yr
    - inv_cost: 1888 €/yr
    - op_cost: 2064 €/yr
    - electricity: 2,39 MWh/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 2400 MWh/yr
- Biogas_burner_LT_1MW
  - Input Materials
    - biogas: 428067 m³/yr
    - inv_cost: 1316 €/yr
    - op_cost: 2064 €/yr
    - electricity: 2,39 MWh/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 2400 MWh/yr
- Biogas_burner_LT_above1MW
  - Input Materials
    - biogas: 428067 m³/yr
    - inv_cost: 812 €/yr
    - op_cost: 2064 €/yr
    - electricity: 2,39 MWh/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 2400 MWh/yr
- Ethanol_corn_10000
  - Input Materials
    - corn_grains: 33150 t/yr
    - heat_HT: 4452 MWh/yr
    - electricity: 537,6 MWh/yr
    - inv_cost: 448169 €/yr
    - op_cost: 1206324 €/yr
  - Output Materials
    - stillage_DM: 12540 t/yr
    - ethanol: 10000 t/yr
- Ethanol_corn_100000
  - Input Materials
    - corn_grains: 33150 t/yr
    - heat_HT: 4452 MWh/yr
    - electricity: 537,6 MWh/yr
    - inv_cost: 224617 €/yr
    - op_cost: 1206324 €/yr
  - Output Materials
    - stillage_DM: 12540 t/yr
    - ethanol: 10000 t/yr
- Ethanol_corn_1000000
  - Input Materials
    - corn_grains: 33150 t/yr
    - heat_HT: 4452 MWh/yr
    - electricity: 537,6 MWh/yr
    - inv_cost: 161550 €/yr
    - op_cost: 1206324 €/yr
  - Output Materials
    - stillage_DM: 12540 t/yr
    - ethanol: 10000 t/yr
- Ethanol_sugarbeet_10000
  - Input Materials
    - heat_HT: 10354,69 MWh/yr
    - electricity: 1481,67 MWh/yr
    - inv_cost: 448169 €/yr
    - op_cost: 1206324 €/yr
    - sugar_beet: 75534,42 t/yr
  - Output Materials
    - stillage_DM: 16383,6 t/yr
    - ethanol: 10000 t/yr
- Ethanol_sugarbeet_100000
  - Input Materials
    - heat_HT: 10354,69 MWh/yr
    - electricity: 1481,67 MWh/yr
    - inv_cost: 224617 €/yr
    - op_cost: 1206324 €/yr
    - sugar_beet: 75534,42 t/yr
  - Output Materials
    - stillage_DM: 16383,6 t/yr
    - ethanol: 10000 t/yr
- Ethanol_sugarbeet_1000000
  - Input Materials
    - heat_HT: 10354,69 MWh/yr
    - electricity: 1481,67 MWh/yr
    - inv_cost: 161550 €/yr
    - op_cost: 1206324 €/yr
    - sugar_beet: 75534,2 t/yr
  - Output Materials
    - stillage_DM: 16383,6 t/yr
    - ethanol: 10000 t/yr

