



Schriftenreihe

des Instituts für Marketing & Innovation

Band 6

Wirtschaftlichkeitsanalyse der
Sägenebenproduktverwertung in
der österreichischen Holzindustrie

Tino Zippusch
Tobias Stern
Hermann Peyerl
Peter Schwarzbauer

Wien, April 2011

ISSN 2074-1022

Im Rahmen der Schriftenreihe werden ausgewählte Forschungsarbeiten des Instituts für Marketing & Innovation, Universität für Bodenkultur Wien, vorgestellt.

ZIPPUSCH, T., STERN, T., PEYERL, H. und SCHWARZBAUER, P. (2011): Wirtschaftlichkeitsanalyse der Sägenebenproduktverwertung in der österreichischen Holzindustrie. Schriftenreihe des Instituts für Marketing & Innovation, Vol. 3, Band 6. Wien: Institut für Marketing & Innovation.

ISSN 2074-1022

IMPRESSUM

Institut für Marketing & Innovation
Department für Sozial- und Wirtschaftswissenschaften
Universität für Bodenkultur Wien
Feistmantelstraße 4, A-1180 Wien
mioffice@boku.ac.at
☎ +43 1 47654-3560
Fax: +43 1 47654-3562
www.boku.ac.at/mi

HERAUSGEBER

Ao.Univ.Prof. Mag. Dr. Oliver Meixner (Schriftleitung)
Ord.Univ.Prof. Mag. Dr. Walter Schiebel
Institut für Marketing & Innovation
A-1180 Wien, Feistmantelstraße 4
Telefon: +43 / 1 / 47654 / 3560
Telefax: +43 / 1 / 47654 / 3562

ENTWURF, GESTALTUNG UND PRODUKTION

Ao.Univ.Prof. Mag. Dr. Oliver Meixner

Wien, April 2011

© Institut für Marketing & Innovation

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Sämtliche Rechte, insbesondere die der Übersetzung, der Vervielfältigung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen und Texten usw. liegen beim Institut für Marketing & Innovation.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	9
ABSTRACT	11
1 AUSGANGSSITUATION: FRAGESTELLUNG, ZIELSETZUNG	12
2 METHODIK UND VORGEHENSWEISE	16
2.1 Forschungsdesign	17
2.2 Datenerhebung	17
2.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung	18
2.3.1 Kapitalwertmethode	20
2.3.2 Methode des internen Zinsfußes	23
2.3.3 Sensitivitätsanalyse	25
3 ROHSTOFFPOTENTIAL IN DER HOLZINDUSTRIE	26
3.1 Rohstoffpotential der Sägeindustrie	26
3.1.1 Sägenebenprodukte im Überblick	29
3.1.2 Energiepotential der Sägenebenprodukte	32
3.1.3 Preis- und Marktentwicklung für Sägenebenprodukte	33
3.2 Stoffliche Verwertung der Sägenebenprodukte	37
3.2.1 Papierindustrie	37
3.2.2 Plattenindustrie	39
3.3 Energetische Verwertung der Sägenebenprodukte	42
3.3.1 Biomasseheizwerke	42
3.3.2 Biomasseheizkraftwerke und Kraft-Wärme-Kopplung in der Sägeindustrie	43
4 RAHMENBEDINGUNGEN DER THERMISCHEN VERWERTUNG VON SÄGENEBENPRODUKTEN	46
4.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen	47
4.2 Österreichische Umweltförderung	49
5 ANNAHMEN FÜR DIE WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG	51
5.1 Zahlungsströme der Bewertung	51
5.1.1 Einzahlungen	51
5.1.2 Auszahlungen	52
5.2 Bewertungskategorien	56
5.2.1 Basisannahmen zu den Bewertungskategorien	57
5.2.2 Annahmen zur Sensitivitätsanalyse	61

6	ERGEBNISSE	63
6.1	Biomasseheizwerke	63
6.1.1	Investitionsrechnung – Biomasseheizwerke	63
6.2	Wärmegeführte Biomasseheizkraftwerke	66
6.2.1	Investitionsrechnung Biomasseheizkraftwerke	66
6.2.2	Sensitivitätsanalyse Biomasseheizkraftwerke	67
6.3	Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie	70
6.3.1	Investitionsrechnung Kraft-Wärme-Kopplung der Sägeindustrie	70
6.3.2	Sensitivitätsanalyse Kraft-Wärme-Kopplung der Sägeindustrie	72
7	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	75
8	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	85
9	LITERATURVERZEICHNIS	88
10	ANHANG	92

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Forschungsdesign Untersuchung.....	16
Abbildung 2: Entwicklung Rundholzeinschnitt und SNP – Anfall in Österreich 1997- 2007.....	28
Abbildung 3: Holzflussdiagramm zwischen den holzbeziehenden Branchen.....	28
Abbildung 4: Holzflussdiagramm 2006 und Verwertung der Sägenebenprodukte	35
Abbildung 5: Preisentwicklung Sägespäne und Hackgut 1983 - 2007	36
Abbildung 6: Rohstoffeinsatz der österreichischen Papierindustrie (1990 – 2007)	38
Abbildung 7: Einsatz von Sägenebenprodukten in der österreichischen Papierindustrie (1990 – 2007).....	39
Abbildung 8: Holzverbrauch der österreichischen Plattenindustrie 1995 – 2006	41
Abbildung 9: Einsatz von Sägenebenprodukten in der österreichischen Plattenindustrie 1995 – 2006	41
Abbildung 10: Durchschnittlich installierte Jahresleistung bei Biomasseanlagen 1992-2005	43
Abbildung 11: Überblick Annahmen und Durchführung der Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	62
Abbildung 12: Kapitalwertfunktion Biomasseheizwerke	63
Abbildung 13: Sensitivität des Kapitalwertes der Biomasseheizwerke	64
Abbildung 14: Sensitivität des internen Zinssatzes der Biomasseheizwerke bei positiver Entwicklung.....	65
Abbildung 15: Sensitivität des internen Zinssatzes der Biomasseheizwerke bei negativer Entwicklung	66
Abbildung 16: Kapitalwertfunktion Biomasseheizkraftwerke	67
Abbildung 17: Sensitivität des Kapitalwertes der Biomasseheizkraftwerke	68
Abbildung 18: Sensitivität des internen Zinssatzes der Biomasseheizkraftwerke bei positiver Entwicklung.....	69
Abbildung 19: Sensitivität des internen Zinssatzes der Biomasseheizkraftwerke bei negativer Entwicklung	70
Abbildung 20: Kapitalwertfunktionen KWK-Sägeindustrie.....	71
Abbildung 21: Sensitivität des Kapitalwertes der KWK der Sägeindustrie.....	72
Abbildung 22: Sensitivität des internen Zinssatzes der KWK der Sägeindustrie bei positiver Entwicklung.....	73
Abbildung 23: Sensitivität des internen Zinssatzes der KWK der Sägeindustrie bei negativer Entwicklung	74
Abbildung 24: Vergleich des internen Zinssatzes der Bewertungskategorien.....	75
Abbildung 25: Vergleich der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse der Bewertungskategorien.....	77
Abbildung 26: Entwicklung des internen Zinssatzes bei Veränderung der Brennstoffauszahlungen.....	79

Abbildung 27: Sensitivität der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse bei Veränderung der verkauften Wärmemenge.....	80
Abbildung 28: Sensitivität der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse bei Veränderung der produzierten Strommenge.....	81
Abbildung 29: Sensitivität der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse bei Veränderung der Stromeinspeisetarife	82
Abbildung 30: Sensitivität der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse bei Veränderung des Wärmeverkaufspreises	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abschätzung der Sägenebenprodukte für 2007	27
Tabelle 2: Energiepotential der Sägenebenprodukte aus der Sägeindustrie in PJ.....	32
Tabelle 3: Energiepotential der Sägenebenprodukte aus der Sägeindustrie in GWh.....	33
Tabelle 4: Rohstoffeinsatz der österreichischen Plattenindustrie	40
Tabelle 5: Einspeisetarife für Ökostrom gemäß Ökostromverordnung 2009	48
Tabelle 6: Auszahlungen der Lagerung für Sägenebenprodukte in Abhängigkeit der Lagervariante, einmaliger Brennstoffumschlag, pro Jahr.....	54
Tabelle 7: Vergleich der Transportauszahlungen der verschiedenen Sägenebenprodukte.....	55
Tabelle 8: Leistungscharakteristika der Bewertungskategorien für die Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	57
Tabelle 9: Grundannahmen der Bewertungskategorien	60
Tabelle 10: Interne Zinssätze bei Variation der Förderquote	78
Tabelle 11: Datenmaske der Informationsbefragung.....	92
Tabelle 12: Kapitalwert Biomasseheizwerke	94
Tabelle 13: Entwicklung der Auszahlungsströme und der Zahlungsmittelüberschüsse Biomasseheizwerke	96
Tabelle 14: Kapitalwert Biomasseheizkraftwerke	98
Tabelle 15: Entwicklung der Auszahlungen und des mittleren Zahlungsüberschusses; Biomasseheizkraftwerke	100
Tabelle 16: Kapitalwert Kraft-Wärme-Kopplung Sägeindustrie.....	102
Tabelle 17: Entwicklung der Auszahlungen und des mittleren Zahlungsmittelüberschusses Kraft-Wärme-Kopplung Sägeindustrie	104

VORWORT



Die energetische Nutzung von Holz hat in den letzten Jahren massiv an Bedeutung gewonnen, und es kann erwartet werden, dass diese Bedeutung auch noch weiter zunehmen wird. Es sind nicht zuletzt klimapolitische Zielsetzungen auf nationaler und europäischer Ebene, welche einer verstärkten energetischen Nutzung von Holz eine wesentliche Rolle zuweisen. Diese verstärkte Nutzung führt naturgemäß zu einer Verschärfung des Wettbewerbs mit anderen Formen der Holznutzung. Während insbesondere die Zellstoff- und Plattenindustrie vermehrt einen Nutzungskonflikt wahrnehmen muss, eröffnet die neue Entwicklung für die Sägeindustrie eine Reihe neuer Chancen und Möglichkeiten. Neben dem Verkauf und der Veredelung von Sägenebenprodukten, wie etwa zu Pellets, bietet sich der Sägeindustrie eine hervorragende strategische Option sich als regionaler Energieerzeuger zu positionieren. Die vorhandene und etablierte Versorgungskette stellt dabei einen wesentlichen Wettbewerbsvorteil zu allein stehenden Biomasseheiz- und -heizkraftwerken dar. Diese Arbeit beschäftigt sich mit wesentlichen betriebswirtschaftlichen Implikationen der Integration von Biomasseheizkraftwerken in die Sägeindustrie und liefert damit grundlegende Beiträge zum Verständnis der gegenwärtigen Entwicklungen und der zukünftigen Möglichkeiten.

