

# reife booster effizienz markt



## Optimierung der Pelletsmarktversorgung

Endbericht



# bioenergy2020+

**Projekt Nr. 817595**

Wieselburg, 30. März 2010

**BIOENERGY 2020+ GmbH**

**Standort Wieselburg**

Gewerbepark Haag 3, A 3250 Wieselburg

T +43 (0) 7416 52238-10

F +43 (0) 7416 52238-99

centre@bioenergy2020.eu

www.bioenergy2020.eu

**Firmensitz Graz**

Inffeldgasse 21b, A 8010 Graz

## Endbericht PELL-OPT

Optimierung der Pelletsmarktversorgung

Projektleitung Jürgen Mitterlehner

Mitarbeit Susanne Griesmayr  
Carl Majneri  
Walter Haslinger

Wissenschaftliche Partner e7 Energie Markt Analyse GmbH  
(Christof Amann, Klemens Leutgöb)

Prognos AG  
(Karsten Weinert, Claudia Funke, Friedrich Seefeld)

Firmenpartner propellets Austria  
(Christian Rakos, Christian Schlagitweit)

Projektnummer 817595

Projektlaufzeit 01. Juli 2008 - 31. Dezember 2009

Mit Unterstützung von Klima- und Energiefonds

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft

### **BIOENERGY 2020+ GmbH**

#### **Standort Wieselburg**

Gewerbepark Haag 3, A 3250 Wieselburg  
T +43 (0) 7416 52238-10  
F +43 (0) 7416 52238-99  
centre@bioenergy2020.eu  
www.bioenergy2020.eu

#### **Firmensitz Graz**

Innfeldgasse 21b, A 8010 Graz  
FN 232244k  
Landesgericht für ZRS Graz  
UID-Nr. ATU 56877044





## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1	Aufgabenstellung	5
1.2	Schwerpunkte des Projekts	6
1.3	Einordnung in das Programm	6
1.4	Verwendete Methoden	7
1.4.1	Datenerhebung zur Mengenbilanz und Prognosemodellierung	8
1.4.1.1	Expertenbefragung mittels Excel-Fragebogen	8
1.4.1.2	Datenerhebung mittels internetbasierendem Fragebogen	9
1.4.2	Ökonomische Analyse der Systemkosten und Differenzierung der ökonomischen Analyse	11
1.4.2.1	Datengrundlagen für das Modell, Lagerhaltungsstrategien und Kostendaten	11
1.4.2.2	Mittelfrist Szenarien für die Pelletsnachfrage in Österreich 2008 - 2014	11
1.4.2.3	Simulationsmodell „Pelletsversorgung in Österreich“	11
<b>2</b>	<b>Inhaltliche Darstellung</b>	<b>12</b>
2.1	Bilanzierung und Modellbildung (Mengenströme)	12
2.1.1	Mengenbilanz	12
2.1.2	Prognosemodell für den Inlandsmarkt	13
2.2	Pelletsnachfrage 2008 bis 2014	14
2.3	Simulationsmodell „Pelletsversorgung in Österreich“	19
2.3.1	Ziele des Simulationsmodells	19
2.3.2	Modellansatz	19
2.3.2.1	Analyse der Einflussfaktoren	19
2.3.2.2	Modellansatz und Systemgrenzen	21
2.3.2.3	Standorte, Lagerkapazitäten und Lieferbeziehungen	22
2.3.2.4	Nachfrageprofile der Absatzzentren	23
2.3.2.5	Auswahl der Bestellpolitiken für Absatzzentren und Zwischenhändler	23
2.3.2.6	Produktionsprofile	24
2.3.2.7	Transportkosten und ihre Optimierung	25
2.3.2.8	Betriebs- und Kapitalkosten	27
2.3.2.9	Anfangsbestände	28
2.3.2.10	Logistikkennzahlen	28
2.3.2.11	Szenarien-Auswahl	29
<b>3</b>	<b>Ergebnisse und Schlussfolgerungen</b>	<b>31</b>
3.1	Bilanzierung und Modellbildung (Mengenströme)	31
3.1.1	Mengenbilanz	31
3.1.2	Prognosemodell für den Inlandsmarkt	32
3.1.3	Berechnung unterschiedlicher Szenarien	33

3.2	Simulationsmodell „Pelletsversorgung in Österreich“ – Szenarien-Analyse	34
3.2.1	Szenario 1 – Status Quo.	34
3.2.1.1	<i>Mengenbetrachtung</i>	35
3.2.1.2	<i>Räumliche Differenzierung</i>	37
3.2.2	Szenario 2 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung von dezentralen Lagern	38
3.2.2.1	<i>Mengenbetrachtung</i>	38
3.2.2.2	<i>Systemkosten</i>	40
3.2.3	Szenario 3 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung eines Zentrallagers	41
3.2.3.1	<i>Mengenbetrachtung</i>	42
3.2.3.2	<i>Systemkosten</i>	42
3.2.4	Szenario 4 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung von dezentralen Lagern. Sehr kalte Heizperiode	44
3.2.4.1	<i>Mengenbetrachtung</i>	44
3.2.4.2	<i>Systemkosten</i>	46
3.2.5	Szenario 5 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung eines Zentrallagers. Sehr kalte Heizperiode	47
3.2.5.1	<i>Mengenbetrachtung</i>	47
3.2.5.2	<i>Systemkosten</i>	48
3.2.6	Szenario 6 – Unterproduktion	49
3.2.6.1	<i>Mengenbetrachtung</i>	49
3.2.6.2	<i>Systemkosten</i>	51
3.2.7	Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Simulationsmodell	52
<b>4</b>	<b>Ausblick und Empfehlungen</b>	<b>53</b>
4.1	Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die zukünftige Datenerhebung	53
4.2	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Pelletsversorgung	53
4.2.1	Anpassungen bei den Produktions- und Nachfrageprofilen	53
4.2.2	Versorgungssicherheit erfordert Lagerhaltung zwischen 1,5 und 6 Monatsproduktionen	55
4.2.3	Zentrale Lager sind teurer als dezentrale Lager	55
4.2.4	Die Vertriebsstruktur in Österreich ist nicht kostenoptimal	55
4.2.5	Forschungsbedarf	56
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>58</b>
6.1	Legende	58
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>59</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>60</b>

# 1 Einleitung

Der Winter 2006/07 war durch große Preissprünge beim Energieträger Pellets gekennzeichnet. Während im Herbst 2006 eine mögliche Unterversorgung der Märkte die Preise in die Höhe getrieben hat und dazu geführt hat, dass neue Produktionskapazitäten errichtet und Lager aufgefüllt wurden, hat der unerwartet warme Winter die Nachfrage stark nach unten gedrückt, wodurch die bestehenden Lager abgewertet werden mussten und auch Produktionsstandorte wirtschaftlich unter Druck gerieten. Bedeutend ist dabei, dass der Preisanstieg im Herbst 2006 nur bedingt auf eine – erst mittel- bis längerfristig wirkende – mögliche Knappheit der Ressource Holz zurückgeführt werden kann, sondern dass vielmehr eine kurzfristige wirksame Verknappung aufgrund einer (wahrgenommenen) ungenügenden Lagerhaltung für Pellets ausschlaggebend für den Preissprung war.

Eine indirekte Wirkung der äußerst volatilen Preisentwicklung für Pellets im Winter 2006/07 war, dass das Vertrauen der Konsumenten in die Versorgungssicherheit nachhaltig erschüttert wurde. Nach einer mehrjährigen Phase stetig steigender Verkaufszahlen bei den Pelletskesseln waren die letzten Monate von markanten Rückgängen der Verkaufszahlen (bis zu 80%) geprägt. Da die Pelletstechnologie zu einem bedeutenden Teil auf österreichischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten beruht und da auch einige der wichtigsten Pelletskesselhersteller aus Österreich stammen, kann festgehalten werden, dass ein stabiler Heimmarkt mit relativ stabilen Pelletspreisen ein wesentliches Element für die Weiterentwicklung dieser Technologie und daher für den Forschungs- und Technologiestandort Österreich ist.

## 1.1 Aufgabenstellung

Vor dem geschilderten Hintergrund verfolgt das gegenständliche Projekt das generelle Ziel, zu einem hinkünftig versorgungssicheren und möglichst preisstabilen Pelletsmarkt beizutragen. Daraus ergeben sich die folgenden Teilziele:

- Erarbeitung eines auf realen Daten basierenden „Mengengerüsts“ der Pelletsnachfrage und des Pelletsangebots in Österreich: Welche Nachfrage ist aus dem Raumwärmemarkt sowie von Großkunden mittelfristig zu erwarten?
- Ermittlung von konkreten Indikatoren für „Versorgungssicherheit“: Da ein wesentlicher Teil der Pelletsnachfrage aus dem Bereich der Raumwärmebereitstellung stammt und diese witterungsbedingt starken Schwankungen unterworfen ist, ist zu definieren, wie das Kriterium der Versorgungssicherheit konkret festzumachen ist.
- Ökonomische Optimierung: Kann Versorgungssicherheit und Preisstabilität unter der Prämisse einer Optimierung der gesamtwirtschaftlichen Kosten sichergestellt werden? Daher sind jene Systemkonfigurationen der Versorgungskette zwischen Pelletierwerk und Endkunde zu ermitteln, die gesamtwirtschaftlich die geringsten Kosten ausweisen (z.B. ein

bestimmter Lagerhaltungsanteil, bestimmte durchschnittliche Transportwege, flexible Nachfrageanteile bei den Großkunden u.ä.).

- Identifikation von Maßnahmen zur Systemoptimierung: Es hat sich gezeigt, dass sich eine gesamtökonomisch optimale sichere Versorgungskette am Pelletsmarkt bisher noch nicht eingestellt hat. Im Rahmen des Projekts sollen daher Maßnahmen identifiziert werden, die von den Marktteilnehmern zu setzen wären, um die Versorgungskette zu optimieren. Darüber hinaus sollen auch politische Instrumente identifiziert werden, die geeignet sind, allenfalls vorhandene einzelwirtschaftliche Barrieren, die einer gesamtwirtschaftlichen Optimierung der Versorgungskette im Wege stehen, zu überwinden.

## 1.2 Schwerpunkte des Projekts

Die Schwerpunkte des Projekts „Optimierung der Pelletsmarktversorgung“ lagen auf der Schaffung einer nachhaltigen Datenbasis, die den Marktteilnehmern einen fundierten Rückblick ermöglicht und eine solide Basis für Auslastungsplanungen darstellt. Die Dateneingabe erfolgt über eine gesicherte, webbasierte Eingabemaske, die von Pelletsproduzenten, Pelletshändlern und Kesselherstellern laufend aktualisiert wird.

Ein weiterer Schwerpunkt war die Analyse des Systems „Pelletsversorgung in Österreich“, wobei hier ausschließlich die Kostenseite betrachtet wurden. Die Versorgungsseite (Rohstoffe für die Pelletserzeugung) wurde nicht im Modell implementiert, sie wurde als exogen vorgegeben angenommen. Beim entwickelten Simulationsmodell handelte es sich um ein Kostenoptimierungsmodell, das für vorgegebene Systemkonfigurationen (Anzahl Produzenten und Händler, Lagerkapazitäten, Einkaufspolitik, Nachfrage etc.) die Lager- und Transportkosten minimiert und detailliert darstellt. Dadurch lassen sich Erkenntnisse über erforderliche Lagerkapazitäten und über Abweichungen der tatsächlichen Transportwege einer „Optimalkonfiguration“ des Systems gewinnen. Bei der Modellierung des Systems „Pelletsversorgung in Österreich“ kommt es jedoch weniger auf eine exakte Abbildungen der Realität, sondern viel mehr auf eine angemessene Abstraktion, die es erlaubt, die Systemeigenschaften besser zu verstehen um Schlussfolgerungen abzuleiten zu können, an..

Ein dritter Schwerpunkt war die Ableitung von Instrumenten und Maßnahmen zur Steigerung der Versorgungssicherheit bei Pellets.

## 1.3 Einordnung in das Programm

In Bezug auf das Themenfeld „Energiesysteme und Netze“ adressierte das gegenständliche Projekt die Aspekte der Sicherheit, Zuverlässigkeit, Effizienzverbesserung und Flexibilisierung der Energiesysteme. In Ergänzung zu den im Leitfaden in diesem Zusammenhang genannten Beispielen, die auf leitungsgebundene Energieträger fokussieren, untersuchte das Vorhaben jedoch die genannten Aspekte für die Versorgung mit einem nicht leitungsgebunden Energieträger, nämlich Pellets, für den aufgrund seiner Eigenschaften (vergleichsweise geringer



Energieinhalt, Umschlagverluste) die erprobten Logistikketten für fossile Energieträger nicht unmittelbar übernommen werden können, sondern angepasst werden müssen. Darüber hinaus berührt das Vorhaben aus dem Themenfeld 7 „Foresight und Strategie unterstützende Querschnittsfragen“ die Aspekte der Allokation erneuerbarer Ressourcen (Fokus auf die starken Schwankungen der Pelletsnachfrage und die daraus entstehenden Herausforderungen an einen kostenoptimierten Allokationsmechanismus) und der Erhebung einer zuverlässigen Datenbasis zu Einflussparametern auf den Energieverbrauch.

## 1.4 Verwendete Methoden

Die Bearbeitung des Projekts erfolgt in vier Arbeitspaketen, die sich an den oben beschriebenen Forschungsfragen orientieren:

- **Arbeitspaket 1 (AP1) – Szenarien für die Pelletsnachfrage und Pelletsproduktion:**
  - Erarbeitung des „Mengengerüsts“: Mittelfristigen Trends der Pelletsnachfrage und des Pelletsangebots (Ausstoß der Pelletierwerke)
  - Szenarien für witterungsbedingte und nachfragebedingte Schwankungen im Inlandsabsatz von Pellets
- **Arbeitspaket 2 (AP2) – Ökonomische Analyse:**
  - gesamtwirtschaftliches Kostenmodell für die Versorgungskette zwischen dem Pelletierwerk und den Endkunden
  - Ermittlung der kostenoptimalen Konfiguration der Versorgungskette für verschiedene Nachfrageszenarien
- **Arbeitspaket 3 (AP3) – Differenzierung der ökonomischen Analyse:**
  - Differenzierung des gesamtwirtschaftlichen Kostenmodells zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Ausgangssituationen der Marktteilnehmer (Pelletsproduzenten, Händler)
- **Arbeitspaket 4 (AP4) – Maßnahmen und Instrumente:**
  - Identifikation von Maßnahmen und Instrumenten, die einen preisstabilen und versorgungssicheren Pelletsmarkt unter gesamtwirtschaftlich geringen Kosten fördern

Sowohl für Arbeitspaket 1 als auch für Arbeitspaket 2 wurden zur Datenrecherche neben Literatur- und Quellenanalyse zahlreiche ExpertInneninterviews mit Herstellern und Händlern von Pellets sowie mit Anlagenbauern in ganz Österreich geführt. Die Erfassung des gegenwärtigen Mengengerüsts (Pelletsproduktion, Verkauf, Export, Lager, Handel) erfolgt über ein neu entwickeltes Excel-Tool, das in der Folge jedoch als internetbasierendes Werkzeug für die laufende Erhebung von Daten adaptiert wurde. Die Modellierung der kurzfristigen Nachfrageszenarien erfolgte mit Hilfe von Excel und wurde danach als Report im webbasierten Werkzeug implementiert.

Für die Modellierung der Systemkosten wurde ein Modell entwickelt, das den österreichischen Markt mit hinreichender Komplexität abbildet, wobei die Zielsetzung die Identifizierung einer kostenoptimalen Systemkonfiguration im Status quo und in den Mittelfristtrends lag. Die

Programmierung des Modells erfolgt mittels des Programms Mathematica. Die gleichen Ansätze werden auch für das Arbeitspaket 3 angewandt.

Arbeitspaket 4 baut auf den vorangegangenen Arbeitspaketen auf, wobei weitere ExpertInneninterviews zur Anwendung kommen können.

#### 1.4.1 Datenerhebung zur Mengenbilanz und Prognosemodellierung

Als Basis für eine Bilanz der in Österreich umgesetzten Pelletsmengen ist es notwendig, bei allen am Markt beteiligten Akteuren jene Daten zu erheben, die wesentlich für den Mengenstrom sind. Als geeignete Methoden dafür wurde einerseits eine Expertenbefragung mittels Excel basierendem Fragebogen (zur Ersterhebung) als auch eine an diesen Fragebogen angelehnte Weboberfläche zur Dateneingabe (zu weiterführenden Datenerhebungen) identifiziert.

##### 1.4.1.1 Expertenbefragung mittels Excel-Fragebogen

In Zusammenarbeit mit dem Verband proPellets Austria und einem namhaften Pelletsproduzenten wurde ein Fragebogen auf Basis von Excel erstellt, der für die Jahre 2007 und 2008 auf monatlicher Basis folgende Daten erfragt:

- Pelletsproduktion gesamt
- Verkauf und Export von Sackware
- Verkauf loser Pellets im Inland mit Differenzierung Endkunden / Händler
- Export loser Pellets
- Import von Sackware und losen Pellets
- Lagerstände und Lagerkapazitäten

Im Zuge von Interviews zu Arbeitspaket 2 (Kostenmodell) und nachfolgender Zusatzbefragungen zur Aktualisierung und Richtigstellung von Daten wurde dieser Fragebogen von insgesamt 15 Pelletsproduzenten ausgefüllt. Der Zeitraum, in dem Erhebungen durchgeführt wurden, erstreckte sich über mehr als 1 Jahr (10-2008 bis 12-2009).

Ein adaptierter Fragebogen wurde auch an Pelletshändler geschickt, die damit erhobenen Daten sind:

- Pelletseinkauf im In- bzw. Ausland
- Verkauf und Export von Sackware
- Verkauf loser Pellets im Inland mit Differenzierungsmöglichkeit zwischen Endkunden mit Anlagen kleiner 50 kW und Endkunden mit Anlagen größer 50 kW
- Export loser Pellets
- Lagerstände (differenziert in lose Pellets und Sackware) und Lagerkapazitäten

Während der Projektlaufzeit konnten nur Daten eines einzigen Pelletshändlers erhoben werden.

#### 1.4.1.2 Datenerhebung mittels internetbasierendem Fragebogen

Um eine verbesserte Bilanz und etwaig notwendige Ausgleichsfunktionen für ein Prognosemodell gewährleisten zu können, wurde nach interner Diskussion beschlossen, die Befragung auf die gesamte Projektdauer auszudehnen und die Datenakquisition mittels webbasiertem Fragebogen weiterzuführen. Zusätzlich dazu wurde die Befragung auf Kesselhersteller ausgedehnt, um die Bilanz nicht nur von der Produktionsseite berechnen, sondern auch von der Nachfrageseite her verifizieren zu können.