- Ethanol_wheat_barley_unsp_10000
  - Input Materials
    - heat_HT: 4452 MWh/yr
    - electricity: 537,6 MWh/yr
    - inv_cost: 448169 €/yr
    - op_cost: 1206324 €/yr
    - ethanol_input: 35577 t/yr
  - Output Materials
    - stillage_DM: 9120 t/yr
    - ethanol: 10000 t/yr
- Ethanol_wheat_barley_unsp_100000
  - Input Materials
    - heat_HT: 4452 MWh/yr
    - electricity: 537,6 MWh/yr
    - inv_cost: 224617 €/yr
    - op_cost: 1206324 €/yr
    - ethanol_input: 35577 t/yr
  - Output Materials
    - stillage_DM: 9120 t/yr
    - ethanol: 10000 t/yr
- Ethanol_wheat_barley_unsp_1000000
  - Input Materials
    - heat_HT: 4452 MWh/yr
    - electricity: 537,6 MWh/yr
    - inv_cost: 161550 €/yr
    - op_cost: 1206324 €/yr
    - ethanol_input: 33150 t/yr
  - Output Materials
    - stillage_DM: 9120 t/yr
    - ethanol: 10000 t/yr
- wheat_to_ethanol_input
  - Input Materials
    - wheat: 1 t/yr
  - Output Materials
    - ethanol_input: 1 t/yr
- barley_to_ethanol_input
  - Input Materials
    - barley: 1 t/yr
  - Output Materials
    - ethanol_input: 1 t/yr
- unspec_to_ethanol_input
  - Input Materials
    - unspec_cereal: 1 t/yr
  - Output Materials
    - ethanol_input: 0 t/yr
- woodchips_to_furnace
  - Input Materials
    - woodchips: 1 t/yr
  - Output Materials
    - wood_furnace_input: 3,12 MWh/yr
- Wood_furnace_HT_300kW
  - Input Materials
    - wood_furnace_input: 4176 MWh/yr
    - electricity: 2,31 MWh/yr
    - inv_cost: 23846 €/yr
    - op_cost: 3321 €/yr
  - Output Materials
    - heat_HT: 2400 MWh/yr
    - heat_LT: 856 MWh/yr
    - ash: 8 t/yr
- Wood_furnace_HT_1MW
  - Input Materials
    - wood_furnace_input: 4176 MWh/yr
    - electricity: 2,31 MWh/yr
    - inv_cost: 16617 €/yr
    - op_cost: 3321 €/yr
  - Output Materials
    - heat_HT: 2400 MWh/yr
    - heat_LT: 856 MWh/yr
    - ash: 8 t/yr
- Wood_furnace_HT_above1MW
  - Input Materials
    - wood_furnace_input: 4176 MWh/yr
    - electricity: 2,31 MWh/yr
    - inv_cost: 10253 €/yr
    - op_cost: 3321 €/yr
  - Output Materials
    - heat_HT: 2400 MWh/yr
    - heat_LT: 856 MWh/yr
    - ash: 8 t/yr
- Wood_furnace_LT_300kW
  - Input Materials
    - wood_furnace_input: 2572 MWh/yr
    - electricity: 1,42 MWh/yr
    - inv_cost: 16108 €/yr
    - op_cost: 1315 €/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 2400 MWh/yr
    - ash: 5,12 t/yr
- Wood_furnace_LT_1MW
  - Input Materials
    - wood_furnace_input: 2572 MWh/yr
    - electricity: 1,42 MWh/yr
    - inv_cost: 11225 €/yr
    - op_cost: 1315 €/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 2400 MWh/yr
    - ash: 5,12 t/yr

- Wood_furnace_LT_above1MW
  - Input Materials
    - wood_furnace_input: 2572 MWh/yr
    - electricity: 1,42 MWh/yr
    - inv_cost: 6926 €/yr
    - op_cost: 1315 €/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 2400 MWh/yr
    - ash: 5,12 t/yr
- miscanthus_to_biomass_furnace
  - Input Materials
    - Miscanthus_chopped: 1 t/yr
  - Output Materials
    - biomass_furnace_input: 3,98 MWh/yr
- unspec_to_biomass_furnace
  - Input Materials
    - unspec_biomass_for_burning: 1 t/yr
  - Output Materials
    - biomass_furnace_input: 0 MWh/yr
- Biomass_furnace_HT_300kW
  - Input Materials
    - biomass_furnace_input: 4176 MWh/yr
    - electricity: 1,61 MWh/yr
    - inv_cost: 29976 €/yr
    - op_cost: 24107 €/yr
  - Output Materials
    - heat_HT: 2400 MWh/yr
    - heat_LT: 856 MWh/yr
    - ash: 64,29 t/yr
- Biomass_furnace_HT_1MW
  - Input Materials
    - biomass_furnace_input: 4176 MWh/yr
    - electricity: 1,61 MWh/yr
    - inv_cost: 20889 €/yr
    - op_cost: 24107 €/yr
  - Output Materials
    - heat_HT: 2400 MWh/yr
    - heat_LT: 856 MWh/yr
    - ash: 64,29 t/yr
- Biomass_furnace_HT_above1MW
  - Input Materials
    - biomass_furnace_input: 4176 MWh/yr
    - electricity: 1,61 MWh/yr
    - inv_cost: 12889 €/yr
    - op_cost: 24107 €/yr
  - Output Materials
    - heat_HT: 2400 MWh/yr
    - heat_LT: 856 MWh/yr
    - ash: 64,29 t/yr
- Biomass_furnace_LT_300kW
  - Input Materials
    - biomass_furnace_input: 2728 MWh/yr
    - electricity: 1,05 MWh/yr
    - inv_cost: 22252 €/yr
    - op_cost: 15748 €/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 2400 MWh/yr
    - ash: 42 t/yr
- Biomass_furnace_LT_1MW
  - Input Materials
    - biomass_furnace_input: 2728 MWh/yr
    - electricity: 1,05 MWh/yr
    - inv_cost: 15507 €/yr
    - op_cost: 15748 €/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 2400 MWh/yr
    - ash: 42 t/yr
- Biomass_furnace_LT_above1MW
  - Input Materials
    - biomass_furnace_input: 2728 MWh/yr
    - electricity: 1,05 MWh/yr
    - inv_cost: 9568 €/yr
    - op_cost: 15748 €/yr
  - Output Materials
    - heat_LT: 2400 MWh/yr
    - ash: 42 t/yr
- shortrotation_to_ORC_input
  - Input Materials
    - shortrotation: 1 t/yr
  - Output Materials
    - ORC_input: 3,12 MWh/yr
- woodchips_to_ORC_input
  - Input Materials
    - ip_wood: 1 t/yr
  - Output Materials
    - ORC_input: 3,12 MWh/yr
- ORC
  - Input Materials
    - ORC_input: 44480 MWh/yr
    - inv_cost: 261998 €/yr
    - op_cost: 561362 €/yr
  - Output Materials
    - electricity_biomass: 8000 MWh/yr
    - heat_LT: 34640 MWh/yr
- shortrotation_to_dryer
  - Input Materials
    - shortrotation: 1 t/yr
  - Output Materials
    - wood_dryer_input: 1 t/yr