Wien im April 2011

Tobias Stern

ZUSAMMENFASSUNG

Die bei der Be- und Verarbeitung von Rundholz in den Sägewerken anfallenden Sägenebenprodukte (Späne, Industriehackgut, Restholz, Kappholz und Rinde) stellen einen bedeutenden Rohstoff für die stoffliche und energetische Verwertung dar. Die Ausweitung des vermehrten Einsatzes erneuerbarer Energieträger durch Maßnahmen wie das Ökostromgesetz führt dazu, dass die energetische Verwertung der Biomassefraktion Sägenebenprodukte an Bedeutung gewinnt und zu einer Konkurrenzsituation mit den Industriezweigen führt, die Nebenprodukte stofflich verwerten. Mit der Arbeit wird das Ziel verfolgt, die Möglichkeiten der energetischen Verwertung der in der Holzindustrie anfallenden Sägenebenprodukte aus einer wirtschaftlichen Betrachtungsweise darzustellen.

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut: Zunächst erfolgt die Behandlung der theoretischen Grundlagen. Es erfolgt eine Untersuchung, welche Mengen an Sägenebenprodukten in der österreichischen Holzindustrie anfallen und wie diese verwertet werden. Des Weiteren erfolgt eine Betrachtung, über welches Potential die Sägenebenprodukte für eine energetische Verwertung verfügen. Nach dem Theorieteil erfolgt die Analyse der Wirtschaftlichkeit der energetischen Verwertung der Sägenebenprodukte.

Die Beurteilung der energetischen Verwertung der Sägenebenprodukte erfolgt dabei in folgenden drei Bewertungskategorien: Biomasseheizwerke, wärmegeführtes Biomasseheizkraftwerk und einer Kraft-Wärme-Kopplung in der Sägeindustrie. Die Verarbeitung der Daten, die von sieben Anlagenbetreibern zur Verfügung gestellt wurden, erfolgt mit Hilfe der Kapitalwertmethode und der Methode des internen Zinssatzes. Für die Ermittlung, wie sich die Bewertungskategorien unterscheiden, und welchen Einflussfaktoren in den einzelnen Kategorien die größte Bedeutung zukommt, erfolgt durch den Einsatz einer Sensitivitätsanalyse.

Dabei zeigt sich, dass die Biomasseheizkraftwerke bei der Wirtschaftlichkeit der energetischen Verwertung der Sägenebenprodukte dem größten Risiko ausgesetzt sind. Neben einer ausreichenden Anzahl an Strom- und Wärmeabnehmer, die für eine hohe Anlagenauslastung notwendig sind, sind es vor allem die hohen verbrauchsgebundenen Auszahlungen, die die Biomasseheizkraftwerke im Vergleich zu den anderen beiden Bewertungskategorien ungünstiger erscheinen lassen. Die Wirtschaftlichkeit der Verwertung der Sägenebenprodukte in allein stehenden Biomasseheizwerken beruht vorwiegend auf einer hohen Anlagenauslastung sowie einer günstigen Brennstoffversorgung. Aus den Ergebnissen der Berechnungen für die Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie geht deutlich hervor, dass die innerbetriebliche energetische Verwertung der Sägenebenprodukte rentabel ist. Es zeigt sich aber auch, dass eine zusätzliche Verwertung der Sägenebenprodukte für eine öffentliche Strom- und Wärmeeinspeisung für die Sägewerke wirtschaftlich ist. Gezielte Fördermaßnahmen, günstige Einspeisetarife, können zu einer verstärkten Ausweitung der Verwertung der Sägenebenprodukte in industriellen Kraft-Wärme-Kopplungen führen.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die energetische Verwertung der Sägenebenprodukte in allen drei Bewertungskategorie wirtschaftlich ist, doch in Abhängigkeit von den herrschenden Rahmendbedingungen punkto Effizienz deutliche Unterschiede aufweisen. Diesem Umstand ist vor allem beim weiteren Ausbau des Bioenergiesektors große Bedeutung beizumessen.

Schlagwörter: Sägenebenprodukte, dynamische Investitionsrechnung, thermische Verwertung, Kraft-Wärme-Kopplung

ABSTRACT

Due to the fact that the use of sawmill residues for the supply of bio energy systems keeps on growing, these by-products are becoming an important resource short in supply. This thesis investigates the economic aspects of the utilisation of sawmill residues to produce thermal and electrical energy in three case studies: decentralized biomass heating systems, decentralized combined heat and power production plants and a combined heat and power production plant integrated within a sawmill. The potential of an energetic utilisation, the state of the technology and the economic framework of the use of sawmill residues are described. Based on the calculations of the net present values and the internal rates of return the preferability of the investments is analysed. Data for these calculations were received from experts, operating plants and literature. The commonalities and differences between the three case studies in respect to changing economic conditions were investigated by applying a sensitivity analysis.

In all three case studies the use of sawmill residues is economically feasible. Average yields of 7.12 percent offer an economic incentive regarding the thermal recovery of sawmill residues in all categories under the assumptions made preliminary. The sensitivity analysis also shows the different economic effects of changing conditions. The key factors for success are the degree of capacity utilization as well as high prices for heat and electricity. Especially for the decentralized combined heat and power production plants the increasing procurement costs affect the economic viability of such projects. The results clearly show, that the expected economies of scale effects will be offset due to these increasing costs, mainly through rising transportation costs, caused by larger-catchment areas for sawmill residues.

Keywords: sawmill residues, dynamic investment accounting, thermal utilization, heat and power production

1 Ausgangssituation: Fragestellung, Zielsetzung

Wir leben in einer Zeit, in der die Energiegewinnung aus Biomasse einen Aufschwung erlebt. Etwas genauer gefasst müsste man eigentlich von einer Wiederentdeckung dieser Ressource sprechen. Schließlich war die Biomasse in der Menschheitsgeschichte über Jahrtausende hinweg der wichtigste Energieträger überhaupt. Erst mit dem Zeitalter der Industrialisierung im 19. Jahrhundert verdrängten fossile Energieträger wie Erdöl, Erdgas und Kohle die Biomasse von der Position des wichtigsten Energieträgers. Mit der zunehmenden Nutzung der fossilen Energieträger musste die Menschheit aber auch die Erfahrung machen, dass der übermäßige Verbrauch an nicht erneuerbaren Energieträgern auf Dauer mit negativen Konsequenzen verbunden ist.

In der Tat zeigen sich schon jetzt negative ökologische Folgen, die sich vor allem aus der drastischen Zunahme der CO₂ Konzentrationen in der Atmosphäre ergeben. Einer der Hauptfaktoren für diesen Anstieg der CO₂ Emissionen in der Atmosphäre ist der Einsatz fossiler Energieträger. Daher wurden in letzter Zeit die Stimmen, die eine Rückbesinnung auf erneuerbare CO₂ neutrale Energieträger fordern, immer lauter (vgl. BMLFUW, 2006a, S. 6).

Die derzeitige Lage am Energiesektor ist aber nicht nur gekennzeichnet durch die Umweltauswirkungen infolge steigenden Energieverbrauchs an fossilen Energieträgern, sondern auch dadurch, dass die nichtregenerativen Energieträger durch diesen steigenden Energieverbrauch immer knapper werden. Des Weiteren haben geopolitische Entwicklungen in den letzten Jahren ebenfalls dazu beigetragen, dass die Preise für fossile Energieträger unberechenbar sind, und es zu einer Abhängigkeit von bestimmten Erzeugerländern kommt.

Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken wird immer wieder auf ein Bündel von unterschiedlichen Maßnahmen hingewiesen, das im Wesentlichen aus zwei Kernbereichen besteht: Zum einen beinhalten diese Maßnahmenbündel Vorgaben zur Energieeinsparung durch bewussten Umgang und durch den Einsatz effizienter Techniken sowohl bei der Energieerzeugung, der Wandlung als auch bei der Nutzung (beispielsweise durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungen). Andererseits muss aber auch die Forcierung und Ausweitung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger erfolgen. Bei einer dementsprechend nachhaltigen Nutzung des Biomassepotentials könnte Österreich den Einsatz von Biomasse, ausgehend von 2006 bis zum Jahr 2010 auf 193 PJ erhöhen, und damit beinahe verdoppeln, bis 2020 ist theoretisch sogar eine Steigerung auf 256 PJ möglich (vgl. BMLFUW, 2006a, S. 7).