Folgende Daten werden bei Pelletsherstellern erhoben:

- Pelletsproduktion gesamt (inländische Standorte)
- Verkauf loser Pellets aus inländischen Standorten unterteilt in
  - Export
  - Direkt an den Endkonsumenten
  - An Händler
- Verkauf von Sackware unterteilt in
  - Export
  - Inlandsverkauf
- Lagerstand getrennt für
  - Sackware
  - lose Pellets
- Import von Pellets unterteilt in
  - Sackware
  - lose Pellets
- Plandaten unterteilt in
  - Gesamtproduktion
  - Export
  - Import

Abbildung 1.1 zeigt exemplarisch (Screenshot) die Eingabemaske für Pelletshersteller. Folgende Daten werden bei Kesselherstellern erhoben:

- Einkauf und Verkauf von Pellets unterteilt in
  - Sackware
  - lose Pellets
- Lagerstand unterteilt in
  - Sackware
  - lose Pellets
- Plandaten für
  - Einkauf bei inländischen Produzenten
  - Import
  - Export

Abbildung 1.1: Eingabemaske für Pelletshersteller – Screenshot des Online-Tools

Folgende Daten werden bei Pelletshändlern erhoben:

- Verkaufsabschlüsse Pelletskessel in kW unterteilt in
  - Inlandsverkauf
    - Kessel < 50kW
    - Kessel > 50kW
  - Export
    - Kessel < 50kW
    - Kessel > 50kW
- Verkaufsabschlüsse Pelletskaminöfen in Stück unterteilt in
  - Inlandsverkauf
    - Warmluftgeräte
    - Wassergeführte Geräte
  - Export
    - Warmluftgeräte
    - Wassergeführte Geräte
- Plandaten für Verkaufsabschlüsse von
  - Pelletskessel im Inland in kW gesamt und unterteilt in

- Kessel < 50kW
- Kessel > 50kW
- Verkäufe Kaminöfen in Stück unterteilt in
  - Warmluftgeräte
  - Wassergeführte Geräte

#### 1.4.2 Ökonomische Analyse der Systemkosten und Differenzierung der ökonomischen Analyse

Die beiden Arbeitspakete 2 und 3 wurden weitgehend parallel behandelt, da durch die enge Verflechtung der Fragestellungen und die Modellarchitektur eine vollständig getrennte Bearbeitung nicht sinnvoll erschien. Der Schwerpunkt lag jedoch auf AP 2. Folgende Arbeitsschritte waren dazu erforderlich:

##### 1.4.2.1 Datengrundlagen für das Modell, Lagerhaltungsstrategien und Kostendaten

Das Simulationsmodell „Pelletsversorgung in Österreich“ benötigt als wesentliche Eingangsparameter Kostendaten zu Errichtung und Betrieb von Pelletsanlagen und -lagern, sowie zu Transport und Umschlag. Diese Daten wurden bei den Pelletsherstellern bei der Datenrecherche zu AP 1 mit erhoben bzw. direkt bei Pelletshändlern, Anlagenbauern und Transportunternehmen erfragt. Weiters mussten Daten zum Jahresverlauf der Pelletsproduktion und zum Kaufverhalten der Endkonsumenten generiert werden. Hier wurde ebenfalls auf die Ergebnisse von AP 1 zurückgegriffen, wobei die empirischen Daten für das Modell generalisiert wurden.

##### 1.4.2.2 Mittelfristscenarien für die Pelletsnachfrage in Österreich 2008 - 2014

Für die Entwicklung von sinnvollen und aussagekräftigen Szenarien war es darüber hinaus notwendig, die mittelfristige zu erwartende Inlandsnachfrage nach Pellets abzuschätzen. Diese Berechnung erfolgte in enger Abstimmung mit AP 1 und baute dazu auf den jährlich neu installierten Leistungen von Pelletskesseln auf. Für die zukünftige Entwicklung mussten Annahmen über den Verkauf an Pelletsfeuerungen und -öfen und zur installierten Leistung in Großanlagen getroffen werden. Zusätzlich erfolgte eine Abschätzung der Effekte einer sehr kalten Heizperiode auf die Pelletsnachfrage in Österreich.

##### 1.4.2.3 Simulationsmodell „Pelletsversorgung in Österreich“

Das Simulationsmodell selbst wurde in Mathematica programmiert und die wesentlichen Produzenten in Österreich, einige große Händler und ein vereinfachtes Netz an Endkunden betrachtet. Alle Akteure sind regional eindeutig verortet, wobei sich die räumliche Verteilung der Endkunden (samt Jahresverbrauchsmenge), an der regionalisierten Endenergienachfrage für den Energieträger „Biomasse“ orientiert. Das Modell ist nachfrageorientiert und berechnet diejenigen Bestände und Flüsse aller Akteure, die im Falle einer kostenoptimalen Lösung unter den gegebenen Rahmenbedingungen auftreten würde.

## 2 Inhaltliche Darstellung

### 2.1 Bilanzierung und Modellbildung (Mengenströme)

Mit den erhobenen Daten wurde eine Mengenbilanz erstellt, auf deren Basis im Folgenden ein Mengenmodell zur kurzfristigen Prognose der gesamten Pelletsproduktion erstellt wurde.

#### 2.1.1 Mengenbilanz

Das Mengenmodell umfasst nicht wie ursprünglich geplant drei Teilbilanzen, die unterschiedliche Regionen Österreichs repräsentieren sollten, sondern nur die Gesamtbilanz für den betrachteten Pelletsmarkt, da eine spezifischere Aufteilung aufgrund der Qualität der zur Verfügung gestellten Daten nicht sinnvoll möglich war.

Die Bilanzierung erfolgt mittels folgenden allgemeinen Ansatzes auf monatlicher Basis:

$$\Delta = \text{Input} - \text{Output} + \text{Quelle} - \text{Senke}$$

2.1

Die Einheit der einzelnen Ströme ergibt sich somit zu Tonnen pro Monat.

„ $\Delta$ “ entspricht hier einer Änderung der gelagerten Pelletsmengen, „*Input*“ den Importströmen aus dem Ausland, „*Output*“ dem Exportstrom, „*Quelle*“ der Pelletsproduktion und „*Senke*“ dem Verbrauch an Pellets im Bilanzraum selbst. Dieser Ansatz wurde sowohl zur Plausibilitätsprüfung der einzelnen Fragebögen als auch in weiterer Folge als Basis für das Prognosemodell herangezogen.

Bei der Plausibilitätsprüfung der Daten ist der Ausgangspunkt die Erfüllung obiger Gleichung das ausschlaggebende Kriterium: Die Änderung der gelagerten Pelletsmengen muss der Summe von Produktion und Import abzüglich der exportierten und vom Pelletshersteller abgeben Menge entsprechen. Es wurden nur Daten herangezogen, bei denen diese Prüfung eine geringe Abweichung zur Monatsproduktion ergab.

Als Basis für das Prognosemodell werden die zusammengehörenden Daten aufsummiert und – unter der Annahme, dass das monatliche Produktions- und Handelsverhalten der nicht an der Befragung teilnehmenden Hersteller und Händler dem der befragten ähnlich ist – auf die gesamte Monatsproduktion im Bilanzraum hochgerechnet. Diese Hochrechnung ergibt sich aus dem Verhältnis der summierten Produktionsmenge aller an der Befragung teilnehmender Akteure für ein Jahr zu der (recherchierten) Gesamtproduktion an Pellets für ein Jahr in Österreich. Dieses Verhältnis entspricht dem Marktanteil der an der Datenerhebung beteiligten Akteure.

Mit diesen Annahmen für das Mengenmodell ergibt sich die Bilanz zu:

$\Delta L_{M,Y} = I_{M,Y} - E_{M,Y} + M_{M,Y} - V_{M,Y}$	2.2
--	-----

### 2.1.2 Prognosemodell für den Inlandsmarkt

Als Ausgangspunkt für die Prognose des Inlandsabsatzes an Pellets wird die installierte Kesselleistung – respektive das Wachstum dieser – gewählt. Es werden hierzu die Plandaten der Kesselhersteller herangezogen. Falls diese nicht vorhanden sind, wird von dem Kesselabsatz des Vorjahres mit linearem Wachstum während des betrachteten Prognosezeitraums ausgegangen.

$P_{Sum,PM,progn} = P_{M,aktuell} + \sum_{M=aktuell+1}^{PM} P_{M,progn}$	2.3
--	-----

Die erhobenen und hochgerechneten Daten für den Inlandsabsatz sind, da sie absolute Zahlen widerspiegeln, für eine Prognose noch nicht brauchbar – sie spiegeln noch Abhängigkeiten von klimatischen und marktbedingten Faktoren wider. Es muss also eine normierte Verteilung als Ausgangspunkt stehen. Es wurde hier ein mittlerer, spezifischer Monatsabsatzwert pro installiertem kW Kesselleistung und Heizgradtagsumme gewählt. Die Berechnung erfolgt aus den bereits vorhandenen Daten nach folgenden Formeln 2.4 und 2.5. Die Addition von 1 zur Heizgradtagsumme ergibt sich aus der Tatsache, dass in den Sommermonaten  $HGT_{12-20,M,Y}$  auch den Wert 0 annehmen kann und damit die Formel einen nicht definierten Wert liefern würde. Der Fehler, der durch diese Modifikation entsteht, ist jedoch vernachlässigbar klein.

$v_{M,Y,H} = \frac{V_{M,Y}}{P_{M,Y} \cdot (HGT_{12-20,M,Y} + 1)}$	2.4
---	-----

$v_{m,M} = \frac{\sum_{Y_1}^{Y_n} v_{M,Y,H}}{Y_n - Y_1}$	2.5
--	-----

Der Standardfall geht davon aus, dass für ein klimatisch „normales“ Jahr prognostiziert wird. Dazu ist es nötig, den langjährigen Mittelwert der Heizgradtagsumme für Monat und Jahr zu berechnen.

$HGT_{12-20,m,M} = \frac{\sum_{Y_1}^{Y_n} HGT_{12-20,M,Y}}{Y_n - Y_1}$	2.6
--	-----

$HGT_{12-20,m,Y} = \frac{\sum_{Y_1}^{Y_n} HGT_{12-20,Y}}{Y_n - Y_1} \quad \text{mit} \quad HGT_{12-20,Y} = \frac{\sum_{M=1}^{12} HGT_{12-20,M,Y}}{12}$	2.7
--	-----

Die Prognosefunktion ergibt sich somit zu:

$v_{M,progn} = P_{Sum,M,progn} \cdot HGT_{12-20,m,M} \cdot v_{m,M}$	2.8
---	-----

## 2.2 Pelletsnachfrage 2008 bis 2014

Zur Analyse des Systems „Pelletsversorgung“ mit Hilfe des Simulationsmodells „Pelletsversorgung in Österreich“ war es neben der Festlegung des Status quo erforderlich, abzuschätzen, wie sich die Nachfrage nach Pellets in den kommenden Jahren entwickeln könnte. Dazu wurden Bottom-up-Szenarien entwickelt, die einerseits auf vorhandenem Datenmaterial aufsetzten, ergänzt um qualifizierte Expertenschätzungen und Daten von proPellets Austria, andererseits mussten verschiedene Trends für die Zukunft ermittelt werden. Ziel war letztlich, eine möglichst realistische Schätzung zur Entwicklung der Pelletsnachfrage der nächsten Jahre abzugeben.

Ausgangspunkt für die Berechnung des Status quo war die in AP 1 hochgerechnete Pelletsmenge, die im Inland verkauft wurde. Da die Datengenauigkeit und Zuverlässigkeit des Wertes zum Zeitpunkt der Modellierung noch unklar war und zusätzlich eine Mittfristprognose notwendig war, wurde eine eigene Bottom-up-Berechnung durchgeführt. Als wesentliche Datenquelle für die Bottom-up-Berechnung des gegenwärtigen Pelletsverbrauchs in Österreich wurde die Biomasse-Heizungserhebung 2008 (Furtner, Haneder 2009) herangezogen. Diese Erhebung wird seit 1980 regelmäßig durchgeführt und stellt die beste in Österreich verfügbare Datenquelle für Daten zu Biomasse-Heizanlagen dar. Daten für Pelletsfeuerungen sind ab dem Jahr 1997 verfügbar. Es werden allerdings nicht die Energie- bzw. Pelletsverbräuche dokumentiert, sondern die jährlich neu installierten Feuerungen samt dazu gehöriger Leistung. Die Daten werden für folgenden Kategorien getrennt erhoben:

- Stückholzkessel (bis 30 kW und über 30 kW)
- Hackgutfeuerungen bis 100 kW
- Pelletsfeuerungen



- Kamin- und Einzelöfen (Pelletsöfen seit 2006 ausgewiesen)
- Heizanlagen für standardisierte pflanzliche Brennstoffe
- Anlagen im mittleren bis großen Leistungsbereich (keine Differenzierung nach Brennstoff)

Für die hier angestellten Berechnungen wurden die Kategorien „Pelletsfeuerungen“ und „Pelletsöfen“ herangezogen.

Bei der Neuinstallation von Pelletsfeuerungen ist seit 1997 ein stetiger Aufwärtstrend zu beobachten, unterbrochen durch einen massiven Rückgang im Jahr 2007. Im Jahr 2008 wurden 11.101 Pelletsfeuerungen (bis 100 kW, ohne Kaminöfen) neu installiert (Abbildung 2.1). Neben der Anzahl der Feuerungen wurde auch die durchschnittliche Leistung erhoben, die im Jahr 2008 bei 19,9 kW lag.

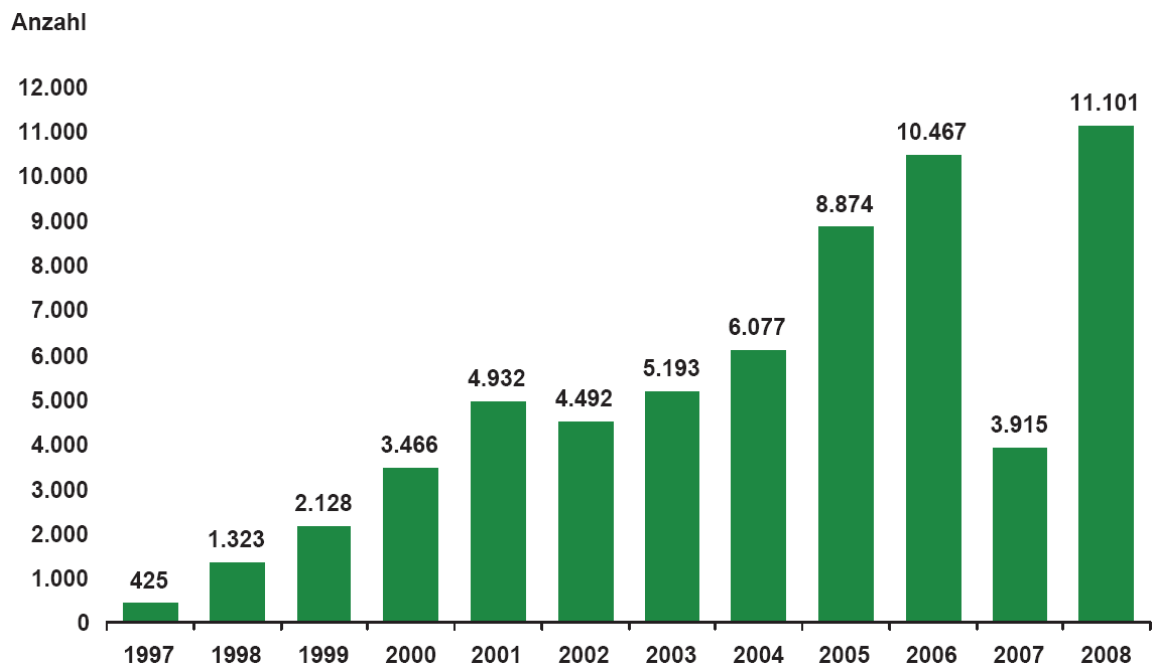


Abbildung 2.1: Neu installierte Pelletsfeuerungen bis 100 kW

Quelle: Furtner/Haneder (2009)

Für die Anzahl der mit Pellets befeuerten Kamin- und Einzelöfen liegen Daten ab 2006 vor, diese Zeitreihe konnte mit Schätzungen von proPellets Austria bis ins 1999 zurück ergänzt werden. Im Jahr 2008 wurden 3.045 Pelletsöfen neu installiert. Für die Bottom-up-Berechnung des Pelletsverbrauchs wurde eine durchschnittliche Leistung von 9,7 kW herangezogen.

Mit großen Unsicherheiten ist die installierte Leistung von großen Anlagen ab 100 kW behaftet. In der genannten Biomasse-Heizungserhebung werden große Anlagen zwar ausgewiesen, eine Zuordnung zum Energieträger Pellets ist jedoch nicht möglich. Auch hier gibt es Schätzungen des Verbandes für die Jahre 2006-2008, die für die Berechnung des Pelletsverbrauchs herangezogen wurden, wobei keine Stückzahlen, sondern nur die installierte Leistung vorliegt.

Die Bottom-up-Berechnung des Pelletsverbrauchs für die dokumentierten Jahre erfolgte über eine Abschätzung der Jahresvolllaststunden für die einzelnen Kategorien. Bei Pelletsfeuerungen wurden 1.500 Volllaststunden angenommen, was bei einem Energieinhalt der Pellets von 4,8 kWh/kg einen spezifischen Pelletsverbrauch von 313 kg/kW installierter Leistung oder 6,22 t je Pelletsfeuerung (19,9 kW) entspricht. Leider liegen zu dieser Annahme keine fundierten empirischen Erhebungen oder Messungen von Feuerungen im Realbetrieb vor, sodass hier auf Expertenschätzungen zurückgegriffen werden musste. Für Pelletsöfen wurden im Durchschnitt 300 Volllaststunden, bei großen Anlagen 1.900 Volllaststunden angenommen.

In Summe ergibt sich somit aus der Bottom-up-Berechnung für 2008 ein Pelletsverbrauch in der Höhe von 432.530 t (Tabelle 2.1). Dieser errechnete Verbrauch wurde das Simulationsmodell „Pelletsversorgung in Österreich“ als Status-quo-Wert herangezogen. Die geringfügige Abweichung zum hochgerechneten Wert aus AP 1 in der Höhe von rund 10.000 t erklärt sich aus der zum Zeitpunkt der Modellerstellung unklaren Datengenauigkeit und -zuverlässigkeit, für die Modellaussagen ist diese Abweichung jedoch völlig unerheblich.

Jahr	Zentralheizungen	Einzelöfen	Großanlagen	Gesamt
1997	2.790	0	0	2.790
1998	10.333	0	0	10.333
1999	22.332	61	0	22.393
2000	41.080	212	0	41.292
2001	68.870	1.000	0	49.385
2002	95.221	1.000	0	96.221
2003	126.482	1.788	0	128.270
2004	163.459	3.183	0	166.642
2005	216.894	5.474	0	222.368
2006	280.075	8.894	13.500	302.469
2007	303.108	9.955	20.625	333.687
2008	371.979	11.801	48.750	432.530

Tabelle 2.1: Bottom-up berechneter Pelletsverbrauch [t] 1997-2008

Quelle: Eigene Berechnung e7 (2009)

Um die Entwicklung von Szenarien für das Simulationsmodell zu ermöglichen wurde eine Abschätzung der Entwicklung des Pelletsbedarfs für das Jahr 2014 durchgeführt. Diese Abschätzung ist jedoch nicht als Prognose angelegt, sondern stellt einen möglichen und plausiblen Verlauf dar. Obwohl sich der Markt für Pelletsfeuerungen, Pelletsöfen und Pellets in Großanlagen in der Vergangenheit sehr dynamisch entwickelt hat, wurde hier angenommen, dass der jährliche Zuwachs (!) an Feuerungen, Öfen und Großanlagen in den kommenden Jahren konstant bleibt. Auf der Seite des Pelletsverbrauchs bedeutet das jedoch einen rasanten Zuwachs - so steigt unter den angenommenen Rahmenbedingungen der Pelletsverbrauch bis 2014 auf gut 1 Million Tonnen (Tabelle 2.2 und Abbildung 2.1).