- woodchips_to_dryer_input
  - Input Materials
    - ip_wood: 1 t/yr
  - Output Materials
    - wood_dryer_input: 1 t/yr
- Drying_wood_10000
  - Input Materials
    - heat_HT: 2832 MWh/yr
    - electricity: 192 MWh/yr
    - inv_cost: 67020 €/yr
    - op_cost: 105000 €/yr
    - wood_dryer_input: 12576 t/yr
  - Output Materials
    - dried_woodchips: 10000 t/yr
- Drying_wood_100000
  - Input Materials
    - heat_HT: 2832 MWh/yr
    - electricity: 192 MWh/yr
    - inv_cost: 33590 €/yr
    - op_cost: 105000 €/yr
    - wood_dryer_input: 12576 t/yr
  - Output Materials
    - dried_woodchips: 10000 t/yr
- Drying_wood_1000000
  - Input Materials
    - heat_HT: 2832 MWh/yr
    - electricity: 192 MWh/yr
    - inv_cost: 16835 €/yr
    - op_cost: 105000 €/yr
    - wood_dryer_input: 12576 t/yr
  - Output Materials
    - dried_woodchips: 10000 t/yr
- Pelletizing_wood_10000
  - Input Materials
    - dried_woodchips: 10000 t/yr
    - electricity: 1000 MWh/yr
    - inv_cost: 119101 €/yr
    - op_cost: 288588 €/yr
  - Output Materials
    - pellets: 10000 t/yr
- Pelletizing_wood_100000
  - Input Materials
    - dried_woodchips: 10000 t/yr
    - electricity: 1000 MWh/yr
    - inv_cost: 59692 €/yr
    - op_cost: 288588 €/yr
  - Output Materials
    - pellets: 10000 t/yr
- Pelletizing_wood_1000000
  - Input Materials
    - dried_woodchips: 10000 t/yr
    - electricity: 1000 MWh/yr
    - inv_cost: 29917 €/yr
    - op_cost: 288588 €/yr
  - Output Materials
    - pellets: 10000 t/yr
- PV_parks_to_solar_area_PV
  - Input Materials
    - solar_area_for_PV_parks: 1 m²/yr
  - Output Materials
    - solar_area_for_PV: 1 m²/yr
- solar_area_for_PV
  - Input Materials
    - solar_area_for_thermal_and_PV: 1 m²/yr
  - Output Materials
    - solar_area_for_PV: 1 m²/yr
- PV
  - Input Materials
    - inv_cost: 45,926 €/yr
    - solar_area_for_PV: 1 m²/yr
  - Output Materials
    - electricity_PV: 0,131 MWh/yr
- Solar_thermal
  - Input Materials
    - solar_area_for_thermal_and_PV: 1 m²/yr
    - inv_cost: 20,82 €/yr
    - op_cost: 1,63 €/yr
  - Output Materials
    - individual_heating: 0,4 MWh/yr
- Wind_potential
  - Input Materials
    - inv_cost: 109861 €/yr
    - wind_potential: 1300 MWh/yr
    - op_cost: 33540 €/yr
  - Output Materials
    - electricity_wind: 1300 MWh/yr
- district_heating
  - Input Materials
    - heat_LT: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - district_heat_demand: 1 MWh/yr
- industrial_heating
  - Input Materials
    - heat_HT: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - industrial_heat_demand: 1 MWh/yr
- pellets_individual_heating
  - Input Materials
    - pellets: 1 t/yr
  - Output Materials
    - individual_heating: 4,46 MWh/yr

