

# Branchenanalyse der österreichischen Pelletheizungsbranche

BSC. ANDRÉ ORTNER

0425921

Laubendorf 50

9872 Millstatt

## DIPLOMARBEIT

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Dipl.-Ing. Dr. Lukas Kranzl

Dipl.-Ing. Raphael Bointner

Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Wien, im Dezember 2010

# Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus anderen Quellen entnommenen Stellen als solche gekennzeichnet habe.

Wien, am 10. Januar 2011

André Ortner

# Inhaltsverzeichnis

<b>Erklärung</b>	<b>ii</b>
<b>Vorwort</b>	<b>vi</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract</b>	<b>viii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Fragestellung . . . . .	1
1.3 Methodik und Vorgehensweise . . . . .	2
1.4 Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes . . . . .	4
1.5 Wichtigste Quellen und Literatur . . . . .	5
<b>2 Entwicklung und aktueller Stand der Bioenergienutzung in Österreich</b>	<b>6</b>
2.1 Energiegewinnung aus Biomasse . . . . .	6
2.2 Motive für die Nutzung von Bioenergie . . . . .	9
2.3 Der Stellenwert von Bioenergie in Österreich . . . . .	11
2.4 Die Nutzung von fester Biomasse zur Wärmebereitstellung . . . . .	15
2.4.1 Historische Entwicklung und vorhandene Potentiale . . . . .	17
2.4.2 Ökologische Anforderungen an eine nachhaltige Nutzung forstlicher Bio- masse . . . . .	19
2.4.3 Brennstoffherstellung und Bereitstellungskette von Holzpellets . . . . .	21
<b>3 Die österreichische Pelletheizungsbranche</b>	<b>26</b>
3.1 Marktentwicklung und Treiber . . . . .	26
3.2 Die Marktstruktur der Pelletheizungsbranche . . . . .	30
3.3 Hersteller von Pelletheizungen . . . . .	32
3.4 Umsatz, Marktkonzentration, Arbeitsplätze . . . . .	34
3.5 Die Marktmacht der Zulieferer und der Kunden . . . . .	38

3.6	Die Bedrohung durch Ersatzprodukte . . . . .	41
3.7	Die Bedrohung des Markteintritts neuer Anbieter . . . . .	43
3.8	Die österreichischen Pelletheizungshersteller im internationalen Wettbewerb . . . . .	43
3.9	Ausblick und Herausforderungen der Branche . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Einführung in das Modell zur kundenspezifischen Bewertung des Pelletheizungsangebots</b>	<b>47</b>
4.1	Zieldefinition und Modellierungsansatz . . . . .	47
4.2	Präferenzachsen . . . . .	49
4.3	Ordnungsachsen . . . . .	49
4.4	Die Produktbewertung . . . . .	49
4.4.1	Bildung von Bewertungsräumen . . . . .	51
4.4.2	Der effektive Preis eines Produktes . . . . .	53
4.5	Stärken und Schwächen des Modells . . . . .	54
4.6	Notwendige Ergänzungen für eine Ausdehnung des Modells auf den gesamten Heizungsmarkt . . . . .	56
<b>5</b>	<b>Anwendung des Bewertungsmodells zur partiellen Analyse des österreichischen Pelletkesselmarktes</b>	<b>58</b>
5.1	Beschreibung der Stichprobe . . . . .	58
5.2	Bildung des Präferenzindex . . . . .	58
5.2.1	Wartungsaufwand . . . . .	60
5.2.2	Regelung . . . . .	61
5.2.3	Zusatzoptionen . . . . .	62
5.3	Bildung des Qualitätsindex . . . . .	64
5.3.1	Betriebskosten . . . . .	65
5.3.2	Komfort . . . . .	66
5.3.3	Betriebssicherheit . . . . .	66
5.3.4	Kundendienst . . . . .	66
5.3.5	Umweltfreundlichkeit . . . . .	67
5.4	Bildung des Preis- und Leistungsindex . . . . .	68
5.4.1	Der Produktpreis . . . . .	68
5.4.2	Die Leistungsklasse . . . . .	70
5.5	Kategorisierung der Stichprobe durch die Abbildung in Bewertungsebenen . . . . .	71
5.6	Schrittweise Bewertung der Stichprobe . . . . .	74
5.6.1	Fiktives homogenes Portfolio . . . . .	76
5.6.2	Differenzierung nach Preis . . . . .	79
5.6.3	Differenzierung nach Preis und Leistung . . . . .	80
5.6.4	Differenzierung nach Preis, Leistung und Qualität . . . . .	82

Inhaltsverzeichnis	v
5.6.5 Differenzierung nach Preis, Leistung, Qualität und Präferenz . . . . .	83
5.7 Diskussion zur Stabilität des Modells . . . . .	87
<b>6 Ökonometrische Analyse der Pelletheizungspreise</b>	<b>93</b>
<b>7 Schlussfolgerungen und Ausblick</b>	<b>98</b>
Literaturverzeichnis	101
<b>A Bewertungstabelle der kategorisierten Pelletkessel</b>	<b>107</b>
<b>B Branchenkennzahlen der österreichischen Pelletheizungsbranche im Jahr 2009</b>	<b>112</b>
<b>C MAPLE-Sourcecode</b>	<b>116</b>

# Vorwort

Die Verfassung dieser Diplomarbeit fällt in eine Zeit des Umbruchs des weltweiten Energiesystems. Die derzeit hauptsächlich auf fossilen Energieträgern basierende Energieversorgung muss in ihrer Struktur grundlegend verändert werden, um zukünftig den Erfordernissen einer nachhaltigen Energiebereitstellung zu entsprechen. Vor dem Hintergrund eines steigenden Weltenergiebedarfs, der zunehmend stärker wahrnehmbaren Folgen des Klimawandels und der Verknappung der fossilen Energieressourcen erscheint die Nutzung von regenerativen Energiequellen und ein effizienterer Umgang mit Energie als unumgänglich.

Eine Annäherung an dieses Thema ist aufgrund der Vielzahl an wechselseitigen Abhängigkeiten sowohl in technisch-ökonomischer, ökologischer als auch sozialer Hinsicht eine große Herausforderung und verlangt eine interdisziplinäre, globale Zusammenarbeit von Forschung, Politik und Wirtschaft. Die große Anzahl verschiedenster aktueller Forschungsarbeiten hinsichtlich dieser Themenstellung verdeutlichen die Wichtigkeit und auch Komplexität diesbezüglicher Fragestellungen.

In diesem Sinne war es auch das Ziel dieser Diplomarbeit, unter Anwendung eines interdisziplinären Ansatzes, einen bescheidenen Beitrag zum Verständnis der Zusammenhänge am österreichischen Pelletheizungsmarktes beizutragen.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung verzichtet und durchgehend die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter.

Mein aufrichtiger Dank gilt meinen beiden Betreuern Dipl.-Ing. Dr. Lukas Kranzl und Dipl.-Ing. Raphael Bointner, die mich stets mit großem Interesse, vielen Anregungen und Hilfestellungen bei meiner Arbeit unterstützt haben. Auch bedanken möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Energy Economics Group an der TU Wien, die mir wesentliche Anreize hinsichtlich der Gestaltung dieser Diplomarbeit lieferten und meinen Freunden, die sich meine Arbeit zum Zwecke einer Korrekturlesung zu Gemüte führten. Ein großes Dankeschön möchte ich an dieser Stelle meinen beiden Eltern und meiner Freundin Evelyn aussprechen, die mir die Rahmenbedingungen beim Verfassen dieser Arbeit so schön als möglich gestalteten.

# Kurzfassung

Die österreichische Pelletheizungsbranche konnte sich im internationalen Vergleich überdurchschnittlich gut entwickeln und heimische Unternehmen, sowohl Heizungsbauer, als auch Pelletproduzenten, zählen heutzutage zu den anerkannten Technologieführern in der Branche. Der Pelletheizungsmarkt erlebte seit Ende der Neunziger Jahre einen großen Wachstumsschub und mittlerweile exportieren österreichische Hersteller im Mittel 70% ihrer Produktion ins Ausland.

Aufgrund dessen, dass es sich noch um einen relativ jungen Markt handelt und noch eine beträchtliche Informationsasymmetrie vorhanden ist, wurde in dieser Diplomarbeit der Frage nachgegangen, warum sich die Pelletheizungsbranche gerade in Österreich so gut entwickeln konnte und wie die aktuelle Struktur aussieht. Weiters wurde mittels einer quantitativen Bewertung einer Stichprobe des momentanen Angebots an Pelletheizungen versucht, die Frage zu klären, inwiefern sich die Höhe der Marktanteile von einzelnen Herstellern in der Bewertung ihres Produktportfolios widerspiegeln. Insbesondere wurde die Frage behandelt, ob bestehende Preisunterschiede bei Pelletheizungen durch unterschiedliche Merkmalsausprägungen der Produkteigenschaften erklärt werden können.

Um diese Fragen zu klären, wurden durch eine umfassenden Literaturrecherche zunächst die Markttreiber und spezifischen Rahmenbedingungen zur Entstehung der momentanen Marktstruktur identifiziert und mit einer Bottom-Up Analyse die aktuellen Branchenkennzahlen errechnet. Unabhängig davon wurde eine Datenbank mit produktspezifischen Daten von 97 Pelletheizungen erstellt, welche durch ein speziell entwickeltes Modell, basierend auf dem Grundgedanken der Hotelling'sche Strecke, einer Bewertung unterzogen wurden.

Eine ökonometrische Analyse der Einflussfaktoren auf den Produktpreis, die Ergebnisse der Bewertung der Stichprobe und ein Vergleich mit den Strukturdaten der Branche führte schließlich zu dem Ergebnis, dass sich nicht alle der am österreichischen Markt etablierten Hersteller auch durch ein sehr gut bewertetes Produktportfolio auszeichnen können.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass sich die momentane Marktstruktur nicht gänzlich in der Bewertung der Produkte widerspiegelt und weisen darauf hin, dass hinsichtlich der Erklärung der Marktstruktur noch weitere Einflussgrößen eine Rolle spielen.

# Abstract

The Austrian pellet boiler industry is, in comparison to international standards, a well-developed industry. Domestic boiler manufacturers as well as pellets producers have gained huge know-how in their business and rank among the world's top technology leaders. The pellet heating market has increased considerably since the end of the 1990s and Austrian boiler manufacturers export about 70% of their production abroad.

This thesis investigates the strong development of the Austrian pellet industry as well as its current structure. Additionally, the existing market offer of pellet heating boilers has been assessed and compared with the actual market shares of their manufacturers in order to draw conclusions from a potentially existing relation. In particular, an analysis about the factors of influence on the boiler prices has been conducted.

To clear up these questions, comprehensive literature has been researched and a bottom-up analysis has been performed. This has been done in order to gain information about the market drives, the industry structure, and the overall industry key figures. Furthermore, a database with a sample of 97 pellet boilers has been created and assessed through the use of a model, which has been specifically created in the context of this thesis.

The results of the analysis suggest that a big market share is not generally related to a good product assessment. Therefore we may conclude that additional factors have considerable influence on the size of the market shares.

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Motivation

Biomasse nimmt in Österreich traditionell eine bedeutende Stellung unter den erneuerbaren Energieträgern, insbesondere zur Wärmebereitstellung, ein. Das hat dazu geführt, dass sich österreichische Unternehmen in der Biomasse-Branche auch international bewähren konnten und mittlerweile zu den anerkannten Technologieführern in der Branche zählen. Um neue Arbeitsplätze generieren zu können und vom globalen Marktwachstum zu profitieren, ist es von Interesse, dass Österreichs Unternehmen die passenden Rahmenbedingungen vorfinden, um ihre starke Marktposition zu halten, bzw. sogar zu stärken. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist ein starker heimischer Markt. Der österreichische Pelletheizungsmarkt konnte im letzten Jahrzehnt ein deutliches Wachstum verzeichnen. Im Jahr 2007 und als Folge der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 musste die Branche jedoch gravierende Nachfrageeinbrüche hinnehmen. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig ein Verständnis für die Struktur der österreichischen Pelletheizungsbranche zu erlangen und die Einflussfaktoren auf die bisherige Marktentwicklung zu dokumentieren. Da es sich noch um einen relativ jungen Markt handelt, besteht weiters noch ein hohes Maß an Informationsasymmetrie. Von besonderem Interesse ist daher eine Analyse des bestehenden Marktangebots. Eine solche Analyse gestaltet sich aber insofern als schwierig, als dass eine objektiver Produktvergleich in diesem Fall nicht möglich ist, da am Pelletheizungsmarkt eine vertikale als auch eine horizontale Produktdifferenzierung vorliegt. Diese Produktvielfalt ist auf die verschiedenen Kundenpräferenzen zurückzuführen und ist mithin der Grund dafür, dass das bestehende Marktangebot nur einer subjektiven Bewertung unterzogen werden kann.

### 1.2 Fragestellung

Im Hinblick auf die eben beschriebene Situation soll in dieser Diplomarbeit der Frage nachgegangen werden, wie der österreichische Pelletheizungsmarkt strukturiert ist, welches Markt-

angebot momentan am Markt besteht und wie dieses Angebot, unter besonderer Berücksichtigung der technischen Produkteigenschaften, aus Kundensicht bewertet werden kann.

Diese übergeordnete Fragestellung besteht aus drei Themenschwerpunkten, welche in Form der folgenden konkretisieren Fragestellungen beantwortet werden sollen:

1. Wie ist der Markt strukturiert?

- Warum gibt es überhaupt einen Markt für Pelletheizungen?
- Warum hat sich dieser Markt in Österreich so gut entwickeln können, und was bedeutet das für die Hersteller?
- Welches Entwicklungspotential hat die österreichische Branche?

2. Welches Angebot wird von der Branche erzeugt?

- Wie können die verschiedenen qualitativen und quantitativen Produktmerkmale von Pelletheizungen übersichtlich dargestellt werden?
- Welche Aussagen können über die Wettbewerbssituation der Hersteller getroffen werden?

3. Wie kann dieses Angebot bewertet werden?

- Wie können unterschiedliche Pelletheizungen in Form einer quantitativen Analyse miteinander verglichen werden?
- Wie berücksichtigt man bei der Bewertung die unterschiedlichen Kundenpräferenzen?
- Welche Aussagen können hinsichtlich der Gesamtnachfrage nach einem Produkt gemacht werden?
- Welche Rückschlüsse können durch die Bewertung der Produkte auf die bestehende Marktstruktur getroffen werden?

### 1.3 Methodik und Vorgehensweise

Zur Beantwortung der einzelnen Teilfragestellungen dieser Diplomarbeit wurde eine Reihe verschiedener Methoden angewendet. Einen grundsätzlichen Überblick über die Vorgehensweise und die verwendeten Methoden bietet Abbildung 1.1. Der Ausgangspunkt der Analyse war eine in Kapitel 2 dokumentierte, umfassende Literaturrecherche zum Thema Bioenergie, der Motive für die Nutzung von Bioenergie und der speziellen Bedeutung von Bioenergie für Österreich. Im Zuge dieser Recherche wurden weitere Informationen über die österreichischen Hersteller von Pelletheizungen eingeholt und nach dem Ansatz des Fünf-Kräfte-Modells von Michael E. Porter (vgl. Porter (2008)), die Branchenstruktur der österreichischen Pelletheizungsbranche erarbeitet. Mittels einer Bottom-Up-Analyse von bereits bestehendem Datenmaterial aus Forschungsarbeiten der EEG (vgl. Bointner (2009)) und der Zuhilfenahme der

Unternehmensdatenbank *amadeus* wurden aktuelle Branchenkenzzahlen ermittelt. Aufgrund der hohen Komplexität der zu untersuchenden Branche, welche sich beispielsweise in der starken Abhängigkeit von politischen Rahmenbedingungen, der hochdynamischen Entwicklung und der Internationalität äußert, und den zum Teil nur sehr lückenhaft vorhandenen unternehmensinternen Daten, beschränkt sich die Analyse auf die Auswertung von folgenden Messgrößen:

- Umsatzentwicklung
- Entwicklung der Mitarbeiterzahlen
- Marktanteile in Österreich (Umsatz- und Mengenanteile)
- Exportquoten
- Technologisches Know-How (Skaleneffekte, Entwicklung des Umsatzes/Mitarbeiter)

Die Resultate dieser Auswertungen mündeten in der Schätzung von aktuellen (2009) Marktdaten der österreichischen Pelletheizungsbranche (Kapitel 3). Parallel dazu wurde durch eigene Recherchen und dem Rückgriff auf Sekundärquellen eine umfassende Datenbank von momentan am Markt erhältlichen Pelletheizungen erstellt. Das Ziel des Aufbaus dieser Datenbank war die übersichtliche Darstellung einer Kombination von produktspezifischen Merkmalen mit den durch vorgeschriebene Typenprüfungen vorliegenden Messwerten der betrachteten Produkte. Die Produkt-Datenbank diente einerseits als Grundlage zur quantitativen Bewertung der Pelletheizungen in vier verschiedenen Kategorien und andererseits als Datenbasis für die Durchführung einer ökonometrischen Analyse des Produktpreises von Pelletheizungen in Kapitel 6. Das in Kapitel 4 beschriebene Modell zur quantitativen Bewertung von Pelletheizungen wurde in Kapitel 5 auf die bestehende Produkt-Datenbank angewendet. Aus den Ergebnissen der ökonometrischen Analyse, der bewerteten Stichprobe und der analysierten Marktsituation wurden letztlich die in Kapitel 7 dokumentierten Schlussfolgerungen abgeleitet.

Der Fokus dieser Arbeit ist auf die Kette *Hersteller* → *Angebot* → *Nachfrage* gerichtet. Es wird ausgehend von einer Analyse der Herstellerstruktur das momentan am Markt bestehende Angebot kategorisiert und aus einer Konsumentensicht bewertet. In einem weiteren Schritt wäre es auf der Grundlage einer detaillierteren Analyse des Marktes möglich, ein mathematisches Modell für den Pelletheizungsmarkt zu entwickeln. Dieses Modell könnte dazu verwendet werden, basierend auf der Vorgabe eines bestimmten Marktangebots, die sich einstellenden Herstellerpreise und daraus folgend die Produktnachfrage und die Umsätze der Branche zu errechnen. Um möglichst realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten, müsste auch das Angebot an alternativen Heizsystemen im Modell berücksichtigt werden. Genauere Betrachtungen hinsichtlich einer Erweiterungsmöglichkeit des Modells auf den gesamten Heizungsmarkt finden sich in Abschnitt 4.6.

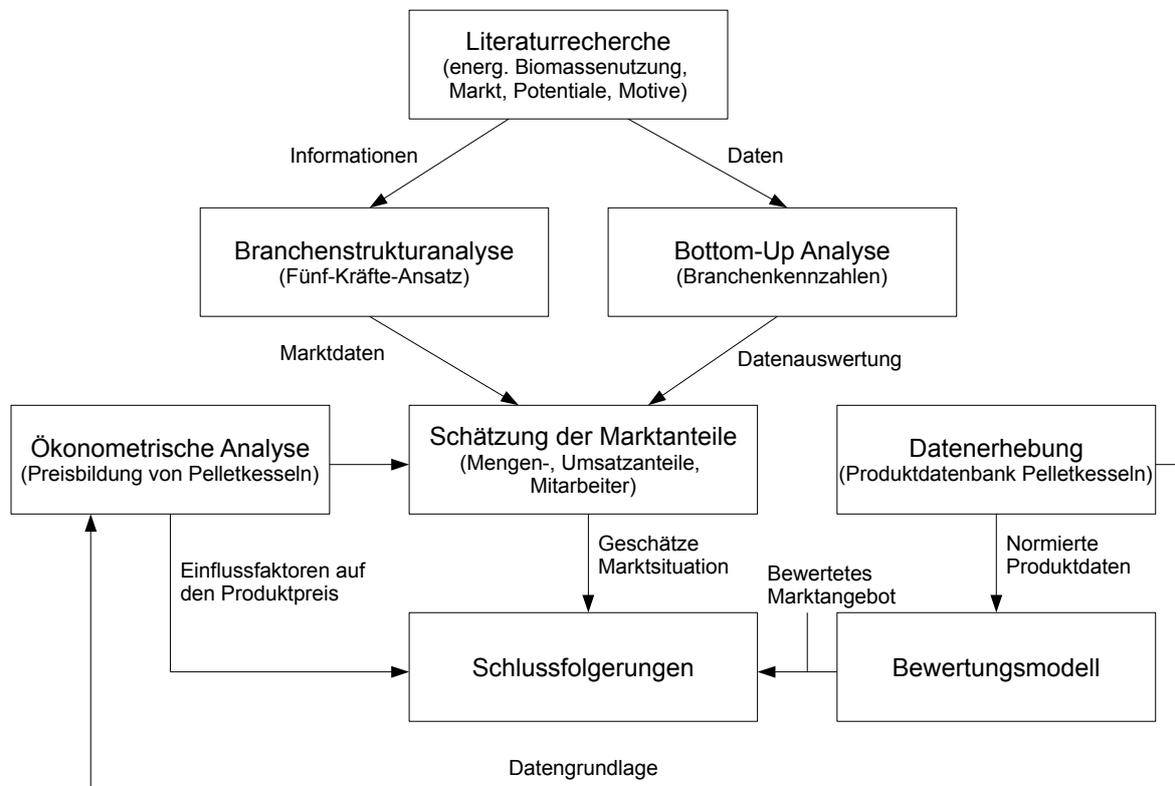


Abbildung 1.1: Darstellung der Methodik.

## 1.4 Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht der österreichische Markt für Pelletheizungen bis 50 kW Nennwärmeleistung zur Wärmebereitstellung in Ein- und Mehrfamilienhäusern und anderen Gebäuden mit vergleichbarem Wärmebedarf. Die betrachteten Produkte sind also ausschließlich Pelletheizungen. Sofern eine Heizung mit (Holz-)Pellets als primären Brennstoff betrieben wird und ausschließlich bei einem *Notbetrieb* der Heizung auch ein anderer Brennstoff verwendet werden darf, wird diese Variante auch in die Analyse mit einbezogen. Nicht berücksichtigt werden Pelletöfen, Kaminöfen, Scheitholz- und Hackschnitzelheizungen, sowie Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung.

Konkret wird eine Pelletheizung in ihrer Grundausführung untersucht, d.h. dass neben der in die Heizung integrierten Standard-Regelung keine anderen Zusatzkomponenten – z.B. ein Pellets-Austragungssystem (Brennstofffördereinrichtung), Wärme-Pufferspeicher, Installationsmaterial, oder optional erhältliche Erweiterungsmodule, sowohl seitens der Regelung, als auch der Hardware – berücksichtigt werden. Die angegebenen Produktpreise sind von den Herstellern abgegebene, unverbindliche Preisempfehlungen und gelten für die eben beschriebene Produkteingrenzung. Rabatte wurden in keiner Form in den Preisangaben berücksichtigt.

## 1.5 Wichtigste Quellen und Literatur

Die wichtigsten in dieser Arbeit verwendeten Quellen sind zunächst die Datenbanken

- Pelletheizungsübersicht der Österreichischen Energieagentur / (topprodukte.at, 2010)
- Konsument Marktübersicht 09/2010 / Verein für Konsumenteninformation / (konsument.at, 2009)
- Kesselprüfberichte der BLT Wieselburg / (BLT, 2010)

aus denen in Kombination mit eigenen Erhebungen aus Produktbroschüren, den Internetpräsenzen der Hersteller und Interviews mit Vertriebsmitarbeitern, die Datenbasis für die Produktdatenbank stammt.

Die zur Analyse der Branche verwendeten Daten stammen aus folgenden Quellen:

- *amadeus* / Europäische Unternehmensdatenbank / (AMADEUS Datenbank, 2010)
- Biomasseheizungserhebung 2009 / Landwirtschaftskammer NÖ / (K. Furtner, 2009)
- Bestehende Analysen der EEG / Raphael Bointner / (Bointner, 2009)

Der theoretische Hintergrund dieser Arbeit basiert auf der Literatur:

- Dissertation von Lukas Kranzl zur gesamtwirtschaftlichen Bedeutung der energetischen Nutzung von Biomasse / (Kranzl, 2002)
- Strategien zur optimalen Erschließung der Biomasse bis 2050 / (L. Kranzl, 2008)
- Marktanalyse Biomasse 2009 / (P. Biermayr, 2009)
- Unternehmensstrategien im Wettbewerb / (W. Pfähler, 2008)

## Kapitel 2

# Bioenergienutzung in Österreich

## Historische Entwicklung und aktueller Stand

### 2.1 Energiegewinnung aus Biomasse

Die Biomasse ist das Ergebnis einer Energieumwandlung der Strahlungsenergie der Sonne in organische Materie mittels Photosynthese. Sie ist daher als Speichermedium von Sonnenenergie anzusehen und hat gegenüber anderen Optionen der direkten und indirekten Sonnenenergienutzung – wie z.B. solarthermische Nutzung, oder Windkraft – den entscheidenden Vorteil, dass sie nicht direkt an die von der Sonne eingestrahlte Energie gekoppelt und somit auch nicht deren kurzfristigen Angebotsschwankungen unterworfen ist<sup>1</sup>. Aus diesem Grund eignet sie sich im Besonderen als Energieträger zur Bereitstellung der Grundlastversorgung.

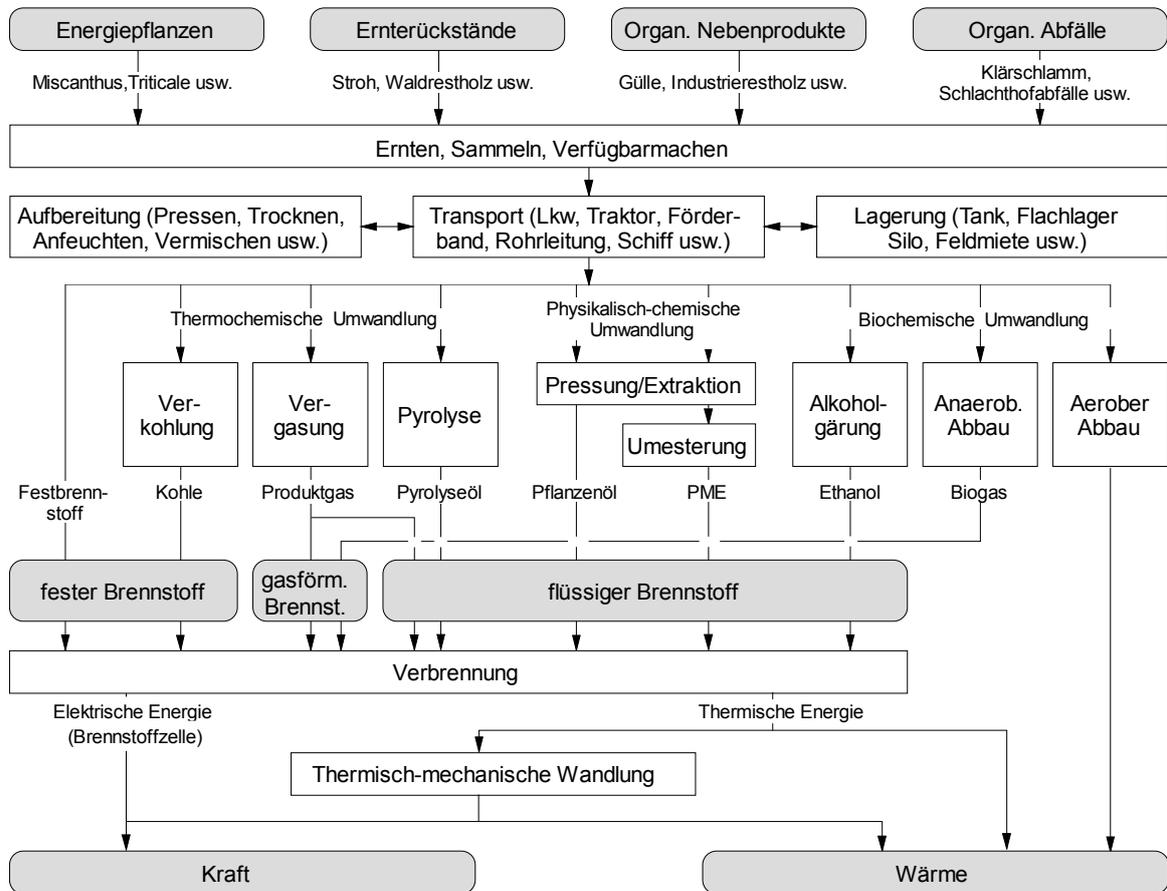
Nach der Definition von M. Kaltschmitt (2009, S.2) versteht man unter dem Begriff *Biomasse* sämtliche Stoffe organischer Herkunft (d.h. kohlenstoffhaltige Materie). Neben der in der Natur lebenden Phyto- und Zoomasse und den daraus resultierenden Rückständen und Abfällen, fallen darunter im weitesten Sinne auch alle Stoffe, welche aus einer technischen Umsetzung, bzw. stofflichen Nutzung derselben entstanden sind. Als Beispiele werden Schwarzlauge, Papier und Zellstoff, Schlachthofabfälle, die organische Hausmüllfraktion, Pflanzenöl und Alkohol angeführt. Die Abgrenzung der Biomasse zu fossilen Energieträgern beginnt beim Torf, wobei es länderspezifische Unterschiede bezüglich der Zuordnung von Torf gibt.

Die Nutzung der in der Biomasse gespeicherten Energie hat in der Menschheitsgeschichte eine lange Tradition. Schon der Frühmensch nutzte Biomasse zur Erzeugung von Wärmeenergie. Im Laufe der Geschichte wurde eine Vielzahl an Verfahren und Technologien zur Umwandlung und Nutzung verschiedenster Arten von Biomasse entwickelt, sodass wir heute über eine Fülle an Bereitstellungsketten von Bioenergie verfügen (siehe Abbildung 2.1).

Aus der uns zur Verfügung stehenden Biomasse können mittels thermochemischer, physikalisch-

---

<sup>1</sup>vgl. (M. Kaltschmitt, 2009, S.2)



**Abbildung 2.1:** Schematischer Aufbau typischer Bereitstellungsketten zur End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse (grau unterlegte Kästen: Energieträger; nicht grau unterlegte Kästen: Umwandlungsprozesse; vereinfachte Darstellung ohne Licht als Nutzenergie; PME Pflanzenölmethylester; die in Brennstoffzellen ablaufenden Reaktionen werden dabei als eine kalte Verbrennung angesehen). Quelle: (M. Kaltschmitt, 2009, S.4)

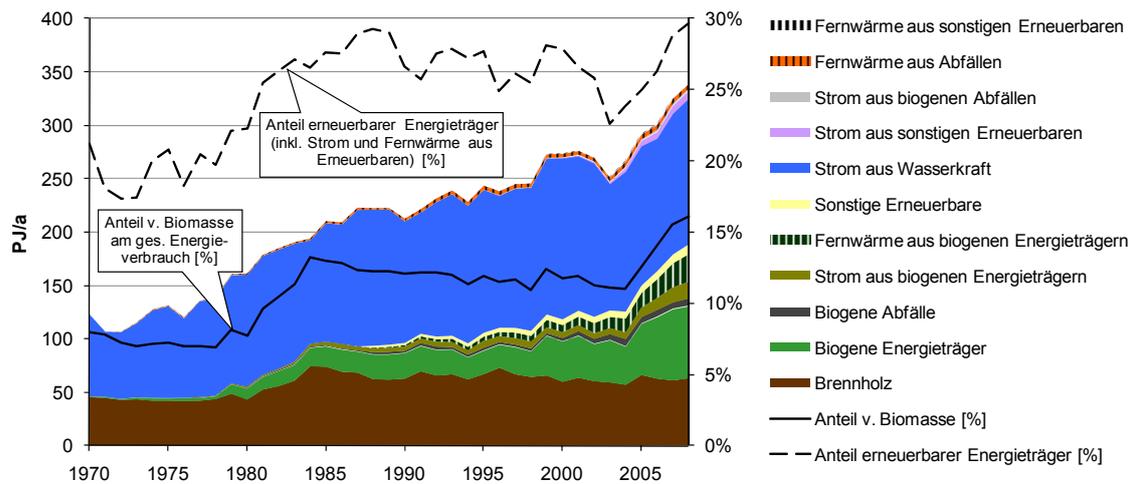
chemischer, oder biochemischer Umwandlungsprozesse je nach Bedarf entweder feste, flüssige oder gasförmige Brennstoffe erzeugt werden. Diese Brennstoffe dienen dann zur Gewinnung der Nutzenergieformen *Kraft* und *Wärme*.

In der vorliegenden Arbeit steht die Umwandlungstechnologie zur Wärmeerzeugung aus getrockneten Hobel- und Sägespänen – den sogenannten Pellets<sup>2</sup> – im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Abbildung 2.2 zeigt die historische Entwicklung der erneuerbaren Energieträger in Österreich von 1970 bis 2008. Wie man sehen kann, macht der Anteil von Biomasse am Endenergieverbrauch im Jahr 2008 schon mehr als 50% des Gesamtbeitrags erneuerbarer Energieträger

<sup>2</sup>Ein Pellet (englisch: pellet = Bällchen, Kügelchen) ist ein kleiner Körper aus verdichtetem Material in Kugel- oder Zylinderform. Meistens wird der Begriff im Plural gebraucht, da Pellets nicht einzeln, sondern als Schüttgut verwendet werden. (M. Kaltschmitt, 2009)

aus. Über die gesamte Periode ist ein kontinuierlicher Anstieg der biogenen Energieträger zu verzeichnen. Speziell in den letzten Jahren sind aufgrund der gezielten Förderpolitik signifikante Zuwächse zu erkennen. Die im internationalen Vergleich herausragende Stellung der Biomasse in Österreich ist laut L. Kranzl (2010, S.7) auf den traditionell hohen Anteil der Biomasse im Bereich der Raumwärmeerzeugung, dem Waldreichtum, sowie dem besonderen Stellenwert der Holz verarbeitenden Industrie zurückzuführen (vgl. Abschnitt 2.3).



**Abbildung 2.2:** Entwicklung erneuerbarer Energien (Endenergie) und ihres Anteils am gesamten Endenergieverbrauch von 1970 bis 2008. *Quelle: Darstellung EEG, (L. Kranzl, 2010, S.7), auf Basis von Statistik Austria*

Der starke Anstieg der Bioenergienutzung im letzten Jahrzehnt macht es notwendig, die verschiedenen möglichen Nutzungspfade hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bezüglich einer Treibhausgas-Emissionsminderung zu evaluieren. Weiters sind die Auswirkungen der einzelnen Optionen auf die Ökosysteme der Natur festzustellen und die ökologische Nachhaltigkeit zu sichern. Nicht zuletzt ist auch die Betrachtung von gesellschaftlichen Implikationen, die durch eine verstärkte energetische Biomassenutzung hervorgehen, von großer Relevanz. Aufgrund der Vielfalt an verschiedenen Formen der Energie aus Biomasse und deren Bereitstellungsketten, ist immer nur die Bewertung eines Einzelfalles hinsichtlich der oben genannten Kriterien möglich. Die Vielfalt an Verwendungsmöglichkeiten und die undifferenzierte öffentliche Debatte über die Bedeutung von Bioenergie, insbesondere die Diskussion über die Flächennutzungskonkurrenz mit der Nahrungsmittelindustrie (vgl. Boonekamp L. (2007)), trug jedoch zu einer emotionalen Auseinandersetzung mit dem Thema Bioenergie bei und führte zu Kontroversen über die Bewertung von Bioenergie im Allgemeinen (R. Schubert, 2008). Zusätzlich erschwerend wirkt sich die Vielzahl an involvierten Akteuren und deren zum Teil starken Interessensgemeinschaften auf die Diskussion aus, da sie durch unterschiedliche Interessen nationaler und betriebswirtschaftlicher Natur verzerrt wird (vgl. Abschnitt 2.2).

Eine klare Aussage über die Bewertung von Biomasse als Energiequelle gestaltet sich aber auch aus wissenschaftlicher Sicht schwierig, da die Bewertungsgrundlagen größtenteils auf Annahmen beruhen, die in einem beträchtlichen Maß auf einer wissenschaftlichen Unsicherheit beruhen und die allgemeine Komplexität und Dynamik dieser Thematik eine integrierte Bewertung sehr schwierig macht (R. Schubert, 2008, S.3). Eine Kurzstudie der Agentur für Erneuerbare Energien <sup>3</sup> fasst die zentralen Ergebnisse des Berichts des wissenschaftlichen Beirats für Umweltveränderungen (WBGU) der Bundesrepublik Deutschland, zum Thema *zukunftsfähige Bioenergie* folgendermaßen zusammen:

- Die weltweiten Flächen für den Anbau von Energiepflanzen sind begrenzt.
- Der Einsatz von Bioenergie im stationären Bereich zur Strom- und Wärmeerzeugung spart wesentlich mehr Treibhausgase ein als mit Biokraftstoffen im Verkehrssektor.
- Die Nutzung von mehrjährigen Energiepflanzen ist nicht nur nachhaltiger, sondern weist gegenüber einjährigen Energiepflanzen auch eine bessere Treibhausbilanz auf.

Demnach zufolge sollten die momentanen Förderungen für Biokraftstoffe eingestellt und auf die Förderung von mehrjährigen Energiepflanzen, sowie aus biogenen Reststoffen zur Strom- und Wärmeerzeugung umgelegt werden.

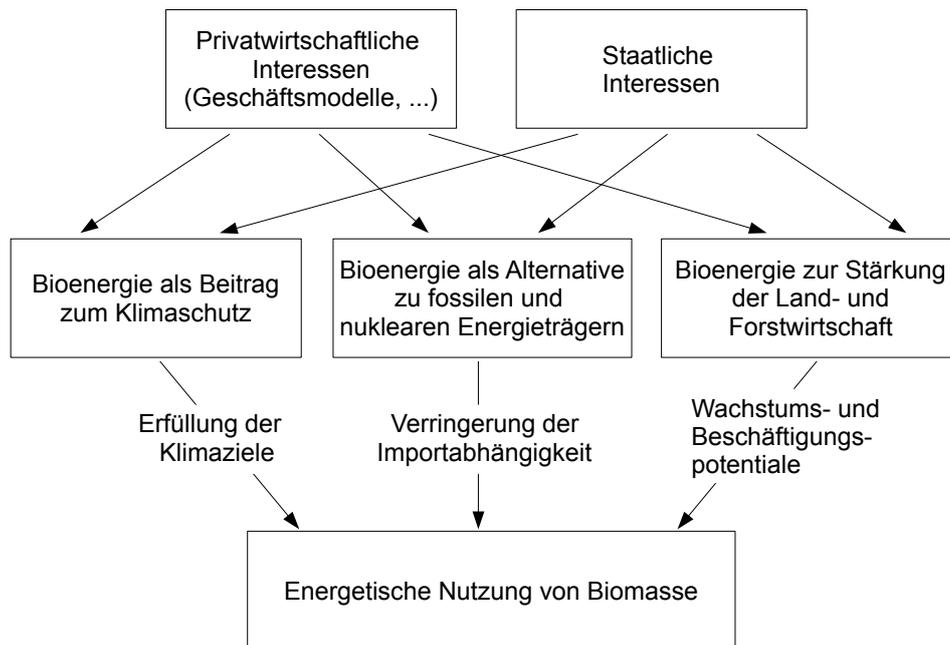
## 2.2 Motive für die Nutzung von Bioenergie

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und den daraus resultierenden internationalen Abkommen zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen, sowie der zunehmenden Verknappung von fossilen Energieträgern, ergibt sich ein politisches und wirtschaftliches Interesse zur intensivierte Nutzung von Biomasse als Energiequelle. Die konkreten Beweggründe zur Förderung einer derartigen Entwicklung und die verwendeten energiepolitischen Instrumente sind dabei weltweit unterschiedlich. Um den aktuell geführten Diskurs über die zukünftige Rolle von Bioenergie zu verstehen, ist das Wissen um die involvierten Interessensgruppen und deren Verflechtung unabdingbar. Neben innenpolitischen Interessen zur Forcierung der inländischen Biomassenutzung, beispielsweise aus Gründen der Energie- und Versorgungssicherheit, bestehen auch eine Reihe außenpolitischer Interessen, welche aus Gründen einer Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit bestimmte Nutzungspfade der Biomasse präferieren. Des Weiteren spielt auch die Industrie und die Intervention ihrer zum Teil sehr starken Interessensvertretungen eine gewichtige Rolle in der Diskussion um die globale Bioenergiepolitik (vgl. R. Schubert (2008, S.25)). Nicht zuletzt durch das Vorhandensein einer Vielzahl verschiedener ökonomischer und politischer Interessen wurde im öffentlichen Diskurs eine Reihe verschiedener, nicht einheitlich verwendeter Begriffe geschaffen, welche die Nachvollziehbarkeit der vorgebrachten Argumente zusätzlich erschweren und zu undifferenzierten Betrachtungen

---

<sup>3</sup>vgl. Pieprzyk (2009)

führen können<sup>4</sup>. Gleichwohl der Komplexität der Diskussion um die Biomassenutzung werden in R. Schubert (2008) die weltweit stattfindenden Diskussionen zu diesem Thema in drei verschiedene Diskurse zusammengefasst, aus welchen sich die Hauptmotive zur energetischen Nutzung von Biomasse ableiten. Abbildung 2.3 zeigt eine Darstellung der dahinter liegenden Interessen, den drei kontrovers geführten Diskursen und die derzeit am öftesten genannten Beweggründe für die verstärkte Nutzung von Biomasse als Energiequelle.



**Abbildung 2.3:** Bestehende Hauptmotive für die energetische Nutzung von Biomasse nach R. Schubert (2008). *Eigene Darstellung.*

Als ein wesentliches Motiv für die Steigerung des Anteils an Bioenergie gilt demnach, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten und den Klimaschutzzielen nachzukommen. Einen wichtigen Aspekt stellt hierbei der Wunsch nach einem Umbau der Energiesysteme hin zu einer kohlenstoffarmen Energieversorgung dar. Die Biomasse ist dafür besonders geeignet, da sie erstens als kohlenstoffneutral angesehen wird<sup>5</sup> und zweitens grundlastfähig ist, und somit das schwankende Angebot aus anderen erneuerbaren Energieformen ausgleichen kann. Ein weiteres Motiv ergibt sich aus dem zu erwartenden zukünftigen Preisanstieg fossiler Energieträger und der geforderten Gewährleistung einer sicheren Energieversorgung. Dieses Thema rückte

<sup>4</sup>Beispielsweise werden dem Begriff *Bioenergie* häufig fälschlicherweise nur Biokraftstoffe zugeordnet und um durch die positive Konnotation des Präfix *Bio-* nicht einen falschen Eindruck entstehen zu lassen – da z.B. Biokraftstoffe auch aus nicht nachhaltigen Energiepflanzenanbau hergestellt werden können – wird in letzter Zeit auch immer häufiger das Präfix *Agro-* bzw. *Agar-* verwendet (vgl. R. Schubert (2008, S.23)).

<sup>5</sup>vgl. IPCC (2006)

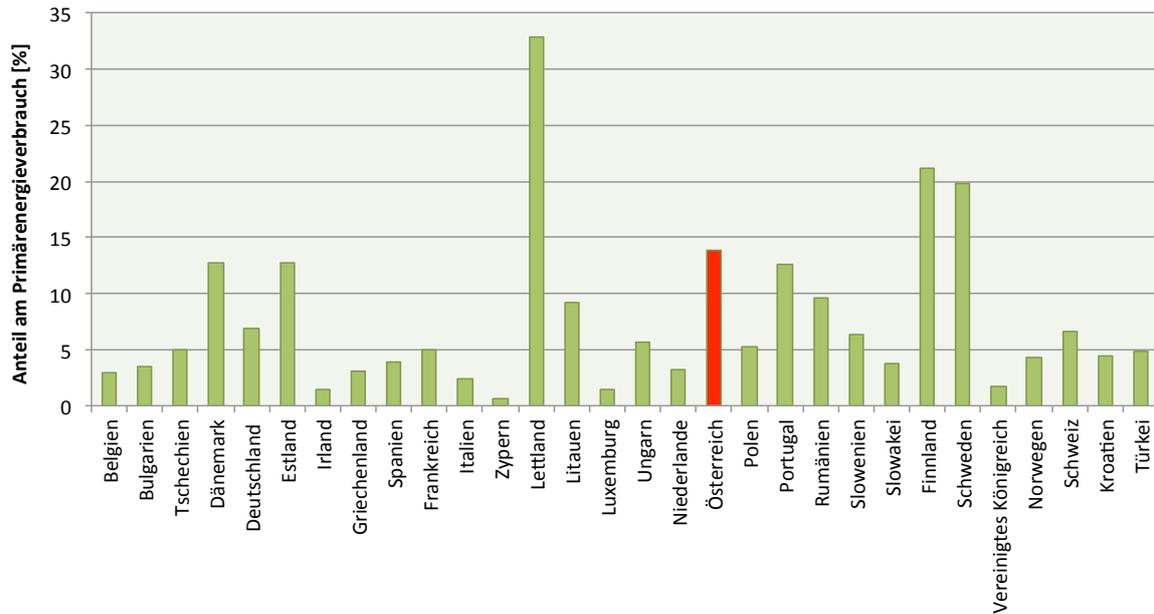
erst kürzlich (2009) durch die Einstellung der russischen Gaslieferungen nach Europa wieder in den Mittelpunkt des Diskurses. Generell ist man bestrebt die Abhängigkeit von Energieimporten aus einzelnen Ländern, in welchen zusätzlich zum Teil politisch instabile Verhältnisse bestehen, zu verringern. Die Biomasse kann insofern einen wichtigen Beitrag leisten, als sie speziell in Europa so gut wie flächendeckend verfügbar ist. Letztlich erhofft man sich durch die verstärkte Nutzung von Biomasse auch Wachstumschancen im Bereich der Land- und Forstwirtschaft und die Schaffung von Arbeitsplätzen (DBV, 2004). Ein besonderes Interesse besteht diesbezüglich bei Schwellen- und Entwicklungsländern, die durch die gesteigerte Nachfrage nach Biomasse aufgrund ihrer komparativen Wettbewerbsvorteile am Weltmarkt nationale Entwicklungschancen sehen (Lula da Silva, 2007).

### 2.3 Der Stellenwert von Bioenergie in Österreich

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die grundsätzlichen Motive für die energetische Nutzung von Biomasse erläutert wurden, soll in diesen Abschnitt genauer auf die Situation in Österreich eingegangen werden. Wie schon in Abbildung 2.2 dargestellt, nimmt die Biomasse in Österreich traditionell eine wichtige Stellung als Energieträger ein. Ein wesentlicher Grund dafür sind die günstigen Voraussetzungen zur Nutzung von Biomasse. Nach L. Kranzl (2008, S.171) werden die für Österreich charakteristischen Rahmenbedingungen der Biomassenutzung folgendermaßen zusammengefasst:

- Die Waldfläche Österreichs macht knapp 50% der gesamten Landesfläche aus. Damit zählt Österreich zu den am dichtesten bewaldeten Ländern Europas.
- Aufgrund des Waldreichtums ist der Anteil der mit Biomasse beheizten Wohneinheiten in Österreich traditionell hoch. Biomasseheizungen genießen hierzulande eine hohe soziale Akzeptanz und es besteht für derartige Technologien teilweise sogar eine erhöhte Zahlungsbereitschaft.
- Der Heizenergiebedarf ist im globalen Vergleich relativ hoch und die Potentiale zur Nutzung von Sonnenenergie sind eher moderat.
- Diese Rahmenbedingungen bildeten die Grundlage für eine forcierte Weiterentwicklung von Biomassetechnologien und die Etablierung der österreichischen Biomassekesselbranche, die mittlerweile auch am europäischen und globalen Markt erfolgreich tätig ist.
- Auch mit dem österreichischen Waldreichtum verbunden war das Entstehen bedeutender Holz verarbeitender Industrien (Säge-, Papier- und Plattenindustrie), die ihren Eigenenergiebedarf mit Biomasse decken. Daraus lässt sich der nicht unwesentliche Anteil der Biomasse an der industriellen Energieversorgung erklären.
- Im europäischen Vergleich hat Österreich mit seinem vergleichsweise hohen Anteil von Biomasse am gesamten Primärenergieverbrauch (13,9%, vgl. Abbildung 2.4) eine herausragende Stellung.