Jahr	Zentralheizungen	Einzelöfen	Großanlagen	Gesamt
2008	371.979	11.801	48.750	432.530
2009	440.850	13.647	76.875	531.372
2010	509.722	15.493	105.000	630.214
2011	578.593	17.339	133.125	729.057
2012	647.464	19.185	161.250	827.899
2013	716.335	21.031	189.375	926.741
2014	785.207	22.877	217.500	1.025.583

Tabelle 2.2: Bottom-up berechneter Pelletsverbrauch [t] 2008-2014

Quelle: Eigene Berechnung e7 (2009)

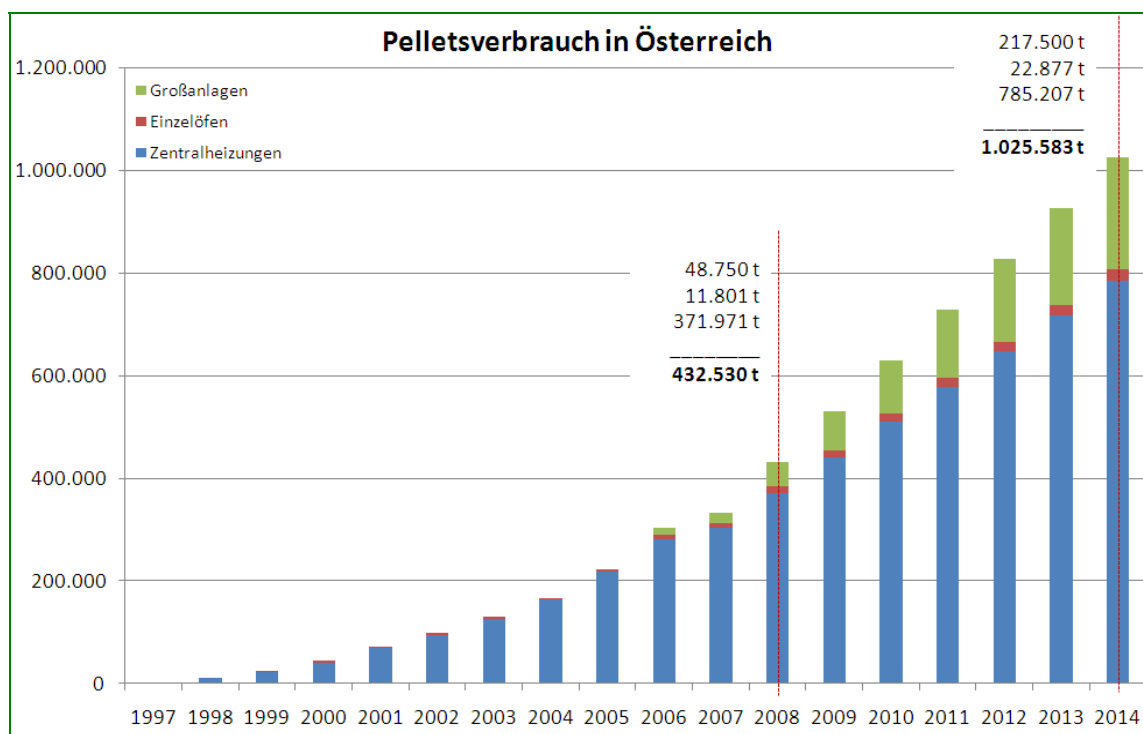


Abbildung 2.2: Bottom-up berechneter Pelletsverbrauch [t] 1997 - 2014

Quelle: Eigene Berechnung e7 (2009)

Zur Abschätzung der Auswirkungen von jährlichen Schwankungen der Heizgradtagsumme (HGS) wurden die Abweichungen vom langjährigen Durchschnitt für die letzten Jahre herangezogen. Es zeigt sich, dass die max. Abweichungen in einer Größenordnung von  $\pm 12\%$  liegen können (Abbildung 2.3). Für die Szenarien im Modell wurde jedoch noch stärkere Abweichungen in der Höhe von 20% unterstellt, um zu sehen, wie das System „Pelletsmarktversorgung“ auf so eine Extremsituation reagiert und welche Auswirkungen diese auf die erforderlichen Lagerkapazitäten hat.

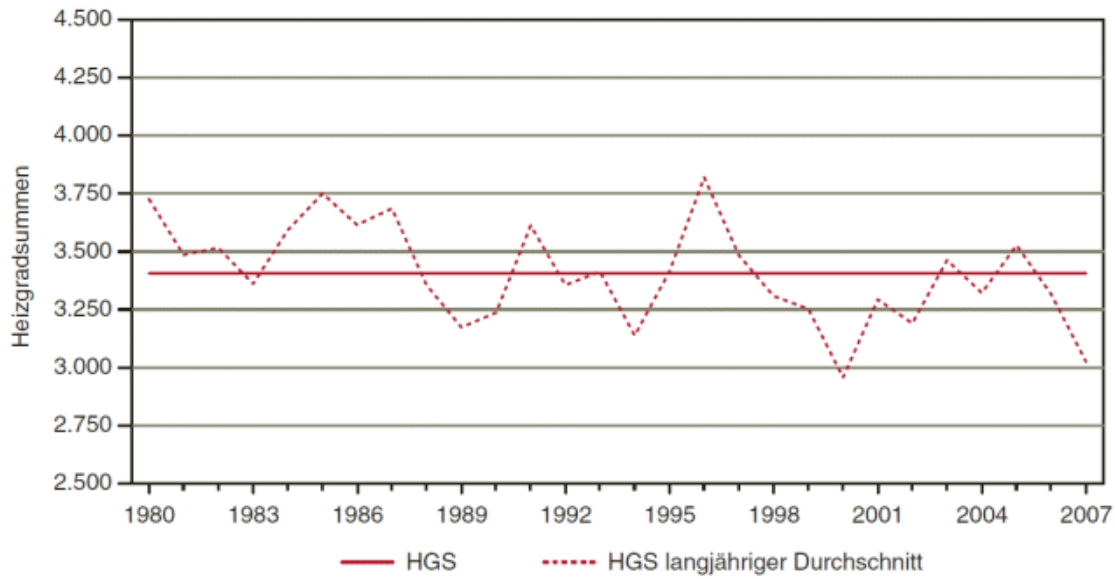


Abbildung 2.3: Heizgradsummen im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt seit 1980

Quelle: Statistik Austria

Folgende Pelletsverbrauchsdaten fließen in das Simulationsmodell „Pelletsversorgung in Österreich“ ein:

Pelletsverbrauch 2008: 432.530 Tonnen

Pelletsverbrauch 2014: 1.000.000 Tonnen

Pelletsverbrauch 2014 (HGT<sub>hoch</sub>): 1.200.000 Tonnen

Es muss an dieser Stelle noch einmal hervorgehoben werden, dass es sich bei der berechneten Entwicklung nicht um eine Prognose handelt, sondern um ein plausibles Szenario. Die Annahme, dass die Verkäufe von Pelletsfeuerungen, -söfen und des Zuwachses des Einsatzes von Pellets in Großanlagen in den kommenden Jahren stagniert, mag eine sehr konservative Annahme sein. Andere Modelle, die sich mit der Frage des Energieträgereinsatzes in den kommenden Jahren befassen, kommen jedoch zu wesentlich geringeren Zuwächsen im Pelletsverbrauch. So geht die Studie „Energieszenarien bis 2020: Wärmebedarf der Kleinverbraucher“ (Haas et al. 2009) davon aus, dass dem heimischen Markt im Jahr 2020 etwa 1,3 Millionen Tonnen Pellets zur Verfügung stehen. Ein Wert, der im hier angenommenen Szenario schon im Jahr 2017 überschritten wird.

## 2.3 Simulationsmodell „Pelletsversorgung in Österreich“

### 2.3.1 Ziele des Simulationsmodells

Ziel des Simulationsmodells ist die Untersuchung der Versorgungssicherheit und der Systemkosten der Versorgungskette (*supply chain*) des österreichischen Pelletsmarktes. Fragestellungen sind insbesondere:

- Wie verlaufen Produktion und Absatz im Jahresgang und welche Konsequenzen haben sie für die Versorgungssicherheit und Systemkosten? Wie empfindlich ist die Struktur gegenüber unvorhergesehenen Nachfrageschwankungen?
- Welche Rolle spielen Händler in der Versorgungskette?
- Ist ein zentrales Lager kostengünstiger als eine dezentrale Lagerhaltung?
- Wie wird die Versorgung in Zukunft aussehen? Reichen die geplanten Produktionskapazitäten aus, um die wachsende Nachfrage zu bedienen?

Schwerpunkt der Untersuchung ist dabei die Distributionsseite des Marktes. Nicht berücksichtigt wurde der Beschaffungsaspekt. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurde der Außenhandel, für den verlässliche Daten kaum verfügbar sind und der die Komplexität des Modells drastisch erhöht hätte.

Zur Bearbeitung der Fragen wurde ein Simulationsmodell entwickelt, welches die Versorgungskette des österreichischen Pelletsmarktes detailliert abbildet. Dazu wurden zunächst Einflussfaktoren, die auf Versorgungssicherheit und Systemkosten wirken, gesammelt und analysiert. Daraus wurden Entwicklungsszenarien extrahiert und Systemgrenzen festgelegt. Darauf aufbauend wurde der Modellansatz ausgewählt und umgesetzt.

Das so entwickelte Modell simuliert verschiedene Szenarien über ein Jahr und trifft Aussagen zu erforderlichen Lagermengen, Kostenstruktur und Mengenflüssen. Die Simulationsergebnisse wurden analysiert und verglichen und daraus Aussagen zu den oben genannten Fragestellungen abgeleitet.

### 2.3.2 Modellansatz

#### 2.3.2.1 Analyse der Einflussfaktoren

Bedingt durch die Aufgabenstellung wurden im Simulationsmodell ausschließlich folgende Akteure betrachtet:

- Pelletsproduzenten,
- Pelletshändler und
- Absatzzentren (Endkonsumenten von Pellets)

Akteure wie Vorlieferanten der Pelletsproduzenten (z. B. Sägewerke), Rohstoffkonkurrenten (z. B. Papier- und Zellstoffindustrie), Absatzmarktkonkurrenten (z. B. die Mineralöl-Industrie), Anlagenbauer und der Einfluss des Gesetzgebers werden im Modell nicht berücksichtigt.

Die Einflussgrößen der Akteure, die für die Analyse der Marktstruktur in Betracht gezogen wurden, lassen sich in räumlich/klimatische und ökonomische gliedern und beeinflussen sich wechselseitig. Die Analyse dieser Wechselwirkungen stellt den ersten Schritt der Modellkonzeption dar.

Abbildung 2.4 veranschaulicht die Wirkungsstruktur der Einflussfaktoren in einer Interaktionsmatrix<sup>1</sup>. Die Wirkungen werden vereinfacht betrachtet: Die Zahl 0 steht für keine Wirkung, die Zahl 1 für eine indirekte oder schwache Wirkung und die Zahl 2 für einen direkten oder starken Einfluss. Die Zeilensumme, die in der Spalte „Aktiv“ eingetragen ist, beschreibt, wie stark der Faktor auf die übrigen Faktoren wirkt. Die Spaltensumme, eingetragen in der Zeile „Passiv“, beschreibt wie stark der Faktor Wirkungen der anderen Faktoren aufnimmt. Die Zeile „Aktiv/Passiv“ ist der Quotient aus Aktiv- und Passivwert und zeigt die „Aktivität“ des Elements an. Die Zeile „Aktiv\*Passiv“ hingegen ist das Produkt aus Aktiv- und Passivwert und verdeutlicht die Bedeutung des Faktors auf das System insgesamt. Die farblichen Markierungen visualisieren die Beschränkungen des gewählten Modells: Grün hinterlegte Wirkungen kann das Modell abbilden, gegen rot hinterlegte ist das Modell „blind“.

Elemente, welche Wirkung abgeben	Elemente, welche Wirkung aufnehmen											Aktiv	
	Lagerkapazität der Kunden	Lagerkapazität der Produzenten / Händler	installierte Kesselleistung / Inlandnachfrage	Witterung (warm, kalt, Stürme)	Produktionskapazität / Produktionsauslastung	Kapitalkosten der Produzenten / Händler	fixe Betriebskosten der Produzenten / Händler	variable Betriebskosten der Produzenten / Händler	Transportkosten der Produzenten / Händler	Entfernung vom Produzenten / Händler zum Kunden	Lagerbestand der Produzenten / Händler		Versorgungssicherheit
Lagerkapazität der Kunden	x	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	4
Lagerkapazität der Produzenten / Händler	0	x	0	0	2	2	2	1	1	0	2	2	12
installierte Kesselleistung / Inlandnachfrage	1	1	x	0	2	0	0	0	0	0	2	2	8
Witterung (warm, kalt, Stürme)	0	0	2	x	0	0	0	0	0	0	2	2	6
Produktionskapazität / Produktionsauslastung	0	1	0	0	x	2	2	2	0	0	2	2	11
Kapitalkosten der Produzenten / Händler	0	1	1	0	0	x	0	0	0	0	1	1	4
fixe Betriebskosten der Produzenten / Händler	0	1	1	0	0	0	x	0	0	0	1	1	4
variable Betriebskosten der Produzenten / Händler	0	0	1	0	1	0	0	x	0	0	1	2	5
Transportkosten der Produzenten / Händler	0	0	1	0	0	0	0	0	x	0	1	1	3
Entfernung vom Produzenten / Händler zum Kunden	1	1	1	0	0	0	0	0	2	x	0	1	6
Lagerbestand der Produzenten / Händler	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0	x	2	8
Versorgungssicherheit	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	x	2
Passiv	2	5	9	0	6	6	5	5	4	0	14	17	
Aktiv / Passiv	2,0	2,4	0,9	∞	1,8	0,7	0,8	1,0	0,8	∞	0,6	0,1	
Aktiv * Passiv	8	60	72	0	66	24	20	25	12	0	112	34	

0=keine Wirkung; 1=indirekte oder schwache Wirkung; 2= direkte Wirkung

Abbildung 2.4: Interaktionsmatrix des gewählten Modells.

<sup>1</sup> Wir verweisen auf (Bossel 1994, 63) und (Weinmann 2002, 25ff)

Zu erkennen ist, dass räumlich/klimatische Faktoren nicht von den anderen Faktoren beeinflusst werden. Die Lagerkapazität der einzelnen Akteure und das Produktionsprofil haben einen „aktiven“ Charakter. Die einzelnen Kostenarten, die Lagerbestände und die Versorgungssicherheit hingegen werden von den anderen Faktoren deutlich beeinflusst, sind also „passiv“.

### 2.3.2.2 Modellansatz und Systemgrenzen

Die Analyse der Einflussfaktoren führte zu einem Modellansatz, der in Abbildung 2.5 überblicksmäßig dargestellt ist: In jedem Monat werden anhand verschiedener Basisgrößen Angebot und Nachfrage ermittelt. Es werden diejenigen Vertriebswege zur Befriedigung der Nachfrage ermittelt, die zu minimalen Transportkosten (inkl. Umschlagskosten) führen. Die resultierenden neuen Lagerbestände dienen als Eingangsgröße für den nächsten Monat.

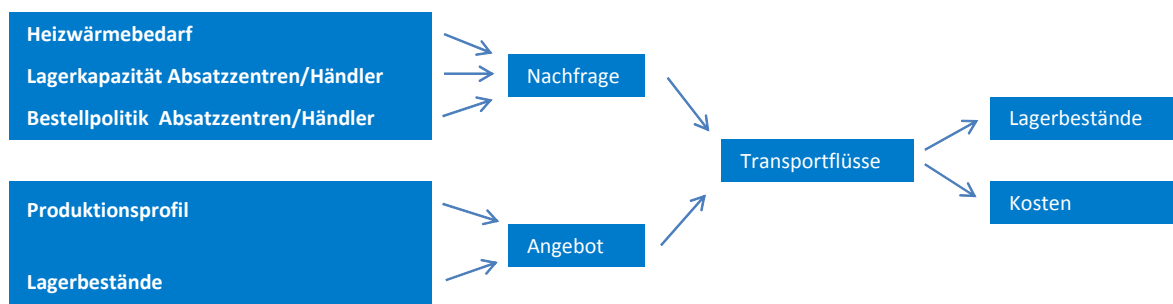


Abbildung 2.5: Grobstruktur des gewählten Modellansatzes

Die Systemstruktur wird wesentlich bestimmt durch die Standorte und Lagerkapazitäten der Marktakteure (Produzenten, Absatzzentren, Händler). Diese Daten wie auch Beschränkungen der Lieferbeziehungen sind statisch vorgegeben.

Zentrale dynamische Größe des Modells ist die in einem Monat im Umlauf befindliche Menge Pellets. Der Zustand des Systems ist beschrieben durch die Lagerbestände sowie dem Mengenfluss zwischen den Marktakteuren.

Den Hauptimpuls im Modell gibt die Nachfrage. Dazu werden die empirisch vorliegenden Daten über installierte Heizkessel und Heizgradtage untersucht und daraus regional und zeitlich differenzierte Verbrauchsprofile abgeleitet. Für die Absatzzentren wird eine Nachfragekurve festgelegt, die auf empirischen Verkaufsdaten der Jahre 2007 und 2008 beruht.

Eine weitere impulsgebende Größe ist die Produktion der Pelletswerke. Hierzu wurden die empirisch vorliegenden Produktionszahlen untersucht und – um eine Überanpassung an die Daten zu vermeiden – zu einem Produktionsprofil abstrahiert.

Für Zwischenhändler wird anhand der vorliegenden empirischen Daten eine Bestellpolitik ausgewählt, die das deutlich von den Absatzzentren verschiedene Bestellverhalten abbilden kann. Da das Modell keinen Verkaufspreis errechnet, orientiert sich das Bestellverhalten an der am Markt verfügbaren Menge an Pellets.

Von den Eingangs- und Systemgrößen werden Aussagen zu den Systemkosten und zur Versorgungssicherheit abgeleitet. Als weitere vereinfachende Annahme geht das Modell von einer standortunabhängigen Betriebs- und Kapitalkostenstruktur aus. Zur Abschätzung der Transportkosten wird ein Optimierungsalgorithmus eingesetzt.

Aus dieser Systemstruktur folgen Grenzen des Systems – jedes Modell vereinfacht die Wirklichkeit und kann bestimmte Phänomene nicht abbilden. Diejenigen Wirkungen, die bei der Analyse der Einflussfaktoren ermittelt wurden, aber vom Modell nicht berücksichtigt werden, sind in Abbildung 2.4 rot hinterlegt. Einige Beispiele für unberücksichtigte Wirkungen sind:

- Eine ungünstige Kostenstruktur oder eine schlechte Versorgungssicherheit kann eine sinkende Nachfrage und eine Abnahme von neu installierten Kesseln bewirken.
- Eine hohe Nachfrage kann zu einer Erhöhung der Produktion führen.
- Die variablen Betriebskosten, insbesondere Rohstoffkosten, beeinflussen die Produktion.
- Die Lagerkapazitäten der Produzenten können durch Kostenüberlegungen, Produktionsplanungen oder durch Standortbetrachtungen beeinflusst werden. (Im Modell sind die Kapazitäten exogen vorgegeben, d. h., dass diese Einflüsse nicht berücksichtigt werden.)

Neben diesen konzeptionell bedingten Modellbeschränkungen gibt es noch weitere Einschränkungen, die in den folgenden Abschnitten dargestellt werden.

### 2.3.2.3 Standorte, Lagerkapazitäten und Lieferbeziehungen

Im österreichischen Bundesgebiet wurde in 37 Absatzzentren definiert, die Endkonsumenten repräsentieren. Die Verteilung der Absatzzentren ist in Abbildung 2.6 visualisiert. Jedem Absatzzentrum werden Mittelpunkt (Längen- und Breitengrad) und Radius zugeordnet.

Zudem werden Standorte von 7 Zwischenhändlern und 26 Produzenten festgelegt.

Grundsätzlich berücksichtigt das Modell zwei Lieferwege:

- direkt vom Werk zum Kunden im Absatzzentrum und
- indirekt über einen Zwischenhändler

Als Transportmittel hin zum Absatzzentrum wird immer von einem Tankwagen, vom Produzenten zu einem Zwischenhändler immer von einem Schubbodenaufleger ausgegangen. Die Kosten hängen sowohl von der (Luftlinien-) Entfernung wie auch vom verwendeten Transportmittel ab.



