



Matthias Eichinger, BSc

**Möglichkeiten zur effizienteren Bioressourcennutzung  
in der Steiermark**

**MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Chemical and Pharmaceutical Engineering

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

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

Institut für Prozess- und Partikeltechnik

Graz, September 2014

## Eidesstattliche Erklärung/Affidavit

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

*I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.*

---

Datum / Date

---

Unterschrift / Signature

## Inhaltsverzeichnis

Danksagungen.....	1
Abstract.....	2
Einführung.....	3
Problemdefinition/Forschungsfragen.....	4
Zielgruppen .....	4
Ausgangslage.....	4
Problemdefinition .....	6
Design der Forschungsarbeit .....	8
Geographische Aspekte der Versorgungssituation an Bioressourcen in der Steiermark.....	8
Umwandlung der Ernährungsgewohnheiten in landwirtschaftliche Flächenverbräuche .....	9
Allgemeines.....	9
Umwandlung der Fleischverbräuche in Futtermittelverbräuche .....	9
Umwandlung der Nahrungsmittelverbräuche aus Milchprodukte in Futtermittelverbräuche....	10
PNS Methode .....	11
Allgemeines.....	11
Nutzungswege.....	12
Transportmodell .....	19
Design der Szenarien.....	22
Design der Ernährungsszenarien .....	22
Design der Bioressourcenszenarien.....	23
Ergebnisse und Empfehlungen .....	24
Ergebnisse der Szenarien .....	24
Ergebnisse der Ernährungsszenarien.....	24
Ergebnisse der Bioressourcenszenarien .....	27
Sensitivitätsanalyse bezogen auf wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	30
Empfehlungen.....	32
Schlussfolgerungen .....	33
Referenzen und Appendix.....	34

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufteilung der Steiermark in R1 und R2 .....	8
Abbildung 2: Aufbau eines P- Graphen.....	12
Abbildung 3: Nutzungsweg Holz .....	14
Abbildung 4: Nutzungsweg Biogas.....	16
Abbildung 5:Nutzungsweg Maisspindel und Weizenstroh .....	17
Abbildung 6: Nutzungsweg Ackerfläche .....	18
Abbildung 7: Angewandte Transportmodelle bei folgenden Materialien.....	21
Abbildung 8: Normierte Flächenverbräuche der Szenarien .....	24
Abbildung 9: Theoretische Nutzungsgrade der Flächenverbräuche aus den Ernährungsszenarien .....	25
Abbildung 10: Produzierter Wärme- und Stromanteil .....	30



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angebot und Nachfrage an Energie in der Steiermark .....	4
Tabelle 2: Angebot und Nachfrage an pflanzlichen Nahrungsmittel in der Steiermark.....	5
Tabelle 3: Angebot und Nachfrage an Futtermittel in der Steiermark.....	5
Tabelle 4: Angebot und Nachfrage an tierischen Nahrungsmittel in der Steiermark .....	5
Tabelle 5: Übersicht der wichtigsten Nahrungsmittel eines Durchschnittssteirers .....	6
Tabelle 6: Flächenaufteilung nach Regionen in der Steiermark .....	8
Tabelle 7: Produzierte Wärme und Strom in der in „FN“ und „VN“ .....	29
Tabelle 8: Detaillierter Nahrungsmittelverbrauch eines Durschnittsösterreichers.....	34
Tabelle 9: Flächenerträge FE für konventionelle und biologische Wirtschaftsweise .....	35
Tabelle 10: Futtermittelaufwände $FA_{TS,LG}$ bezogen auf Trockensubstanz und Lebendgewicht der konsumierten Fleischsorten.....	35
Tabelle 11: Aufteilung der Futtermitteltypen in die Bestandteile aus Tabelle 9.....	36
Tabelle 12: Lebend- und Schlachtgewicht der Tiere.....	37
Tabelle 13: Trockensubstanzgehalt der Feldfruchtsorten .....	37
Tabelle 14: Futtermittelaufwände von Rohmilch $FA_{Rohmilch}$ .....	37
Tabelle 15: Futtermittelaufwände von Eier $FA_{TS,Ei}$ .....	38
Tabelle 16: Umrechnungsfaktoren für Milch, Milchprodukte und Eier.....	38
Tabelle 17: Eduktspezifikationen aus Maximalstruktur Holz.....	38
Tabelle 18: Produktspezifikationen aus Maximalstruktur Holz .....	39
Tabelle 19: Prozessspezifikationen 1 aus Maximalstriktur Holz .....	39
Tabelle 20: Prozessspezifikationen 2 aus Maximalstruktur Holz. Die Inv.- und Op. Kosten sind auf den Input bezogen. ....	40
Tabelle 21: Eduktspezifikationen aus Maximalstruktur Biogas .....	41
Tabelle 22: Produktspezifikationen aus Maximalstruktur Biogas.....	41
Tabelle 23: Prozessspezifikationen 1 aus Maximalstruktur Biogas .....	41
Tabelle 24: Prozessspezifikationen 2 zu Maximalstruktur Biogas.. .....	42
Tabelle 25: Eduktspezifikationen aus Maximalstruktur Maisspindel und Weizenstroh.....	43
Tabelle 26: Produktspezifikationen aus Maximalstruktur Maisspindel und Weizenstroh .....	43
Tabelle 27: Prozessspezifikationen 1 aus Maximalstruktur Maisspindel und Weizenstroh.....	43
Tabelle 28: Prozessspezifikationen 2 aus Maximalstruktur Maisspindel und Weizenstroh. Die Inv.- und Op. Kosten sind auf den Input bezogen.....	44
Tabelle 29: Eduktspezifikationen aus Maximalstruktur Ackerfläche.....	44
Tabelle 30: Produktspezifikationen aus Maximalstruktur Ackerfläche .....	45
Tabelle 31: Prozessspezifikationen 1 aus Maximalstruktur Ackerfläche .....	45
Tabelle 32: Prozessspezifikationen 2 aus Maximalstruktur Ackerfläche. Die Inv.- und Op. Kosten sind auf den Input bezogen. ....	45
Tabelle 33: Eingangsströme für Bioressourcenszenarien 1 .....	46
Tabelle 34: Eingangsströme für Bioressourcenszenarien 2 .....	46
Tabelle 35: Eingangsströme für Bioressourcenszenarien 3 .....	47
Tabelle 36: Ausgangsströme 1 aus Szenario „VN“ .....	47
Tabelle 37: Ausgangsströme 2 aus Szenario „VN“ .....	47
Tabelle 38: Flächenerträge und Restriktionsfaktoren .....	47
Tabelle 39: Anteil an der Gesamtfläche aus Transportmodell .....	48
Tabelle 40: Spez. Transportkosten.....	48

## Abkürzungsverzeichnis

ABB	Ausbeute Butter
ABR	Ausbeute Rahm
ABV	Ausbeute Vollmilch
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIGCC	Biomass Integrated Gasification Combined Cycle
FA	Futtermittelaufwand
FB	Fleischesser Bio
FE	Flächenerträge
FN	Fleischesser Normal
FV	Futtermittelverbrauch
GBR	Grüne Bioraffinerie
GS	Grassilage
ha	Hektar
LG	Lebendgewicht
m	Masse
NV	Nahrungsmittelverbrauch
PNS	Prozessnetzwerksynthese
PNV	Pflanzlicher Nahrungsmittelverbrauch
R1	Region 1
R2	Region 2
SG	Schlachtgewicht
t-atro	Tonnen absolut trocken
TS	Trockensubstanz
tsd. T	Tausend Tonnen
TWh	Terrawattstunden
VB	Vegetarier Bio
VN	Vegetarier Normal
$\eta_{el}$	Elektrischer Wirkungsgrad
$\eta_{ges}$	Gesamtwirkungsgrad

## **Danksagungen**

Ich möchte mich sehr herzlich für die tatkräftige Unterstützung des Diplomarbeitprojektes bei der Gruppe Narodoslowsky bedanken. Es war mir eine Freude mit euch dieses Projekt zu gestalten. Besonders positiv wurde das Projekt von Tobias Pöcheim, Johannes Fischbäck und meinem Betreuer Prof. Narodoslowsky beeinflusst. Vielen Dank für die tolle Zusammenarbeit!

Einen weiteren Dank widme ich noch meinen näheren vertrauten Umkreis. Ganz besonders möchte ich mich bei meinen Verwandten bedanken die mich sowohl persönlich als auch finanziell für meinen Studienabschluss unterstützt haben. Einen besonderen Dank dabei widme ich meiner Familie und meiner Tante Hemma die stetig an meinen Erfolg geglaubt haben und mich tatkräftig dabei unterstützt haben. Einen weiteren Dank widme ich meinen Freunden die mir eine schöne Zeit in Graz und im Ausland bereitet haben und eine willkommene Abwechslung zu meinem Studium waren. Dabei möchte ich mich besonders bei meinen langjährigen Freunden Stefan Leitner, Stefan Schobesberger, Daniel Weigl, Gabriel Hofbauer, Thomas Schmid und einigen Freunden aus meinem Auslandsaufenthalt bedanken.

## Abstract

Das Hauptziel dieser Diplomarbeit ist Möglichkeiten zu erarbeiten die überschüssigen Bioressourcen in der Steiermark so effizient wie möglich stofflich oder energetisch zu nutzen. Zusätzlich werden die Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Flächenverbräuche bei verändernder biologischer und vegetarischer Ernährungsgewohnheiten untersucht. Diese Diplomarbeit wird von der Landwirtschaftskammer Steiermark finanziert und akademisch unterstützt sowie von der „Energie Steiermark AG“ akademisch unterstützt.

Der erste Teil der Diplomarbeit besteht aus der Bestandsaufnahme der aktuellen Angebots-/ Nachfragesituation an Energie, Nahrungsmittel und Futtermittel in der Steiermark. Die Bestandsaufnahme bildet ab ob es eine Über-/ Unterdeckung in der Steiermark gibt.

Der zweite Teil besteht aus dem Design des Technologiennetzwerkmodells PNS und dem Design der Szenarien bei unterschiedlichen Ernährungsgewohnheiten.

Der dritte Teil besteht aus folgenden Ergebnissen:

- Der relative Flächenverbrauch von Acker- und Dauergrünlandflächen bei unterschiedlichen Ernährungsgewohnheiten
- Der Verbrauch von Acker- und Dauergrünlandflächen relativ zu den verfügbaren Flächen
- Die bevorzugten Nutzungspfade für die Nutzung von Holz, Grassilage, Weizenstroh, Maisspindel, Straßenbegleitgrün, Gülle, und landwirtschaftlicher Flächen
- Der Deckungsgrad der aktuellen Energienachfrage mit Bioenergie in der Steiermark
- Sensitivitätsanalysen der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen bezüglich der Papier- und Zellstoffindustrie, der Ökostromtarife, und der Grünen Bioraffinerie

Die Diplomarbeit wird abgerundet mit Empfehlungen und Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen.

## Einführung

In dieser Diplomarbeit werden Methoden zur effizienteren Nutzung von Bioressourcen in der Steiermark untersucht. Das Projekt wird finanziert von der Landwirtschaftskammer Steiermark, die Unterstützung folgt von „Energie Steiermark AG“ und ist Teil des „European Sustainable Energy Innovation Alliance“ Programms.

Der globale Energiemarkt befindet sich in einem strukturellen Wandel der am Bundesland Steiermark nicht spurlos vorüber gehen wird. Um die Klimaziele bis 2020 zu erfüllen muss der Ausstoß an fossilem CO<sub>2</sub> drastisch reduziert werden. Eine Möglichkeit zur CO<sub>2</sub> Reduktion stellt die effizientere Nutzung von Bioressourcen als Energieträger. Auf Grund natürlicher Rahmenbedingungen ist zu beachten, dass Bioressourcen zwar zeitlich unbegrenzt jedoch durch eine endliche Fläche begrenzt werden (Narodoslawsky 2013). Bioressourcen werden jedoch sehr intensiv für stoffliche Zwecke in der Steiermark verwendet. Ein wichtiger Grundpfeiler stellt die Papierindustrie dar, die das verfügbare Holz als Ausgangsstoff für die Papier und Zellstoffindustrie verwendet. In den letzten Jahren wurde die Papier und Zellstoffindustrie auf Grund des sich steigernden globalen Wettbewerbes stark herausgefordert. Ein Ziel dieser Arbeit war ein direkter Vergleich der stofflichen und energetischen Verarbeitungstechnologien von Holz im Hinblick auf Profitabilität.

Eine weitere Möglichkeit zur effizienteren Bioressourcennutzung sind neuartige Bioressourcentechnologien die zu einer höheren Wertschöpfung als die bestehenden Technologien führen können. Diese können entweder für sich alleine stehen oder als Erweiterung für bestehende Technologien implementiert werden. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist die Einbeziehung neuartiger Technologien im bestehenden Bioressourcennetzwerk und ihre ökonomische Bewertung.

Drittens wurde in den in den letzten Jahrzehnten folgender Trend bezogen auf Ernährungsgewohnheiten festgestellt. Die Steiermark ernährt sich vermehrt vegetarisch und biologisch. Veränderte Ernährungsgewohnheiten haben jedoch Konsequenzen auf die verfügbare landwirtschaftliche Fläche in der Steiermark. Dabei können die ungenutzten Flächen, die aus den veränderten Ernährungsgewohnheiten resultieren wiederum zur Bereitstellung von Bioressourcen genutzt werden.

Zusammenfassend ist Ziel dieser Arbeit neuartige Technologien im Zusammenhang mit den entstehenden Technologien zu verwenden und auf ihre Wertschöpfung zu bewerten. Auf Grund von Veränderungen der Ernährungsgewohnheiten entstehen ungenutzte Bioressourcen die wiederum im bestehenden Netzwerk verwendet werden können. Die gezogenen Schlussfolgerungen können als Grundlage für etwaige zukünftige Investitionsentscheidungen in der Steiermark dienen.

## Problemdefinition/Forschungsfragen

### Zielgruppen

Diese Diplomarbeit dient als Bewertungsgrundlage für Entscheidungen für alle Stakeholders, die an der Bioressourcennutzung unmittelbar beteiligt sind. Ergebnisse und Schlussfolgerungen wirken sich auf die steirische Landwirtschaft, die „Energie Steiermark AG“ und die österreichische Papier- und Zellstoffindustrie aus.

### Ausgangslage

Auf die Ausgangslage der aktuellen Versorgungssituation wird im in weiteren Unterkapiteln noch genauer eingegangen. Dabei werden folgende Ausgangssituationen in der Steiermark festgestellt:

- Keine Deckung der Nachfrage an Treibstoff, Wärme und Strom durch Eigenproduktion
- Keine Deckung der Nachfrage an Nahrungsmittel durch Eigenproduktion
- Deckung der Nachfrage an Futtermittel durch Eigenproduktion
- Überdeckung der Nachfrage an Fleisch-, Milchprodukte und Eier

### *Aktuelle Versorgungssituation an Bioressourcen in der Steiermark*

Aktuell werden in der Steiermark ca. 18,7 TWh Treibstoff, 17,1 TWh an Wärmeenergie und 5,8 TWh an Strom netto importiert um den Bedarf zu decken. Der Deckungsgrad für Treibstoff beträgt in etwa 3,1 % der hauptsächlich aus der pflanzlichen Produktion von Treibstoff besteht. Der Eigendeckungsgrad von Wärmeenergie beträgt in etwa 28,9 % der praktisch ausschließlich aus der Verbrennung von Holz besteht. Der Eigendeckungsgrad von Strom beträgt 43,2 %, von dem in etwa 76,6 % aus Wasserkraft, 17,2 % aus Holzvergasung, 7,8 % aus PV und 2,3 % aus Windenergie erzeugt wird.

**Tabelle 1: Angebot und Nachfrage an Energie in der Steiermark (Energie Steiermark 2013)**

Energie	Angebot [TWh]	Nachfrage [TWh]	Netto Import [TWh]	Eigendeckungsgrad
Treibstoff	0,60	19,34	-18,74	3,1%
Wärmeenergie	6,94	24,00	-17,06	28,9%
Strom	4,39	10,15	-5,76	43,2%

Bezüglich den Anbau von Nahrungsmittel wird bei Getreide für Nahrungsmittel der Eigendeckungsgrad mit 6 %, bei Gemüse der Eigendeckungsgrad mit 54 %, bei Kartoffeln der Eigendeckungsgrad mit 31 % und bei Hülsenfrüchte der Eigendeckungsgrad mit 0 % gedeckt. Ursache für die niedrige Eigendeckung bei Getreide und Hülsenfrüchten ist die bevorzugte Verwendung von Getreide und Hülsenfrüchten als Kraftfutter für die Produktion von tierischen Produkten. Bei Kraftfutter gibt es einen Eigendeckungsgrad von ca. 100 %, sodass praktisch das gesamte benötigte Kraftfutter in der Steiermark eigenproduziert wird.