- Die inländischen Potentiale für die Erzeugung von Biokraftstoffen sind im internationalen Vergleich vergleichsweise gering und schon jetzt wird der Großteil der Rohstoffe zur Biokraftstoffproduktion importiert.
- Wie in anderen europäischen Regionen ist die Verfügbarkeit fossiler Ressourcen in Österreich sehr gering, was sich in einer Importabhängigkeit am Energiesektor äußert.



**Abbildung 2.4:** Anteil von Biomasse am gesamten Primärenergieverbrauch verschiedener europäischer Länder im Jahr 2008. *Quelle: eurostat, eigene Darstellung*

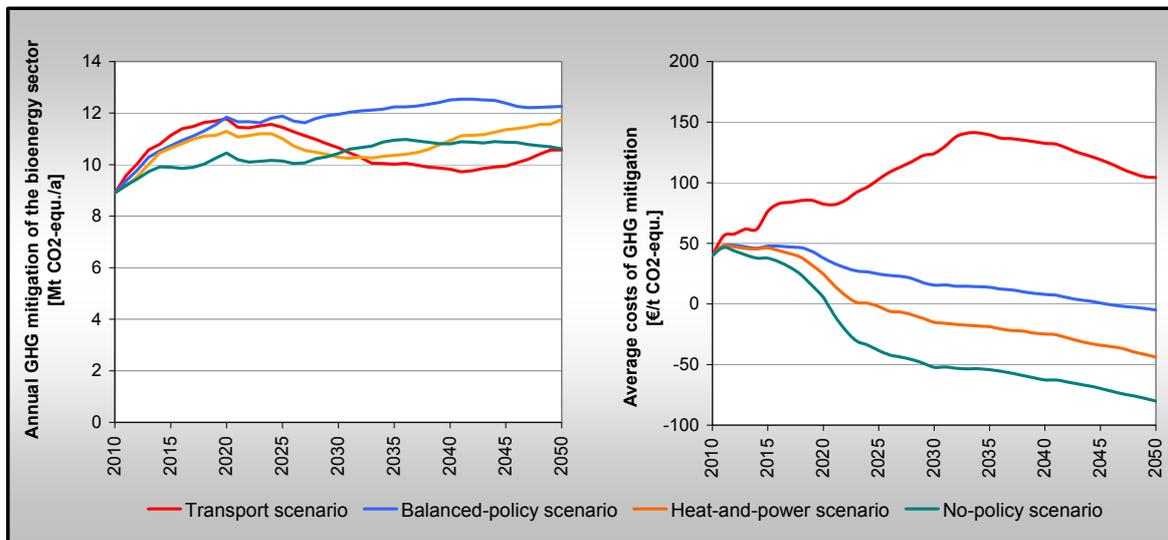
Um nun den Stellenwert von Bioenergie für Österreich festzustellen, soll ihr möglicher Beitrag zur Erreichung der THG<sup>6</sup>-Emissionsreduktionsziele, der realisierbare Anteil an der Primärenergieversorgung und die dadurch entstehenden Beschäftigungseffekte zusammengefasst werden.

Das Ziel des Klima- und Energiepaktes der Europäischen Union ist es, gegenüber dem Basisjahr 2005 bis zum Jahr 2020 eine Reduktion der THG-Emissionen von 20% zu erreichen. Diese Einsparungen betreffen nur die nicht unter das Emissionshandelssystem fallenden Sektoren wie dem Gebäude-, Verkehrs-, Landwirtschafts- und Abfallsektor. Für Österreich ist in diesem Zeitraum ohne Berücksichtigung des Emissionshandels eine Reduktion von 16% seiner THG-Emissionen vorgesehen. (vgl. Klimaschutzbericht 2010, S.7). Im Jahr 2005 wurden in den oben erwähnten Sektoren knapp 60 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente freigesetzt. Daraus folgt, dass bis zum Jahr 2020 die jährlichen THG-Emissionen 49,8 Mio. Tonnen nicht überschreiten

<sup>6</sup>Das Akronym THG wird in dieser Arbeit als Abkürzung für das Wort *Treibhausgas* verwendet.

dürfen. Berücksichtigt man die Wahrnehmung der Instrumente des Emissionshandels (Joint Implementation und Clean Development Mechanism), sowie die Bilanz aus Neubewaldung und Entwaldung, so ergibt sich laut M. Anderl (2010) für Österreich eine Zielabweichung von 6,9 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente für den durchschnittlichen festgelegten Wert der Emissionsreduktion in der Periode 2008 bis 2012.

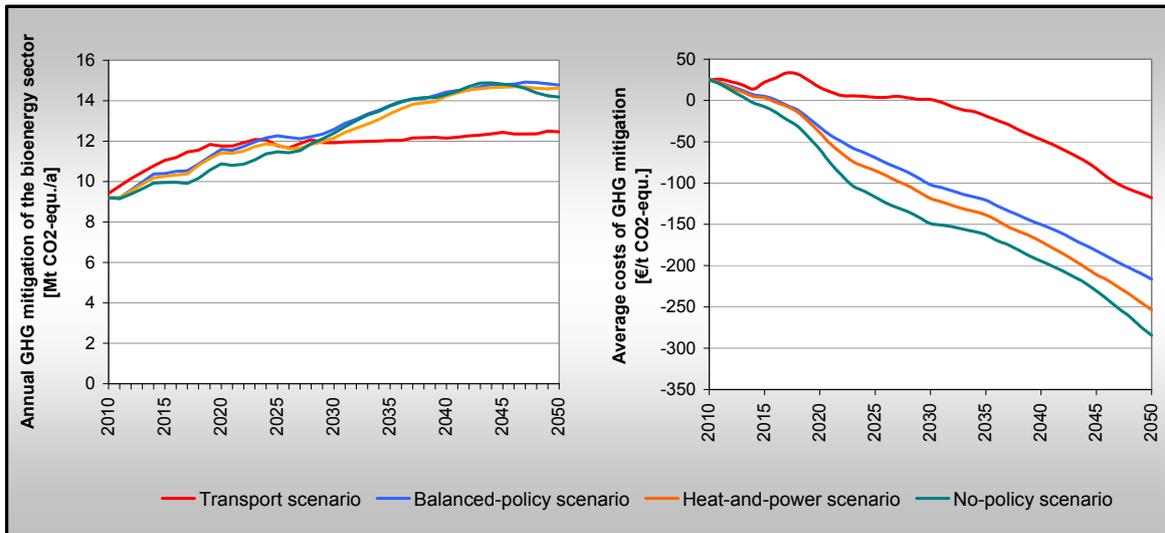
In Abbildung 2.5 und 2.6 sind die Simulationsergebnisse aus einer Studie der EEG<sup>7</sup> zur möglichen THG-Reduktion – und den damit verbundenen Kosten – unter Berücksichtigung verschiedener Förderpolitiken dargestellt.



**Abbildung 2.5:** Verschiedene simulierte Szenarien der möglichen Treibhausgas-Reduktion (links) durch eine verstärkte energetischen Nutzung von Biomasse und der durchschnittlichen Kosten dieser Reduktion (rechts). Die dargestellten Szenarien berücksichtigen unterschiedliche Förderpolitiken und gehen von einem starken Preisanstieg des Referenzsystems aus. *Quelle:* L. Kranzl (2008, S.XIV)

Die beiden Analysen sind jeweils für ein Niedrigpreis- (Abb. 2.5) und ein Hochpreisszenario (Abb. 2.6) des Referenzsystems zur Bereitstellung von Wärme, Strom und Kraftstoffen dargestellt. Demnach könnte in beiden Szenarien die Biomasse bis zum Jahr 2020 ungefähr mit 10 bis 12 Mio. Tonnen  $CO_2$ -Äquivalente zur Reduktion der THG-Emissionen beitragen. Unter der Annahme, dass das Emissionsziel erreicht wird, wäre das ein Beitrag von ungefähr 22% an den Gesamtemissionen in 2020. Die Steigerungsraten der möglichen Emissionsreduktion durch Biomasse liegen bis zum Jahr 2025 zwischen 1 und 2 Mio. Tonnen und machen daher zwischen 14,5 bis 29% der durchschnittlich geforderten Emissionsreduktion aus. In der Berechnungsmethode aus P. Biermayr (2009, S.40) geht hervor, dass wir im Jahr 2009, durch die sich momentan im Betrieb befindlichen Biomasseanlagen, schon eine  $CO_2$ -Einsparung von

<sup>7</sup>L. Kranzl (2008)

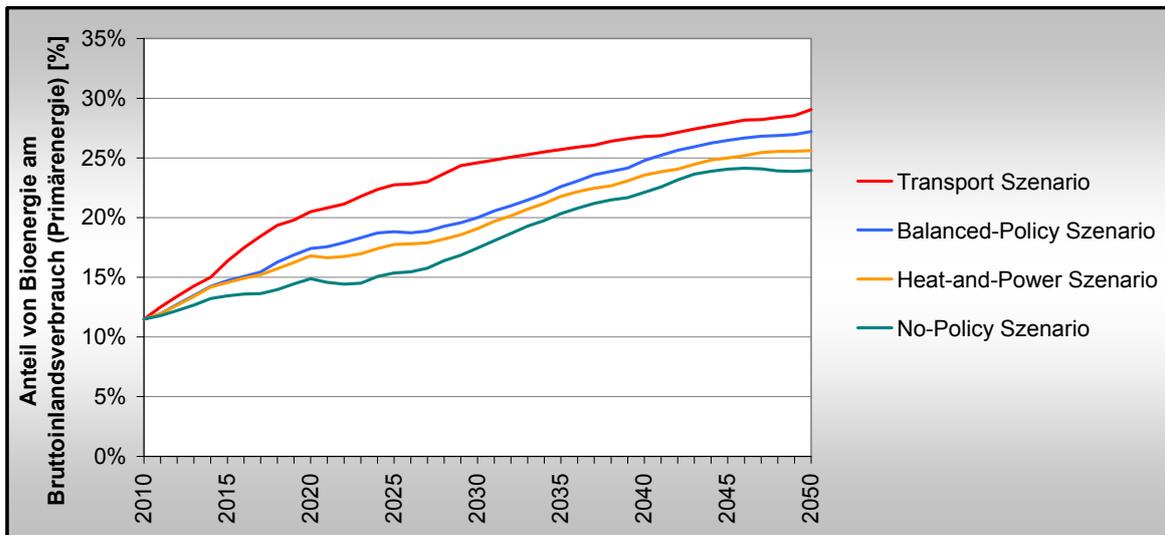


**Abbildung 2.6:** Verschiedene simulierte Szenarien der möglichen Treibhausgas-Reduktion (links) durch eine verstärkte energetische Nutzung von Biomasse und der durchschnittlichen Kosten dieser Reduktion (rechts). Die dargestellten Szenarien berücksichtigen unterschiedliche Förderpolitiken und gehen von einem moderaten Preisanstieg des Referenzsystems aus. *Quelle:* L. Kranzl (2008, S.XV)

knapp 14 Mio. Tonnen gegenüber einer Bereitstellung derselben Energie mit fossilen Energieträgern erreicht haben. Aus dieser Betrachtung geht hervor, dass die Biomasse in Österreich zum derzeitigen Zeitpunkt und auch zukünftig einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele liefert und auch noch liefern kann.

Um festzustellen, welchen Beitrag die Biomasse zur Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern leisten kann, ist in Abbildung 2.7 der mögliche Anteil der Biomasse am primärenergetischen Bruttoinlandsverbrauch dargestellt.

Man sieht, dass ausgehend von den schon erwähnten, im europäischen Durchschnitt hohen Anteil von 13,9% im Jahr 2010, eine Steigerung auf 24 bis 29% im Jahr 2050 möglich ist. Obgleich in diesem Falle der Großteil der Biokraftstoffe importiert werden müsste, besteht gegenüber fossilen Energieträgern der Vorteil, dass Biokraftstoffe aus vielen verschiedenen geografischen Regionen beziehbar sind und daher keine einseitige Abhängigkeit bestehen würde. Den Anteil an Biokraftstoffen stark zu steigern, ist nach den Empfehlungen der durchgeführten Simulation aber ohnehin nicht sinnvoll, da die möglichen THG-Einsparungen mit viel geringeren Kosten über die Förderung der Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse erreicht werden können (vgl. Abb. 2.5 und 2.6). Die Bereitstellung von fester Biomasse kann zu 100% aus den inländischen Ressourcen gewährleistet werden.



**Abbildung 2.7:** Anteil von Bioenergie am primärenergetischen Bruttoinlandsverbrauch in den simulierten 4 Hochpreis-Szenarien der Studie des EEG. *Quelle: L. Kranzl (2008, S.156)*

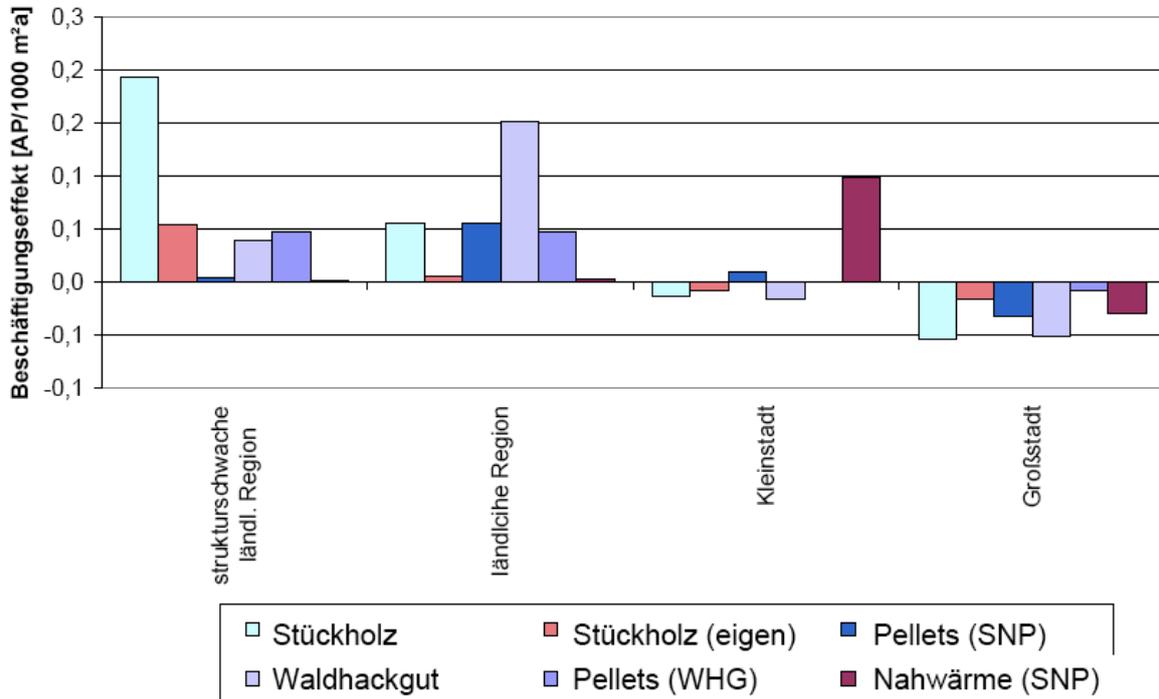
Die Untersuchung der Beschäftigungseffekte durch die forcierte Nutzung von Biomasse ergab nach Kranzl (2002), dass insgesamt positive Beschäftigungseffekte auftreten. Der stärkste Effekt ist durch die Nutzung von forstlicher Biomasse zu erreichen. Insbesondere profitieren strukturschwache, ländliche Regionen am meisten von einer derartigen Entwicklung. Zudem bewirkt eine verstärkte Biomassenutzung eine Verringerung der Einkommenskonzentration in den betrachteten Sektoren und wirkt sich somit positiv auf die Einkommensverteilung aus. Abbildung 2.8 zeigt die regionalen Beschäftigungseffekte verschiedener Formen von Biomasse.

Je nach zukünftiger Ölpreisentwicklung und der betriebenen Förderpolitik können nach Kranzl (2004) bis zum Jahr 2020 zwischen 4000 und 11000 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen und damit die heimische Wirtschaft gestärkt werden.

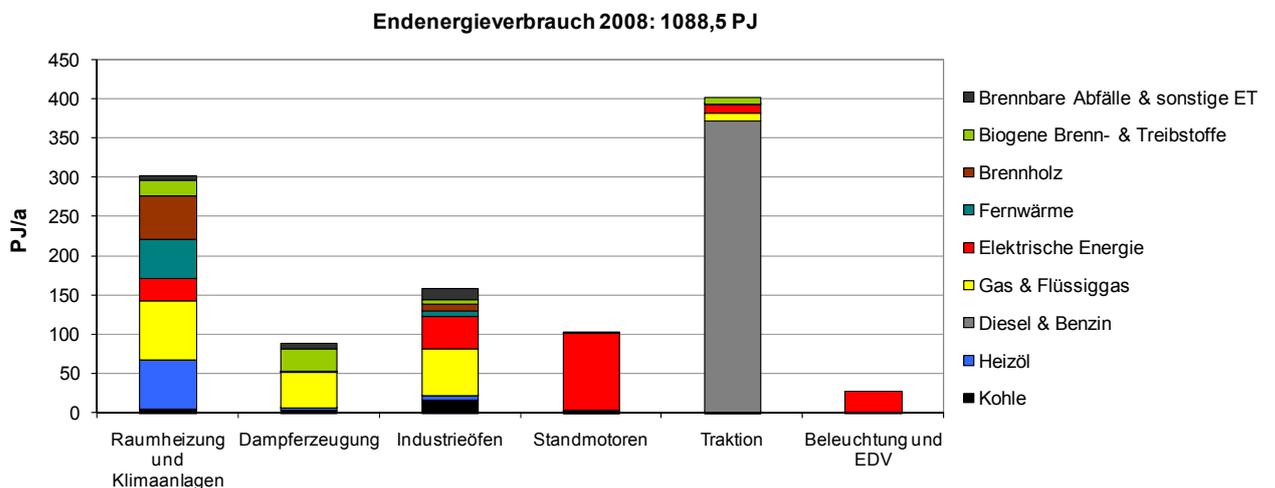
## 2.4 Die Nutzung von fester Biomasse zur Wärmebereitstellung

Nach einer generellen Einleitung in das Thema Bioenergie, der Diskussion der Motive warum sie als Energiequelle genutzt wird und den Arten durch die dies geschieht, soll nun auf den größten und bedeutendsten Anwendungsbereich, der Wärmeversorgung, eingegangen werden. In Abbildung 2.9 ist die Struktur des Endenergieverbrauchs Österreichs im Jahr 2008 nach Sektoren und Energieträgern dargestellt.

Es ist ersichtlich, dass biogene Energieträger hauptsächlich im Sektor Raumwärme und Kilmassanlagen eingesetzt werden. Dieser Sektor umfasst die Niedertemperaturanwendungen in Gebäuden, nicht aber die Warmwasseraufbereitung, welche dem Sektor Industrieöfen zuge-



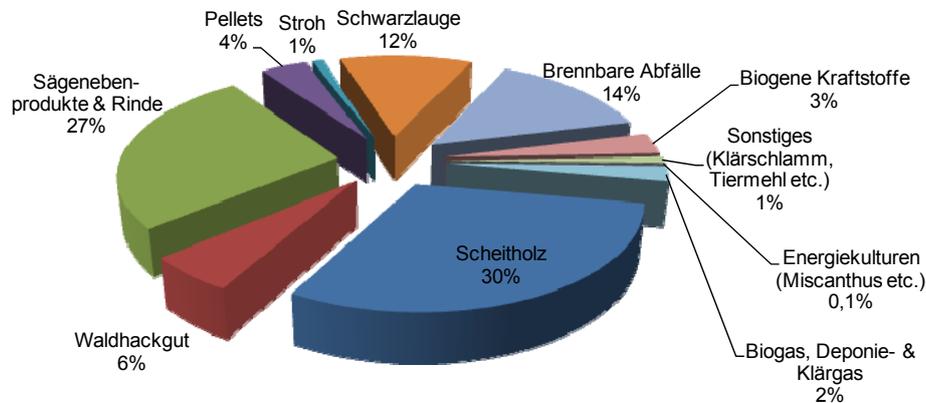
**Abbildung 2.8:** Regionale Beschäftigungseffekte durch die verstärkte energetische Nutzung verschiedener Formen von Biomasse. *Quelle: Kranzl (2004)*



**Abbildung 2.9:** Endenergieverbrauch in Österreich nach Energieträgern und Nutzungskategorien im Jahr 2008. *Quelle: EEG, L. Kranzl (2010, S.8), auf Basis von Statistik Austria*

ordnet ist. Der traditionell wichtigste biogene Energieträger zur Bereitstellung von Wärme ist Brennholz. Gerade in den letzten Jahren verzeichneten jedoch auch andere biogene Energieträger, vor allem Pellets und Hackgut, hohe Zuwachsraten. Die Zusammensetzung des gesamten

Biomasseaufkommens im Jahr 2007 ist in Abbildung 2.10 dargestellt.



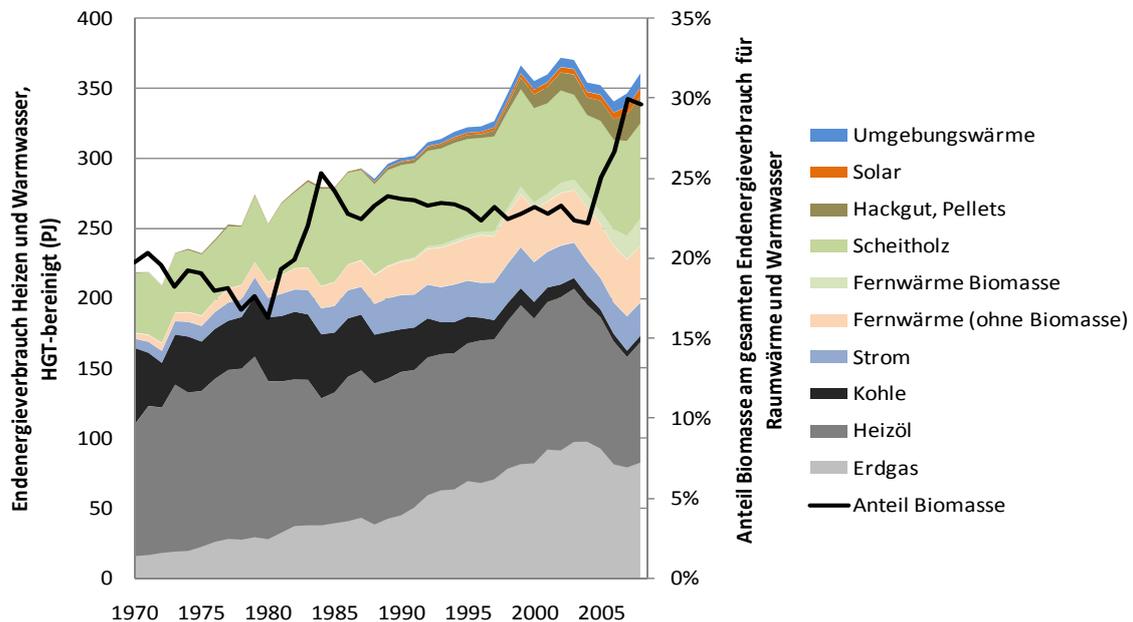
**Abbildung 2.10:** Zusammensetzung des Biomasseaufkommens (Bezugsjahr: 2007). *Quelle:* EEG, L. Kranzl (2010, S.7), auf Basis von Statistik Austria

Die forstlichen Ressourcen machen knapp 80% des gesamten Biomasseaufkommens aus und setzen sich aus den Fraktionen Scheitholz, Waldhackgut und den Nebenprodukten der Sägeindustrie, sowie Schwarzlaube, Pellets und andere kleine Rohstofffraktionen zusammen. Den Rest bilden organische Abfälle und Nebenprodukte, Energiepflanzen und Biokraftstoffe. Die feste Biomasse hat somit die bedeutendste Stellung innerhalb des Biomasseaufkommens und wird auch am meisten als Energiequelle zur Wärmebereitstellung genutzt. Vor allem im ländlichen Bereich nimmt feste Biomasse eine bedeutende Stelle als Rohstoff zur Energiegewinnung ein.

#### 2.4.1 Historische Entwicklung und vorhandene Potentiale

In Abbildung 2.11 ist der historische Verlauf des Endenergieverbrauchs für Räumwärme und Warmwasser dargestellt. Während um 1970 noch hauptsächlich Einzelöfen zum Einsatz kamen, vollzog sich im Laufe der Zeit ein Wechsel hin zu anderen Heizsystemen, wobei insbesondere im letzten Jahrzehnt die Zentralheizung zunehmend an Bedeutung gewonnen hat. Grundsätzlich lässt sich aus dem Verlauf des Endenergieverbrauchs ablesen, dass bis hin zum Jahr 2000 ein kontinuierlicher Anstieg zu beobachten war, wohingegen es im Jahr 2000 zu einer Kehrtwende beim Verbrauch gekommen ist. Nach L. Kranzl (2010) ist dies darauf zurückzuführen, dass thermische Sanierungsmaßnahmen und verschärfte energetische Vorschriften betreffend den Neubau von Gebäuden ihre Wirkung zeigten.

Im Jahr 1980 führte die *zweite Ölkrise* zu drastischen Preissteigerungen der Ölpreise, wodurch es zu einem starken Substitutionseffekt hin zu Biomassensystemen kam. In nur vier Jahren erhöhte sich der Anteil der Biomasse am Gesamtenergieverbrauch von 16 auf 25%. Gleichzeitig kam es zu einer erhöhten Marktdurchdringung von Zentralheizungskessel. Ein

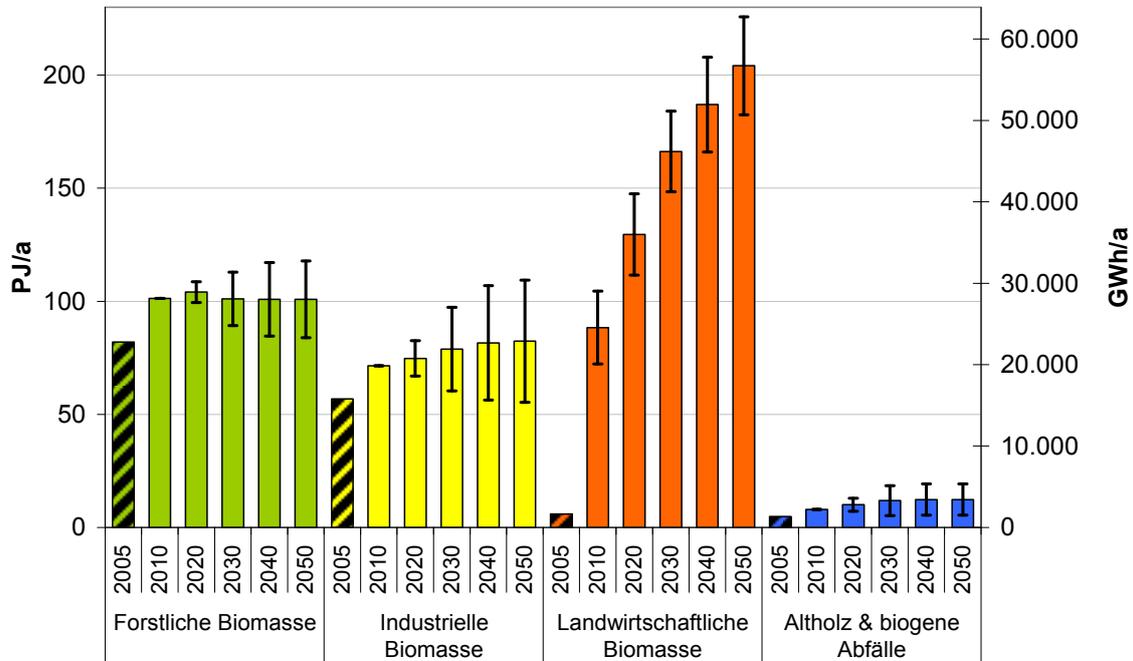


**Abbildung 2.11:** Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in Österreich nach Energieträgern von 1970-2008. *Quelle: EEG, L. Kranzl (2010, S.9), auf Basis von Statistik Austria*

ähnlich starker Anstieg des Biomasseanteils vollzog sich seit dem Jahr 2004 auf bis knapp 30%, der auf das Wachstum der nunmehr zur technischen Reife entwickelten Holzfeuerungen und deren aktiver Förderpolitik zurückgeführt werden kann.

In Abbildung 2.12 ist das nach L. Kranzl (2008, S.110) nachhaltig erschließbare Biomasse-Potential nach Energiequellen dargestellt. Das mögliche gesamte Potential beläuft sich je nach der zukünftigen Verwendung von Sägenebenprodukten und der Berücksichtigung von schlecht erschließbaren Waldflächen, bzw. derzeit ökonomisch nicht sinnvoll nutzbaren Rohstoffen auf 80 bis 120 PJ pro Jahr. Die wichtigste Erkenntnis ist, dass es einen beachtlichen Netto-Waldzuwachs gibt, der für eine energetische Nutzung noch erschlossen werden könnte. Das Potential zur Produktion von Pellets, welche aus Sägenebenprodukten hergestellt werden, wurde laut Kranzl (2002) auf 50% der derzeit stofflich genutzten Sägenebenprodukte geschätzt, wobei entsprechend dem angenommenen Wachstum der Sägeindustrie auch ein Wachstum von 0,7% pro Jahr unterstellt wurde. Unter der Bedingung, dass jedoch die energetische Holznutzung nicht auf Kosten der stofflichen Holznutzung geschehen soll, sind jedoch die inländischen Potentiale von forstlicher Biomasse und Schnittnebenprodukten jedoch sehr beschränkt. Ein deutlich steigerbares Potential bietet sich hinsichtlich der Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse, was jedoch eine Neuorientierung der Landwirtschaft in Richtung Brennstoff- und Energieerzeugung verlangen würde. In diesem Sinne wird nach L. Kranzl

(2008) ein Trend hinzu landwirtschaftlicher Rohstoffgewinnung zur energetischen Nutzung von Biomasse abgeleitet.



**Abbildung 2.12:** Nachhaltig nutzbare Biomasse-Potenziale in Österreich (2006), Primärenergie. Ergebnisse einer Potentialabschätzung aus: *Quelle: L. Kranzl (2008, S.110), Schadauer (2007)*

Die Ausnutzung des vorhandenen Biomasse-Potentials ist natürlich hinsichtlich einer ökologisch nachhaltigen Versorgung an gewisse Voraussetzungen gebunden, welche im folgenden Abschnitt für die forstliche Biomasse kurz zusammengefasst werden.

#### 2.4.2 Ökologische Anforderungen an eine nachhaltige Nutzung forstlicher Biomasse

In Österreich stellt die forstliche Biomasse momentan die wichtigste Ressource für Bioenergie dar. Um das noch vorhandene Potential nachhaltig erschließen zu können und die Erhaltung der Biodiversität zu gewährleisten, sind gewisse Richtlinien bezüglich der Entnahme von Biomasse aus den Wäldern zu beachten. In Hirschberger (2006) werden eine Reihe ökologischer Empfehlungen für verschiedene Nutzungsformen der forstlichen Biomasse abgegeben:

- Der Erhalt bzw. die Wiederaufnahme der Nieder- und Mittelwaldnutzung ist aus ökologischer Sicht erstrebenswert, weil dadurch die Biodiversität gefördert wird. Da mit dieser Nutzungsform jedoch ein erhöhter Nährstoffaustrag einhergeht, sollte sich die Nutzung auf Gebiete mit submontan-kollinen Laubwäldern beschränken.

- Der Biomassegewinn durch die Dickungspflege ist unrentabel. Jedoch ist sie notwendig, um die gewünschte Bestandesentwicklung zu gewährleisten. Bei der Dickungspflege ist darauf zu achten, dass Mischbaumarten, die bei der Verjüngung unterrepräsentiert sind, herauszupflegen und somit das Entstehen eines Mischbestandes sicherzustellen.
- Die Biomassegewinnung durch niederdurchforstungsartige Eingriffe sollte generell unterbleiben, da sie die strukturelle Vielfalt der Bestände und damit die Biodiversität beeinträchtigt.
- Die Nutzung von Durchforstungsrückständen und Zuwachs bildet ein beträchtliches Potential, das aber ein temporäres und kein nachhaltiges Potential darstellt. Dieser Art der Nutzung sollte im Sinne der Nachhaltigkeit immer den Aufbau stabiler, stufiger, strukturierter Waldbestände zum Ziel haben.
- Rücklass- oder Ganzbaumnutzung ist sowohl aus ökologischer, wie auch aus wirtschaftlicher Sicht problematisch. Aufgrund des hohen Anteils an Nährstoffen in Nadeln und Ästen, kann es bei einer verstärkten Nutzung auf nährstoffarmen Standorten zu einer Bodendegradation kommen. Von einer Düngung ist abzuraten, da sie zu einer Verschiebung des Artenspektrums und Artenverarmung führt.
- Beim Einsatz neuer Erntemethoden ist darauf zu achten, dass der Waldboden nicht von schweren Maschinen befahren wird und ein angepasstes dauerhaftes Feinerschließungssystem angelegt wird. Bei bisher unerschlossenen Waldgebieten sollte eine Kosten-Nutzen-Abwägung unter Berücksichtigung des ökologischen Wertes dieser Gebiete durchgeführt werden.
- Totholz ist ein Schlüsselement zur Erhaltung der biologischen Vielfalt im Wald und stellt den Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen dar und hat daher einen hohen ökologischen Wert. Es ist auf einen in Menge und Qualität ausreichenden Bestand an Biotopbäumen und Totholz zu achten.
- Vorwälder aus schnellwachsenden Pionierbaumarten fördern die Biodiversität und können bereits im jungen Bestandesalter genutzt werden. Derzeit wird diese Form des Anbaus noch kaum eingesetzt, sollte aber unter Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Aspekte geprüft werden.
- Aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels ist eine nachhaltige Bewirtschaftung von Fichtenwäldern in unseren Breitengraden weitestgehend ausgeschlossen. Ein Umbau von sekundären Nadelwäldern hinzu naturnahen Mischwäldern ist sinnvoll und eine verstärkte Nutzung daher sogar erwünscht.
- Das anfallende Schnittgut bei der Pflege von Waldrändern könnte als Biomasse vermarktet werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass keine kostengünstige maschinelle Begradigung stattfindet und die Übergangszone zwischen Wald und Freiland nicht beschädigt wird.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass unter der Einhaltung dieser Rahmenbedingungen, die verstärkte Biomassenutzung und die Erhaltung der Biodiversität im österreichischen Wald nicht in Widerspruch zueinander stehen müssen.

### 2.4.3 Brennstoffherstellung und Bereitstellungskette von Holzpellets

Der Brennstoff einer Feuerungsanlage spielt bei der Kaufentscheidung für ein Verbrennungs-Heizsystem eine maßgebliche Rolle. Insofern hat er einen direkten Einfluss auf die Nachfrage nach einer bestimmten Technologie. Die ausschlaggebenden Eigenschaften eines Brennstoffs sind der Preis, die Qualität und seine Verfügbarkeit. Die Preisbildung erfolgt durch die Wechselwirkung zwischen Angebot und Nachfrage am Markt. Seine Qualität bestimmt sich durch eine Reihe chemisch-stofflicher und physikalisch-mechanischer Eigenschaften, wobei in der Regel verschiedene Normen zur Beschreibung einer bestimmten Qualität existieren. Die Verfügbarkeit eines Brennstoffs wird durch das Bestehen einer Bereitstellungskette gewährleistet. Ist der Rohstoff für einen Brennstoff Biomasse, so spricht man in Anlehnung an andere Bereiche unserer Volkswirtschaft auch von *Biomasselogistik*. Sie hat nach der Definition von M. Kaltschmitt (2009, S.171) die Aufgabe, das richtige Produkt, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, mit der richtigen Menge, Qualität und Preis zur Verfügung zu stellen. Als Nebenbedingung ist die logistische Kette so zu gestalten, dass eine kostenminimale und kundenorientierte Bereitstellung gewährleistet ist. Beim Entstehen neuer Märkte ist diese Nebenbedingung in den meisten Fällen nicht von Anfang an zu erfüllen. Gerade in schnell wachsenden Märkten wie der Pelletbranche müssen erst Synergieeffekte genutzt werden und das Angebot durch die Erhöhung der Produktionskapazität stetig erweitert werden. Das Ziel ist die Steuerung systemübergreifender Prozesse und die Weiterentwicklung von Schnittstellen zu sprichwörtlichen *Nahtstellen*. Diese Vernetzung verhindert die Duplizierung logistischer Aktivitäten, sorgt dafür dass die Transporteinheiten besser ausgenutzt werden und der Umschlagsaufwand auf ein Minimum reduziert werden kann (vgl. M. Kaltschmitt (2009, S.171ff)).

Wie in Abbildung 2.1 schon gezeigt wurde, bestehen die Bereitstellungsketten speziell für feste Biomasse grundsätzlich aus den Arbeitsschritten Ernte, bzw. der Verfügbarmachung des Rohstoffs, der Bereitstellung des Rohstoffs durch die Aufbereitung (z.B. Pressen, Trocken, Anfeuchten, Vermischen), den Transport und die Lagerung/Trocknung, sowie der Umwandlung des Rohstoffs in Sekundär- bzw. Endenergie. Je nach Rohstoff und gewünschter Endenergie können die Bereitstellungsketten sehr unterschiedlich ausgestaltet sein. Während bei der Aufbereitung im Wesentlichen nur die physikalischen Eigenschaften verändert werden, erfolgt definitionsgemäß bei der Umwandlung des Produktes eine Veränderung der chemischen Eigenschaften des Brennstoffs. Im Falle von Holzpellets werden im Verfahrensschritt der Pelletierung, bzw. Brikettierung nur die physikalischen Eigenschaften des Brennstoffes verändert, welcher dann als fertiger Brennstoff zur Verfügung steht. Holzpellets stellen einen veredelten Holzbrennstoff dar, der größtenteils aus getrockneten Sägespänen als Nebenprodukt der Säge-

**Tabelle 2.1:** Wichtigste Bestimmungsgrößen der ÖNORM M 7135. *Quelle: www.propellets.at, abgerufen am 20.12.2010*

Eigenschaft	Kenngröße
Durchmesser	6 mm
Länge	5 bis 30 mm (20% bis 45 mm)
Oberfläche	glatt
Dichte	min. 1,12 kg/dm <sup>3</sup>
Schüttgewicht	min. 650 kg/m <sup>3</sup>
Energieinhalt	min 4,6 kWh/kg
Wassergehalt	max. 10%
Aschenanteil	max. 0,5%
Staubanteil (vor dem Transport)	max. 1%
Bindemittel	verboten
Verunreinigungen	keine

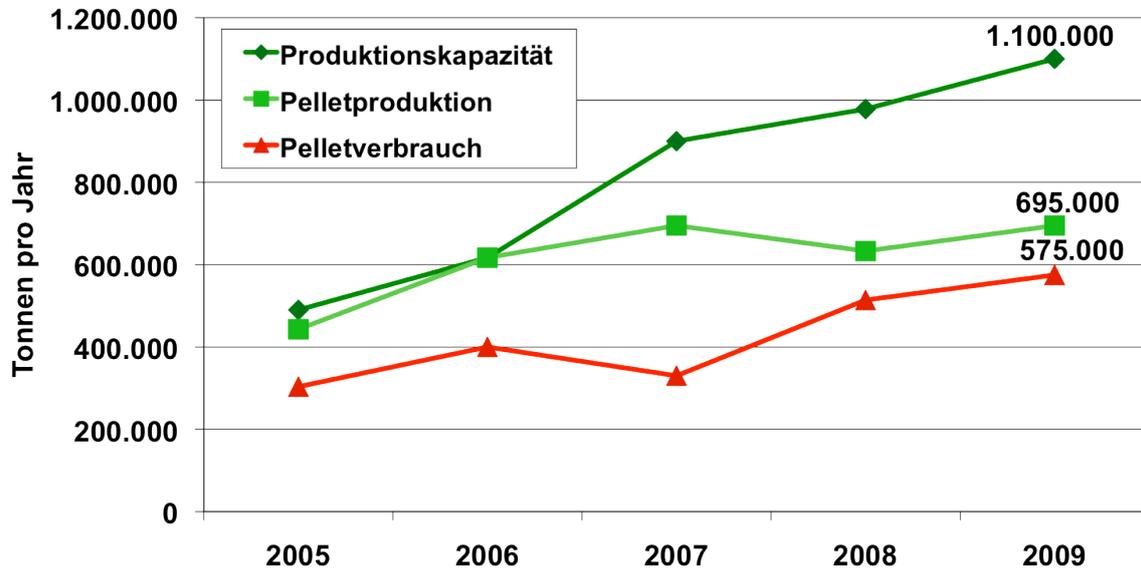
industrie hergestellt wird. Als Rohstoff kann neben Resthölzern aber auch Holz aus dem Wald, Rinde und gegebenenfalls auch Altholz eingesetzt werden. Die Qualität und die Eigenschaften des verwendeten Rohstoffes – insbesondere die Verunreinigungen und der Wassergehalt – beeinflussen jedoch maßgeblich das Endprodukt. In Österreich wird die Qualität von sogenannten *Premium Pellets*, welche für den Einsatz im Haushaltsbereich geeignet sind, durch die ÖNORM M 7135 geregelt. Die wichtigsten Bestimmungsgrößen dieser Norm sind in Tabelle 2.1 zusammengefasst. Im Frühjahr 2011 wird in Österreich die ÖNORM M 7135 durch das Qualitätszertifikat *EN plus*<sup>8</sup> abgelöst. Dieses Zertifikat sichert die Qualität der gesamten Bereitstellungskette bis zum Kunden und dient zukünftig als Kennzeichnung von *Premiumpellets*. Das Zertifikat wurde gemeinsam von proPellets Austria und dem Deutschen Energieholz- und Pellet-Verband entwickelt und basiert auf der neuen europäischen Norm Norm EN 14961-2<sup>9</sup>.

Da auch bei Sekundärverarbeitern von Nutzholz (z.B. Schreinereien, Holzbaufirmen, Fenster- und Parkettherstellern) vielfach bereits getrocknetes und fein zerkleinertes Holz als Nebenprodukt anfällt, entstanden zusätzliche Produktionskapazitäten. Insbesondere Österreich hat durch die Stärke seiner holzverarbeitenden Industrie ausreichende Pelletierkapazitäten. In Abbildung 2.13 ist die inländische Produktion von Pellets, der Verbrauch, sowie die Produktionskapazität aufgetragen. Die Produktionskapazität wurde nach einem Produktionsengpass im Jahr 2006 kontinuierlich aufgebaut und übersteigt im Jahr 2009 den Inlandsverbrauch um 91,3%. Laut dem Verein proPellets Österreich erzielte Österreich in 2009 einen Nettoexport von 124.000 Tonnen (vgl. [www.propellets.at](http://www.propellets.at), abgerufen am 20.12.2010). Die zugehörige

<sup>8</sup>vgl. DEPI (2010)

<sup>9</sup>vgl. [www.propellets.at](http://www.propellets.at), Artikel: EN plus: Neuer Qualitätsstandard für Pellets, abgerufen am 20.12.2010.

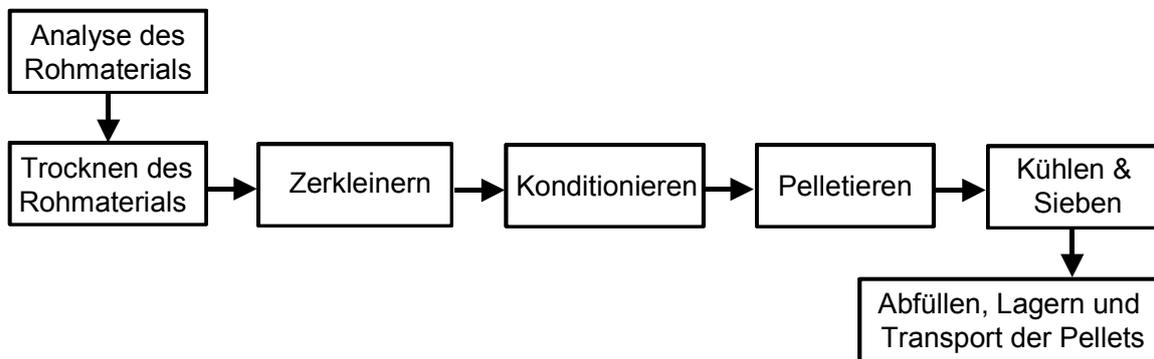
Pellets-Preisentwicklung ist in Abbildung 3.4 ersichtlich.



**Abbildung 2.13:** Pelletsverbrauch, -produktion und -produktionskapazität im Österreich bis 2009. *Quelle: www.propellets.at, abgerufen am 20.12.2010*

Die eigentliche Herstellung von Pellets erfolgt durch die Pelletierung, bzw. Brikettierung. Zum Pressen werden in Europa vorwiegend Kollergangpressen mit Ring- oder Flachmatrizen, und Zahnradpressen verwendet (siehe M. Kaltschmitt (2009, S.267ff)). Die Qualitätsmerkmale der Presslinge (wie z.B. Rohdichte, Schüttdichte, oder Abriebfestigkeit) hängen zu einem großen Teil von der Art der Rohmaterialverdichtung in der Presse ab. Die Presskanalgeometrie und die Verweilzeit der Biomasse in der Presse müssen optimal auf das Rohmaterial abgestimmt sein, um eine gute Pelletsqualität zu erhalten. Von großer Wichtigkeit ist auch die Zugabe von Pelletierhilfsmitteln, welche beispielsweise den richtigen Wassergehalt gewährleisten, oder die Abriebfestigkeit der Pellets verbessern. In Abbildung 2.14 sind die einzelnen Arbeitsschritte der Pelletierung dargestellt.