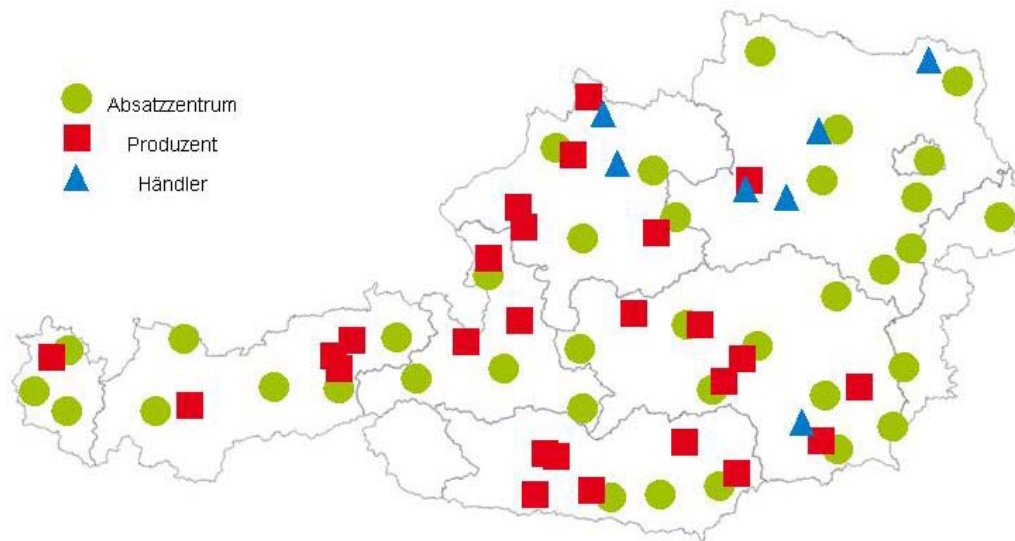


Abbildung 2.6: Verteilung der Akteure

Bei der Modellierung der Lieferbeziehungen werden keine Einschränkungen zwischen Produzenten und Zwischenhändlern gesetzt, bei Transporten zu Absatzzentren hingegen wird davon ausgegangen, dass der Transportweg eine festgelegte Länge von 350 km nicht überschreitet.

#### 2.3.2.4 Nachfrageprofile der Absatzzentren

Im Modell wird unterschieden zwischen dem

- Zukauf der Absatzzentren und dem
- Verbrauch in den Absatzzentren.

Der Zukauf beschreibt die Nachfrage des Akteurs am Markt, d. h. welche Mengen eingekauft werden. Das Zukaufverhalten wurde dem Modell exogen vorgegeben. Grundlage der Daten war eine empirische Auswertung der Verkaufszahlen ausgewählter Produzenten. Die zeitliche Verteilung des Verbrauchs erfolgt als Funktion der monatlichen Heizgradtagsummen. Die regionale Verteilung des Verbrauchs erfolgte auf Basis regionisierter Biomassenachfrageverteilungen (Bezirksebene). Für die Szenarien wurde diese Verteilung unverändert beibehalten. Das heißt, bei einer Zunahme des Verbrauchs um X% steigt der Verbrauch jedes Absatzzentrums ebenfalls um den gleichen Anteil (X%).

#### 2.3.2.5 Auswahl der Bestellpolitiken für Absatzzentren und Zwischenhändler

##### *Überblick über Bestellpolitiken*

Bei der Modellierung des Bestellverhaltens wurden folgende Theorien in Betracht gezogen (Vry 1998):

- Feste Losgröße-Politik: die Bestellmenge ist in jedem Monat konstant.
- Lagerniveau-Politik: die Bestellmenge wird zum Bestellzeitpunkt an Hand des aktuellen Lagerbestandes und eines vorab festgelegten Soll-Bestandes ermittelt.
- Nachfragegesteuerte Politik: Es wird soviel bestellt, wie Nachfrage prognostiziert wird.
- Wirtschaftliche Bestellmenge (economic order quantity): Es wird soviel bestellt, dass die Summe aus Lagerhaltungs- und Bestellkosten minimal wird.
- Newsvendor: Es wird soviel bestellt, dass die zu erwartenden Unterbestandskosten (entgangene Gewinne) und Überbestandskosten minimal werden. Bei dieser Bestellpolitik wird die Nachfrage durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben.
- Mischungen der vorstehenden Politiken

Da das Modell in monatlicher Auflösung rechnet, kommen Bestellpolitiken mit variablem Bestellzeitpunkt nicht in Betracht. Aus Gründen der Komplexität werden dynamische Bestellpolitiken wie z. B. gleitende wirtschaftliche Losgrößen nach Wagner/Whitin (1958) ebenfalls nicht berücksichtigt.

#### *Bestellpolitik für Zwischenhändler*

Die Bestellpolitik für Zwischenhändler besteht aus zwei Komponenten.

- Zum einen wird in jedem Monat soviel bei den Produzenten bestellt wie in den Absatzzentren abgesetzt wird. Dies ist der Umschlag innerhalb des Monats. Die genaue Menge dieser Bestellkomponente ist das Ergebnis der Transportkostenoptimierung – die individuelle Bestellmengen der Zwischenhändler werden so gewählt, dass die Transportkosten insgesamt minimal werden. Es handelt sich hierbei um nachfragegesteuerte Politik „ohne“ Zeithorizont, d. h. die Nachfrage in den folgenden Monaten wird nicht berücksichtigt.
- Die zweite Komponente der Bestellpolitik bildet den Markt ab. Hierbei wird die bei den Produzenten und Zwischenhändlern angebotene Menge verglichen mit der Nachfrage der Absatzzentren. Wenn das Angebot die Nachfrage um einen bestimmten Prozentsatz übersteigt, dann wird – unter Berücksichtigung der Lagerkapazität der Händler – zugekauft und eingelagert. Diese zweite Komponente wird im Modell gesteuert durch zwei Parameter: dem Prozentsatz, um den das Angebot die Nachfrage übersteigen muss (20%) und der Sollbestand der Händler, d.h. welcher Anteil der Lagerkapazität tatsächlich genutzt wird (80%). Diese Parameter wurden ex ante gesetzt.

#### 2.3.2.6 Produktionsprofile

Die Produktion der Holzpellets variiert im Jahresgang. Das ist aus den vorliegenden Daten aus AP 1 für die Jahre 2007 und 2008 ersichtlich. Das Produktionsprofil wird anhand von vier als typisch erachteten Werken bestimmt, da bei anderen Werke z. T. Sonderfälle vorlagen (z. B. Produktionsstillstand über mehrere Monate), Daten fehlten oder nicht konsistent erschienen.

Abbildung 2.7 zeigt die Monatsproduktion als Anteil der Produktionskapazität (mittlere Auslastung). Erkennbar sind eine Produktionslücke im August und eine zurückgefahrne Produktion über die Wintermonate. Die Gründe für diese Produktionsrückgänge sind laut Auskunft verschiedener Pelletshersteller zumeist Urlaubs- und Revisionszeiten. Eine detaillierte Untersuchung, die auch die Versorgung mit Rohstoffen oder eine zurückgefahrne Produktion durch fehlenden Absatz und Lagerkapazitäten berücksichtigt, wurden hier nicht weiter verfolgt. Über das gesamte Jahr gemittelt ergibt sich eine Auslastung der Werke von ca. 68%.

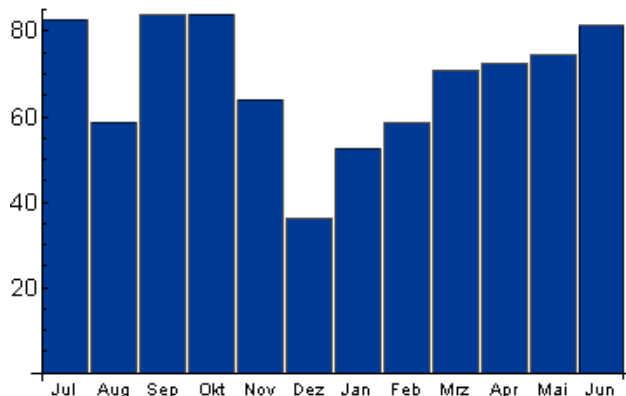


Abbildung 2.7: Auslastung (gemittelt) von vier österreichischen Pelletswerken in %

Das in Abbildung 2.7 dargestellte Auslastungsprofil wird im Simulationsmodell für alle Szenarien unverändert angewandt. Angepasst wird also einzig die Höhe der Produktion.

### 2.3.2.7 Transportkosten und ihre Optimierung

Die Transportkosten setzen sich aus einer entfernungsabhängigen Komponente für die Beförderung und einer Komponente für das Be- und Entladen zusammen. Die Kosten wurden von Experten erfragt. Konkret lautet die Transportkostenfunktion für einen Tankwagentransport von einem Akteur  $q$  zu einem Akteur  $s$  (Einheit: €/t):

$Transportkosten(q, s) \hat{=} 6,74 + 0,04753 * Entfernung(q, s)$	2.9
---	-----

und für einen Schubbodentransport:

$Transportkosten(q, s) \hat{=} 2 + 0,025 * Entfernung(q, s)$	2.10
--	------

Die niedrigeren Kosten für einen Schubbodentransport lassen sich durch eine höhere Ladekapazität (22 t gegenüber 10-15 t bei Tankwagen) und eine geringere Anzahl an Leerfahrten (Schubbodenaufleger sind im Unterschied zu Tankwagen auch für andere Transportgüter geeignet) erklären.

Im Modell werden alle Transporte zu Absatzzentren mit einem Tankwagen vorgenommen, alle Transporte zu Händlern mittels Schubbodenaufliegern. Weitere Transportmodi (Kipper, Big Packs, Sackware mittels Planentransport) werden im Modell nicht berücksichtigt.

Grundsätzlich sind folgende Lieferwege vorgesehen:

- vom Pelletswerk zum Absatzzentrum,
- vom Pelletswerk zu einem Zwischenhändler und von dort im gleichen Monat zum Absatzzentrum (Das Modell sieht höchstens einen Durchlaufknoten für einen Transport vor, d. h. Lieferungen von einem Zwischenhändler zu einem anderen Zwischenhändler werden nicht berücksichtigt.).
- vom Zwischenhändler zum Absatzzentrum und
- vom Pelletswerk zum Zwischenhändler.

Von wo nach wo in jedem Monat Pellets geliefert werden, wird durch einen Optimierungsalgorithmus festgelegt. Dabei wird ein Netzwerkfluss-Modell aus der Theorie der linearen Optimierung verwendet. Im Folgenden wird das Modell kurz vorgestellt.

Produzenten und Zwischenhändler fungieren als *Quellen*, d. h. sie geben Material ab. Absatzzentren und wiederum die Zwischenhändler wirken als *Senken* und nehmen Material auf. Den Zwischenhändlern kommt zusätzlich eine dritte Rolle als *Durchlaufknoten* zu: Sie nehmen Material auf und geben es sofort (im gleichen Monat) wieder ab.

Das Modell ist nachfragegetrieben: Es wird zunächst die zuzukaufende Menge der Senken (Absatzzentren und Zwischenhändler) festgelegt, was anhand der zugeordneten Bestellpolitiken geschieht.

Die in den Quellen (Pelletswerke und Zwischenhändler) verfügbare Menge – ihr Bestand – ist durch das Produktionsprofil der Werke und den Zukauf der Zwischenhändler aufgrund ihrer Bestellpolitik bestimmt.

Der Fluss von Akteur  $q$  (Quelle) zu Akteur  $s$  (Senke) im Monat  $t$  wird nun als Lösung des folgenden Optimierungsproblems bestimmt:

$\sum_{q,s} \text{Transportkosten}(q,s) * \text{Fluss}(q,s,t) = \min!$	2.11
--	------

unter den Nebenbedingungen, die in Formel 2.12 dargestellt sind.

$\sum_{q \text{ Quelle}} \text{Fluss}(q, s, t) = \text{Zukauf}(s, t) \quad \text{für alle Senken } s$ $\sum_{s \text{ Senke}} \text{Fluss}(q, s, t) \leq \text{Bestand}(q, t) \quad \text{für alle Quellen } q$	2.12
---	------

Das Modell geht also davon aus, dass die Pellets am kostengünstigsten transportiert werden, wobei jede Nachfrage befriedigt wird (1. Nebenbedingung), andererseits aber nicht mehr von einer Quelle ausgeliefert wird, als diese gerade vorrätig hat (2. Nebenbedingung). Eine weitere Nebenbedingung ist, dass die Menge, die in die Durchlaufknoten (Zwischenhändler) eingeht, im gleichen Monat wieder ausgeht. Dies ist ein eher technisches Detail und soll hier nicht vertieft werden.

Der Fluss bestimmt mithin den Verkauf eines Akteurs q:

$\text{Verkauf}(q, t) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{s \text{ Senke}} \text{Fluss}(q, s, t)$	2.13
--	------

Das Modell findet keine Lösung, wenn die Nachfrage das Angebot übersteigt. In diesem Fall wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

#### 2.3.2.8 Betriebs- und Kapitalkosten

Neben den Transportkosten werden die Betriebskosten und Kapitalkosten betrachtet. Der Ansatz wird im Folgenden erläutert.

Bei den Kapitalkosten stützen sich die Modellannahmen auf Auskunft eines großen, international tätigen Anlagenbauers. Die angesetzten Investitionskosten sind abhängig von der Produktionskapazität. Für Produzenten wird ausgegangen von (Werte in €):

$\text{Investitionskosten} = 2.650.000 + 38,2 * \text{Produktionskapazität} + 61,8 * \text{Lagerkapazität}$	2.14
---	------

während für Händler die Kosten wie folgt angesetzt werden:

$\text{Investitionskosten} = 250.000 + 61,0 * \text{Kapazität}$	2.15
---	------

Die so abgeschätzten Investitionskosten werden nach der Annuitäten-Methode auf eine Nutzungsdauer von 15 Jahren bei einem Prozentsatz von 12% verteilt. Diese Werte wurden ex ante als industrietypisch gesetzt.

Die Betriebskosten eines Akteurs setzen sich zusammen aus Lagerbetriebskosten und – für die Pelletswerke – Produktionskosten. Als Lagerbetriebskosten werden 0,50 € pro gelagerter

Tonne Holzpellets angesetzt; die Produktionskosten wurden standortunabhängig auf 45 €/Tonne Holzpellets gesetzt.

Um die Kostenstrukturen über verschiedene Szenarien vergleichen zu können, werden Bestandsveränderungen gesondert ausgewiesen und bewertet. Als Bewertungsgrundlage wird der Anschaffungspreis verwendet; bei Produzenten sind das gerade die Produktionskosten (45 € pro Tonne), bei Händlern werden zusätzlich die Transportkosten aufaddiert.

#### 2.3.2.9 Anfangsbestände

Die Anfangsbestände haben einen bedeutenden Einfluss auf die Modellaussagen in Hinsicht auf die Versorgungssicherheit, dem Bestellverhalten und die Kostenstruktur.

Im gewählten Modellansatz wurden die Anfangsbestände so ermittelt, dass eine Versorgung der Nachfrage sichergestellt ist. Diese Größe ist unabhängig von den einzelnen Transportflüssen sowie von der Händler-Bestellstrategie.

Zusätzlich erlaubt das Modell das Festlegen der Anfangsbestände in den Absatzzentren. Hierbei wurde ein Lagerbestand von 4 % der Lagerkapazität gewählt.

#### 2.3.2.10 Logistikkennzahlen

Zur besseren Beurteilung und zum Vergleich der Szenarien wurden einige Lagerkennzahlen errechnet, die im Folgenden kurz erläutert werden.

Der *durchschnittliche Lagerbestand* eines Akteurs ist der Mittelwert der Monatsanfangsbestände. Die Einheit ist Tonnen.

Die *durchschnittliche Lagerdauer* eines Akteurs ist definiert als Quotient aus allen Lagerzugängen (Produktion der Werke, Einkauf der Händler) durch alle Lagerabgänge (Verkäufe). Diese Kennzahl gibt an, wie lange Material (und mithin Kapital) im Lager gebunden bleibt. Die Einheit sind Monate.

Die *Lagerumschlagshäufigkeit* wird im Modell mengenmäßig (im Gegensatz zur wertmäßigen Ermittlung) bestimmt nach der Formel

$\text{Lagerumschlagshäufigkeit} = \frac{12}{\text{Lagerdauer}}$	2.16
--	------

Geringe Werte dieser Kennzahl deuten auf eine lange Lagerdauer und hohe Sicherheitsbestände.

Der *Lagerzins* gibt den Kapitalverlust durch in Lagerbestände gebundenes Kapital an. Er errechnet sich wie in Formel 2.17 dargestellt.

$\text{Lagerzins} = \text{Zinssatz} * \frac{\text{Lagerdauer}}{12} * \text{Lagerbestand} * \text{Anschaffungskosten}$	2.17
---	------

Die *Lagerreichweite* ist der Quotient aus den Anfangsbeständen und dem Verkauf eines Akteurs. Sie gibt an, wie weit der Lagerbestand bei der aktuellen Nachfrage reicht. Die Einheit ist Monate.

Des Weiteren wird errechnet, wie weit 1 Tonne Pellets im Durchschnitt zu einem Akteur hin- bzw. von ihm wegtransportiert wird. Diese Werte geben ein Indiz auf die „Abseitigkeit“ eines Akteurs und auch einen Hinweis auf die Versorgungssicherheit: Weit entfernte Absatzzentren sind eher von einem Lieferengpass bedroht.

#### 2.3.2.11 Szenarien-Auswahl

Folgende Szenarien wurden in Absprache mit den Projektpartnern zur vergleichenden Berechnung festgelegt:

- **Szenario 1 – Status Quo.** Hier wird die aktuelle (Bottom-up berechnete) Situation der Pelletsversorgung für das Jahr 2008 betrachtet. Die Modellergebnisse dieses Szenarios dienen außerdem der Validierung des Modells und der Untersuchung der Parameterabhängigkeit der Modellergebnisse. Die Jahresproduktion beträgt ca. 650.000 t, der Verbrauch ca. 430.000 t.
- **Szenario 2 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung von dezentralen Lagern.** In diesem Szenario werden 3 Pelletswerke in ihrer Kapazität erweitert und 4 Werke neu gebaut. Die geographische Auswahl erfolgte so, dass die aktuell absehbaren Neuerrichtungen von Pelletswerken Berücksichtigung fanden und die Kapazitätserweiterungen gleichmäßig über ganz Österreich verteilt sind. Zusätzlich werden 4 Lager ausgebaut: Für die Auswahl der Lagerstandorte wurden einerseits bestehende Händler herangezogen, andererseits wurde auch hier auf eine relativ gleichmäßige räumliche Verteilung geachtet. Produktion: 1.2 Mio. t, Verbrauch: 1 Mio. t.
- **Szenario 3 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung eines Zentrallagers.** Hier erfolgt der Ausbau der Werke sowie Produktion und Verbrauch wie im Szenario 2. Zudem wird 1 zentrales Lager ausgebaut. Diese extreme – und durchaus auch unrealistische – Modellannahme wurde gewählt, um die unterschiedlichen Effekte einer zentralen und dezentralen Lagerhaltung zu veranschaulichen. Produktion: 1.2 Mio. t, Verbrauch: 1 Mio. t.

Die bisherigen Szenarien sind sogenannte Business-as-usual-Szenarien (BAU), d.h. der Verbrauch steht in einem üblichen Verhältnis zur Produktion. Bei den folgenden beiden Szenarien wird diese Bedingung geändert: Es wird angenommen, dass die Heizperiode besonders kalt ( $HGT_{hoch}$ ) ist und der Pelletsverbrauch genau der Produktion entspricht. Die Produktions- und Absatzprofile wurden dabei nicht verändert:

- **Szenario 4** – *Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung von dezentralen Lagern. Sehr kalte Heizperiode.* Hier wird die Konfiguration von Szenario 2 bei verstärkter Nachfrage von 1.2 Mio. t Verbrauch betrachtet.
- **Szenario 5** – *Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung eines Zentrallagers. Sehr kalte Heizperiode.* Hier wird die Konfiguration von Szenario 3 bei verstärkter Nachfrage von 1.2 Mio. t betrachtet.