Bei Grünfutter gibt es einen Eigendeckungsgrad von 246 %. Dies bedeutet eine Überkapazität von 146 % an Grünfutter, die für die Bioressourcennutzung verwendet werden kann. Bezüglich der Fleischproduktion wird jeweils ein Eigendeckungsgrad bei Schweinefleisch mit 138 %, bei Rindfleisch mit 349 % und bei Geflügelfleisch mit 239% erzielt. Die Nettoüberschüsse der Fleischproduktion über 100 % Eigendeckungsgrad werden aus der Steiermark exportiert. Bezüglich Milch- und Milchprodukte beträgt der Eigendeckungsgrad 226 % und bei Eiern beträgt der Eigendeckungsgrad 208 %. Bezüglich der Produktion anderer tierischer Produkte wird bei Milch- und Milchprodukte mit 226 % und bei Eiern mit 208 % erzielt. Die landwirtschaftlichen Überschüsse werden hierbei ebenfalls exportiert.

**Tabelle 2: Angebot und Nachfrage an pflanzlichen Nahrungsmittel in der Steiermark (Landwirtschaftskammer Steiermark 2013)**

<b>Nahrungsmittel</b>	<b>Angebot [tsd. t]</b>	<b>Nachfrage [tsd. t]</b>	<b>Netto Import [tsd. t]</b>	<b>Eigendeckungsgrad</b>
<b>Ackerbau</b>				
Getreide für Nahrungsmittel	5,88	92,19	-86,30	6%
Gemüse	70,22	130,99	-60,76	54%
Kartoffeln	21,15	69,00	-47,85	31%
Hülsenfrüchte	0,00	0,53	-0,53	0%

**Tabelle 3: Angebot und Nachfrage an Futtermittel in der Steiermark (Landwirtschaftskammer Steiermark 2013)**

<b>Futtermittel</b>	<b>Angebot [tsd. t TS]</b>	<b>Nachfrage [tsd. t TS]</b>	<b>Netto Import [tsd. t TS]</b>	<b>Eigendeckungsgrad</b>
Kraftfutter	630,08	630,26	-0,19	100%
Grünfutter	1653,79	672,27	981,51	246%

**Tabelle 4: Angebot und Nachfrage an tierischen Nahrungsmittel in der Steiermark (Landwirtschaftskammer Steiermark 2013)**

<b>Nahrungsmittel</b>	<b>Angebot [tsd. t]</b>	<b>Nachfrage [tsd. t]</b>	<b>Netto Import [tsd. t]</b>	<b>Eigendeckungsgrad</b>
<b>Viehhaltung</b>				
Schweinefleisch	66,43	48,29	18,14	138%
Rindfleisch	51,46	14,72	36,73	349%
Geflügelfleisch	34,50	14,45	20,05	239%
Milch und Milchprodukte	340,28	150,54	189,74	226%
Eier	35,73	17,17	18,56	208%

### **Aktuelle Ernährungsgewohnheiten in der Steiermark**

Die Essgewohnheit eines Durchschnittssteirers werden aus den Essgewohnheiten eines Durchschnittsösterreicher verwendet. Die Essgewohnheit besteht im wesentlichen aus pflanzliche und tierische Produkte mit einem biologischen Anteil von 0 bis 15 %. Die wichtigsten Nahrungsquellen eines Durchschnittssteirers pro Jahr bestehen aus 76,2 kg Getreide, 66,2 kg Fleisch, 124,5 kg Milch- und Milchprodukte, 57,1 kg Kartoffeln, 77,1 kg Obst und 108,3 kg Gemüse.

**Tabelle 5: Übersicht der wichtigsten Nahrungsmittel eines Durchschnittssteirers (Statistik Austria 2013)**

Nahrungsmittel	Nahrungsmittelverbrauch [kg/(Person*Jahr)]	konv. Anteil	biolog. Anteil
Getreide	76,2	96,8%	3,2%
Mais	13,4	96,8%	3,2%
Pflanzliche Öle	13,3	97,0%	3,0%
Obst	77,1	90,0%	10,0%
Gemüse	108,3	88,4%	11,6%
Kartoffeln	57,1	82,7%	17,3%
Hülsenfrüchte	0,4	96,8%	3,2%
Zucker	37,7	99,3%	0,7%
Wein	30,5	93,2%	6,8%
Fleisch	66,1	96,3%	3,7%
Eier	14,2	81,7%	18,3%
Milch und Milchprodukte	124,5	85,4%	14,6%

### **Problemdefinition**

Folgende Aspekte werden im Zuge dieser Diplomarbeit diskutiert:

- Aktuell befinden sich die Einwohner der Steiermark in einem Wandel der Ernährungsgewohnheiten. Dieser Trend entwickelt sich einerseits in Richtung vegetarischer andererseits biologischer Ernährungsgewohnheit. Eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten hat Auswirkungen auf die Flächenverbräuche von landwirtschaftlichen Flächen in der Steiermark. Dabei stellt sich die Frage ob und wie weit die Eigenversorgung von landwirtschaftlichen Produkten in der Steiermark bei verändernder Ernährungsgewohnheiten gewährleistet werden kann.
- In die Steiermark wird jedes Jahr Energie in Form von 18,7 TWh Treibstoff, 17,1 TWh Wärme und 5,7 TWh Strom für die Deckung der Nachfrage importiert. Dabei gibt es Interessenskonflikte zwischen der stofflichen und energetischen Nutzung von Bioressourcen auf die in dieser Dipomarbeit näher eingegangen werden. Weiters stellt sich noch die die Frage wie weit der Importüberschuss mit der Nutzung überschüssiger Bioressourcen in gedeckt werden kann.



- In den letzten Jahren wurde die Papier- und Zellstoffindustrie in der Steiermark auf Grund des steigenden globalen Wettbewerbes wirtschaftlich stark herausgefordert. Die operative Marge der Industrie hängt von der Differenz des globalen Zellstoffpreises als Produkt und der regional unterschiedlichen Preise für Schleif/Faserholz als Rohstoff ab. Eine Fragestellung in der Diplomarbeit beinhaltet ab welchem Zellstoffpreis die energetische Nutzung von Holz vor der stofflichen Nutzung von Holz bevorzugt wird.
- Auf Grund steigender Rohstoffkosten von erneuerbaren Energien wurde in den letzten Jahren Biogasanlagenbetreiber und andere Versorger von Bioenergie wirtschaftlich sehr stark herausgefordert. Auf Grund der hohen Betriebskosten und Rohstoffkosten von Bioenergie stellt sich die Frage ob bei Reduktion der aktuellen Einspeisevergütung von Biogas- und Biomassestrom auf den aktuellen Energiepreis von Strom die Wettbewerbsfähigkeit von Bioenergie noch besteht.
- Andererseits wurden Technologien in den letzten Jahren entwickelt, die in die Wertschöpfungskette von Bioenergie integriert werden können und somit die Gesamtwertschöpfung der Bioenergieversorgung stark verbessern können. Dabei stellt sich die Frage wie sehr eine technologische Integration von neuartigen Technologien in bestehenden Technologien die Gesamtwertschöpfung positiv beeinflussen.

## Design der Forschungsarbeit

### Geographische Aspekte der Versorgungssituation an Bioressourcen in der Steiermark

Die Steiermark besteht aus 1,26 Mio ha Gesamtfläche, die für die Bioressourcennutzung zur Verfügung stehen. Daraus bestehen ca. 67,7 % aus Waldfläche, ca. 19,9 % aus Dauergrünland, 12,5 % aus Acker- und Dauerkulturland.

Auf Grund der inhomogenen Verteilung der Bioressourcen in wird die Steiermark in Region 1 (R1) und Region 2 (R2) aufgeteilt. Dabei wird eine Grenze nördlich der Bezirksgrenzen Weiz, Graz-Umgebung und Voitsberg gezogen (vgl. Abbildung 1).

Im Vergleich der Flächenaufteilung in R1 und R2 fällt auf, dass die Acker- und Dauerkulturfläche in R1 mit 26,6 % disproportional höher liegt als in R2 mit 1,7 %. Die Waldfläche überwiegt etwas in R2 mit 77,6 % als in R1 mit 54,6 %. Die Dauergrünfläche ist prozentual ähnlich mit 18,8 % in R1 und 20,7 % in R2 aufgeteilt.

Tabelle 6: Flächenaufteilung nach Regionen in der Steiermark (Agrarstrukturerhebung 2010)

	Gesamtfläche	Dauergrünland		Acker- und Dauerkulturland		Waldfläche	
		Absolut [ha]	Absolut [ha]	Prozentuell [%]	Absolut [ha]	Prozentuell [%]	Absolut [ha]
R1	542.760	102.162	18,8	144.505	26,6	296.093	54,6
R2	716.542	148.148	20,7	12.396	1,7	555.998	77,6
Gesamt	1.259.302	250.310	19,9	156.901	12,5	852.091	67,7

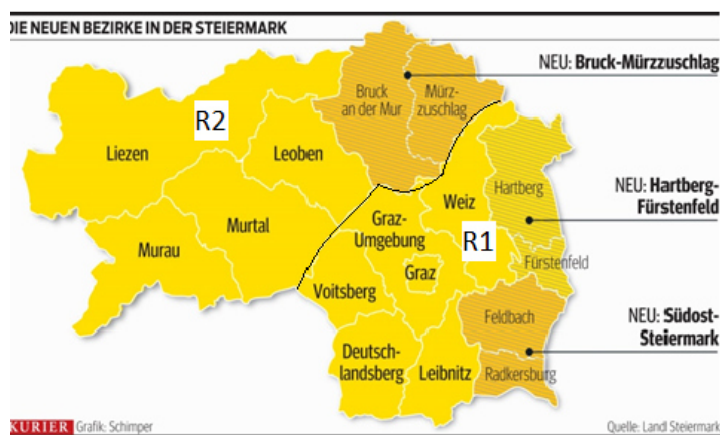


Abbildung 1: Aufteilung der Steiermark in R1 und R2

Für eine umfassende Analyse wird die PNS (Prozessnetzwerksynthese) Methode in R1 und R2 getrennt angewandt. Dabei werden die gleichen Maximalstrukturen mit unterschiedlichen Eduktströmen (Eingangsströme) aus R1 und R2 verwendet. Für die Ermittlung der Transportkosten zwischen den Prozessanlagen wird ein Transportmodell verwendet, das die unterschiedlichen Einzugsgebiete in R1 und R2 getrennt berücksichtigt.

## Umwandlung der Ernährungsgewohnheiten in landwirtschaftliche Flächenverbräuche

### Allgemeines

Zunächst werden die tierischen Nahrungsmittelverbräuche des Durchschnittssteirers an Milch-, Fleischprodukte und Eier in Futtermittelverbräuche umgewandelt. Die Futtermittelverbräuche **FV** und pflanzlichen Nahrungsmittelverbräuche **PNV** werden über die landwirtschaftliche Flächenerträge **FE** in Flächenverbräuche **FLV** umgewandelt. Die **FLVs** werden für konventionelle und biologische Wirtschaftsweise getrennt berechnet. Bei Getreide, Obst und Gemüse wird mit den gesamten pflanzlichen Nahrungsmittelverbräuchen, den durchschnittlichen Flächenerträge und den durchschnittlichen konv./biolog. Anteil gerechnet.

$$FLV = \frac{FV/PNV * \text{konv./biolog. Anteil}}{FE_{\text{konv./biolog.}}}$$

Die biologischen und konventionellen Flächenverbräuche werden zusammengefasst, über alle Feldfrüchte als Acker- und Dauerkulturfläche und über Grünfutter als Grünfläche aufsummiert. Die vereinigten Flächenverbräuche pro Durchschnittssteirer werden auf die Gesamteinwohnerzahl in der Steiermark hochgerechnet. Die entstehenden Gesamtflächenverbräuche werden von den verfügbaren Flächen in der Steiermark subtrahiert. Die Differenz aus den verfügbaren und den benötigten landwirtschaftlichen Flächen gibt Auskunft wie viel frei verfügbare Fläche oder ein Defizit an Fläche für das jeweilige Ernährungsszenario vorhanden ist. Frei verfügbare Fläche kann über die PNS Struktur als Eingangsstrom für andere Zwecke der Bioressourcennutzung verwendet werden.

### Umwandlung der Fleischverbräuche in Futtermittelverbräuche

Zunächst werden die Futtermittelaufwände der Trockensubstanz der Tiere bezogen auf Lebendgewicht **FA<sub>TS, LG</sub>** auf die Futtermittelaufwände feucht bezogen auf Schlachtgewicht **FA<sub>feucht, SG</sub>** umgerechnet. Diese Rechnung wird für konventionelle und biologische Wirtschaftsweise und für jede Futtermittelsorte getrennt durchgeführt. Bei Grassilage wird die Trockensubstanz **TS** nicht miteinbezogen.

$$FA_{\text{feucht, SG}} = FA_{\text{TS, LG}} * \frac{LG}{SG} * \frac{1}{TS}$$

Die  $FA_{feucht,SG}$  werden mit dem tierischen Nahrungsmittelverbrauch  $TNV$  in Futtermittelverbräuche  $FV_{Fleisch}$  umgewandelt.

$$FV_{Fleisch} = FA_{feucht,SG} * TNV$$

Die Ergebnisse aus  $FV_{Fleisch}$  werden für die Ermittlung der Flächenverbräuche durchgeführt.

### Umwandlung der Nahrungsmittelverbräuche aus Milchprodukte in Futtermittelverbräuche

Die Futtermittelaufwände der Trockensubstanz Feldfrucht der Rohmilch  $FA_{TS,Rohmilch}$  werden über die Ausbeute der Vollmilch  $ABV$  aus der Rohmilch auf die Futtermittelaufwände feucht der  $FA_{feucht,Vollmilch}$  umgerechnet. Diese Rechnung wird für konventionelle und biologische Wirtschaftsweise und für jede Futtermittelsorte getrennt durchgeführt.

$$FA_{feucht,Vollmilch} = FA_{TS,Rohmilch} * ABV * \frac{1}{TS}$$

Aus den  $FA_{feucht,Vollmilch}$  werden über die Ausbeute des Rahmes  $ABR$  die Futtermittelaufwände für Rahm ermittelt.

$$FA_{feucht,Rahm} = FA_{feucht,Vollmilch} * ABR$$

Die Nahrungsmittelverbräuche an Käse  $NV_{Käse}$  werden über die Ausbeute Käse aus Rahm  $ABK$  in Nahrungsmittelverbräuche Rahmäquivalente  $NV_{Rahmäquivalente}$  umgewandelt.

$$NV_{Rahmäquivalente} = NV_{Käse} * ABK$$

Die Nahrungsmittelverbräuche an Butter  $NV_{Butter}$  werden über die Ausbeute Butter aus Rohmilch  $ABB$  in Nahrungsmittelverbräuche an Rohmilchäquivalente  $NV_{Rohmilchäquivalente}$  umgewandelt.

$$NV_{Rohmilchäquivalente} = NV_{Butter} * ABB$$

Die ermittelten Futtermittelaufwände  $FAs$  werden mit den aus den Nahrungsmittelverbräuchen  $NVs$  in Futtermittelverbräuche  $FVs$  umgewandelt.

$$FV_{Rohmilch} = FA_{feucht,Rohmilch} * NV_{Rohmilchäquivalente}$$

$$FV_{Vollmilch} = FA_{feucht,Vollmilch} * NV_{Vollmilch}$$

$$FV_{Rahm} = FA_{feucht,Rahm} * NV_{Rahm+Rahmäquivalente}$$

Die Ergebnisse aus den Futtermittelverbräuche  $FVs$  werden für die Ermittlung der Flächenverbräuche  $FLVs$  durchgeführt.

Umwandlung der Nahrungsmittelverbräuche Eier in Futtermittelverbräuche

Die Futtermittelaufwände der Trockensubstanz Feldfrucht eines Eies  $FA_{TS,Ei}$  wird über die Masse eines Eies  $m_{Ei}$  und dem  $TS$  Gehalt der Feldfrucht in Futtermittelaufwände pro kg Ei  $FA_{pro\ kg\ Ei,\ feucht}$  umgewandelt. Diese Rechnung wird für konventionelle und biologische Wirtschaftsweise und für jede Futtermittelsorte getrennt durchgeführt.

$$FA_{pro\ kg\ Ei,\ feucht} = FA_{TS,Ei} * \frac{1}{m_{Ei} * TS}$$

Die ermittelten Futtermittelaufwände  $FA$  werden mit den aus den Nahrungsmittelverbräuchen  $NV$  in Futtermittelverbräuche  $FV$  umgewandelt.

$$FV_{Ei} = FA_{pro\ kg\ Ei,\ feucht} * NV_{Ei}$$

Die Ergebnisse aus Futtermittelverbrauch Ei  $FV_{Ei}$  werden für die Ermittlung der Flächenverbräuche durchgeführt.

## PNS Methode

### Allgemeines

Anhand der PNS (Prozessnetzwerksynthese) werden aus einem komplexen Technologienetzwerk jene Pfade mit der höchsten Wertschöpfung gewählt. Dabei beruht die Entscheidung auf kombinatorischen Regeln die Limitierungen und Konkurrenzen der Technologien berücksichtigt. Dabei wird folgendermaßen vorgegangen:

1. Erzeugung der Maximalstruktur
2. Erzeugung der Optimalstruktur

Zu 1: Unter Maximalstruktur wird ein Netzwerk verstanden das aus mehreren miteinander verknüpften Einzelumwandlungsschritten besteht. Abgebildet werden die Einzelumwandlungsschritte durch sogenannte P-Graphen die aus Material- oder Energieströme und den Umwandlungseinheiten bestehen. Als Material- oder Energieströme werden Edukt-, Zwischenprodukt und Produktströme definiert, die entweder in oder aus der Umwandlungseinheit strömen. Bei den Eduktströme werden sowohl die Menge als auch die Kosten für Rohmaterialien definiert. Bei den Produktströme werden sowohl die Menge als auch der Verkaufspreis für die Produkte definiert. Bei den Zwischenprodukten wird nur die Menge definiert. Alle Ströme sind auf einer Einheit pro Jahr definiert.