In einem ersten Schritt muss festgestellt werden, ob der Rohstoff möglichst homogen ist und in Abstimmung mit den Qualitätsanforderungen an das herzustellende Produkt – je nach Verwendungszweck sind die Qualitätsanforderungen an die Pellets unterschiedlich – sind. Es ist sicherzustellen, dass keine Verunreinigungen im Rohstoff vorhanden sind, welche die Grenzwerte der zu garantierenden Norm überschreiten könnten und der Wassergehalt, die Stückigkeit und die Faserstruktur des Rohmaterials müssen auf das Pressverfahren abgestimmt sein. In den meisten Fällen wird durch den Abschluss entsprechender Biomasselieferverträge schon eine gewisse Rohstoffqualität seitens der Lieferanten garantiert. Saisonale und witterungsbedingte Schwankungen des Wassergehaltes lassen sich aber in der Regel nicht vermeiden. Je nach Höhe des Wassergehaltes muss das Rohmaterial anschließend getrocknet werden. Die



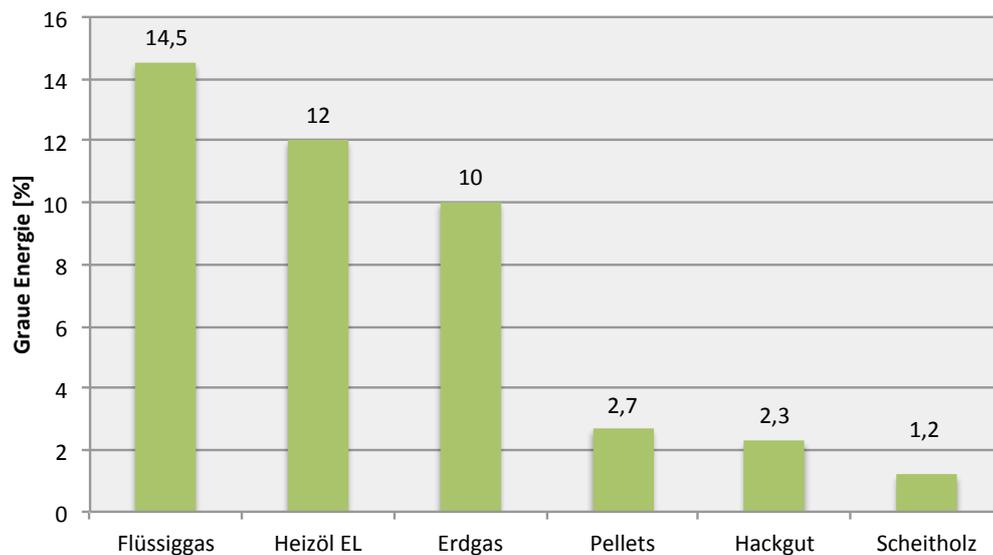
**Abbildung 2.14:** Prozesskette und Arbeitsschritte beim Pelletieren. *Quelle: M. Kaltschmitt (2009, S.268)*

Trocknung stellt einen energieintensiven Arbeitsschritt dar und sollte daher möglichst umgangen, bzw. eine eventuell vorhandene (Prozess-)Abwärme genutzt werden. In der anschließenden Zerkleinerung des Rohstoffes werden gleichzeitig eventuelle Verunreinigungen (z.B. Steine, Metallteile, etc..) entfernt und das Material auf eine fixe Korngröße gebracht. Eine feine Aufmahlung bewirkt eine Vergrößerung der spezifischen Oberfläche, wodurch das im Holz enthaltene natürliche Bindemittel Lignin besser aufgespalten wird. Bei der Konditionierung wird der Wassergehalt der zerkleinerten Biomasse festgestellt und durch Einsprühen von Heißdampf der optimale Wassergehalt erzielt. Dies fördert die Aktivierung der Bindungseigenschaften durch die Erweichung des im Holz enthaltenen Lignin, was die Festigkeit des Materials verbessert. Zusätzlich kann durch die gezielte Zugabe von Zusatzstoffen noch zusätzlich die Bindungsfestigkeit der Späne erhöht werden. Nach einer kurzen Wartezeit von nicht mehr als 10 bis 20 Minuten im sogenannten *Reifebunker* wird die Biomasse mit hohem Druck durch eine Matrize gepresst. Je nach gewünschter Form und Anwendungszweck kommen unterschiedliche Matrizen und Technologien zum Einsatz. Wie schon zuvor erwähnt, wird am öftesten die Kollergangpresse eingesetzt. Die durch das Pressen bis auf 130°C aufgeheizten Presslinge müssen unmittelbar nach dem Pressen auf 25°C abgekühlt werden, um eine rasche Aushärtung zu erzielen. In einem letzten Schritt werden nun die fertigen Pellets mittels einer Abfüllanlage entweder in Säcke verschiedener Größen abgepackt, oder direkt als lose Ware ausgeliefert.

Abschließend sollen noch kurz einige Betrachtungen zur Energiebilanz von Holzpellets angestellt werden. Der Anteil an grauer Energie<sup>10</sup> von Pellets ist in Abbildung 2.15 im Vergleich zu anderen Brennstoffen dargestellt. Wie man sieht, ist die graue Energie bei biogenen Energieträgern deutlich geringer als bei fossilen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu erwähnen, dass diese Analyse unter Annahme einer bestimmten Pelletsqualität durchgeführt wurde. Wie

<sup>10</sup>Als *graue Energie* eines Brennstoffs wird der Anteil des Energieaufwands zur Gewinnung, Umwandlung und Auslieferung des Brennstoffs, im Vergleich zu seiner enthaltenen Endenergie verstanden.

schon erwähnt kann der Wassergehalt im Rohstoff deutliche Schwankungen aufweisen. Die dadurch notwendige Trocknung ist sehr energieintensiv und kann den Anteil grauer Energie bis auf 14,4% ansteigen lassen (vgl. P. Hasler (2001, S.55)). Des Weiteren wirken sich weite Transportwege negativ auf die Energiebilanz von Pellets aus, insbesondere wenn der Transport mit dieselbetriebenen Lastkraftwagen durchgeführt wird. Daraus folgt, dass die Pellets regional genutzt werden sollten, um eine gute Energiebilanz zu erzielen und wenn möglich der Rohstoff schon in getrockneter Form, z.B. als Nebenprodukt der Sägeindustrie, bezogen wird.



**Abbildung 2.15:** Anteil grauer Energie verschiedener Brennstoffe. *Quelle: Bergmair (1996), eigene Darstellung*

## Kapitel 3

# Die österreichische Pelletheizungsbranche

### 3.1 Marktentwicklung und Treiber

Seit Ende der Neunzigerjahre erfreuen sich Pelletheizungen steigender Beliebtheit und die Branche erlebte ein beachtliches Wachstum (siehe Abb. 3.3). Die etablierten Heizungsbauer vertreiben seit den frühen Sechzigerjahren Biomasseheizkessel, entwickeln ihre Produkte kontinuierlich weiter und vergrößern ihr Produktportfolio. In Österreich ist die Marktdurchdringung von Pelletkesseln im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hoch und österreichische Heizkesselhersteller sind mittlerweile nicht nur anerkannter Technologieführer, sondern halten in den bedeutenden Wachstumsmärkten Europas eine marktbeherrschende Stellung und befinden sich auf den Vormarsch in den aufkommenden Markt der USA<sup>1</sup>. In Deutschland sind österreichische Heizkesselhersteller mit einem Marktanteil von 69% (H. Hartmann, 2010, S.19) vertreten.

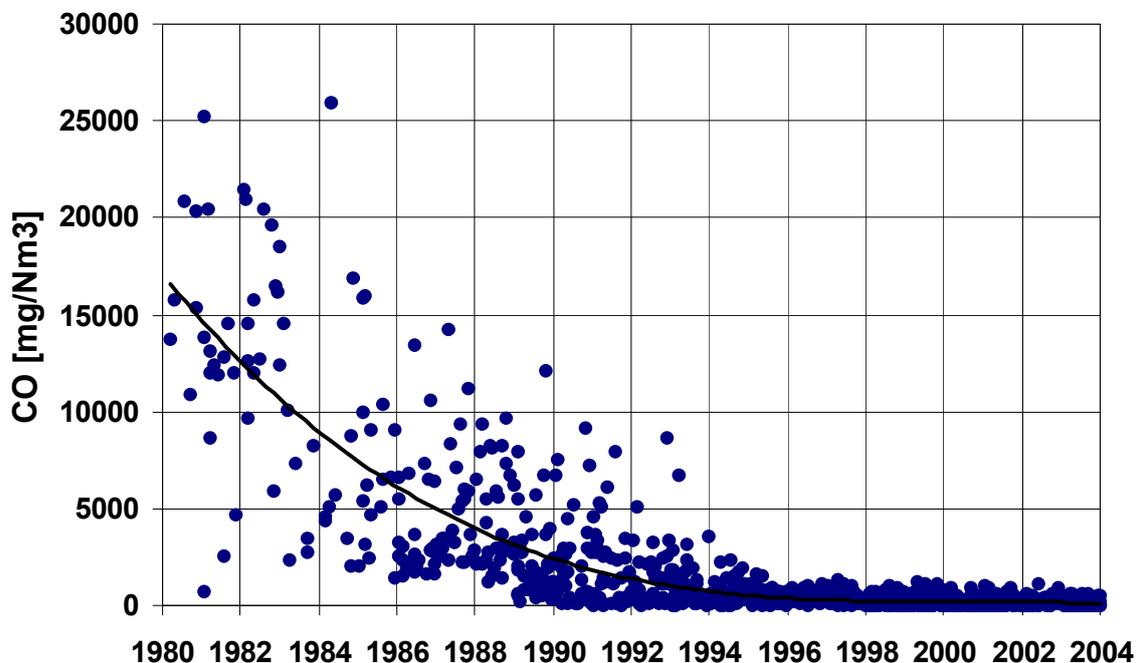
Die Gründe für die Vorreiterrolle Österreichs waren laut dem Verein proPellets Österreich (Rakos, 2009b) neben der Innovationskraft der österreichischen Pioniere, die bestehenden günstigen Rahmenbedingungen zur Entwicklung eines Marktes. In Österreich wurde schon vor mehr als 20 Jahren durch die Bundesanstalt für Landtechnik in Wieselburg<sup>2</sup> gesetzlich verpflichtende Typenprüfungen an Heizkesseln durchgeführt und anschließend die Prüfberichte veröffentlicht. Die Heizkesselhersteller standen durch die Veröffentlichung der Typenprüfungsergebnisse in einem starken Qualitätswettbewerb, wodurch ein verstärkter Aufwand in der Produktforschung betrieben wurde. Zusätzlich wurde die Entwicklungsarbeit schon in seiner Anfangszeit gezielt durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

---

<sup>1</sup>Statements in der Presseinformation im Vorfeld zur Podiumsdiskussion zum Thema *Pellets - die österreichische Energielösung* von anerkannten österreichischen Experten aus Industrie und Wissenschaft, (ProPellets, 2005)

<sup>2</sup>blt.josephinum.at

(BMVIT) und dem Forschungsförderungsfond (FFF) unterstützt. In diesem Umfeld schafften es die österreichischen Hersteller die bis dahin als wartungsintensiv und umweltunfreundlich geltenden (Universal-)Holzheizungen zur technischen Reife zu entwickeln. Moderne Holzheizungen sind im Komfort und der Handhabung mit heutigen Ölheizsystemen vergleichbar<sup>3</sup>. In Abbildung 3.1 ist die durch die Typenprüfung in Österreich protokollierte Entwicklung der Emissionsminderung bei Holzheizungen dargestellt. Im gleichem Zug konnten die Wirkungsgrade der Holzheizungen wie in Abbildung 3.2 veranschaulicht, auf knapp über 90% gesteigert werden. Der aktuelle Stand der Technik ist die Anwendung der Brennwerttechnologie (siehe späteren Abschnitt) in Pelletsheizungen, wodurch Wirkungsgrade von zum Teil knapp über 100% erreicht werden können.

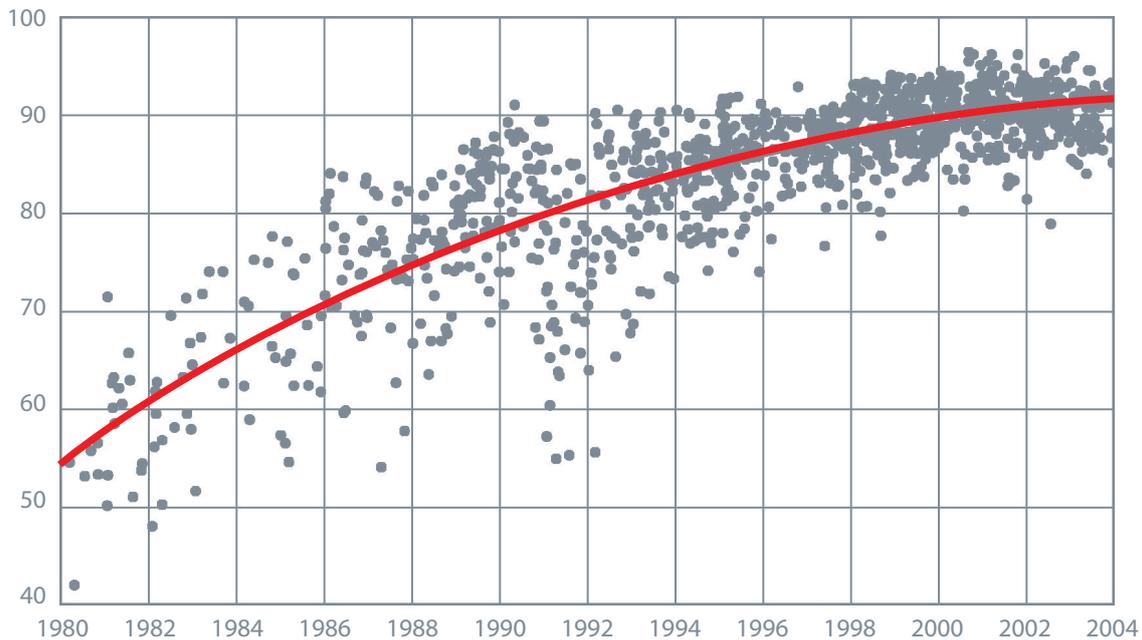


**Abbildung 3.1:** Entwicklung der Kohlenstoffmonoxid-Emissionen von typengeprüften Holzheizungen in Österreich. *Quelle: Lasselsberger (2002)*

Die erzielten Erfolge dieser Entwicklungsarbeit führten im Jahr 2003 zu der Gründung der Austrian Bioenergy Center GmbH (ABC)<sup>4</sup>. Als Gesellschafter dieser Einrichtung traten sowohl die Republik Österreich (vertreten durch die BLT Wieselburg), die TU Graz, die TU Wien und andere österreichische Forschungseinrichtungen auf. Insgesamt wurde ein Budget von 13 Mio.€ für die weitere Forschung zur Verfügung gestellt. Die Aufgaben der Gesellschaft umfassten die Durchführung von Grundlagenforschung, industrieller Forschung und vorwettbewerblicher Entwicklung. Es sollte die Zusammenarbeit zwischen den Firmen gefördert und die

<sup>3</sup>vgl. Schauer (2005)

<sup>4</sup><http://www.abc-energy.at/>, abgerufen am 21.12.2010



**Abbildung 3.2:** Entwicklung der Wirkungsgrade von typengeprüften Holzheizungen in Österreich. *Quelle: Lasselsberger (2002)*

Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft vertieft werden<sup>5</sup>. Im Jahr 2006 kam es im Rahmen des Forschungsförderungsprogramms COMET<sup>6</sup> zum Zusammenschluss des Austrian Bioenergy Centers mit dem K-net-Netzwerk RENET Austria zum K1-Zentrum *BIOENERGY 2020+*. Das Ziel dieser Forschungseinrichtung ist die Einrichtung eines Kompetenzzentrums und die gezielte Forschung, Entwicklung und Demonstration im Sektor *Energetische Nutzung von Biomasse*<sup>7</sup>.

Neben der intensiven Förderung von anwendungsnahe Forschung wurde das Wachstum von Pelletkesseln auch maßgeblich durch direkte Förderungen, früher im Rahmen der Wohnbauförderung, heute durch direkte Förderungen auf Bundes-, sowie Länderebene, vorangetrieben<sup>8</sup>. Da in Österreich durch die holzverarbeitende Industrie – welche nach Nutzungsmöglichkeiten für deren Nebenprodukte suchte – und das Betreiben von Biomasse-Fernwärmeanlagen schon langfristige Erfahrungen mit der Nutzung von Biomasse gemacht wurden, besteht eine hohe soziale Akzeptanz bezüglich der Nutzung von erneuerbaren Energiequellen. Als Folge dieser Markttreiber konnte so in Österreich ein Nischenmarkt entstehen, der den inländischen Heizkesselproduzenten die Möglichkeit bot zu wachsen und ihre Produkte kontinuierlich weiterzuentwickeln. Durch die Bildung einer starken Interessensvertretung, welche sich mittlerweile

<sup>5</sup><http://blt.josephinum.at/index.php?id=645>, abgerufen am 21.12.2010

<sup>6</sup><http://www.ffg.at/program/comet-competence-centers-excellent-technologies>, abgerufen am 21.12.2010

<sup>7</sup><http://www.bioenergy2020.eu/content/unternehmen/leitbild>, abgerufen am 24.12.2010

<sup>8</sup>Eine Auflistung aktueller Förderungen nach Bundesländer geordnet findet sich unter [www.propellets.at](http://www.propellets.at)

auf europäischer Ebene organisiert hat<sup>9</sup>, konnte eine Vielzahl von wachstumshemmenden Faktoren beseitigt werden. So wurde beispielsweise mit der gemeinsamen Entwicklung des neuen Qualitätsstandards *ENplus*<sup>10</sup> ein neues Zertifizierungssystem für die gesamte Bereitstellungskette der Pellets Herstellung geschaffen, welches europaweit eingeführt wird. Dieses Zertifikat soll einen hohen Qualitätsstandard gewährleisten und Vertrauen seitens der Konsumenten schaffen.

In Abbildung 3.3 ist die Entwicklung der jährlichen Installationen von Pelletkesseln in Österreich im Zeitraum von 1997 bis 2009 aufgetragen. Zusätzlich ist noch der Ölpreis der Marke *UK Brent* in Dollar pro Barrel eingezeichnet. Abgesehen vom Jahr 2007 ist ein klarer Zusammenhang zwischen dem Ölpreis und den Neuinstallationen von Pelletheizungen festzustellen. Aus dieser Beobachtung geht hervor, dass die Brennstoffkosten – vor allem die Erwartung der Kunden über deren zukünftigen Verlauf – eine wichtige Entscheidungsgrundlage für den Kauf eines Heizsystems darstellen. Um einen Vergleich bezüglich der Brennstoffkosten von Holzpellets zu haben ist in Abbildung 3.4 die Brennstoffkostenentwicklung von Pellets und Rohöl aufgetragen. Der Preis von Holzpellets ist im Zeitraum von 2000 bis 2006 nominal sogar leicht gefallen ist, während hingegen der Heizölpreis, entsprechend dem Anstieg des Ölpreises, sich fast verdoppelte. Im Jahr 2007 kam es zu einem vergleichsweise starken Anstieg der Pelletspreise, während hingegen der Heizölpreis sogar zurückging. Laut der Meinung von Ing. Dr. Georg Patay, dem damaligen Leiter der Marketingabteilung von Vaillant Austria GmbH, wird in einem Artikel über die Situation der Heizungsbranche im Jahr 2007 (AT2007-Heizungsbranche) der Rückgang der Nachfrage hauptsächlich auf die starke Verunsicherung der Konsumenten über die zukünftige Energiepreisentwicklung, als auch über die Verfügbarkeit von Brennstoffen, zurückgeführt. Die ausbleibenden russischen Erdgaslieferungen in 2006 hätten in Österreich zusätzlich eine Verfügbarkeitsdiskussion ausgelöst und zu einer allgemeinen Zurückhaltung bei anstehenden Heizungssanierungen geführt. Der starke Preisanstieg von Pellets ist laut einem Artikel<sup>11</sup> von *proPellets Austria* auf das hohe Wachstum des Marktes – und somit auch der Nachfrage nach Pellets seit 2000, sowie einem überdurchschnittlich kalten Winter in 2005/2006 zurückzuführen. Aus diesem Grund kam es trotz Ausbau der Produktionskapazität von Holzpellets zu einer Unterversorgung des heimischen Marktes, da auch die Märkte Deutschland und Italien ein starkes Wachstum erlebten. Durch die rückgehende Nachfrage fielen die Pelletspreise jedoch im Jahr 2007 wieder auf ihr ursprüngliches Niveau und die Nachfrage überstieg 2008, insbesondere durch den starken Ölpreisanstieg, das Niveau von 2006. Als Folge der Wirtschaftskrise kam es 2009 dann zu einem Einbruch des Ölpreises, zu einer Erhöhung der Kreditzinsen und somit zu einem Einbruch der Nachfrage. Zusätzlich

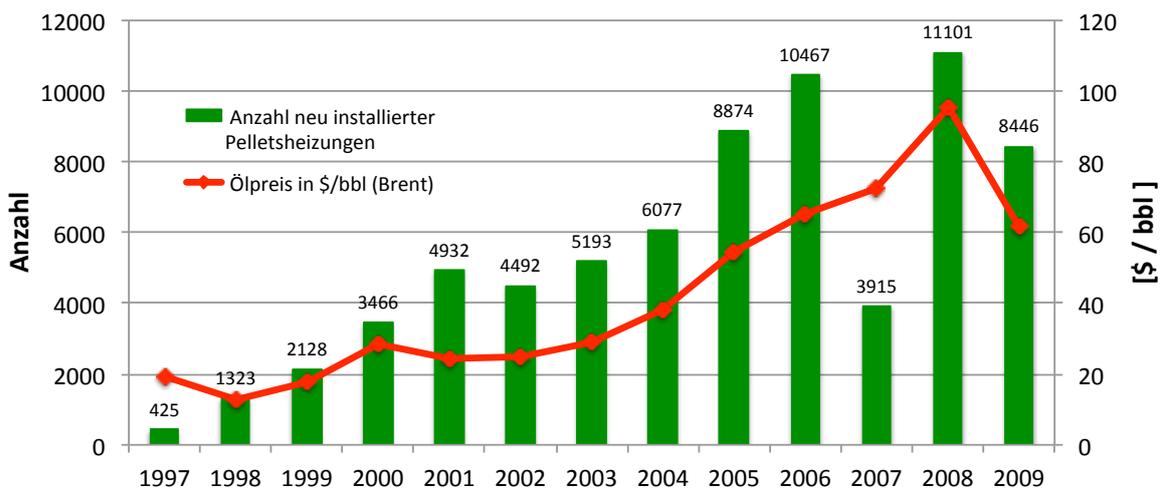
---

<sup>9</sup>Mit 1. Juli 2010 wurde von den europäischen Pelletsverbänden der *European Pellet Council* gegründet (siehe <http://www.agrarheute.com/europaeischer-pelletsverband-oesterreichischer-fuehrung>, 21.12.2010). Als Präsident wurde Christian Rakos, der Geschäftsführer von *proPellets Austria*, dem Verband der österreichischen Pelletwirtschaft, gewählt.

<sup>10</sup>vgl. <http://www.enplus-pellets.de/>, abgerufen am 21.12.2010

<sup>11</sup><http://www.propellets.at/cms/cms.php?pageName=14&newsId=99>, abgerufen am 24.12.2010

verschärfte eine Förderaktion der österreichischen Mineralölindustrie den Rückgang der Nachfrage nach Pelletkesseln<sup>12</sup>. Die Wirtschaftskrise und der starke Nachfrageeinbruch belasteten die Heizkesselhersteller zum Teil erheblich und teilweise mussten kleinere Betriebe Konkurs anmelden<sup>13</sup>. Die etablierteren Unternehmen erlitten auch einen Nachfrageeinbruch, konnten aber durch innovative Ideen, wie beispielsweise eine Preisgarantie für Pellets<sup>14</sup> das Vertrauen in den Markt bewahren.



**Abbildung 3.3:** Historische Entwicklung der neu installierten Pelletkessel in Österreich und der Verlauf des Ölpreises. *Quelle: K. Furtner (2009), Mineralölwirtschaftsverband, eigene Darstellung*

### 3.2 Die Marktstruktur der Pelletheizungsbranche

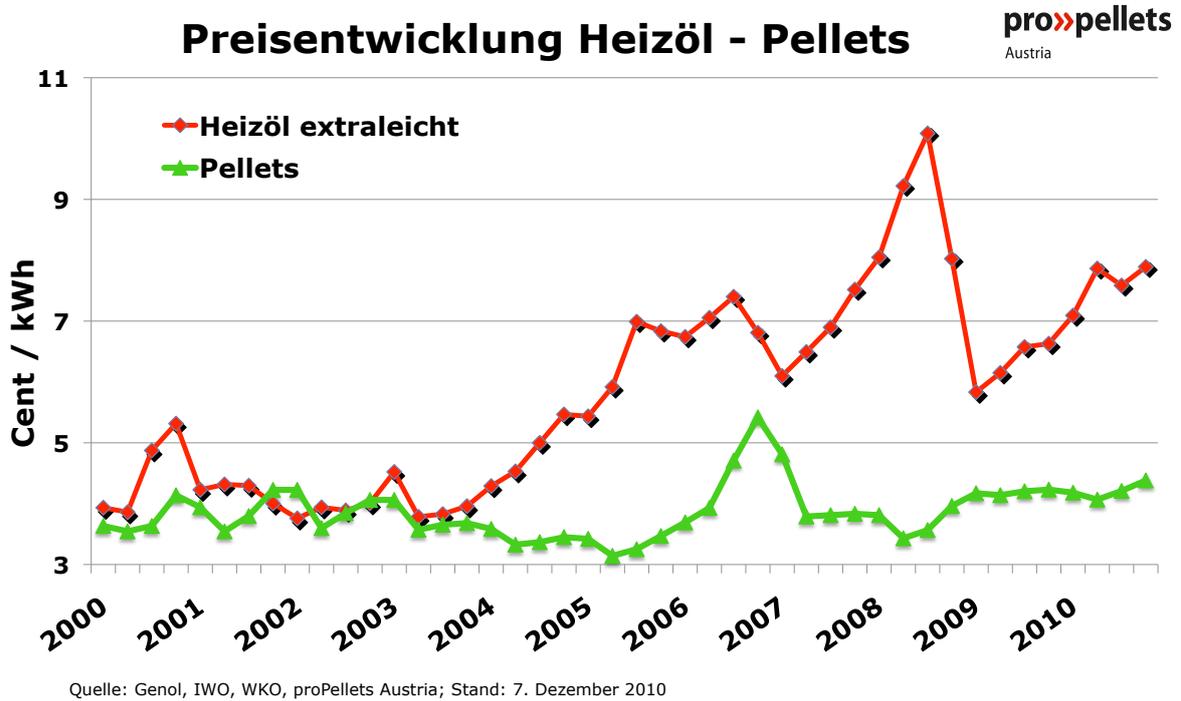
Der Pelletheizungsmarkt wurde in dieser Arbeit nach dem Ansatz des Fünf-Kräfte-Modells von Michael E. Porter<sup>15</sup> interpretiert und ist in Abbildung 3.5 dargestellt. Der Grundgedanke in diesem Modell ist die Annahme, dass das strategische Verhalten der Unternehmen einer Branche durch die vorliegende Marktstruktur über fünf Kräfte beeinflusst wird. Tabelle 3.1 zeigt eine Auflistung dieser fünf Kräfte. Je nach Intensität dieser einwirkenden Kräfte auf ein bestimmtes Unternehmen ergibt sich für dieses Unternehmen eine mehr oder weniger große Möglichkeit in dem betrachteten Markt einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil zu erzielen. Das Ziel der einzelnen Unternehmen ist daher, sich am Markt durch ihre strategische Ausrich-

<sup>12</sup>vgl. IWO-Österreich (2009); Beim Umrüsten auf eine moderne Ölheiztechnologie mit Brennwerttechnik stellte die Industrie bis zu 3000 € an privaten Fördermitteln zur Verfügung.

<sup>13</sup><http://kaernten.orf.at/stories/435572/>, abgerufen am 24.12.2010

<sup>14</sup>vgl. Faustmann (2008)

<sup>15</sup>vgl. Michael E. Porter (1980) *Competitive Strategy: Techniques for analyzing industries and competitors*; New York: Free Press, c1980.; ISBN 0-684-84148-7



**Abbildung 3.4:** Preisentwicklung der Brennstoffe Heizöl extraleicht und Holzpellets. *Quelle:* Verein proPellets Austria, [www.propellets.at](http://www.propellets.at), abgerufen am 24.12.2010

tung so zu positionieren, bzw. die bestehende Struktur in einer Art und Weise zu beeinflussen, dass die auf sie einwirkenden Kräfte möglichst schwach ausgeprägt sind. Im speziellen Fall der Absicht eines Unternehmens in einen neuen Markt einzutreten, kann die Analyse der fünf Kräfte auf dieses Unternehmen zum Schluss führen, dass ein Markteintritt nicht profitabel wäre. Aus dieser Überlegung heraus lässt sich nach diesem Ansatz die momentan bestehende Marktstruktur einer Branche erklären. Eine detaillierte Analyse der Branchenstruktur im Hinblick auf die Positionierung und die Strategien der einzelnen Unternehmen war im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht möglich. Vielmehr dient dieses Modell dazu, einen kompakten Überblick über die bestehende Marktstruktur zu geben.

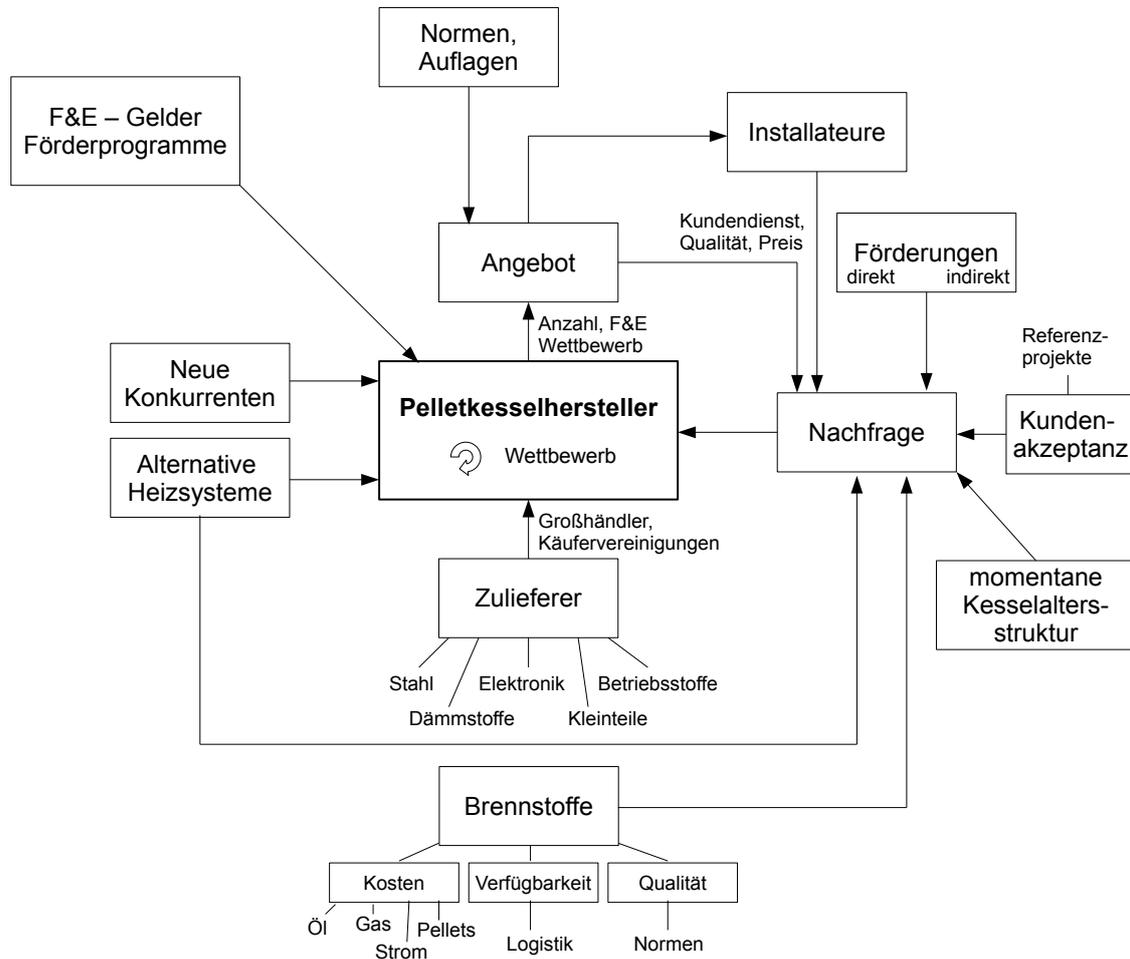
**Tabelle 3.1:** Michael E. Porters fünf Kräfte in Originalsprache und deutscher Übersetzung. *Quelle: Porter (2008)*

Originalsprache	Deutsche Übersetzung
Rivalry Among Existing Competitors	Rivalität unter den bestehenden Wettbewerbern
Threat of New Entrants	Bedrohung durch neue Anbieter
Bargaining Power of Suppliers	Verhandlungsstärke der Lieferanten
Bargaining Power of Buyers	Verhandlungsstärke der Abnehmer
Threat of Substitute Products or Services	Bedrohung durch Ersatzprodukte

Im Zentrum der Betrachtungen steht der interne Wettbewerb zwischen den Herstellern von Pelletheizungen, welcher als erste Triebkraft auf die Entwicklung derer Wettbewerbsstrategie einwirkt (siehe Abb. 3.5). Dieser interne Wettbewerb wird über die Bedrohung durch neue Anbieter, das Angebot an alternativen Heizsystemen, die Marktmacht der Zulieferer und der Abnehmer von außen beeinflusst. Wie schon erwähnt, spielt im Falle der österreichischen Pelletheizungsbranche auch die Bereitstellung von anwendungsnahen Forschungsergebnissen und die öffentliche Förderung der Hersteller eine wesentliche Rolle für die Ausbildung der bestehenden Marktstruktur. Die Nachfrage, als zentrale Triebkraft unternehmerischen Handels, wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst. Das derzeitige Angebot an Pelletkesseln und die bestehenden Distributionskanäle über Direktvertrieb und Installateure wirken sich am stärksten auf die Nachfrage aus. Des Weiteren bilden die momentan erhältlichen Förderungen einen wesentlichen Einflussfaktor. Deutlich sieht man das an den länderspezifischen Verkaufszahlen von Pelletkesseln im Jahr 2009, wo in Niederösterreich im Gegensatz zu allen anderen Bundesländern aufgrund des attraktiven Förderangebots mehr Pelletkessel verkauft wurden als im Vorjahr (vgl. K. Furtner (2009, S.7)). Der Kostenverlauf, die Verfügbarkeit und Qualität des notwendigen Brennstoffs der verschiedenen Heizsysteme stellt eine entscheidendes Kriterium bei einer konkreten Investitionsentscheidung dar und wirkt sich dementsprechend unmittelbar auch auf Nachfrage nach Pelletkesseln aus. Die Rahmenbedingungen, in Form der generellen sozialen Akzeptanz von Biomasseheizungen, der derzeitigen Altersstruktur der sich momentan in Betrieb befindlichen Anlagen und der Errichtung neuer Gebäude, legen das Grundniveau fest auf dem sich die Gesamtnachfrage bewegt. Da ein hohes Nachfrageniveau im Interesse der gesamten Branche liegt, wird seitens der Interessensvertretungen intensiv versucht, dieses Niveau durch eine gezielte Kommunikationsstrategie anzuheben.

### 3.3 Hersteller von Pelletheizungen

In der folgenden Analyse wurden die 19 größten österreichischen Hersteller von Pelletheizungen für die Raumwärmebereitstellung untersucht. In Tabelle 3.2 sind diese Hersteller und ihr Produktportfolio aufgelistet. Man sieht, dass fast alle Hersteller von Pelletheizungen auch Stückholz- und Hackgutheizungen zu ihrem Kerngeschäft zählen. Einzig allein das Unternehmen *ÖkoFEN* hat sich auf die Herstellung von Pelletheizungen spezialisiert und betreibt auch eine eigene Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft. Bemerkbar macht sich dieser Umstand dadurch, dass das Unternehmen als erster Hersteller die Brennwerttechnologie in Pelletheizungen eingeführt hat und in seiner Preisstruktur sehr konkurrenzfähig ist (siehe Kapitel Kesselbewertung). Einige Unternehmen haben in ihrem Produktportfolio neben den Biomasseheizungen auch alternative Heizsysteme wie die klassischen Öl- und Gasheizungen, sowie Wärmepumpen. Wie beispielsweise im Falle von *Viessmann* wurde das klassische Produktportfolio durch die Akquisition von kleineren Unternehmen der Biomassebranche erweitert



**Abbildung 3.5:** Darstellung der Struktur der österreichischen Pelletheizungsbranche nach dem Fünf-Kräfte-Modell von Michael E. Porter.

und somit ein breites Leistungsangebot erreicht. Durch die gute Kombinationsmöglichkeit von Biomasseheizungen mit einer Solaranlage, werden zunehmend auch dementsprechende Komplettlösungen vom Großteil der Hersteller angeboten.

Der interne Wettbewerb zwischen den Herstellern hat sich seit der Entstehungsphase des Marktes zunehmend verschärft. Während in den Anfangszeiten der Verkauf und die Beratung von derartigen Anlagen noch hauptsächlich von Installateuren und Heizungsbauern durchgeführt wurde, ist heutzutage ein steigendes Interesse der Kunden an einem persönlichen Herstellervergleich zu beobachten. Die Kunden informieren sich vor einem Kauf intensiv über die Produkte verschiedener Hersteller und lassen sich auch von mehreren Installateuren bezüglich ihrer Situation beraten. Dieser Umstand führte dazu, dass die Hersteller zunehmend ihre Öffentlichkeitsarbeit weiterentwickeln mussten und ihre Kommunikationsstrategie mehr am Endkunden ausrichteten. Eine Folge dieser Entwicklung war ein intensivierter interner Wett-

bewerb, der sich beispielsweise durch den Aufbau von Direktvertriebskanälen (inkl. Inbetriebnahme), das Gewähren von längeren Garantiezeiten, sowie den Aufbau von flächendeckenden Werkskundendiensten äußerte.

**Tabelle 3.2:** Österreichische Pelletheizungshersteller und ihr Produktportfolio. Als Großanlagen werden Anlagen mit einer Nennwärmeleistung ab 150kW bezeichnet. *Quelle: Internetpräsenzen der Hersteller (siehe Literaturverzeichnis)*

Firmenbezeichnung	Produkte							
	Ölheizung	Gasheizung	Wärmepumpe	Pelletheizung	Stückholzheizung	Hackgutheizung	Solaranlagen	Großanlagen
Biotech Energietechnik GmbH				✓		✓	✓	✓
Walter Bösch KG	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Buderus Austria Heiztechnik GesmbH	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
FIRE FOX Vertriebs GmbH				✓	✓		✓	
Evotherm Heiztechnik GmbH				✓		✓		
Fröling Heizkessel- und Behälterbau, Ges.m.b.H.				✓	✓	✓		✓
GUNTAMATIC Heiztechnik GmbH				✓	✓	✓		
Hargassner GmbH				✓	✓	✓		✓
Herz Armaturen Ges.m.b.H.				✓	✓	✓	✓	✓
Hoval Ges.m.b.H.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH				✓	✓	✓		✓
Manglberger Heizungsbau GmbH				✓				
ÖkoFEN Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft m.b.H.				✓			✓	
ÖkoFEN Produktions GmbH				✓				
Perhofer GmbH				✓	✓	✓	✓	
SHT Heiztechnik aus Salzburg GmbH				✓	✓			
Solarfocus Solar- und Umwelttechnik GmbH				✓	✓	✓	✓	
Strebelwerk GmbH	✓	✓		✓		✓		✓
Viessmann GmbH	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Vertrieb: Köb Holzheizsysteme GmbH	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Windhager Zentralheizung GmbH	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

### 3.4 Umsatz, Marktkonzentration, Arbeitsplätze

In diesem Abschnitt soll eine Übersicht über aktuelle Branchenkennzahlen gegeben werden. Die dieser Darstellung zugrunde liegenden Daten basieren zu einem Großteil auf bereits in der EEG zu diesem Thema durchgeführten Analysen (vgl. Bointner (2009)), auf Daten aus der Unternehmensdatenbank *amadeus*<sup>16</sup> und auf eigenen Schätzungen entsprechend der Angaben der Unternehmen auf ihrer Homepage (siehe Literaturverzeichnis).

Die aus dieser Erhebung hervorgegangenen Daten der Branche für das Jahr 2009 sind im Anhang B zu finden. Eine komprimierte Darstellung der Ergebnisse findet sich in Tabelle 3.3. Die in dieser Tabelle angegebenen Werte für die Umsätze und die Mitarbeiterzahlen beziehen sich nur auf den Geschäftsbereich Pelletheizungen und gehen aus der Umrechnung des gesamten Umsatzes und der Mitarbeiterzahlen mit einem grob geschätzten Faktor hervor. Die Schätzung dieses Faktors basiert auf dem auf der Homepage der Hersteller angegebenen Produktangebots. Sofern neben Pelletheizungen nur Hackschnitzel- und Stückholzheizungen

<sup>16</sup> AMADEUS Datenbank (2010), abgerufen am 25.12.2010

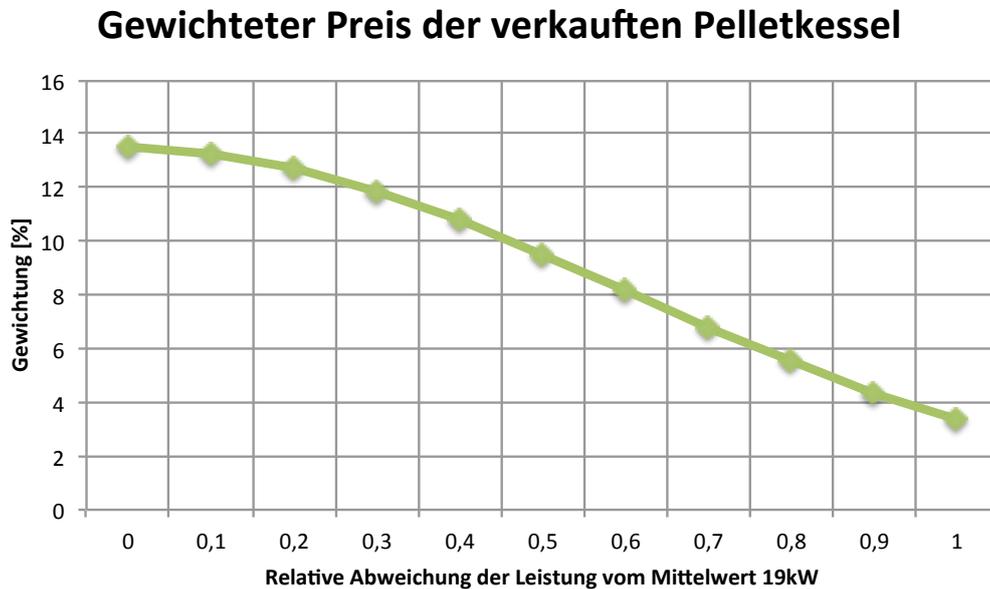
vertrieben werden, wurde dieser Faktor mit einem Wert von 50% angesetzt. Bei einem entsprechend größeren Produktportfolio – wie z.B. im Falle des Unternehmens *Viessmann* – welches auch Öl- und Gasheizungen umfasst, wurde der Faktor mit einem Wert von  $1/6 = 16\%$  angenommen. Die Interpretation dieser Daten ist daher mit entsprechender Vorsicht zu genießen.

**Tabelle 3.3:** Branchenkennzahlen österreichischer Pelletkesselhersteller im Jahr 2009. Die in dieser Tabelle angegebenen Werte beziehen sich nur auf den Geschäftsbereich Pelletheizungen.

Unternehmen	Umsatz Kessel [€]	Verkaufte Kessel [1]	Mitarbeiter [1]
FRÖLING	15,86 Mio. €	1662	215
KWB	10,59 Mio. €	1116	100
BÖSCH	7,50 Mio. €	826	104
HERZ	6,46 Mio. €	812	93
HOVAL	5,73 Mio. €	683	33
SOLARFOCUS	5,41 Mio. €	665	60
ÖKOFEN	4,81 Mio. €	594	60
HARGASSNER	4,76 Mio. €	523	50
WINDHAGER	3,45 Mio. €	517	50
BUDERUS	3,71 Mio. €	385	12
SHT	2,46 Mio. €	330	25
VISSMANN	2,17 Mio. €	243	22
EVOTHERM	0,90 Mio. €	122	2
MANGLBERGER	0,68 Mio. €	120	17
GUNTAMATIC	1,23 Mio. €	117	60
PERHOFER	0,80 Mio. €	112	8
STREBEL-THST.	0,44 Mio. €	52	2
BIOTECH	0,27 Mio. €	30	9
<b>SUMME</b>	<b>77,22 Mio. €</b>	<b>8909</b>	<b>921</b>

Die Ermittlung der Verkaufszahlen von Pelletheizungen erfolgte in mehreren Schritten. Zunächst wurde mittels dem in Abschnitt 6 entwickelten Modells zur Schätzung der Produktpreise, die fehlenden Preisangaben der Hersteller jener Produkte, für die Messwerte vorlagen, ergänzt. Aus diesen Preisangaben wurde dann für jeden Hersteller über eine Normalverteilung ein gewichteter, mittlerer Verkaufspreis seiner Produkte berechnet. Die zugrunde liegende Verteilung ist in Abbildung 3.6 dargestellt.

Als Maximalwert der Verteilung wurde der in K. Furtner (2009) angegebene Mittelwert (19kW Nennwärmeleistung) aller erhobenen Pelletheizungen in 2009 angenommen. Die Produktpreise jedes Unternehmens wurden entsprechend der relativen Abweichung des Betrages der Differenz ihrer Nennwärmeleistung von diesem Maximalwert nach den angegebenen Faktoren in Abb. 3.6 gewichtet und daraus ein Mittelwert gebildet. Die dargestellte Gewichtungsfunktion basiert auf der Annahme, dass die Anzahl der Heizungsverkäufe im Hinblick auf ihre Nennwärmeleistung einer Normalverteilung mit dem Mittelwert 19kW folgen. Es wurde

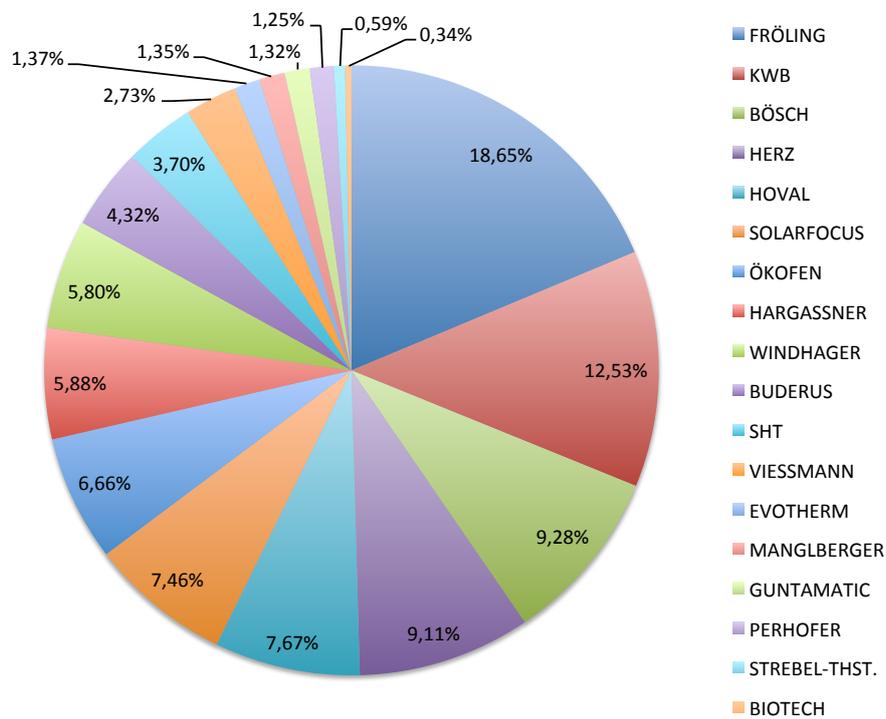


**Abbildung 3.6:** Gewichtungsfaktoren der Produktpreise verschiedener Leistungsklassen zur Berechnung eines gemittelten Jahresabsatzes aus dem Umsatz.

angenommen, dass die jeweils leistungsstärksten und -schwächsten Produkte eines Herstellers nur jeweils ungefähr 3% seiner Verkaufszahlen ausmachen. Die dazwischenliegenden Produkte wurden entsprechend den Werten in der Verteilungskurve gewichtet. Die Verkaufszahlen eines Herstellers errechneten sich schließlich durch die Division seines geschätzten Umsatz im Pelletkesselgeschäft durch seinen gewichteten Preismittelwert. Die tatsächlichen Verkaufszahlen aus K. Furtner (2009) von 8446 installierten Pelletheizungen im Jahr 2009 sind in der gleichen Größenordnung wie die in dieser Hochrechnung geschätzte Zahl von 8909 Verkäufen. Die sich aus diesen Verkaufszahlen ergebenden Mengen-Marktanteile sind in Abbildung 3.7 veranschaulicht.