Im letzten betrachteten Szenario wird angenommen, dass durch verschiedene Ursachen (sehr kalte Heizperiode, Ausfall von Produktionsanlagen, etc.) die Nachfrage größer ist als die Produktion mit dem Ergebnis, welche Lagerbestände erforderlich sind, um tatsächliche Versorgungsengpässe zu vermeiden:

- **Szenario 6** – *Unterproduktion.* Hier wird die Konfiguration von Szenario 5 betrachtet, wobei bei einem Verbrauch von 1.2 Mio. t nur 1 Mio. t produziert werden.



### 3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

#### 3.1 Bilanzierung und Modellbildung (Mengenströme)

##### 3.1.1 Mengenbilanz

Das Ergebnis der oben beschriebenen Plausibilitätsprüfung zeigt noch große Unsicherheitsfaktoren bei den erhobenen Daten. Die Ungenauigkeit der ausgefüllten Erhebungsfragebögen zeigt die Notwendigkeit einer Ausweitung und Fortsetzung der Erhebung mittels webbasierendem Fragebogen da sich in diesem Überprüfungsmechanismen leicht einbauen und bei Bedarf auch wieder adaptieren lassen. Zu dem Vorteil ist noch die Tatsache zu erwähnen, dass bei entsprechender Bewerbung des Online-Tools die Aktualität der Daten bis Nahe an den aktuellen Zeitpunkt gegeben ist.

Abbildung 3.1 und Abbildung 3.2 zeigen die hochgerechneten Mengenbilanzen für die Jahre 2007 und 2008 basierend auf den in den Befragungen erhobenen Daten.

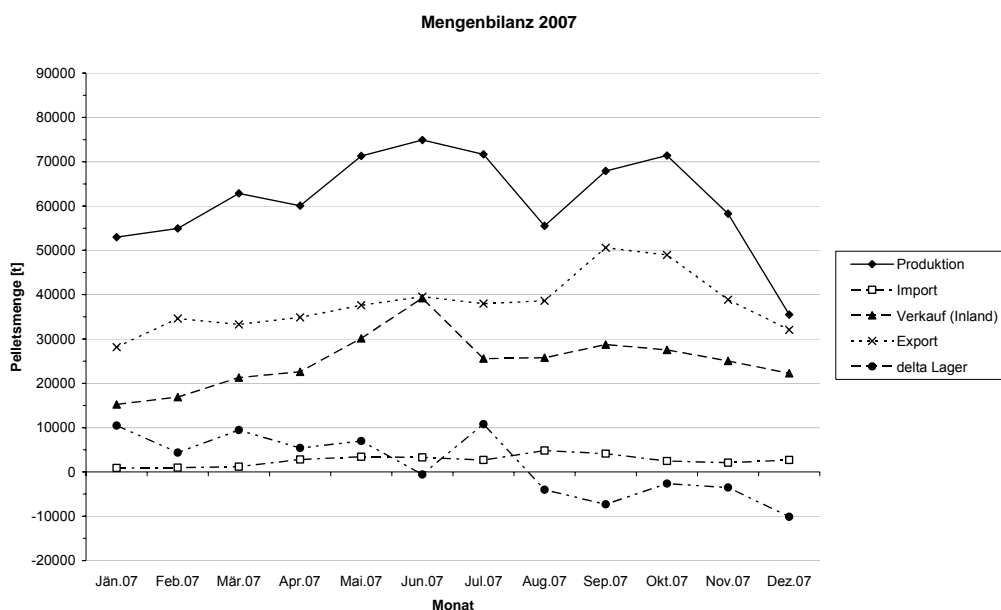


Abbildung 3.1: Mengenbilanz für das Jahr 2007 (hochgerechnet)

Quelle: Eigene Berechnung Bioenergy 2020+ (2009)

Auffallend ist, dass nach anfänglicher Überproduktion und somit Lagerbefüllung ab August 2007 bis Ende 2008 die Produktionsmenge zu gering für die angegebenen Abgabemengen ist. Somit müsste ein Wert für die gesamt gelagerte Menge an Pellets von über 31.000 t Pellets mit 1.1.2007 angenommen werden, damit mit 31.12.2008 noch ein positiver Wert laut Bilanz errechnet werden kann. Die maximale Einlagerungsmenge beträgt dann knapp 60.000 t Pellets

für Juli 2007, was über der durchschnittlichen Monatsproduktion an Pellets im betreffenden Jahr liegt.

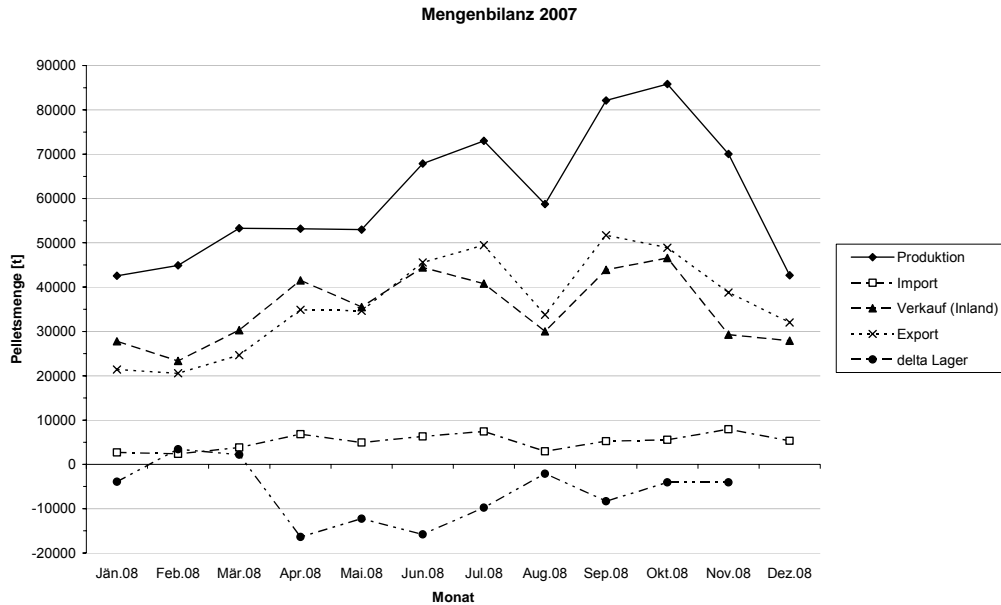


Abbildung 3.2: Mengenbilanz für das Jahr 2008 (hochgerechnet)

Quelle: Eigene Berechnung Bioenergy 2020+ (2009)

### 3.1.2 Prognosemodell für den Inlandsmarkt

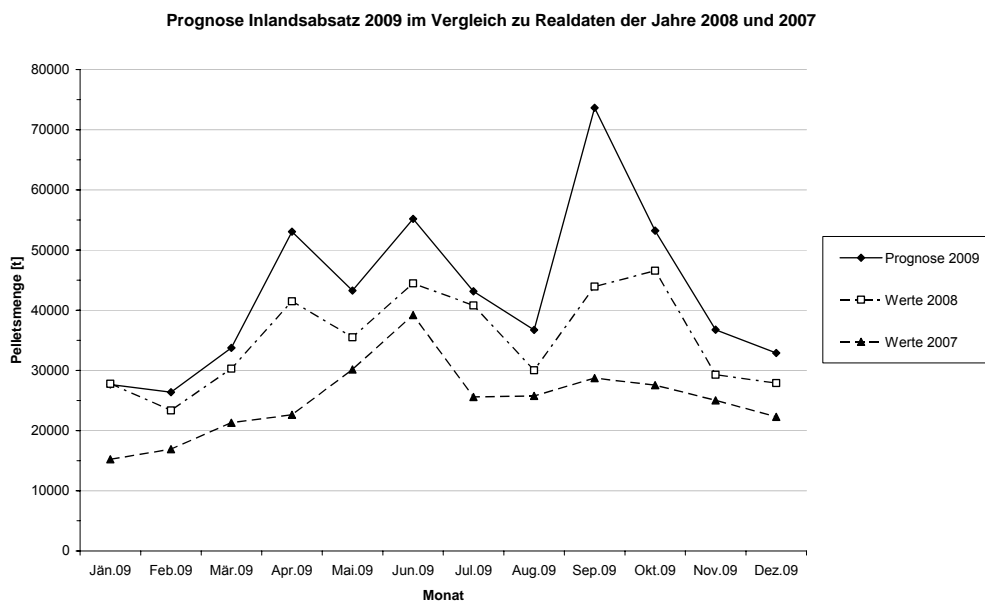


Abbildung 3.3: Prognose für den Inlandsabsatz für das Jahr 2009 im Vgl. zu Realdaten v. 2007 und 2008

Quelle: Eigene Berechnung, Bioenergy 2020+ (2009)

Für das Jahr 2009 ergibt das oben beschriebene Prognosemodell die in Abbildung 3.3 dargestellten Werte unter der Annahme von 8500 neu installierten Kesseln mit einer mittleren Leistung von 19 kW.

Da bei Projektende noch keine vollständigen Daten für das Jahr 2009 vorlagen, kann diese erste Prognose noch nicht verifiziert werden. Erst nach Auswertung der realen Daten ist es möglich, Ausgleichsfunktionen, die einerseits die verspätete Auswirkung auf den Verbrauch aufgrund von der Norm abweichender Klimaschwankungen und andererseits das Endkundenverhalten bei Neuinstallation von Pelletskesseln widerspiegeln, zu formulieren.

### 3.1.3 Berechnung unterschiedlicher Szenarien

Im Folgenden werden mit der in 2.1.2 beschriebenen Prognosefunktion 4 Szenarien berechnet und im Vergleich zum Standardfall dargestellt:

- Kaltes Jahr mit 20% höherer Heizgradtagsumme
- Warmes Jahr mit 20% niedrigerer Heizgradtagsumme
- Kesselabsatz + 20%
- Kesselabsatz – 20%

Die Ergebnisse dieser Variationen sind in den folgenden zwei Abbildungen dargestellt.

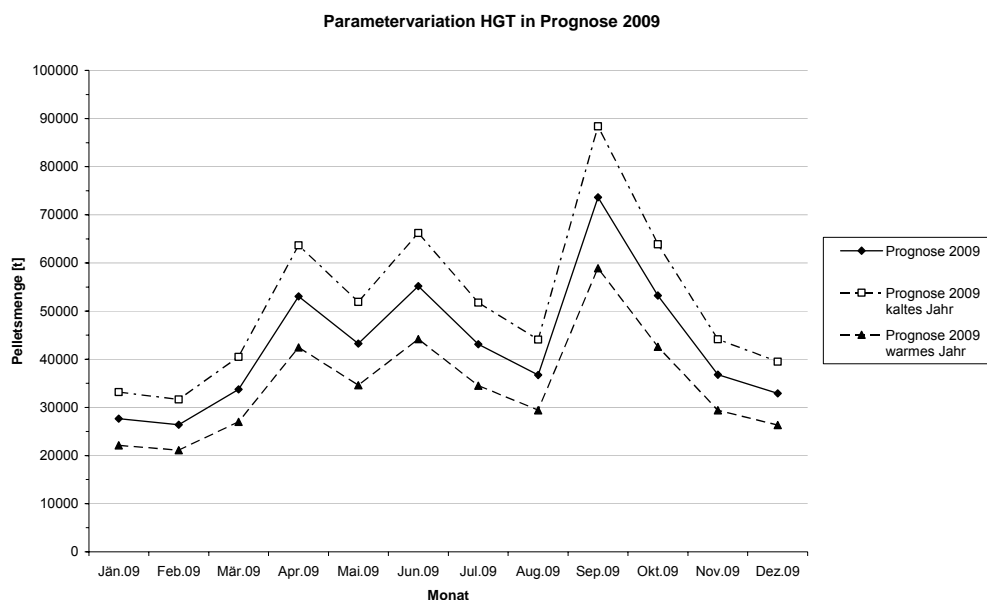


Abbildung 3.4: Parametervariation HGT in Prognose 2009

Quelle: Eigene Berechnung Bioenergy 2020+ (2009)

Es ist klar ersichtlich, dass der Einfluss der Witterung wesentlich größere Auswirkungen in der Prognosefunktion zeigt. Für die Formulierung von Ausgleichsfunktionen zur Anpassung an die

Realität ist also dieser Punkt ein wichtiger Faktor, der auch entsprechend beachtet werden muss.

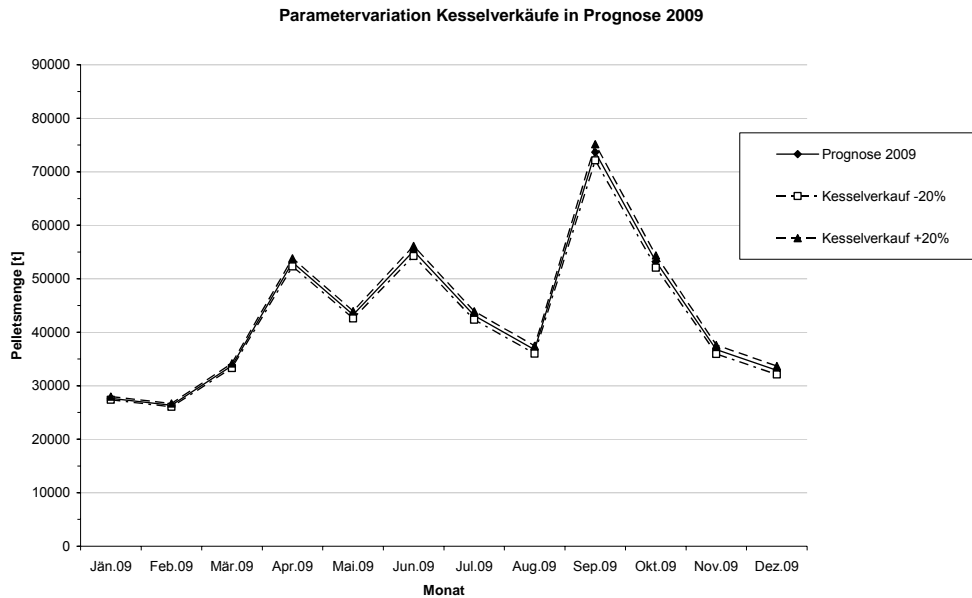


Abbildung 3.5: Parametervariation Kesselverkäufe in Prognose 2009

Quelle: Eigene Berechnung Bioenergy 2020+ (2009)

## 3.2 Simulationsmodell „Pelletsversorgung in Österreich“ – Szenarien-Analyse

### 3.2.1 Szenario 1 – Status Quo.

Dieses Szenario bildet die aktuelle Situation (2008) des österreichischen Pelletsmarktes mit dem in Kapitel 2.3 beschriebenen Ansatz ab. Die Modellergebnisse sind daher Aussagen zum Status quo und dienen als Vergleichswerte gegenüber den anderen Szenarien. Die wichtigsten Modellgrößen sind in Tabelle 3.1 dargestellt.

Modellgröße	Beschreibung
Jahresproduktion	650.570 Tonnen
Jahresverbrauch	432.530 Tonnen
Akteure	37 Absatzzentren, 26 Produzenten, 7 Händler

Tabelle 3.1: Überblick über Szenario Status Quo

### 3.2.1.1 Mengenbetrachtung

Produktion, Zukauf und Verbrauch im zeitlichen Verlauf der Simulation sind in Abbildung 3.6 dargestellt. Deutlich zu erkennen ist die zeitliche Trennung zwischen Zukauf der Absatzzentren und dem letztendlichen Verbrauch. Die Eindeckung mit Pellets erfolgt das gesamte Jahr über, besonders im Spätsommer und Herbst. In der Heizperiode selbst hingegen ist die Nachfrage unterdurchschnittlich.

Abbildung 3.6 verdeutlicht außerdem die gute Versorgung im Status-quo-Szenario. In jedem Monat der Simulation wird mehr produziert als nachgefragt, eine Unterdeckung kommt nicht vor. Dies äußert sich auch in dem vom Modell ermittelten minimalen Anfangsbestand, der Anfang Juni im System vorhanden sein, um Versorgungsengpässe zu vermeiden, von etwa 85.000 Tonnen, was weniger 1,5 Monatsproduktionen entspricht. Im Modell wurden verschiedene Annahmen zur Berechnung des Anfangsbestandes getroffen: Die Lager der Händler sind zu Beginn der Untersuchungsperiode zu 60% gefüllt, die der Absatzzentren zu 7%, bezogen auf die gesamte Lagerkapazität, die mit 120% des Jahresverbrauchs angenommen wurden. Die Anfangsbestände der Produzenten wurden so berechnet, dass gerade keine Versorgungsengpässe bei den Absatzzentren auftreten.

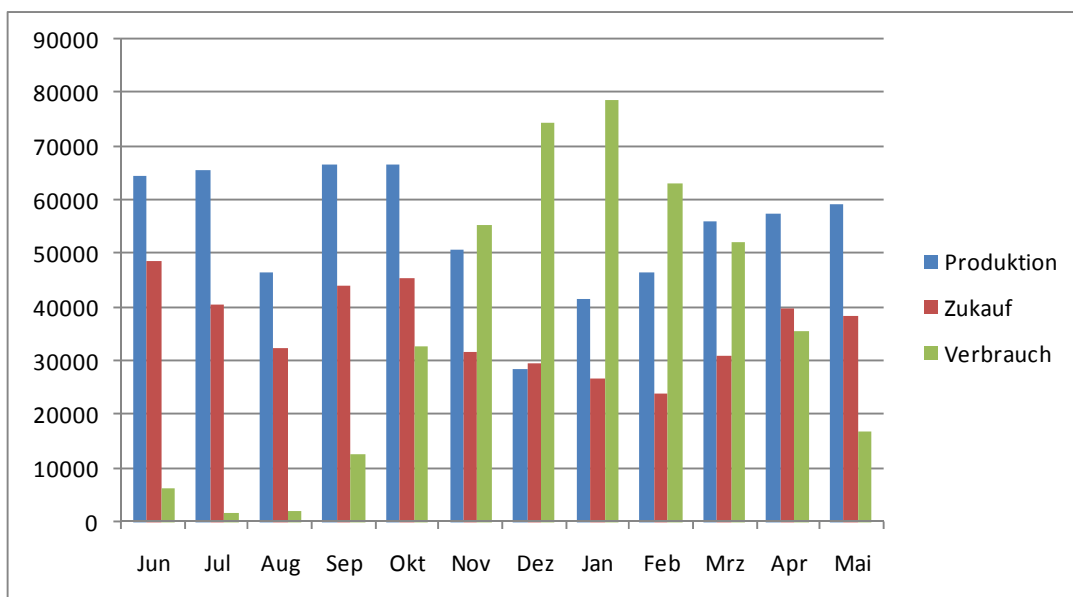


Abbildung 3.6: Produktion, Zukauf und Verbrauch in Tonnen im Szenario Status Quo

In Tabelle 3.2 werden die Anteile der Händler und der Produzenten an den Lieferungen gegenüber gestellt. Der Anteil der über Zwischenhändler ausgelieferten Ware liegt durchschnittlich bei 23 % – ein Wert, der unter dem von Experten geschätzten Anteil liegt. Ursache hierfür könnte sein, dass nur sieben Händler im Modell berücksichtigt sind, es tatsächlich aber mehr sind. Wir betrachten im Modell nur Händler mit eigenem Lager. Waren, die von einem Händler direkt vom Werk zum Absatzzentrum geliefert werden, werden in dieser Gesamtsystembetrachtung dem Produzenten zugerechnet. Außerdem ist zu beachten, dass bei

den Anteilen der Produzenten auch die an Händler gelieferte Menge eingerechnet, so dass ihr Anteil a priori über dem der Händler liegen muss.