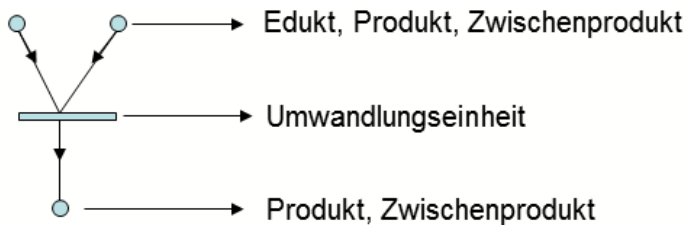


Abbildung 2: Aufbau eines P- Graphen

Die Umwandlungseinheit bildet die Prozessanlage ab, die neben den Strömen auch Investitions- und Betriebskosten sowie den Abschreibungszeitraum der Anlagen berücksichtigt. Dabei werden Investitionskosten pro Jahr für einen Abschreibungszeitraum von 10 Jahren unverzinst berechnet. Zusätzlich werden noch bei bestimmten Umwandlungseinheiten mehrere Ausführungen mit unterschiedlichen Skalenfaktoren in die Maximalstruktur eingegeben. Der Degressionsfaktor beim Upscaling beträgt, wenn nicht anders erwähnt, 0,7. Als weitere Rahmenbedingung wurde noch die Mindestauslastung der Umwandlungseinheiten von 60 % definiert. Bei Eingangsströme unter der Mindestauslastung bleibt die Umwandlungseinheit inaktiv. Es können beliebig viele Umwandlungseinheiten für die Umsetzung verwendet werden.

Zu 2. Aus der Maximalstruktur wird unter der Berücksichtigung limitierender Faktoren, Konkurrenztechnologien und Konflikte jene Pfade gewählt die zur maximalen Gesamtwertschöpfung führen. Die maximale Gesamtwertschöpfung wird durch Subtraktion aller möglichen Kosten der Edukte und Anlagen von den möglichen Erträgen der Produkte auf kombinatorischer Basis ermittelt. Für die Generierung der Optimalstruktur wird der ABB (Accelerated Branch and Bound) Algorithmus verwendet.

### Nutzungswege

Die Maximalstrukturen in den Abbildungen 3,4,5,6; bestehen aus folgende Teile: Edukte sind grün markiert, Zwischenprodukte sind grau markiert, Prozesse sind gelb und eckig markiert und Produkte sind rot markiert;

- Nutzungsweg Holz

Die Nutzungsweg Holz beschreibt im wesentlichen die mit Holz in Verbindung stehenden Wertschöpfungsketten. Darunter können aus den Ausgangsstoffen Sägerundholz, Brennholz, Schleifholz, Waldhackgut und Kurzumtrieb aus Ackerfläche folgende Produkte gewonnen werden. Sägerundholz wird zu Schnittholz und Schnittholzabfall verarbeitet. Schnittholz wird zu marktüblichen regionalen Preisen verkauft und der Schnittholzabfall wird über den Chopper zu Hackschnitzel weiterverarbeitet. Auf Grund der beidseitigen Nutzungsmöglichkeit kann entweder Holz als Brennholz oder oder Holz als Schleifholz verwendet werden. Bei der Brennholznutzung kann entweder zwischen Scheitholz oder der Weiterverarbeitung zu Hackschnitzel gewählt werden. Scheitholz wird zu marktüblichen

regionalen Marktpreisen verkauft. Schleifholz wird im Papierprozess zu Papier und Schwarzlauge weiterverarbeitet. Papier wird zum aktuellen Weltmarktpreis verkauft. Schwarzlauge wird über den BIGCC (Biomass Integrated Gasification Combined Cycle) vergast und zu Wärme und Strom verarbeitet. Hackschnitzel wird auf einen Feuchtegehalt von 25 % getrocknet und kann entweder zur industriellen Energieproduktion verwendet oder weiter und pelletiert werden. Bei der industriellen Energieproduktion kann Hackschnitzel entweder über den ORC (Organic Rankine Cycle) zu Strom und Fernwärme, über den Industrieofen zu Wärme oder über die Vergasung zu Strom und Fernwärme weiterverarbeitet werden. Die Hackschnitzel mit 25 % Feuchtegehalt werden weiter zu 10 % Feuchtegehalt getrocknet, pelletiert und entweder als Pellets oder als individuelle Wärme verkauft.

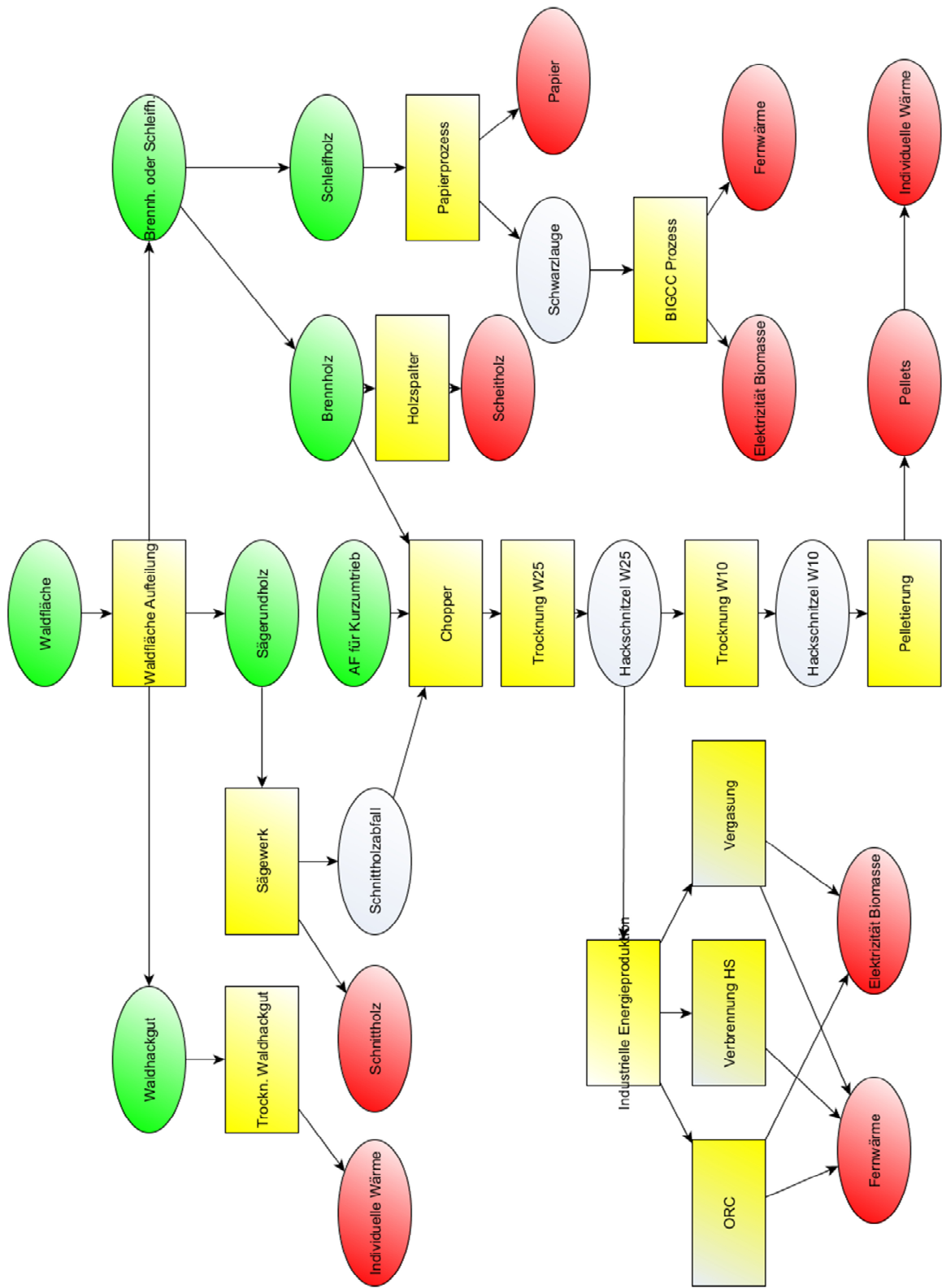


Abbildung 3: Nutzungsweg Holz



- Nutzungsweg Biogas

Prinzipiell kann die Biogasanlage mit unterschiedlichen Bioressourceneingangsströme versorgt werden. Die Biogasanlage wandelt die Bioressourcen entweder in Upgraded Biogas oder in Wärme und Strom über die energetische Nutzung um. Als Eingangsströme können Grassilage aus der überschüssigen Grünfläche, Biomüll, Straßenbegleitgrün und Gülle aus Rinder Schweine und Geflügel verwendet werden. Dabei werden folgende Biogasanlagentypen definiert: 100 % Gülle, 50 % Gülle/ 50 % Grassilage, 75 % Gülle/ 25 % Grassilage, 100 % Grassilage, und 50 % Gülle/25 % Grassilage/25 % Biomüll. Grassilage kann entweder direkt zur Biogasherstellung verwendet werden oder indirekt über die Abfallströme der Grünen Bioraffinerie. In der Grünen Bioraffinerie werden in der Fraktionierung die Grassilage gemahlen und der entstehende Presssaft vom Presskuchen abgetrennt. Aus dem Presssaft werden weiters Aminosäuren und Milchsäure extrahiert und diese zu marktüblichen Preisen verkauft. Die vereinigten Abfallströme GBR werden als Eingangsstrom für die Biogasanlage verwendet. Für die energetische Nutzung wird Biogas entweder über die Biogasverbrennung zu Fernwärme oder über das BHKW (Blockheizkraftwerk) zu Elektrizität Biogas und Fernwärme verarbeitet. Der entstehende Gärrest wird auf die Felder als Dünger ausgetragen.

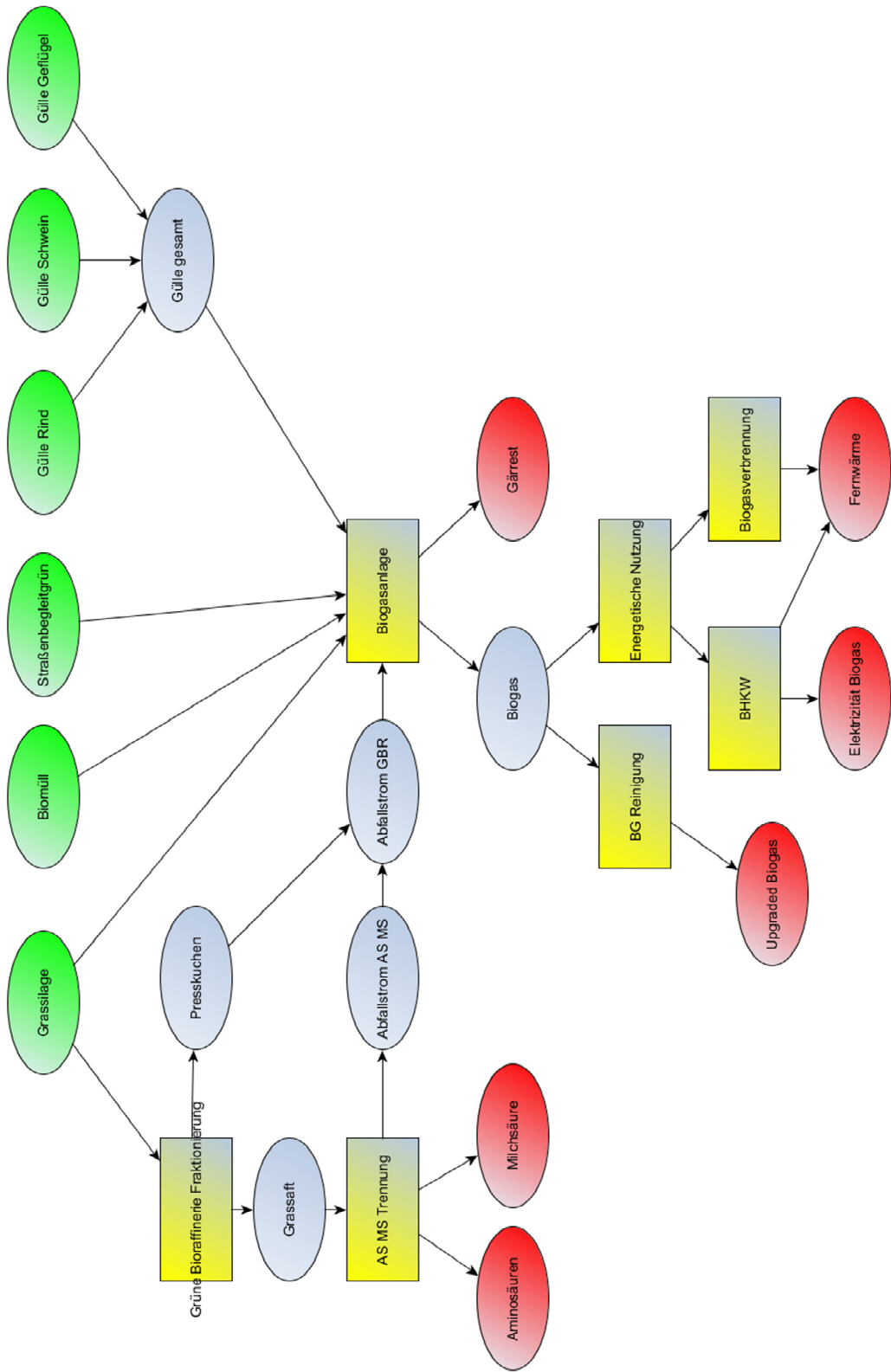


Abbildung 4: Nutzungsweg Biogas

- Nutzungsweg Maisspindel und Weizenstroh

Maisspindel wird auf 15 % Feuchtegehalt getrocknet und kann entweder zu Maisspindelresten oder über die Verbrennung zu Fernwärme verarbeitet werden. Weizenstroh wird pelletiert und kann über die Verbrennung Stroh zu Fernwärme, über die Vergasung zu Fernwärme und Elektrizität Biomasse oder über die Pyrolyse zu Pyrolysekoks und Pyrolyseöl verarbeitet werden.

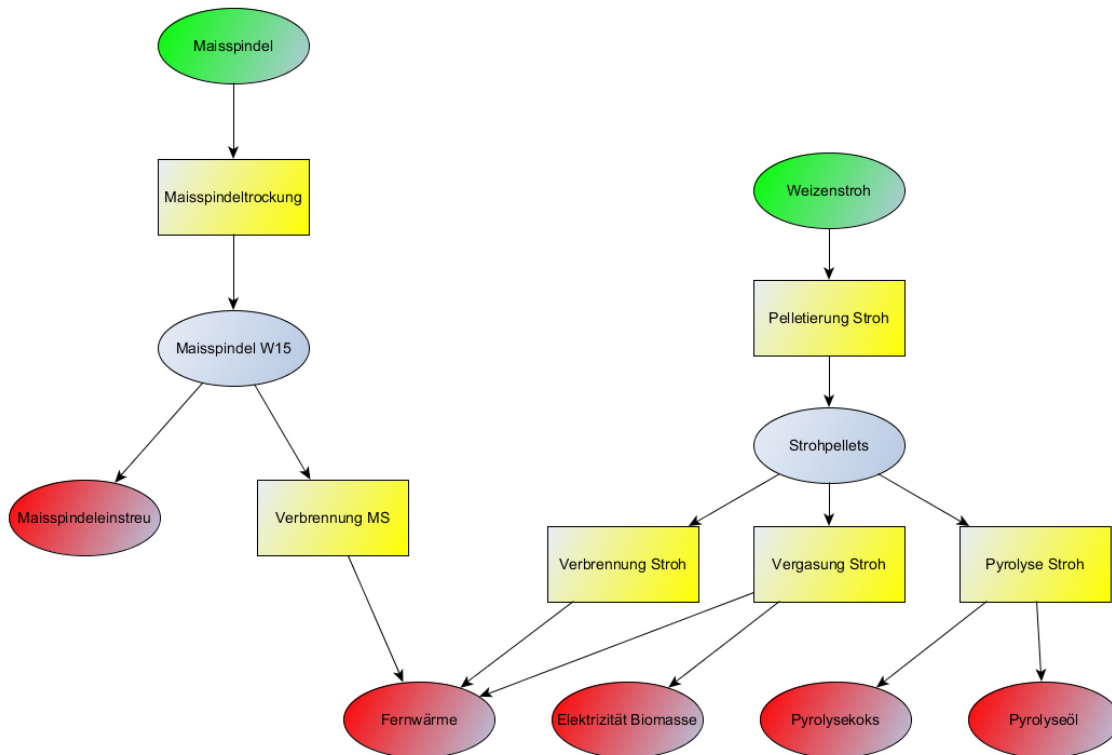


Abbildung 5: Nutzungsweg Maisspindel und Weizenstroh

- Nutzungsweg Ackerfläche

Ackerfläche kann in unterschiedlichen Pfaden genutzt werden. Einerseits kann Ackerfläche als Kurzumtrieb genutzt werden, andererseits kann Ackerfläche für den Weizen-, Mais-, Sonnenblumen- und Rapsanbau verwendet werden. Der Pfad über den Kurzumtrieb geht über den Chopper in die Hackschnitzelverarbeitung ein. Bei den Pfaden über den Weizen- und Maisanbau entsteht als Hauptprodukt Ethanol. Bei den Pfaden über Sonnenblumen und Raps entstehen als Hauptprodukte Biodiesel oder Speiseöl. Als Nebenprodukt entsteht bei allen landwirtschaftlichen Nutzungen Stroh das pelletiert wird und den gleichen Pfad wie die Weizenstrohverarbeitung in Maximalstruktur Maisspindel und Weizenstroh erfährt. Als Nebenprodukt der Ethanolherstellung entsteht Schlempe aus den Destillationsprozess die

für die Biogasproduktion verwendet wird. Als Nebenprodukt der Biodieselherstellung entsteht Glycerin das für die Biogasproduktion verwendet wird.