Aus den Marktanteilen geht hervor, dass die vier absatzstärksten Hersteller *Fröling*, *KWB*, *Bösch* und *Herz* knapp 50% des Marktes bedienen. Darauf folgt eine Reihe Hersteller mit einem Marktanteil von 5 bis 8% und eine größere Anzahl von Unternehmen die sich den restlichen Markt teilen. Die Umsatz- und Mitarbeiterverteilung der Branche ist in Form einer Lorenzkurve in Abbildung 3.8 illustriert. Auch aus dieser Kurve lässt sich ablesen, dass sich ca. 50% des Umsatzes auf 20% der Unternehmen aufteilten. Die Mitarbeiterverteilung ist der Umsatzverteilung sehr ähnlich. Auffällig ist, dass Unternehmen mit einem geringeren Umsatz tendenziell verhältnismässig mehr Mitarbeiter beschäftigen. Eine mögliche Erklärung für diesen Umstand könnten steigende Skalenerträge durch einen zunehmenden Automatisierungsgrad und andere mit dem Produktionsniveau zusammenhängende Lerneffekte sein.

Das Ergebnis der Berechnung der in der Volkswirtschaft gebräuchlichen horizontalen Kon-



**Abbildung 3.7:** Geschätzte Mengen-Marktanteile der österreichischen Pelletheizungsbranche 2009.

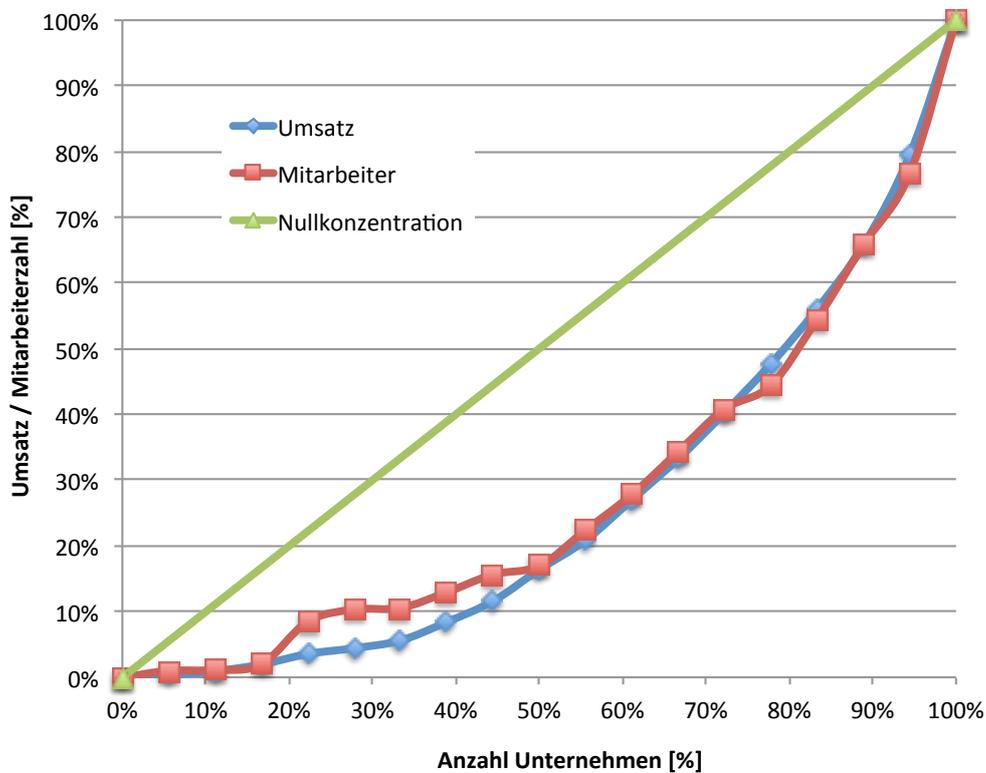
zentrationen<sup>17</sup> C3- und HHI-Wert ist in Tabelle 3.4 eingetragen. Der C3-Wert liegt mit einem Wert von 0,44 noch unter der von der Bundeskartellbehörde festgelegten Grenze von 0,50, ab dem die Oligopolvermutung gilt. Auch der HHI-Wert – der einen Wert zwischen 0,05 und 1 annehmen kann – liegt in einem normalen Bereich.

**Tabelle 3.4:** Maße der horizontalen Konzentration in der Pelletheizungsbranche im Jahr 2009.

C3-Wert	HHI
0,44	0,10

Abbildung 3.10 zeigt einen Querschnitt über die Umsätze und Mitarbeiterzahlen der analysierten Unternehmen. Im Gegensatz zu Tabelle 3.3 sind hier die Werte aller Geschäftsbereiche der Unternehmen aufgetragen. Auffallend ist die hohe Mitarbeiterwirtschaftlichkeit der Marktführer *KWB* und *Hoval*. *Buderus* ist zwar im Pelletheizungsmarkt nicht sehr stark vertreten, erwirtschaftet aber insgesamt auch einen vergleichsweise hohen Umsatz pro Mitarbeiter. Ein

<sup>17</sup>Der C3-Wert gibt die Summe der Umsatzmarktanteile der drei umsatzstärksten Unternehmen eines Industriezweigs an. Der Herfindahl-Hirschmann-Index (HHI) wird häufig zur Konzentrationsmessung in Märkten angewendet und errechnet sich aus der Summe der Quadrate der Marktanteile der einzelnen Unternehmen.



**Abbildung 3.8:** Umsatz- und Mitarbeiterverteilung in der österreichischer Pelletheizungsbranche im Jahr 2009.

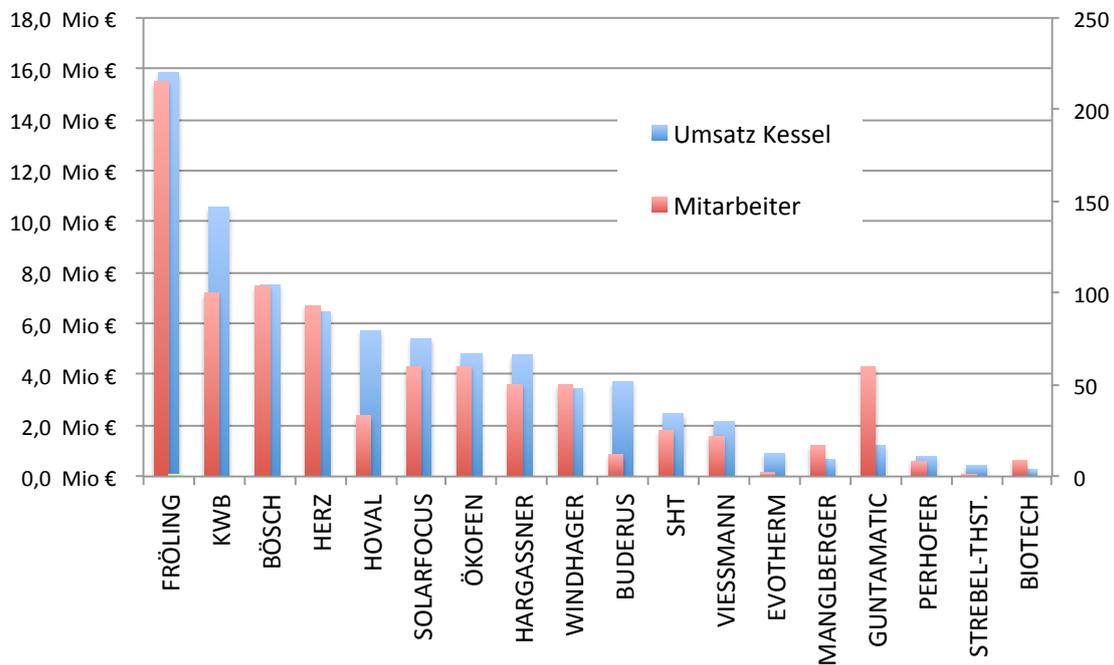
herausragendes Beispiel ist auch das Unternehmen *Guntamatic*, das den mit Abstand geringsten Umsatz pro Mitarbeiter aufweist.

Schließlich ist in Abbildung 3.10 noch die zeitliche Entwicklung des Umsatzes pro Mitarbeiter und die Mitarbeiterentwicklung der gesamten Unternehmen aufgetragen. Es ist zu sehen, dass in den Jahren 2004 bis 2006 eine Wirtschaftlichkeitssteigerung hinsichtlich des Mitarbeiterereinsatzes stattgefunden hat, während hingegen die Umsatzeinbrüche in den darauf folgenden Jahren keine weiteren Aussagen zulassen. Da in der Branche aber kontinuierlich zusätzliche Mitarbeiter eingestellt wurden, lässt sich aus dem Zeitverlauf schließen, dass seitens der Unternehmen eine positive Erwartungshaltung bezüglich der zukünftigen Marktentwicklung besteht.

### 3.5 Die Marktmacht der Zulieferer und der Kunden

Wie auch aus der Lieferanteninformation der Firma *Fröling*<sup>18</sup> hervorgeht, kaufen die etablierten Kesselhersteller ihren Bedarf am Weltmarkt ein und suchen nach Lieferanten, welche

<sup>18</sup>vgl. <http://www.froeling.at>

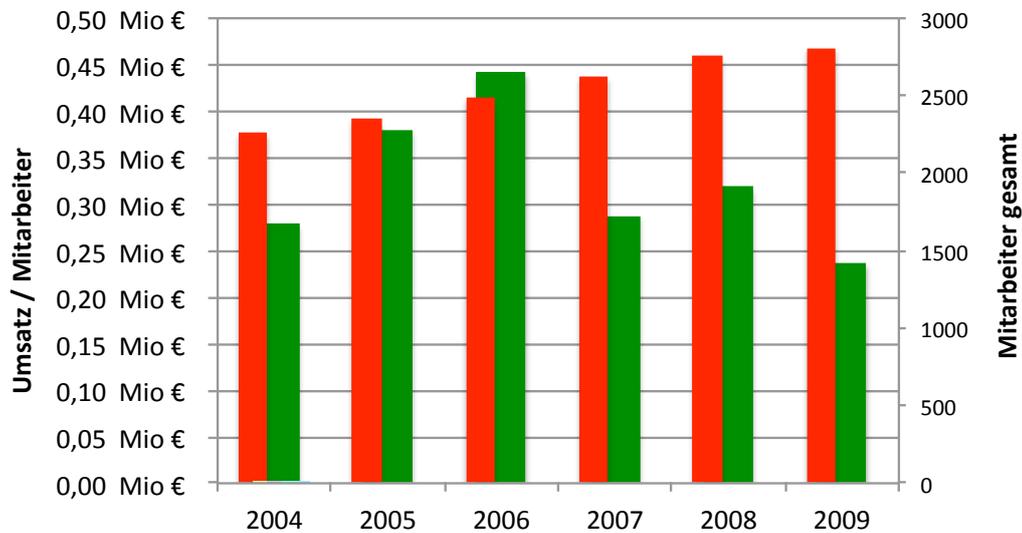


**Abbildung 3.9:** Umsatz und Mitarbeiterzahlen österreichischer Pelletheizungshersteller im Jahr 2009.

zu international wettbewerbsfähigen Preisen ihre Produkte anbieten. Das gewünschte Lieferantenprofil setzt das Vorhandensein eines anerkannten Qualitätsmanagementsystems voraus, fordert die Fähigkeit einer sehr flexiblen und terminsicheren Anlieferung – auch *Just-in-Time* – und wünscht sich neben einer umfassenden Unterstützung und Beratung auch, dass die Zulieferer Fertigungsverfahren und Materialien einsetzen, welche umweltverträglich sind. Nachdem andere Hersteller eine ähnliche Einkaufspolitik auf ihren Internetpräsenzen veröffentlicht haben, kann darauf geschlossen werden, dass die Kesselhersteller im Wesentlichen keiner starken Marktmacht der Lieferanten ausgesetzt sind. Ihr Bedarf beschränkt sich auf handelsübliche Waren und wird am Weltmarkt zu konkurrenzfähigen Preisen eingekauft. Der Bedarf ist nach Kategorien und konkreten Beispielen für Waren am Beispiel des Herstellers *Fröling* in Tabelle 3.5 zusammengefasst.

Wie in Abbildung 3.11 illustriert, erfolgt die Belieferung der Hersteller teilweise aus dem Inland und teilweise aus dem Ausland. Nach P. Biermayr (2009) zeichnet sich die österreichische Produktion von Pelletheizungen durch eine hohe Produktionstiefe im Inland aus. Aus dem Ausland werden größtenteils nur vorgefertigte Komponenten wie z.B. Antriebsmotoren, oder Austragungsschnecken, bezogen. Die Endproduktion der Heizkessel erfolgt zu 100% in Österreich, wobei auch anlagenkompatibles Zubehör, wie beispielsweise Pufferspeicher und Austragungssysteme, von den Herstellern produziert wird.

Bei den Kunden ist zwischen Großabnehmern (Handel und Installateure/Fachhändler) und



**Abbildung 3.10:** Entwicklung der Arbeitsplätze (rot) und des mittleren Umsatzes pro Mitarbeiter (grün).

**Tabelle 3.5:** Einkaufsbedarf des Unternehmens Fröling. Quelle: <http://www.froeling.com/at2/unternehmen/einkauf.html>, abgerufen am 25.12.2010

Kategorie	Bedarf
Stahl	Bleche (auch beschichtet) / Stabstahl / Rohre / Profile
Stahlhalbzeug	Böden / Flansche / Schweissformstücke / Fittings / Muffen / Schneckenbauteile / Wirbulatoren / Federn / Rippenrohre
Gussteile	
Elektroteile	Regelungen / Armaturen / Antriebe / Regelungskomponenten
Dämm- u. Dichtstoffe	Mineralwolle / Steinwolle / Vermiculite- Keramikfaser-Formteile / Glasfaser- Keramikfaser-Dichtgeflechte / Dichtungsbänder -platten -profile / Flachdichtungen
Schamotten	
Verbindungsteile	Schraubverbindungen / Griffe / Normteile
Halbfertigteile	Lieferung von Komponenten
Schweissbedarf	Elektroden / Schweisszusätze / Schweissdraht
Fremdfertigung	Blechzuschnitte mit Laser
Betriebsstoffe	Komplettanbieter mit umfangreichem Lieferprogramm Industriebedarf (Werkzeuge, Metalle, Kleisenbereich, Hygiene, Reinigungsmittel, Verpackungsmaterial, Arbeitskleidung...) – die auch ein komplettes Bewirtschaftungssystem anbieten

Privatkunden zu unterscheiden. Der Verkauf wird in Österreich momentan fast ausschließlich über Installateure und den Fachhandel abgewickelt. Immer mehr Unternehmen betreiben mittlerweile jedoch schon einen Direktvertrieb an die Endkunden und bieten im Zuge eines Hei-

zungskaufes auch eine Inbetriebnahme und einen Wartungsvertrag mit an. Die Installateure können aufgrund ihres bestehenden Kundenstammes und durch die Bildung von Einkaufsgemeinschaften absatzschwächere Kesselhersteller unter Druck setzen. An die Kunden wurde oftmals ein Preisvorteil seitens der Hersteller nicht weitergegeben<sup>19</sup>. Dass auf dem Heizungsmarkt noch keine Markttransparenz vorhanden ist, zeigt sich an der restriktiven Informationspolitik der Hersteller hinsichtlich ihrer Produktpreise. Die Recherchen im Rahmen dieser Diplomarbeit haben ergeben, dass die Produktpreise der Heizkessel in der überwiegenden Mehrheit der Fälle immer nur nach Anfrage und Beurteilung des zu beheizenden Objektes für ein konkretes Produkt genannt werden. Diese Preise stellen dann nach Angabe der Hersteller *Richtpreise* dar, welche zu einer Orientierung beim Kesselkauf dienen sollen. Diese Informationsasymmetrie führt derzeit noch zu einer relativ schwachen Marktmacht durch die Kunden. Durch das zunehmende Interesse der Kunden an einem Produktvergleich wird es jedoch in Zukunft zu einer Stärkung dieser Marktmacht kommen und somit im Interesse der Kunden der Wettbewerb zwischen den Kesselhersteller verschärft werden.

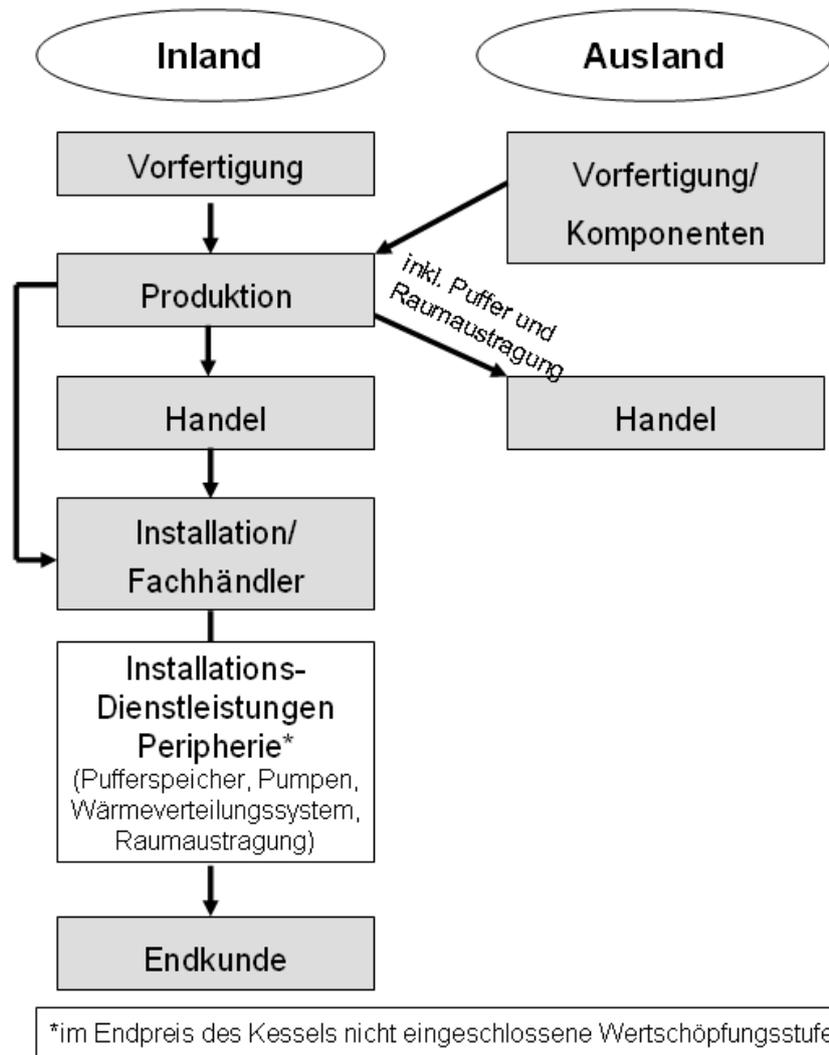
### 3.6 Die Bedrohung durch Ersatzprodukte

Die Ersatzprodukte von Pelletheizungen sind im Allgemeinen alle anderen Heizsysteme die auch zur Wärmebereitstellung und Warmwasseraufbereitung beim Kleinverbraucher herangezogen werden können. Neben der Möglichkeit sich direkt über ein bestehendes Fern-, bzw. Nahwärmenetz versorgen zu lassen, sind konventionelle Heizsysteme wie Öl(brennwert-)heizungen und Gasthermen (sofern ein Gasanschluss vorhanden ist) die stärksten Konkurrenten von Pelletheizungen. Je nach Verfügbarkeit der Brennstoffe kommen auch Hackschnitzelheizungen, bzw. moderne Stückholzheizungen als Ersatzprodukt in Frage. Auf Grund der steigenden Anzahl von Niedrigenergiehäusern ist neuerdings auch die Erd-, bzw. Luftwärmepumpe eine Option zur Wärmeversorgung geworden. Je nach geforderter Heizlast und bestehenden Rahmenbedingungen ist auch die Kombination einer Heizanlage mit anderen Energiequellen, wie z.B. eines Solarmoduls von steigendem Interesse. Eine Bewertung der einzelnen verfügbaren Heizsysteme würde den Rahmen dieser Diplomarbeit sprengen und wäre in Hinblick auf die Durchführung einer allgemein gültigen Analyse auch nicht möglich. Ein *bestes* Heizsystem gibt es nicht, da die Zweckmäßigkeit einer Heizanlage vom konkreten Heizobjekt und den Präferenzen des Kunden abhängig ist. An dieser Stelle soll lediglich eine Zusammenfassung der wesentlichen von einem Kunden an ein Heizsystem gestellten Kriterien gegeben werden:

- Investitionskosten, Amortisationszeit
- Bestehendes Förderangebot
- Bereits bestehende Wärmenetze (Blockheizkraftwerke, Micro-Grids)

---

<sup>19</sup>Persönliches Gespräch mit einem Vertreter eines großen Heizkesselherstellers, 12.06.2010



**Abbildung 3.11:** Schematische Darstellung der Wertschöpfungskette des österreichischen Biomasskesselbaus. *Quelle: P. Biermayr (2009, S.51), BIOENERGY 2020+*

- Verfügbarkeit, Qualität und Preisentwicklung der notwendigen Sekundärenergie (Brennstoffe, Strom, ...)
- Persönliche Präferenzen (Fußbodenheizung, Flammenspiel im Wohnraum)
- Bauvorschriften (müssen bauliche Maßnahmen getroffen werden, z.B. Schornsteinerneuerung)
- Platzbedarf (Heizraum, Lagerraum, ...)
- Effizienzsteigerungsmöglichkeiten (Senkung der Heizlast)
- Kundendienst im Störfall
- Umweltfreundlichkeit der Anlage

### 3.7 Die Bedrohung des Markteintritts neuer Anbieter

Wie in Abschnitt 5.5 noch erläutert wird, deckt das momentane Angebot an Pelletheizungen das gesamte Spektrum an Kundenpräferenzen relativ gut ab und es sind keine auffälligen Nischen im Produktportfolio erkennbar. Daher besteht die einzige Möglichkeit eines neuen Anbieters in diese Branche einzusteigen, mit den schon bestehenden Herstellern in Wettbewerb zu treten. In diesem Fall sieht sich der potentielle Anbieter mit einer Reihe von für diese Branche spezifischen Eintrittsbarrieren konfrontiert:

- Steigende Skalenerträge (großer Automatisierungsgrad, Lerneffekte)
- Etablierte Marken und bestehende Distributionskanäle (Kundenloyalität, bestehende Referenzprojekte)
- Hohe Kapitalerfordernisse (Produktionsstandort, -anlagen)
- Mangelnde Produkterfahrungen seitens der Heizungsbauer/Installateure
- Lock-in-Effekt (Kompatibilität zu bestehenden Installationen und Komponenten)
- Bestehende Patente

Aufgrund dieser Situation kann die Bedrohung durch den Markteintritt neuer Anbieter als gering angesehen werden.

### 3.8 Die österreichischen Pelletheizungshersteller im internationalen Wettbewerb

Österreichs Unternehmen verfügen sowohl im Heizkesselbau als auch in der Pelletsproduktion über eine langjährige Erfahrung. Sie profitieren dadurch unmittelbar am schnell wachsenden globalen Pelletsmarkt. Die Steigerungsraten sind laut einem Artikel im Wirtschaftsblatt<sup>20</sup> sehr hoch. Die weltweite Produktionskapazität lag demnach im Jahr 2000 nur bei 3 Mio. Tonnen und erreichte Ende 2009 ein Produktionsniveau von 20 Mio. Tonnen. Österreich ist weltweit der sechstgrößte Pelletsproduzent und hat nach Schweden den höchsten Pelletsverbrauch pro Kopf. Abbildung 3.12 zeigt die Entwicklung der Pelletsproduktion in verschiedenen europäischen Ländern.

Aufgrund dieser guten Entwicklung und ihres technologischen Fachwissens exportieren die heimischen Heizkesselhersteller schon jetzt typischerweise 60 bis 80% ihrer Produkte ins Ausland (vgl. P. Biermayr (2009, S.50)). Wie in Abbildung 3.13 illustriert, sind die wichtigsten Exportländer Österreichs derzeit Deutschland, Italien, Frankreich, England und Spanien.

In Deutschland dominieren nach H. Hartmann (2010) mit 66% der bestehenden Pelletkessel die österreichischen Hersteller den Markt (siehe Abb. 3.14).

---

<sup>20</sup>vgl. Möchel (2010)

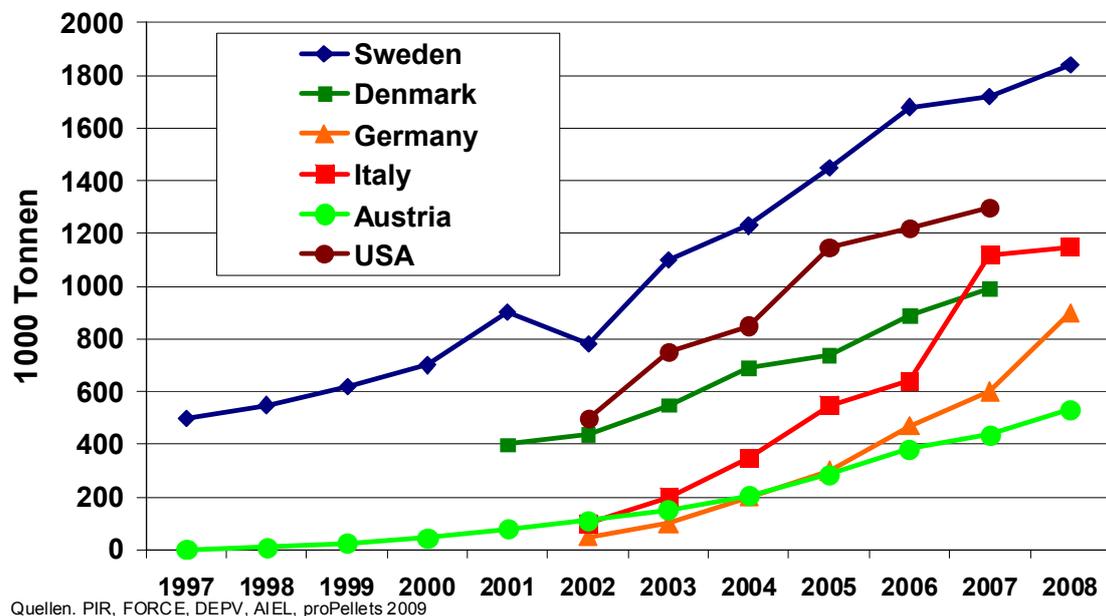


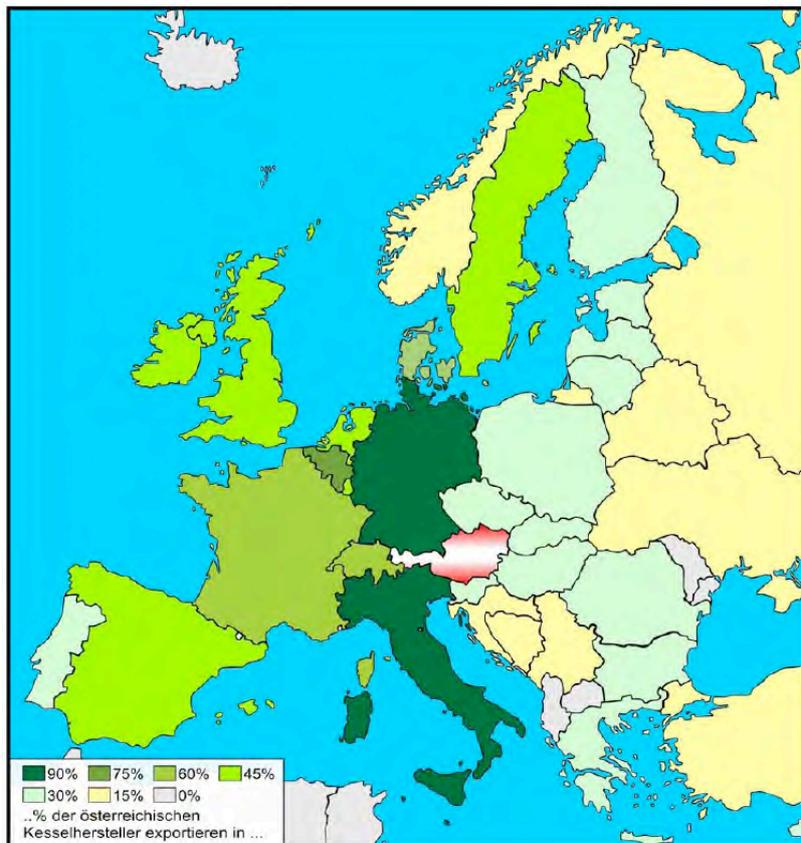
Abbildung 3.12: Pelletverbrauch verschiedener europäischer Länder. *Quelle: Rakos (2009b)*

Zunehmend zeigt auch Nordamerika Interesse an der österreichischen Expertise im Betrieb und der Herstellung von Biomasseheizanlagen. So hat nach einem Artikel von *ÖkoFEN*<sup>21</sup> in den USA und in Kanada nach dem Ölpreisschock im Jahr 2008 ein Umdenken in der Bevölkerung stattgefunden und das Interesse an erneuerbaren Energien geweckt. Die Herausforderungen für den Markteintritt in den USA stellt die Zertifizierung der in Europa hergestellten Pelletkessel nach den dort geltenden Richtlinien dar. Insgesamt wird das globale Marktpotential für Pelletheizungen vom Geschäftsführer von *ÖkoFEN*, Ing. Herbert Ortner, als sehr hoch eingeschätzt.

### 3.9 Ausblick und Herausforderungen der Branche

Die österreichischen Hersteller von Pelletheizungen und die Pelletsproduzenten sind in einer guten Ausgangsposition, um vom internationalen Marktwachstum zu profitieren. Um einen tragfähigen Wirtschaftszweig zu entwickeln, sind jedoch eine Reihe von Herausforderungen zu bewältigen. In Hinblick auf die Rohstoffbereitstellung müssen die Produktionsverfahren zur Herstellung von Pellets verbessert werden. Aktuelle Forschungsthemen sind in diesem Zusammenhang die Verwendung von nicht hölzernen Brennstoffen und Effizienzsteigerungen bei der Produktion. Die Biomasselogistik muss erst an das starke Nachfragewachstum angepasst werden und eventuell vorhandene Synergiepotentiale sind auszuschöpfen. Bezüglich der

<sup>21</sup><http://www.pelletsheizung.de/de/news/presstexte/pressearchiv/action.view/entity.detail/key.337.html>, abgerufen am 25.12.2010



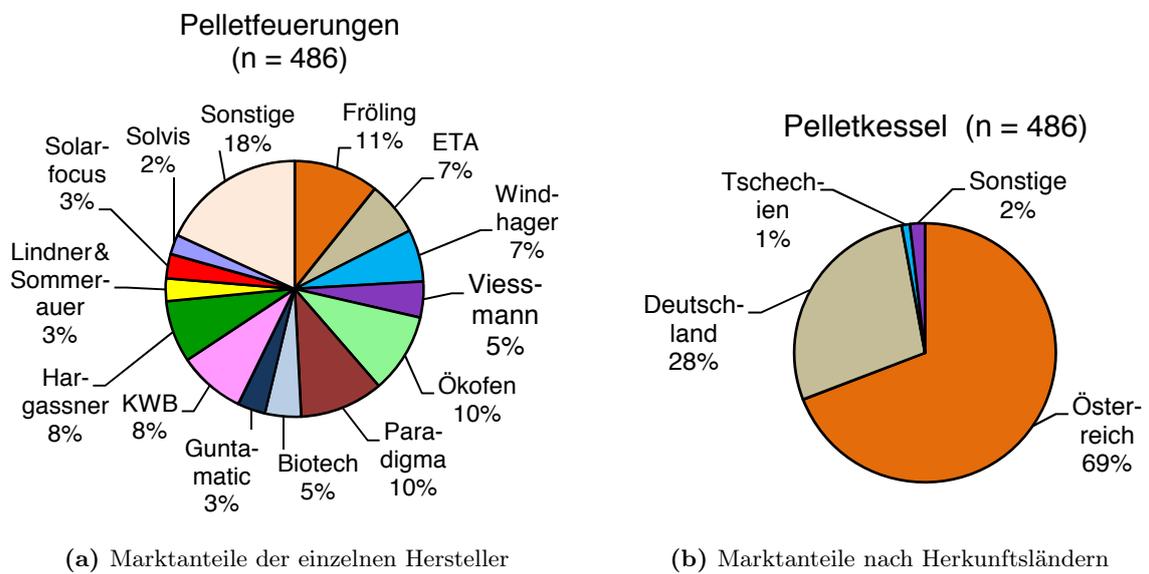
**Abbildung 3.13:** Exportländer der österreichischen Biomassekesselbranche (2006). *Quelle:* P. Biermayr (2009, S.51)

verstärkten Nutzung von forstlicher Biomasse sind gewisse Richtlinien zu beachten, um eine nachhaltige Bewirtschaftung sicherzustellen.

Auf der Nachfrageseite zeichnen sich drei große Trends ab:

- Verringerte Heizlast der Gebäude.
- Nachfrage nach kompakten, leisen und sauberen Heizsystemen.
- Wunsch nach Komplettsystemen, die eine Kombination verschiedener Wärmequellen (Solarenergie, Erdwärme) ermöglichen.

Eine der größten Herausforderungen des Kesselbaus stellt jedoch die Senkung der Produktpreise dar. Durch steigende Verkaufszahlen sind diesbezüglich Lerneffekte, wie auch Technologiesprünge zu erwarten. Es liegt daher im Interesse der Branche, auch international die gesetzlichen Rahmenbedingungen für eine schadstoffarme Wärmeversorgung zu schaffen und die in Österreich bestehenden hohen Qualitätsanforderungen an Heizsystemen einzuführen.



**Abbildung 3.14:** Marktanteile österreichischer Pelletheizungshersteller in Deutschland, 2010.  
 Quelle: H. Hartmann (2010, S.18,19)

## Kapitel 4

# Einführung in das Modell zur kundenspezifischen Bewertung des Pelletheizungsangebots

### 4.1 Zieldefinition und Modellierungsansatz

Das Ziel des im Folgenden beschriebenen Modells ist, auf der Grundlage der erhobenen Daten von Pelletheizungen zu untersuchen, welche fiktive Nachfrage sich durch die alleinige Berücksichtigung dieser produktspezifischen Eigenschaften ergeben würde. Der in dieser Arbeit gewählte Ansatz bedient sich in einem ersten Schritt einer eigens entwickelten Methode zur quantitativen Kategorisierung von Pelletkesseln, welche die Grundlage für die weitere Beantwortung der Fragestellung darstellt. Um aus dieser Kategorisierung Aussagen über eine mögliche Produktnachfrage abzuleiten, wird in einem zweiten Schritt eine kundenspezifische Bewertung des im ersten Schritt kategorisierten Angebots vorgenommen. Das Resultat der Bewertung des Angebots aus der Sicht eines Kunden, wird in diesem Modell als eine Kaufentscheidung des Kunden für jene Produkte, die seinen Ansprüchen am besten gerecht werden, modelliert. Das Ergebnis der Summe unterschiedlicher Kundenbewertungen wird schließlich als Nachfrage für das gesamte Pelletheizungsangebot interpretiert.

Die theoretische Basis dieses Modells bildet die *Hotelling'sche Strecke*<sup>1</sup> von Harold Hotelling im Jahre 1929 und die Erweiterungen dieses Modells für den *Wettbewerb im heterogenen Oligopol* von W. Pfähler (2008, S.249ff).

Die Kategorisierung des gesamten Pelletheizungsangebots erforderte die Festlegung eines gemeinsamen Vergleichsmaßstabs. Dazu mussten zunächst verschiedene Produkteigenschaften gefunden werden, durch die sich die Pelletkessel hinreichend<sup>2</sup> differenzieren lassen. Weiters

---

<sup>1</sup>vgl. Hotelling (1929)

<sup>2</sup>Als *hinreichend* wird in diesen Zusammenhang die Berücksichtigung der für den Kunden relevanten Produkteigenschaften bezeichnet.

war es notwendig, die Verfügbarkeit der benötigten Produktinformationen sicherzustellen. Die zur Kategorisierung herangezogenen Produkteigenschaften lassen sich ihrem Charakter nach in eine *präferenz-abhängige* und eine *präferenz-unabhängige* Gruppe einteilen. In Anlehnung an die Literatur nach W. Pfähler (2008, S.249-255), oder Woeckener (2007, S.68) wird im Weiteren von *horizontaler-* und *vertikaler Produktdifferenzierung* gesprochen. Die horizontale Produktdifferenzierung zeichnet sich dadurch aus, dass aus Kundensicht keine Einigkeit darüber besteht, welche Ausprägung einer bestimmten Produkteigenschaft die Beste ist. Der optimale Wert der Ausprägung ist also von der individuellen Kundenpräferenz abhängig<sup>3</sup>. Bei horizontaler Produktdifferenzierung hingegen besteht eine allgemeine Übereinkunft darüber, wie zwei verschiedene Ausprägungen einer Eigenschaft zueinander in Beziehung stehen. Alle Kunden haben daher dieselbe Präferenz hinsichtlich dieser Eigenschaft<sup>4</sup>. Im einem zweiten Schritt wurden die Eigenschaften quantifiziert und in ein  $[0,1]$ -Intervall<sup>5</sup> umgerechnet. Hierbei wird mittels einer linearen Koordinatentransformation die Differenz zwischen dem kleinsten Wert des jeweiligen Produktmerkmals  $y_{\min}$  und dem größten Wert des Produktmerkmals  $y_{\max}$  auf das Einheitsintervall abgebildet. Das Ergebnis der Transformation bezeichnen wir als *normierte Größe* des Merkmals  $y$  und schreiben zur Unterscheidbarkeit die normierte Variable als Großbuchstabe. Die Abbildungsvorschrift lautet

$$Y : \mathbb{R} \rightarrow [0, 1], \quad y \mapsto k \cdot y + d, \quad (4.1)$$

wobei

$$d = \frac{1}{1 - \frac{y_{\max}}{y_{\min}}} \quad \text{und} \quad k = -\frac{d}{y_{\min}} \quad (4.2)$$

der Verschiebungsfaktor und der Skalierungsfaktor sind.

Die einzelnen normierten Produktmerkmale können nun in verschiedene Kategorien eingeteilt werden und wiederum über eine Funktion

$$[0, 1]^n \rightarrow [0, 1], \quad g_1 \cdot Y_1 + g_2 \cdot Y_2 + g_3 \cdot Y_3 + \dots + g_n \cdot Y_n \mapsto Y_{\text{gesamt}} \quad (4.3)$$

zu einem Gesamtindex zusammengefasst werden, wobei die Größen  $Y_n$  die einzelnen normierten Produktmerkmale darstellen und  $g_n$  die Gewichtungsfaktoren sind. Um zu gewährleisten, dass der Bildbereich der Funktion (4.3) wieder das Einheitsintervall ist, muss die Summe der Gewichtungsfaktoren gleich Eins sein.

Je nachdem ob der gebildete Index nun aus präferenz-abhängigen, oder präferenz-unabhängigen Merkmalen zusammengesetzt ist, kann er entweder auf eine Präferenzachse, oder eine Ordnungsachse aufgetragen werden.

<sup>3</sup>Ein Beispiel für ein Produktmerkmal dieser Differenzierungsform ist z.B. der Zuckergehalt eines Getränks.

<sup>4</sup>Die Akkulaufzeit eines Mobilfunkgerätes wird von allen Kunden umso besser bewertet, desto länger sie ist.

<sup>5</sup>Im Weiteren wird das Intervall  $[0, 1] := \{x \in \mathbb{R} \mid 0 \leq x \leq 1\}$  als Einheitsintervall bezeichnet.

## 4.2 Präferenzachsen

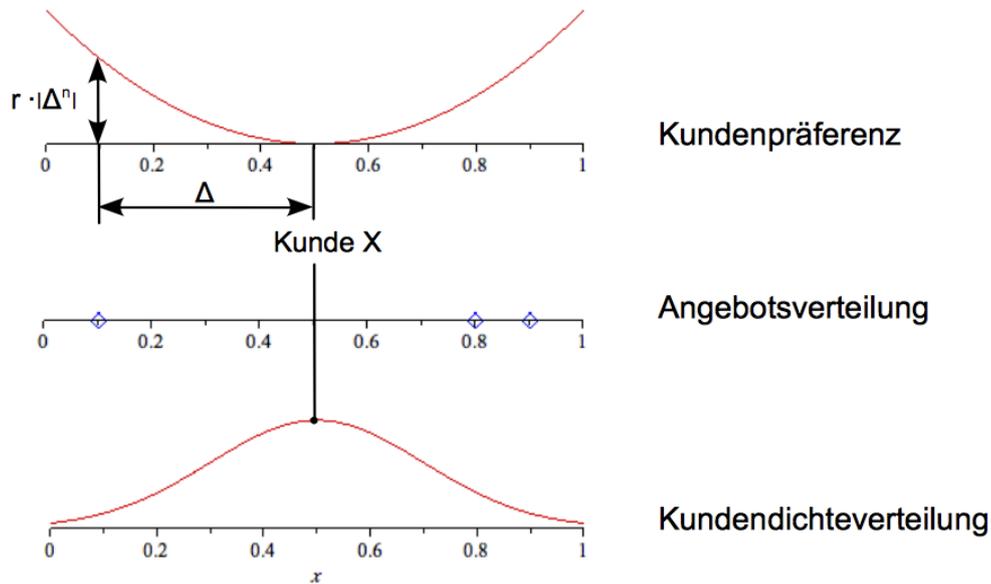
Auf Präferenzachsen werden, wie schon der Name zum Ausdruck bringen soll, präferenzabhängige Variablen abgebildet. Die Abbildung erfolgt dabei über die Bildung eines Index, welcher mehrere Kesseleigenschaften in einem normierten Wert zusammenfasst. Eine genaue Beschreibung der Bildung und der Zusammensetzung des in diesem Modell verwendeten Präferenzindex befindet sich in Abschnitt 5.2. Der verwendete Zahlenbereich ist, entsprechend dem Bildbereich des Index, das Einheitsintervall. Auf diesem Intervall sind zwei verschiedene Verteilungen definiert. Zum einen sind alle potentiellen Kunden entsprechend ihrer Präferenz durch eine Kundendichteverteilung entlang des Intervalls repräsentiert. Zum anderen sind auch die Produkte in diskreten Punkten auf dem Intervall zu finden. In Abbildung 4.1 ist beispielhaft eine Normalverteilung der Kundendichte und ein Angebot von drei Produkten zu sehen. Im Idealfall würde jeder Kunde gerne ein Produkt erwerben, das genau seiner Präferenz entspricht. Da ihm jedoch nur die am Markt angebotenen Produkte zur Verfügung stehen, muss er für ein bestimmtes Produkt eine Abweichung  $\Delta$  von seiner gewünschten Präferenz in Kauf nehmen. In Abbildung 4.1 ist diese Abweichung für einen Kunden mit der Präferenz 0,5 und dem äußerst linken Produkt dargestellt. Im verwendeten Modell wird diese Abweichung  $\Delta$  mit einer noch nicht genauer bestimmten Hochzahl  $n$  versehen und deren Betrag mit einem sogenannten *Preisauflagsfaktor* multipliziert. Der so entstandene *Preisauflagschlagsterm* wird zum ursprünglichen Produktpreis addiert und ergibt den vom Kunden wahrgenommenen Preis.

## 4.3 Ordnungsachsen

Da bei Ordnungsachsen nur eine einzige Kundenpräferenz besteht, gibt es bei diesen Achsen keine Kundendichteverteilung entlang des Einheitsintervalls. Die angebotenen Produkte sind wieder entlang des Intervalls verteilt. In Abbildung 4.2 ist als Beispiel für eine Ordnungsachse die Eigenschaft Preis, bzw. Qualität von drei Produkten auf der Achse aufgetragen. Ausgehend vom Nullpunkt wird nun jeder Kunde dem Preis des Produktes einen Preisauflagschlagsterm zuzuordnen, welcher sich aus dem Abstand  $\Delta$  des Produktes zum Nullpunkt und wiederum einem Preisauflagschlagfaktor  $s$  ergibt. Der vom Kunden wahrgenommene Preis ergibt sich wiederum aus Addition des tatsächlichen Produktpreises mit dem Preisauflagschlagsterm. Im Falle einer positiv bewerteten Produkteigenschaft, wie z.B. der Qualität eines Produktes, erhält der Faktor  $s$  einen negativen Wert und der Preisauflagschlagsterm ergibt somit im wahrgenommenen Preis eine Preisminderung gegenüber dem ursprünglichen Produktpreis.

## 4.4 Die Produktbewertung

Auf der Basis einer Motivstudie von S. Klug (2008), sowie Daten aus der Häuslbauerstudie 2007 von *Market* (2007) wurde ein Modell zur Bewertung einzelner Pelletkessel aus der Sicht



**Abbildung 4.1:** Darstellung des Grundmodells der Präferenzindizes. In der Literatur (vgl. Hotelling (1929)) ist dieses Modell unter dem Namen *Hotelling'sche Strecke* bekannt.

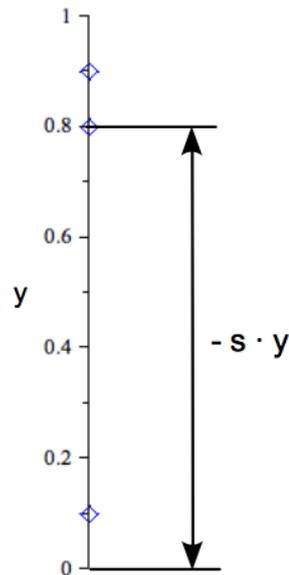
**Tabelle 4.1:** Definition der zur Klassifizierung der Pelletheizungen verwendeten Indizes.

<i>Indexname</i>	<i>Formelbezeichnung</i>	<i>zugehörige Hauptkategorie</i>	<i>Modellierung</i>
Preisindex	P	Preis	Ordnungsachse
Qualitätsindex	Q	Qualität	Ordnungsachse
Leistungsindex	L	Leistung	Präferenzachse
Präferenzindex	X	Präferenz	Präferenzachse

des Kunden entwickelt. Grundsätzlich werden bei diesem Modell die einzelnen Pelletkessel in die (Haupt-)Kategorien *Preis*, *Leistung*, *Präferenz* und *Qualität* eingeordnet. Aus diesen Kategorien werden die im vorliegenden Modell verwendeten Indizes gebildet. Aus den Kategorien *Präferenz* und *Leistung* wird ein *Präferenzindex* und aus den Kategorien *Preis* und *Qualität* ein *Ordnungsindex* gebildet. In Tabelle 4.1 sind die Hauptkategorien, der zugehörige Index und die Bezeichnung der verwendeten Indizes aufgelistet.

Die Kategorien *Präferenz* und *Qualität* wurden in Unterkategorien eingeteilt, denen konkrete Kesseleigenschaften zugeordnet worden sind. Die Auswahl der für eine Kesselbewertung relevanten Eigenschaften, sowie deren Gewichtung, erfolgte auf der Grundlage der in der Motiv- und Häuslbauerstudie erhobenen Ergebnissen. Über die Funktion (4.1) wurden die einzelnen Kesseleigenschaften auf dem Einheitsintervall abgebildet und somit deren *normierte Größe*

### Qualitäts- / Preisverteilung



**Abbildung 4.2:** Darstellung des Grundmodells für Ordnungsindizes.

gebildet. Mittels der Funktion (4.3) ergibt sich letztlich der, durch die gewichtete Summe der normierten Unterkategorie-Eigenschaften, einer Hauptkategorie zugehörige Gesamtindex. In Abschnitten 5.2 bis 5.4 wird genauer auf die Bildung der einzelnen Indizes eingegangen.

#### 4.4.1 Bildung von Bewertungsräumen

Die aus den vier Kategorien gebildeten Indizes werden so kombiniert, dass sie zwei verschiedene Bewertungsräume aufspannen. Diese zwei Räume sind in Abbildung 4.3 dargestellt und werden den zur Bildung verwendeten Indizes nach als *XLP-Raum* und *XLQ-Raum* bezeichnet. Die Grundfläche beider Bewertungsräume wird in beiden Fällen durch die *XL-Ebene*, also eine präferenzabhängige Ebene, in der die Präferenz und die Leistung aufgetragen werden, gebildet. Über diese Ebene wird eine zweidimensionale Kundenverteilungsdichte angenommen. Die Ordinate beider Räume stellt eine Ordnungsachse dar. Der XLP-Raum dient zur Beurteilung der Auswirkung von Präferenz und Leistung des Pelletkessels auf den Preis. In gleicher Weise kann man im XLQ-Raum den Zusammenhang von Präferenz und Leistung mit der Qualität untersuchen. Zur Analyse weiterer Beziehungen werden außerdem noch verschiedene andere zweidimensionale Kombinationen der Indizes verwendet.