Die Ausweitung des Einsatzes erneuerbarer Energie ist ein insbesondere aus den Verpflichtungen des Kyoto-Abkommens begründetes Ziel auf europäischer und nationaler Ebene. Die Unterzeichnung des Kyoto-Abkommens 1992 in Rio de Janeiro hat in der Europäischen Union (EU) zu konkreten Maßnahmen zur Förderung von Bioenergie geführt. So veröffentlichte die EU 1997 das Weißbuch Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger. Die EU hat sich in diesem Weißbuch einem ehrgeizigen Ziel verschrieben. Der Anteil erneuerbarer Energieträger am gesamten Primärenergieverbrauch soll

verdoppelt und von sechs Prozent im Jahr 1990 auf 12 Prozent im Jahr 2010 gesteigert werden. Um weitere möglichst rasche Fortschritte zu erzielen, hat die EU im Jahr 2000 in zwei weiteren Richtlinien festgelegt, dass der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie von 14 Prozent im Jahr 2000 auf 22 Prozent bis zum Jahr 2010 erhöht werden soll. Aufbauend auf diese Maßnahmen entwickelte sich 2001 die Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt (vgl. ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE-VERBAND, 2006, s.p.).

Für Österreich bedeutet diese Richtlinie eine Erhöhung des Ökostromanteils bezogen auf die gesamte Stromabgabemenge von 70 Prozent im Jahr 1997 auf 78,1 Prozent im Jahr 2010. Konkret erfolgt die Implementierung dieses Gesetzes in Österreich durch das Ökostromgesetz. Damit das übergeordnete Gesamtziel von 78,1 Prozent bis zum Jahr 2010 erreicht wird, wurden im Ökostromgesetz untergeordnete Ziele verankert. Ziel des Gesetzes, das 2003 in Kraft getreten ist, ist bis zum Jahr 2008 einen Anteil von vier Prozent Ökostrom aus erneuerbaren Energieträgern und 9 Prozent aus Kleinwasserkraftwerken, bezogen auf die gesamte Stromabgabemenge an Endverbrauchern aus öffentlichen Netzen, zu erreichen. Damit die Marke von vier Prozent an Ökostrom aus erneuerbaren Energieträgern erreicht wird, soll vor allem der Einsatz von fester Biomasse und Windenergie ausgeweitet werden. Des Weiteren hat die EU im Jahr 2005 einen umfassenden Aktionsplan zur Förderung der Energien aus Land- und Forstwirtschaftserzeugnissen sowie Abfällen verabschiedet. Die EU strebt darin eine Erhöhung der energetischen Biomassenutzung von 69 Millionen Tonnen im Jahr 2003 auf zirka 150 Millionen Tonnen bis zum Jahr 2010 an. Die Mitgliedsstaaten werden ersucht, entsprechende nationale Biomasseaktionspläne zu erarbeiten um die festgesetzten Zielvorgaben zu erreichen (vgl. BMLFUW, 2006a, S. 7ff).

In Österreich haben sich aufgrund der vorher aufgezeigten Maßnahmen und Verpflichtungen die Rahmenbedingungen für Energien aus regenerativen Rohstoffen zum Teil erheblich verbessert. So haben beispielsweise die festgelegten Einspeisetarife für Elektrizität, gewonnen aus Biomasse, zu einer verstärkten Planung und Errichtung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) geführt. Durch die Änderung der Gesetzgebung erscheint die Erzeugung von Wärme bei gleichzeitiger Erzeugung von Strom durch Biomasseverbrennung zunehmend attraktiver. Dadurch ergibt sich auch für die Sägeindustrie die Möglichkeit, die anfallenden Koppel- bzw. Nebenprodukte lukrativ zu verwerten. Definitionsgemäß lässt sich der Begriff Koppel- bzw. Nebenprodukte aus der Sägeindustrie wie folgt erklären: Erzeugnisse, die gemeinsam bzw. simultan bei der Verarbeitung von Schnittholz im Sägewerk anfallen (vgl. NICHOLLS, et al. 2004, S. 2ff). Sägenebenprodukte werden nach derzeitigem Status folgendermaßen verwertet:

- Verkauf an die Platten- und Zellstoffindustrie
- Verkauf als Brennstoff an Heizwerke
- Verwendung als Brennstoff für die Deckung des Eigenbedarfes an Strom und Wärme
- Veredelung – Pelletherstellung

Die Nutzung dieser Biomasse zur Herstellung von elektrischer Energie mit gleichzeitiger Nutzung von Niedertemperaturwärme, die bei der Verbrennung anfällt, stellt für die Sägeindustrie unter den derzeit herrschenden Rahmenbedingungen eine zunehmende Marktchance dar. Des Weiteren spielen aber auch die selbstständigen Biomasseheizwerke bzw. Biomasseheizkraftwerke eine bedeutende Rolle. Derartige Anlagen mit einer Anlagengröße von 0,5 bis 10 MW_{th} Leistung verzeichneten, wie in OBERNBERGER, (2000) festgehalten, in den letzten Jahren (seit 1990) eine jährliche Steigerungsrate von mehr als 10 Prozent. Die festgelegten Maßnahmen zur verstärkten Nutzung der Biomasse, Anreize zur Stromerzeugung aus Biomasse durch das ÖSTERREICHISCHE ÖKOSTROMGESETZ, (2006) mit Einspeisetarifen zwischen 8,31 und 11,72 Euro/MWh, neue Verwertungs-Technologien (Vergasungstechnologien), die steigende Pelletsnachfrage und die in den letzten Jahren stark gestiegenen Preise für fossile Energieträger machen die Biomasse bzw. vor allem die in der Sägeindustrie anfallenden Koppelprodukte zunehmend lukrativer für eine energetische Verwertung. Bei der Be- und Verarbeitung von Holz im Sägewerk fallen entlang der gesamten Bearbeitungskette beträchtliche Mengen an Beiprodukten, so genannte Sägenebenprodukte, an. Als Sägenebenprodukte werden in der holzverarbeitenden Industrie alle Holzreste bezeichnet, die beim Einschnitt und der Verarbeitung von Sägerundholz in Sägewerken als Beiprodukt anfallen (vgl. UMBERA, 2002, S. 6). Die Sägenebenprodukte, die beim Einschnitt in den Sägewerken anfallen, lassen sich dabei in fünf Sortimente untergliedern:

- Industriehackgut
- Sägespäne¹
- Restholz
- Kappholz
- Rinde

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die aus der Holzindustrie stammenden Nebenprodukte einen wesentlichen Rohstofffaktor in der Papier-, Zellstoff-, und Plattenindustrie darstellen. Durch die energetische Nutzung der Nebenprodukte ergibt sich einerseits wirtschaftlich eine interessante Einnahmequelle, andererseits führt es aber auch zu einem Spannungsverhältnis mit den Wirtschaftszweigen, die diese Produkte stofflich verwerten (vgl. SCHWARZBAUER und STERN, 2009, s.p.).

Die Sägenebenprodukte stellen einen Sekundärrohstoff dar, der zum einen, einen Rohstoff für die Papier- und Plattenindustrie darstellt, und zum anderen einen wertvollen Rohstoff für die Biomassekraftwerke. Über viele Jahrzehnte hat sich für die Sägenebenprodukte eine Wertschöpfungskette entwickelt, die vom Sägewerk und von dort weiter in die veredelnde Industrie geht. In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies, dass von jedem Festmeter (Fm) Holz nur rund 60 Prozent als Hauptprodukt der Säge gelten. Der Rest ging lange Zeit etwa im Verhältnis 70:30 als Sekundärrohstoff in die Papier- bzw. Plattenindustrie (vgl. UMWELTBUNDESAMT 2008, S. 6). Dann aber entdeckte man die Biomasse

¹ inklusive Hobelspäne

als Energieträger und die brachte die über Jahrzehnte eingespielte Abfolge der Verwertung der Sägenebenprodukte durcheinander. Der zunehmende Wettbewerb um den Rohstoff Sägenebenprodukte und die damit möglicherweise verbundenen Preissteigerungen sind aber dennoch nichts anderes als der normale Mechanismus eines Marktes. Doch Förderung der Biomasseanlagen können diesen Markt verzerren (vgl. RAKOS, 1998, s.p.).

Die Verwertungsmöglichkeiten der Nebenprodukte sowie deren wirtschaftliche Aspekte werden zur Forschungsfrage. Aufbauend darauf soll mit dem vorliegenden Buch die Frage beantwortet werden, welche Unterschiede bestehen in der Wirtschaftlichkeit der Energiegewinnung mit Nebenprodukten in der Sägeindustrie im Vergleich zur Energiegewinnung in allein stehenden Biomasseheizwerken und Biomasseheizkraftwerken?

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist eine Darstellung der Möglichkeiten um die in der Sägeindustrie anfallenden Beiprodukte möglichst wirtschaftlich zu verwerten. An dieser Stelle ist anzumerken, dass sich die Analyse nur auf die Sägenebenprodukte bezieht. Die Berücksichtigung von Waldhackgut das genauso wie die Sägenebenprodukte energetisch verwertet werden kann, wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. Im Detail sollen im Zuge der Untersuchung folgende drei Punkte erarbeitet werden:

- Ermittlung der anfallenden Mengen, deren nutzbares Energiepotential und den Status der Verwertungsmöglichkeiten der in der österreichischen Holzindustrie anfallenden Sägenebenprodukte.
- Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Verwertung der Sägenebenprodukte durch Integration in der Sägeindustrie bzw. in allein stehenden Biomasseheizwerken und Biomasseheizkraftwerken.
- Analyse unter welchen Bedingungen eine Verwertung der Sägenebenprodukte in der Holzindustrie wirtschaftlich günstiger ist, und unter welchen Bedingungen eine Verwertung in allein stehenden Biomasseheizwerken/ Biomasseheizkraftwerken wirtschaftlich günstiger ist.

2 Methodik und Vorgehensweise

In den folgenden Abschnitten sind die einzelnen Schritte der Vorgehensweise dieser Untersuchung dargestellt. In den ersten beiden Abschnitten erfolgt zum einen die Darstellung, welches Forschungsdesign der Untersuchung zugrunde liegt und wie die Datenerhebung durchgeführt wird. Im abschließenden dritten Unterkapitel wird darauf eingegangen, wie die erhobenen Daten verarbeitet werden. Es erfolgt eine kurze theoretische Dokumentation der wichtigsten Aspekte der Wirtschaftlichkeitsberechnung und die Beschreibung der Rechengvorgänge, die im Rahmen dieser Untersuchung vorgenommen werden.