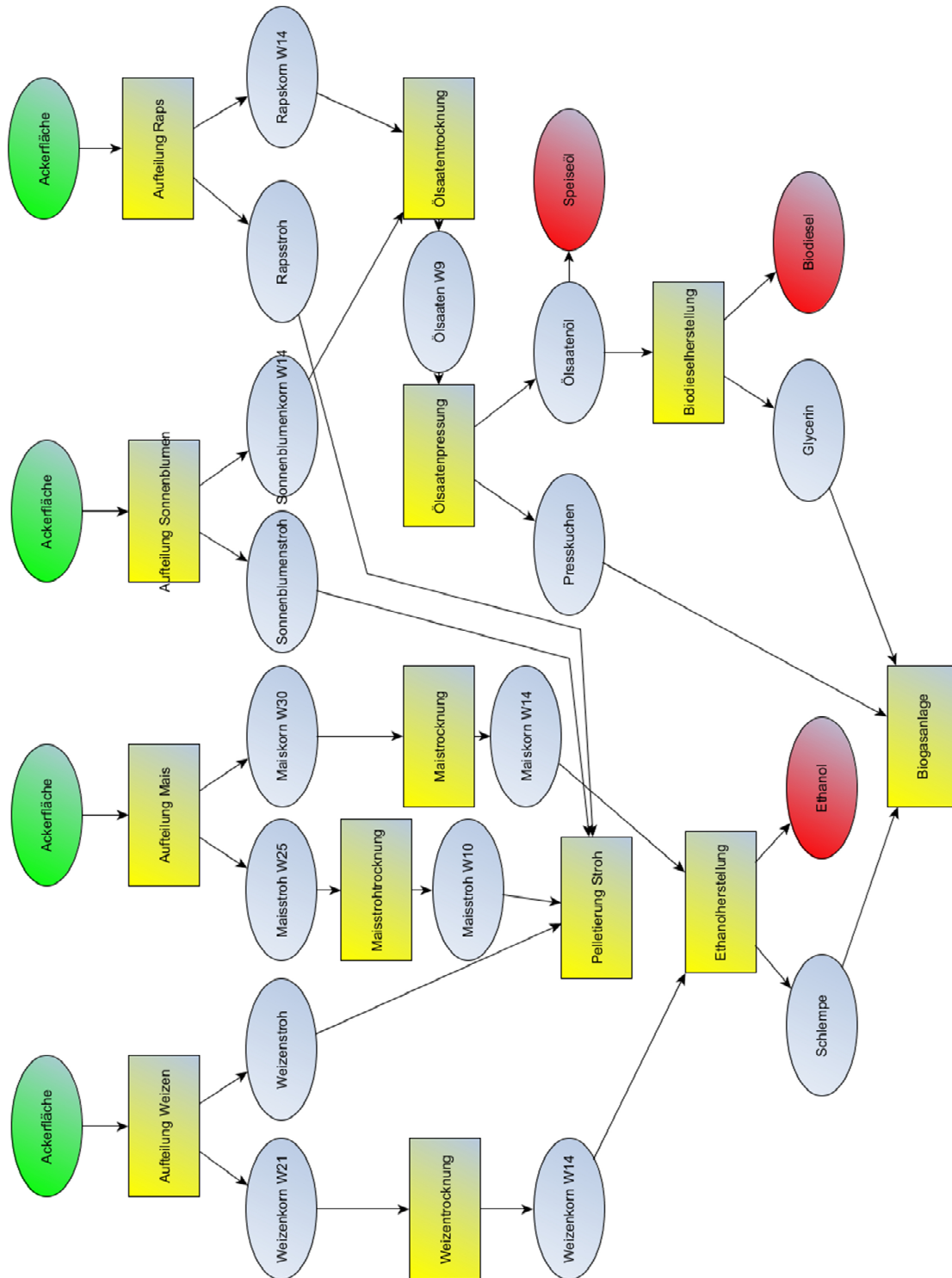


Abbildung 6: Nutzungsweg Ackerfläche

## Transportmodell

Die entstehenden Transportkosten von Bioressourcen zu den Industrieanlagen werden anhand eines Transportmodells modelliert. Jede Industrieanlage besitzt ein bestimmtes als kreisförmig angenommenes Einzugsgebiet dessen Größe von der Menge des umgesetzten Materials zur Industrieanlage abhängig ist. Dabei legen Transportmittel innerhalb des kreisförmigen Einzugsgebietes eine bestimmte Wegstrecke zurück, die in Transportkosten umgewandelt werden. Die Transportkosten wurden für Region 1 und Region 2 getrennt berechnet. Die Transportkosten setzen sich wie folgt zusammen:

$$\text{Transportkosten} = \text{Spez. Transportkosten} * \text{Transportleistung} * 2$$

Die spezifischen Transportkosten entsprechen den Transportkosten die für ein bestimmtes Transportmittel bei maximaler Wegstrecke entstehen. Als Transportmittel werden, abhängig von der transportierten Wegstrecke, Schlepper oder LKW verwendet. Der Faktor 2 fließt auf Grund des Hinweges und der Leerfahrt in die Gleichung mitein. Die spez. Transportkosten entsprechen den Transportkosten eines Transportmittels und werden wie folgt berechnet:

$$\text{Spez. Transportkosten} = \frac{\text{Transportkosten bei max. WS}}{\text{max. WS} * \text{spez. Transportmenge}}$$

Die max. WS entspricht der maximalen Wegstrecke die ein Transportmittel zurücklegt. Die spez. Transportmenge entspricht der Transportmenge die ein Transportmittel transportiert.

Die Transportleistung wird wie folgt berechnet:

$$\text{Transportleistung} = \text{Mittl. Transportstrecke} * \text{Input der Anlagen}$$

Der Input der Anlagen entspricht dem Eingangsstrom in die Anlagen. Die mittl. Transportstrecke wird durch Berechnung über den Flächenverbrauch folgendermaßen ermittelt:

$$\text{Mittl. Transportstrecke} = \frac{2}{3} * \sqrt{\frac{2}{\pi} * \sqrt{\text{Flächenverbrauch}}^1}$$

Der Flächenverbrauch entspricht dem Einzugsgebiet der Bioressourcen zu den Anlagen und wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{Flächenverbrauch} = \frac{\text{Input der Anlagen} * \text{Restriktionskoeffizient}}{\text{Flächenertrag} * \text{Anteil an der Gesamtfläche}}$$

Der Restriktionskoeffizient dient zur Erfassung des Fruchtwechsels von landwirtschaftlichen Produkten. Bei Produkten die z.B. nur alle 4 Jahre angebaut werden können entspricht der Restriktionskoeffizient 4. Für folgende Materialien in Abbildung 7 wurden Transportkosten berechnet. Für die Edukte aus Holz, Biogas und Maisspindel werden keine Transportkosten

---

<sup>1</sup> Systemanalytische Untersuchung zum Aufkommen und zur Bereitstellung, Kappler G., 2007, S. 61.

berechnet. Hier sind die Transportkosten im Eduktpreis bereits inkludiert. Bei der Holzverarbeitung werden Transportkosten für Hackschnitzel W25 und Hackschnitzel W10 berechnet. Bei der Biogasherstellung werden Transportkosten für die Ausbringung von Gärrest auf Acker- und Dauergrünland berechnet. Bei der Ausbringung von Gärrest gibt es keine Leerfahrt auf Grund der Mitnahme von Gülle vor Ort. Bei dem Anbau von Feldfrüchten passiert die Trennung und Trocknung von Feldfrucht und Stroh vor Ort und für den Transport von Feldfrucht und Stroh zu den Anlagen werden Transportkosten berechnet. Für die energetische Nutzung von Strohpellets werden Transportkosten berechnet.

Alle Daten und Quellen zu diesem Kapitel befinden sich in Appendix und Quellen.

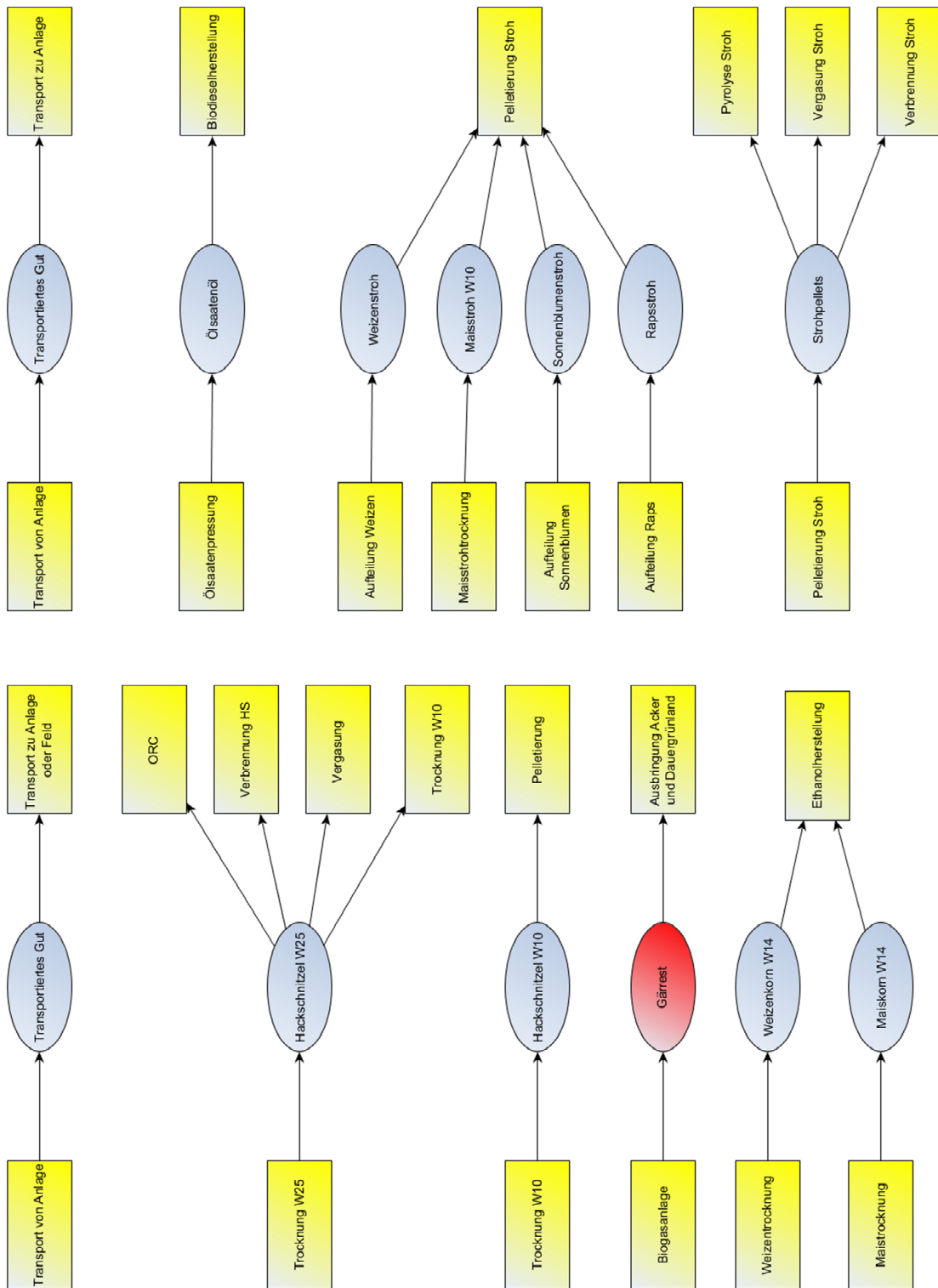


Abbildung 7: Angewandte Transportmodelle bei folgenden Materialien

## Design der Szenarien

### Design der Ernährungsszenarien

Wie aus dem Unterkapitel „Aktuelle Versorgungssituation an Bioressourcen in der Steiermark“ ersichtlich ist wird in die Steiermark Nahrungsmittel netto importiert, Kraftfutter in der Steiermark 100 % ig eigengedeckt und Fleisch aus der Steiermark netto exportiert. Dabei stellt sich die Frage wie weit sich die Steiermark Nahrungsmittelautark versorgen kann. Aus dem Unterkapitel „Aktuelle Ernährungsgewohnheit in der Steiermark“ und dem Kapitel „Appendix und Quellen“ wird der Nahrungsmittelverbrauch des Durchschnittsteirers auf Flächenverbräuche umgewandelt und mit den verfügbaren Flächenverbräuchen<sup>2</sup> verglichen. Für eine transparente Darstellung werden die Flächenverbräuche der darauffolgenden 3 Szenarien zum Grundzenario „Fleischesser Normal-FN“ normiert. Die theoretischen Nutzungsgrade werden aus dem Quotienten der benötigten Flächen zu den verfügbaren Flächen gebildet. Dabei gibt es für die entworfenen Ernährungsszenarien folgende Parameterabweichungen:

#### *Szenario „Fleischesser Normal-FN“*

Das Szenario „FN“ entspricht dem Flächenverbrauch des Normsteirers bei aktueller biolog./konventionelle Wirtschaftsweise. Bei diesem Szenario werden keine Parameter geändert.

#### *Szenario „Fleischesser Bio-FB“*

Das Szenario „FB“ entspricht dem Flächenverbrauch des Normsteirers bei 100 %ig biologischer Anbaumethode. Bei diesem Szenario wird bei allen konsumierten Lebensmitteln die biologische Wirtschaftsweise auf 100% und die konventionelle Wirtschaftsweise auf 0 % gesetzt.

#### *Szenario „Vegetarier Normal-VN“*

Das Szenario „VN“ entspricht dem Flächenverbrauch des Normsteirers bei 100 %ig vegetarischer Ernährungsgewohnheit und aktuell biolog./konventioneller Wirtschaftsweise. Bei diesem Szenario wird der Fleischverbrauch von ca. 66,1 kg/Jahr vollständig kalorienäquivalent mit Hülsenfrüchte von ca. 37,6kg/Jahr ersetzt. Hülsenfrüchte inkludieren Erbsen, Bohnen und Sojaprodukte.

#### *Szenario „Vegetarier Bio-VB“*

Das Szenario „VB“ entspricht dem Flächenverbrauch des Normsteirers bei 100 %ig vegetarischer Ernährungsgewohnheit und 100% ig biologischer Wirtschaftsweise. Bei diesem Szenario werden die Parameter sowohl auf 100 % biologische Wirtschaftsweise (siehe Szenario „FB“) als auf vollständiger Ersatz von Fleisch auf Hülsenfrüchte (siehe Szenario „VN“) geändert.

---

<sup>2</sup> Agrarstrukturerhebung Steiermark 2010



### Design der Bioressourcenszenarien

Die überschüssigen Acker- Dauerkultur und Dauergrünflächen aus Szenario „FN“ und Szenario „VN“ wird gemeinsam mit den übrigen anfallenden Bioressourcen genutzt. Daraus werden 2 Bioressourcenszenarien aus „Fleischesser Normal - FN“ und „Vegetarier Normal – VN“ gebildet. Bei beiden Szenarien werden folgende gemeinsame Eingangsströme verwendet (für Mengenangaben siehe Appendix und Quellen):

- 8 % der gesamten Waldfläche
- 1/3 des verfügbaren Maisspindels
- 1/3 des verfügbaren Weizenstrohs
- 100 % des Biomülls und des Straßenbegleitgrüns
- 50 % der Rinder-, Schweine-, und Geflügelgülle

Für Bioressourcenszenario „FN“ wird noch zusätzlich 50 % der überschüssigen Grünfläche die aus dem Ernährungsszenario resultiert verwendet. Für Bioressourcenszenario „VN“ wird noch zusätzlich 50 % der überschüssigen Grünfläche und 100 % der überschüssigen Ackerfläche die aus dem Ernährungsszenario resultiert verwendet. Die Grünfläche wird bei beiden Szenarien mit Hilfe von

$$GS = F * E * TS * 50 \%$$

In Grassilage umgewandelt. Dabei wird die Grünfläche  $F$  wird mit dem Flächenertrag  $E = 26,7 \text{ T FM/ha}$ , dem Trockensubstanzgehalt  $TS = 0,225 \text{ t - atro/T FM}$  und dem Nutzungsgrad von 50 % multipliziert um die produzierte Trockenmasse an Grassilage  $GS$  zu erhalten (siehe Grassilage in Appendix und Quellen).