- split_logs_individual_heating
  - Input Materials
    - split_logs: 1 t/yr
  - Output Materials
    - individual_heating: 3,12 MWh/yr
- Gasification_10000
  - Input Materials
    - dried_woodchips: 10000 t/yr
    - inv_cost: 462690 €/yr
    - op_cost: 578363 €/yr
    - CaCO3: 66,9 t/yr
  - Output Materials
    - electricity_biomass: 11152 MWh/yr
    - heat_LT: 25109,41 MWh/yr
    - ash: 73,22 t/yr
- Gasification_100000
  - Input Materials
    - dried_woodchips: 10000 t/yr
    - inv_cost: 231894 €/yr
    - op_cost: 578363 €/yr
    - CaCO3: 66,9 t/yr
  - Output Materials
    - electricity_biomass: 11152 MWh/yr
    - heat_LT: 25087,5 MWh/yr
    - ash: 73,22 t/yr
- Gasification_1000000
  - Input Materials
    - dried_woodchips: 10000 t/yr
    - inv_cost: 116222 €/yr
    - op_cost: 578363 €/yr
    - CaCO3: 66,9 t/yr
  - Output Materials
    - electricity_biomass: 11152 MWh/yr
    - heat_LT: 25109,41 MWh/yr
    - ash: 73,22 t/yr
- wood_to_chopper_and_splitter
  - Input Materials
    - ip_wood: 1 t/yr
  - Output Materials
    - wood_chopper_and_splitter_input: 1 t/yr
- shortrotation_to_chopper_and_splitter
  - Input Materials
    - shortrotation: 1 t/yr
  - Output Materials
    - wood_chopper_and_splitter_input: 1 t/yr
- Chopper_7m3
  - Input Materials
    - wood_chopper_and_splitter_input: 30800 t/yr
    - diesel: 33,2 t/yr
    - inv_cost: 2100 €/yr
    - op_cost: 160000 €/yr
  - Output Materials
    - woodchips: 30800 t/yr
- Chopper_22_5m3
  - Input Materials
    - wood_chopper_and_splitter_input: 99000 t/yr
    - diesel: 66,4 t/yr
    - inv_cost: 4758 €/yr
    - op_cost: 160000 €/yr
  - Output Materials
    - woodchips: 99000 t/yr
- Chopper_90m3
  - Input Materials
    - wood_chopper_and_splitter_input: 396000 t/yr
    - diesel: 73,04 t/yr
    - inv_cost: 9800 €/yr
    - op_cost: 160000 €/yr
  - Output Materials
    - woodchips: 396000 t/yr
- Chopper_Miscanthus
  - Input Materials
    - diesel: 1093,38 t/yr
    - inv_cost: 25000 €/yr
    - op_cost: 160000 €/yr
    - Miscanthus: 1966160 t/yr
  - Output Materials
    - Miscanthus_chopped: 1966160 t/yr
- Splitter_wood
  - Input Materials
    - wood_chopper_and_splitter_input: 712360 t/yr
    - diesel: 33,28 t/yr
    - inv_cost: 617 €/yr
    - op_cost: 160000 €/yr
  - Output Materials
    - split_logs: 712360 t/yr
- heat_LT_to_wastheat
  - Input Materials
    - heat_LT: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - waste_heat: 1 MWh/yr
- heat_HT_to_wastheat
  - Input Materials
    - heat_HT: 1 MWh/yr
  - Output Materials
    - waste_heat: 1 MWh/yr
- <New>

Quelle: eigene Berechnungen mittels PNS-Studio

11. Endnoten

[1] FRIEDLER, F., VARGA, J.B. und FAN, L.T. (1995): Decision-mapping: a tool for consistent and complete decisions in process synthesis. Chemical Engineering Science Vol. 50: 1755-1768

[2] NARODOSLAWSKY, M.; KROTSCHECK, C. (1995): The sustainable process index (SPI): Evaluating processes according to environmental compatibility; Journal of Hazardous Materials, 41 (2+3), S. 383-397

NARODOSLAWSKY, M.; KROTSCHECK, C. (1996): The Sustainable Process Index A new dimension in ecological evaluation; Ecological Engineering, 6 (4), S. 241-258.