- Die vertikalen Produktklassen werden durch den *Qualitätsindex*  $Q$  und den *Preisindex*  $P$  gebildet, und ebenfalls auf dem Einheitsintervall abgebildet.

Die angebotsseitigen Annahmen sind, dass

- jeder Pelletkessel durch das Quadrupel  $(X_{ab}, L_{ab}, Q_{ab}, P_{ab})$  quantifiziert wird. In dieser Notation bedeutet  $a$  die Kennzahl des Unternehmens und  $b$  die Produktnummer.

Auf der Nachfrageseite nehmen wir an, dass

- alle Kunden vollständig über alle betrachteten Produkte informiert sind und auf dieser Grundlage ihre Kaufentscheidung treffen.
- Die Kunden können darauf vertrauen, dass die angegebenen Produkteigenschaften tatsächlich zutreffen.
- Es herrscht über alle Kunden hinweg eine Übereinkunft über die vorgenommene Produktklassifikation.
- Alle Kunden streben nach dem für sie besten Angebot, welches im nachfolgenden Abschnitt als *effektiver Preis* definiert wird.
- Für die Kunden wird sowohl über der Leistung, als auch über der Präferenz der Kessel eine Gleichverteilung angenommen.
- Jeder Kunde kauft genau ein Produkt.

#### 4.4.2 Der effektive Preis eines Produktes

Der effektive Preis

$$P_{\text{eff}} := ((x, y), (P_{ab}, X_{ab}, Q_{ab}, L_{ab})) \mapsto P_{ab} + r \cdot |x - X_{ab}|^n + s \cdot Q_{ab} + t \cdot |y - L_{ab}|^m \quad (4.4)$$

$x, y \dots$  Kundenkoordinaten

$P_{ab}, X_{ab}, Q_{ab}, L_{ab} \dots$  Angebotskoordinaten

$a \dots$  Herstellerkennziffer

$b \dots$  Produktkennziffer

$r, s, t \dots$  Preisaufschlagsfaktoren,  $s < 0$

$m, n \in [1, 2, 3]$

ist die Grundlage der Kaufentscheidung eines Kunden und stellt den tatsächlichen von ihm wahrgenommenen Preis eines Pelletkessels dar. Er ist also genau für einen Kunden – bzw.

eine Kundenpräferenz, festgelegt durch die Koordinaten  $(x, y)$  – und ein bestimmtes Produkt  $(P_{ab}, X_{ab}, Q_{ab}, L_{ab})$  definiert. Die subjektive Wichtigkeit der Kesselmerkmale Präferenz, Leistung und Qualität – bzw. eine etwaige Abweichung derselben von den Kundenerwartungen – eines Pelletkessels, wird durch sogenannte *Preisauflschlagsterme* in einen äquivalenten Produktpreisauflschlag umgerechnet und zum Herstellerpreis addiert. Die quadratische, bzw. der Betrag der kubischen Form der Preisauflschlagsterme berücksichtigt einerseits, dass der Kunde, egal ob eine positive, oder negative Abweichung vorliegt, immer eine Nutzeneinbuße erfährt. Andererseits wird durch die Exponentialform ausgedrückt, dass eine Abweichung von der gewünschten Präferenz als zunehmend störend empfunden wird. Bei einer kubischen Preisauflschlagstermefunktion ist der Kunde nur mehr bereit, geringste Abweichungen in Kauf zu nehmen. Die Hochzahl stellt somit ein Maß für die Intoleranz gegenüber Abweichungen von der gewünschten Kundenpräferenz dar. Die Neigung der Preisauflschlagsterme wird durch die *Preisauflschlagstermfaktoren*  $r, s$ <sup>6</sup> und  $t$  vorgegeben. Zusammen mit der Hochzahl  $n$  wird also die Kurvenform der Exponentialfunktion festgelegt und die Nutzeneinbuße einer bestimmten Kundengruppe durch eine etwaige Abweichung von deren Präferenzen angegeben. In Abbildung 4.4 sind zwei exemplarische Preisauflschlagsterme für die Kategorien Leistung und Präferenz unter der Annahme einer Parameterwahl von  $(r=1, s=1, t=31)$ <sup>7</sup> dargestellt. Letztendlich fällt die Kaufentscheidung des Kunden auf das Produkt mit dem aus seiner Position geringsten effektiven Preis.

Die unsymmetrische Kurvenform für die Kategorie Leistung rührt von dem Umstand her, dass eine positive Abweichung der Kesselleistung – die Kesselleistung ist höher als die vom Kunden bevorzugte – als weniger störend wahrgenommen wird, als eine negative. Tatsächlich wurde in den in dieser Arbeit durchgeführten Analysen jedoch eine symmetrische Preisauflschlagstermefunktion für die Leistung angenommen.

Nach Vorbild des am EEG<sup>8</sup> verwendeten Modellen (vgl. *Invert/EE-Lab* bzw. *ERNSTL/EE-Lab*) werden auch noch die in einem bestimmten Toleranzband über dem geringsten Preis liegenden Produkte dem geringsten Preis ebenbürtig behandelt. Die Entscheidungsfindung für ein Produkt in diesem Toleranzband erfolgt durch die Anwendung einer Gleichverteilung. Bei der Auswertung des Modells werden mehrere Kundengruppen, d.h. verschiedene Konstellationen der Parameter  $r, s, t$  und der generellen Kurvenform untersucht.

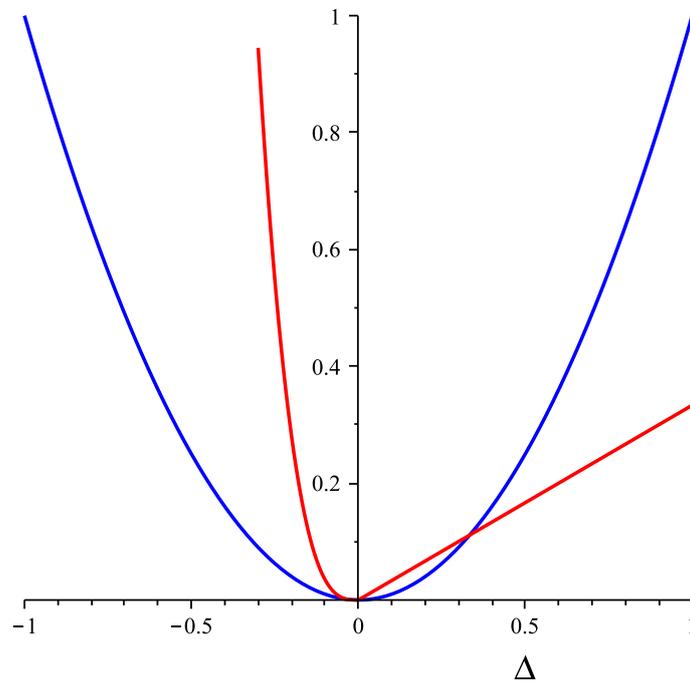
## 4.5 Stärken und Schwächen des Modells

Folgende Stärken weist das vorliegende Modell auf:

<sup>6</sup>Da es sich bei der Qualität eines Produktes um etwas wünschenswertes handelt, ist der Preisauflschlagstermfaktor  $s$  negativ und sein zugehöriger Aufschlagsterm wirkt demnach preismindernd.

<sup>7</sup>Da im Einheitsintervall gearbeitet wird, hat man zu berücksichtigen, dass kubische Funktionen im Intervall  $[0,1]$  geringere Werte aufweisen als quadratische Funktionen. Dieser Umstand muss durch die Wahl eines bestimmten Verhältnisses der Parameter  $r$  und  $t$  berücksichtigt werden.

<sup>8</sup>Energy Economics Group, [www.eeg.tuwien.ac.at](http://www.eeg.tuwien.ac.at)



**Abbildung 4.4:** Preisanstieg der Preisaufschlagsterme über die Variation  $\Delta$  aufgetragen. (blau = Präferenzabweichung, rot = Leistungsabweichung)

- Berücksichtigung von verschiedenen Kundenpräferenzen.
- Umlegung eines qualitativen in einen quantitativen Entscheidungsprozess.
- Anschauliche Darstellung und einfache Vergleichsmöglichkeit von verschiedenen Pelletkesseln.
- Einfache Ableitung von Trends und Ortung von Ausreißern möglich.
- Übersichtliche Darstellung von Herstellerproduktportfolios.
- Lücken im Angebot, welche durch potentielle Konkurrenten genutzt werden könnten, können einfach bestimmt werden.
- Fiktive Produkte sind einfach ins Modell zu integrieren.

Demgegenüber sind folgende Schwächen vorhanden:

- Die Abbildung der Kesseleigenschaften auf einen Index ist nicht eindeutig. Verschiedene Kesseleigenschaften können zum gleichen Indexwert führen.
- Die Preisangaben müssen trotz sorgfältiger Erhebung aufgrund der Komplexität der Preisgestaltung als Richtwerte interpretiert werden.
- Die Kundenpräferenzen sind aus bestehenden Studien und empirischen Erhebungen nur schwer ableitbar.

- Der Einfluss der Vertriebsnetze wird nicht berücksichtigt.
- Der Einfluss der Marke wird nicht berücksichtigt.
- Der Einfluss der Installateure (Rabatte) kann nur indirekt über verschiedene Parametersätze berücksichtigt werden.
- Die Verarbeitungsqualität eines Pelletkessels wird nicht in der Kategorie Qualität berücksichtigt. Es wird nur die eingesetzte Technologie bewertet.

Aus dem vorliegenden Stärken-Schwächen-Profil ergibt sich folgender Einsatzbereich des Modells:

- Produktspezifische Analyse eines Marktes mit dem Fokus auf die Wechselwirkung zwischen Angebot und Nachfrage.
- Darstellungsmöglichkeit der Produktplatzierung von verschiedenen Herstellern.
- Grobe Analyse der Wettbewerbsverhältnisse unter den Herstellern.
- Definition von Kundensegmenten und Darstellung ihrer bevorzugten Produkte.

## 4.6 Notwendige Ergänzungen für eine Ausdehnung des Modells auf den gesamten Heizungsmarkt

Im Hinblick darauf, dass eine vollständige Untersuchung des Pelletheizungsmarktes nur im Kontext des gesamten Heizungsmarktes erfolgen kann, stellt sich die Frage, unter welchen Voraussetzungen eine derartige Erweiterung stattfinden könnte:

- Typenprüfberichte für andere Heizkessel/-anlagen müssen vorhanden sein.
- Die Heizungseigenschaften von Qualitäts- und Präferenzindex müssen auf Kosten der Differenzierung der Pelletkessel verallgemeinert werden.
- Die Preise müssen um vorhandene Förderungen korrigiert werden (länderabhängig).
- Zusätzliche generelle Präferenz für ein Heizsystem muss berücksichtigt werden.

Zusätzlich steht man bei der Modellierung des gesamten Marktes vor folgenden Herausforderungen:

- Die Brennstoffkosten, -qualität und -verfügbarkeit müssen berücksichtigt werden (gesamte Kundennachfrage variiert in Abhängigkeit dieser drei Brennstoffaspekte.) Darüber hinaus ist eine
- ortsabhängige Variation der Brennstoffverhältnisse zu beachten → Sensitivitätsanalyse
- Die Bewertung wäre nur ein reiner Wärmequellenvergleich. Für die Wahl der Heizanlage spielen jedoch die individuellen Rahmenbedingungen eine sehr große Rolle (z.B. Isolierung)

zung, verfügbarer Platz, vorhandene Fußbodenheizung, Schornstein, ...) → Die Kaufentscheidung wird immer für ein komplettes Heizsystem getroffen. Davon abhängig ergibt sich die Wahl einer Wärmequelle. Wenn hinsichtlich der tatsächlichen Gegebenheiten dieser Rahmenbedingungen eine Verteilung bekannt wäre, so könnte diese Information in das Modell integriert werden.

## Kapitel 5

# Anwendung des Bewertungsmodells zur partiellen Analyse des österreichischen Pelletkesselmarktes

### 5.1 Beschreibung der Stichprobe

In Abbildung 5.1 sieht man die in der Arbeit betrachteten Pelletkessel in einem Preis-Leistungs-Diagramm eingetragen. Insgesamt wurden 97 Produkte in das Modell aufgenommen. Die Informationen stammen größtenteils aus der von der österreichischen Energieagentur betriebenen Internetplattform *topprodukte.at*<sup>1</sup>, aus den Kesselprüfberichten der *BLT Wieselburg*<sup>2</sup> und aus eigenen Erhebungen. Des Weiteren wurden die Internetpräsenzen und Produktprospekte der Hersteller (siehe Literaturverzeichnis) als Informationsquelle genutzt. Man kann aus Abbildung 5.1 entnehmen, dass generell eine beträchtliche Streuung der Kesselpreise vorliegt. Selbst bei Produkten mit derselben Nennwärmeleistung ergeben sich zum Teil Preisunterschiede von knapp 60%.

### 5.2 Bildung des Präferenzindex

Die Kategorie *Präferenz* wird durch den Präferenzindex repräsentiert. Dieser wird durch die zugehörigen Indizes der in Tabelle 5.1 dargestellten Unterkategorien gebildet. Die Grundlage für die Gewichtung bilden die in der Motivstudie nach S. Klug (2008) gewonnenen Ergebnisse der Kundenbefragung. Dieser Studie nach sind für die Käufer von Heizkesseln folgende Kriterien von besonderer Bedeutung (mit abnehmender Wichtigkeit):

1. geringe Betriebskosten

---

<sup>1</sup>vgl. *topprodukte.at* (2010)

<sup>2</sup>vgl. Lasselsberger (2002)

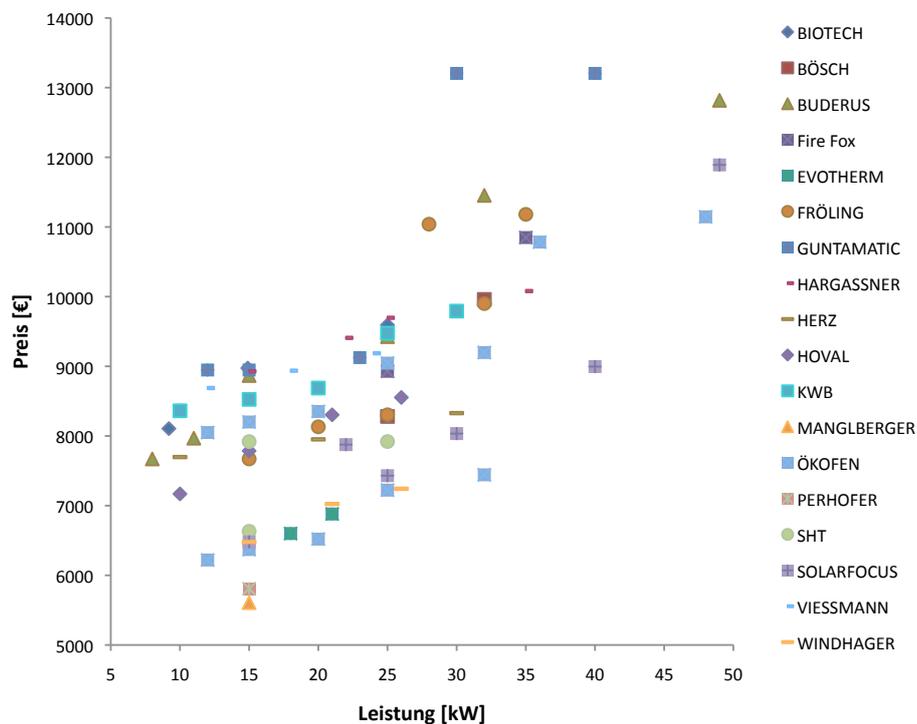


Abbildung 5.1: Darstellung der bewerteten Pelletkessel in der Preis-Leistungs-Ebene.

2. wenig Arbeitsaufwand
3. möglichst wenig daran denken müssen
4. automatische Funktionsweise
5. einfache Bedienung der Steuerung

Wie man sieht, sind „niedrige Betriebskosten“ das größte Anliegen der Kunden. Da über dieses Kriterium jedoch weitgehende Einigkeit besteht, wurde es in der Bildung des Qualitätsindex berücksichtigt. Für den Präferenzindex wurden die Kriterien „wenig Arbeitsaufwand“ und „möglichst wenig daran denken müssen“ zu der Kategorie *Wartungsaufwand* zusammengefasst. Die „automatische Funktionsweise“ und die „einfache Bedienung der Steuerung“ sind der Kategorie *Regelung* zugeordnet worden. Durch die Einbindung der Kategorie *Zusatzoptionen* ist die Zuordnung aller präferenz-abhängigen Kesseleigenschaften zu diesen drei Hauptkategorien möglich. Die in Tabelle 5.1 zugeordneten Gewichtungsfaktoren wurden aufgrund mangelnder quantitativer Informationen aus der Motivstudie geschätzt. Es wurde dabei grundsätzlich eine Gleichgewichtung unterstellt, wobei jedoch aufgrund der Aussagen der Studie den Kategorien *Wartungsaufwand* und *Regelung* eine geringfügig größere Bedeutung im Form einer höheren Gewichtung zugestanden wurde.

Nachfolgend werden die den einzelnen Kategorien zugeordneten Kesseleigenschaften genauer beschrieben.

**Tabelle 5.1:** Einteilung der Kategorie *Präferenz* in gewichtete Subkategorien.

<i>Unterkategorie</i>	<i>Gewichtung [%]</i>
Wartungsaufwand	35
Regelung	35
Zusatzoptionen	30

### 5.2.1 Wartungsaufwand

Grundsätzlich bedürfen holzbefeuerte Anlagen bedingt durch den Brennstoff tendenziell mehr Wartungsaufwand als Öl- oder Gasheizanlagen. Dennoch konnte nach dem heutigen Stand der Technik der notwendige Wartungsaufwand sehr stark verringert werden. Während man bei Stückholzanlagen noch manuell den Brennstoff zuführen muss, ist bei heutigen Pelletheizungen ein automatisches Pellet-Austragungssystem schon zum Standard geworden. Im Pelletkessel selbst machen automatische Reinigungs- und Entaschungseinrichtungen eine manuelle Wartung nahezu überflüssig. Im Sinne eines erhöhten Komforts wird die *Präferenz* beim Vorhandensein derartiger Systeme als positiver bewertet.

**Automatische Kesselreinigung:** Bei der Verbrennung von Holz entstehen notwendigerweise Abgase, welche unter anderem auch einen geringen Anteil an Flugasche beinhalten. Diese Asche lagert sich zum Teil auf den Flächen des Wärmetauschers ab und verringert somit dessen Wirkungsgrad. Aus diesem Grund müssen die Flächen von Zeit zu Zeit gereinigt werden, was bei modernen Pelletkesseln schon ohne Zutun durch eine vollautomatische Einrichtung geschieht. Diese Art von Reinigung bietet selbstverständlich den größten Komfort, hat aber auch erhöhte Investitionskosten zur Folge. Je nach Kundenpräferenz kann auch ein Kessel mit halbautomatischer Reinigung vorgezogen werden, bei der durch einen außen zugänglichen Hebel die Reinigung der Wärmetauscherflächen manuell durchgeführt werden kann. Generell sollte aber auch bei einer vollautomatischen Reinigungsanlage der Kessel einmal in Jahr einer Komplettreinigung unterzogen werden (Eisenach, 2007).

**Automatische Entaschung:** Der Rost einer Pelletfeuerung muss in regelmässigen Abständen entweder manuell, oder durch eine automatische Einrichtung gesäubert werden. Was ein Kunde bevorzugt hängt im Wesentlichen davon ab, wieviel Arbeitsaufwand er bereit ist in die Heizanlage zu investieren.

**Volumen der Aschelade:** Generell ist der Ascheanfall bei Pelletheizungen gering. Bei einem durchschnittlichen Einfamilienhaus fallen pro Jahr ca. 20 kg Asche an (Eisenach, 2007). Wie oft der Aschebehälter entleert werden muss, hängt von seinem Volumen ab. Bei heutigen Anlagen kann man je nach Betriebsdauer der Heizung mit ein bis drei Entleerungen pro

**Tabelle 5.2:** Punkteverteilung bei der Kategorisierung von Grafikdisplays bei Pelletheizungen.

<i>Beschreibung</i>	<i>Punkte</i>
Textdisplay, Funktionstasten	1
Vollgrafikfähiges Display, Funktionstasten	2
Großer vollgrafikfähiger Touchscreen, mit Animationen	3

Heizsaison rechnen.

**Aschekomprimierung:** Um Bauvolumen einzusparen, bzw. bei gleichem Bauvolumen die Entleerungsintervalle zu verlängern, verfügen manche Heizkessel über eine eingebaute Aschekomprimierung.

### 5.2.2 Regelung

Die Regelung ist das Herzstück eines Heizkessels. Sie sorgt dafür, dass die Wärmeleistung der Heizanlage stets an den aktuellen Bedarf angepasst wird. Diese Anpassung kann durch eine Variation der Brennstoffzufuhr, der Verbrennungsluftzufuhr, oder durch eine Änderung der in das Heizsystem zugeführten Wassermenge geschehen. Generell hat man nach Krapf (2002) zwischen drei verschiedenen Regelsystemen zu unterscheiden. Diese sind die

- Kesselkreisregelung, die
- Heizkreisregelung und die
- Raumtemperaturregelung.

Das in moderne Pelletheizungen integrierte Regelungsmodul umfasst im Normalfall alle drei Regelkreise. Im Folgenden werden die für eine Kategorisierung der Regelung aufgenommenen Kesseleigenschaften genauer beschrieben. Alle angeführten Eigenschaften erhöhen den Leistungsumfang einer Pelletheizung und wirken sich damit positiv auf die Präferenz derselben aus.

**Vollgrafikfähiges Display:** Einen wesentlichen Teil zur Benutzerfreundlichkeit einer Anlage trägt ein übersichtliches Grafikdisplay bei. Obwohl im Aufbau der Menüführung hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit noch bemerkenswerte Unterschiede bestehen, ist ein Grafikdisplay heutzutage schon bei allen Modellen vorhanden. In der Bewertung der Präferenz wurden die in Tabelle 5.2 angeführten Punkte vergeben.

**Lambdaregelung:** Um die in einer Pelletheizung auftretenden Verbrennungszustände optimal abzustimmen und um unnötige Emissionen gering zu halten, wird eine Verbrennungsregelung eingesetzt. Die sogenannte Lambdaregelung ist eine Art der Verbrennungsregelung und

kommt in vielen Pelletheizungen zum Einsatz (Krapf, 2002). Dabei misst eine Lambda-Sonde die Luftüberschusszahl, also den Restsauerstoff im Abgas, und macht dadurch die Ermittlung der benötigten Luft- und Brennstoffmengen möglich. Dies gewährleistet eine effiziente und saubere Verbrennung.

**Solarregelung (optional):** Einige Kesselhersteller bieten mittlerweile schon Komplettsysteme an, welche auch eine voll integrierte Solaranlage beinhalten. Dafür ist ein Wärmespeicher notwendig, bei Bedarf auch ein Warmwasserboiler, der einen zweiten Wärmetauscher für die Solaranlage beinhaltet. Bei guten Verhältnissen kann bis zu einem Drittel der Heizlast über die Solaranlage gedeckt werden (Eisenach, 2007).

**Anzahl der möglichen Heizkreise:** Im Normalfall ist die Regelung eines Pelletkessels in der Lage, mehrere Heizkreise getrennt zu regeln. Wie viele Heizkreise möglich sind, hängt von der Komplexität der Regelung ab. Um mehrere Heizkreise mit dem Pelletkessel zu betreiben, müssen in der Regel Zusatzmodule hinzugekauft werden. Die Anzahl der Heizkreise wurde mit 3 Punkten bewertet. Sofern standardmäßig nur ein Heizkreis geregelt werden kann, wurde 1 Punkt vergeben. Wenn in der Standardausführung zusätzlich noch ein Warmwasserkreis geregelt werden kann, wurden 2 Punkte vergeben. 3 Punkte erhielten Regelungen, welche neben der Regelung von mehreren Heizkreisen und einem Warmwasserkreis auch noch eine weitere Wärmequelle regeln können.

### 5.2.3 Zusatzoptionen

**Brennwerttechnik:** Bei der Brennwerttechnik wird durch Abkühlen des Abgases vor dem Austritt in den Kamin die zusätzlich in Form von Wasserdampf gespeicherte Wärmeenergie zurückzugewonnen. Durch die Anwendung dieser Technik kann der Wirkungsgrad des Pelletkessels erhöht werden.

**Kombinationskessel:** Speziell bei der Verfügbarkeit von mehreren Brennstoffquellen besteht der Kundenwunsch, die Heizanlage mit mehreren Brennstoffen betreiben zu können. Spezielle Anlagen sind genau für diese Anwendung konstruiert worden. Im Normalfall bedeutet aber die Unabhängigkeit von einem spezifizierten Brennstoff eine Verschlechterung der Verbrennungsqualität und somit des Wirkungsgrades einer Heizanlage. Sofern jedoch die restlichen Werte der Heizung gleich bleiben, bedeutet diese Erweiterungsmöglichkeit eine Erhöhung der Präferenz.

**Pelletentstaubung:** Für eine ideale Verbrennung muss der Brennstoff gewisse Kriterien erfüllen. Die geforderte Brennstoffqualität wird mittlerweile durch verschiedene qualitätssichernde Maßnahmen, wie z.B. Qualitätssiegel, größtenteils sichergestellt (DEPI, 2010). Um

letztlich auch noch eine etwaige äußere Verunreinigungen vom Brennstoff zu trennen, wird von manchen Herstellern eine Pelletentstaubung angeboten.

**Raumbediengerät:** Zusätzlichen Komfort bringt ein Raumbediengerät, durch das die Pelletheizung von einem der Wohnräume aus geregelt werden kann.

**SMS-Fernbedienung (optional):** Die Möglichkeit die Pelletheizung über ein Mobiltelefon zu steuern, ermöglicht einen zusätzlichen Komfort beim Heizungsbetrieb. Der Zusatz *optional* bedeutet in diesem und den nachfolgenden Fällen, dass diese Zusatzleistung nicht in der momentanen Preisangabe inkludiert ist, aber grundsätzlich von diesem Hersteller als Option angeboten wird.

**Internet Fernwartung (optional):** Zum einen haben die Hersteller in den meisten Fällen neben der grundsätzlichen Möglichkeit über ein Modem auf die Pelletheizung zuzugreifen auch eine PC-Software im Lieferangebot enthalten. Diese ermöglicht dem Kunden nicht nur eine Visualisierung und Aufzeichnung der Kesseldaten, sondern auch die Möglichkeit die Heizung über einen PC ortsunabhängig zu bedienen. Zum anderen ist im Zuge der Wahl dieser Zusatzoption auch die Fernwartung durch den Hersteller-Kundendienst möglich.

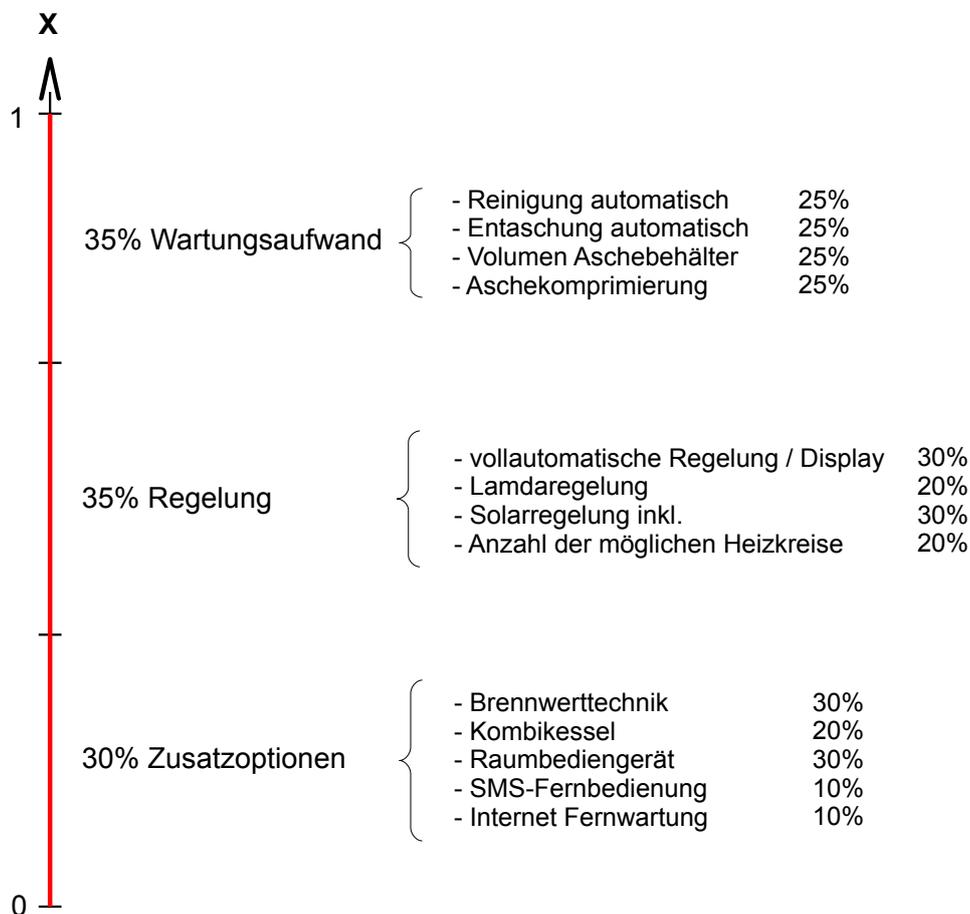
**Solarregelung (optional):** Die Kombination von verschiedenen Wärmequellen in einer Heizanlage gewinnt zunehmend an Bedeutung. Das Betreiben einer Pelletheizung in Kombination mit einer Solaranlage bringt gegebenenfalls einen Kostenvorteil mit sich und wird schon von vielen Herstellern empfohlen. Da oftmals im Zuge der Planung einer Heizanlage der zu erwartende Ertrag einer optionalen Solaranlage nicht sicher prognostiziert werden kann, bieten manche Kesselhersteller die Möglichkeit einer Solarertragsmessung an.

Im Zuge der nachfolgenden Bildung des Präferenzindex werden die eben beschriebenen Kesseleigenschaften über die Ausdrücke  $x_{ij}$  formalisiert. Nach der Evaluierung aller Kesseleigenschaften  $x_{ij}$  bilden wir durch zweimaliger<sup>3</sup> Anwendung der Funktion (4.3) für den Pelletkessel des Herstellers  $a$  mit der Produktnummer  $b$  durch die Abbildung auf den Präferenzindex

$$X_{ab} := \sum_{i=1}^4 g_i^X \sum_{j=1}^n g_{ij}^X \cdot (k_{ij}^X \cdot x_{ij} + d_{ij}^X) \quad \in [0, 1] \quad (5.1)$$

den normierten Wert der Präferenz dieses Produktes. In (5.1) bedeutet  $n$  die Anzahl der zu einer Unterkategorie zugehörigen Kesseleigenschaften und das hochgestellte  $X$  zeigt an, dass es sich um die Transformationsfaktoren des Präferenzindex handelt. Die Konstanten  $g_i$  und  $g_{ij}$  stellen die Gewichtungsfaktoren der Unterkategorien und der Kesseleigenschaften dar. Die

<sup>3</sup>Die Funktion (4.3) wird geschachtelt angewendet. Zunächst werden aus den Unterkategorien vier Indizes gebildet, aus welchen dann der Hauptindex zusammengesetzt wird.



**Abbildung 5.2:** Darstellung der Zusammensetzung des Präferenzindex. Zusätzlich angeführt sind die Gewichtungen der Haupt- und Unterkategorien.

Gewichtungsfaktoren der Unterkategorien wurden wie auch schon die Faktoren der Hauptkategorien geschätzt. Ausgehend von einer Gleichverteilung wurde in manchen Fällen in Hinblick auf den vermuteten Kundennutzen die Gleichverteilung der Gewichtungsfaktoren geringfügig verändert. In Abbildung 5.2 ist nochmals die Zusammensetzung des Präferenzindex grafisch dargestellt.

### 5.3 Bildung des Qualitätsindex

Der Qualitätsindex bildet die Qualität eines Pelletkessels auf dem Einheitsintervall ab. Wie schon bei der Bildung des Präferenzindex wird die Qualität eines Pelletkessels wiederum in Unterkategorien eingeteilt, denen dann bestimmte Kesseleigenschaften zugeordnet werden. Die Auswahl und Gewichtung der Unterkategorien ergab sich aus den Ergebnissen der Häuslbauerstudie 2007 (*Market*, 2007) und ist in Tabelle 5.3 dargestellt. Qualitative Kesseleigenschaften

**Tabelle 5.3:** Darstellung der wichtigsten Ergebnisse der Häuslbauerstudie 2007 aus einer Befragung über die Entscheidungsgründe bei einem Kauf eines Heizsystems. *Quelle: Market (2007)*

<i>Kategorie</i>	<i>Gewichtung [%]</i>
Betriebskosten	75
Brennstoffverfügbarkeit	71
Störungsanfälligkeit	68
Komfort	62
Betriebssicherheit	59
Kundendienst	57
Umweltfreundlichkeit	50

unterscheiden sich von den präferenzabhängigen Eigenschaften insofern, als dass sie sich einerseits in eine bestimmte, für alle Kunden gültige Ordnung einteilen lassen und andererseits, unabhängig von den Rahmenbedingungen unter denen der Kessel betrieben wird, eine Aussage über den Kundennutzen des Heizkessels erlauben.

Wie auch schon in S. Klug (2008) angegeben, stellen die Betriebskosten die wichtigste Entscheidungsgrundlage dar. Die Brennstoffverfügbarkeit ist kein Kriterium, welches sich direkt auf die Heiztechnologie bezieht und wird daher nicht betrachtet. Bezüglich der Störungsanfälligkeit war es nicht möglich eine zuverlässige Messgröße zu erheben. Die Störungsanfälligkeit geht aus bestehenden Referenzprojekten hervor und wird hauptsächlich über Mundpropaganda kommuniziert. Aus diesem Grund wird sie in dieser Kategorisierung nicht berücksichtigt. Da die Ergebnisse der Häuslbauerstudie in quantitativer Form vorliegen, wurden die Gewichtungsfaktoren der einzelnen Kategorien direkt durch eine Umrechnung der Punktebeurteilung in Prozent berechnet.

### 5.3.1 Betriebskosten

Die Betriebskosten einer Heizung stellen das am höchsten bewertete Kriterium bei der Kaufentscheidung für eine Heizung dar<sup>4</sup>. Je niedriger die Betriebskosten einer Heizung sind, desto qualitativ höherwertiger wird sie in dieser Indizierung eingestuft. Die Betriebskosten ergeben sich, abgesehen von etwaiger Wartungs- und Instandhaltungskosten, durch den Wirkungsgrad der Heizung, der Abstrahlverluste und dem Stromverbrauch des Heizkessels.

**Kesselwirkungsgrad bei Nennleistung:** Bei den Angaben zum Wirkungsgrad eines Pelletkessel ist zwischen einen feuerungstechnischen und einem direkten Wirkungsgrad zu unterscheiden. Der feuerungstechnische Wirkungsgrad berücksichtigt nur die Abgasverluste, während beim direkten Wirkungsgrad sämtliche auftretende Verluste berücksichtigt werden. In

<sup>4</sup>vgl.S. Klug (2008), *Market* (2007)

diesem Fall wird nur der feuerungstechnische Wirkungsgrad zur Bewertung herangezogen und bei den Gewichtungsfaktoren geringer gewichtet als der Wirkungsgrad bei Teillast, da der Kessel im Normalfall einen Großteil seiner Einsatzzeit unter Teillast betrieben wird.

**Kesselwirkungsgrad bei Teillast:** Durch den Kesselwirkungsgrad kann auf die benötigte Brennstoffmenge geschlossen werden, also indirekt ein Rückschluss auf die zu erwartenden Betriebskosten getroffen werden.

**Abstrahlverluste bei Nennleistung:** Die Abstrahlverluste erwärmen nur den Heizraum und können nicht für die Wärmegegewinnung in den Wohnräumen genutzt werden. Geringere Abstrahlverluste werden daher positiv bewertet.

**Durchschnittlicher Stromverbrauch bei Nennleistung:** Genau genommen muss man auch noch den tatsächlich beim Aufheizen einer Anlage auftretenden Stromverbrauch berücksichtigen. Abhängig von der Zündeinrichtung und der Anzahl der Brennerzündungen kann dieser Verbrauch einen wesentlichen Beitrag zu den Betriebskosten liefern, jedoch werden von den Kesselherstellern diesbezüglich keine Daten veröffentlicht.

### 5.3.2 Komfort

**Maximaler Wärmeleistungsbereich:** Die kleinste mögliche Wärmeausgangsleistung entscheidet in Zeiten geringer Heizlast darüber, ob sich der Kessel noch im Dauerbetrieb befinden kann, oder ob er schon getaktet betrieben werden muss. Beim Takten tritt aufgrund des ständigen Ein- und Ausschaltens des Brenners ein erhöhter Stromverbrauch auf. Die Fähigkeit eines Heizkessels, seine Wärmeleistung variieren zu können, ist vor allem bei gut gedämmten Gebäuden von Bedeutung.

### 5.3.3 Betriebssicherheit

**Rückbrandschutz:** Ein Rückbrandschutz verhindert im Falle einer Fehlfunktion einen Rückbrand der Gase in den Pelletlagerbehälter. Neben Wasserlöscheinrichtungen und mechanischen Klappen kommt auch noch die Zellradschleuse zum Einsatz. In der Praxis kommen verschiedene Rückbrandsicherungssysteme zum Einsatz. Die in Tabelle 5.4 aufgelistete Punkteverteilung dient als Bewertungsgrundlage für die verschiedenen Rückbrandsicherungen und basiert auf den Ergebnissen von Gerber (2008). Für den Fall, dass mehrere Rückbrandsicherungen gleichzeitig in einer Heizung realisiert sind, werden die angegebenen Punkte addiert.

### 5.3.4 Kundendienst

**Anzahl der Servicestellen in Österreich:** Nachdem der Installateur in den meisten Fällen nicht mit den Details der Heizanlage vertraut ist, sollte kurzfristig ein Mitarbeiter des

**Tabelle 5.4:** Bewertung der Rückbrandsicherungssysteme von Pelletheizungen. *Quelle: Gerber (2008, S.72ff)*

<i>Technische Ausführung</i>	<i>Punktebewertung</i>
Absperrventil	0
Absperrklappe	0,5
Fallstufe	1
Zellradschleuse	2
Luftdichter Kugelhahn	1,5

Kesselherstellers für eine mögliche Reparatur zur Verfügung stehen.

**24h-Servicehotline:** Im Falle einer Kesselstörung – insbesondere an Wochenenden und Feiertagen – ist man in den meisten Fällen dazu gezwungen, selbst nach der möglichen Fehlerursache zu suchen. Einen wertvollen Dienst kann hier eine telefonische Hilfestellung leisten.

**Garantiezeit auf die Gesamtanlage:** Als qualitätssteigernde Maßnahme bieten manche Hersteller eine über die gesetzlichen Mindestverpflichtungen hinausgehende Garantiezeit auf die Pelletheizung an. Aufgrund von eigenen Recherchen liegt jedoch die Vermutung nahe, dass im Zuge dieser Garantieverlängerung in so gut wie allen Fällen ein zusätzlicher Wartungsvertrag abgeschlossen werden muss.

### 5.3.5 Umweltfreundlichkeit

**Kohlenstoffmonoxid-Emissionen CO bei Nennleistung:** Die Kohlenstoffmonoxid-Emissionen sind das Hauptkriterium zur Beurteilung der Qualität eines Verbrennungssystems.

**Kohlenstoffmonoxid-Emissionen CO bei Teillast:** Wie auch schon beim Kesselwirkungsgrad kommt den CO-Emissionen im Teillastbetrieb eine höhere Bedeutung zu, weil der Heizkessel größtenteils in Teillastbetrieb arbeitet. Dieser Umstand äußert sich in der Veranschlagung eines höheren Gewichtungsfaktors für diese Charakteristik.

**Ausstoß von Stickstoffoxiden:** Die Primärluftmenge und die Gluthöhe beeinflussen die Bildung thermischer Stickoxyde. Bei großem Glutbett mit geringer Primärluftmenge fällt der NO<sub>x</sub>-Gehalt deutlich geringer aus als bei niedrigem Glutbett und viel Primärluft.

**Ausstoß von Staub:** Die Staubemissionen sind einerseits abhängig von der Korngröße des verwendeten Pelletsvormaterials, andererseits konstruktionsabhängig (Entspannungs- bzw.

Staubabscheidungszone) bedingt. Modernste Pelletanlagen weisen einen Wert von ca.  $8\text{mg}/\text{Nm}^3$  auf.

In gleicher Weise wie bei der Bildung des Präferenzindex in (5.1) gehen wir nun bei der Bildung des Qualitätsindex vor und bewerten die qualitativen Kesseleigenschaften  $q_{ij}$  des Pelletkessel vom Hersteller  $a$  und der Produktnummer  $b$  durch die Abbildung auf den Qualitätsindex

$$Q_{ab} := \sum_{i=1}^5 g_i^Q \sum_{j=1}^n g_{ij}^Q \cdot (k_{ij}^Q \cdot q_{ij} + d_{ij}^Q) \in [0, 1]. \quad (5.2)$$

In Abbildung 5.3 ist die Zusammensetzung des Qualitätsindex nochmals grafisch dargestellt. Wie schon erwähnt, ergab sich die Gewichtung der Hauptkategorien aus einer Umrechnung der aus der Häuslbauerstudie 2007 gewonnenen Ergebnissen der Kundenbefragung und die Gewichtungsfaktoren für die Kesseleigenschaften wurden wiederum geschätzt. Von einer Gleichverteilung wurde in den Fall des Vorhandenseins einer Charakteristik im Nenn- und im Teillastbetrieb abgewichen, und der Teillastbetrieb doppelt so hoch gewichtet<sup>5</sup>, da modulierende Heizanlagen größtenteils unter Teillast betrieben werden. Die Gewichtung bei den Kriterien des Kundendienstes basiert auf einer Vermutung hinsichtlich des Kundennutzens.

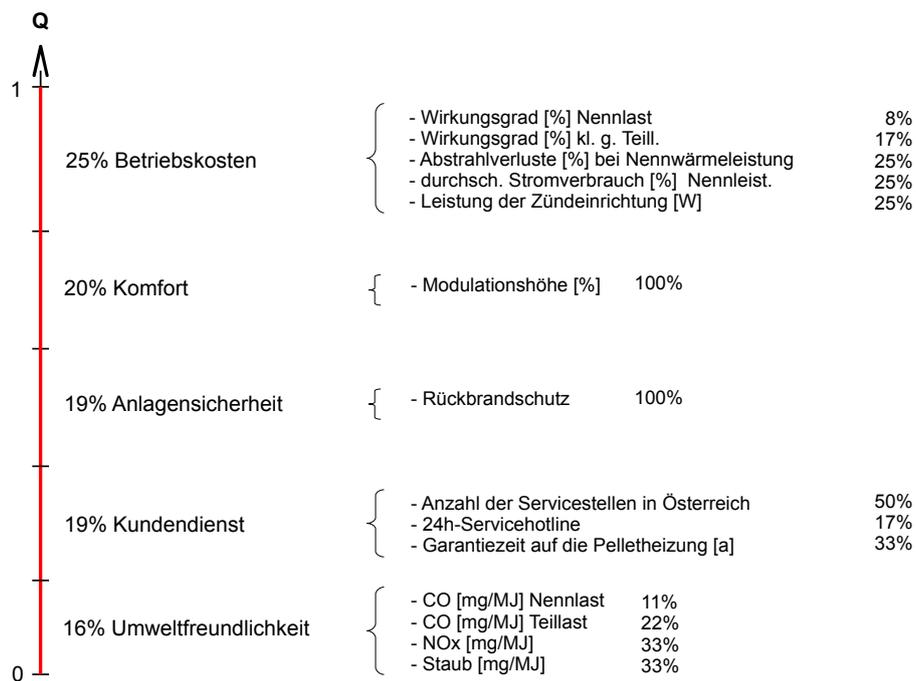
## 5.4 Bildung des Preis- und Leistungsindex

Der Preisindex, als auch der Leistungsindex, unterscheidet sich von den anderen Indizes dadurch, dass er aus nur einer Kesseleigenschaft gebildet wird. Die Notwendigkeit einen Preisindex zu bilden, ergibt sich aus der normierten Berechnung des effektiven Preises (siehe Gleichung 4.4). Eine Berechnung des effektiven Preises in Euro, und somit auch die Angabe der Preisauflagsfaktoren  $r$ ,  $s$  und  $t$  in Euro pro Einheit, wäre rein fiktiv, da die Preisauflagssterme in Gleichung (4.4) tatsächlich die subjektiv empfundene *Nutzeneinbuße* durch eine Abweichung vom präferierten Produkt beschreiben und in dieser Funktion den Herstellerpreis *relativieren*. Die Behandlung der Kesselnennwärmeleistung als eigener Index lässt sich insofern argumentieren, als dass diese ein fundamentales Entscheidungskriterium bei einer Kaufentscheidung darstellt. Durch die Behandlung der Leistung als Index kann sichergestellt werden, dass vorrangig Produkte derselben Leistungsklasse miteinander konkurrieren.

### 5.4.1 Der Produktpreis

Der Preisindex eines Pelletkessels stellt dessen Investitionskosten auf einer  $[0,1]$ -Skala dar, wobei die Extremwerte 0 und 1 den niedrigsten, bzw. den höchsten Wert aller kategorisierten Kessel darstellen. Der Index besteht zu 100% aus der angegebenen Preisempfehlung der

<sup>5</sup>Da die Summe der Gewichtungen den Wert 1 ergeben muss, wurden in diesem Fall die Teil-Gewichtungen mit  $1/3$  Nennlastbetrieb und  $2/3$  Teillastbetrieb angenommen.



**Abbildung 5.3:** Darstellung der Zusammensetzung des Qualitätsindex und der Gewichtung seiner Merkmale.

Hersteller und stellt eine präferenz-unabhängige Größe dar. Im vorliegenden Modell wird der angegebene Herstellerpreis immer in Relation zu der Leistung, Qualität und Präferenz des Pelletkessels gesetzt und daraus ein *effektiver Preis* abgeleitet (siehe Abschnitt 4.4.2). Durch einen Vergleich der effektiven Preise trifft der Kunde seine Kaufentscheidung. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die tatsächliche Kaufentscheidung eines Kunden natürlich von einer Vielzahl an Faktoren abhängt und auch die tatsächlichen Investitionskosten nicht nur den Pelletkessel und dessen Regelung beinhalten, sondern noch zusätzliche Kosten – z.B. durch die Anschaffung eines Pellet-Austragungssystems, eines Pufferspeichers, einer Solaranlage, Installationsmaterial und dergleichen mehr – zu berücksichtigen sind und somit die Investitionskosten der gesamten Heizanlage betrachtet werden müssen. Des Weiteren wird in der Regel die Pelletanlage von einem Installateur montiert, welcher in den meisten Fällen den Kunden einen Rabatt gewähren kann. Auch ist durch diverse Studien<sup>6</sup> belegt, dass die tatsächlichen Investitionskosten oft nicht der ausschlaggebende Grund für, oder gegen einen Kauf sind, sondern die Art der Beratung durch den Installateur, sowie dessen Referenzprojekte bedeutende Faktoren bei der Kaufentscheidung darstellen. Von den eigentlichen Produktkosten abgesehen, spielt natürlich auch die Marktstellung, sowie das Vertriebsnetz des Herstellers eine entscheidende Rolle bei dessen Preisgestaltung.