## Ergebnisse und Empfehlungen

### Ergebnisse der Szenarien

#### Ergebnisse der Ernährungsszenarien

Der Vergleich der normierten Flächenverbräuche zeigt, dass eine Umstellung der aktuellen Ernährungsgewohnheit in „FN“ zur 100% iger biologischer Ernährungsgewohnheit im Szenario „FB“ zu einer Erhöhung des Gesamtflächenverbrauches um 47 % führt.

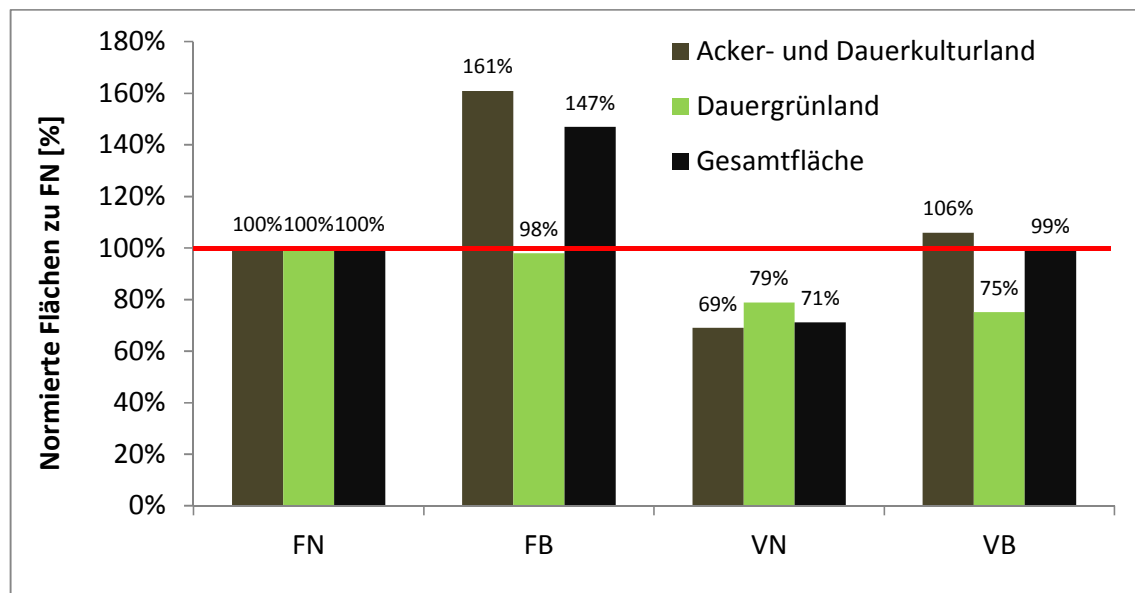


Abbildung 8: Normierte Flächenverbräuche der Szenarien

Andererseits führt eine Umstellung der aktuellen Ernährungsgewohnheit in „FN“ zur 100% iger vegetarischer Ernährungsgewohnheit im Szenario „VN“ zu einer Reduktion des Gesamtflächenverbrauches um 29 % Punkte auf 71 %. Bei 100 % iger vegetarischer und biologischer Ernährung im Szenario „VB“ liegt der Gesamtflächenbedarf in etwa gleich wie Grundscenario „FN“.

Die Flächenverbräuche bei Acker- und Dauerkulturland liegen bei 100 %ig biologischer Ernährungsgewohnheit in „FB“ um 61 % Punkte höher als bei aktueller Ernährungsgewohnheit „FN“. Die Flächenverbräuche an Dauergrünland liegen bei vegetarischer Ernährung in „VN“ um 21 % Punkte niedriger als bei aktueller aktueller Ernährungsgewohnheit „FN“.

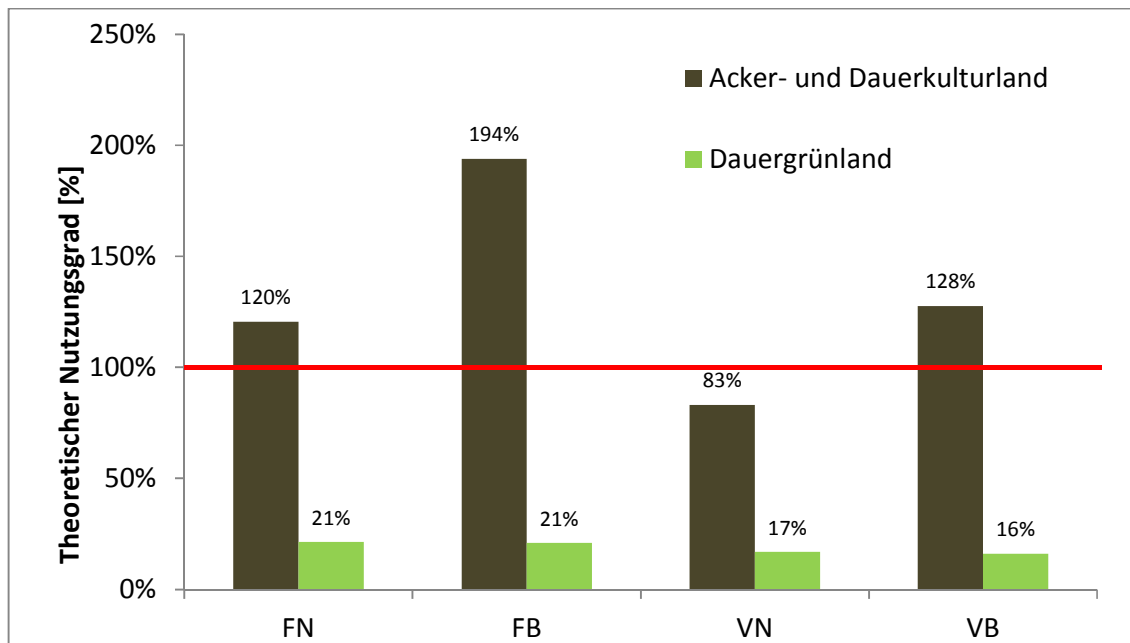


Abbildung 9: Theoretische Nutzungsgrade der Flächenverbräuche aus den Ernährungsszenarien

#### **Ernährungsszenario „Fleischesser Normal-FN“**

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass die verfügbare Acker- und Dauerkulturläche für das Szenario „FN“ nicht ausreicht. Für die beiden Regionen R1 und R2 werden eine Gesamtunterdeckung für Acker – und Dauerkulturläche von -32.000 ha ermittelt das 20 % der verfügbaren Fläche entspricht. Andererseits werden für Szenario „FN“ nur 21 % der Grünfläche genutzt und es stehen 197.000 ha der Grünfläche für eine andersartige Bioressourcennutzung frei zur Verfügung.

#### **Ernährungsszenario „Fleischesser Bio-FB“**

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass die verfügbare Acker- und Dauerkulturläche für das Szenario „FB“ nicht ausreicht. Für die beiden Regionen R1 und R2 werden eine Gesamtunterdeckung für Acker – und Dauerkulturläche von -147.000 ha ermittelt das 94 % der verfügbaren Fläche entspricht. Andererseits werden für Szenario „FN“ nur 21 % der Grünfläche genutzt und es stehen 197.000 ha der Grünfläche für eine andersartige Bioressourcennutzung frei zur Verfügung.

#### **Ernährungsszenario „Vegetarier-VN“**

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass eine Überdeckung der Flächen für das Szenario „VN“ sowohl für die verfügbaren Acker- und Dauerkulturläche als auch für die Dauergrünfläche voranden ist.

Für die beiden Regionen R1 und R2 wird eine Gesamtüberdeckung für Acker – und Dauerkulturläche von 26.500 ha und für die Dauergrünfläche von 208.000 ha ermittelt. Aus der Differenz zur verfügbaren Fläche (Differenz aus 100 % Fläche) stehen 17 % der Acker

und Dauerkulturfläche und 83 % zur Dauergrünfläche für die Bioressourcennutzung frei zur Verfügung.

*Ernährungsszenario „Vegetarier Bio- VB“*

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass die verfügbare Acker- und Dauerkulturfläche für das Szenario „VB“ nicht ausreicht. Für die beiden Regionen R1 und R2 werden eine Gesamtunterdeckung für Acker – und Dauerkulturfläche von -43.000 ha ermittelt das 28 % der verfügbaren Fläche entspricht. Andererseits werden für Szenario „VB“ nur 16 % der Grünfläche genutzt und es stehen 210.000 ha der Grünfläche für eine andersartige Bioressourcennutzung frei zur Verfügung.

## Ergebnisse der Bioressourcenszenarien

### *Bioressourcenszenario „Fleischesser Normal-FN“*

#### Gemeinsame Ergebnisse in R1 und R2

1. Schnittholz wird vollständig aus Sägerundholz umgesetzt
2. Schleif/Faserholz wird vollständig zu Zellstoff umgesetzt
3. Milchsäure und Aminosäuren werden vollständig aus Grassilage umgesetzt
4. Rinder-, Schweine-, Geflügelgülle sowie Biomüll und Abfallstrom Grüne Bioraffinerie (GBR) werden vollständig zu Biogas umgesetzt
5. Schwarzlauge wird im Biomass Integrated Gasification Combined Cycle (BIGCC) Prozess vollständig in Strom und Wärme umgesetzt
6. Straßenbegleitgrün wird nicht umgesetzt

1. Der erzwungene Prozessstrom von Sägerundholz führt zur vollständigen Umsetzung zu Schnittholz. Die Abfälle aus der Schnittholzerstellung werden über den Chopper pelletiert, getrocknet und zu Wärme verarbeitet.
2. Die Herstellung von Zellstoff aus Schleif/Faserholz steht in unmittelbarer Konkurrenz zur energetischen Nutzung von Brennholz. Eine vollständige Umsetzung zu Zellstoff zeigt, dass die stoffliche Nutzung bei aktuellen Preisverhältnissen von Zellstoff/ Individuelle Wärme bevorzugt wird. Dabei können wichtige Schlussfolgerungen für die Wettbewerbsfähigkeit der Papier- und Zellstoffindustrie in der Steiermark getroffen werden, die in der Sensitivitätsanalyse untersucht werden.
3. Die durch die überschüssigen Grünflächen produzierte Grassilage wird vollständig über die grüne Bioraffinerie zu Milchsäure und Aminosäuren umgesetzt. Die Abfälle der Grünen Bioraffinerie werden über den Abfallstrom GBR zu Biogas weiterverarbeitet. Der Umweg über die grüne Bioraffinerie steht in unmittelbarer Konkurrenz zur direkten Verarbeitung der Grassilage zu Biogas. Auf Grund der hohen Produktpreise der Aminosäuren von 5000 €/t-atro und Milchsäure von 1000 €/t-atro wird der Umweg über die Technologien der grünen Bioraffinerie bevorzugt.
4. Rinder-, Schweine-, Geflügelgülle sowie Biomüll und Abfallstrom GBR werden vollständig zu Biogas umgesetzt. Das produzierte Biogas wird zu Strom und Wärme in BHKWs umgewandelt. Die energetische Nutzung von Biogas steht in unmittelbarer Konkurrenz mit der Biogasreinigung und den weiteren Verkauf von upgraded Biogas (Naturgas). Auf Grund des hohen Einspeisetarifes von Biogasstrom wird der Pfad über BHKWs bevorzugt.

5. Der BIGCC Prozess stellt eine Möglichkeit dar, einerseits die biomassereiche Schwarzlaube zu Strom und Wärme zu vergasen und andererseits anorganische Abfälle aus der Zellstoffproduktion teilweise in den Zellstoffprozess zu recyceln. Auf Grund erhöhter Umweltauflagen bezüglich Reduktion von Abfallströmen wird diese Technologie, nicht nur energietechnisch, sondern auch umwelttechnisch attraktiver.
6. Auf Grund der geringen Menge findet keine Bioressourcennutzung von Straßenbegleitgrün statt.

#### Unterschiedliche Ergebnisse zwischen R1 und R2

1. Weizenstroh wird vollständig in R1 über die Strohvergasung zu Strom und Wärme umgesetzt. In R2 findet keine Umsetzung von Weizenstroh statt.
  2. Maisspindeleinstreu wird vollständig in R1 aus Maisspindel umgesetzt. In R2 findet keine Umsetzung von Maisspindel statt.
1. Das durch die Maisproduktion entstehende Maisspindel wird in R1 vollständig zu Maisspindeleinstreu umgesetzt. Die stoffliche Nutzung als Maisspindeleinstreu steht in unmittelbarer Konkurrenz zur energetischen Nutzung des Maisspindels. Auf Grund der höheren Wertschöpfung, des Maisspindeleinstreus im Vergleich zu Strom und Wärme, wird Maisspindeleinstreu als Produkt bevorzugt. In R2 findet auf Grund der geringen anfallenden Masse bedingt durch die Anbaufläche keine Umsetzung von Maisspindel statt. Auf Grund der geringen Menge an Maisspindel kann sowohl die Schwelle der Mindestauslastung der Produktionsanlagen von 60 % nicht überschritten werden, als auch entstehen sehr hohe Sammelkosten im Transportmodell.
  2. Die Vergasung von Strohpellets steht in unmittelbarer Konkurrenz zur Verbrennung und Pyrolyse von Stroh. Der Pfad über die Vergasung zu Strom und Wärme wird auf Grund des hohen Einspeisetarifes von Biomassestrom von 144 €/MWh bevorzugt. In einer Sensitivitätsanalyse wird die wirtschaftliche Robustheit der Strohvergasungstechnologie explizit betrachtet. In R2 findet auf Grund der geringen Menge bedingt durch die Anbaufläche keine Umsetzung von Stroh statt. Hier wirken ebenfalls die Mindestauslastung von 60 % der Anlagen und die hohen Transportkosten gegen die Nutzung von Weizenstroh.

#### *Bioressourcenszenario „Vegetarier Normal-VN“*

Außer für den Bioressourcenpfad aus Ackerfläche und der Dauergrünfläche werden in „VN“ die gleichen Ergebnisse erzielt wie in „FN“. Für „VN“ wird noch zusätzlich die überschüssige

Ackerfläche für die Bioressourcennutzung verwendet. Für „VN“ fällt um ca. 6 % mehr Grünfläche als in „FN“ an das zu 6 % mehr Grassilage führt. Bedingt durch die beiden abweichenden Eingangsströme werden folgende Unterschiede zu „FN“ festgestellt

1. Überschüssige Ackerfläche wird im „VN“ als Kurzumtrieb verwendet. Im Vergleich der Technolgien Ethanol-, Biogas- und Biodiesel aus Pflanzen, sowie der Kurzumtrieb stellt sich der Pfad des Kurzumtriebes, als der Pfad mit der höchsten Wertschöpfung heraus. Der Kurzumtrieb wird getrocknet, pelletiert und zu individueller Wärme umgewandelt.
2. Aminosäuren und Milchsäure werden aus Grassilage vollständig hergestellt. Bedingt durch höhere Eduktströme werden 6 % höhere Produktströme an Aminosäuren und Milchsäure in „VN“ erzielt als in „FN“.

#### *Wärme und Stromproduktion aus Bioressourcenszenarien „FN“ und „VN“*

Die netto Wärmeproduktion und Stromproduktion aus „FN“ liegt bei 1,13 TWh und 0,86 TWh. Das entspricht einem produzierten erneuerbaren Anteil an Wärme und Strom in der Steiermark von 16,6 % und 19,7 %.

Mit der Energieproduktion in „FN“ kann die gesamte Nachfrage an Wärme und Strom in der Steiermark zu 4,8 % und 8,5 % gedeckt werden.

Die netto Wärmeproduktion und Stromproduktion aus „VN“ liegt bei 2,25 TWh und 0,86 TWh. Das entspricht einem produzierten erneuerbaren Anteil an Wärme und Strom in der Steiermark von 32,4 % und 19,7 %. Dabei fällt auf dass mit der Implementierung der Ackerfläche als Kurzumtrieb in „VN“ zu „FN“ in etwa verdoppelt. Mit der Energieproduktion in „FN“ kann die gesamte Nachfrage an Wärme und Strom in der Steiermark zu 9,4 % und 8,5 % gedeckt werden.