Monat	Händler		Produzent	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Juni	24.415	41%	34.742	59%
Juli	2.532	4%	59.030	96%
August	13.186	40%	19.387	60%
September	7.720	12%	51.872	88%
Oktober	13.186	26%	37.712	74%
November	6.739	15%	39.544	85%
Dezember	13.130	38%	21.839	62%
Jänner	6.577	16%	34.365	84%
Februar	11.460	39%	18.048	61%
März	8.433	19%	35.349	81%
April	11.460	24%	35.436	76%
Mai	8.892	17%	42.747	83%
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>127.280</b>	<b>23%</b>	<b>430.071</b>	<b>77%</b>

Tabelle 3.2: Anteile Händler/Produzenten an den Lieferungen in Absatzzentren im Szenario 1 – Status quo

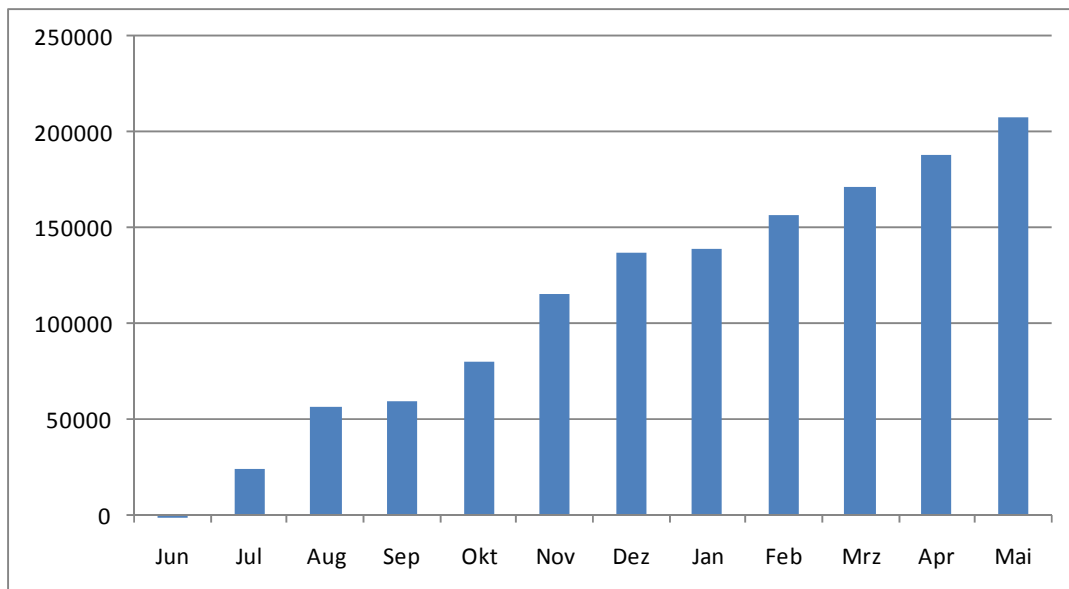


Abbildung 3.7: Versorgungssicherheit in Szenario1 – Status quo

Zur Beurteilung der Versorgungssicherheit dient die Abbildung 3.7. Hier wird die Differenz zwischen verfügbarer und nachgefragter Menge gebildet. Der errechnete Anfangsbestand ist so

gewählt, dass ein Angebotsdefizit nicht auftritt. Aus der Abbildung geht deutlich hervor, dass es keine Engpässe gibt. Gegen Ende des Simulationslaufes beträgt der Überhang 200.000 Tonnen, was sich aus der im Vergleich zur Nachfrage höheren Produktion ergibt.

### 3.2.1.2 Räumliche Differenzierung

Eine Analyse der Modellergebnisse zeigt, dass drei Händlerstandorte sowie ein Produzentenstandort nicht Teil der optimalen Lösung sind. Diese drei Händler kommen nur zum Zuge, weil es die Bestellstrategie vorschreibt, jedoch nicht weil eine Lieferung über diese Depots kostengünstig ist. Ebenso gibt es offenbar bei der im Modell angenommenen Versorgungssicherheit genügend Hersteller, um die Nachfrage auch ohne den erwähnten Produktionsstandort befriedigen zu können.

Eine Betrachtung der Transportwege zeigt, dass die Pellets im Durchschnitt 70 km zu den Absatzzentren transportiert werden (Standardabweichung 30 km). Am weitesten sind die Wege in Niederösterreich und dem Burgenland), am kürzesten in Tirol und der Steiermark.

Der Transportweg der Pellets ab Werk beträgt im Durchschnitt 85 km. Transportwege von über 150 km treten in dieser Modellbetrachtung bei fünf Werken auf. Der durchschnittliche Vertriebsweg der Händler beträgt 73 km.

Bei der Betrachtung der Wege ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um eine transportkostenoptimale Lösung handelt, die tatsächliche Vertriebsstrukturen nicht widerspiegeln kann. Außerdem ist anzumerken, dass der durchschnittliche Vertriebsweg das ungewichtete Mittel der einzelnen Transportwege ist und nicht berücksichtigt, welche Mengen auf den jeweiligen Strecken transportiert werden.

Die Lagerdauer in Produktionsstätten beträgt mehr als das Vierfache des Mittelwerts von 1,6 Monaten, was in guter Übereinstimmung mit den mittleren berechneten Transportwegen dieser Werke steht.

### Systemkosten

Insgesamt belaufen sich die Systemkosten auf ca. 54.000.000 €, bestandsbereinigt auf 45.000.000 €. Bezogen auf die verkaufte Menge ergeben sich somit Kosten von 102 € pro Tonne Pellets. Die verschiedenen Kosten sind in Tabelle 3.3 dargestellt.

Die Transportkosten erreichen ihren Höhepunkt in den Sommer- und Frühherbstmonaten (mit Ausnahme des August), die Kapitalkosten sind konstant (Kosten für in Lagerbeständen gebundenes Kapital wurden nicht berücksichtigt), während die Betriebskosten weitgehend der Produktion folgen.

Monat	Betrieb	Kapital	Transport	Gesamt
Juni	2.928.834	1.549.663	622.722	5.101.219
Juli	2.991.281	1.549.663	581.153	5.122.097
August	2.142.038	1.549.663	311.382	4.033.083
September	3.047.566	1.549.663	533.425	5.130.654
Oktober	3.062.843	1.549.663	463.537	5.076.042
November	2.361.260	1.549.663	392.055	4.302.978
Dezember	1.368.993	1.549.663	299.079	3.217.734
Jänner	1.959.338	1.549.663	351.003	3.860.004
Februar	2.180.282	1.549.663	246.997	3.976.941
März	2.632.248	1.549.663	370.253	4.552.164
April	2.702.580	1.549.663	416.174	4.668.416
Mai	2.738.812	1.549.663	473.180	4.806.555
Gesamt	30.161.075	18.595.952	5.060.960	53.817.987

Tabelle 3.3: Kosten in Szenario1 – Status quo

### 3.2.2 Szenario 2 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung von dezentralen Lagern

Hier wird von einer wesentlich höheren Nachfrage und auch Produktion ausgegangen (Tabelle 3.4). Der notwendige Produktionskapazitätsausbau erfolgt durch 4 zusätzliche Werke, die aktuell geplanten Standorten entsprechen, sowie durch Ausbau von 3 bestehenden Standorten. Die Nachfragesteigerung der Absatzzentren erfolgt proportional.

Die wichtigsten Parameter sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Modellgröße	Beschreibung
Jahresproduktion	1.200.000 Tonnen
Jahresverbrauch	1.000.000 Tonnen
Akteure	37 Absatzzentren, 30 Produzenten, 7 Händler

Tabelle 3.4: Überblick über Szenario 2

#### **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.**

Abbildung 3.8: Zusätzliche Werke in den folgenden Szenarien

#### 3.2.2.1 Mengenbetrachtung

Der errechnete minimale Anfangsbestand steigt auf ca. 200.000 Tonnen und damit auf etwa zwei Monatsproduktionen.



Der Angebotsüberhang ist in Abbildung dargestellt. Der Engpass tritt im Juni auf. Der Überhang reduziert sich in den Monaten September und Januar, was darauf hindeutet, dass in diesen Monaten die Nachfrage die Produktion übersteigt.

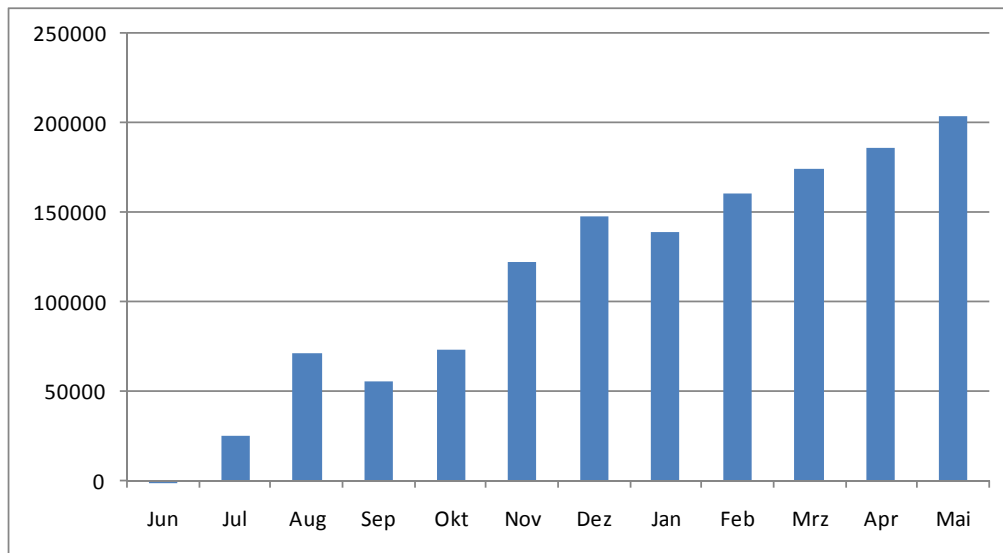


Abbildung 3.9: Versorgungssicherheit im Szenario 2

Tabelle 3.5 stellt die Verkaufsanteile der Händler und Produzenten dar. Im Vergleich zum Szenario 1 – Status quo sinkt der Anteil der über Händler vermarkteten Menge drastisch von über 20 % auf 12 %. Dies lässt sich begründen durch die größere Anzahl der Produzenten, welche dadurch auch eine größere Nähe zum Kunden gewinnen. Aus den Modellergebnissen geht hervor, dass nur ein einziger Händler Teil der transportkostenoptimierten Lösung ist.

Monat	Händler		Produzent	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Juni	27.478	22%	98.587	78%
Juli	1.165	1%	112.132	99%
August	18.453	24%	57.388	76%
September	5.023	4%	119.14	96%
Oktober	21.808	20%	87.966	80%
November	3.796	4%	90.639	96%
Dezember	17.920	26%	51.145	74%
Jänner	805	1%	78.927	99%
Februar	17.580	31%	38.728	69%
März	4.063	4%	88.242	96%
April	20.734	22%	75.411	78%
Mai	3.228	3%	105.354	97
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>142.053</b>	<b>12%</b>	<b>1.003.664</b>	<b>88%</b>

Tabelle 3.5: Verkaufsanteile im Szenario 2

### 3.2.2.2 Systemkosten

Die Systemkosten sind in Tabelle 3.6

Monat	Betrieb	Kapital	Transport	Gesamt
Juni	5.413.712	1.899.742	1.366.748	8.680.202
Juli	5.517.526	1.899.742	1.080.220	8.497.487
August	3.941.605	1.899.742	729.684	6.571.031
September	5.604.270	1.899.742	1.170.377	8.674.389
Oktober	5.662.151	1.899.742	1.058.098	8.597.990
November	4.317.419	1.899.742	803.191	7.020.351
Dezember	2.479.732	1.899.742	669.890	5.049.363
Jänner	3.56.728	1.899.742	741.411	6.202.880
Februar	3.963.032	1.899.742	542.021	6.404.795
März	4.791.072	1.899.742	810.109	7.500.923
April	4.913.561	1.899.742	924.623	7.737.926
Mai	5.054.093	1.899.742	1.015.404	7.969.238
<b>Gesamt</b>	<b>55.179.902</b>	<b>22.796.899</b>	<b>10.911.775</b>	<b>88.888.575</b>

Tabelle 3.6: Kosten im Szenario 2

dargestellt. Bereinigt um die Bestandsveränderungen, belaufen sich die Systemkosten auf ca. 80 Mio. € oder 80 € pro verkaufter Tonne. Die spezifischen Kosten sind also um 20 % niedriger

als im Status-quo-Szenario. Eine mögliche Erklärung hierfür ist die prozentual gesehen geringere „Überproduktion“, die die Kapitalkosten pro Tonne reduziert. Tatsächlich fallen die Kapitalkosten von 35 % im Status-quo-Szenario auf jetzt 26 %.

Eine weitere Erklärung ist, dass durch die größere Zahl von Werken der Transport optimiert wird und Kosten eingespart werden können. Tatsächlich sinken die Transportkosten von 11,70 € auf 10,90 € pro Tonne.

Monat	Betrieb	Kapital	Transport	Gesamt
Juni	5.413.712	1.899.742	1.366.748	8.680.202
Juli	5.517.526	1.899.742	1.080.220	8.497.487
August	3.941.605	1.899.742	729.684	6.571.031
September	5.604.270	1.899.742	1.170.377	8.674.389
Oktober	5.662.151	1.899.742	1.058.098	8.597.990
November	4.317.419	1.899.742	803.191	7.020.351
Dezember	2.479.732	1.899.742	669.890	5.049.363
Jänner	3.56.728	1.899.742	741.411	6.202.880
Februar	3.963.032	1.899.742	542.021	6.404.795
März	4.791.072	1.899.742	810.109	7.500.923
April	4.913.561	1.899.742	924.623	7.737.926
Mai	5.054.093	1.899.742	1.015.404	7.969.238
<b>Gesamt</b>	<b>55.179.902</b>	<b>22.796.899</b>	<b>10.911.775</b>	<b>88.888.575</b>

Tabelle 3.6: Kosten im Szenario 2

### 3.2.3 Szenario 3 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung eines Zentrallagers

Im Gegensatz zu Szenario 2 wird in diesem Szenario ein Händlerlager stark ausgebaut - statt 800 t wird die Lagerkapazität mit 46.500 t angenommen. Alle anderen Modellgrößen bleiben wie in Szenario 2. Tabelle 3.7 gibt einen Überblick.

Modellgröße	Beschreibung
Jahresproduktion	1.200.000 Tonnen
Jahresverbrauch	1.000.000 Tonnen
Akteure	37 Absatzzentren, 30 Produzenten, 7 Händler

Tabelle 3.7: Überblick über Szenario 3

### 3.2.3.1 Mengenbetrachtung

Der errechnete Anfangsbestand bleibt unverändert bei ca. 200.000 Tonnen, d. h. etwa zwei Monatsproduktionen. Der Angebotsüberhang verhält sich wie in Szenario 2. Daraus lässt sich ableiten, dass der Ausbau des zusätzlichen Lagers keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit hat.

Die Lieferstruktur ist in Tabelle 3.8 dargestellt. Beim Vergleich mit Szenario 2 sind zwei Erscheinungen augenfällig: Erstens haben die Händler im Monat Juni einen höheren Lieferanteil, der sich aus dem höheren Anfangsbestand (der im Modell prozentual zur Kapazität gesetzt wird) erklärt. Zweitens sind die Händler im Gegensatz zu Szenario 2 in jedem Monat Teil der Modelllösung. Die aufgrund der Bestellpolitik der Händler transportierte Menge verringert sich von etwa 110.000 Tonnen im Szenario 2 auf etwa 60.000 Tonnen. Der bei weitem größte Teil dieser Menge (44.000 Tonnen) wird vom ausgebauten Lager geordert. Dieses veränderte Bestellverhalten ist eine Erklärung für die Änderung der Lieferstruktur.

Monat	Händler		Produzent	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Juni	43.119	37,73%	71.167	62,27%
Juli	4.933	3,98%	119.064	96,02%
August	24.060	22,62%	82.313	77,38%
September	33.564	26,73%	91.991	73,27%
Oktober	25.778	18,30%	115.120	81,70%
November	21.653	21,92%	77.141	78,08%
Dezember	21.687	24,36%	67.342	75,64%
Jänner	28.522	34,97%	53.049	65,03%
Februar	22.454	26,67%	61.736	73,33%
März	26.298	28,59%	67.198	71,41%
April	28.222	23,73%	90.687	76,27%
Mai	27.499	23,39%	90.078	76,61%
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>308.389</b>	<b>23,81%</b>	<b>986.886</b>	<b>76,19%</b>

Tabelle 3.8: Lieferstruktur in Szenario 3

### 3.2.3.2 Systemkosten

Die Systemkosten, dargestellt in Tabelle 3.9

Monat	Betrieb	Kapital	Transport	Gesamt
Juni	5.413.713	2.053.626	1.254.926	8.704.266
Juli	5.517.527	2.053.626	1.145.763	8.698.915
August	3.941.606	2.053.626	846.316	6.823.549
September	5.604.271	2.053.626	1.159.313	8.799.210
Oktober	5.662.152	2.053.626	1.214.657	8.872.435
November	4.317.420	2.053.626	791.226	7.144.272
Dezember	2.479.733	2.053.626	747.311	5.262.670
Jänner	3.561.729	2.053.626	718.600	6.315.955
Februar	3.963.033	2.053.626	667.481	6.666.140
März	4.791.073	2.053.626	806.017	7.632.716
April	4.913.562	2.053.626	1.045.090	7.994.278
Mai	5.054.094	2.053.626	1.010.211	8.099.931
<b>Gesamt</b>	<b>55.179.914</b>	<b>11.406.911</b>	<b>11.406.911</b>	<b>91.014.336</b>

Tabelle 3.9: Kosten im Szenario 3

, liegen etwa 2 Millionen Euro über den Kosten in Szenario 2. Während die Betriebskosten nahezu unverändert bleiben, erhöhen sich die Kapitalkosten – bedingt durch die erhöhte Lagerkapazität im ausgebauten Lager – um etwa 1,6 Mio. €. Pro verkaufte Tonne Pellets betragen die Kosten 82 €.

Die Transportkosten erhöhen sich ebenfalls, und zwar um über 2 Mio. €. Dies ist auf das Bestellverhalten des Depots im ausgebauten Lager zurückzuführen. Mit einem Vertriebsweg von 110 km liegt dieser Akteur weit vom Mittelwert (80 km) entfernt.

Monat	Betrieb	Kapital	Transport	Gesamt
Juni	5.413.713	2.053.626	1.254.926	8.704.266
Juli	5.517.527	2.053.626	1.145.763	8.698.915
August	3.941.606	2.053.626	846.316	6.823.549
September	5.604.271	2.053.626	1.159.313	8.799.210
Oktober	5.662.152	2.053.626	1.214.657	8.872.435
November	4.317.420	2.053.626	791.226	7.144.272
Dezember	2.479.733	2.053.626	747.311	5.262.670
Jänner	3.561.729	2.053.626	718.600	6.315.955
Februar	3.963.033	2.053.626	667.481	6.666.140
März	4.791.073	2.053.626	806.017	7.632.716
April	4.913.562	2.053.626	1.045.090	7.994.278
Mai	5.054.094	2.053.626	1.010.211	8.099.931
<b>Gesamt</b>	<b>55.179.914</b>	<b>11.406.911</b>	<b>11.406.911</b>	<b>91.014.336</b>

Tabelle 3.9: Kosten im Szenario 3

### 3.2.4 Szenario 4 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung von dezentralen Lagern. Sehr kalte Heizperiode

In diesem Szenario wird die Verletzlichkeit der Konfiguration des Szenarios 2 gegenüber verstärkter Nachfrage untersucht. Während Produktions-, Lager- und Lieferstrukturen unverändert bleiben, wird hier eine Nachfragesteigerung um 20 % angenommen. Tabelle 3.10 gibt einen Überblick über das Szenario.

Modellgröße	Beschreibung
Jahresproduktion	1.200.000 Tonnen
Jahresverbrauch	1.200.000 Tonnen
Akteure	37 Absatzzentren, 30 Produzenten, 7 Händler

Tabelle 3.10: Überblick über Szenario 4

#### 3.2.4.1 Mengenbetrachtung

Zur Sicherung der Versorgung ist ein Anfangsbestand von ca. 240.000 Tonnen erforderlich. Das entspricht in etwa dem Produktionsausstoß von 2,5 Monaten. Im Gegensatz zum Szenario 2 kann die Produktion nicht in jedem Monat die Nachfrage befriedigen, siehe Abbildung 3.10. Nur in den Monaten Juli, September, Februar und April wird mehr produziert als verkauft.