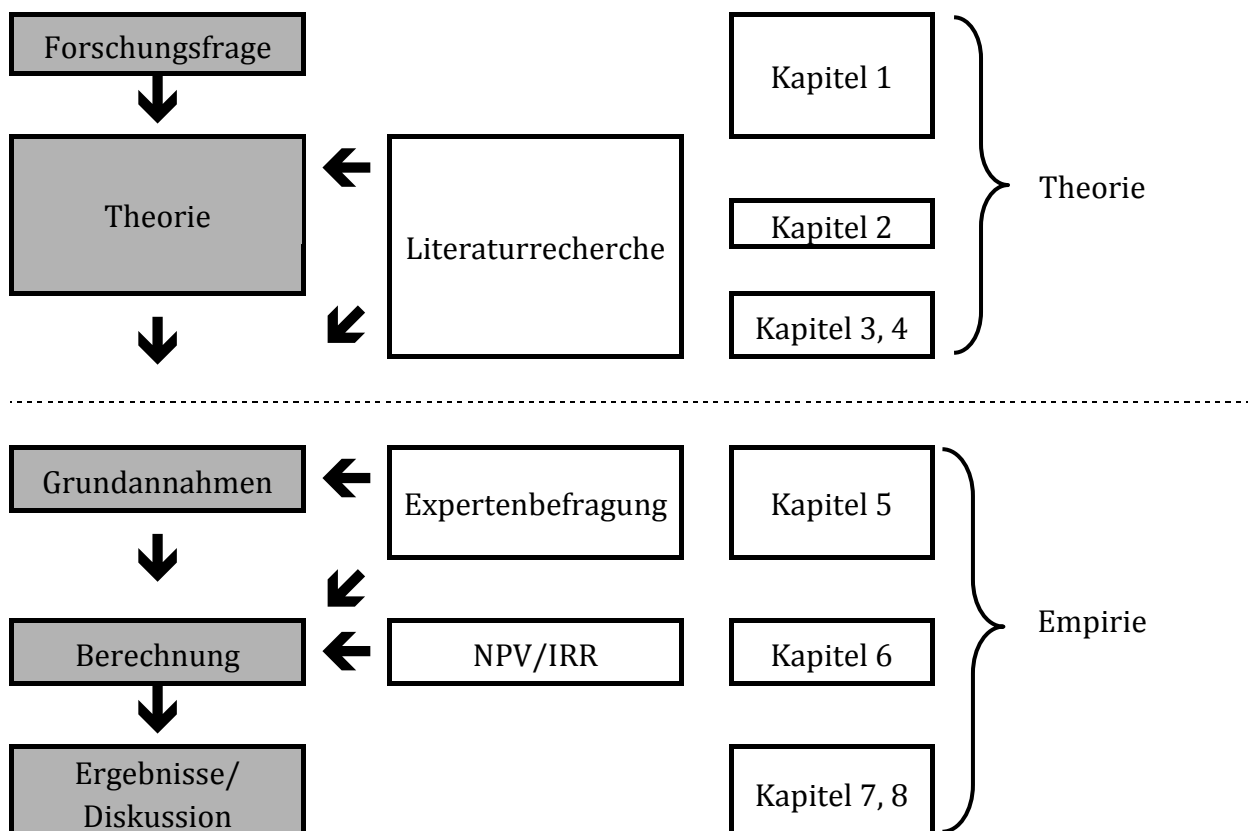


Abbildung 1: Forschungsdesign Untersuchung

2.1 Forschungsdesign

Abbildung 1 zeigt die zentralen Schritte, denen der methodische Aufbau der Untersuchung folgt. Ausgehend von der Zielsetzung und der darauf aufbauenden Forschungsfrage, die im Kapitel eins, Ausgangslage, definiert wurde, erfolgt in den anschließenden Kapiteln 3, und 4 eine Aufarbeitung der Theorie. Die grau unterlegten Elemente in Abbildung 1 repräsentieren den inhaltlichen Aufbau der Untersuchung, während die Pfeilelemente das für den jeweiligen Abschnitt zugrunde liegende methodische Instrument darstellen.

Aufbauend auf der bestehenden Literatur wird im Kapitel 3 das Rohstoffpotential der Sägenebenprodukte das in der Sägeindustrie für energetische und stoffliche Verwertung vorhanden ist, dargestellt. Den Abschluss des theoretischen Teils bildet das Kapitel 4, wo auf die Rahmenbedingungen, die für die Wirtschaftlichkeit einer Kraft-Wärme-Kopplung von Bedeutung sind, eingegangen wird.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche bilden im Anschluss mit den Datenerhebungen, die bei den Kontaktbetrieben durchgeführt wurden, die Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsberechnung. Im nächsten Schritt der Untersuchung wird aufbauend auf der Literaturrecherche und der Datenerhebung die Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt. Zunächst werden im Kapitel 5 die Grundannahmen für das Berechnungsdesign festgelegt. In den Kapiteln 6 und 7 erfolgt die Darstellung der Ergebnisse bzw. deren Diskussion.

2.2 Datenerhebung

Die Untersuchung zum Rohstoffpotential für die Nebenprodukte aus der Holzindustrie und deren Art der Verwertung baut auf statistischem Datenmaterial aus der Literatur auf. Die verwendeten Daten stammen von amtlichen Statistiken (Statistik Austria) und den Statistiken der Fachverbände der österreichischen Holzindustrie.

Die Daten, die für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen verwendet werden, beziehen sich zum Teil auf Angaben aus der Literatur, aber vor allem auf Informationen, die von Anlagenbetreibern zur Verfügung gestellt wurden. Auf Seiten der Informationen, die aus Literaturstellen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung bezogen werden, sind folgende Quellen anzuführen: OBERNBERGER und STOCKINGER (1998) sowie HAMMERSCHMID und OBERNBERGER (1999).

Für die Ermittlung der Daten, die von den Anlagenbetreibern stammen wurde eine elektronische Informationsbefragung durchgeführt. Die Kontakte zu den Betrieben wurden auf Anfrage beim Biomasseverband, bei den niederösterreichischen und oberösterreichischen Landwirtschaftskammern sowie beim Kompetenzzentrum Holz GmbH (Wood K plus) dankenswerterweise hergestellt.

Zum Zweck der Datenerhebung wurde eine Datenmaske erstellt (siehe Anhang, Tabelle 11), die von den Kontaktbetrieben verwendet werden konnte um ihre Informationen zu übermitteln. Im Rahmen dieser Informationsbefragung wurden technische und wirt-

schaftliche Parameter abgefragt. Als technische Parameter wurden Ausstattung und Leistungsbereiche erhoben. Auf Seiten der wirtschaftlichen Kennzahlen standen die anfallenden Auszahlungen und die zu erzielenden Einzahlungen der Kontaktbetriebe im Mittelpunkt der Befragung. Das Ausfüllen einer Datenmaske beansprucht zirka 30 Minuten, die ausgefüllten Datenformulare wurden anschließend elektronisch an den Autor rückgesendet.

Insgesamt wurden 16 Betriebe kontaktiert, denen Anonymität zugesichert wurde, und die sich wie folgt aufgliedern:

- 7 Betreiber von Biomasseheizwerken
- 5 Betreiber von Biomasseheizkraftwerken
- und 4 Betriebe aus dem Bereich der Sägeindustrie.

Auf Seiten der Biomasseheizwerke und der Biomasseheizkraftwerke stellten vier bzw. zwei Betriebe dankenswerterweise ihre Daten für die Basisannahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Verfügung.

Auf Seiten der Betriebe der Sägeindustrie stellte von den vier kontaktierten Betrieben ein Betrieb seine Daten für die Berechnungen zur Verfügung.

2.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Installation einer Kraft-Wärme-Kopplung in einem Sägewerk bzw. die Errichtung eines dezentralen Biomasseheiz- bzw. Biomasseheizkraftwerkes stellt eine Investition dar. Um über die Vorteilhaftigkeit einer Investition zu entscheiden, sollte eine Investitionsrechnung durchgeführt werden. In der betriebswirtschaftlichen Literatur findet sich eine große Anzahl von Erklärungsversuchen und Definitionen des Investitionsbegriffes. Einer der allgemein anerkanntesten Auslegungen lautet: „*Unter einer Investition versteht man im weitesten Sinne jede betriebliche Verwendung von finanziellen Mitteln (Kapital)*“ (GÖTZE, 2002, S. 5).

Für die Betriebsführung stellt sich daher immer das Problem des Findens und Realisierens des gesamtbetrieblichen Optimums. Daher sollte jede Art der Kapitalverwendung zunächst immer auch als Investition aufgefasst werden (vgl. GEYER, et al. 2006, S. 5).

Fast man den Begriff der Investition nun enger, sodass man nur die Anschaffung von Anlagevermögen als Investition bezeichnet, dann ist zwischen produktionswirtschaftlichen und finanzwirtschaftlichen Investitionen zu unterscheiden. Das Ziel der produktionswirtschaftlichen Investition ist es, die produktionswirtschaftlichen Möglichkeiten durch Ersatzinvestitionen, Rationalisierungsinvestitionen, Erweiterungsinvestitionen und Neuanschaffungen zu verbessern. Im Gegensatz dazu versucht man mit der finanzwirtschaftlichen Investition eine Verbesserung der Marktstellung, Erlangung von Steuervorteilen und Anlage von Liquiditätsreserven zu erzielen. Aber auch Verbesserungen im Bereich Produktqualität, Neuentwicklungen, Einführung von sozialen Leistungen,

Umweltschutzmaßnahmen, Umsetzung behördlicher Maßnahmen etc. können Bestandteil und Ziele von Investitionen sein (vgl. GEYER, et al. 2006, S. 75ff).