**Tabelle 7: Produzierte Wärme und Strom in der in „FN“ und „VN“**

	Wärme [TWh]	Strom [TWh]
FN	1,15	0,86
VN	2,25	0,86

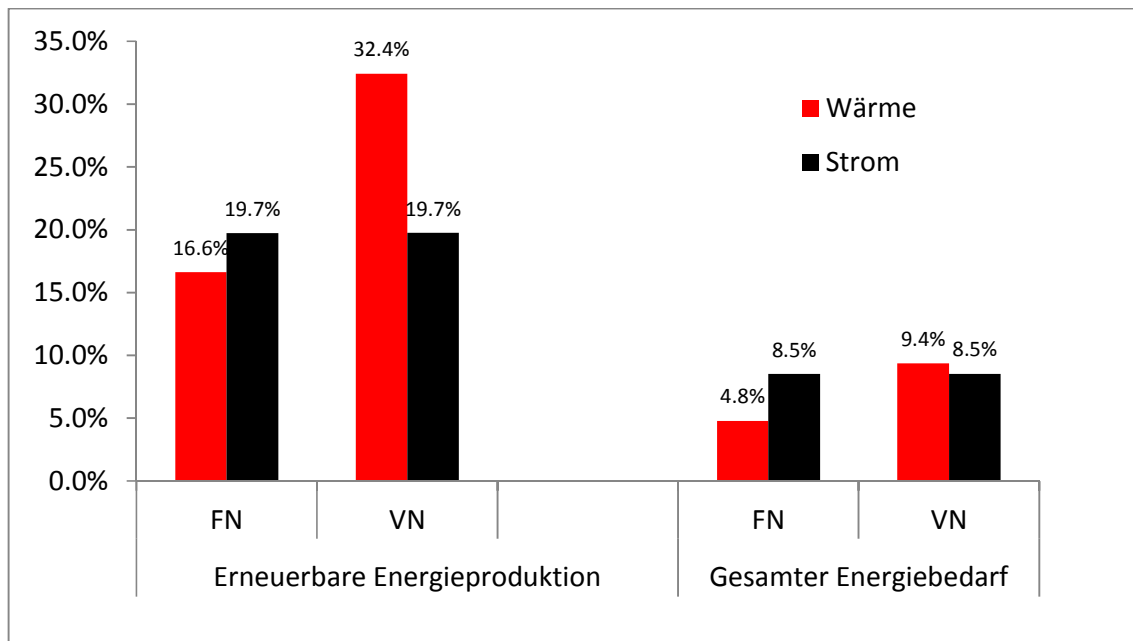


Abbildung 10: Produzierter Wärme- und Stromanteil an erneuerbarer Energie und der Gesamtenergie in „FN“ und „VN“

## Sensitivitätsanalyse bezogen auf wirtschaftliche Rahmenbedingungen

### *Sensitivitätsanalyse bezogen auf Preisschwankungen von Zellstoff*

Die wirtschaftliche Robustheit der Papier- und Zellstofftechnologie wird durch Veränderung des Zellstoffpreises überprüft. Dabei wird der Zellstoffpreis so oft um 10 % reduziert bis die Zellstoffherstellung aus Schleif/Faserholz zu Wärmeproduktion aus Brennholz umschlägt. Dabei werden folgende Ergebnisse aus Szenario „FN“ ermittelt. In R1 und R2 schlägt die Zellstofftechnologie bei ca. 20 % des aktuellen Zellstoffpreises von ca. 141 €/t-atro vollständig in die Wärmeproduktion um.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigen eine hohe wirtschaftliche Robustheit der stofflichen Nutzung von Holz als Zellstoff. Unterstützend wirkt für die stoffliche Nutzung einerseits der hohe Verkaufspreis von Zellstoff und andererseits die energetische Nutzung der im Papierprozess der entstehenden Schwarzlauge.

### *Sensitivitätsanalyse bezogen auf Wirtschaftlichkeit der Grünen Bioraffinerie (GBR) Technologie*

Der Pfad der Nutzung von Grassilage führt über die GBR Technologie zur Extraktion von Milchsäure und Aminosäuren. Die Abfallströme aus der GBR Technologie werden weiters für die Biogasproduktion verwendet. Um die Wirtschaftlichkeit der GBR Technologie zu überprüfen, werden die Produktpreise von Milchsäure und Aminosäuren auf 0 €/t-atro gesetzt.



Dabei ändert sich der Pfad über die GBR Technologie zur direkten Nutzung der Grassilage in der Biogasanlage. Dabei wird einerseits ein Wegfallen der Produkte Milchsäure und Aminosäuren festgestellt, andererseits jedoch eine um ca. 20 % höhere Strom und Wärmeproduktion aus Biogas festgestellt. Es werden folgende Umsätze und Bruttoerträge durch die Implementierung der GBR Technologie erzielt. In R1 und R2 werden durch 48 GBR Anlagen ein Umsatz von ca. 272 Mio € durch den Verkauf von Aminosäuren und Milchsäure bei 5000 €/t-atro und 1000 €/t-atro erzielt. Die Bruttomarge betragen in etwa 40 % des Umsatzes. Die Investitionskosten sind auf einen Abschreibungszeitraum von 10 Jahren unverzinst berechnet.

### *Sensitivitätsanalyse bezogen auf Reduktion der Ökostromsubventionen bei Biogas und Biomasse*

In Szenario „FN“ wird die Verstromung von Biogas und Weizenstroh als Technologiepfad bevorzugt. Auf Grund der rückgängigen Subventionen von Bioenergie ist noch zu klären, wie sich ein Wegfallen des Ökostromtarifes auf die wirtschaftliche Robustheit der beiden Technologien auswirkt. Dabei wird der Ökostromtarif von 144 €/MWh für Biomasse und 118 €/MWh für Biogas auf den aktuell marktüblichen Energiepreis von Strom auf 55 €/MWh reduziert. Durch die Preisreduktion werden folgende Phänomene für „FN“ festgestellt:

In R1 und R2 verschiebt sich die netto Stromproduktion von 0,86 TWh nach -0,023 TWh bei einer Strompreisänderung auf 55 €/MWh auf Biogas- und Biomassestrom. Die netto Wärmeproduktion nimmt dabei von ursprünglich 1,15 TWh auf 2,25 TWh zu. Die nicht äquivalente Wärmezunahme zur Stromabnahme ist bedingt durch den höheren Gesamtwirkungsgrad bei der Verbrennungstechnologie ( $\eta_{ges}=93\%$ ) zur Vergasungstechnologie ( $\eta_{ges}=72\%$ ). Die Stromreduktion zeigt bei einer Anpassung der Ökostromsubventionen auf den marktüblichen Energiepreis ein wirtschaftliches Wegfallen der Biostromproduktion.

### *Sensitivitätsanalyse bezogen auf die Erhöhung des Ökostromtarifes bei Biomasse*

In Szenario „FN“ wird ein bevorzugter Pfad der Wärmeproduktion gegenüber der Wärme/Stromproduktion von Holz gewählt. Dabei stellt sich die Frage, bei welchem Ökostromtarif die Strom/Wärmeproduktion gegenüber der reinen Wärmeproduktion bevorzugt wird. Dabei werden folgende Ergebnisse ermittelt:

Für R1 und R2 wird erst bei einem Ökostromtarif von 202 €/MWh der ca. 40 % über dem aktuellen Ökostromtarif von 144 €/MWh die Strom/Wärmeproduktion bevorzugt. Die starke Anhebung des Ökostromtarifes für das Umschlagen lässt sich wiederum durch den höheren Gesamtwirkungsgrad der Verbrennungstechnologie zur Vergasungstechnologie/ ORC Technologie begründen. Im Vergleich der Biomassevergasungs- und ORC- Technologie wird die Biomassevergasungstechnologie auf Grund des höheren elektrischen Wirkungsgrad von ( $\eta_{el}=27\%$ ) zu ORC ( $\eta_{el}=15\%$ ) bevorzugt.

## Empfehlungen

Aus den Szenarien in Kombination mit dem Sensitivitätsanalysen können folgende Schritte für eine effizientere Nutzung von Bioressourcen empfohlen werden:

- Die Papier und Zellstofftechnologie weist in Kombination mit der BIGCC Technologie eine sehr hohe wirtschaftliche Robustheit auf. Erst bei einem Preis bei ca. 20 % der aktuellen Zellstoffpreises kippt die Technologie der stofflichen Nutzung in Richtung energetischer Nutzung von Holz. Daher weist die stoffliche Nutzung von Schleif/Faserholz eine bessere Gesamtwirtschaftlichkeit auf, als die energetische Nutzung in der Steiermark auf.
- Die Grüne Bioraffinerie stellt ein attraktives Investment als vorgeschaltene Technologie zur Biogasproduktion dar. Vor einer Investitionsentscheidung sollten noch die Qualität der Grassilage, die Preise der Produktströme, sowie die Kosten und Standortwahl der Produktionsanlagen abgeklärt werden.
- Die stoffliche Nutzung von Maisspindel als Maisspindeleinstreu wird über der energetischen Nutzung von Maisspindel bevorzugt. Bei hohen Produktionsmengen an Körnermais kann eine Abtrennung von Maisspindel und der Weiterverarbeitung zu Maisspindeleinstreu wirtschaftlich sinnvoll sein.
- Für eine energetische Nutzung von Weizenstroh wird die Strohvergasungstechnologie bevorzugt. Für eine energetische Nutzung sollten noch die Sammelkosten für Weizen genauer abgeklärt werden, welche stark von Region zu Region schwanken können.
- Für die Nutzung von Ackerfläche wird unter den Varianten Kurzumtrieb, Ethanol aus Mais oder Weizen, Biodiesel aus Raps oder Sonnenblumen, der Kurzumtrieb für die Wärmeproduktion wirtschaftlich bevorzugt. Die Frage, ob Ackerfläche frei zur Verfügung steht, stellt sich erst bei einer vegetarischen Ernährungsgewohnheit mit aktueller Wirtschaftsweise.
- Durch die BIGCC Technologie (Biomass Integrated Gasification Combined Cycle) stellt eine elegante Möglichkeit einerseits zur energetischen Nutzung von Schwarzlauge, andererseits auf Grund des teilweise recyclings der anorganischen Abfälle dar.
- Die Bioressourcennutzung von Straßenbegleitgrün wird auf Grund der zu geringen anfallenden Biomasse nicht wirtschaftlich genutzt. Hier führt der Transport des Straßenbegleitgrüns zu hohen Transportkosten der Biogasanlagen.

## Schlussfolgerungen

In dieser Diplomarbeit wurden folgende Fragestellungen beantwortet.

- Eine Veränderung der Ernährungsgewohnheit auf 100 % ige Wirtschaftsweise führt zu einer Erhöhung des Gesamtflächenbedarfes in der Steiermark um 47 %.
- Eine Veränderung vegetarische Ernährungsgewohnheit führt zu einer Reduktion des Gesamtflächenbedarfes in der Steiermark um 29 %.
- Die stoffliche Nutzung von Holz als Papier und Zellstoff kippt erst bei 20 % des aktuellen Zellstoffpreises in die energetische Nutzung von Holz um
- Die Nachfrage an Wärme und Strom kann durch Bioressourcen in der Steiermark nur zu < 10 % gedeckt werden
- Bei der Reduktion der Ökostromtarife auf den aktuellen Energiepreis von 55 €/MWh kippt die Stromproduktion vollständig auf die Wärmeproduktion um
- Der Umweg von Grassilage über die Grüne Bioraffinerie wird vor der direkten Nutzung in die Biogasanlage bevorzugt
- Die Holzvergasungstechnologie kippt erst von der reinen Wärmeproduktion bei einer Erhöhung des aktuellen Ökostromtarifes um 40 % für Biomasse
- Maisspindel wird stofflich als Maisspindeleinstreu vor der energetischen Nutzung bevorzugt
- Weizenstroh wird energetisch über die Strohvergasungstechnologie und Strom/Wärmeproduktion bevorzugt
- Überschüssige Ackerfläche wird als Kurzumtrieb bevorzugt
- Straßenbegleitgrün wird auf Grund der hohen Transportkosten und der geringen Menge nicht für die Bioressoucennutzung verwendet

Die entworfene PNS Struktur kann für folgende Zwecke noch eingesetzt werden:

1. Die PNS Struktur kann mit weiteren erneuerbaren Energiequellen wie Windkraft oder PV erweitert werden.
2. Die PNS Struktur kann in anderen Bundesländern mit angepassten Daten aus Eduktpreisen, Produktpreisen und Transportmodellberechnungen verwendet werden

Darüberhinaus könnte die Methode mit folgenden Implementierungen erweitert werden

- Einbau von regionalen Entnahmestellen bei Bioressourcen

## Referenzen und Appendix

Tabelle 8: Detaillierter Nahrungsmittelverbrauch eines Durchschnittsösterreichers (Statistik Austria)

Futtermittel		Nahrungsmittelverbrauch NV (kg/Person* Jahr)	konv. Anteil	biolog. Anteil
<b>Getreide</b>	Hart- und Weichweizen	63,6	96,8%	3,2%
	Roggen	10,5		
	Gerste	0,3		
	Hafer	1,0		
	Rest	0,8		
	<b>Gesamt</b>	<b>76,2</b>		
<b>Mais</b>	Körnermais	13,4	96,8%	3,2%
<b>Pflanzliche Öle</b>		<b>13,3</b>	97,0%	3,0%
<b>Obst</b>	Äpfel	20,7	90,0%	10,0%
	Pfirsiche, Nektarinen	4,6		
	Erdbeeren	4,0		
	Tafeltrauben	3,6		
	Bananen	11,3		
	Orangen	5,4		
	Rest	27,5		
	<b>Gesamt</b>	<b>77,1</b>		
	<b>Gemüse</b>	Gurken (Salat)		
Karotten		7,6		
Paprika, Pfefferoni		4,9		
Paradeiser		25,5		
Salat (Häupel-, Eissalat)		6,4		
Zwiebeln		9,5		
Rest		50,1		
<b>Gesamt</b>		<b>108,3</b>		
<b>Kartoffeln</b>		<b>57,1</b>	82,7%	17,3%
<b>Hülsenfrüchte</b>		<b>0,4</b>	96,8%	3,2%
<b>Reis (keine Flächenverbräuche)</b>		<b>4,3</b>	99,5%	0,5%
<b>Zucker</b>		<b>37,7</b>	99,3%	0,7%
<b>Honig</b>		<b>1,2</b>	96,0%	4,0%
<b>Bier</b>		<b>105,8</b>	97,5%	2,5%
<b>Wein</b>		<b>30,5</b>	93,2%	6,8%
<b>Fleisch</b>	Rind und Kalb	12,2	96,3%	3,7%
	Schwein	39,9		
	Lamm	0,8		
	Geflügel	11,9		
	Rest	1,3		
	<b>Gesamt</b>	<b>66,1</b>		
<b>Eier</b>		<b>14,2</b>	81,7%	18,3%

<b>Fisch</b>		<b>7,7</b>	99,5%	0,5%
<b>Milch und Milchprodukte</b>	Roh-, Konsum- und Kondensmilch	92,3	85,4%	14,6%
	Obers und Rahm	7,8		
	Butter	5,0		
	Käse und Schmelzkäse	19,3		
	<b>Gesamt</b>	<b>124,5</b>		

**Tabelle 9: Flächenerträge FE für konventionelle und biologische Wirtschaftsweise (LWK Steiermark)**

<b>Nutzung</b>	<b>Flächenerträge FE konv.</b>	<b>Flächenerträge FE biolog.</b>
	<b>[t/ha]</b>	<b>[t/ha]</b>
Getreide	5,1	3,1
Körnermais	9,0	6,8
Silomais	42,7	32,0
Raps	3,4	1,7
Sojabohne	2,7	1,4
Ölsaaten	1,0	0,5
Eiweißpflanzen	2,3	1,4
Zuckerrübe	61,0	30,5
Kartoffeln	22,5	18,0
Gemüse	25,0	17,5
Mähwiese/ Weide 3 und mehr Nutzungen (Heu und Grassilage FE)	7,5	6,0
Hopfen (Gehalt: 0,5% für Bier)	1,9	1,3
Obst	18,6	13,0
Wein	5,3	3,7

**Tabelle 10: Futtermittelaufwände  $FA_{TS,LG}$  bezogen auf Trockensubstanz und Lebendgewicht der konsumierten Fleischsorten (Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, (29.09.2014))**

<b>Tier</b>	<b>Futtermittel</b>	<b><math>FA_{TS,LG}</math>[kg Futter/ kg Lebendgewicht]</b>
Rind Mast konv./org.	Getr. Feldbohnen	0,33
	Getr. Futterweizen	0,27
	Getr. Silomais	0,98
	Rapskuchen	0,44
	Grassilage	1,97
	Heu	0,33
Schwein Mast konv.	Mastfutter 0 Schweine	2,61
	Mastfutter Lamm	2,14
Lamm konv.	Getr. Stroh	3,58
	Mastfutter Huhn	1,6
Masthuhn konv.	Chick Starter	2
	Mastfutter Huhn	1,6
Schwein Mast org.	Mastfutter 1 Schweine	0,67
	Mastfutter 2 Schweine	1,81
Lamm org.	Lammfutter 1	1,55
	Getr. Stroh	3,58
Masthuhn org.	Chick Starter	0,71

	Huhnfutter 1	2,86
--	--------------	------

**Tabelle 11: Aufteilung der Futtermitteltypen in die Bestandteile aus Tabelle 9 (Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, (29.09.2014))**