<sup>6</sup>vgl. Decker (2009)

**Unverbindliche Preisempfehlung des Herstellers:** Diese Preisangabe umfasst den Grundpreis des angegebenen Pelletkessels und beinhaltet außerdem die Kosten einer Standard-Regelung. Nicht enthalten sind in diesem Preis das Pellet-Austragungssystem, zusätzliche Erweiterungsmodule und das notwendige Installationsmaterial. Sofern im Herstellterpreis eine Inbetriebnahme des Kessels inkludiert war, wurde diese herausgerechnet. Alle Preise sind ohne Mehrwertsteuer MWSt. angegeben.

### 5.4.2 Die Leistungsklasse

Die Leistungsklasse eines Heizkessels ist für die Höhe der Betriebskosten einer Heizungsanlage von entscheidender Bedeutung. Die Bestimmung der passenden Leistungsklasse hängt vom konkreten Heizobjekt, sowie dem Heizsystem ab, in welchem der Kessel betrieben werden soll und ist im Zuge einer Wärmebedarfsrechnung zu ermitteln. In Österreich ist auf der Grundlage des Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG)<sup>7</sup> bei einem Neubau, Zubau, oder einer umfassenden Sanierung die Ausstellung eines *Energieausweises*<sup>8</sup> zwingend vorgeschrieben. Der Energieausweis stellt im Wesentlichen eine energetische Bewertung des Heizobjekts dar. Aufbauend auf dieser Bewertung kann dann eine dem Bedürfnissen der Kunden entsprechende Heizanlage geplant und die notwendige Leistungsklasse abgeleitet werden. Zur Beschreibung dieser Kategorie wurde die Kesselnennwärmeleistung herangezogen.

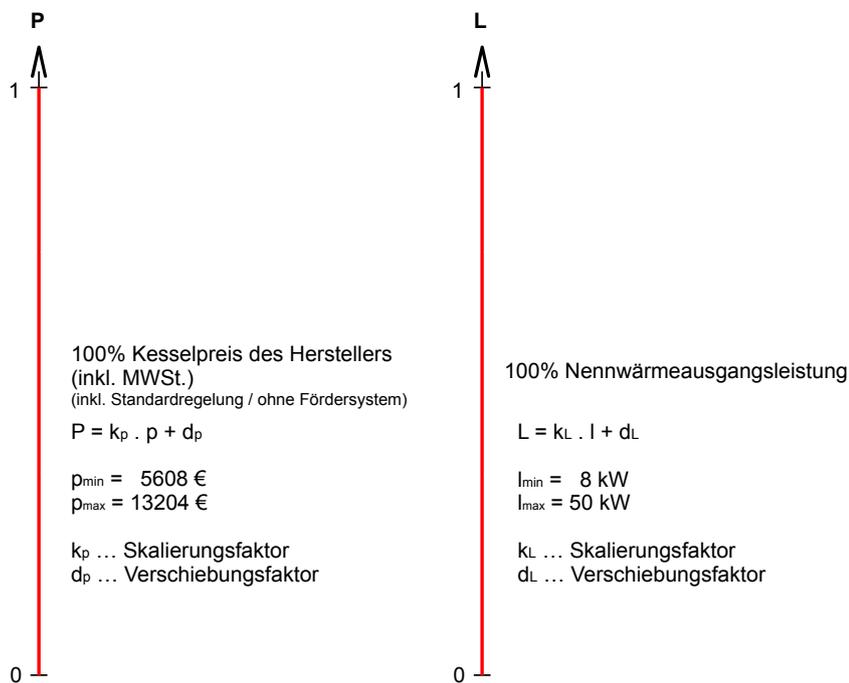
**Kesselnennwärmeleistung:** Die Nennwärmeleistung des Kessels sollte entsprechend der höchsten zu erwartenden Heizlast ausgelegt werden. Wird die Leistung zu hoch gewählt, so wird der Heizkessel immer im Teillastbereich betrieben, was zu schlechteren Verbrennungswerten, Wirkungsgraden und letztlich höheren Betriebskosten führt. Wird die Leistung des Kessels zu gering gewählt, so hat man entweder mit kalten Wohnräumen, oder erhöhten Kosten für eine zusätzliche Wärmequelle zu rechnen. In jedem Fall entstehen bei einer Über- bzw. Unterdimensionierung des Heizkessels immer unnötige Betriebskosten. In der Regel fallen bei Kesseln mit einer höheren Nennleistung auch höhere Investitionskosten an. Die Bewertung des Leistungsindex ist demnach präferenz-abhängig.

In Abbildung 5.4 ist die Zusammensetzung des Preis- und Leistungsindex nochmals dargestellt. Die Berechnung des Indexwertes ergibt sich wie schon bei den vorherigen Indizes mittels der Funktion (4.1) zu

$$P = k^P \cdot p + d^P, \quad d^P = \frac{1}{1 - \frac{p_{\max}}{p_{\min}}}, \quad k^P = -\frac{d^P}{p_{\min}} \quad (5.3)$$

<sup>7</sup>Bundesgesetz über die Pflicht zur Vorlage eines Energieausweises beim Verkauf und bei der In-Bestand-Gabe von Gebäuden und Nutzungsobjekten (Energieausweis-Vorlage-Gesetz – EAVG)

<sup>8</sup>[www.energieausweis.at](http://www.energieausweis.at)



**Abbildung 5.4:** Darstellung der Zusammensetzung des Preis- und des Leistungsindex, sowie der Normierungsgleichung. Auch angeführt sind die Extremwerte von Preis und Leistung, welche die Indexgrenzen 0 und 1 darstellen.

und

$$L = k^L \cdot l + d^L, \quad d^L = \frac{1}{1 - \frac{l_{\max}}{l_{\min}}}, \quad k^L = -\frac{d^L}{l_{\min}} \quad (5.4)$$

wobei die minimalen und maximalen Werte die Extremwerte aller kategorisierten Produkte bezeichnen und das hochgestellte  $P$  und  $L$  kennzeichnet, dass es sich um Faktoren des Preis-, bzw. Leistungsindex handelt. In Abbildung 5.4 ist die Zusammensetzung des Preis- und Leistungsindex nochmals grafisch aufbereitet.

## 5.5 Kategorisierung der Stichprobe durch die Abbildung in Bewertungsebenen

Wie in Abschnitt 4.4.1 beschrieben, wurde mittels der in der Stichprobe erhobenen Kesseleigenschaften eine Abbildung auf die Indizes *Preis*, *Leistung*, *Qualität* und *Präferenz* durchgeführt und dadurch eine Bewertung derselben ermöglicht.

In Abbildung 5.5 sieht man die Preis-Leistungsebene aufgespannt. Jedes einzelne Produkt wird durch das Wertepaar  $(P_{ab}, L_{ab})$  in der Ebene abgebildet. Der Wert des jeweiligen Preis- und Leistungsindex errechnet sich aus der tatsächlichen Größe durch die Gleichungen 5.3 und 5.4.

Aus Abbildung 5.5 kann man einen positiven Trend zwischen den Kategorien Preis und Leistung ablesen. Während der Großteil der bewerteten Produkte im unteren bis mittleren Leistungsbereich zu finden ist, sind im oberen Leistungsbereich nur mehr Produkte der Unternehmen *Ökofen*, *Solarfocus* und *Buderus* angesiedelt. Deutlich erkennbar ist, dass die Produkte von *Guntamatic* über den gesamten Leistungsbereich zu denen mit den höchsten Preisen zählen. Im Gegenzug dazu sind die Pelletheizungen von *Manglberger* und *Perhofer* die billigsten Produkte in ihrer Leistungsklasse. Auch eine Produktreihe von *Ökofen* befindet sich am unteren Rand der Preiswolke. Die restlichen Produkte sind in der Mitte angesiedelt.

Eine Produktreihe ist deutlich dadurch zu identifizieren, dass mit steigender Leistung eine stetige Zunahme des Preises zu beobachten ist. Beispielsweise sieht man bei den Produkten des Unternehmens *Fröling* im unteren Leistungsbereich einen kontinuierlichen Preisanstieg der Produkte, während bei den Leistungswerten 0,48 und 0,64 ein Preissprung auftritt. Während die leistungsschwächeren Produkte zur Produktreihe *P4* gehören, sind die zwei hochpreisigen Produkte aus der Produktreihe *Turbomatic*.

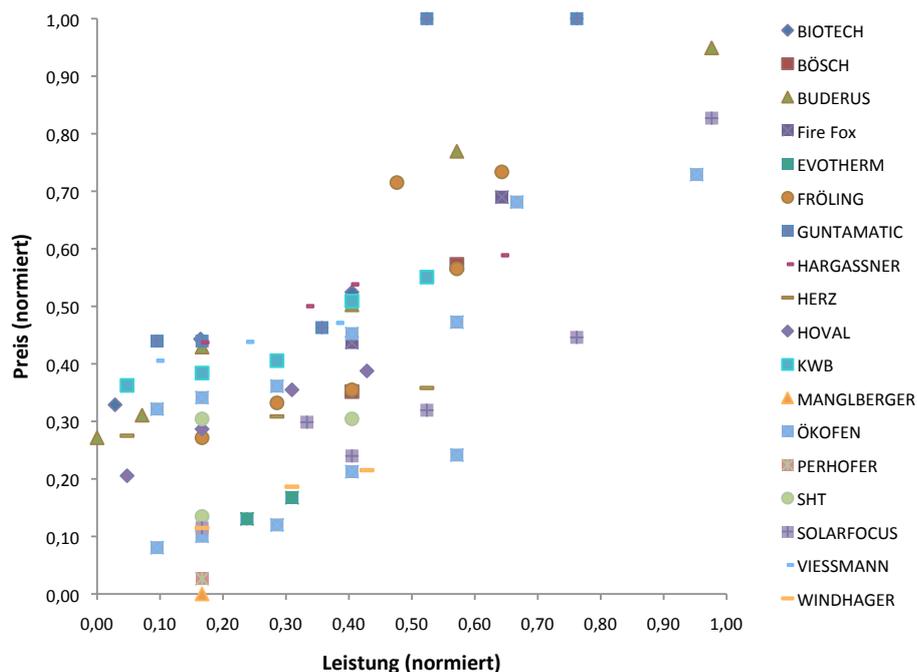


Abbildung 5.5: Die Preis-Leistungs-Ebene.

Abbildung 5.6 zeigt den Zusammenhang zwischen der Kategorie *Preis* und *Qualität*. Auffallend ist, dass alle Produkte in einem Band entlang des mittleren Qualitätsindex angeordnet sind. Das bedeutet, dass der Großteil der Produkte nur bei bestimmten Kesseleigenschaften Spitzenwerte erzielt und sich kein Produkt in der Stichprobe befindet, welches durchgehend schlechte, bzw. exzellente Qualitätswerte aufweist. Die Qualitätsführer sind die Unternehmen

*Hargassner*, *Fröling*, *Solarfocus* und *Manglberger*, wobei die Unternehmen *Solarfocus* und *Manglberger* zusätzlich den niedrigsten Produktpreis aufweisen. Die hochpreisigen Produkte von *Guntamatic* ordnen sich in dieser Gegenüberstellung zwar im oberen Qualitätsbereich ein, können aber nicht die Qualitätsführerschaft für sich beanspruchen. Zu den qualitativ minderwertigsten Produkten gehören die Produkte des Unternehmens *Biotech* und die Produkte der Produktreihe *thermodual* des Unternehmens *SHT*, welche auch mit Scheitholz betrieben werden können. Generell lässt sich aus der Qualitätsbewertung ableiten, dass Produkte, die mit verschiedenen Brennstoffen betrieben werden können, qualitativ schlechtere Werte besitzen als Produkte, die nur auf die Verbrennung von Pellets spezialisiert sind.

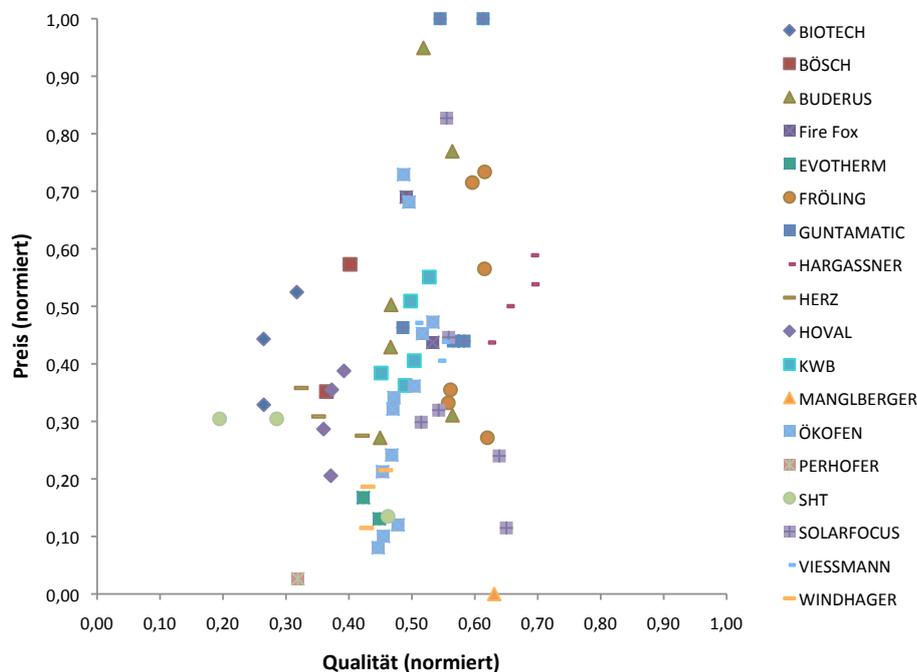


Abbildung 5.6: Die Preis-Qualitäts-Ebene.

Bei der Aufteilung der Präferenz in Abbildung 5.7 erkennt man eine Streuung über den gesamten Bewertungsbereich. Die Produkte eines Unternehmens, genauer die einer Produktreihe, unterscheiden sich in ihrer Präferenz in den meisten Fällen nicht. Dieser Umstand ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass alle Produkte einer Reihe mit dem gleichen Standard-Regelungsmodul, sowie denselben Automatisierungsgrad ausgeführt ist.

Die Produkte der einzelnen Unternehmen unterscheiden sich jedoch in ihrer Präferenz. So sieht man das das Unternehmen *Fröling* der Präferenzführer ist und mit einem kleinen Vorsprung gegenüber den Produkten der Unternehmen *Solarfocus* und *Hargassner* angeordnet ist. Die Pelletheizung *Pellet Top 15* von *Solarfocus* sticht hier mit einer Präferenz von 0,69 und einem Preis von 0,11 besonders hervor. Den Abschluss der Präferenzskala bilden verschiedene

Produkte der Unternehmen *Guntamatic* und *Fire Fox*.

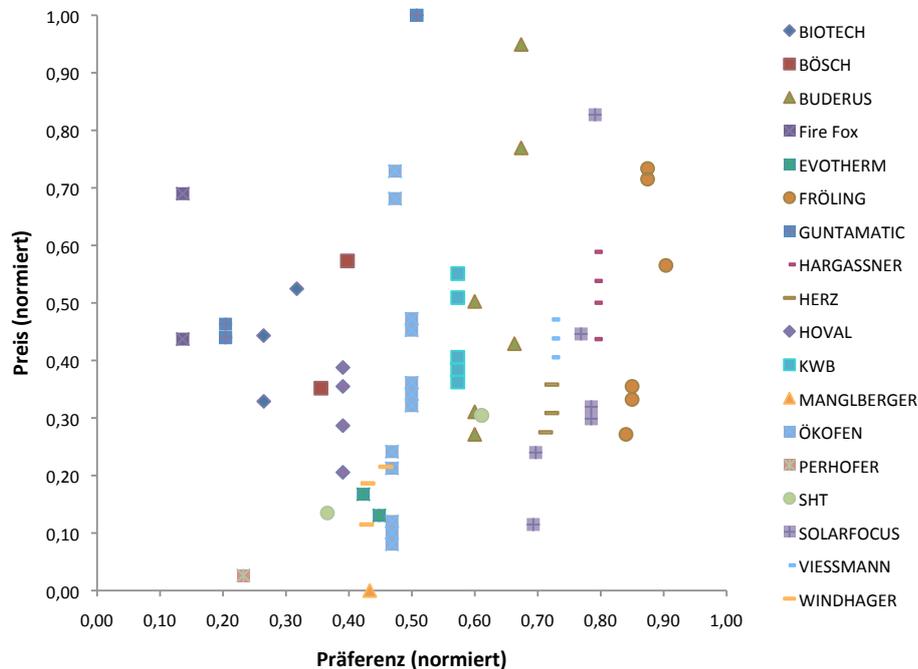


Abbildung 5.7: Die Preis-Präferenz-Ebene.

Die Leistungs-Präferenz-Ebene in Abbildung 5.8 wird aus den beiden präferenz-abhängigen Indizes gebildet und sollte somit im Idealfall die Präferenzen der Kunden abbilden. Tatsächlich ist eine gute Streuung der Produkte über der Ebene erkennbar. An den Stellen, bei der eine örtliche Nähe der Produkte mehrerer Unternehmen zu sehen ist, kann auf eine verstärkte Konkurrenzsituation geschlossen werden. So fällt z.B. im unteren Leistungsbereich bei einer Präferenz um 0,45 auf, dass die Unternehmen *SHT*, *Hoval*, *Windhager*, *Manglberger* und *Ökofen* sich einen Bereich gemeinsamer Präferenz teilen. Bei einer höheren Präferenz von 0,6 findet man die gleiche Situation zwischen den Unternehmen *KWB*, *Buderus* und *SHT* vor. Auffallend ist des Weiteren, dass der Bereich links oben in Abbildung 5.8 gar nicht besetzt ist. Genau in diesen Bereich fallen aber zu einen großen Bereich die Hackschnitzel- und Scheitholzheizungen, welche in dieser Arbeit aber nicht behandelt werden. Gleichermäßen wird der kleine Freiraum rechts unten von den Pelletöfen abgedeckt, welche in der vorliegenden Kategorisierung auch unberücksichtigt blieben.

## 5.6 Schrittweise Bewertung der Stichprobe

Die in Abschnitt 5.5 durchgeführte Analyse der Stichprobe basierte auf der Grundlage einer Visualisierung der Produkte in verschiedenen Bewertungsebenen. Diese Darstellung ermöglichte

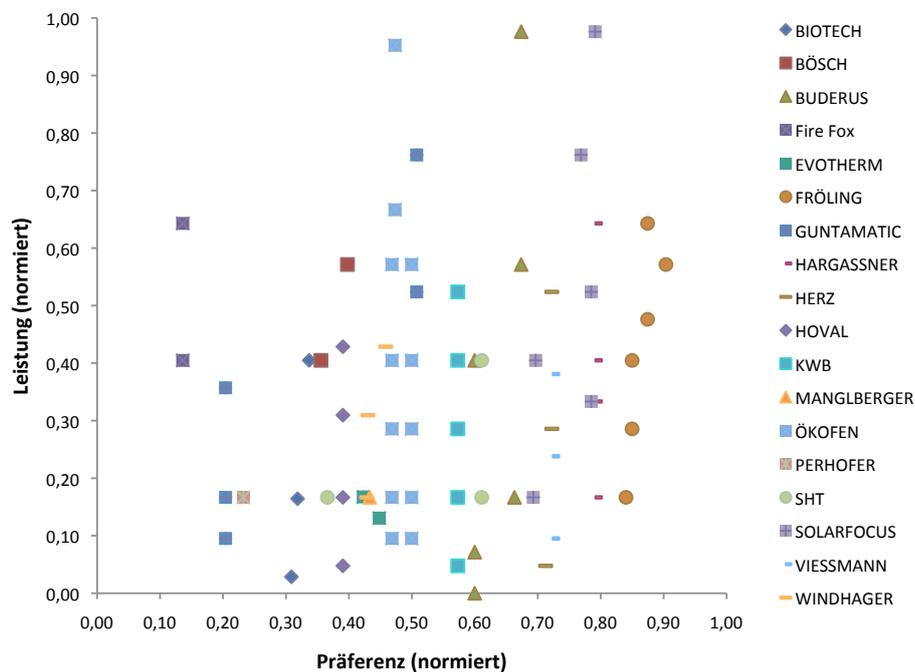


Abbildung 5.8: Die Leistungs-Präferenz-Ebene.

einen quantitativen Produktvergleich in jeweils zwei der vier Kategorien und veranschaulichte die Kategorisierung des Marktangebots. Folgende Punkte bleiben hinsichtlich einer umfassenden Produktbewertung jedoch noch offen:

- Die bisherige Analyse stellte je eine der Kategorien *Leistung*, *Präferenz* und *Qualität* der Kategorie *Preis* gegenüber und betrachtete somit das Produktangebot in den zwei übrigen Kategorien als homogen. Tatsächlich sind alle Produkte jedoch in einem vierdimensionalen Raum abgebildet und auch dementsprechend ganzheitlich zu bewerten.
- Eine objektive Bewertung der Stichprobe ist aufgrund der präferenzabhängigen Kategorien *Leistung* und *Präferenz* nicht möglich. Daher kann nur, ausgehend von einem konkreten Punkt in der *Leistungs-Präferenz-Ebene*, eine subjektive Bewertung durchgeführt werden.

Das im Folgenden schrittweise durchgeführte Bewertungsverfahren berücksichtigt die eben angeführten Punkte und basiert auf dem in Kapitel 4 beschriebenen Modell. Wie dort schon erwähnt, wird davon ausgegangen, dass hinsichtlich der Kundenpräferenz eine Gleichverteilung<sup>9</sup> der Kunden über dem Leistungs- und dem Präferenzindex besteht. Für jede einzelne Kundenpräferenz, mit den Koordinaten  $(x, y) \in ([0, 1], [0, 1])$  am Präferenz- und am Leistungs-

<sup>9</sup>Die Annahme einer bestimmten Verteilung ist willkürlich und könnte bei Verfügbarkeit von realen Werten problemlos geändert werden. Der Einfachheit halber wurde in der vorliegenden Arbeit eine Gleichverteilung angenommen.

index, wird der effektive Preis aller Pelletheizungen berechnet. Der Kunde trifft nun seine Kaufentscheidung anhand des effektiven Preises. Grundsätzlich kauft er das Produkt mit dem niedrigsten effektiven Preis. Um die Kundenentscheidung jedoch realistischer zu modellieren, wurde von diesem *scharfen* Entscheidungskriterium abgegangen und ein *Entscheidungsband* ( $\text{MIN}(p_{eff}) + \epsilon$ ) definiert, in dem alle Produkte, entsprechend ihres Abstandes zum minimalen effektiven Preis in der Kaufentscheidung berücksichtigt werden. Die Modellierung inwiefern die weiteren im Entscheidungsband liegenden Produkte in die Kaufentscheidung einbezogen werden, kann auf unterschiedliche Art geschehen. Die in der vorliegenden Analyse gewählte Methode betrachtet alle im Entscheidungsband befindlichen Produkte als gleichwertig<sup>10</sup>. Der Faktor  $\epsilon$  wurde in dieser Analyse mit dem Wert 0,25 angenommen. Dieses Prozedere wird nun für jede Kundenpräferenz – d.h. jeden Punkt innerhalb der *Leistungs-Präferenz-Ebene* – wiederholt, und die einzelnen Ergebnisse der Kundenkaufentscheidung summiert. Die Summe der Kaufentscheidungen für ein bestimmtes Produkt kann schließlich, entsprechend der im effektiven Preis verwendeten Preisaufschlagsterme  $(r, s, t)$ , als fiktiver Marktanteil bezogen auf eine Kundengruppe interpretiert werden. In diesem Sinne ermöglicht das angewendete Bewertungsmodell eine holistische Bewertung der Stichprobe<sup>11</sup>. Der Algorithmus dieses Bewertungsverfahrens wurde im Zuge dieser Arbeit in einem *MAPLE*-Programm implementiert. Der zugehörige Sourcecode ist in Anhang C zu finden.

Bei den nun folgenden Bewertungsschritten sind immer nur die in den einzelnen Unterabschnitten angeführten Preisaufschlagsterme wirksam. Die Ausblendung einer bestimmten Kategorie geschieht in diesem Fall durch das Nullsetzen des entsprechenden Preisaufschlagsfaktors in der Funktion zur Berechnung des effektiven Preises (vgl. 4.4). Beispielsweise werden bei einer reinen Differenzierung der Produkte durch den Preis alle Preisaufschlagsterme  $r, s$  und  $t$  gleich Null gesetzt und der effektive Preis entspricht somit genau dem Herstellerpreis des Produktes. Schrittweise werden dann in den weiteren Abschnitten die entsprechenden Preisaufschlagsterme der restlichen Kategorien in der Beurteilung mit berücksichtigt.

### 5.6.1 Fiktives homogenes Portfolio

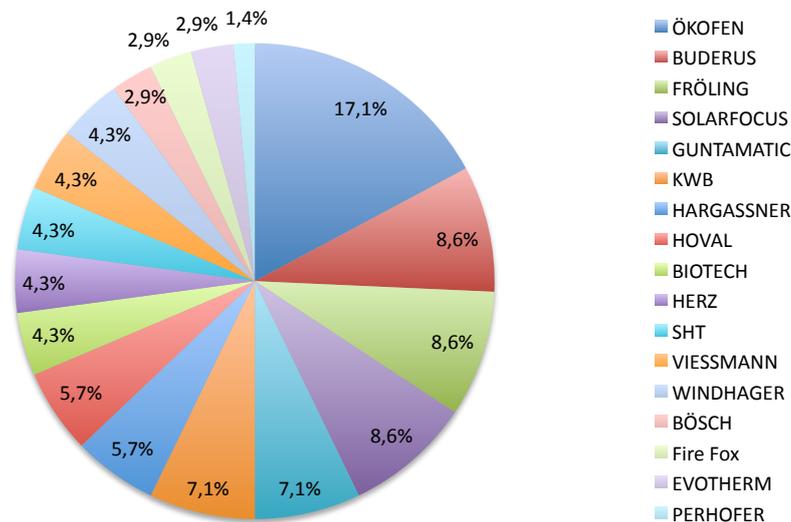
Um einen Überblick über die Verteilung der in der Stichprobe befindlichen Pelletheizungen zu bekommen, werden die Produkte der Stichprobe in einem ersten Bewertungsschritt als homogen angesehen. Sie unterscheiden sich in dieser Bewertung durch keine der vier Kategorien und alle Preisaufschlagsfaktoren und auch der Herstellerpreis wird mit dem Wert Null angesetzt. Da nun für jeden Kunden der effektive Preis aller Produkte gleich Null ist, befindet sich auch für jeden Kunden das gesamte Produktportfolio in seinem Entscheidungsband. Die

---

<sup>10</sup>Eine andere Möglichkeit wäre die Implementierung eines linearen Abschwächungsterm, welcher mit zunehmendem Abstand vom minimalen effektiven Preis größer wird und für Produkte an der Grenze des Entscheidungsbandes den Wert Null liefert. Die Kaufentscheidung wird somit über mehrere Produkte unterschiedlich stark *gestreut*. Die Summe dieser gestreuten Kaufentscheidungen ergibt schließlich wieder den Wert Eins

<sup>11</sup>Das vorgestellte Bewertungsmodell ist als Prototyp anzusehen und bietet hinsichtlich seiner Struktur noch vielfältige Weiterentwicklungsmöglichkeiten und Optimierungspotentiale.

Anwendung des Bewertungsmodells führt schließlich dazu, dass das gesamte Produktportfolio gekauft wird und die fiktiven Marktanteile genau die Verteilung der Stichprobe wiedergeben. Das Ergebnis dieser Bewertung ist in Abbildung 5.9 zu sehen.



**Abbildung 5.9:** Darstellung der Herstelleranteile an der untersuchten Stichprobe.

Die Daten der in der Stichprobe enthaltenen Pelletheizungen wurden im Zuge einer umfassenden Recherche aus verschiedenen Quellen<sup>12</sup> und mittels eigener Erhebungen zusammengestellt. Insgesamt wurden 93 Pelletheizungen mit einer Kesselnennwärmeleistung bis 50kW kategorisiert. Trotz großer Bemühungen war eine lückenlose Erhebung des gesamten Angebots an Pelletheizungen am österreichischen Markt nicht möglich, da zum einen nicht für alle Pelletheizungen Messwerte vorlagen und zum anderen seitens der Hersteller eine sehr restriktive Informationspolitik hinsichtlich der Listenpreise ihrer Produkte betrieben wird. Das Angebot der vorliegenden Stichprobe repräsentiert daher nicht das Angebot am österreichischen Markt. Der ursprüngliche Gedanke bei der Entwicklung des Bewertungsmodells war es, als Ergebnis die tatsächlichen Marktanteile der Pelletheizungshersteller modellieren zu können. Aufgrund der nicht repräsentativen Stichprobe können die Ergebnisse der Analyse daher nicht als reale Marktanteile<sup>13</sup> interpretiert werden. Hinsichtlich der Analyse der Stichprobe boten sich nun drei Möglichkeiten an:

1. Erweiterung der Stichprobe durch das Einfügen von geschätzten Produkten, um eine repräsentative Stichprobe zu erhalten.
2. Reduzierung der Stichprobe auf ein Portfolio, in welchem jeder Hersteller mit der gleichen

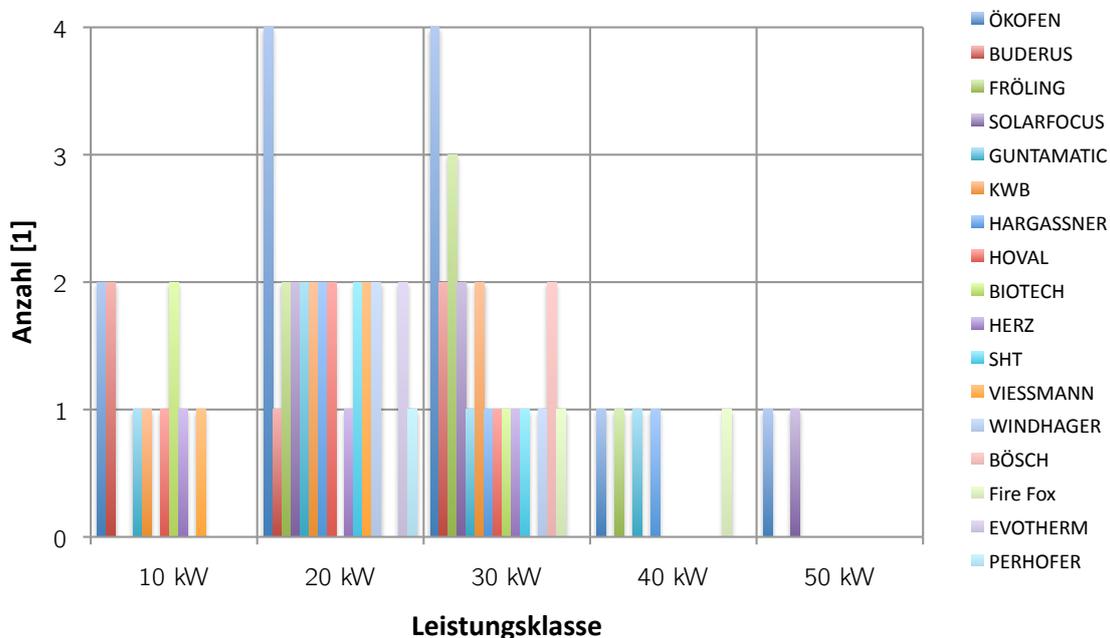
<sup>12</sup>vgl. Anhang A

<sup>13</sup>In diesem Zusammenhang wird daher immer von *fiktiven* Marktanteilen gesprochen.

Anzahl von Produkten vertreten ist.

3. Verzicht auf den Versuch der Ableitung von realen Marktanteilen und Untersuchung der relativen Abweichung der fiktiven Marktanteile gegenüber jenen des als homogen betrachteten Portfolios.

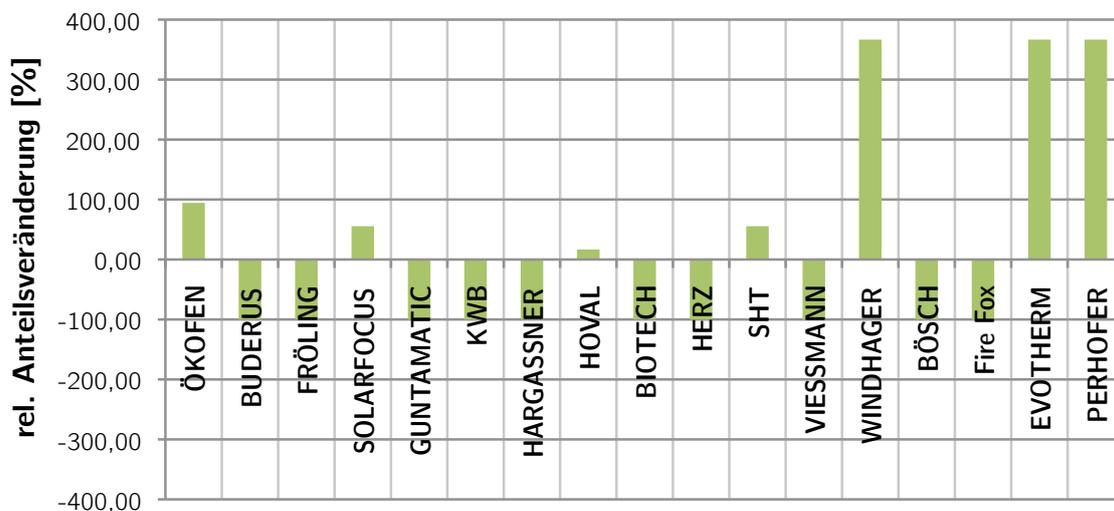
Ein Verfahren nach Punkt 1 führt zu dem Problem, dass teilweise für ganze Produktreihen keine Messwerte vorhanden sind. Es kann in diesem Fall daher nicht auf eine Extrapolation bereits bestehender Produkte des Herstellers zurückgegriffen werden. Diese Variante erschien daher aufgrund des Risikos realitätsferner Schätzungen als unangemessen. Zur Beurteilung des Verfahrens nach Punkt 2 sind in Abbildung 5.10 die in der Stichprobe enthaltenen Pelletheizungen nach Anzahl und Leistungsklasse sortiert dargestellt. Man sieht, dass nur im Leistungsbereich 20kW und 30kW eine derartige Bewertung durchgeführt werden könnte. Das eigentliche Problem vor dem man bei diesem Verfahren jedoch steht, dass man von jeden Hersteller ein bestimmtes Produkt auszuwählen hat. Diese Produktauswahl kann jedoch eine bedeutende Beeinflussung des Analyseergebnisses bedeuten. Dieses Verfahren ist am besten für den direkten Produktvergleich einzeln ausgewählter Pelletheizungen geeignet. Im Hinblick auf die eben genannten Argumente wurde schließlich der Vorgehensweise nach Punkt 3 der Vorzug gegeben. Diese Variante bietet die Möglichkeit die gesamte vorhandene Stichprobe zu nutzen und lässt zumindest vorsichtige Rückschlüsse auf die Entstehung der tatsächlichen Marktanteile der Hersteller zu.



**Abbildung 5.10:** Nach Hersteller und Leistungsklasse geordnete Auflistung der in der Stichprobe enthaltenen Pelletkessel.

### 5.6.2 Differenzierung nach Preis

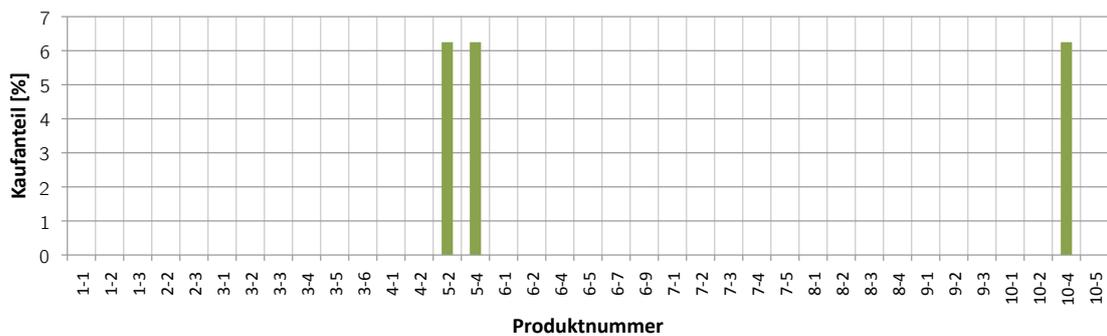
In dieser Betrachtung wird davon ausgegangen, dass sich die Pelletheizungen nur hinsichtlich ihres Preises unterscheiden. Alle Preisauflagsfaktoren sind gleich Null und der effektive Preis der Produkte ist in jedem Fall gleich dem Herstellerpreis. Das Ergebnis dieser Bewertung liefert daher die billigsten Produkte der Stichprobe. Es sei jedoch angemerkt, dass eine reine Unterscheidung nach dem Preis keinen praktischen Wert hat, da der Kunde im Normalfall einen Pelletkessel einer bestimmten Leistungsklasse braucht und dementsprechend nur die Produkte in dieser Leistungsklasse miteinander vergleicht. In Abbildung 5.11 sind die relativen Marktanteilsveränderungen der über den Preis differenzierten Stichprobe gegenüber der homogenen Stichprobe für jedes Unternehmen aufgetragen. Die Abbildung ist so zu interpretieren, dass die Hersteller *Windhager*, *Evotherm* und *Perhofer* in einer reinen Preisbeurteilung ihre Marktanteile um 380% steigern konnten. Diese Steigerung erfolgte auf Kosten der im negativen Bereich liegenden Hersteller. Neben den eben genannten drei Herstellern konnte auch das Unternehmen *ÖkoFEN* seinen ohnehin schon großen Marktanteil fast verdoppeln. Die Hersteller im negativen Bereich verlieren mit einer Abweichung von -100% ihre gesamten Kunden.



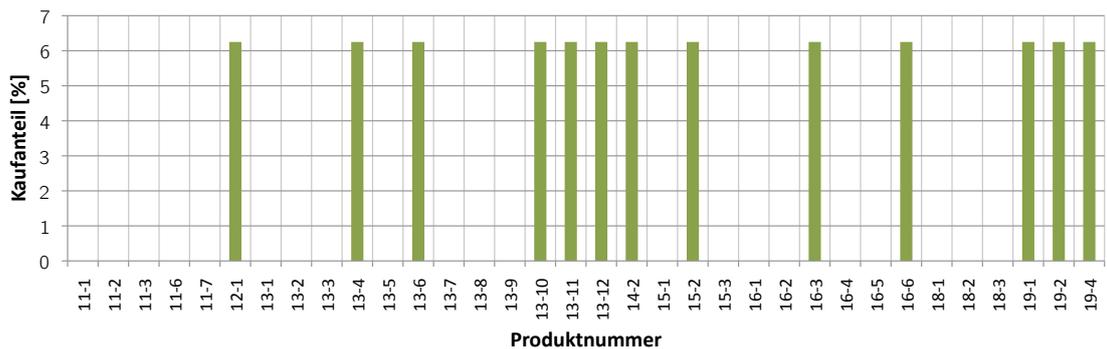
**Abbildung 5.11:** Relative Veränderung der Kaufanteile unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise.

Welche konkreten Pelletheizungen in dieser Bewertungsform bevorzugt wurden, geht aus Abbildung 5.12 hervor. Beispielsweise rührt der hohe Marktanteilsveränderung von *Evotherm* daher, dass beide seiner Produkte *HP17* und *HP20* aufgrund ihrer niedrigen Preisindizes von 0,17 und 0,13 relativ häufig gekauft wurden. Das in der vorhergehenden Bewertung betrachtete homogene Produktportfolio würde in dieser Abbildung zu einer Gleichverteilung aller Produkte mit einem Kaufanteil von  $100\% / 70 \text{ Produkte} = 1,43\%$  pro Produkt führen. In Abbildung 5.12

sieht man, dass sich die Kaufanteile auf Kosten der verschwundenen Produkte auf 6% angehoben haben. Das hier wiederum eine Gleichverteilung vorliegt, lässt sich dadurch erklären, dass in dieser Bewertung nur nach dem Preis differenziert wird und alle Produkte die sich innerhalb des Entscheidungsbandes befinden in diesem Modell gleich bewertet werden.



(a) Biotech 1-x, Bösch 2-x, Buderus 3-x, Fire Fox 4-x, Evotherm 5-x, Fröling 6-x, Guntamatic 7-x, Hargassner 8-x, Herz 9-x, Hoval 10-x



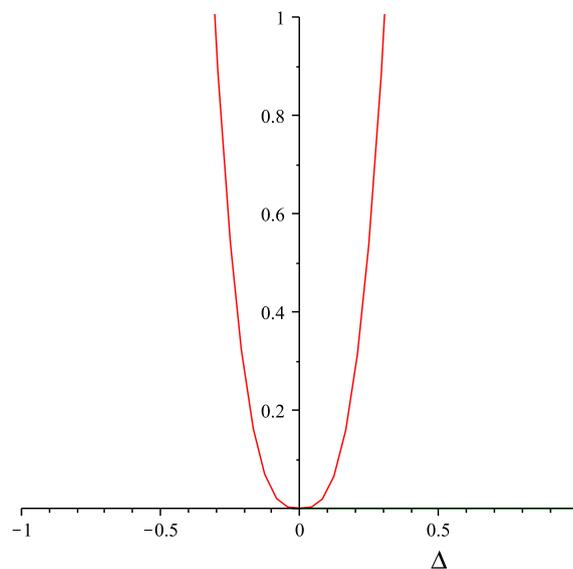
(b) KWB 11-x, Manglberger 12-x, Ökofen 13-x, Perhofer 14-x, SHT 15-x, Solarfocus 16-x, Viessmann 18-x, Windhager 19-x

**Abbildung 5.12:** Kaufanteile der einzelnen Pelletkessel nach Produktnummer geordnet und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise.

### 5.6.3 Differenzierung nach Preis und Leistung

Eine realitätsnähere Bewertung der Stichprobe wird durch die Hinzunahme der Kategorie *Leistung* erreicht. In dieser Bewertung werden nun ausschließlich Produkte einer Leistungsklasse in ihrem Preis miteinander verglichen. Durch den in Abbildung 5.13 dargestellten Aufschlags-term für die Leistung wird nun über eine Erhöhung des effektiven Preises erreicht, dass eine gewisse Abweichung von der gewünschten Leistungsklasse für den Kunden noch akzeptabel sein kann, sofern der Preis des Produktes um eben diesen Faktor geringer ist, aber in jedem anderen Fall zu einer wahrgenommenen Preiserhöhung führt. Da eine Abweichung von der präferierten Leistung jedoch im Allgemeinen sehr unerwünscht ist, wurde der Exponent des

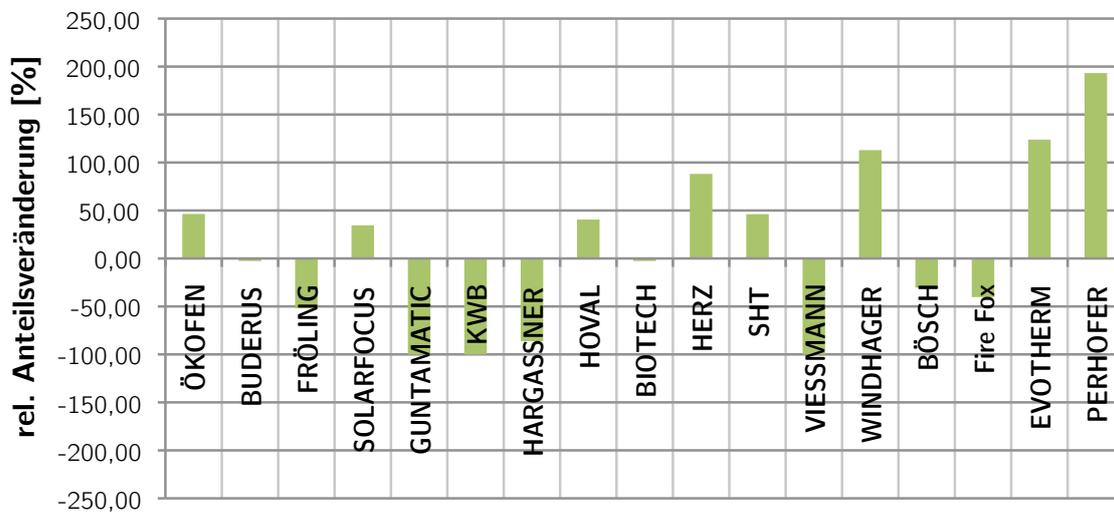
Preisauflagsfaktor für eine Leistungsabweichung mit dem Faktor 3 angesetzt. Wie in der Grafik ersichtlich, ist weder eine positive noch eine negative Abweichung von der präferierten Leistung erwünscht und dementsprechend mit einem symmetrischen, positiven Preisauflagsfaktor bewertet. Durch die angenommene Breite  $\epsilon$  des Entscheidungsbandes kann durch einen Blick auf den Verlauf der Kurve geschlossen werden, dass in diesem Fall eine Leistungsabweichung von  $\pm 0,2$  noch im Toleranzband des Kunden liegt. Die beiden anderen Kategorien werden in dieser Analyse noch ausgeblendet.



**Abbildung 5.13:** Preisauflagsfunktion für eine Abweichung  $\Delta$  von der gewünschten Kesselleistung und dem Preisauflagsfaktor  $t = 35$ .

Gegenüber der vorigen Bewertung ist nun in Abbildung 5.14 zu sehen, dass die Unternehmen *Evotherm* und *Perhofer* mit den billigsten Produkten, nun im direkten Leistungsklassenvergleich Marktanteile verloren haben. Die größten Zuwächse ist bei *Herz*, *Hoval* und *Buderus* zu verzeichnen. Dieses Ergebnis ist so zu interpretieren, dass die eben genannten Gewinner in den von Ihnen angebotenen Leistungsklassen zu den niedrigsten Preisen anbieten.

Eine detaillierte Analyse durch Abbildung 5.15 führt zum Ergebnis, dass die Nachfrage von *Herz* und *Hoval* hauptsächlich von den Produkten 9-3 und 10-4 herrührt, welche sich beide im untersten Leistungsbereich bei einem Indexwert von 0,05 befinden. In dieser Leistungsklasse sind diese Produkte aufgrund ihres niedrigen Preises sehr stark nachgefragt. Auch das Unternehmen *Biotech* kann in dieser Bewertung durch sein Produkt *Top-Light* ebenfalls im niedrigen Leistungsbereich seine Nachfrage deutlich steigern.



**Abbildung 5.14:** Relative Veränderung der Kaufanteile unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise und der Leistungsklasse.

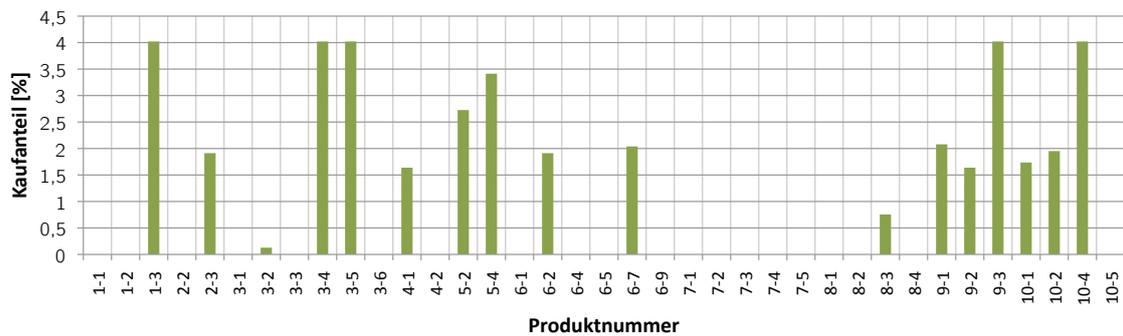
#### 5.6.4 Differenzierung nach Preis, Leistung und Qualität

In einem weiteren Schritt wird die Kategorie *Qualität* mit in der Beurteilung berücksichtigt. Wie in Abbildung 5.16 wird die Qualität im Preisaufschlagsterm bei einer positiven<sup>14</sup> Abweichung negativ bewertet. Das ist so zu verstehen, dass in dem Fall, wenn eine Pelletheizung eine von Null verschiedene Qualität aufweist, eine auf die Qualität zurückgeführte Preisminderung in die Berechnung des effektiven Preises mit eingeht. Im Gegensatz zu der ebenfalls eingezeichneten Preisaufschlagsfunktion für die Leistung, geht dieser Term linear in die Preisberechnung ein. Wieder wird die Analyse nur unter Einbeziehung dieser beiden Kategorien durchgeführt.