Investitionen treten in einer Vielzahl unterschiedlicher Erscheinungsformen auf. Die unterschiedlichen Investitionsarten erfordern daher auch spezielle Anforderungen in Investitionsplanung und -rechnung (vgl. GEYER, et al. 2006, S. 75ff). Durch den Einsatz diverser Rechenverfahren wird untersucht, ob das Optimum an Wirtschaftlichkeit hinsichtlich der zu tätigen Investition erreicht wird. Die Investitionsrechnung stellt somit die auf einen bestimmten Investitionsfall angewandte Wirtschaftlichkeitsrechnung dar. Der Inhalt der Wirtschaftlichkeitsrechnung wird, wie auch in GEYER, et al. (2006) festgehalten, meist von folgenden Punkten bestimmt:

- Bestimmung der Vorteilhaftigkeit eines einzelnen Investitionsobjektes
- Vorteilhaftigkeitsvergleich mehrerer Investitionsobjekte
- Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer von Investitionsobjekten
- Bestimmung der optimalen Anschaffungsauszahlung von Investitionsobjekten
- Bestimmung des optimalen Ersatzzeitpunktes einer im Betrieb befindlichen Anlage

Um die Vorteilhaftigkeit einer Investition beurteilen zu können, ist es notwendig einen weiteren Begriff genauer zu erläutern, die Investitionsrechnung. Die Investitionsrechnung ist ein wesentlicher Bestandteil der Planungsrechnung, die für betriebliche Entscheidungen von grundsätzlicher Bedeutung ist. Die Investitionsrechnung dient zur Analyse von Entscheidungsmodellen und stellt somit eine wertvolle Entscheidungshilfe dar (vgl. GÖTZE, 2002, S. 11ff).

Zusammengefasst kann man festhalten, dass mit der Anwendung einer Investitionsrechnung grundsätzlich immer die Frage geklärt werden soll, ob die geplante Investition einen Vorteil verspricht, also wirtschaftlich sinnvoll ist. In der praktischen Auseinandersetzung mit der Investitionsrechnung bzw. mit der Investitionsentscheidung kommt es aber vor allem auch auf das betriebliche Zielsystem und auf die sonstigen Rahmenbedingungen an, die ein Investitionsprojekt beeinflussen können. Die Komponenten des Zielsystems können monetär und/oder nicht monetär ausgelegt werden. Des Weiteren stehen sie unter dem Einfluss sich ständig ändernder Rahmenbedingungen auf Technologie-, Markt-, und Politikebene. Durch diese sich ändernden Rahmenbedingungen kann es zu Verschiebungen in der Wertigkeit der verschiedenen Ziele kommen, was schlussendlich zu Zielkonflikten führen kann. Daher ist es für eine Investitionsentscheidung unumgänglich, umfassende Analysen und Auswirkungen hinsichtlich der geplanten Investition durchzuführen.

Das Charakteristikum einer Investition ist, dass dadurch Zahlungsströme generiert werden, und die Zahlungsmittel dadurch längerfristig gebunden werden. Die Errichtung einer Anlage zur thermischen Sägenebenproduktverwertung führt somit zur Bindung großer finanzieller Mittel in Investitionsobjekte, die wegen ihrer langen Nutzungsdauer nur eine allmähliche Rückgewinnung des investierten Kapitals erlauben, sie stellt somit eine risikobehaftete Investition dar. Da solche Investitionsentscheidungen zukunftsbezogen sind, ist die Wirkung nicht mit vollständiger Sicherheit vorherzusagen. Die Ent-

scheidungen werden von Ereignissen beeinflusst, die nicht oder nur unzureichend bekannt sind. Daher sollte bei der Entscheidung von den Entscheidungsverantwortlichen auch eine Risikopräferenz beachtet werden.

Grundsätzlich differenziert man im Rahmen einer Investitionsentscheidung zwei Entscheidungssituationen. Bei der Beurteilung, ob eine Investition im Sinne einer Ja/Nein Entscheidung zu treffen ist, spricht man von einer absoluten Vorteilhaftigkeit und bei der Beurteilung mehrerer Investitionsvorhaben spricht man von einer relativen Vorteilhaftigkeit der Investition. Um eine bessere Entscheidungsgrundlage zu erhalten, werden bei der Beurteilung einer Investition häufig mehrere Rechenverfahren kombiniert (vgl. GEYER, et al. 2006 S. 83).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden folgende Methoden der dynamischen Investitionsrechnung zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eingesetzt. Durch die Anwendung der dynamischen Verfahren wird versucht, die für die statischen Verfahren üblichen Mängel zu beheben. Sie sind daher besser geeignet Informationen über die Vorteilhaftigkeit von Investitionen zu ermitteln. In den folgenden Unterkapiteln werden die Methoden, die in der Untersuchung zum Einsatz kommen, näher erläutert. Zum einen die Kapitalwertmethode und zum anderen die Methode des internen Zinsfußes. Durch den Einsatz der Kapitalwertmethode können die Zahlungsströme über die gesamte Investitionsdauer beobachtet werden, wodurch Aussagen über die absolute und relative Vorteilhaftigkeit der Investitionsprojekte getroffen werden können. Um aber auch den heutigen Wert der Zahlungsströme der Investitionsentscheidungen in Erfahrung zu bringen muss die Kapitalwertmethode ergänzt werden bzw. es kommt zum Einsatz der Annuitätenmethode. Diese bewirkt eine Periodisierung der Zahlungsströme bzw. der Kapitalwerte der Investitionsprojekte. In weiterer Folge kann dadurch die Gewinnannuität für die Projekte ermittelt werden, also jener Betrag, der neben der Verzinsung des jeweils noch gebundenen Kapitals und der vollen Amortisation der Investitionsausgabe als ausschüttbarer Periodenüberschuss verbleibt. Weiters soll auch ermittelt werden welche Renditen sich mit der Realisierung der Investitionsprojekte erzielen lassen. Für die Beantwortung dieser Frage kommt es zum Einsatz der Methode des internen Zinsatzes.

2.3.1 Kapitalwertmethode

Die Kapitalwertmethode oder auch Barwertmethode bzw. Net Present Value (NPV) genannt, dient zur Beurteilung von Investitionsalternativen hinsichtlich einer monetären Zielgröße, dem Kapitalwert. In der Literatur wird der Kapitalwert meist als die Summe der Barwerte der mit einem Investitionsprojekt verbundenen Ein- und Auszahlungen definiert. Der Kapitalwert kann also wie bereits erwähnt zur Beurteilung einer einzelnen Investition (absolute Vorteilhaftigkeit) oder zur Auswahl einer von mehreren Investitionen (relative Vorteilhaftigkeit) herangezogen werden. Dabei wird zur Ermittlung der Entscheidung nach folgender Methode vorgegangen: Im Sinne einer einzelnen Investition ist diese absolut vorteilhaft, wenn der Kapitalwert positiv ist. Wenn mehrere Investi-

tionsprojekte einen positiven Kapitalwert aufweisen, wird jene Investition mit dem maximalen Kapitalwert ausgewählt. (vgl. GEYER, et al. 2006, S. 85ff).

Mit der Kapitalwertmethode ist es also möglich, Zahlungsströme bei einem gegebenen Zinsniveau auf ihre finanzwirtschaftliche Vorteilhaftigkeit hin zu bewerten. Der erste Schritt um die Zahlungsströme einer Bewertung unterziehen zu können ist zunächst die Ermittlung des Barwertes. Der Barwert stellt den Wert eines auf einen bestimmten Zeitpunkt (zumeist der Beginn des Planungszeitraums) abgezinsten Zahlungsstromes dar. Der Kapitalwert stellt folglich den Barwert des zusätzlichen Endvermögens dar, dass durch die Realisierung des Investitionsprojektes erwirtschaftet werden kann. (vgl. GEYER, et al. 2006, S. 85ff).

Formelmäßig kann der Kapitalwert (KW), bzw. die Bewertung der Zahlungsströme wie folgt dargestellt werden:

$$KW = K_0 + K_1 \times (1 + i)^{-1} + \dots K_N \times (1 + i)^{-N}$$

K_0 ...	Anschaffungszahlung
K_1, \dots, K_n	laufende Zahlungsmittelüberschuss
N ...	Anzahl der Periode
i ...	Kalkulationszinssatz

Ein Nachteil, der diesem Verfahren in der Literatur immer wieder angelastet wird, ist die schwierige Zurechenbarkeit von Zahlungen zu den einzelnen Investitionsobjekten. Ein weiteres Problem ist auch die Vergleichbarkeit von Investitionen mit großen Unterschieden im Anschaffungswert und der Nutzungsdauer. Je größer die Unterschiede sind, desto problematischer gestaltet sich auch der Vergleich in der Realität. Eine der größten Herausforderungen stellt jedoch die Wahl eines geeigneten Kalkulationszinssatzes dar, da dieser den Kapitalwert beeinflussen kann (vgl. GEYER, et al. 2006, S. 89).

Um die in diesem Buch behandelten Investitionsentscheidungen bewerten zu können, müssen zunächst die Zu- und Abflüsse der liquiden Mittel (die Cash Flows) festgestellt werden. Auf diesem Weg werden einige Abstraktionen vorgenommen, da es nicht darum geht, nachträglich die Rentabilität einer Investition zu prüfen, die bereits getätigt wurde und nicht wieder rückgängig gemacht werden kann. Vielmehr steht die Frage im Mittelpunkt, ob unter ähnlichen Rahmenbedingungen eine Energiegewinnung aus Sägenebenprodukten in den Anlagen der Sägeindustrie oder in dezentralen Biomasseheizwerken oder Biomasseheizkraftwerken vorteilhafter ist, bzw. in welchen Fällen man mit einer höheren Wirtschaftlichkeit rechnen kann.