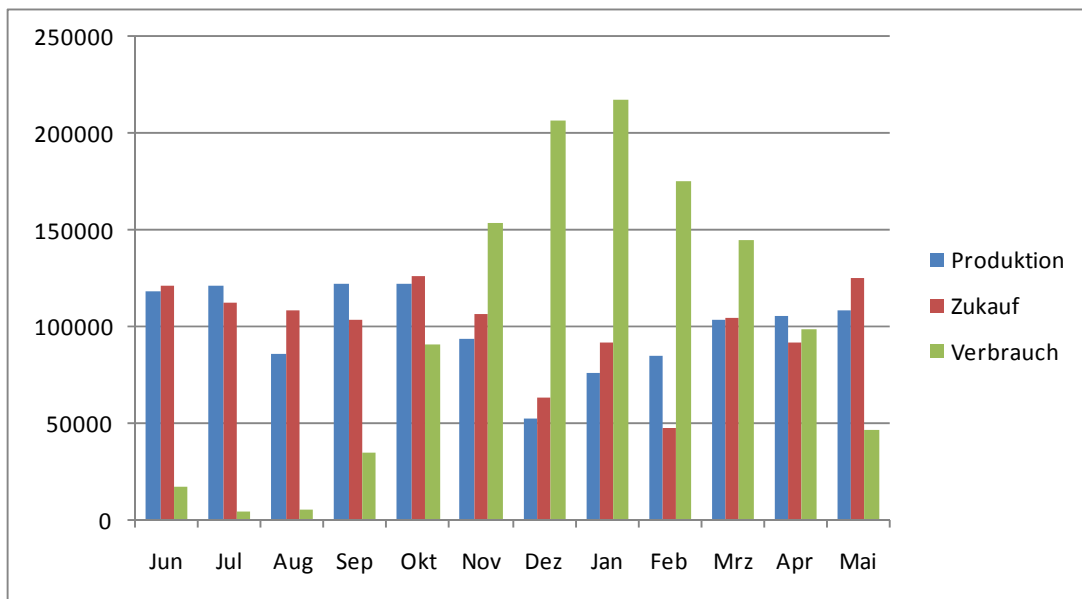


Abbildung 3.10: Mengenregime im Szenario 4

Abbildung 3.11 visualisiert die Entwicklung der Versorgungssicherheit. In Gegensatz zu den vorhergehenden Szenarien tritt der Engpass erst im Oktober auf. Konsequenz der erhöhten Nachfrage ist ein geringerer Überhang. So befinden am Ende des simulierten Zeitraums lediglich ca. 27.000 Tonnen in den Lagern der Händler und Produzenten.

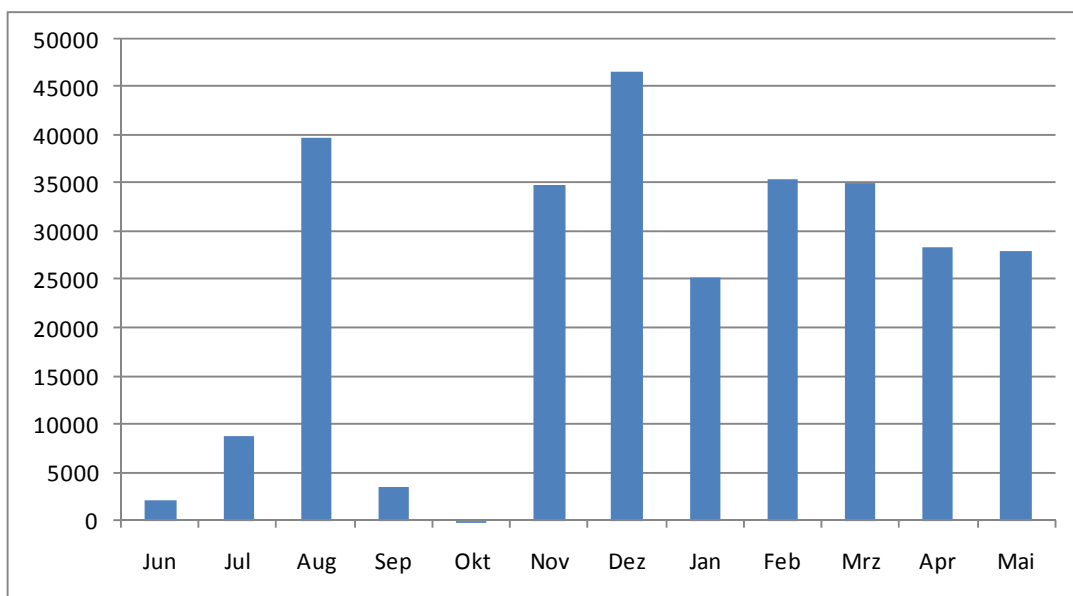


Abbildung 3.11: Versorgungssicherheit im Szenario 4

Monat	Händler		Produzent	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Juni	22.290	15,55%	121.089	84,45%
Juli	1.861	1,63%	112.283	98,37%
August	3.888	3,45%	108.928	96,55%
September	25.774	19,91%	103.676	80,09%
Oktober	7.881	5,87%	126.296	94,13%
November	3.788	3,43%	106.597	96,57%
Dezember	21.453	25,24%	63.553	74,76%
Jänner	7.225	7,24%	92.538	92,76%
Februar	18.560	27,78%	48.241	72,22%
März	4.542	4,16%	104.532	95,84%
April	21.884	19,24%	91.852	80,76%
Mai	8.110	6,09%	125.062	93,91%
Gesamtergebnis	147.256	10,89%	1.204.647	89,11%

Tabelle 3.11: Lieferstruktur im Szenario 4

Der Anteil der von den Händlern gelieferten Mengen ist ähnlich denen in Szenario 2.

Der mittlere Vertriebs-Transportweg ist in diesem Szenario höher (77,5 km) als in Szenario 2 (72 km). Dies deutet darauf hin, dass mit sinkendem Überangebot auch weniger optimale Transportverbindungen gewählt werden können.

Ebenfalls eine Folge der höheren Nachfrage gegenüber Szenario 2 ist der niedrigere durchschnittliche Lagerbestand (-6,5%) und die kürzere mittlere Lagerdauer (-15%).

#### 3.2.4.2 Systemkosten

Die Kosten pro verkaufter Tonne betragen in diesem Szenario 75 € und liegen somit um etwa 5 € unter den Kosten im Szenario 2. Ursache dafür sind die niedrigeren Kapitalkosten pro Tonne. Da mit der gleichen Konfiguration und mithin den vergleichbaren Kapitalkosten 20% mehr Menge verkauft wurde, sinken die Kosten pro Tonne. Tabelle 3.12 gibt eine detaillierte Aufstellung (in Szenario 2 mussten ca. 140.000 Tonnen mehr Lagerkapazität vorgesehen werden, um mit den wachsenden Lagerbeständen aufgrund der Überproduktion umgehen zu können. Es handelt sich mithin nicht um *ceteris paribus* Szenario, da neben dem Zukauf auch die Lagerkapazität verändert wurde).

Die Transportkosten sind in der Gesamtsumme höher, pro verkaufter Tonne gibt jedoch keinen deutlichen Unterschied (+2 %).



Monat	Betrieb	Kapital	Transport	Gesamt
Juni	5.426.005	1.791.255	1.465.014	8.682.274
Juli	5.518.568	1.791.255	1.208.842	8.518.664
August	3.933.292	1.791.255	1.025.032	6.749.578
September	5.588.426	1.791.255	1.365.642	8.745.323
Oktober	5.595.122	1.791.255	1.407.942	8.795.319
November	4.280.865	1.791.255	989.341	7.061.461
Dezember	2.435.839	1.791.255	818.310	5.045.404
Jänner	3.510.991	1.791.255	975.523	6.277.769
Februar	3.906.130	1.791.255	659.742	6.357.126
März	4.728.603	1.791.255	1.023.658	7.543.515
April	4.843.927	1.791.255	1.138.050	7.773.232
Mai	4.975.258	1.791.255	1.314.381	8.080.895
<b>Gesamt</b>	<b>54.744.027</b>	<b>21.495.058</b>	<b>13.391.476</b>	<b>89.630.561</b>

Tabelle 3.12: Kosten im Szenario 4

### 3.2.5 Szenario 5 – Erweiterung der Produktionskapazitäten und Errichtung eines Zentrallagers. Sehr kalte Heizperiode

Dieses Szenario ist identisch mit Szenario 4, allerdings unter der Annahme eines stark ausgebauten zentralen Lagers wie in Szenario 3. Tabelle 3.13 gibt einen Überblick über das Szenario.

Modellgröße	Beschreibung
Jahresproduktion	1.200.000 Tonnen
Jahresverbrauch	1.200.000 Tonnen
Akteure	37 Absatzzentren, 30 Produzenten, 7 Händler

Tabelle 3.13: Überblick über Szenario 5

#### 3.2.5.1 Mengenbetrachtung

Der zur Sicherung der Versorgung notwendige Anfangsbestand beträgt ca. 240.000 Tonnen bzw. 2,5 Monatsproduktionen und ist demnach identisch zu dem in Szenario 4. Die Struktur des Angebotsüberhangs ist ebenfalls identisch.

Die über Händler vermarktete Menge sinkt um 2,5 %. Dieser kleine Effekt ist auf die niedrigere am Markt verfügbare Menge zurückzuführen, die zu einem defensiverem Zukaufverhalten der Händler führt.

Monat	Händler		Produzent	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Juni	59.408	43,03%	78.646	56,97%
Juli	4.830	4,12%	112.264	95,88%
August	4.227	3,15%	130.167	96,85%
September	39.566	31,51%	85.992	68,49%
Oktober	9.098	6,90%	122.687	93,10%
November	3.788	2,99%	12.035	97,01%
Dezember	35.017	28,66%	87.177	71,34%
Jänner	40.098	40,35%	59.285	59,65%
Februar	25.427	24,84%	76.924	75,16%
März	35.567	29,34%	85.669	70,66%
April	35.280	25,38%	103.733	74,62%
Mai	28.617	21,24%	106.105	78,76%
Gesamtergebnis	320.923	21,50%	1.171.684	78,50%

Tabelle 3.14: Lieferstruktur im Szenario 5

Der mittlere Vertriebs-Transportweg ist in diesem Szenario länger (72 km) als im Szenario 3 (65 km). Dabei ist der mittlere Transportweg der Händler etwa gleich geblieben (-1,5 km), während der Transportweg der Produzenten zugenommen hat (+9 km, +13 %). Das niedrigere Angebot führt zu einer weniger transportoptimalen Lösung. Zusätzlich verursacht in diesem Szenario das ausgebaute Lager höhere Transportkosten, da der mittlere Vertriebsweg gewichtet auf die transportierte Menge im Vergleich zu Szenario 4 steigt.

### 3.2.5.2 Systemkosten

Die Kosten pro verkaufter Tonne betragen in diesem Szenario 76,50 € und liegen somit um etwa 5,50 € unter den Kosten im Szenario 3. Ursache dafür sind die niedrigeren Kapitalkosten pro Tonne. Da mit der gleichen Konfiguration und mithin den vergleichbaren Kapitalkosten 20% mehr Menge verkauft wurde, sinken die Kosten pro Tonne. Tabelle 3.15 gibt eine detaillierte Aufstellung.

Die Transportkosten sind in der Gesamtsumme höher als im Szenario 3, pro verkaufte Tonne ergibt sich ein Unterschied von ca. 3,5 %. Das knappere Angebot führt zu weniger kostengünstigeren Transportwegen. Betrachtet in der Gesamtkostenstruktur, ist dieser Mehraufwand jedoch gering.

Monat	Betrieb	Kapital	Transport	Gesamt
Juni	5.426.006	1.914.516	1.495.068	8.835.590
Juli	5.518.580	1.914.516	1.208.474	8.641.569
August	3.933.313	1.914.516	1.217.615	7.065.444
September	5.588.460	1.914.516	1.309.194	8.812.169
Oktober	5.596.164	1.914.516	1.383.250	8.893.930
November	4.280.913	1.914.516	1.131.837	7.327.266
Dezember	2.435.897	1.914.516	1.020.491	5.370.904
Jänner	3.511.057	1.914.516	924.539	6.350.112
Februar	3.906.207	1.914.516	863.385	6.684.108
März	4.728.689	1.914.516	1.059.826	7.703.031
April	4.844.021	1.914.516	1.285.495	8.044.031
Mai	4.975.360	1.914.516	1.249.131	8.139.007
<b>Gesamt</b>	<b>54.744.669</b>	<b>22.974.188</b>	<b>14.148.306</b>	<b>91.867.163</b>

Tabelle 3.15: Kosten im Szenario 5

### 3.2.6 Szenario 6 – Unterproduktion

Dieses Szenario ist eine Variation der Szenarien 5 und 3. Es werden Produktionskapazitäten in vier neuen Standorten und drei vorhandenen Standorten ausgebaut, zudem wird ein Lager als Zentrallager ausgebaut.

Im Gegensatz zu den Szenarien 5 und 3 wird jedoch eine Unterproduktion angenommen, d.h. die produzierte Menge kann die Nachfrage nicht decken. Tabelle 3.16 gibt einen Überblick über das Szenario.

Modellgröße	Beschreibung
Jahresproduktion	1.000.000 Tonnen
Jahresverbrauch	1.200.000 Tonnen
Akteure	37 Absatzzentren, 30 Produzenten, 7 Händler

Tabelle 3.16: Überblick über Szenario 6

#### 3.2.6.1 Mengenbetrachtung

Zur Sicherung der Versorgung ist ein Anfangsbestand von ca. 395.000 Tonnen erforderlich. Das entspricht in etwa dem Produktionsausstoß von knapp 5 Monaten. Abbildung 3.12 zeigt das Mengenregime. Abgesehen von den Monaten Februar und März kann die Produktion nicht nachgefragte Menge ersetzen.

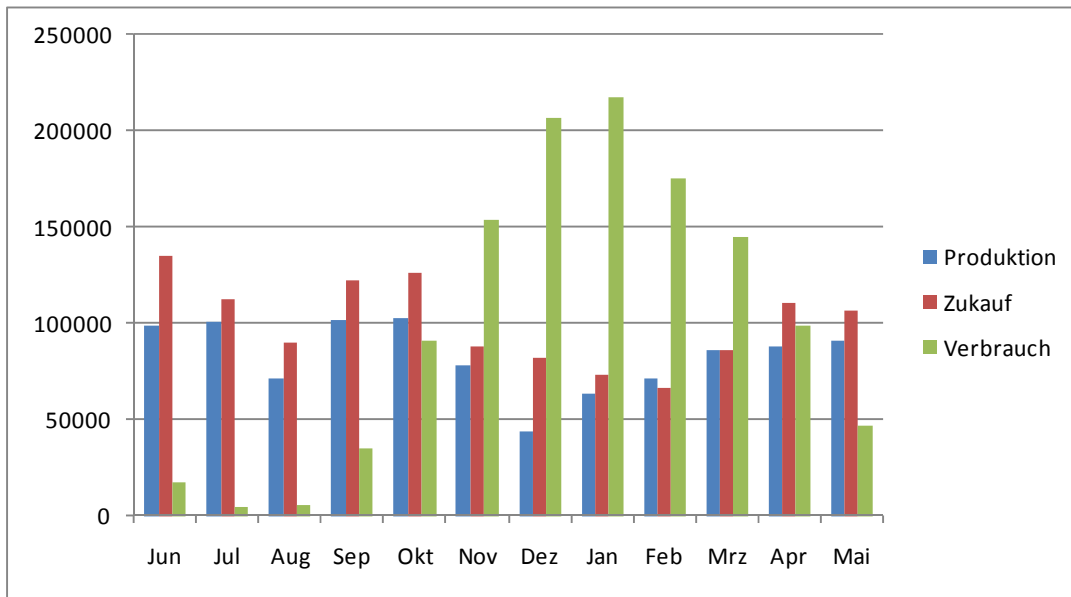


Abbildung 3.12: Mengenregime im Szenario 6

Der Versorgungsüberhang (dargestellt in Abbildung 3.13) ist im letzten Monat des Simulationslaufes am niedrigsten. Das bedeutet auch, dass der hohe Anfangsbestand fast das gesamte Jahr vorgehalten werden muss. Das führt zu einem höheren durchschnittlichen Lagerbestand (4.942 t bei Produzenten und Händlern) als in Szenario 5 (3.354 t). In Szenario 3 liegt der durchschnittliche Lagerbestand mit 5.314 t jedoch noch höher.

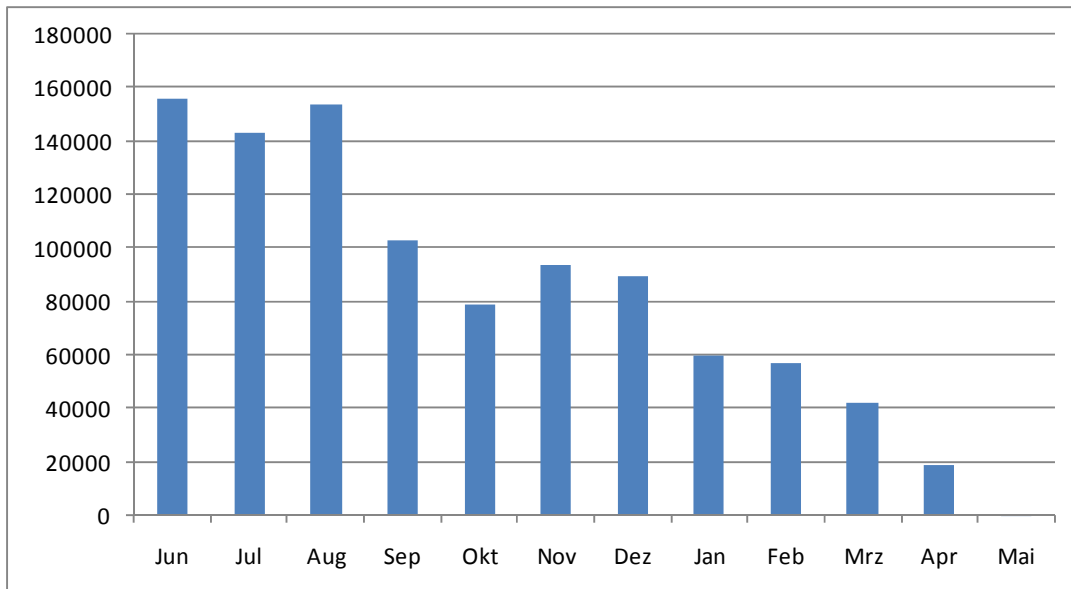


Abbildung 3.13: Versorgungssicherheit im Szenario

Monat	Händler		Produzent	
	Menge [t]	Anteil [%]	Menge [t]	Anteil [%]
Juni	22.278	14,00%	138.810	86,00%
Juli	35.256	26,37%	98.424	73,63%
August	37.061	30,59%	84.077	69,41%
September	38.061	23,89%	121.219	76,11%
Oktober	37.946	22,97%	127.284	77,03%
November	34.629	27,69%	90.446	72,31%
Dezember	40.486	34,68%	76.239	65,32%
Jänner	34.629	30,26%	79.814	69,74%
Februar	40.045	39,49%	61.369	60,51%
März	35.072	27,83%	90.931	72,17%
April	32.029	28,17%	81.656	71,83%
Mai	15.776	14,22%	95.181	85,78%
Gesamtergebnis	403.264	26,07%	1.143.450	73,93%

Tabelle 3.17: Lieferstruktur im Szenario 6

Der Anteil der von den Händlern gelieferten Mengen ist höher als in Szenario 5. Sichtbar ist ein höherer Anteil in den Sommer- und Herbstmonaten. Während in Szenario 5 die Händler dort kaum zukaufen (mit Ausnahme des Monats Oktobers beträgt ihr Anteil dort weniger als 7%), so beträgt ihr Anteil in diesem Szenario stets mehr als 20%. Dies reflektiert die Marktsituation am Anfang des Simulationslaufes: der hohe Anfangsbestand führt zu höheren Zukäufen der Händler.