<b>Futter</b>	<b>Komponenten</b>	<b>Massenanteil</b>
Mastfutter 0 Schweine	Getr. Gerste	0,056
	Getr. Futterweizen	0,044
	Getr. Körnermais	0,65
	Sojaschrot	0,214
	Rest	0,036
Mastfutter 1 Schweine	Getr. Gerste	0,24
	Getr. Futterweizen	0,5
	Sojaschrot	0,23
	Rest	0,03
Mastfutter 2 Schweine	Getr. Gerste	0,31
	Getr. Futterweizen	0,5
	Sojaschrot	0,165
	Rest	0,025
Mastfutter Lamm	Getr. Gerste	0,23
	Getr. Futterweizen	0,22
	Getr. Körnermais	0,22
	Sojaschrot	0,2
	Rest	0,13
Lammfutter 1	Getr. Gerste	0,25
	Getr. Futterweizen	0,25
	Getr. Hülsenfrüchte	0,37
	Rest	0,13
Chick Starter	Getr. Futterweizen	0,46
	Getr. Hülsenfrüchte	0,2
	Getr. Körnermais	0,17
	Sojaschrot	0,08
	Rest	0,09
Mastfutter Huhn	Getr. Gerste	0,1
	Getr. Futterweizen	0,35
	Getr. Hafer	0,1
	Getr. Körnermais	0,15
	Getr. Hülsenfrüchte	0,07
	Sojaschrot	0,15
	Rest	0,08
Huhnfutter 1	Getr. Gerste	0,05
	Getr. Futterweizen	0,35
	Getr. Hülsenfrüchte	0,15
	Getr. Hafer	0,1
	Getr. Körnermais	0,17
	Sojaschrot	0,06
	Rest	0,12

**Tabelle 12: Lebend- und Schlachtgewicht der Tiere (Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, (29.09.2014))**

Tier	Lebendgewicht LG [kg]	Schlachtgewicht SG [kg]
Rind	680	384
Schwein	119,4	94
Lamm	44	21
Masthuhn	1,375	1

**Tabelle 13: Trockensubstanzgehalt der Feldfruchtsorten (Ressourcenplan Mühlviertel)**

Futtermittel	TS-Anteil
Körnermais	0,67
Weizen	0,86
Gerste	0,86
Roggen	0,86
Grassilage	0,35
Hülsenfrüchte / Sojaschrot	0,86
Silomais	0,3
Rapskuchen	0,91

**Tabelle 14: Futtermittelaufwände von Rohmilch  $FA_{\text{Rohmilch}}$  (Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, (29.09.2014))**

Produkt		Futtermittelaufwände von Rohmilch $FA_{\text{TS,Rohmilch}}$ [kg Futter / kg Rohmilch]
Rohmilch konv. 4,2 % Fett	Getr. Getreide	0,132
	Getr. Silomais	0,264
	Getr. Feldbohnen	0,055
	Grassilage	0,527
	Heu	0,102
	Rest	0,058
Rohmilch biolog. 4,2% Fett	Getr. Getreide	0,112
	Getr. Silomais	0,216
	Getr. Feldbohnen	0,047
	Grassilage	0,432
	Heu	0,070
	Rest	0,031

**Tabelle 15: Futtermittelaufwände von Eier FA<sub>TS,Ei</sub> (Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008, (29.09.2014))**

Lebensmittel	Futtermittel	Futtermittelaufwände FA <sub>TS,Ei</sub> [kg Futter/Ei]
Eier conv.	Getr. Gerste	0,008
	Getr. Futterweizen	0,059
	Getr. Hülsenfrüchte	0,025
	Getr. Hafer	0,017
	Getr. Silomais	0,029
	Sojaschrot	0,010
	Rest	0,020
	Gesamt	0,168
Eier biolog.	Getr. Gerste	0,010
	Getr. Futterweizen	0,071
	Getr. Hülsenfrüchte	0,031
	Getr. Hafer	0,020
	Getr. Silomais	0,035
	Sojaschrot	0,012
	Rest	0,024
	Gesamt	0,204

**Tabelle 16: Umrechnungsfaktoren für Milch, Milchprodukte und Eier**

Ausbeute 3,5%ige Milch aus Rohmilch	0,917
Ausbeute Rahm aus Rohmilch	0,083
Verhältnis Butter : Rahmäquivalente	1,67
Verhältnis Käse : Rohmilchäquivalente bei 20% Fett	20 : 4,2
m <sub>Ei</sub>	1/61 kg

**Tabelle 17: Eduktspezifikationen aus Maximalstruktur Holz**

Edukte	Preis / Kosten	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Waldfläche		Ertrag: 2 t-atro Holz/ha Waldfläche	lt. LWK Steiermark
Sägerundholz	236 €/t-atro	Preis: 98 €/ FMO; Umrechnung 0,418 t-atro/FMO	Statistik Austria Land und Forstwirtschaftliche Erzeugerpreise 2007 bis 2013, holz_umrechnungsfaktoren.pdf (18.08.2014)
Spaltholz	125 €/t-atro	Preis: 43 €/ RMM; Umrechnung 0,344 t-atro/RMM	Statistik Austria Land und Forstwirtschaftliche Erzeugerpreise 2007 bis 2013, holz_umrechnungsfaktoren.pdf (18.08.2014)
Schleifholz	96 €/t-atro	Preis: 40 €/ FMO; Umrechnung 0,418 t-atro/FMO	Statistik Austria Land und Forstwirtschaftliche Erzeugerpreise 2007 bis 2013, holz_umrechnungsfaktoren.pdf (18.08.2014)
Waldhackgut	71 €/t-atro		Holzeinschlagsmeldung 2012-bmlfw.pdf (18.08.2014)
AF für Kurzumtrieb	495 €/ha	Ertrag: 10 t-atro/ha	Deckungsbeiträge_und_Daten_2008_2.Auflage.pdf ; S.308



**Tabelle 18: Produktspezifikationen aus Maximalstruktur Holz**

Produkte	Preis	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Schnittholz	574 €/t-atro	Preis für Fichte Sägerauh 240 €/m <sup>3</sup> , Umrechnung 0,418 t-atro/m <sup>3</sup>	Gepetto Holz unter Bauholz.pdf, holz_umrechnungsfaktoren.pdf (18.08.2014)
Papier	706 €/t-atro	Jahresdurchschnittspreis für Papier bei Wassergehalt von 10%: 635 €/t	Index Mundi, Worldbank
Scheitholz	125 €/t-atro	Preis: 43 €/RMM; Umrechnung 0,344 t-atro/RMM	Statistik Austria Land und Forstwirtschaftliche Erzeugerpreise 2007 bis 2013, holz_umrechnungsfaktoren.pdf (18.08.2014)
Fernwärme	35 €/MWh	Abnahmepreis für Fernwärme; ca. 35 €/MWh Energiekosten, ca. 25 €/MWh Netzkosten;	Eigene Annahme
Individuelle Wärme	60 €/MWh	aktueller gerundeter Energiepreis Fernwärme Energie Steiermark	Energie Steiermark
Pellets	253 €/MWh	Jahresdurchschnittspreis bei 10% Wassergehalt 227 €/t	Propellets Austria (18.08.2014)
Elektrizität Biomasse	144 €/MWh	Einspeisetarif für 2-5MW-el	Gutachten_Oekostrom-Einspeisetarife.pdf,(18.08.2014)
Waldhackgut	71 €/t-atro	Sammelkosten für Waldhackgut	Perspektven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse, Eder G., 2007

**Tabelle 19: Prozessspezifikationen 1 aus Maximalstruktur Holz**

Prozesse Grundeinheiten	Input Bezugsgröße/ Jahr	Output	Skalenfaktoren beim Upscaling
Waldfläche Aufteilung	1 t-atro Holz aus Waldfläche	0,57 t-atro Sägerundholz	-
		0,34 t-atro Brennholz oder Schleifholz	
		0,09 t-atro Waldhackgut	
Sägewerk	1 t-atro Sägerundholz	0,54 t-atro Schnittholz	-
		0,46 t-atro Schnittholzabfall	
Papierprozess	1 t-atro Schleifholz	0,52 t-atro Papier	-
		0,48 t-atro Schwarzlauge	
BIGCC Prozess	1 t-atro Schwarzlauge	1,57 MWh Elektrizität Biomasse	-
		1,16 MWh Fernwärme	
Chopper	30060 t-atro/Jahr Holz	30060 t-atro/Jahr Hackschnitzel	10
Holzspalter	45000 t-atro Brennholz	45000 t-atro Scheitholz	keine
Trocknung W25	4559 t-atro/Jahr Hackschnitzel	4559 t-atro/Jahr Hackschnitzel W25	5
Trocknung W10	13678 t-atro/Jahr Hackschnitzel W25	13678 t-atro/Jahr Hackschnitzel W10	5
Pelletierung	9200 t-atro/Jahr Hackschnitzel W10	9200 t-atro/Jahr Pellets	keine
ORC	6667 t-atro/Jahr Hackschnitzel W25	5000 MWh/Jahr Strom	3,10;
		21667 MWh/Jahr Fernwärme	

		55 t-atro/ Jahr Asche	
Verbrennung HS	387 t-atro/Jahr Hackschnitzel W25	1800 MWh/Jahr Fernwärme	3,10;
		3,84 t-atro/Jahr Asche	
Vergasung	1481 t-atro/Jahr Hackschnitzel W25	2000 MWh/Jahr Strom	4, 12;
		3440 MWh/Jahr Fernwärme	
		21 t-atro/Jahr Asche	
Trockn. Waldhackgut	1000 t-atro/Jahr Waldhackgut	800 t-atro/Jahr Waldhackgut	keine

**Tabelle 20: Prozessspezifikationen 2 aus Maximalstruktur Holz. Die Inv.- und Op. Kosten sind auf den Input bezogen.**

Prozesse Grundeinheiten	Inv. Kosten/ Jahr	Op. Kosten/Jahr	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Waldfläche Aufteilung			Berechnung der Aufteilung aus Holzeinschlagsmeldung 2012 BMLFUW	Holzeinschlagsmeldung 2012-bmlfuw.pdf (18.08.2014)
Sägewerk			keine Inv und Op Kosten da Anlagen bereits vorhanden	Nemesthothy_Wertschoepfungskette_Holz.pdf (18.08.2014)
Papierprozess			keine Inv und Op Kosten da Anlagen bereits vorhanden	Nemesthothy_Wertschoepfungskette_Holz.pdf (18.08.2014)
BIGCC Prozess	41,85 €	24,29 €	Heizwert 12,29 MJ/kg-atro, ηges=80%	Excess Heat from Kraft Pulp Mills, Inger-Lise Svensson et. al., 2008
Chopper	7.400 €	2.000 €	Aufsatz für Traktor, 84 t Diesel als Treibstoff für Traktor benötigt,	Hacker_Preis.pdf
Holzspalter	1.000 €	100 €	Produktivität ca. 18fm/h, Dichte ca. 500kg/fm	Profitest-Waagrechtholzspalter.pdf (21.08.2014)
Trocknung W25	11.020 €	2.000 €	Trocknung von 50% Wassergehalt auf 25% Wassergehalt, Degressionsfaktor beim Upscaling: 0,9	www.lauber-holztrockner.de (18.08.2014)
Trocknung W10	11.020 €	2.000 €	Trocknung von 25% Wassergehalt auf 10% Wassergehalt, Degressionsfaktor beim Upscaling: 0,9	www.lauber-holztrockner.de (18.08.2014)
Pelletierung	165.500 €	70.825 €	Eigene Annahme bei Op. Kosten: 1,5% der Inv. Kosten für Verwaltung, Versicherung; Wartung	Perspektven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse, Eder G., 2007
ORC	231.500 €	69.450 €	ηges=80%, Heizwert: 5 MWh/t- atro Hackschnitzel W25	report_on_lienz_plant.pdf (18.08.2014)
Verbrennung HS	7.340 €	914 €	ηges=93%, Heizwert: 5 MWh/t- atro Hackschnitzel W25	
Vergasung	135.000 €	40.500 €	ηges=72%, Heizwert: 5 MWh/t- atro Hackschnitzel W25	http://www.cleanstgas.com/home (18.08.2014) Kontaktaufnahme

Trockn. Waldhackgut	17.006 €		20 % TM Verlust bei Lagerung Trocknung von w50 auf w25	Schimmelpilzentwicklung und Verluste beider Lagerung von Holzhackschnitzeln, Scholz V. Et. al., 2005, HHSTrocknung.pdf (18.08.2014)
---------------------	----------	--	---	---

**Tabelle 21: Eduktspezifikationen aus Maximalstruktur Biogas**

Edukte	Preis / Kosten	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Grassilage	48 €/t-atro	22,7% TS Gehalt	LWK Steiermark
Biomüll	-86 €/t-atro	Preis für 1100l 5x pro Woche Abholung , gemittelter TS Anteil: 28,7%	grazer_Abfo.pdf (20.08.2014)
Straßenbegleitgrün	48 €/t-atro	Preis wie Grassilage	LWK Steiermark
Gülle Rind	83,5 €/t-atro	-	Kontakt mit Ferdinand Köberl, <a href="http://www.riebenbauer.at/">http://www.riebenbauer.at/</a> (21.08.2014)
Gülle Schwein	83,5 €/t-atro	-	Kontakt mit Ferdinand Köberl, <a href="http://www.riebenbauer.at/">http://www.riebenbauer.at/</a> (21.08.2014)
Gülle Geflügel	83,5 €/t-atro	-	Kontakt mit Ferdinand Köberl, <a href="http://www.riebenbauer.at/">http://www.riebenbauer.at/</a> (21.08.2014)

**Tabelle 22: Produktspezifikationen aus Maximalstruktur Biogas**

Produkte	Preis / Kosten	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Milchsäure	1000 €/t-atro	-	Grüne Bioraffinerie - Aufbereitung und Verwertung der Grasfaserfraktion , Mandl M. et. al., 2006
Aminosäuren	5000 €/t-atro	-	Grüne Bioraffinerie - Aufbereitung und Verwertung der Grasfaserfraktion , Mandl M. et. al., 2006
Upgraded Biogas	0,5 €/m <sup>3</sup>	Naturgas 100 Heizwert: 0,01 MWh/m <sup>3</sup>	Energie Steiermark, Preis Naturgas
Elektrizität Biogas	118 €/MWh	Einspeisetarif für Ü750KW-el	Gutachten_Oekostrom-Einspeisetarife_2014-15.pdf (20.08.2014)
Fernwärme	35 €/MWh	Abnahmepreis für Fernwärme; ca. 35 €/MWh Energiekosten, ca. 25 €/MWh Netzkosten;	Eigene Annahme

**Tabelle 23: Prozessspezifikationen 1 aus Maximalstruktur Biogas**

Prozesse Grundeinheiten	Input Bezugsgröße/Jahr	Output	Skalenfaktoren beim Upscaling
Grüne Bioraffinerie	12500 t-atro/Jahr Grassilage	4800 t-atro/Jahr Grassaft	keine
		7700 t-atro/Jahr Presskuchen	
AS MS Trennung	4800 t-atro/Jahr Grassaft	840 t-atro/Jahr Aminosäuren	keine
		1560 t-atro/Jahr Milchsäure	
		2400 t-atro/Jahr Abfallstrom AS MS	
Biogasanlagen:			
BA 100 % Gülle	3810 t-atro/Jahr Gülle gesamt	905350 m <sup>3</sup> Biogas	4,12;

		2239 t-atro Gärrest		
BA 100 % Grassilage	1738 t-atro/Jahr Grassilage oder Abfallstrom GBR	905350 m <sup>3</sup> Biogas	4,12;	
		308 t-atro Gärrest		
BA 50 % Gülle, 50 % Grassilage	1533 t-atro/Jahr Gülle gesamt	905350 m <sup>3</sup> Biogas	4,12;	
		1027 t-atro/Jahr Grassilage oder Abfallstrom GBR		308 t-atro Gärrest
BA 75 % Gülle, 25 % Grassilage	2202 t-atro/Jahr Gülle gesamt	905350 m <sup>3</sup> Biogas	4,12;	
		734 t-atro/Jahr Grassilage oder Abfallstrom GBR		561 t-atro Gärrest
BA 50 % Gülle, 25% Grassilage, 25 % Biomüll	361 t-atro/Jahr Gülle gesamt	905350 m <sup>3</sup> Biogas	4,12;	
		946 t-atro/Jahr Grassilage oder Abfallstrom GBR		382 t-atro Gärrest
		849 t-atro/Jahr Biomüll		
BG Reinigung	1872000 m <sup>3</sup> Biogas	1053000 m <sup>3</sup> upgraded Biogas	keine	
BHKW	631579 m <sup>3</sup> Biogas	2400 MWh Elektrizität Biogas	3, 10;	
		2653 MWh Fernwärme		
Biogasverbrennung	268070 m <sup>3</sup> Biogas	2400 MWh Fernwärme	3,3; 10;	

Tabelle 24: Prozessspezifikationen 2 zu Maximalstruktur Biogas. Die Inv.- und Op. Kosten sind auf den Input bezogen.