Wie bereits angeführt, müssen im ersten Schritt hinsichtlich der Ermittlung der Wirtschaftlichkeit die Zahlungsmittelüberschüsse (ZÜ bzw. Cash Flow) der Investitionsprojekte ermittelt werden. Der Zahlungsmittelüberschuss der Investitionsprojekte setzt sich aus folgenden Positionen zusammen:

- Einzahlungen aus dem Wärmeverkauf (E_w)
- Einzahlungen aus dem Stromverkauf (E_s)
- Einzahlungen aus Opportunitätswirkungen (E_o)
- Auszahlungen für Investitions- und Kapitalbeschaffung (AK)

- Auszahlungen für Betriebsmittel (AB)
- Verbrauchsgebundene Auszahlungen (AV)

Formelmäßig lässt sich die Ermittlung der Zahlungsmittelüberschüsse, die für die Berechnung der Kapitalwerte ausschlaggebend sind, wie folgt darstellen:

$$Z\ddot{U} = (E_w + E_s + E_o) - (AK + AB + AV)$$

Um in einem weiteren Schritt auch Informationen zu erhalten, wie sich die Zahlungsströme bzw. die Zahlungsmittelüberschüsse über den Betrachtungszeitraum entwickeln, wird die Kapitalwertmethode um einen weiteren Schritt ergänzt, die Ermittlung der Annuität für die Auszahlungsströme. Alle Auszahlungen, die im Betrachtungszeitraum anfallen, werden unter Berücksichtigung von Verzinsung und Preisänderungen auf alle Jahre des Betrachtungszeitraums aufgeteilt. In der vorliegenden Untersuchung erfolgt die Berechnung der Annuität aller Auszahlungsströme mit dem Annuitätenfaktor. Das Ergebnis dieses Rechenschrittes sind einerseits die mittleren Auszahlungsströme, die durch die Realisierung des Projektes entstehen und andererseits, nach Abzug der mittleren Auszahlungen vom Gesamtertrag, der mittlere jährliche Zahlungsmittelüberschuss. Als Resultat dieses Rechenvorganges ist es auch einfacher die einzelnen Kategorien bezüglich ihrer Vorteilhaftigkeit, miteinander zu vergleichen.² Die Durchführung der Berechnung der soeben diskutierten Komponenten kann formelmäßig wie folgt dargestellt werden: Zunächst gilt es den Annuitätenfaktor (AF) zu bestimmen:

$$AF = \frac{q^t \times (q - 1)}{q^t - 1}$$

q=1+i... Zinsfaktor

i... kalkulatorische Zinssatz

Im nächsten Schritt erfolgt die Ermittlung der Annuität der Auszahlungsströme (Kapitalgebundenen, Verbrauchsgebundenen und Betriebsgebundenen Auszahlungen).

$$AN_k = (K_0) \times AF$$

AN_k... Annuität der kapitalgebundenen Auszahlungen

K₀... Anschaffungszahlung

$$AN_v = \sum Av_x \times AF$$

AN_v... Annuität der verbrauchsgebundenen Auszahlungen

Av_x... Annuität der verbrauchsgebundenen Auszahlungen in der Periode

² Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird in der vorliegenden Untersuchung von einem vollkommenen und vollständigen Kapitalmarkt ausgegangen. Es gibt nur einen risikolosen Zinssatz, der für alle Marktteilnehmer gleich ist. Das Investitionskapital kann jederzeit in beliebiger Höhe angelegt bzw. am Kapitalmarkt beschafft werden. Durch diese in der Finanzwirtschaft als Wiederanlageprämisse bezeichnete Annahme, haben Unterschiede im Anschaffungswert der Anlagen keine Konsequenzen für die relative Vorteilhaftigkeit der Investitionsentscheidung (vgl. GEYER, et al. 2006, S. 93).

$$AN_b = \sum Ab_x \times AF$$

AN_b... Annuität der betriebsgebundenen Auszahlungen
 Ab_x... Annuität der betriebsgebundenen Auszahlungen in der Periode

Schlussendlich lässt sich die Annuität der mittleren Gesamtauszahlungen (AN_g) und das mittlere Zahlungsmittelüberschusses wie folgt ermitteln:

$$AN_g = AN_k + AN_v + AN_b$$

$$Z\ddot{U}_m = EZ - AN_g$$

2.3.2 Methode des internen Zinsfußes

Während der Kapitalwert den Cash Flow des zusätzlichen Vermögens, das durch die Realisierung einer Investition erwirtschaftet werden kann, darstellt, definiert der Kalkulationszinssatz die Möglichkeit der alternativen Veranlagung des Vermögens am Kapitalmarkt. Das bedeutet, dass der Kapitalwert und damit die Vorteilhaftigkeit der Investition wesentlich vom Kalkulationszinssatz abhängig sind. Um diesen Einflussfaktor beurteilen zu können, kommt es zum Einsatz einer weiteren Variante der dynamischen Investitionsrechnung, der Methode des internen Zinssatzes, die auf der Kapitalwertfunktion aufbaut. Der interne Zinssatz, Rendite oder Internal Rate of Return (IRR) genannt, ist jener Zinssatz, bei dessen Verwendung als Kalkulationszinssatz der Kapitalwert der Zahlungsrendite gleich null ist (effektiver Zinssatz) (vgl. GEYER, et al. 2006, S. 103ff). Mathematisch lässt sich die Methode des internen Zinssatzes folgendermaßen darstellen:

Ausgehend von der Kapitalwertfunktion wird jener Zinssatz gesucht, bei dem der Kapitalwert gleich null ist.

$$KW(i) = \sum_{t=0}^N \frac{Kt}{(1+i)^t}$$

$$KW(i_{eff}) = \sum_{t=0}^N Kt \times (1+i_{eff})^{-t} = 0$$

Kt... Barwert
 i... Zinssatz
 i_{eff}... interne Zinssatz
 N... Anzahl der Perioden

Um aus der Kapitalwertfunktion bzw. der Definitionsgleichung den effektiven Zinssatz zu ermitteln, bedient man sich entsprechende Näherungsverfahren. Die einzelnen Verfahren sollen hier nicht näher beschrieben werden; zumeist bedient man sich laut GEYER et al. (2006) aber dem Verfahren der linearen Interpolation, (wie auch in dieser Unter-

suchung), wodurch sich folgende Näherungsformel für die Ermittlung des internen Zinssatzes bzw. des effektiven Zinssatzes ergibt:

$$i_{eff} = i + \frac{KW^+ \times (i^- - i^+)}{KW^+ - KW^-}$$

KW⁺... positiver Kapitalwert

KW⁻... negativer Kapitalwert

i⁺... Zinssatz des positiven Kapitalwertes

i⁻... Zinssatz des negativen Kapitalwertes

Als Entscheidungskriterium bei der Methode des internen Zinsfußes gilt folgende Regel: Ein Investitionsobjekt ist dann absolut vorteilhaft, wenn sein interner Zinsfuß größer ist als der Kalkulationszinssatz. Ein Investitionsobjekt ist weiters relativ vorteilhaft, wenn sein interner Zinssatz größer ist als der eines jeden anderen zur Wahl stehenden Investitionsobjektes. Der interne Zinssatz gibt an, wie viel Prozent des im Investitionsprojekt gebundenen Kapitals aus der jeweiligen Periode entnommen werden kann, ohne dass dadurch die Amortisation des Projektes gefährdet wird (vgl. GEYER, et al. 2006, S. 113).

Die Methode des internen Zinssatzes führt bei Entscheidungen über die absolute Vorteilhaftigkeit von Normalinvestitionen zu gleichen Empfehlungen wie die Kapitalwert- oder die Annuitätenmethode. Allerdings ist an dieser Stelle anzumerken, dass die Methode des internen Zinssatzes mit Mängeln behaftet ist.

Für die Beurteilung der relativen Vorteilhaftigkeit der Investitionsprojekte ist der Grundsatz der Wiederanlageprämisse äußerst kritisch zu sehen. Unter der bereits erwähnten Annahme eines vollkommenen und vollständigen Kapitalmarktes bedeutet die Wiederanlageprämisse, dass die aus einem Investitionsprojekt resultierenden Zahlungsströme zum Kalkulationszinssatz veranlagt bzw. beschafft werden können. Während bei der Kapitalwertmethode alle Zahlungen auf den Zeitpunkt t=0 mit dem Kalkulationszinssatz abgezinst werden. Bei der Methode des internen Zinssatzes werden jedoch alle Zahlungen mit dem internen Zinssatz abgezinst. Das bedeutet nun, dass alle Zahlungen des Investitionsprojektes zum internen Zinssatz veranlagt bzw. beschafft werden können. Diese Annahme der Kapitalveranlagung oder -beschaffung ist allerdings völlig unabhängig von den Bedingungen die am Kapitalmarkt herrschen, die aber den Kalkulationszinssatz bestimmen (vgl. SEICHT, 1997, S.86ff).

Des Weiteren muss auch bei der Beurteilung der relativen Vorteilhaftigkeit die Methode des internen Zinssatzes kritisch betrachtet werden. Unterschiede in der Höhe der Kapitalbindung werden bei dieser Methode ausgeglichen, indem der jeweilige Differenzbetrag zum internen Zinssatz des Investitionsprojektes mit der geringeren Kapitalbindung veranlagt wird. Desto kleiner diese Differenzbeträge sind, desto unproblematischer wird der Einsatz der Methode und desto eher kann man die internen Zinssätze auch miteinander vergleichen. Trotzdem muss die Frage gestellt werden, wie sinnvoll es ist anzunehmen, dass Unterschiede in der Kapitalbindung durch eine Anlage zu diesem Zinssatz ausgeglichen werden können. Weiters können noch Probleme bei den Berechnungen

auftreten, dass teilweise nicht festgestellt werden kann ob überhaupt bzw. wie viele interne Zinssätze existieren.

Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse der relativen Vorteilhaftigkeit ist die Methode des internen Zinssatzes kritisch zu betrachten. Durch den zusätzlichen Einsatz der Kapitalwertmethode und der Annuitätenmethode in dieser Untersuchung lässt sich aber dennoch eine Aussage über die relative Vorteilhaftigkeit der Investitionsprojekte treffen.

Die Methode des internen Zinssatzes hat ihre Schwächen. Unter der Berücksichtigung des Einsatzes weiterer Methoden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit im Rahmen dieser Untersuchung lässt sich der Einsatz befürworten.

2.3.3 Sensitivitätsanalyse

Eine positive Rendite stellt den wichtigsten Aspekt einer Investitionsentscheidung dar (vgl. AGUILAR, 2009, S. 2298). Um zu ermitteln, welche Einflussgrößen neben dem Zinssatz die Wirtschaftlichkeit der Investitionsentscheidung noch beeinflussen können, kommt es zum Einsatz einer Sensitivitätsanalyse.

Die Sensitivitätsanalyse dient dazu, einerseits die Beziehungen zwischen den verschiedenen Einflussfaktoren der Investition zu bewerten und andererseits dazu, die Vorteilhaftigkeit von Alternativen zu untersuchen. Grundsätzlich dient aber eine Sensitivitätsanalyse der Beantwortung folgender Fragestellungen:

- Wie verändert sich der Zielfunktionswert bei vorgegebenen Variationen einer oder mehrerer Inputgrößen?
- Welchen Wert darf eine Inputgröße bzw. welche Wertkombinationen dürfen mehrere Inputgrößen annehmen, wenn ein vorgegebener Zielfunktionswert mindestens erreicht werden soll? (vgl. GÖTZE, 2002, S. 281).

Um diese Fragestellungen im Rahmen der Untersuchung mit der Sensitivitätsanalyse beantworten zu können, muss zunächst bestimmt werden, welche Einflussgrößen untersucht werden und auf welchem Entscheidungsmodell die Sensitivitätsanalyse aufbaut. Letzteres kann rasch beantwortet werden. Die Basis für die Sensitivitätsanalyse bildet die Kapitalwertfunktion. Die zu untersuchenden Einflussgrößen der Investitionsentscheidung sind auf der nachfolgend aufgelistet:

- Die produzierte Wärmemenge
- Der Wärmeverkaufspreis
- Die produzierte Strommenge
- Der Stromeinspeisetarif
- Verbrauchsgebundene Auszahlungen (Brennstoffkosten)
- Investitionsauszahlungen
- Förderquote

3 Rohstoffpotential in der Holzindustrie

Das folgende Kapitel soll zum einen einen Überblick geben über das Rohstoffpotential, das in der österreichischen Holzindustrie vorhanden ist, und zum anderen sollen die derzeitigen Verwertungsmöglichkeiten dieser Rohstoffpotentiale eruiert werden. Vorweg soll aber zunächst dargestellt werden, wie sich die holzverarbeitenden Industriezweige in Österreich gliedern.

Ausgehend von der Forstwirtschaft kann man zunächst die holzverarbeitenden Industriezweige in die vier Bereiche, Bauwirtschaft (Zimmerei, Bautischlerei), Holzwerkstoffindustrie (Sägewerke, Hobelwerke, Holzimprägnierwerke, Furnier-, Sperrholz-, Holzfaserverleim-, und Holzspanplattenwerke), Energetische Nutzung (Energieerzeugung in Biomassekraftwerken und Biomasseheizkraftwerken) und Faser und Zellstoffindustrie (Herstellung von Zellstoff, Holzstoff, Papier, Karton und Pappe) unterteilen (vgl. SCHWARZBAUER, 2007, S. 3ff).

Grundsätzlich gliedert sich die Holzindustrie in die Sparten Sägeindustrie (Säge- und Plattenwerke), Baubereiche (Produktion von Fenstern, Türen, Holzfußböden, Leimbau- teile, vorgefertigte Häuser aus Holz, Lamellenholz), Möbelindustrie, Holzwerkstoffindustrie und die Skiindustrie (vgl. SCHWARZBAUER, 2007, S. 3).

Für die Ermittlung, welche Rohstoffpotentiale für die energetische Nutzung in der österreichischen Holzindustrie vorhanden sind, werden in der vorliegenden Untersuchung jene Industriezweige der holzverarbeitenden Industrie bzw. der Holzindustrie betrachtet, in denen die meisten Mengen an Sägenebenprodukten verarbeitet und energetisch genutzt werden können. Im Konkreten sind das folgende Branchen:

- Sägeindustrie
- Papier- und Zellstoffindustrie
- Plattenindustrie

3.1 Rohstoffpotential der Sägeindustrie

Die Sägeindustrie ist in Österreich der größte Holzverarbeiter innerhalb der gesamten Holzwirtschaft. Im Jahr 2007 wurden in Österreich rund 18,5 Millionen Festmeter (Fm) an Rundholz eingeschnitten; die Schnittholzproduktion betrug 11,29 Millionen m³. Rund 6,03 Millionen Fm an Rundholz wurden dabei importiert, der Rest wurde aus dem Inland bezogen. Die österreichische Sägeindustrie erlebte im letzten Jahrzehnt (1997-2007) eine kontinuierliche Steigerung der Menge, die an Rundholz in den Sägewerken eingeschnitten wurde. Durch entsprechende Kapazitätserweiterungen und Anpassungen an das internationale Umfeld konnte die gesamte Rundholzeinschnittmenge von 1997 bis 2007 um 29,5 Prozent gesteigert werden (siehe Abbildung 2) (vgl. FACHVERBAND DER ÖSTERREICHISCHEN HOLZINDUSTRIE, 2007, s.p.).

Beim Rundholzeinschnitt fallen neben dem Hauptprodukt Schnittholz auch Sägenebenprodukte an. Das aus der Forstwirtschaft in Rinde angelieferte Rundholz durchläuft vor dem eigentlichen Einschnitt zuerst die Entrindungs- und Sortieranlagen. Dabei fallen

durchschnittlich pro Erntefestmeter (Efm) Nadelholz, rund 0,3 – 0,4 Schüttraummeter (Srm) Rinden und geringe Mengen an Restholz an (0,02 Fm/Efm). Weiters ist beim Einschnitt von einem Efm Nadelholz mit einem durchschnittlichen Anfall von 0,3 Srm Sägespäne und 0,7 Srm Hackgut zu rechnen. Durch das in den letzten Jahren immer stärkere Ansteigen der energetischen Nutzung der Biomasse kommt den Sägenebenprodukten eine immer größere Bedeutung zu, wobei vor allem den Spänen und dem Hackgut eine bedeutende Rolle zufällt (vgl. AGRAR PLUS, 2003, S. 3).

Der Anfall der Sägenebenprodukte im Sägewerk ist von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig, wodurch man sich bei der Ermittlung der anfallenden Mengen auf Hochrechnungen stützt. Grundsätzlich kann aber festgehalten werden, dass die genaue mengenmäßige Zusammensetzung der Sägenebenprodukte abhängig davon ist, welche Sortimente produziert und welche Holzarten (unterschiedliche Rindendicke, Stammdurchmesser,...) eingeschnitten werden. Die Grundlage für die Berechnung des Mengenanfalls der Sägenebenprodukte bildet der Jahreseinschnitt der Sägeindustrie. Für das Jahr 2007 ergibt sich bei einem Jahreseinschnitt von 18,5 Millionen Fm wie in Tabelle 1 ersichtlich folgender Anfall an Sägenebenprodukten:

Tabelle 1: Abschätzung der Sägenebenprodukte für 2007

	Prozent	Abschätzung Menge 2007 in Mio. Fm
Späne	10%	1,85
Hackgut	25%	4,62
Kappholz	2,5%	0,46
Rinde	12%	2,22
Hobelspäne	4%	0,74
Summe		9,89

Quelle: FACHVERBAND DER ÖSTERREICHISCHEN HOLZINDUSTRIE, 2007, s.p.

Simultan mit dem von 1997 bis 2007 gestiegenen Rundholzeinschnitt erfuhren auch die dabei anfallenden Koppelprodukte eine entsprechende Steigerung. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Entwicklung des Rundholzeinschnittes in Österreich und über die Entwicklung der dabei anfallenden Nebenprodukte.