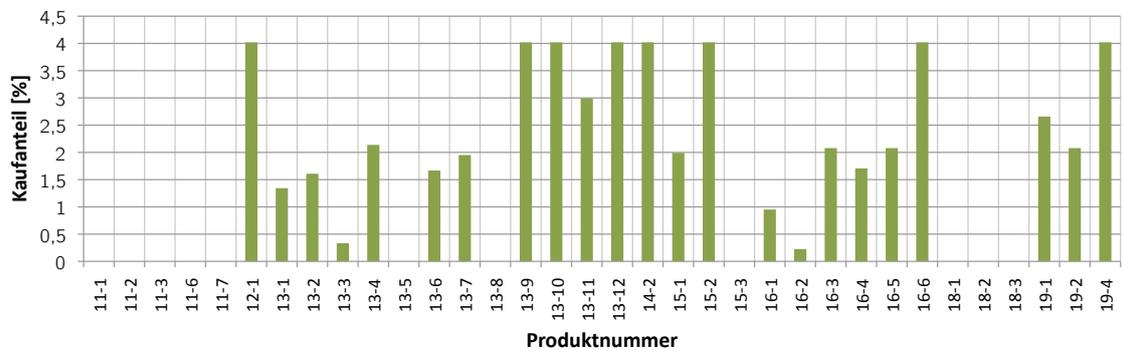
Der deutlichste Gewinner dieser Bewertung ist das Unternehmen *Solarfocus* mit einer Nachfragesteigerung von 200%. Auch starke Zugewinne verzeichnen *Fröling* und *Manglberger*. Deutliche Verlierer sind die Unternehmen *Perhofer*, *Hoval*, *Herz* und *SHT*, die kein einziges Produkt mehr absetzen können.

Die in dieser Bewertung stark nachgefragten Produkte sind Pelletkessel verschiedener Leistungsbereiche mit hohem Qualitätsindex und einem verhältnismässig niedrigen Preis. So bezieht sich die Nachfrage hauptsächlich auf den *Buderus Logano SP 241 V11*, den *PP 14,9* von *Manglberger* und dem *Pellet Top* von *Solarfocus*. Auch in dieser Bewertung kann *ÖkoFEN* seinen von Haus aus hohen Nachfrageanteil nochmals erhöhen.

<sup>14</sup>Eine negative Abweichung ist per Definition nicht möglich, da es keine negative Qualität gibt.



(a) Biotech 1-x, Bösch 2-x, Buderus 3-x, Fire Fox 4-x, Evotherm 5-x, Fröling 6-x, Guntamatic 7-x, Hargassner 8-x, Herz 9-x, Hoval 10-x



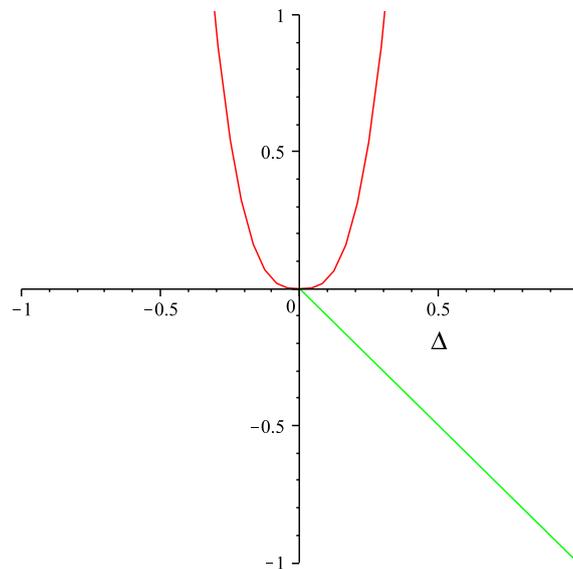
(b) KWB 11-x, Manglberger 12-x, Ökofen 13-x, Perhofer 14-x, SHT 15-x, Solarfocus 16-x, Viessmann 18-x, Windhager 19-x

**Abbildung 5.15:** Kaufanteile der einzelnen Pelletkessel nach Produktnummer geordnet und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise und der Kesselleistung.

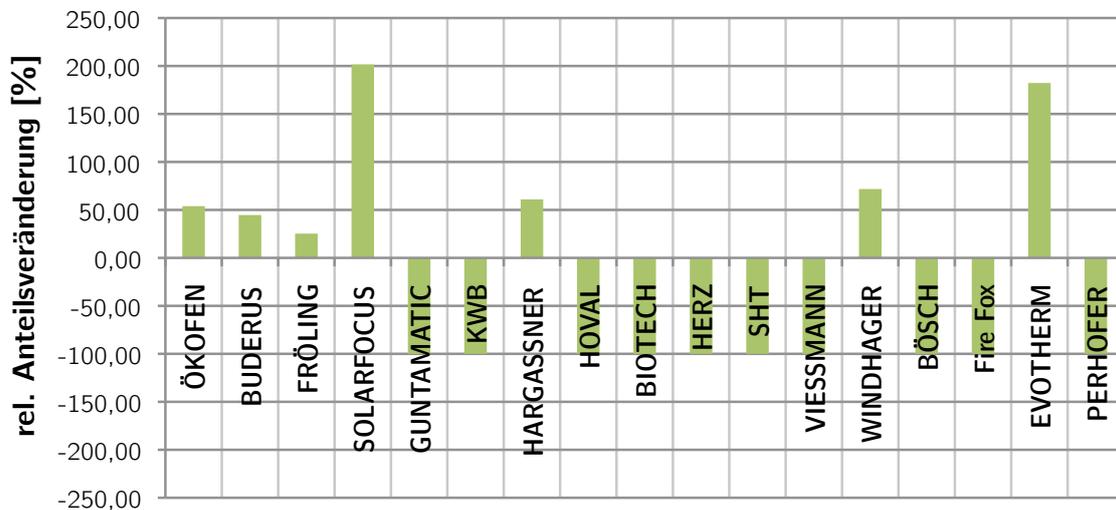
### 5.6.5 Differenzierung nach Preis, Leistung, Qualität und Präferenz

Wenn man nun schlussendlich auch noch die letzte Kategorie *Präferenz* in die Bewertung einbindet, so gelangt man zu einer relativen Anteilsveränderung der Marktanteile nach Abbildung 5.20. Bei dieser Bewertung wurde entsprechend Abbildung 5.19 ein symmetrischer, quadratischer Preisaufschlagsterm für die Präferenz unterstellt.

Aus dem Ergebnis der Bewertung geht hervor, dass bei dieser Betrachtung das Unternehmen *Perhofer* als eindeutiger Gewinner hervorgeht. Am besten kann man sich dieses Ergebnis anhand von Abbildung 5.7 verdeutlichen. Man sieht, dass das Produkt von *Perhofer* in der unteren Präferenzklasse nur mit den Produkten von *Guntamatic*, *Biotech* und *Fire Fox* in Konkurrenz steht, diese jedoch vom Preis her stark unterbieten kann. Eine Interpretation nach Abbildung 5.7 darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass auch die Kriterien *Leistung* und *Qualität* der Produkte eine Rolle spielen. Das erhaltene Ergebnis in Abbildung 5.20 lässt jedoch darauf schließen, dass das Produkt unter Berücksichtigung aller Kategorien als beste Alternative hervorgeht. Die Hersteller *Solarfocus* und *Hargassner* erleben zugunsten einer



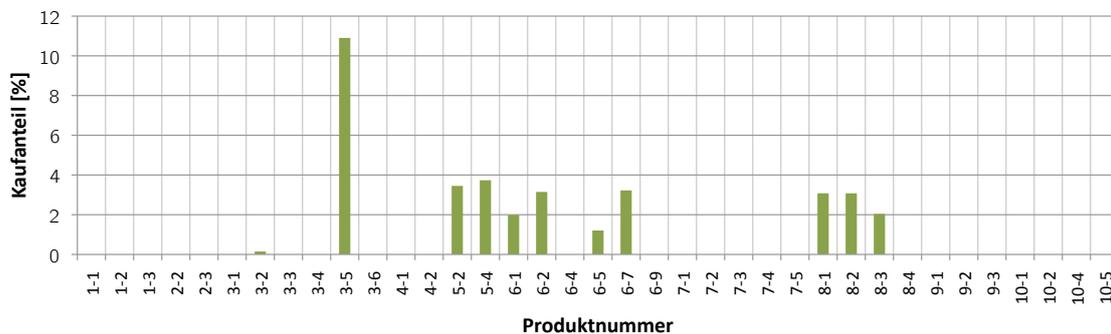
**Abbildung 5.16:** Preisaufschlagsfunktionen für eine Abweichung  $\Delta$  von der gewünschten Kesselleistung (rot) und Qualität (grün). Die gewählten Preisaufschlagsfaktoren sind  $s = -1$  und  $t = 35$ .



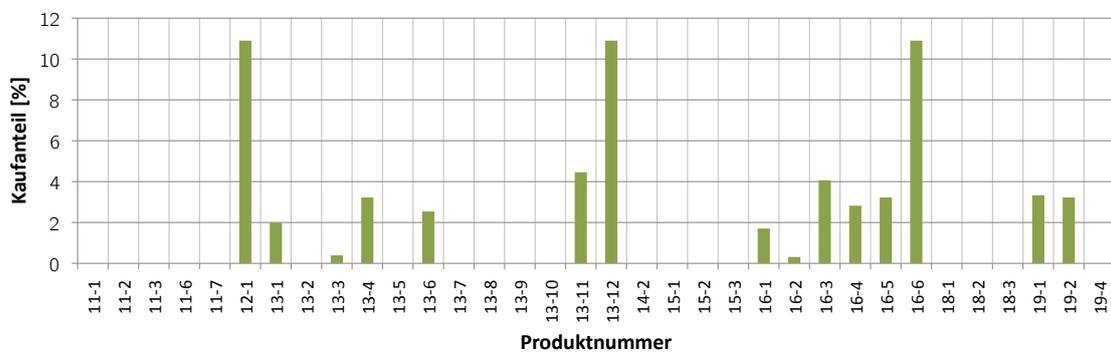
**Abbildung 5.17:** Relative Veränderung der Kaufanteile unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise, der Leistungsklasse und der Qualität.

ganzen Reihe von Herstellern wie *Herz*, *SHT* und *Fire Fox* einen Nachfrageeinbruch.

Grundsätzlich kann das Ergebnis so interpretiert werden, dass die etablierten Unternehmen *Fröling*, *Solarfocus* und *Herz* Marktanteile gewinnen konnten und auch die restlichen Anbieter sich mit ihrer Produktpositionierung einen gewissen Marktanteil sichern. Gleichmaßen stel-



(a) Biotech 1-x, Bösch 2-x, Buderus 3-x, Fire Fox 4-x, Evotherm 5-x, Fröling 6-x, Guntamatic 7-x, Hargassner 8-x, Herz 9-x, Hoval 10-x



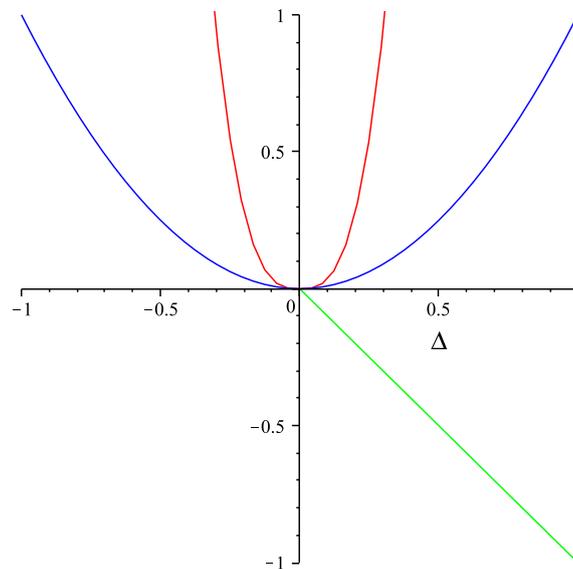
(b) KWB 11-x, Manglberger 12-x, Ökofen 13-x, Perhofer 14-x, SHT 15-x, Solarfocus 16-x, Viessmann 18-x, Windhager 19-x

**Abbildung 5.18:** Kaufanteile der einzelnen Pelletkessel nach Produktnummer geordnet und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise, der Kesselleistung und der Qualität.

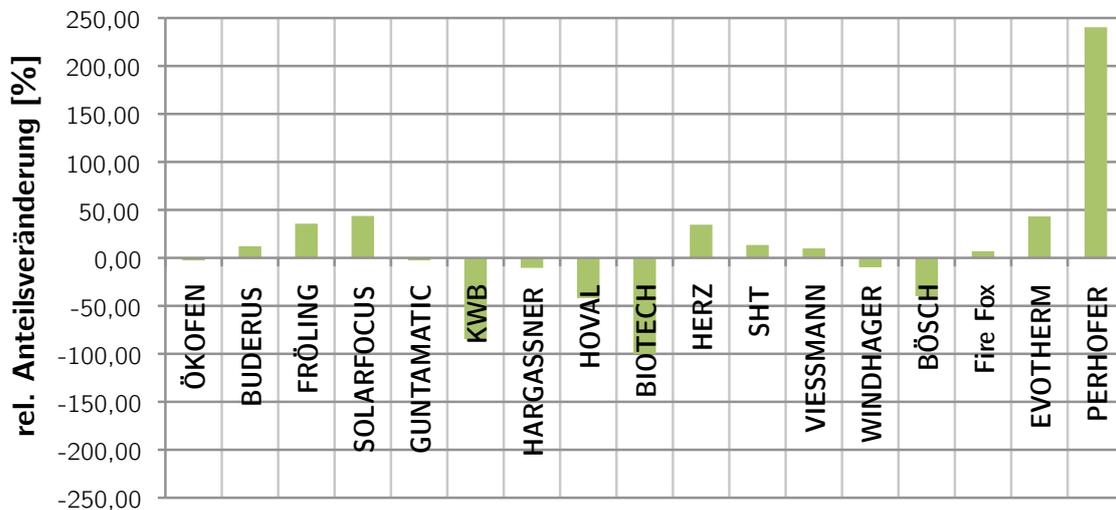
len wie in Abbildung 5.21 zu sehen auch die Produkte von *Evotherm* und *Perhofer* ein sehr konkurrenzfähiges Angebot dar.

In einem letzten Schritt wurde noch berücksichtigt, dass hinsichtlich der Kategorie *Präferenz* wie in Abbildung 5.22 dargestellt, eine asymmetrische Preisauflagsfunktion vorliegt. Das lässt sich damit rechtfertigen, dass Kunden nur eine kleinere als ihre gewünschte Präferenz als störend empfinden, jedoch ein Produkt mit höherer Präferenz – sofern es zum selben Preis erhältlich ist – als gleichwertig betrachten.

Das Resultat der Bewertung verschiebt die Nachfrage offensichtlich von Produkten mit kleinerer *Präferenz* hin zu Produkten mit einer höheren *Präferenz*. Das Ergebnis in Abbildung 5.23 zeigt, dass die Gewinner der vorherigen Betrachtung ihre Marktanteile nochmals vergrößern können. Dies geschieht nun auf Kosten von Unternehmen die ihre Produkte in einem niedrigen *Präferenz*-Bereich positioniert haben. So verliert beispielsweise das Unternehmen *Perhofer* seine gesamte hohe Nachfrage aus der vorigen Bewertung. Bemerkenswert ist, dass die etablierten Unternehmen *Guntamatic* und *KWB* keine, bzw. sehr wenige ihrer



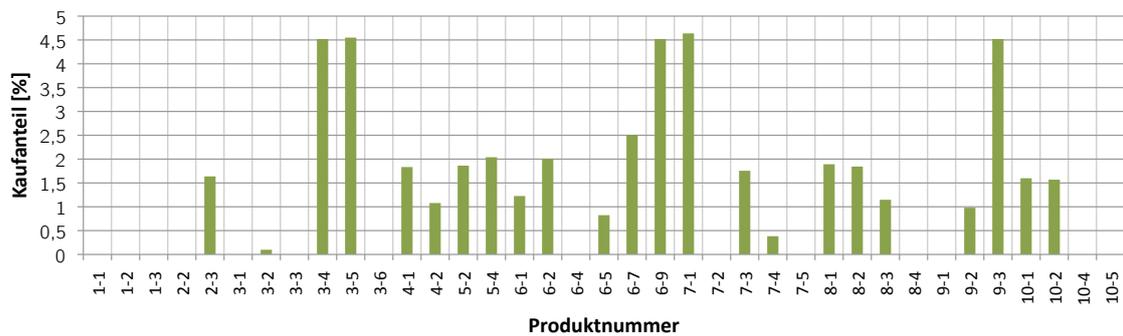
**Abbildung 5.19:** Preisaufschlagsfunktionen für eine Abweichung  $\Delta$  von der gewünschten Kesselleistung (rot), Qualität (grün) und Präferenz (blau). Die gewählten Preisaufschlagsfaktoren sind  $r = 1$ ,  $s = -1$  und  $t = 35$ .



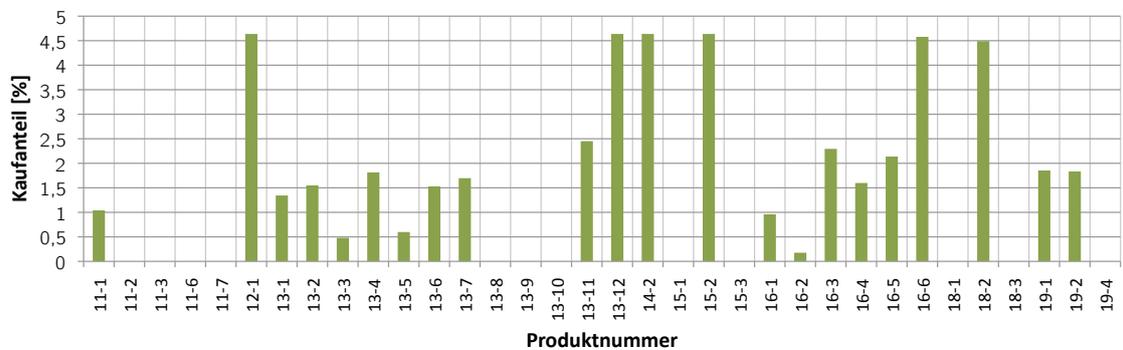
**Abbildung 5.20:** Relative Veränderung der Kaufanteile unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise, der Leistungsklasse, Qualität und symmetrischer Präferenz.

Produkte absetzen können.

Ein Blick auf die konkreten Produktkäufe in Abbildung 5.24 zeigt, dass sich die Nachfrage der Gewinner dieser Bewertung großteils auf bestimmte Produkte ihres Portfolios bezieht. Die gefragtesten Produkte sind demnach die Pelletheizungen *BuderusLogano SP 241 V7* und



(a) Biotech 1-x, Bösch 2-x, Buderus 3-x, Fire Fox 4-x, Evotherm 5-x, Fröling 6-x, Guntamatic 7-x, Hargassner 8-x, Herz 9-x, Hoval 10-x



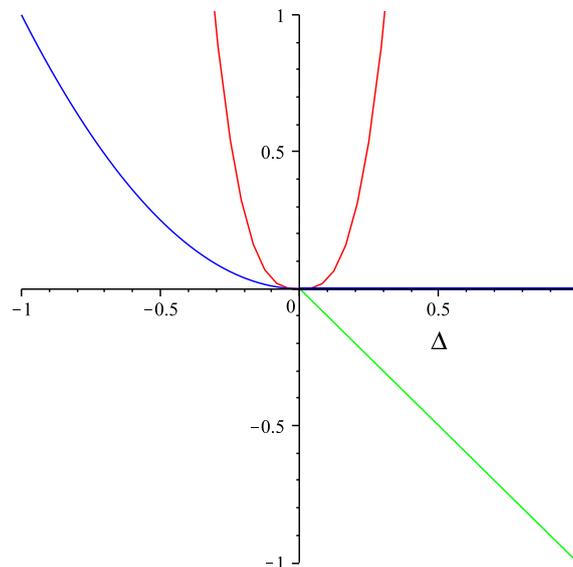
(b) KWB 11-x, Manglberger 12-x, Ökofen 13-x, Perhofer 14-x, SHT 15-x, Solarfocus 16-x, Viessmann 18-x, Windhager 19-x

**Abbildung 5.21:** Kaufanteile der einzelnen Pelletkessel nach Produktnummer geordnet und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise, der Kesselleistung und der Qualität.

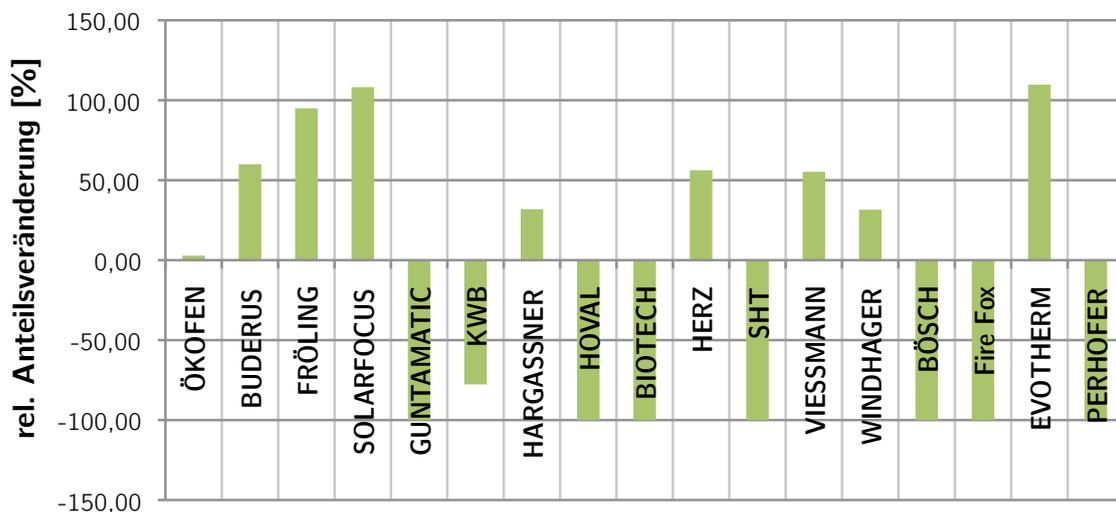
V11, Fröling P4 Pellet 15, Herz Pelletstar Biocontrol 10, Manglberger PP 14,9, ÖkoFEN Pellematic PE 12, Solarfocus Pellet Top 15kW und Viessmann Vitoligno 300-P VL2B025 (12 kW). Auffallend ist, dass alle diese am stärksten nachgefragten Produkte aus dem unterem Leistungsbereich stammen. Es kann daraus geschlossen werden, dass sich die Nachfrage vom mittleren Leistungsbereich nach unten verschiebt, da die Produkte der Bewertungsgewinner trotz geringerer *Leistung*, mit gleicher *Präferenz* und *Qualität*, zu einem wesentlich geringeren Preis angeboten werden.

## 5.7 Diskussion zur Stabilität des Modells

Die in Tabelle 5.1 und 5.3 festgelegten Gewichtungsfaktoren beeinflussen das Gewicht, mit dem eine bestimmte Gruppe von Kesseleigenschaften in die Indizierung der Pelletheizungen eingeht. Sie stellen somit eine Primärbewertung der Wichtigkeit ausgewählter Gruppen von Differenzierungsmerkmalen – der Kesseleigenschaften – dar und beeinflussen somit letztlich das Er-

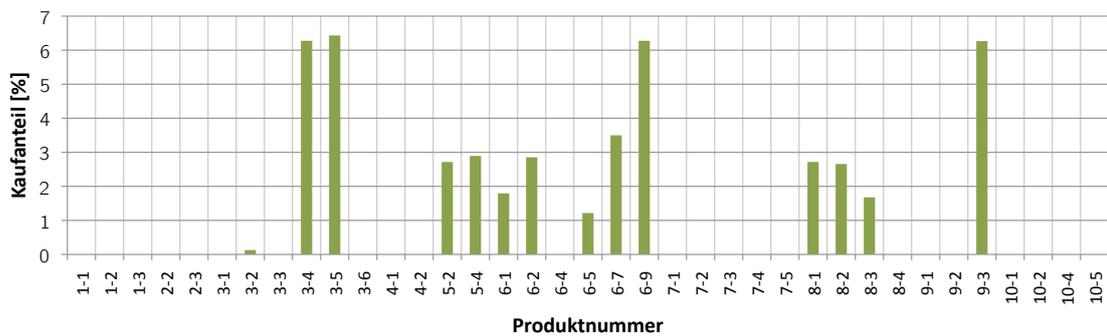


**Abbildung 5.22:** Preisaufschlagsfunktionen für eine Abweichung  $\Delta$  von der gewünschten Kesselleistung (rot), Qualität (grün) und Präferenz (blau). Die gewählten Preisaufschlagsfaktoren sind  $r = 1$  (bzw. 0 für positive Abweichungen),  $s = -1$  und  $t = 35$ .

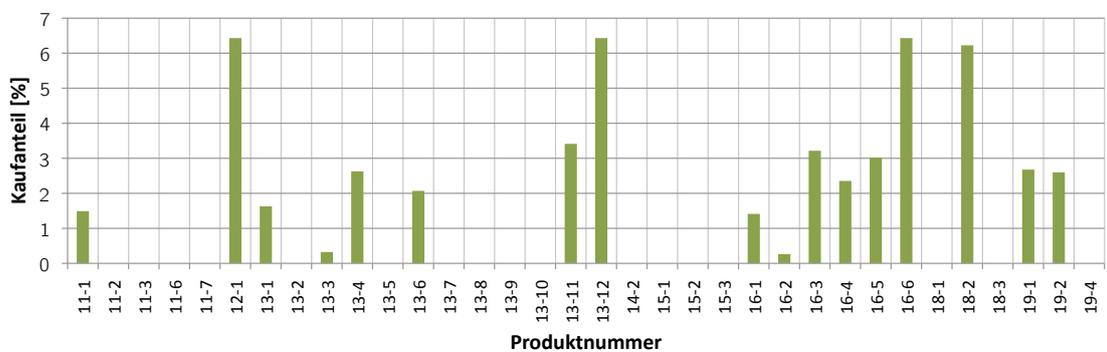


**Abbildung 5.23:** Relative Veränderung der Kaufanteile unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise, der Leistungsklasse, Qualität und asymmetrischer Präferenz.

gebnis der finalen Produktbewertung. Die Festlegung dieser Gewichtungsfaktoren basiert wie in Abschnitt 5.2 und 5.3 beschrieben, auf der Grundlage der Ergebnisse zweier (Kauf-)Motiv-Studien. Die Interpretation der Ergebnisse aus diesen Sekundärquellen, die Klassifizierung dieser Ergebnisse in Kategorien und die Zuordnung bestimmter Kesseleigenschaften zu die-



(a) Biotech 1-x, Bösch 2-x, Buderus 3-x, Fire Fox 4-x, Evotherm 5-x, Fröling 6-x, Guntamatic 7-x, Hargassner 8-x, Herz 9-x, Hoval 10-x



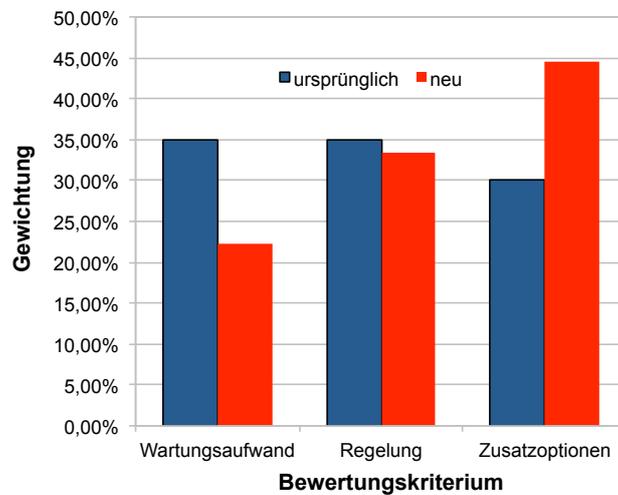
(b) KWB 11-x, Manglberger 12-x, Ökofen 13-x, Perhofer 14-x, SHT 15-x, Solarfocus 16-x, Viessmann 18-x, Windhager 19-x

**Abbildung 5.24:** Kaufanteile der einzelnen Pelletkessel nach Produktnummer geordnet und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktpreise, der Kesselleistung und der Qualität.

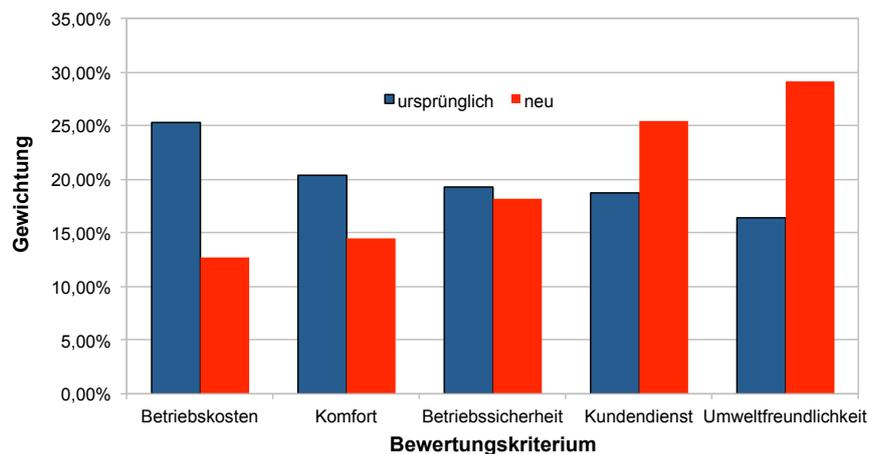
sen Kategorien führt jedoch zu einer gewissen Unsicherheit hinsichtlich der Korrektheit der gewählten Gewichtungsfaktoren. Es stellt sich daher die Frage, inwiefern eine Variation der Hauptgewichtungsfaktoren die Kernaussagen der durchgeführten Bewertung beeinflussen. Um diese Problematik zu untersuchen wurde wie in Abbildung 5.25 dargestellt, eine Variation der Hauptgewichtungsfaktoren des Präferenz- und des Qualitätsindex vorgenommen.

Die Auswirkung dieser Variation ist in den Abbildungen 5.26 und 5.27 in Form einer Gegenüberstellung der Ausgangssituation (ursprünglich) mit der veränderten Situation (neu) der LX- und PQ-Ebenen zu sehen.

Wie man aus den Abbildungen entnehmen kann, kommt es in einzelnen Fällen zu kleinen Verschiebungen entlang der Präferenz- und der Qualitätsachse, der grundsätzliche Charakter der Produkt-Kategorisierung bleibt bei dieser Variation jedoch erhalten. In diesem Sinne ist im Hinblick auf die nachfolgende Bewertung des Produktangebots auch nur vereinzelt mit Abweichungen von bestimmten Produkten auszugehen. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass die Produkte nun im Vergleich zur Ausgangssituation hinsichtlich einer anderen



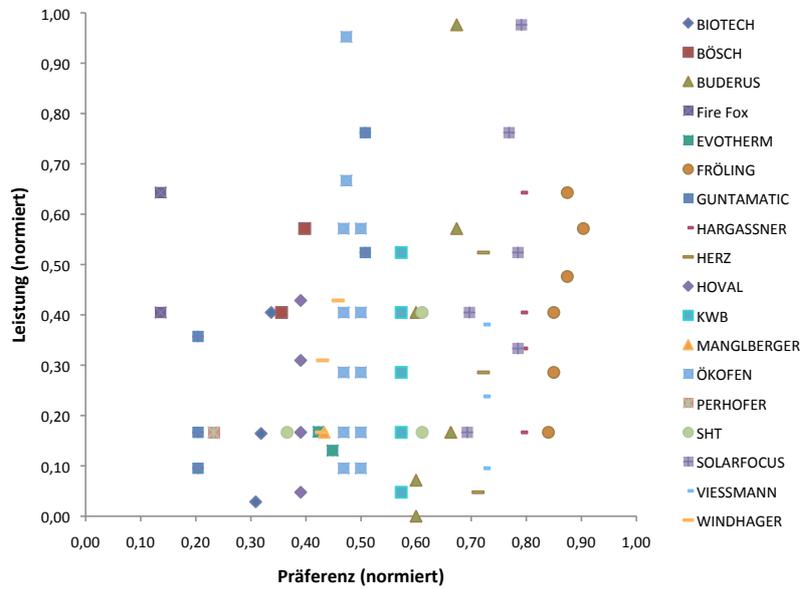
(a) Gewichtungsfaktoren des Präferenzindex



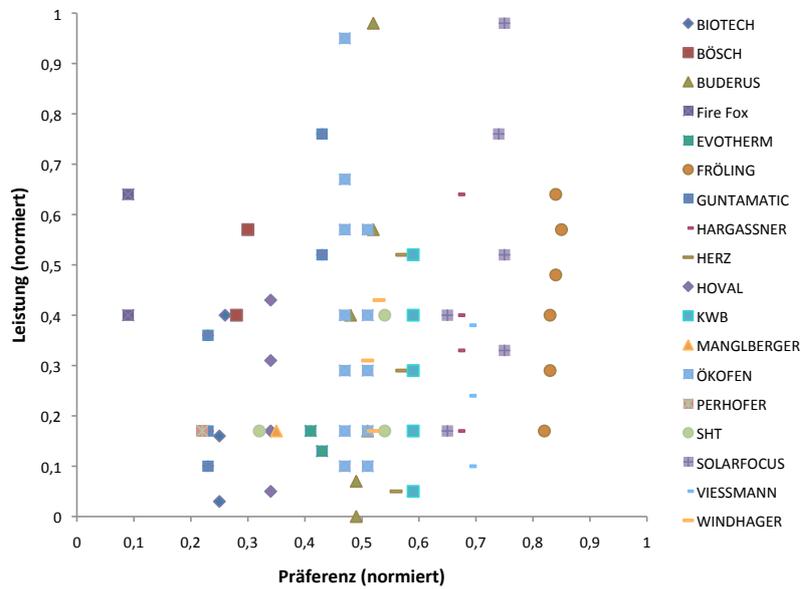
(b) Gewichtungsfaktoren des Qualitätsindex

**Abbildung 5.25:** Variation der Gewichtungsfaktoren von Präferenz- und Qualitätsindex.

Gruppe von Kesseleigenschaften stärker differenziert werden. Die grundsätzlichen Aussagen bleiben jedoch bestehen und es ist kein stark abweichendes Ergebnis zu erwarten. Aufgrund der angenommenen Gleichverteilung der Kaufentscheidung im Entscheidungsband des Kunden (vgl. Abschnitt 5.6) kann es bei bestimmten Variationsstufen zu sprunghaften Änderungen in den Produktbewertungen kommen. Um dies zu vermeiden, kann eine linear-abnehmende Kaufentscheidung im Entscheidungsband implementiert werden.

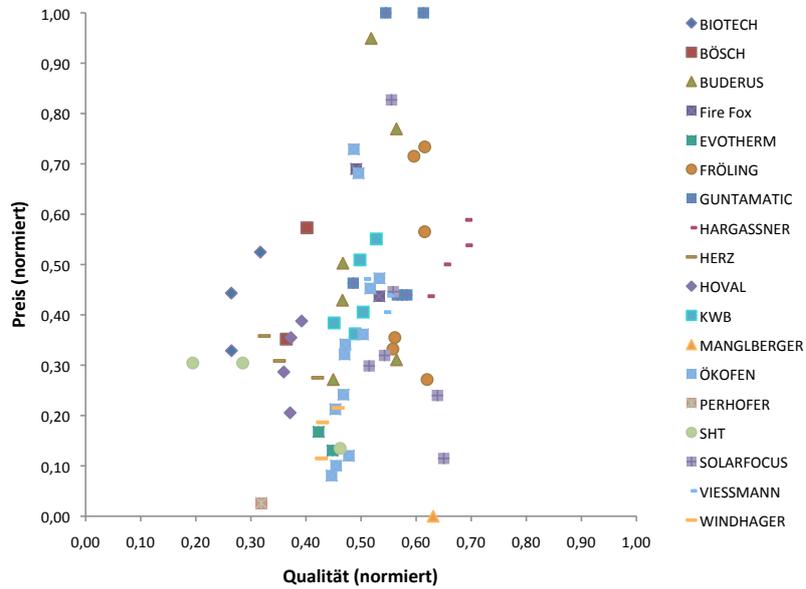


(a) ursprüngliche LX-Ebene

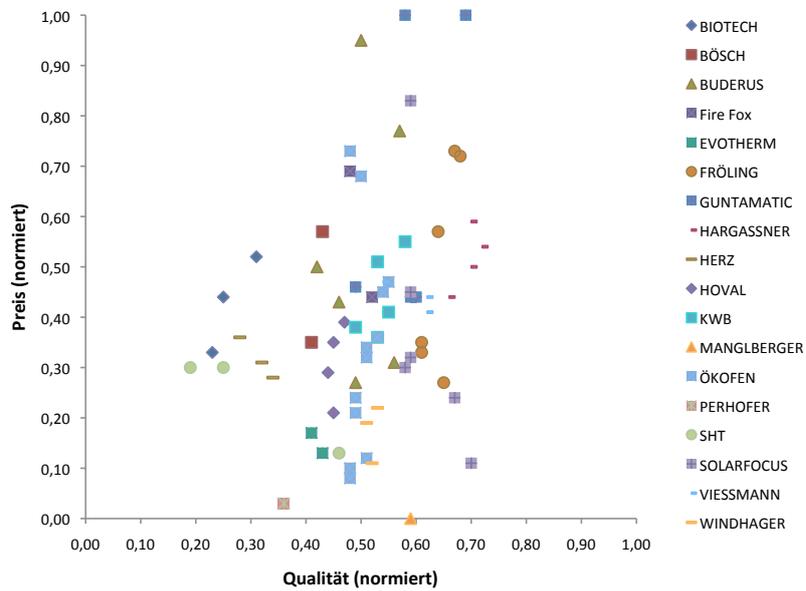


(b) neue LX-Ebene

**Abbildung 5.26:** Gegenüberstellung der LX-Ebenen bei Variation der Gewichtungsfaktoren der Kesselkategorisierung.



(a) ursprüngliche PQ-Ebene



(b) neue PQ-Ebene

**Abbildung 5.27:** Gegenüberstellung der PQ-Ebenen bei Variation der Gewichtungsfaktoren der Kesselkategorisierung.

## Kapitel 6

# Ökonometrische Analyse der Pelletheizungspreise

Das Kapitel 5 gibt Aufschluss darüber, wo die einzelnen Unternehmen ihre Produkte in den verschiedenen Bewertungskategorien Preis, Leistung, Qualität und Präferenz platziert haben und welche fiktiven Marktanteile sich in Hinblick auf die alleinige Berücksichtigung der produktspezifischen Kesseleigenschaften durch das vorliegende Angebot an Pelletheizungen ergeben würde. In diesem Kapitel soll nun auf Basis der erhobenen Preisinformationen der Stichprobe der Frage nachgegangen werden, ob es über alle Produkte hinweg bestimmte Kesseleigenschaften gibt, die im direkten Zusammenhang zum Produktpreis stehen.

Um diese Frage zu beantworten wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Das Ziel dieser Analyse ist, eine Beziehung zwischen dem Herstellerpreis und den erhobenen Kesseleigenschaften zu finden. Zur Beschreibung dieser Beziehung wird ein multiples, lineares Regressionsmodell verwendet, welches den zu erklärenden Produktpreis durch die Funktion

$$\hat{P} := (X_1, \dots, X_n) \mapsto \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot X_i + u \quad (6.1)$$

ausdrückt. In dieser Funktion stehen die Terme  $X_i$  als Platzhalter für die ausgewählten Kesseleigenschaften  $x_{\alpha\beta}, q_{\alpha\beta}, l_{\alpha\beta}$  und  $\beta_i$  stellt die zugehörigen Regressionskoeffizienten dar. Der Parameter  $u$  beschreibt die in der Analyse nicht berücksichtigten Einflussgrößen, welche zum größten Teil betriebswirtschaftlicher Natur sind und sich aus der Marketingstrategie der Unternehmen und den ökonomischen Randbedingungen des Heizungsmarktes ergeben. Der lineare Ansatz für das Regressionsmodell wurde auf der Grundlage der bereits durchgeführten Kategorisierung der Pelletkessel in Abbildung 5.5, 5.6 und 5.7 ausgewählt und ermöglicht außerdem die Behandlung von binär bewerteten Kesseleigenschaften. Um sicherzustellen, dass nur linear unabhängige Kesseleigenschaften in die Regressionsanalyse einfließen, wurde eine Untersuchung der Kreuzkorrelation der Kesseleigenschaften durchgeführt. Die Ergebnisse die-

**Tabelle 6.1:** Kreuzkorrelationen der Kesseleigenschaften aus der Kategorie *Qualität*. Die Kreuzkorrelationen mit einem Wert größer 0,5 sind rot markiert.

	$l_{11}$	$q_{11}$	$q_{12}$	$q_{13}$	$q_{14}$	$q_{21}$	$q_{51}$	$q_{52}$	$q_{53}$	$q_{54}$	$x_{13}$
$l_{11}$	1,00	0,08	0,10	-0,53	-0,11	-0,11	-0,17	-0,03	-0,19	0,07	0,32
$q_{11}$	0,08	1,00	0,76	-0,24	-0,23	-0,25	-0,14	-0,11	-0,31	-0,23	0,21
$q_{12}$	0,10	0,76	1,00	-0,22	-0,42	-0,17	0,13	-0,15	-0,18	-0,02	-0,07
$q_{13}$	-0,53	-0,24	-0,22	1,00	0,02	0,14	0,03	0,00	0,24	-0,06	-0,15
$q_{14}$	-0,11	-0,23	-0,42	0,02	1,00	0,25	0,14	0,57	-0,01	0,03	-0,16
$q_{21}$	-0,11	-0,25	-0,17	0,14	0,25	1,00	0,47	0,38	0,01	0,17	-0,04
$q_{51}$	-0,17	-0,14	0,13	0,03	0,14	0,47	1,00	0,47	-0,06	0,26	-0,20
$q_{52}$	-0,03	-0,11	-0,15	0,00	0,57	0,38	0,47	1,00	-0,21	0,04	0,00
$q_{53}$	-0,19	-0,31	-0,18	0,24	-0,01	0,01	-0,06	-0,21	1,00	0,14	-0,28
$q_{54}$	0,07	-0,23	-0,02	-0,06	0,03	0,17	0,26	0,04	0,14	1,00	-0,13
$x_{13}$	0,32	0,21	-0,07	-0,15	-0,16	-0,04	-0,20	0,00	-0,28	-0,13	1,00

ser Analyse sind in Tabelle 6.2 bis 6.4 zu sehen. Die Tabellen sind aufgrund der Symmetrie der Kreuzkorrelationsfunktion auch symmetrisch und beinhalten entlang der Hauptdiagonale durchgehend den Wert 1, da eine Kesseleigenschaft natürlich mit sich selbst korreliert.

Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten<sup>1</sup> erfolgte unter Verwendung der Messreihen der Kesseleigenschaften  $x_{\alpha\beta}$  und  $q_{\alpha\beta}$  mit den Ausprägungen  $x_{\alpha\beta,1}, x_{\alpha\beta,2}, \dots, x_{\alpha\beta,n}$  und  $q_{\alpha\beta,1}, q_{\alpha\beta,2}, \dots, q_{\alpha\beta,n}$ , durch die Funktion

$$r(x_{\alpha\beta}, q_{\alpha\beta}) := \frac{\sum_{i=1}^n (x_{\alpha\beta,i} - \bar{x}_{\alpha\beta})(q_{\alpha\beta,i} - \bar{q}_{\alpha\beta})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{\alpha\beta,i} - \bar{x}_{\alpha\beta})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (q_{\alpha\beta,i} - \bar{q}_{\alpha\beta})^2}}. \quad (6.2)$$

Dabei sind  $\bar{x}_{\alpha\beta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{\alpha\beta,i}$  und  $\bar{q}_{\alpha\beta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{\alpha\beta,i}$  die empirischen Mittelwerte der Messreihen.

In Tabelle 6.1 wurde versucht, die Abhängigkeit verschiedener Kesseleigenschaften von der Kesselnennwärmeleistung  $l_{11}$  festzustellen. Für den Fall, dass der Betrag des Korrelationskoeffizienten einen Wert von 0,5 überschreitet, wird in dieser Analyse eine Abhängigkeit zwischen den Eigenschaften angenommen. Man sieht, dass nur die Kesseleigenschaft  $q_{13}$  (Abstrahlverluste bei Nennleistung) negativ von der Nennleistung abhängt. Diese Eigenschaft wird daher aus der Analyse ausgeschlossen. Weiters ist ersichtlich, dass die Kesseleigenschaften  $q_{11}$  und  $q_{12}$  eine starke Korrelation aufweisen. Es handelt sich hierbei um die Kesseleigenschaften *Wirkungsgrad bei Nennlast* und *Wirkungsgrad bei Teillast*. Auch in diesem Fall wird nur mehr der Wirkungsgrad bei Nennlast weiter in der Analyse betrachtet. Eine weitere Abhängigkeit findet sich zwischen den Eigenschaften  $q_{14}$  (durchschnittlicher Stromverbrauch) und  $q_{52}$  (CO-Ausstoß bei Teillast). Nachdem jedoch auch der CO-Ausstoß bei Nennlast als Eigenschaft in

<sup>1</sup>Da die Messreihen nur eine begrenzte Auswahl darstellen, wird ein sogenannter *empirischer Korrelationskoeffizient* berechnet.

**Tabelle 6.2:** Kreuzkorrelationen der Kesseleigenschaften aus der Kategorie *Präferenz*.

	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{14}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{31}$	$x_{34}$	$x_{35}$	$x_{36}$
$x_{11}$	1,00	0,03	0,22	0,21	0,08	-0,09	-0,20	0,16	0,17	0,38	0,05
$x_{12}$	0,03	1,00	0,23	-0,38	0,22	-0,03	-0,17	-0,47	-0,32	-0,19	0,03
$x_{14}$	0,22	0,23	1,00	0,23	0,49	0,10	0,19	-0,27	-0,05	-0,01	0,01
$x_{21}$	0,21	-0,38	0,23	1,00	0,11	0,14	0,32	0,26	0,47	0,33	0,11
$x_{22}$	0,08	0,22	0,49	0,11	1,00	-0,23	-0,24	-0,56	-0,25	-0,12	0,23
$x_{23}$	-0,09	-0,03	0,10	0,14	-0,23	1,00	0,80	0,24	0,26	0,04	0,22
$x_{24}$	-0,20	-0,17	0,19	0,32	-0,24	0,80	1,00	0,32	0,46	0,19	0,32
$x_{31}$	0,16	-0,47	-0,27	0,26	-0,56	0,24	0,32	1,00	0,42	0,42	-0,30
$x_{34}$	0,17	-0,32	-0,05	0,47	-0,25	0,26	0,46	0,28	1,00	0,48	0,28
$x_{35}$	0,38	-0,19	-0,01	0,33	-0,12	0,04	0,19	0,42	0,48	1,00	0,26
$x_{36}$	0,05	0,03	0,01	0,11	0,23	0,22	0,32	-0,30	0,28	0,26	1,00

**Tabelle 6.3:** Kreuzkorrelationen der Kesseleigenschaften aus einer Auswahl der Kategorie *Qualität*. Die Kreuzkorrelationen mit einem Wert größer 0,5 sind rot markiert.