[3] FRIEDLER, F., VARGA, J.B. und FAN, L.T. (1995): Decision-mapping: a tool for consistent and complete decisions in process synthesis. Chemical Engineering Science Vol. 50: 1755-1768

[4] FRIEDLER, F., VARGA, J.B. und FAN, L.T. (1995): Decision-mapping: a tool for consistent and complete decisions in process synthesis. Chemical Engineering Science Vol. 50: 1755-1768

[5] siehe Endnote 4

[6] Bild P-Graph: http://www.p- graph.com/wiki/index.php?title=Image:P_graph_flow.PNG&oldid=1419

[7] FRIEDLER, F., FAN, L. T. und IMREH, B. (1998), Process network synthesis: Problem definition. Networks, 31: 119–124. doi: 10.1002/(SICI)1097-0037(199803)31:2<119::AID-NET6>3.0.CO;2-K

[8] siehe Endnote 4

[9] siehe Endnote 2

[10] SANDHOLZER, D., NARODOSLAWSKY, M. (2007): SPI on Excel - Fast and easy calculation of the Sustainable Process Index via computer. Resources, Conservation and Recycling 50, S. 130-142.

[11] SUSTAIN (1994): Forschungs- und Entwicklungsbedarf für den Übergang zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich - (Verein zur Koordination von Forschung über Nachhaltigkeit) Im Auftrag der BBK, des BMWF und des BMUJF, Institut für Verfahrenstechnik der Technischen Universität Graz, Graz.

[12] STATISTIK AUSTRIA (2011), Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2010. Erstellt am: 23.11.2011. - Rundungsdifferenzen rechnerisch bedingt. Aufgliederung nach der Struktur der Nutzenergieanalyse (NEA) 2005. Verkehr ist die Summe aus Transport und landwirtschaftlicher "Off-Road" Traktion.

[13] siehe Endnote 12

[14] siehe Endnote 13

[15] siehe Endnote 13

[16] siehe Endnote 13

[17] siehe Endnote 13

[18] siehe Endnote 13

[19] STATISTIK AUSTRIA, Statistik des Bevölkerungsstandes, 2011

[20] PIETSCHMANN, H.(2000): Wissenschaft & Umwelt Nr. 2/00, Interdisziplinär, Energie und Gesellschaft, Verlag Forum Österreichischer Wissenschaftler für Umweltschutz, S. 11 von 89 S.

[21] siehe Endnote 20, S. 13 von 89 S.

[22] LINZ, M. (2004): Weder Mangel noch Übermaß – Über Suffizienz und Suffizienzforschung, Querprojekt „Öko-Suffizienz und Lebensqualität“. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 57 S.

[23] KROTSCHECK, C., NARODOSLAWSKY, M., OBER, J., RITTER, M., WLATTNIG et al. (2009), W.: Zukunft: Regionalwirtschaft! Ein Plädoyer; Verlag StudienVerlag, Innsbruck, 356 S.

[24] siehe Fußnote 23

[25] PETERS, M.S., TIMMERHAUS, K.D. und WEST, R.E. (2003): Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th Edition, Mc Graw Hill.

[26] siehe Endnote 4

[27] HALASZ, L., POVODEN, G. und NARODOSLAWSKY, M. (2005): Sustainable processes synthesis for renewable resources, S. 293-307.

[28] KROMUS, S. (2002): Grüne Bioraffinerie Österreich—Entwicklung eines integrierten Systems zur Nutzung von Grünlandbiomasse. Dissertation, Graz.

KROMUS, et al. (2002): Grüne Bioraffinerie. Integrierte Grasnutzung als Eckstein einer nachhaltigen Kulturlandschaftsnutzung. In: BBK-Endbericht. Feldbach: Kornberg Institut.

[29] FRIEDL, A. et al. (2007): Abschätzung der Machbarkeit von ökologischen und ökonomischen Bioethanol-Kleinanlagen, Endbericht, TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, 30. März 2007

[30] HANTSCH, S., MOIDL, S. und NÄHRER, U. (2009): IG Windkraft, Austrian Wind Energy Association, Expertise der IG Windkraft zur Ermittlung der Gestehungskosten für kosteneffiziente Windenergieanlagen, 4. 11. 2009.

[31] Biomasseschätzung St. Margarethen a. d. Raab, lt. Auskunft Dr. Gerhard Pelzmann vom 1. 6. 2011, www.lk-stmk.at