Der mittlere Transportweg ist in diesem Szenario mit 70 km ähnlich dem in Szenario 5. Die weitere Verknappung des Angebots führt nicht zu zusätzlichen Transportwegen.

### 3.2.6.2 Systemkosten

Mit 82,90 € pro verkaufter Tonne (bestandsbereinigt) liegen die Kosten sogar leicht über den Kosten in Szenario 3 (+0,80 €). Tabelle 3.18 gibt eine detaillierte Aufstellung. Ursache hierfür sind höhere Lagerkapazitäten, die vorgehalten werden müssen, um den hohen Anfangsbestand aufzunehmen. Die Kapitalkosten liegen deshalb um 5,5 Mio. € höher.

Außerdem sind die Transportkosten bei Unterproduktion höher als in den beiden anderen Szenarien. Dabei ist der Unterschied zum Szenario 5 zu klein (+0,10 €) um interpretiert werden zu können. Ursache für die höheren Transportkosten im Vergleich zu Szenario 3 sind die geringeren Wahlmöglichkeiten aufgrund des knapperen Angebots.

Monat	Betrieb	Kapital	Transport	Gesamt
Juni	4.609.998	2.485.060	1.387.256	8.482.314
Juli	4.675.898	2.485.060	1.243.827	8.404.786
August	3.345.487	2.485.060	1.038.952	6.869.499
September	4.717.248	2.485.060	1.514.476	8.716.784
Oktober	4.713.483	2.485.060	1.550.075	8.748.618
November	3.606.916	2.485.060	1.060.236	7.152.212
Dezember	2.062.069	2.485.060	1.005.168	5.552.297
Jänner	2.951.194	2.485.060	1.113.263	6.549.517
Februar	3.274.323	2.485.060	859.565	6.618.948
März	3.954.158	2.485.060	1.171.634	7.610.852
April	4.053.107	2.485.060	1.157.606	7.685.773
Mai	4.143.356	2.485.060	1.173.971	7.802.387
<b>Gesamt</b>	<b>46.097.236</b>	<b>29.820.723</b>	<b>14.176.092</b>	<b>90.193.988</b>

Tabelle 3.18: Kosten im Szenario 6

### 3.2.7 Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Simulationsmodell

In der folgenden Tabelle 3.19 sind die wesentlichen Modellergebnisse überblicksartig zusammen gefasst:

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Szenario 5	Szenario 6
Lagerausbau	-	dezentral	zentral	dezentral	zentral	zentral
Produktion [t]	650.570	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.000.000
Verbrauch [t]	432.530	1.000.000	1.000.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000
Minimaler Anfangsbestand [t]	85.679	198.085	198.087	239.784	239.785	393.587
Anfangsbestand Absatzzentren[t]	37.008	85.566	85.566	102.679	102.679	102.679
Anfangsbestand Händler [t]	13.920	13.920	41.340	13.920	56.340	56.340
Anfangsbestand Produzenten [t]	34.751	98.599	71.181	123.185	80.766	234.568
Gesamtsystemkosten [€]	53.817.987	88.888.575	91.014.336	89.630.561	91.867.163	90.193.988
Kosten je verkaufter Tonne Pellets [€]	102	80	82	75	77	83

Tabelle 3.19: Übersicht über die Modellergebnisse

## 4 Ausblick und Empfehlungen

### 4.1 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die zukünftige Datenerhebung

Durch die Implementierung eines Erhebungswerkzeuges auf Web-Basis ist die Grundlage für eine dauerhafte, qualitativ hochwertige Datenerhebung für den gesamten österreichischen Pelletsmarkt geschaffen. Durch das zusätzlich als vertrauensbildende Maßnahme gesetzte Hinzuziehen eines Notars, durch das die Anonymisierung der von den Marktakteuren eingegebenen Daten gewährleistet ist, sollte einer Ausweitung dieses Tools auf weitere Pellets- und Kesselhersteller sowie Pelletshändler nichts mehr im Wege stehen.

Nach ausreichender Beobachtungsdauer von zumindest 6 Monaten wird eine erste Anpassung der Prognosefunktion für den mittelfristigen Inlandsabsatz an Pellets an die realen Daten möglich. Es sollen in einer Ausgleichsfunktion sowohl die verspätete Auswirkung auf den Pelletsverbrauch aufgrund von der Norm abweichender Klimaschwankungen als auch die verspätete Auswirkung von Kessel-Neuinstallationen auf den Verkauf erfasst werden.

### 4.2 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Pelletsversorgung

Aus den dargestellten Ergebnissen lassen sich zahlreiche Handlungsempfehlungen ableiten.

#### 4.2.1 Anpassungen bei den Produktions- und Nachfrageprofilen

Aus der Erhebung wissen wir, dass die zeitlichen Profile von

- Verbrauch (orientiert sich an den Heizgradsummen),
- Nachfrage der Endkonsumenten (orientiert sich an mehreren Faktoren wie Preis oder Lagerstand; wurde hier empirisch ermittelt) und
- Produktion (typisches Jahresprofil mit Einbrüchen im Sommer und Winter)

dazu führen, dass in jedem Fall eine erhebliche Menge an Pellets gelagert werden muss. Diese Lager können sowohl bei den Endkonsumenten, als auch bei den Händlern oder den Produzenten angesiedelt sein. Entscheidend für die Größe der erforderlichen Lager, die im Modell als „minimale Anfangsbestände“ im Monat Juni ausgewiesen wurden, ist neben diesen zeitlichen Verläufen klarerweise auch der absolute Wert von Produktion und Verkauf. Im Simulationsmodell wurden zwar einige wesentliche Faktoren wie der Außenhandel nicht berücksichtigt, es kann aber trotzdem abgeleitet werden, dass eine angemessene Lagerhaltung maßgeblich für die Sicherstellung einer ausreichenden Versorgung der Endkonsumenten ist. Die Größenordnungen, die ermittelt wurden, liegen dabei bei von 85.000 t (Szenario 1) bis fast

400.000 t (Szenario 6). In anderen Einheiten ausgedrückt handelt es sich um 1,5- bis knapp 6-fache Monatsproduktionen.

Handlungsempfehlungen können nun an mehreren Stellen ansetzen:

- Optimierung der Nachfrageprofile
- Anpassungen beim Angebot an Pellets
- Optimierung der Lagernutzung

Die entscheidenden Parameter zur Anpassung der Nachfrageprofile sind einerseits die Preisgestaltung im Jahresverlauf. Hier werden schon gegenwärtig kräftige Impulse gesetzt, damit die Nachfrage möglichst stark vom Verbrauch entkoppelt und an das Produktionsprofil angepasst wird. Neben diesem Parameter wird andererseits gegenwärtig von den Lieferanten versucht, eine zeitlich möglichst gleichmäßige Nachfrage zu erreichen, um das eingesetzte Kapital (Tankwägen, Lager, Personal) möglichst stark auszulasten und Spitzen ebenso wie Flaute zu vermeiden. Dazu werden Kunden häufig mit Teillieferungen versorgt. Diese Maßnahme ist in ihrer Wirkung allerdings sowohl seitens der Verkäufer (je nach Vereinbarung erhöhte Lieferkosten) als auch seitens der Konsumenten begrenzt (höherer Manipulationsaufwand durch mehrere Pelletslieferungen statt einer). Trotzdem sind diese Maßnahmen wichtig und sollte auch in Zukunft weiter angewandt bzw. ausgebaut werden.

Die Möglichkeiten der Anpassungen beim Angebot (Produktion) an Pellets für die Inlandsnachfrage hängen stark mit der Abnehmerstruktur der Pelletshersteller zusammen. Dabei kommt der Exportmarkt, der vor allem mit Sackware oder Big-Bags beliefert wird, ins Spiel. Hier sind generelle Empfehlungen aus dem Projekt schwieriger, da der Außenhandel im Simulationsmodell nicht bearbeitet wurde und von den jeweiligen Pelletsproduzenten unterschiedlich behandelt wird. Zudem tritt hier eine hohe Marktdynamik auf, was bedeutet, dass der Export durch kurzfristig auftretende Nachfragespitzen zum Teil sehr schwer planbar ist. Ansatzpunkte werden sich in den kommenden Jahren aber wohl mit Hilfe einer besseren Datenbasis, die sowohl Produktion als auch Inlandsverkauf und Außenhandel umfasst, im Simulationsmodell klarer definieren lassen.

Stark mit der Frage eines optimierten Nachfrageprofils hängt die Nutzung der Endkundenlager zusammen. Hier fehlen zwar detaillierte und brauchbare empirische Studien, es ist aber trotzdem davon auszugehen, dass erhebliche Mengen der für eine sichere Versorgung erforderlichen Lagerkapazitäten zur Verfügung stehen dürften. Im Modell wurden die Anfangsbestände bei den Endkonsumenten als Anteil des Jahresverbrauchs angenommen. Bei konkreten Konzepten für eine versorgungssichere Lagerbewirtschaftung spielen diese Lager jedenfalls eine beträchtliche Rolle.



#### 4.2.2 Versorgungssicherheit erfordert Lagerhaltung zwischen 1,5 und 6 Monatsproduktionen

Was die vorliegende Arbeit klar dokumentiert ist, dass unter den dokumentierten Rahmenbedingungen und Annahmen erhebliche Mengen an Pellets gelagert werden müssen, um Versorgungsengpässe zu vermeiden. Wie oben dargestellt, legt das Simulationsmodell nahe, je nach Szenario 1,5 bis 6 Monatsproduktionen als Anfangsbestand zu sichern, wobei es – zumindest aus Modellsicht – keinen erheblichen Unterschied macht, ob diese Mengen bei Produzenten, Händlern oder Endkonsumenten gelagert werden. Große Lagerkapazitäten und Lagermengen sind insbesondere dann erforderlich, wenn die Nachfrage, z.B. in Folge eines sehr kalten Winters, ansteigt. Nachdem diese Entwicklung nicht vorhersehbar ist, scheint es angebracht, sich auf ein „Worst-Case Szenario“ einzustellen, das auch berücksichtigen sollte, dass Produktionskapazitäten kurzfristig ausfallen können. Nicht außer Acht gelassen werden darf auch die Sicherung der Rohstoffversorgung, auch wenn das in der vorliegenden Studie nicht behandelt wurde. Gerade bei sich so dynamisch entwickelnden Märkten sollte auf diesen Aspekt besonderen Wert gelegt werden.

#### 4.2.3 Zentrale Lager sind teurer als dezentrale Lager

Eine wichtige Fragestellung kann die vorliegende Arbeit klar beantworten: Zentrale Lager sind in jedem Fall teurer als dezentrale Lager, wobei hier die gesamten Systemkosten, also Investitionskosten, Transportkosten und Betriebskosten im Detail berücksichtigt wurden. Allerdings handelt es sich beim angewandten Simulationsmodell nicht um ein Optimierungsmodell, sodass nicht im Detail gesagt werden kann, welche Systemkonfiguration die kostengünstigste ist bzw. welches die optimale Anzahl und die optimalen Standorte für die dezentralen Lager sind.

#### 4.2.4 Die Vertriebsstruktur in Österreich ist nicht kostenoptimal

Die vorliegende Arbeit kommt zu dem Schluss, dass die Vertriebsstruktur, wie sie im Modell abgebildet wird, nicht zu kostenoptimalen Lösungen führt. Je nach Systemkonfiguration werden verschiedene Händler unter der Annahme der Kostenminimierung zumindest während einiger Monate gar nicht beliefert, da es im System kostengünstiger ist, Pellets direkt von den Produzenten zu kaufen. In einer Strukturbereinigung, bei der die Zahl der Umschläge reduziert wird (im Wesentlichen fallen hier neben den laufenden Lagerkosten die Umschlagkosten stark ins Gewicht) liegen also noch erhebliche ökonomische Kostenoptimierungspotenziale.

#### 4.2.5 Forschungsbedarf

Es hat sich gezeigt, dass die Nicht-Berücksichtigung des Außenhandels im Simulationsmodell die Unsicherheiten der Ergebnisse in einigen Bereichen stark erhöht. So wurden im Modell die Lagerkosten unter der Annahme berechnet, dass nur im Inland Nachfrage nach Pellets besteht. Mittlerweile ist jedoch auch der Pelletsmarkt ein Weltmarkt, wobei Österreich hier sowohl Importeur als auch Exporteur ist. Zielführend erscheint in einem ersten zukünftigen Schritt die Implementierung von Außenhandelsbeziehungen, die allerdings wesentlich komplexer in der Modellierung sind als die Inlandsnachfrage. Darüber hinaus wäre es denkbar, das Modell räumlich insofern zu erweitern, als die wesentlichen internationalen Produzenten und Abnehmer von Pellets ins Modell aufgenommen werden. Dabei würde dann zwar zwangsläufig die kleinräumige Detaillierung abnehmen, aber es kämen die großen Zusammenhänge – etwa auch Effekte, die durch den vermehrten Einsatz von Pellets in Kraftwerken und den damit verbundenen internationalen Pelletsflüssen zusammenhängen – in den Blick. Für ein besseres Verständnis des Systems Pelletsmarkt wären beide Ansätze nützlich.

## 5 Literaturverzeichnis

*Bossel, Hartmut 1994: Modellbildung und Simulation. Vieweg.*

*Furtner, Karl; Haneder, Herbert 2009: Biomasse-Heizungserhebung 2008. Hrsg: Landwirtschaftskammer Niederösterreich. St. Pölten.*

*Haas, Reinhard; Müller, Andreas; Kranzl, Lukas 2009: Energieszenarien bis 2020: Wärmebedarf der Kleinverbraucher. Endbericht. Wien.*

*Nemestothy, Kasimir 2006: Abschätzung des Holzpelletsbedarfs in Österreich. Wien.*

*Pressemeldung. „Österreichische Heizölbranche wettet gegen Pellets.“ Holz-Zentralblatt, Nr. 25 (Juni 2009): 636.*

*Vry, Wolfgang 1998: Beschaffung und Lagerhaltung. Ludwigshafen.*

*Wagner, Harvey M.; Whitin, Thomson M. 1958: Dynamic Version of the Economic Lot Size Model. In: Management Science 5(1958)1, 89-96.*

*Weinmann, Bernd 2002: Mathematische Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation regionaler Landnutzungsprogramme. Bergen/Dumme.*

## 6 Anhang

### 6.1 Legende

$V_{M,Y,H}$ ...	spez. Verkaufsmenge (Inland) für den Monat M im Jahr Y in [t/kW.K.d]
$V_{m,M}$ ...	mittlere Verkaufsmenge (Inland) für den Monat M in [t]
$V_{M,Y}$ ...	Verkaufsmenge (Inland) im Monat M des Jahres Y in [t]
$P_{M,Y}$ ...	gesamte installierte Kesselleistung im Monat M des Jahres Y in [kW]
$HGT_{12-20,M,Y}$ ...	Heizgradtagsumme im Monat M des Jahres Y in [K.d]
$HGT_{12-20,Y}$ ...	Heizgradtagsumme im Jahr Y in [K.d]
$HGT_{12-20,m,M}$ ...	mittlere langjährige Heizgradtagsumme für den Monat M in [K.d]
$HGT_{12-20,m,Y}$ ...	mittlere langjährige Heizgradtagsumme pro Jahr in [K.d]
$P_{M,aktuell}$ ...	aktuelle Gesamtleistung aller installierter Kessel in [kW]
$P_{M,progn}$ ...	prognostizierte neu installierte Kesselleistung in [kW]
$P_{Sum,M,progn}$ ...	prognostizierte Gesamtleistung aller installierter Kessel in [kW]
$V_{M,progn}$ ...	prognostizierte Verkaufsmenge (Inland) für den Monat M in [t]

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Bottom-up berechneter Pelletsverbrauch [t] 1997-2008 .....	16
Tabelle 2.2: Bottom-up berechneter Pelletsverbrauch [t] 2008-2014 .....	17
Tabelle 3.1: Überblick über Szenario Status Quo .....	34
Tabelle 3.2: Anteile Händler/Produzenten an den Lieferungen in Absatzzentren im Szenario 1 – Status quo .....	36
Tabelle 3.3: Kosten in Szenario1 – Status quo .....	38
Tabelle 3.4: Überblick über Szenario 2 .....	38
_Toc258353625	
Tabelle 3.5: Verkaufsanteile im Szenario 2 .....	40
Tabelle 3.6: Kosten im Szenario 2 .....	41
Tabelle 3.7: Überblick über Szenario 3 .....	41
Tabelle 3.8: Lieferstruktur in Szenario 3 .....	42
Tabelle 3.9: Kosten im Szenario 3 .....	44
Tabelle 3.10: Überblick über Szenario 4 .....	44
Tabelle 3.11: Lieferstruktur im Szenario 4 .....	46
Tabelle 3.12: Kosten im Szenario 4 .....	47
Tabelle 3.13: Überblick über Szenario 5 .....	47
Tabelle 3.14: Lieferstruktur im Szenario 5 .....	48
Tabelle 3.15: Kosten im Szenario 5 .....	49
Tabelle 3.16: Überblick über Szenario 6 .....	49
Tabelle 3.17: Lieferstruktur im Szenario 6 .....	51
Tabelle 3.18: Kosten im Szenario 6 .....	52
Tabelle 3.19: Übersicht über die Modellergebnisse .....	52

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Eingabemaske für PelletsHersteller – Screenshot des Online-Tools .....	10
Abbildung 2.1: Neu installierte Pelletsfeuerungen bis 100 kW.....	15
Abbildung 2.2: Bottom-up berechneter Pelletsverbrauch [t] 1997 - 2014 .....	17
Abbildung 2.3: Heizgradsummen im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt seit 1980.....	18
Abbildung 2.4: Interaktionsmatrix des gewählten Modells. ....	20
Abbildung 2.5: Grobskizze des gewählten Modellansatzes .....	21
Abbildung 2.6: Verteilung der Akteure.....	23
Abbildung 2.7: Auslastung (gemittelt) von vier österreichischen Pelletswerken in %.....	25
Abbildung 3.1: Mengenbilanz für das Jahr 2007 (hochgerechnet).....	31
Abbildung 3.2: Mengenbilanz für das Jahr 2008 (hochgerechnet).....	32
Abbildung 3.3: Prognose für den Inlandsabsatz für das Jahr 2009 im Vgl. zu Realdaten v. 2007 und 2008.....	32
Abbildung 3.4: Parametervariation HGT in Prognose 2009 .....	33
Abbildung 3.5: Parametervariation Kesselverkäufe in Prognose 2009.....	34
Abbildung 3.6: Produktion, Zukauf und Verbrauch in Tonnen im Szenario Status Quo .....	35
Abbildung 3.7: Versorgungssicherheit in Szenario1 – Status quo .....	36
Abbildung 3.8: Zusätzliche Werke in den folgenden Szenarien.....	38
Abbildung 3.9: Versorgungssicherheit im Szenario 2 .....	39
Abbildung 3.10: Mengenregime im Szenario 4 .....	45
Abbildung 3.11: Versorgungssicherheit im Szenario 4 .....	45
Abbildung 3.12: Mengenregime im Szenario 6 .....	50
Abbildung 3.13: Versorgungssicherheit im Szenario .....	50

# bioenergy2020+

**Projekt Nr. 817595**

Wieselburg, 30. März 2010

**BIOENERGY 2020+ GmbH**

**Standort Wieselburg**

Gewerbepark Haag 3, A 3250 Wieselburg

T +43 (0) 7416 52238-10

F +43 (0) 7416 52238-99

centre@bioenergy2020.eu

www.bioenergy2020.eu

**Firmensitz Graz**

Inffeldgasse 21b, A 8010 Graz