	$q_{41}$	$q_{42}$	$q_{43}$
$q_{41}$	1,00	0,60	0,49
$q_{42}$	0,60	1,00	0,43
$q_{43}$	0,49	0,43	1,00

**Tabelle 6.4:** Kreuzkorrelationen der Kesseleigenschaften aus einer Auswahl der Kategorie *Präferenz* und *Qualität*.

	$q_{14}$	$q_{15}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{14}$
$q_{14}$	1,00	0,26	0,05	-0,18	-0,10
$q_{15}$	0,26	1,00	0,07	0,18	0,10
$x_{11}$	0,05	0,07	1,00	0,03	0,22
$x_{12}$	-0,18	0,18	0,03	1,00	0,23
$x_{14}$	-0,10	0,10	0,22	0,23	1,00

der Analyse verwendet wird, wurde auf die gesonderte Untersuchung dieses Zusammenhangs verzichtet und der CO-Ausstoß bei Teillast aus der Analyse ausgeschlossen. Weitere Berechnungen der Kreuzkorrelation sind in Tabelle 6.2 zwischen den Parametern  $x$  der Kategorie *Präferenz* dargestellt. Zwischen diesen Eigenschaften lässt sich keine Abhängigkeit im obigen Sinne ableiten. Eine gesonderte Bedeutung kommt den drei Eigenschaften  $q_{41}$ ,  $q_{42}$  und  $q_{43}$  zu, die nicht den technischen Eigenschaften zuzuordnen sind und den Grad an Servicequalität des jeweiligen Unternehmens repräsentieren sollen. In Tabelle 6.3 sieht man, dass unter diesen Eigenschaften eine Abhängigkeit der Anzahl an Servicestellen und dem Vorhandensein einer 24h-Hotline finden lässt, wobei nur mehr die Anzahl der Servicestellen weiter in der Analyse betrachtet wird. Zwischen dem durchschnittlichen Stromverbrauch  $q_{14}$  und der Leistung der

**Tabelle 6.5:** Auflistung der im linearen Regressionsmodell zur Beschreibung des Herstellerpreises verwendeten Kesseleigenschaften.

<i>Kesseleigenschaft</i>	<i>Regressionskoeffizient <math>\beta</math></i>	<i>t-Wert</i>
Konstante	3996,95	7,70
$l_{11}$ : Kesselnennwärmeleistung [kW]	113,66	10,65
$q_{14}$ : durchsch. Stromverbrauch in [%] von Nennleist.	1228,58	3,69
$q_{41}$ : Anzahl der Servicestellen in Österreich	148,63	3,64
$q_{43}$ : Garantiezeit auf den Pelletkessel [a]	-363,09	-3,44
$x_{11}$ : Reinigung automatisch	780,00	2,33
$x_{12}$ : Entaschung automatisch	1272,30	5,73
$x_{14}$ : Aschekomprimierung	398,48	1,68

Zündeinrichtung  $q_{15}$ , sowie den technischen Reinigungs- und Entaschungseinrichtungen  $x_{11}$  und  $x_{12}$  und einem System zur Aschekomprimierung  $x_{14}$  wurde eine theoretische Abhängigkeit unterstellt, welche sich jedoch durch eine Auswertung der Kreuzkorrelationen, ersichtlich in Tabelle 6.4, nicht nachweisen lies.

In einem weiteren Schritt wurden jene Kesseleigenschaften aus der Analyse ausgeschlossen, welche offensichtlich keine Auswirkung auf den Produktpreis haben. Dies sind die *optionalen Eigenschaften*  $x_{33}$ ,  $x_{34}$  und  $x_{35}$ , die nicht im angegebenen Herstellerpreis enthalten sind. Anschließend wurde in mehreren Durchläufen mittels der Auswertung eines t-Tests die Signifikanz der übrigen Kesseleigenschaften zur Beschreibung des Produktpreises bestimmt. Zur Errechnung des t-Wertes einer Kesseleigenschaft  $x_{\alpha\beta}$  wurde die Formel

$$t_{\alpha\beta} := \frac{\beta_{\alpha\beta}}{\sigma(\beta_{\alpha\beta})} \quad (6.3)$$

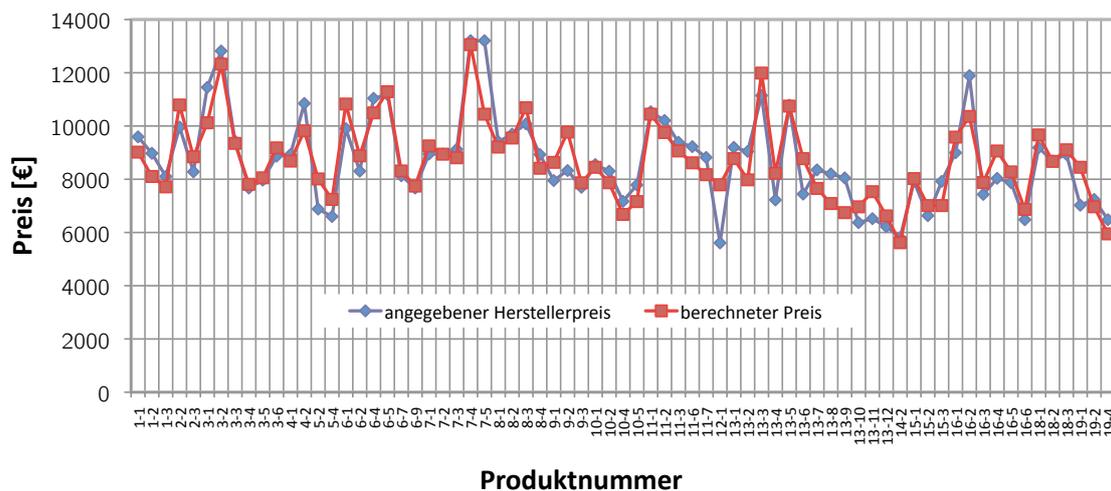
verwendet, wobei  $\beta_{\alpha\beta}$  den Regressionskoeffizienten der zugehörigen Kesseleigenschaft und  $\sigma(\beta_{\alpha\beta})$  den Standardfehler des Regressionskoeffizienten bezeichnet. Alle Kesseleigenschaften für die sich ein kleinerer Betrag als 1,96 für den t-Wert ergab – die also mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% nicht von Null verschieden sind – wurden aus der Simulation entfernt und in einem erneuten Durchlauf abermals die t-Werte der restlichen Parameter ausgewertet. Das Ergebnis nach vier Durchgängen ist in Tabelle 6.5 dargestellt.

Wie in Tabelle 6.5 ersichtlich, wirkt sich die Kesselnennwärmeleistung am stärksten positiv auf den Produktpreis aus. Des Weiteren sind die automatischen Reinigungs- und Entaschungseinrichtungen wesentliche Einflussfaktoren des Preises. Auch aus dem durchschnittlichen Stromverbrauch der Pelletkessel kann man einen positiven Preiszusammenhang ableiten. Daraus folgt, dass die Preisunterschiede der Produkte zu einem wesentlichen Teil durch den Automationsgrad, und damit zusammenhängend, den Stromverbrauch des Pelletkessels bestimmt

werden. Auch zeigt sich, dass die durch die Anzahl der Servicestellen in Österreich gemessene Unternehmenspräsenz ein preissteigernder Faktor ist. Aus der oben durchgeführten Analyse ergibt sich außerdem ein negativer Zusammenhang zwischen der Garantiezeit auf den Pelletkessel und den Produktpreis. Diese preismindernde Wirkung lässt sich dadurch erklären, dass in den Fällen, bei denen eine Garantiezeit länger als die gesetzliche Mindestzeit angeboten wird, gleichzeitig ein Wartungsvertrag abgeschlossen werden muss, um die verlängerte Garantiezeit geltend zu machen (Hoval, 2010) (Solarfocus, 2010) (Hargassner, 2010). Die jährlichen Kosten eines Wartungsvertrages belaufen sich auf 150 bis 300 € pro Jahr und sind nicht im angegebenen Produktpreis enthalten. In Abbildung 6.1 ist der tatsächlich angegebene und der durch die Regressionsgleichung 6.1 angenäherte Produktpreis der einzelnen Produkte aufgetragen. Die Berechnung des Bestimmtheitsmaßes

$$R^2 := \frac{\text{Stichprobenvarianz von } \hat{P}}{\text{Stichprobenvarianz von } P} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{P}_i - \bar{P})^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad (6.4)$$

ergibt für die vorliegende Regression einen Wert von 0,909. In Anbetracht dessen, dass in dieser Analyse zu einem Großteil nur technische Produkteigenschaften berücksichtigt wurden, und die tatsächliche Preisbildung noch von vielen anderen Faktoren, wie z.B. der Marketingstrategie der Unternehmen, der Wettbewerbsverhältnisse zwischen den Unternehmen und der Verarbeitungsqualität der Produkte abhängt, liefert diese Analyse einen Anhaltspunkt dafür, dass die technische Ausführung des Produktes bei der Festlegung des Preises eine bedeutende Rolle spielt. Eine genauere Analyse müsste zusätzlich noch eine Reihe von betriebswirtschaftlichen Kennzahlen und die tatsächliche Marktsituation berücksichtigen.



**Abbildung 6.1:** Angegebener Herstellerproduktpreis und der durch eine lineare Regressionsgleichung geschätzter Produktpreis. Es ergibt sich ein Bestimmtheitsmaß  $R^2$  von 0,909.

## Kapitel 7

# Schlussfolgerungen und Ausblick

Aus den Untersuchungen dieser Diplomarbeit geht hervor, dass die verstärkte Nutzung von Bioenergie und die Substitution von fossilen Energieträgern sinnvoll und auch politisch gewollt ist. Das Wachstum des Pelletheizungsmarktes zeigt einerseits den Erfolg einer langjährigen Entwicklungsarbeit und lässt andererseits auf ein gestiegenes Umweltbewusstsein seitens der Bevölkerung schließen. Dennoch zeigt sich, dass die Nachfrage nach Pelletheizungen sehr sensibel auf veränderte Brennstoffkosten – insbesondere den Ölpreis – reagiert und seitens der (potentiellen) Kunden noch eine gewisse Unsicherheit bezüglich der Versorgungssicherheit von Pellets besteht. Ein erster wesentlicher Schritt hinsichtlich der Beseitigung dieses Problems ist die Einführung des Zertifizierungssystems *ENplus*, das europaweit eine einheitliche Qualität entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Pelletsproduktion sicherstellen soll.

Seitens der Pelletheizungen sind aufgrund der offensiven Förderpolitik deutliche Qualitätsverbesserungen erreicht worden. Heutige Pelletheizungen sind in ihrer Bedienungsfreundlichkeit mittlerweile schon mit konventionellen Ölheizungen vergleichbar. Eine wesentliche Herausforderung besteht aber darin, die Produktionskosten zu senken, um schrittweise die Förderungen zurücknehmen zu können. Weiterer Forschungsbedarf ist hinsichtlich der Verfeuerung von verschiedenen Pelletsrohstoffen gegeben. Wie erwähnt, werden momentan primär getrocknete Sägespäne zu Pellets verarbeitet. Da aber prinzipiell auch andere biogene Rohstoffe zu Pellets verarbeitet werden können – und diesbezüglich auch ein erschließbares Potential gegeben wäre, sind die Heizungen dahingehend zu optimieren, um auch unterschiedliche Pelletsqualitäten effizient und schadstoffarm verbrennen zu können.

Der österreichische Pelletheizungsmarkt ist hinsichtlich der Anzahl der Hersteller breit aufgestellt und weist keine zu starke Marktkonzentration auf. Es gibt also keinen Hersteller, der eine dominante Marktposition einnimmt und ein interner Wettbewerb findet statt. Das momentan am Markt bestehende Angebot deckt das Spektrum unterschiedlicher Kundenpräferenzen gut ab und es bietet sich derzeit keine Marktmöglichkeit für die Einführung eines Nischenproduktes. Da bei der Herstellung von Pelletheizungen steigende Skalenerträge erzielt werden, und die etablierten Hersteller schon bis zu 80% ihrer Produktion exportieren, ist es

auch für kleinere Hersteller unabdingbar, international tätig zu werden.

Die in Kapitel 5.6 schrittweise durchgeführte Nachfragemodellierung lässt folgende Schlussfolgerungen zu:

- Je nach bestehender Kundenpräferenz, die sich in der Gestalt der Preisaufschlagsterme äußert, werden zum Teil komplett unterschiedliche Produkte nachgefragt. Es gibt keinen Hersteller, dessen Produkte bei jeder Betrachtung überdurchschnittlich stark nachgefragt werden.
- Ein Vergleich der verschiedenen Betrachtungen zeigt, dass die Produkte der etablierten Hersteller *Fröling*, *Herz* und *Solarfocus* bei einer realistischen Annahme der Kundenpräferenzen (vgl. 5.6.5) stark nachgefragt werden. Der große Marktanteil dieser Unternehmen lässt sich daher auch auf deren attraktives Produktangebot zurückführen.
- Umgekehrt besteht beispielsweise bei den ebenfalls stark am Markt vertretenden Herstellern *KWB* und *Bösch* die Situation, dass deren Produkte in der Bewertung durchgehend schwach nachgefragt wurden. Dies lässt daraufhin schließen, dass die analysierten Produkte dieser Hersteller einen im Verhältnis zu ihren Produkteigenschaften überhöhten Preis haben und sich der hohe Marktanteil dieser Unternehmen nur durch andere Faktoren, wie z.B. durch das Vorhandensein von starken Distributionskanälen, erklären lässt.
- Deutliche Bestrebungen sind hinsichtlich der Berücksichtigung von vorhandenen Kundentrends zu bemerken. Zunehmend werden Produkte kleinerer Leistungsklasse zu einem attraktiven Preis angeboten, welche ähnliche Qualitäts- und Komfortansprüche erfüllen, wie die Produkte höherer Leistung. In den Bewertungsergebnissen zeigt sich das dadurch, dass für Produkte der unteren Leistungsklasse eine überdurchschnittlich hohe Nachfrage besteht.

Die Regressionsanalyse des Produktpreises der in dieser Arbeit erhobenen Stichprobe von Pelletkesseln zeigt, dass die – vorerst kritisch betrachteten – bestehenden Preisunterschiede zu einem wesentlichen Teil auf unterschiedliche Ausprägungen von bestimmten Produktmerkmalen, insbesondere dem technischen Automatisierungsgrad der Produkte, zurückgeführt werden können. Aufgrund dessen, dass keine nennenswerten Ausreißer festgestellt werden konnten, ist davon auszugehen, dass die Preisgestaltung sich im Wesentlichen an den Herstellungskosten orientiert.

Generell ist kritisch zu der Analyse anzumerken, dass eine deutliche Schwierigkeit in der Erhebung der in Kapitel 4.4 erklärten Gewichtungsfaktoren besteht. Wie in Kapitel 5.7 untersucht, beeinflusst die Wahl dieser Faktoren die Kategorisierung der Pelletheizungen und damit das Ergebnis der gesamten Analyse. Des Weiteren sind die Schlussfolgerungen aus der Analyse unter dem Gesichtspunkt zu interpretieren, dass nicht das gesamte Marktangebot analysiert werden konnte und somit teilweise ganze Produktreihen nicht berücksichtigt wurden.

Weitere Forschungsmöglichkeiten hinsichtlich dieser Themenstellung bieten sich hinsichtlich der Integration von anderen alternativen Heizsystemen in das kundenspezifische Bewer-

tungsmodell und einer mathematischen Modellierung des gesamten Heizungsmarktes, zur Klärung der Frage wie sich beispielsweise unterschiedliche Förderangebote, oder Technologiesprünge auf die Marktdurchdringung einer bestimmten Technologie auswirken.

# Literaturverzeichnis

- [ABC 2009] ABC: *Heizen 2050 - Biomassetechnologien*. Veröffentlichung der Austrian Bioenergy Centre GmbH, [www.abc-energy.at](http://www.abc-energy.at), Juni 2009
- [Bergmair 1996] BERGMAIR, J.: *Gesamtenergieaufwand bei der Herstellung von Hackgut bzw. Pellets. Vergleich von industriellem und bäuerlichen Hackgut und Pellets*. Forschungsinstitut für alternative Energienutzung, TU Graz, 1996
- [BLT 2010] BLT, Wieselburg: *Heizkesselprüfberichte*. Prüfstelle BLT Wieselburg, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Landtechnik und Lebensmitteltechnologie Francisco Josephinum in Wieselburg, <http://blt.josephinum.at/>, 2010
- [Bointner 2009] BOINTNER, R.: *Erhebung der Branchenkennzahlen einzelner Technologiezweige im Biomasse-Sektor in Österreich in 2009*. TU Wien, Energy Economics Group, 2009
- [Boonekamp L. 2007] BOONEKAMP L., et. a.: *OECD-FAO Agricultural Outlook 2007-2016*. Veröffentlichung der FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), 2007
- [AMADEUS Datenbank 2010] DATENBANK AMADEUS: *Unternehmenskennzahlen österreichischer Pelletheizungshersteller*. Europäische Online-Unternehmensdatenbank, <http://www.bvdep.com/de/AMADEUS.html>, Juni 2010
- [DBV 2004] DBV: *Der Biomasse gehört die energetische Zukunft*. Pressemitteilung vom Deutschen Bauernverband, 10.02.2004, 2004
- [Decker 2009] DECKER, T.: *Sichtweisen wesentlicher Akteure am Markt für Holzpellets in Deutschland*. Schlussbericht einer Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Wissenschaftszentrum Straubing, Fachhochschule Weihenstephan, August 2009
- [DEPI 2010] DEPI: *Zertifizierung von Pellets für den Endkundenmarkt / Deutsches Pelletinstitut*. Version: September 2010. <http://www.depi.de>. 2010. – Forschungsbericht
- [Eisenach 2007] EISENACH, J.: *Marktübersicht – Scheitholzvergaserkessel, Scheitholz-Pellet-Kombinationskessel*. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Abteilung Öffentlichkeitsarbeit, <http://www.fnr.de>, Februar 2007

- [Market 2007] Market: *Häuslbauerstudie 2007*. market Marktforschungs-Ges.m.b.H. & Co.KG, <http://www.market-research.at>, 2007
- [Faustmann 2008] FAUSTMANN, M.: *Gemeinsam mehr Stabilität am Pelletsmarkt schaffen*. Interview der Fachzeitschrift HLK mit dem damaligen Geschäftsführer von Windhager in der Ausgabe 05/2008, <http://www.hlk.co.at>, Mai 2008
- [G. Kalt 2009] G. KALT, et a.: *Erneuerbare Energie im Wärme- und Kältesektor in Österreich*. Eine Fallstudie im Rahmen des IEE Projektes „Policy development for improving RES-H/C penetration in European Member States (RES-H Policy)“, März 2009
- [Gerber 2008] GERBER, A.: *Heizkessel für Holzpellets – Marktübersicht und Bewertung der Gerätetechnik*. Weil der Stadt, Universität Stuttgart, Diss., Januar 2008
- [H. Hartmann 2010] H. HARTMANN, et a.: *Kleine Biomassefeuerungen – Marktbeobachtungen, Betriebsdaten, Kosten und Wirtschaftlichkeit*. Veröffentlichung des Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, <http://www.tfz.bayern.de>, Februar 2010
- [Hirschberger 2006] HIRSCHBERGER, P.: Biomassenutzung – Chance oder Gefährdung für nachhaltige Waldwirtschaft und Biodiversität? In: *Potenziale der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität. Naturverträgliche Nutzung forstlicher Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung unter besonderer Berücksichtigung der Flächen der Österreichische Bundesforste.*, Baaske M., Plattner G., Oktober 2006
- [Hotelling 1929] HOTELLING, H.: *Stability in Competition*. *Economic Journal* 39 (153): 41-57, 1929
- [IPCC 2006] IPCC: *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>, 05.01.2011, 2006
- [IWO-Österreich 2009] IWO-ÖSTERREICH: 3000 Euro Förderung für eine neue Ölheizung / Institut für wirtschaftliche Ölheizung. Version: Februar 2009. <http://www.iwo-austria.at>. 2009. – Forschungsbericht
- [K. Furtner 2009] K. FURTNER, H. H.: *Biomasse – Heizungserhebung 2009*. Veröffentlichung der Landwirtschaftskammer Niederösterreich, <http://www.lk-noe.at>, 2009
- [konsument.at 2009] KONSUMENT.AT: *Marktübersicht Pelletheizungen 10/2009*. Verein für Konsumenteninformation, Zeitschrift *Konsument*, <http://www.konsument.at>, November 2009
- [Kranzl 2002] KRANZL, L.: *Die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der energetischen Nutzung von Biomasse*. Wien, Technische Universität Wien, Diss., November 2002

- [Kranzl 2004] KRANZL, L.: *Beschäftigungseffekte der Biomasse-Nutzung in Österreich: regionale Verteilungseffekte und gesamtwirtschaftliche Auswirkungen*. Vortrag im Rahmen eines Methodenworkshops in Bonn, Jänner 2004
- [Krapf 2002] KRAPF, G.: *Holzpellets und Pelletheizanlagen*. C.A.R.M.E.N. e.V., Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk, <http://www.carmen-ev.de>, Dezember 2002
- [L. Kranzl 2008] L. KRANZL, et a.: *Strategien zur optimalen Erschließung der Biomassepotenziale in Österreich bis zum Jahr 2050 mit dem Ziel einer maximalen Reduktion an Treibhausgasemissionen*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung; Energiesysteme der Zukunft, 2008
- [L. Kranzl 2010] L. KRANZL, et a.: *Strategien für eine nachhaltige Aktivierung landwirtschaftlicher Bioenergie-Potenziale*. Endbericht ALPot; Energie der Zukunft, 2010
- [Lasselsberger 2002] LASSELSBERGER, L.: *Typenprüfungen von Holzfeuerungen*. Veröffentlichung der Bundesanstalt für Landtechnik (BLT), <http://blt.josephinum.at>, 2002
- [M. Anderl 2010] M. ANDERL, et a.: *Klimaschutzbericht 2010*. Veröffentlichung des österreichischen Umweltbundesamtes, <http://www.umweltbundesamt.at>, 2010
- [M. Kaltschmitt 2009] M. KALTSCHMITT, H. H.: *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren*. 1. Berlin, 2009
- [Lula da Silva 2007] LULA DA SILVA, I.: *Brazil's President Lula on Trade, Agriculture, Poverty and Biofuels*. Interview European Parliament. <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?language=EN&type=IM-PRESS&reference=20070703STO08738&secondRef=0>, 05.01.2011, 2007
- [Meister 2000] MEISTER, F.: *Life Cycle Umweltbilanz von österreichischen Heizsystemen / Umweltbundesamt – Abteilung Allgemeine Ökologie und Naturschutz*. Version: April 2000. <http://www.ubavie.gv.at>. 2000. – Forschungsbericht
- [Möchel 2010] MÖCHEL, A.: *Österreich profitiert vom Pellets-Boom*. Artikel vom 16.11.2010 im Wirtschaftsblatt, <http://www.wirtschaftsblatt.at>, November 2010
- [P. Biermayr 2009] P. BIERMAYR, et a.: *Innovative Energietechnologien in Österreich - Marktentwicklung 2009*. Veröffentlichung im Rahmen des Projektes NACHHALTIGwirtschaften, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 2009
- [P. Hasler 2001] P. HASLER, et. a.: *Herstellung von Holzpellets*. Studie im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Energie und des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, <http://www.energieforschung.ch>, Dezember 2001

- [Patay 2007] PATAY, G.: Situation der Heizungsbranche im Jahr 2007 / Österreichischer Wirtschaftsverlag GmbH, Printausgabe *gebäudeinstallation*, Themenbereich *Heizung*. Version: Dezember 2007. <http://www.gebaeudeinstallation.at>. 2007. – Forschungsbericht
- [Pieprzyk 2009] PIEPRZYK, B.: *Globale Bioenergienutzung - Potenziale und Nutzungspfade*. Kurzstudie; Analyse des WBGU-Gutachtens "Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung", Juni 2009
- [Porter 2008] PORTER, M.: *On Competition*. 2. Harvard Business School Publishing Corporation, 2008
- [ProPellets 2005] PROPELLETS: *Pellets – die österreichische Energielösung*. Veröffentlichte Statements einer Podiumsdiskussion, veranstaltet von *proPellets Austria*, <http://www.propellets.at>, September 2005
- [R. Schubert 2008] R. SCHUBERT, et a.: *Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung*. Veröffentlichung des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung (Deutschlands); <http://www.wbgu.de>, Oktober 2008
- [Rakos 2009a] RAKOS, C.: *Marktentwicklung für Holzpellets in Europa – Perspektiven und Potenziale*. Vortrag, Oktober 2009
- [Rakos 2009b] RAKOS, C.: *Stand der Dinge am Pelletsmarkt: Entwicklungen und Herausforderungen in Österreich und International*. Vortrag, November 2009
- [S. Klug 2008] S. KLUG, et a.: *Motivstudie Heizsysteme*. FH Wiener Neustadt, Austrian Energy Agency, Dezember 2008
- [Schadauer 2007] SCHADAUER, et a.: *Vorläufige Ergebnisse der "Holz- und Biomassepotentialstudie für Österreich"*. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, <http://bfw.ac.at>, 2007
- [Schauer 2005] SCHAUER, K.: *Moderne Holzheizungen; Neue Technologien - neue Marktchancen*. Landesprogramm für energieeffiziente Gemeinden, Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen, November 2005
- [Biotech 2010] Biotech: *Biotech Energietechnik GmbH*. <http://www.pelletsworld.com>. Version: 2010
- [Buderus 2010] Buderus: *Buderus Austria Heiztechnik GesmbH*. <http://www.buderus.at>. Version: 2010
- [Bösch 2010] Bösch: *Walter Bösch KG*. <http://www.pelletshome.com>. Version: 2010

- [Evotherm 2010] *Evotherm: Evotherm Heiztechnik GmbH.* <http://www.evotherm.at>.  
Version: 2010
- [Firefox 2010] *Firefox: Firefox Vertiebs GmbH.* <http://www.firefox.at>. Version: 2010
- [Fröling 2010] *Fröling: Fröling Heizkessel- und Behälterbau Ges.m.b.H.* <http://www.froeling.at>.  
Version: 2010
- [Guntamatic 2010] *Guntamatic: Guntamatic Heiztechnik GmbH.* <http://www.guntamatic.com>.  
Version: 2010
- [Hargassner 2010] *Hargassner: Hargassner GmbH.* <http://www.hargassner.at>. Version: 2010
- [Herz 2010] *Herz: Herz Armaturen Ges.mb.H.* <http://www.herz-armaturen.com>. Version: 2010
- [Hoval 2010] *Hoval: Hoval Ges.m.b.H.* <http://www.hoval.at>. Version: 2010
- [KWB 2010] *KWB: KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH.* <http://www.kwb.at>.  
Version: 2010
- [Manglberger 2010] *Manglberger: Manglberger Heizungsbau GmbH.* <http://www.manglberger.at>. Version: 2010
- [Perhofer 2010] *Perhofer: Perhofer GmbH.* <http://www.perhofer.at>. Version: 2010
- [SHT 2010] *SHT: SHT Heiztechnik aus Salzburg GmbH.* <http://www.sht.at>. Version: 2010
- [Solarfocus 2010] *Solarfocus: Solarfocus Solar- und Umwelttechnik GmbH.* <http://www.solarfocus.at>. Version: 2010
- [Strebel-Thermostrom 2010] *Strebel-Thermostrom: Strebelwerk GmbH.* <http://www.strebel.at>.  
Version: 2010
- [Viessmann 2010] *Viessmann: Viessmann GmbH.* <http://www.viessmann.at>. Version: 2010
- [Windhager 2010] *Windhager: Windhager Zentralheizung GmbH.* <http://www.windhager.com>.  
Version: 2010
- [ÖkoFEN 2010] *ÖkoFEN: ÖkoFEN Produktions GmbH.* <http://www.pelletsheizung.at>.  
Version: 2010
- [topprodukte.at 2010] *TOPPRODUKTE.AT: Marktübersicht von Pelletheizungen.* Online-Datenbank von energie-effizienten Produkten, Klimaschutzinitiative des österreichischen Lebensmittelministeriums klima:aktiv, <http://www.topprodukte.at>, Juni 2010
- [W. Pfähler 2008] *W. PFÄHLER, H. W.: Unternehmensstrategien im Wettbewerb – Eine spieltheoretische Analyse.* 3. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008

[Woeckener 2007] WOECKENER, B.: *Strategischer Wettbewerb: Marktökonomische Grundlagen, Produktdifferenzierung und Innovation*. 1. Springer-Verlag, 2007

## Anhang A

# Bewertungstabelle der kategorisierten Pelletkessel

Die in Abbildung A.1 bis A.4 abgebildeten Tabellen zeigen die in dieser Arbeit analysierten Pelletheizungen. Angeführt sind neben Hersteller und Produktbezeichnung, die Werte der betrachteten Heizungsmerkmale. Binäre Merkmale wurden mit einer *ja/nein*-Option angeführt.

Die technischen Daten der Produkte stammen aus den Typenprüfberichten des Prüfzentrums der BLT Wieselburg<sup>1</sup>, aus Produktbroschüren, technischen Datenblättern und den Internetpräsenzen der Hersteller und aus schon vorhandenen Marktübersichten<sup>2</sup>. Die Preisangaben der Produkte beziehen sich auf die Standardausführung der Heizung, beinhalten keine weiteren Zusatzkomponenten, oder Erweiterungsmodule und sind ohne Mehrwertsteuer ausgewiesen. Die Angaben basieren auf unverbindlichen Preisempfehlungen der Hersteller, berücksichtigen keine Förderleistungen und sind tendenziell höher als die Preisangaben von Installateuren, da in der Regel Rabatte im Bereich von 5 bis 10% gewährt werden.

Die rot und orange eingefärbten Kennzahlen, waren nicht erhältlich und sind aus den Mittelwerten der technischen Daten derselben Produktreihe berechnet. Die grün eingefärbten Merkmale/Optionen wurden vom Hersteller nicht explizit angegeben und in diesem Fall als nicht vorhanden angenommen.

Rechts in den Abbildungen sind die den Produkten zugeordneten Indexwerte, sowie eine Unternehmens- und Produktnummer zugeordnet. Ganz außen sind die der Produktbewertung zugrunde liegenden Indexwerte der Kategorien *Leistung L*, *Qualität Q*, *Präferenz X* und *Preis P* angegeben.

Trotz großer Sorgfalt bei der Erhebung der Produktdaten sind die angeführten Werte als Richtwerte zu interpretieren und dienen im Wesentlichen dazu, eine Marktübersicht zu geben. Aufgrund der Komplexität von Heizanlagen und der Abhängigkeit ihrer Zweckmäßigkeit vom konkreten Heizobjekt ist eine konkrete Produktbewertung nur im Einzelfall möglich.

---

<sup>1</sup>Lasselsberger (2002)

<sup>2</sup>topprodukte.at (2010), konsument.at (2009)



		9901	8304	k.A.	11040	11181	k.A.	8131	k.A.	7670	8947	8947	901	90,7	90,7	8947	9125	13204	13204	9408	9696	10080	8928	k.A.	7952	8328	7698	8553
		93,5	92,9	92,6	92	91,64	90,96	91,9	91,6	90,9	90,7	90,1	90,3	90,6	91,6	96,1	95,1	94,1	94,3	93,8	93,6	92,8	k.A.	93	91,5	90,8	92,9	
		95,7	94,5	95,7	91,9	91,87	91,83	93,3	92	92	87,4	87,4	90,9	84,5	85,2	93	93,1	93,2	91,9	90,4	90,9	90,5	90,5	90,5	90,5	92,3	92,9	
		0,5	1,3	0,5	1,3	0,5	0,5	1,3	1,5	1,3	1,2	1,2	1,2	0,8	1,8	1,4	0,2	0,3	1,1	1,3	1,5	1,3	1,1	1,1	0,9	1,9	1,3	
		0,4	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2,33	1,8	0,95	1,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,7	0,42	
		110	110	110	430	430	430	110	96	123	1600	1600	1600	1613	1575	980	980	980	980	980	980	980	1610	1610	1610	1635	110	
		72,19	70	76,58	70	70	70	70	67,27	78,67	78,33	80	66,52	72,5	73,67	73,2	75,71	70	74,17	80,83	85,71	75	73,33	92	70,77			
		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	1	1	5	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	
		31	30	45	31	32	35	24	39	46	31	29	36	2	26	10	22	18	18	45	4	16	35	156	29			
		61	66	61	56	65	82	72	77	150	150	61	286	19	63	105	105	26	66	31	22	91	91	189	87			
		79	78	77	59	65	76	74	74	81	95	81	95	54	65	79	75	74	97	97	97	97	97	100	72	79		
		10	11	9	6	8	11	11	14	12	7	6	17	10	3	10	10	14	9	10	11	6	9	11	16	5		
		32	25	38	28	35	48	20	11	15	12	15	23	40	30	22	25	35	15	12	12	14	20	30	10	26		
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
		ja	nein	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	
		35	23	35	5	5	5	23	13	13	0	0	60	60	40	40	40	40	40	40	40	40	25	15	35			
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	1	1	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
		nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1		
		0,57	0,40	0,71	0,48	0,64	0,95	0,29	0,07	0,17	0,10	0,17	0,36	0,76	0,52	0,33	0,40	0,64	0,17	0,10	0,14	0,29	0,52	0,05	0,43			
		0,62	0,56	0,66	0,60	0,62	0,59	0,56	0,52	0,62	0,57	0,58	0,49	0,54	0,61	0,65	0,69	0,62	0,64	0,68	0,77	0,35	0,32	0,42	0,39			
		0,90	0,85	0,90	0,87	0,87	0,87	0,85	0,84	0,84	0,20	0,20	0,51	0,51	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,72	0,72	0,71	0,39		
		0,57	0,35	k.A.	0,72	0,73	k.A.	0,33	k.A.	0,27	0,44	0,44	0,46	1,00	1,00	1,00	0,54	0,59	0,44	k.A.	k.A.	0,31	0,36	0,28	0,39			

Abbildung A.2: Bewertungstabelle: Teil 2.





## Anhang B

# Branchenkennzahlen der österreichischen Pelletheizungsbranche im Jahr 2009

Diese Daten dienen als Grundlage zur Berechnung der Mengen- und Umsatzanteile der österreichischen Pelletheizungsbranche im Jahr 2009. Die Daten stammen aus folgenden Quellen:

- Frühere Analysen von der EEG / (Bointner, 2009)
- *amadeus* - Unternehmensdatenbank / (*AMADEUS* Datenbank, 2010)
- Eigene Schätzungen gemäß Homepage der Hersteller / siehe Literaturverzeichnis

Die aus Bointner (2009) erhaltenen Daten sind Zeitreihen der Umsatz- und Mitarbeiterentwicklung der Unternehmen für den Zeitraum von 2004 bis 2009. Die Exportquote der Unternehmen war nur für das Jahr 2009 erhältlich und daher wurde die Branchenanalyse auch nur als Querschnittsanalyse für 2009 durchgeführt. Fehlende Daten wurden aus der Datenbank *amadeus* bezogen, bzw. aus den Branchenmittelwerten berechnet. Der Gewichtungsfaktor für den Umsatz im Geschäftsbereich Pelletkessel wurde anhand des auf der Unternehmens-Homepage angegebenen Produktportfolios geschätzt. Über diesen Parameter wurden dann die Mitarbeiter und der Umsatz im Geschäftsbereich Pelletkessel berechnet. Das *mittlere* Preisniveau wurde anhand einer Normalverteilungsfunktion über die gesamten Produktpreise eines Unternehmens bestimmt. Daraus abgeleitet wurden die verkauften Pelletkessel ermittelt.

Unternehmen	Firmenname	Unternehmenszahlen	Einheit	2009
BIOTECH	Biotech Energietechnik GmbH	Umsatz	[€]	8,03 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	28
		Exportquote	[%]	90%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	33,33%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	0,27 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	8957
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,29 Mio €
BÖSCH	Walter Bösch KG	Umsatz	[€]	90,00 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	624
		Exportquote	[%]	50%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	16,67%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	7,50 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	9076
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,14 Mio €
BUDERUS	Buderus Austria Heiztechnik GesmbH	Umsatz	[€]	27,80 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	70
		Exportquote	[%]	20%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	16,67%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	3,71 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	9634
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,40 Mio €
FIRE FOX	FIRE FOX Vertriebs GmbH *	Umsatz	[€]	k.A.
		Mitarbeiter	[1]	k.A.
		Exportquote	[%]	k.A.
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	100,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	k.A.
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	9411
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	k.A.
EVOTHERM	Evotherm Heiztechnik GmbH	Umsatz	[€]	1,80 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	3
		Exportquote	[%]	0
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	50,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	0,90 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	7378
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,60 Mio €
FRÖLING	Fröling Heizkessel- und Behälterbau, Ges.m.b.H.	Umsatz	[€]	105,71 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	430
		Exportquote	[%]	70%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	50,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	15,86 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	9541
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,25 Mio €
		Verkaufte Pelletkessel	[1]	1662

**Abbildung B.1:** Österreichische Pelletheizungshersteller und ihre Unternehmenskennzahlen im Jahr 2009: Teil 1. \*) Für das Unternehmen *Fire Fox* sind im Jahr 2009 keine Daten bezüglich des Geschäftsbereiches *Pelletheizungen Produktion* erhältlich, da dieser von der insolventen Firma *ENtech* erst im Jahr 2009 übernommen wurde.

Unternehmen	Firmenname	Unternehmenszahlen	Einheit	2009
GUNTAMATIC	GUNTAMATIC Heiztechnik GmbH	Umsatz	[€]	9,81 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	120
		Exportquote	[%]	75%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	50,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	1,23 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	10445
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,08 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	117		
HARGASSNER	Hargassner GmbH	Umsatz	[€]	23,80 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	100
		Exportquote	[%]	60%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	50,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	4,76 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	9093
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,24 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	523		
HERZ	Herz Armaturen Ges.m.b.H.	Umsatz	[€]	64,64 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	279
		Exportquote	[%]	70%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	33,33%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	6,46 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	7964
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,23 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	812		
HOVAL	Hoval Ges.m.b.H.	Umsatz	[€]	38,23 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	200
		Exportquote	[%]	10%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	16,67%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	5,73 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	8395
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,19 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	683		
KWB	KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH	Umsatz	[€]	52,94 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	199
		Exportquote	[%]	60,00%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	50,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	10,59 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	9485
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,27 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	1116		
MANGLBERGER	Manglberger Heizungsbau GmbH	Umsatz	[€]	0,68 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	17
		Exportquote	[%]	0,00%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	100,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	0,68 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	5630
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,04 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	120		
ÖKOFEN	ÖKOFEN Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft m.b.H. ÖkoFEN Produktions GmbH	Umsatz	[€]	38,46 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	120
		Exportquote	[%]	75%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	50,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	4,81 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	8100
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,32 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	594		

Abbildung B.2: Österreichische Pelletheizungshersteller und ihre Unternehmenskennzahlen im Jahr 2009: Teil 2.

Unternehmen	Firmenname	Unternehmenszahlen	Einheit	2009
PERHOFER	Perhofer GmbH	Umsatz	[€]	2,00 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	15
		Exportquote	[%]	20%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	50,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	0,80 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	7167
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,13 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	112		
SHT	SHT Heiztechnik aus Salzburg GmbH	Umsatz	[€]	12,29 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	50
		Exportquote	[%]	60%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	50,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	2,46 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	7452
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,25 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	330		
SOLARFOCUS	Solarfocus Solar- und Umwelttechnik GmbH	Umsatz	[€]	27,06 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	120
		Exportquote	[%]	60%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	50,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	5,41 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	8138
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,23 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	665		
STREBEL-THERMOSTROM	Strebelwerk GmbH	Umsatz	[€]	2,20 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	5
		Exportquote	[%]	0
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	20,00%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	0,44 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	8411
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,44 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	52		
VIESSMANN	Viessmann GmbH Vertrieb: KÖB Holzheizsysteme GmbH	Umsatz	[€]	26,00 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	130
		Exportquote	[%]	50%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	16,67%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	2,17 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	8918
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,20 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	243		
WINDHAGER	Windhager Zentralheizung GmbH	Umsatz	[€]	41,46 Mio €
		Mitarbeiter	[1]	300
		Exportquote	[%]	50%
		Gewichtung Pelletkessel	[%]	16,67%
		Umsatz Pelletkessel	[€]	3,45 Mio €
		Preisniveau Pelletkessel	[€]	6684
		Umsatz/Mitarbeiter	[€]	0,14 Mio €
Verkaufte Pelletkessel	[1]	517		

**Abbildung B.3:** Österreichische Pelletheizungshersteller und ihre Unternehmenskennzahlen im Jahr 2009: Teil 3.

## Anhang C

# MAPLE-Sourcecode

Da das Anhängen des kompletten Programm-Codes nicht sinnvoll erschien, sind in diesem Anhang die wichtigsten Unterprogramme der Implementierung in *MAPLE* zusammengefasst. Die Normierung der Produktdaten erfolgte in Microsoft *Excel*. Diese Daten wurden in *MAPLE* eingelesen und dienen zur Darstellung von Produkträumen, der Berechnung von fiktiven Marktanteilen und der Durchführung einer multiplen, linearen Regressionsanalyse. Das Ergebnis der Berechnungen wurde schließlich wieder nach *MS Excel* exportiert und dort für eine visuelle Darstellung aufbereitet.

```

used packages

restart,
with( linalg ) :
with( plots ) :
with( Statistics ) :
with( ExcelTools ) :
with( stats ) :

Legende der verwendeten Symbole
# H           = Herstellernummer
# N           = Produktnummer
# L           = Leistungs Index           [0,1]
# Q           = Qualitäts Index          [0,1]
# X           = Präferenz Index          [0,1]
# P           = Preis Index              [0,1]
# XQ          = Array [X,Q]
# XP          = Array [X,P]
# LP          = Array [L,P]
# QP          = Array [Q,P]
# t           = Zahlungsbereitschaft Leistung [%]
# s           = Zahlungsbereitschaft Qualität [%]
# r           = Zahlungsbereitschaft Präferenz [%]
# x           = Koordinatenvariable Präferenz
# y           = Koordinatenvariable Leistung
# i,j        = Zählervariable
# p           = Funktion, welche den effektiven Preis zurückliefert
# A           = Ausgabefunktion verschiedener Kundenszenarien
# Y           = Produktnachfragefunktion

```

Abbildung C.1: Verwendete Pakete und Definition der Variablen.

```

Definition der Suchfunktion für Produkte aus der xls-Produktdatenbank
search := proc( a, b )
  local i, j;
  # Diese Funktion liefert den zugehörigen Index für das Produkt ( a ) des Unternehmens ( b );
  j := 0 : # Falls das Paar ( a ) ( b ) nicht existiert bleibt Rückgabewert 0
  for i from 1 to ArrayNumElems( H ) do
    if evalf( H1[ i ] = b ) then
      if evalf( N1[ i ] = a ) then j := i : end if;
    end if;
  od;
  return j;
end proc;

```

Abbildung C.2: Funktion zur Identifizierung des Array-Indexwertes eines Produktes mit den Kennzahlen  $a$  (Produktnummer) und  $b$  (Unternehmensnummer).

**Definition der Rückgabefunktion der Unternehmenskennzeichen basierend auf einem Index**  
`comp := proc(j)`  
*# Diese Funktion liefert entsprechend eines Index (j) die zugehörige Nummer (b) des Unternehmens;*  
`return  $H_1[j]$ ;`  
`end proc;`

**Abbildung C.3:** Funktion zur Rückgabe der Unternehmensnummer  $b$  eines bestimmten Indexwertes.

**Definition der Funktion "effektiver Preis"**

Diese Funktion liefert für eine bestimmte Kundenzahlungsbereitschaft  $(r,s,t)$  und die Position  $(x,y,z)$  des Kunden den effektiven Preis des Produktes (a) vom Unternehmen (b), welches den Index (j) in der Datenbank hat

`p := proc(x, y, j, r, s, t)`  
*# Diese Funktion berücksichtigt eine Fallunterscheidung zwischen einer positiven und negativen Abweichung von der Leistungspräferenz*  
*# Die Festlegung der Konstanten 3 und 35 ist im Punkt "Darstellung der Kostenfunktionen" dargestellt*  
`return  $P_1[j] + r \cdot (x - X_1[j])^2 - s \cdot Q_1[j] + t \cdot \text{abs}((y - L_1[j])^3)$`   
`end proc;`

**Abbildung C.4:** Implementierung der Funktion zur Berechnung des *effektiven Preises*. Übergeben werden die Preisauflagsfaktoren  $r,s,t$  zur Festlegung der Form der Preisauflagsterme und die Koordinaten  $x,y$  der Kundenpräferenz.

**Darstellung der von den Kunden bevorzugten Produkten unter Annahme einer Gleichverteilung über Leistung und Präferenz**

`Y := proc(r, s, t, eps) :: Array`  
*# Diese Funktion liefert basierend auf den Zahlungsbereitschaften (r),(s),(t) einer Kundengruppe ein Array ueber die bevorzugten Produkte*  
`local Yarray, i, j, jeps, jmin, x, y;`  
`jeps := Array(1 .. ArrayNumElems(H) ) :`  
`Yarray := Array(1 .. ArrayNumElems(H) ) :`  
`jmin := 1 :`  
`for y from 0 by 0.01 to 1 do`  
`for x from 0 by 0.01 to 1 do`  
`for j from 2 to ArrayNumElems(H) do`  
`if  $p(x, y, j, r, s, t) < p(x, y, jmin, r, s, t)$  then`  
`jmin := j;`  
`end if;`  
`od;`  
`for j from 1 to ArrayNumElems(H) do`  
`if  $p(x, y, j, r, s, t) \leq (p(x, y, jmin, r, s, t) + eps)$  then`  
`jeps[j] := 1 :`  
`#  $jeps[j] := \text{Cpdf}(\sqrt{(x-0.7)^2 + (y-0.5)^2}, 0, 0.4) :$`   
`#  $jeps[j] := \text{Cpdf}(\sqrt{(x-0.7)^2 + (y-0.5)^2}, 0, 0.4) \cdot \left(1 - \frac{(p(x, y, j, r, s, t) - p(x, y, jmin, r, s, t))}{eps}\right) :$`   
`end if;`  
`od;`  
`for j from 1 to ArrayNumElems(H) do`  
`#  $Yarray[j] := Yarray[j] + \frac{jeps[j]}{\text{add}(jeps[i], i=1 .. ArrayNumElems(jeps))} :$`   
`$Yarray[j] := Yarray[j] + \frac{jeps[j]}{\text{ArrayNumElems}(jeps, \text{NonZero})}$`   
`od;`  
`jmin := 1 :`  
`od;`  
`od;`  
`return Yarray;`  
`end proc;`

**Abbildung C.5:** Nachfragefunktion zur Berechnung der *fiktiven* Marktanteile.

**Multiple linear Regression**

```
Yreg := convert(P, Vector) :
```

```
Xreg := ((L, X, Q)) :
```

```
Preg := LinearFit([1, x1, x2, x3], Xreg+, Yreg, [x1, x2, x3])
```

```
0.0510344077616718128 + 0.629296466425933509 x1 - 0.00430183597339185968 x2 + 0.281622872087204268 x3
```

```
b := LinearFit([1, x1, x2, x3], Xreg+, Yreg, [x1, x2, x3], output=parametervector) :
```

```
R := LinearFit([1, x1, x2, x3], Xreg+, Yreg, [x1, x2, x3], output=residuals) :
```

```
YregF := Yreg + R+ :
```

```
yregF := convert(YregF, list) :
```

```
yregY := convert(Yreg, list) :
```

```
corr := describe[linearcorrelation](yregY, yregF) = 0.9494166291
```

**Abbildung C.6:** Implementierung der Regressionsanalyse anhand des Beispiels der Auswirkungen der Indexwerte *Leistung*, *Qualität* und *Präferenz* auf die Kategorie *Preis*.