Prozesse Grundeinheiten	Input Material/Energie	Inv. Kosten/Jahr	Op. Kosten/Jahr	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Grüne Bioraffinerie		76.000 €	395.000 €		Grüne Bioraffinerie - Aufbereitung und Verwertung der Grasfaserfraktion, Mandl M. et. al., 2006
AS MS Trennung	3450 MWh Strom			verbleibende org. TM in Abfallstrom GBR: 78,6 %	Grüne Bioraffinerie - Aufbereitung und Verwertung der Grasfaserfraktion, Mandl M. et. al., 2006
Biogasanlagen:					
BA 100 % Gülle	120 MWh Strom,	150.563 €	34.301 €	Biogasertrag Gülle = 237,5m <sup>3</sup> Biogas pro t-atro	Kontakt mit Ferdinand Köberl, <a href="http://www.riebenbauer.at/">http://www.riebenbauer.at/</a> (21.08.2014)
	2230 MWh Wärme				
BA 100 % Grassilage	120 MWh Strom,	85.092 €	19.514 €	Biogasertrag Grassilage = 520,75 m <sup>3</sup> Biogas pro t-atro	Kontakt mit Ferdinand Köberl, <a href="http://www.riebenbauer.at/">http://www.riebenbauer.at/</a> (21.08.2014)
	612 MWh Wärme, 4486 t Wasser				
BA 50 % Gülle, 50 % Grassilage	120 MWh Strom	85.092 €	19.514 €		Kontakt mit Ferdinand Köberl, <a href="http://www.riebenbauer.at/">http://www.riebenbauer.at/</a> (21.08.2014)
	353 MWh Wärme				
BA 75 % Gülle, 25 % Grassilage	120 MWh Strom	101.604 €	21.916 €		Kontakt mit Ferdinand Köberl, <a href="http://www.riebenbauer.at/">http://www.riebenbauer.at/</a> (21.08.2014)
	612 MWh Wärme				
BA 50 % Gülle, 25% Grassilage, 25 % Biomüll	120 MWh Strom	85.092 €	19.514 €	Biogasertrag Biomüll = 385,14 m <sup>3</sup> Biogas pro t-atro	Kontakt mit Ferdinand Köberl, <a href="http://www.riebenbauer.at/">http://www.riebenbauer.at/</a> (21.08.2014)
	435 MWh Wärme				
BG Reinigung		37.500 €	98.280 €	Strom- u Verdichtungskosten	Gasversorgung mittels lokaler Biogas-Mikronetze, Bärnthaler

				in Betriebskosten inkludiert, Biogas-Input: 55% CH <sub>4</sub> , Biogas-Output: 97% CH <sub>4</sub>	J. et. al., 2008
BHKW		13.257 €	15.097 €	η <sub>ges</sub> =80 % bei 0,01 MWh/ m <sup>3</sup> Biogas	BHKW-Kenndaten 2011- asue.pdf (19.08.2014)
Biogasverbrennung	4,69 MWh Strom	1.777 €	888 €	η <sub>ges</sub> =93%, Heizwert: 0,01 MWh/m <sup>3</sup>	

**Tabelle 25: Eduktspezifikationen aus Maximalstruktur Maisspindel und Weizenstroh**

Edukte	Preis / Kosten	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Maisspindel	230 €/t-atro	115 €/FM Maisspindel 50 % Feuchtegehalt	Guntamatic
Weizenstroh	34 €/t-atro		Kontakt mit Ferdinand Köberl, <a href="http://www.riebenbauer.at/">http://www.riebenbauer.at/</a> (21.08.2014)

**Tabelle 26: Produktspezifikationen aus Maximalstruktur Maisspindel und Weizenstroh**

Produkte	Preis	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Maisspindeleinstreu	800 €/t-atro	-	Eigene Annahme
Fernwärme	35 €/MWh	Abnahmepreis für Fernwärme; ca. 35 €/MWh Energiekosten, ca. 25 €/MWh Netzkosten;	Eigene Annahme
Elektrizität Biomasse	144 €/MWh	Einspeisetarif für 2-5MW-el	Gutachten_Oekostrom-Einspeisetarife.pdf,(18.08.2014)
Pyrolyseöl	66 €/MWh	Preis wie Energiepreis für Diesel EU	Statistika Dieselpreis in der EU
Pyrolysekoks	41 €/MWh	Preis wie Koks	Kohlenhaus Zöhrer, Graz

**Tabelle 27: Prozessspezifikationen 1 aus Maximalstruktur Maisspindel und Weizenstroh**

Prozesse Grundeinheiten	Input Bezugsgröße	Output	Skalenfaktoren beim Upscaling
Maisspindeltrocknung	3457 t-atro/Jahr Maisspindel	3457 t-atro/Jahr Maisspindel W15	5
Verbrennung MS	572 t-atro/Jahr Maisspindel W15	2400 MWh/Jahr Fernwärme	3,3; 10;
Pelletierung Stroh	9200 t-atro/Jahr Stroh	9200 t-atro/Jahr Strohpellets	3; 10;
Verbrennung Stroh	386 t-atro/Jahr Strohpellets	1800 MWh/Jahr Fernwärme 46,3 t-atro/Jahr Asche	3,3; 10;
Vergasung	1481 t-atro/Jahr Hackschnitzel W25	2000 MWh/Jahr Strom 3440 MWh/Jahr Fernwärme 21 t-atro/Jahr Asche	4, 12;
Pyrolyse Stroh	75000 t-atro/Jahr	225000 MWh/Jahr Pyrolyseöl 111000 MWh/Jahr Pyrolysekoks	keine

**Tabelle 28: Prozessspezifikationen 2 aus Maximalstruktur Maisspindel und Weizenstroh. Die Inv.- und Op. Kosten sind auf den Input bezogen.**

Prozesse Grundeinheiten	Inv. Kosten/ Jahr	Op. Kosten/ Jahr	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Maisspindel-trocknung	€ 11.020	€ 2.000	Trocknung von 50 % Feuchtegehalt auf 15 % Feuchtegehalt, Degressionsfaktor beim Upscaling: 0,9	www.lauber-holztrockner.de (18.08.2014)
Verbrennung MS	€ 23.025	€ 11.972	Heizwert für Maisspindel: 4,77 MWh/t-atro, Investitionskosten und Betr. Kosten für 3MW Kessel	Harald Messner, Sekem Energy GmbH
Pelletierung Stroh	€ 165.500	€ 70.825	Eigene Annahme bei Op. Kosten: 1,5% der Inv. Kosten für Verwaltung, Versicherung; Wartung	Perspektven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse, Eder G., 2007
Verbrennung Stroh	€ 7.340	€ 914	η <sub>ges</sub> =93%, Heizwert: 5 MWh/t-atro Stroh	report_on_lienz_plant.pdf (18.08.2014)
Vergasung	€ 135.000	€ 40.500	η <sub>ges</sub> =72%, Heizwert: 5 MWh/t-atro Stroh	http://www.cleanstgas.com/home (18.08.2014) Kontaktaufnahme
Pyrolyse Stroh	€ 3.232.000	€ 900.000	Pyrolysekoks: 29,6% der Energie des Inputmaterials, Pyrolyseöl: 60% der Energie des Inputmaterials	Systemanalytische Untersuchung zur Schnellpyrolyse als Systemschritt, Lange S., 2007

**Tabelle 29: Eduktspezifikationen aus Maximalstruktur Ackerfläche**

Edukte	Preis / Kosten	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Ackerfläche Weizen	59 €/t-atro Weizenpflanze ganz	531 €/ha Anbaukosten, 9,03 t- atro/ha Ertrag	Energie aus Biomasse, Kaltschmitt M., 2009; Perspektven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse, Eder G., 2007
Ackerfläche Mais	61 €/t-atro Maispflanze ganz	534 €/ha Anbaukosten, 8,77 t- atro/ha Ertrag	Energie aus Biomasse, Kaltschmitt M., 2009; Perspektven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse, Eder G., 2007
Ackerfläche Sonnenblumen	66 €/t-atro Sonnenblumenpflanze ganz	516 €/ha Anbaukosten, 7,81 t- atro/ha Ertrag	Energie aus Biomasse, Kaltschmitt M., 2009; Perspektven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse, Eder G., 2007
Ackerfläche Rapskorn	74 €/t-atro Rapspflanze ganz	582 €/ha Anbaukosten, 7,82 t- atro/ha Ertrag	Energie aus Biomasse, Kaltschmitt M., 2009; Perspektven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse, Eder G., 2007

**Tabelle 30: Produktspezifikationen aus Maximalstruktur Ackerfläche**

Produkte	Preis	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Speiseöl	861 €/t-atro	Sonnenblumenölpreise	IMF
Biodiesel	685 €/t-atro	Preis wie Energiepreis für Diesel EU mit 37,1 MJ/kg Hu von Biodiesel	Statistika Dieselpreis in der EU, BDBe
Ethanol	493 €/t-atro	Preis wie Energiepreis für Diesel EU mit 26,7 MJ/kg Hu von Bioethanol	Statistika Dieselpreis in der EU, BDBe

**Tabelle 31: Prozessspezifikationen 1 aus Maximalstruktur Ackerfläche**

Prozesse Grundeinheiten	Input Bezugsgröße	Output	Skalenfaktoren beim Upscaling
Aufteilung Weizen	9,03 t-atro/Jahr Weizenpflanze ganz	5,16 t-atro/Jahr Weizenkorn W21	-
		3,87 t-atro Weizenstroh	
Aufteilung Mais	8,77 t-atro/Jahr Maispflanze ganz	6,03 t-atro/Jahr Maiskorn W30	-
		2,74 t-atro Maisstroh W25	
Aufteilung Sonnenblumen	7,81 t-atro/Jahr Sonnenblumenpflanze ganz	2,4 t-atro/Jahr Sonnenblumenkorn W14	-
		5,41 t-atro Sonnenblumenstroh	
Aufteilung Raps	7,82 t-atro/Jahr Rapspflanze ganz	3,4 t-atro/Jahr Rapskorn W14	-
		4,42 t-atro Rapsstroh	
Weizentrocknung	24122 t-atro/Jahr Weizenkorn W21	24122 t-atro/Jahr Weizenkorn W14	5
Maistrocknung	10888 t-atro/Jahr Maiskorn W30	10888 t-atro/Jahr Maiskorn W14	5
Ölsaantrocknung	44086 t-atro/Jahr Rapskorn W14 oder Sonnenblumenkorn W14	44086 t-atro/Jahr Ölsaaten W9	5
Maistrohrocknung	9200 t-atro/Jahr Maisstroh W25	9200 t-atro/Jahr Maisstroh W10	3, 10;
Ölsaatenpressung	1440 t-atro/Jahr Ölsaaten W9	475 t-atro/Jahr Ölsaatenöl	3, 10;
		965 t-atro Presskuchen	
Ethanolherstellung	29244 t-atro/Jahr Weizenkorn W14 oder 32517 t-atro Maiskorn W14	10000 t-atro/Jahr Ethanol	3, 10;
		9120 t-atro Schlempe	
Biodieselherstellung	405 t-atro/Jahr Ölsaatenöl	405 t-atro/Jahr Biodiesel	4, 10;
		45 t-atro Glycerin	

**Tabelle 32: Prozessspezifikationen 2 aus Maximalstruktur Ackerfläche. Die Inv.- und Op. Kosten sind auf den Input bezogen.**

Prozesse Grundeinheiten	Inv. Kosten/Jahr	Op. Kosten/Jahr	Zusatzinfos / Kommentare	Quellen
Aufteilung Weizen	-	-	Korn:Strohverhältnis=1:0,75	LK Steiermark
Aufteilung Mais	-	-	Korn:Strohverhältnis=1:0,45	LK Steiermark

Aufteilung Sonnenblumen	-	-	Korn:Strohverhältnis=1:0,45	LK Steiermark
Aufteilung Raps	-	-	Korn:Strohverhältnis=1:1,31	LK Steiermark
Weizentrocknung	€ 11.020	€ 2.000	Trocknung von 21 % Feuchtegehalt auf 14 % Feuchtegehalt, Degressionsfaktor beim Upscaling: 0,9	www.lauber-holztrockner.de (18.08.2014), Faustzahlen der Landwirtschaft 2009
Maistrocknung	€ 11.020	€ 2.000	Trocknung von 30 % Feuchtegehalt auf 14 % Feuchtegehalt, Degressionsfaktor beim Upscaling: 0,9	www.lauber-holztrockner.de (18.08.2014), Faustzahlen der Landwirtschaft 2009
Ölsaantrocknung	€ 11.020	€ 2.000	Trocknung von 14 % Feuchtegehalt auf 9 % Feuchtegehalt, Degressionsfaktor beim Upscaling: 0,9	www.lauber-holztrockner.de (18.08.2014), Faustzahlen der Landwirtschaft 2009
Maisstrohtrocknung	€ 18.300	€ 18.286	Eigene Annahme bei Op. Kosten: 1,5% der Inv. Kosten für Verwaltung, Versicherung; Wartung	Perspektven des Einsatzes landwirtschaftlicher Biomasse, Eder G., 2007
Ölsaatenpressung	€ 30.600	€ 24.235	alle Ölsaaten werden gleichwertig betrachtet	Pflanzenöl Produktions und Verwertungs GmbH Kontaktaufnahme
Ethanolherstellung	€ 433.000	€ 721.550	Energiebilanzen und Kosten verwendet	Abschätzung der Machbarkeit von ökologischen und ökonomischen Bioethanol-Kleinanlagen, TU Wien, 2007
Biodieselherstellung	€ 32.100	€ 12.840		Faustzahlen der Landwirtschaft 2009

**Tabelle 33: Eingangsströme für Bioressourcenszenarien 1 (Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2010)**

	Holz aus 8% Waldfläche	1/3 des verfügbaren Maisspindels	1/3 des verfügbaren Weizenstrohs	Biomüll
R1 [t-atro]	47.374	22.248	28.747	19.681
R2 [t-atro]	88.960	712	2728	7.828

**Tabelle 34: Eingangsströme für Bioressourcenszenarien 2 (Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2010)**

	Straßenbegleitgrün	Rindergülle	Schweinegülle	Geflügelgülle
R1 [t-atro]	3.085	48.923	33.581	7.880
R2 [t-atro]	2.313	41.493	578	328



**Tabelle 35: Eingangsströme für Bioressourcenszenarien 3 (Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2010)**

	Grassilage aus Szenario „FN“ [t-atro/a]	Grassilage aus Szenario „VN“ [t-atro/a]	Ackerfläche aus Szenario „VN“ [t-atro/a]
R1	241.183	255.036	24.414
R2	349.748	369.834	2.728
Gesamt	590.931	624.870	27.142

**Tabelle 36: Ausgangsströme 1 aus Szenario „VN“**

	Schnittholz	Zellstoff	Milchsäure	Aminosäuren
R1 [t-atro/a]	14.582	8.376	31.829	17.138
R2 [t-atro/a]	27.382	15.728	46.155	24.853
Gesamt [t-atro/a]	41.964	24.104	77.984	41.991
Preis [€/t-atro]	574	706	1.000	5.000
Gesamte Wertschöpfung [€/a]	24.094.097	17.012.623	77.983.776	209.956.320

**Tabelle 37: Ausgangsströme 2 aus Szenario „VN“**

	Maisspindel-einstreu [t-atro/a]	Gärrest aus Biogasanlage [t-atro/a]	Gesamte Wärmeproduktion abzgl. verwendete Wärme [€/MWh]	Gesamte Stromproduktion abzgl. verwendeter Strom [€/MWh]
R1	22.248	36.155	1.522.168	398.512
R2	-	45.262	728.262	467.971
Gesamt	22.248	81.417	2.250.430	866.483
Durchschnittl. Preis [€/t-atro], [€/MWh]	800	8	53	121
Gesamte Wertschöpfung [€/a]	17.798.560	667.620	118.698.149	104.418.725

**Tabelle 38: Flächenerträge und Restriktionsfaktoren (LWK Steiermark)**

Material	Flächenertrag [t-atro/ha]	Restriktionsfaktor
Ölsaatenöl	2,8	4
Maiskorn W14	5,67	1,33
Weizenkorn W14	5,5	1
Holzhackschnitzel W25	0,86	1
Holzhackschnitzel W10	0,86	1
Strohpellets	3,3	1
Rapsstroh	4,42	4
Weizenstroh	3,87	1
Maisstroh W10	2,01	1,33
Gärrest	1,00	1

**Tabelle 39: Anteil an der Gesamtfläche aus Transportmodell (Agrarstrukturerhebung Steiermark 2010)**

	Ackerland	Dauergrünlandfläche	Dauerkulturfläche	Forstwirtschaftlich genutzte Fläche
Region 1	23,81%	18,82%	2,81%	54,55%
Region 2	1,71%	20,68%	0,02%	77,59%

**Tabelle 40: Spez. Transportkosten. (LWK Steiermark)**

Transportmaterial	Transportmitteltyp	Min. Wegstrecke [km]	Max. Wegstrecke [km]	Tatsächl. Transportiertes Gut [t-atro]	Transportkosten bei Max. Wegstrecke [€]	Spez. Transportkosten [€/(t-atro*km)]
Maisstroh W10	Schlepper	0	15	9,3	166	1,19
Weizenstroh						
Sonneblumenstroh						
Rapsstroh						
Maisstroh W10	LKW	16	100	12,4	405	0,33
Weizenstroh						
Sonneblumenstroh						
Rapsstroh						
Hackschnitzel W25	Schlepper	0	15	13,4	124	0,62
Hackschnitzel W10						
Maiskorn W14						
Weizenkorn W14						
Hackschnitzel W25	LKW	16	100	19,2	290	0,15
Hackschnitzel W10						
Maiskorn W14						
Weizenkorn W14						
Gärrest	Schlepper	0	15	15	130	11,56
Ölsaatenöl	LKW - ISO-Tankcontainer	0	100	12	238	0,2
Strohpellets	LKW - ISO-Tankcontainer	0	100	6,48	238	0,37