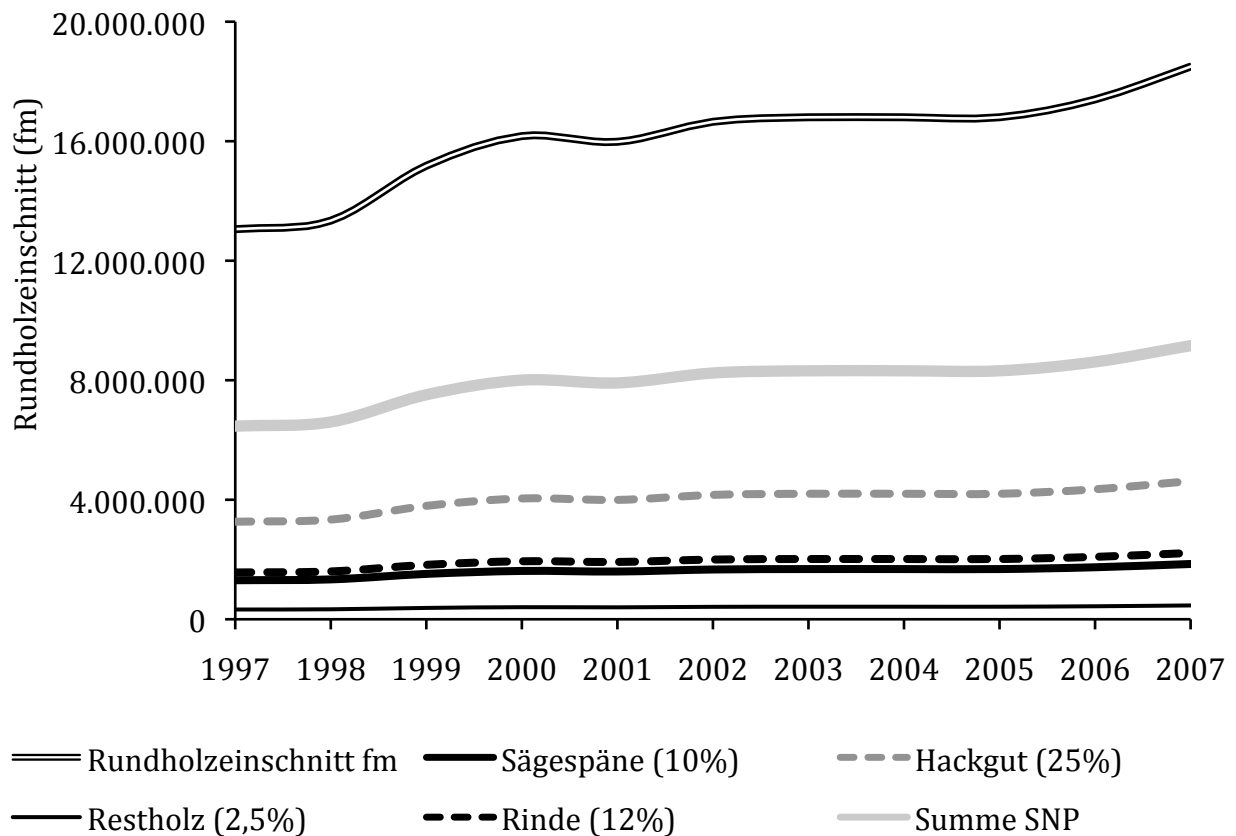
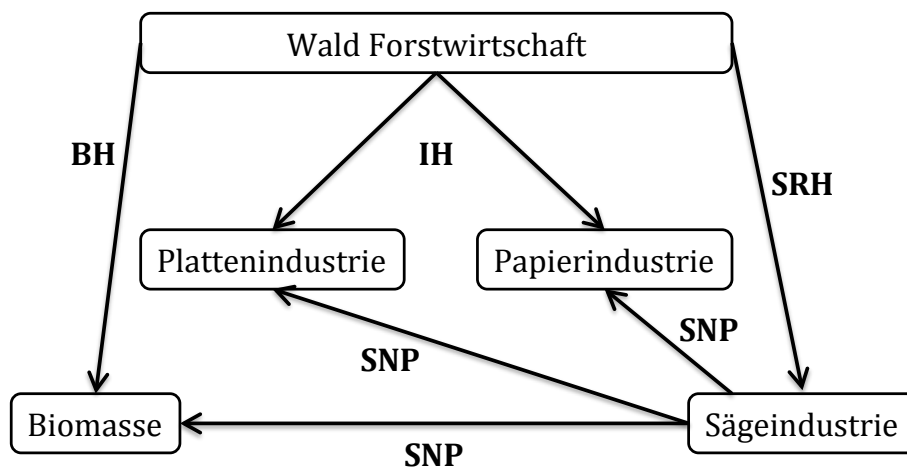


Abbildung 2: Entwicklung Rundholzeinschnitt und SNP – Anfall in Österreich 1997-2007

Quelle: FACHVERBAND DER ÖSTERREICHISCHEN HOLZINDUSTRIE, 2007, s.p.



BH .. Brennholz, IH ... Industrieholz, SRH .. Sägerundholz, SNP ... Sägenebenprodukte

Abbildung 3: Holzflussdiagramm zwischen den holzbeziehenden Branchen

Quelle: BERGNER, 2005, S. 62, E.D.

Durch die energetische Verwertung der Sägenebenprodukte verstärkt sich auch die Konkurrenzsituation mit den anderen Nutzungsformen um diesen Rohstoff. In Abbildung 3 sind die unterschiedlichen Biomasseflüsse aus dem Wald und zwischen den holzbeziehenden Branchen dargestellt. Die roten Pfeile verweisen auf die neue Konkurrenzsituation, die sich durch die vermehrte energetische Nutzung ergibt.

3.1.1 Sägenebenprodukte im Überblick

Späne: Späne fallen in der spangebenden Bearbeitung von Holz an, in Sägewerken und in der Holzverarbeitung. Entsprechend dem Ort, an dem sie anfallen, werden die Sortimente Sägespäne, Hobelspäne und Holzstäube zusammengefasst. Sägespäne und Hobelspäne entstehen bei der spanenden Verarbeitung von Holz (Gatter, Kreissägen, Hobelmaschine); Holzstäube entstehen bei der mechanischen Oberflächenbehandlung durch das Schleifen. Für den Wassergehalt von Spänen ist der Zustand des Holzes zum Bearbeitungszeitpunkt ausschlaggebend. Für Sägenebenprodukte gilt generell, dass es sich um erntefrisches Holz mit einem Wassergehalt von 40 – 55 Gewichtsprozent Fasersättigungspunkt (Gew% FS) handelt. Bei Spänen aus der holzverarbeitenden Industrie kann bei der Verarbeitung von getrocknetem Schnittholz der Wassergehalt unter 20 Gew% FS betragen. Die Größe und Form der anfallenden Sägespäne ist abhängig von Art und Schärfe der Verarbeitungswerkzeuge sowie von der Holzart, dem Wassergehalt und der Schnittrichtung. Im Allgemeinen haben aber die Sägespäne keine festen Größen. Für Sägespäne kann von einer Korngröße von kleiner als 5 mm ausgegangen werden. Holzstäube haben definitionsgemäß eine Krongröße kleiner 0,315 mm. Späne sind meist nicht mit Fremdstoffen verunreinigt, da weder bei der Bearbeitung noch bei der Lagerung in Silos eine Berührung mit Fremdstoffen erfolgt. Bei Holzstäuben kann sich eine Verunreinigung mitunter aber durch die Schleifmittelbestandteile ergeben (z.B. Aluminiumoxid, Siliziumkarbid u.a.). Für Späne aus der Sägeindustrie folgt aus dem Einschnitt von unbehandeltem Rundholz keine Belastung mit anorganischen Stoffen. Späne aus der holzver- und -bearbeitenden Industrie können nicht als unbehandelt betrachtet werden, da hier durch die gemeinsame Lagerung aller Späne, sowohl aus der Verarbeitung von unbehandeltem Material als auch von behandelten Holzwerkstoffen, keine Sortenreinheit gegeben ist. Der für die Entsorgung von Verbrennungsrückständen bedeutende Wert des Aschegehalts liegt bei den Spänen abhängig von der Holzart im Bereich von 0,5 Prozent bei Weichholz und bis 1,1 Prozent bei Hartholz im Bezug auf die Brennstoff-Trockensubstanz (TS) (vgl. OBERNBERGER und STOCKINGER, 1998, S.17).

Späne sind seit jeher ein hochwertiger Holzrohstoff, der sein Hauptanwendungsfeld in der Plattenindustrie findet. Trockene Hobelspäne und immer mehr auch feuchte Sägespäne sind unter derzeitigen Bedingungen auch der klassische Rohstoff für die Pelletierung. Zu berücksichtigen ist, dass bei feuchten Spänen mit einem Wassergehalt über 12 Prozent der Pelletierung eine Trocknung der Späne vorgeschaltet werden muss (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 17). Weiters wird dieses Sortiment auch innerbetrieblich in den holzverarbeitenden Betrieben zur Erzeugung von Prozesswärme verwendet.

Rinde: Rinde fällt beim Einschnitt von Rundholz im Sägewerk und der Entrindung von Industrieholz für die Papier- und Plattenindustrie an. Wurde Rinde früher als Abfallprodukt behandelt, das teilweise bereits im Wald anfiel, entstand in den letzten 15 – 20 Jahren ein Markt für dieses Koppelprodukt im Bereich der Kompost- und Mulcherzeugung, aber vor allem zur thermischen Nutzung in Großanlagen. Derzeit geht nahezu die gesamte Menge dieses Sortimentes in die innerbetriebliche energetische Nutzung. Die Sägeindustrie verwendete dieses Produkt als kostengünstigen Energieträger für die eigenen Holz Trocknungsanlagen. Der Rest wird an dezentrale Biomasseheizkraftwerke geliefert, sowie in den Sommermonaten teilweise an Kompostieranlagen (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 17).

Der Wassergehalt von Rinde zum Einlagerungszeitpunkt im Heizwerk ist abhängig von den Vorbehandlungen und folglich auch entsprechenden Streuungen unterworfen. Einflussfaktoren darauf sind vor allem der Erntezeitpunkt des Baumes, die Lagerdauer und der Lagerort des Rundholzes, eine eventuelle Vorbehandlung des Rundholzes (z.B. durch Beregnung) sowie die Lagerdauer und die Lagerart (Freilager, Lagerhalle) der Rinde selbst. Durchschnittlich kann von einem Wassergehalt der vom Sägewerk verfügbaren Rinde, so diese nicht speziell aufbereitet bzw. vorgetrocknet wurde, von 45 – 65 Gew% FS ausgegangen werden. Weiters ist anzuführen, dass Rinde aufgrund der Korngröße und der Partikelform als ein sehr inhomogener Brennstoff beurteilt werden muss. Prozessbedingt fällt Rinde in einer streifenförmigen Form an, sodass bei Rinde nicht von einer Korngröße gesprochen werden kann. Die Länge streut von einigen Zentimetern bis über einen halben Meter. Beeinflusst wird dieser Parameter von der Art der Entrindungsanlage, der Holzart (Nadelrundholz, Laubholz) und dem Rohholzdurchmesser. Verschiedentlich erfolgt im Sägewerk oder vor der Feuerungsanlage eine Nachzerkleinerung in einem stationären Hacker. Aufgrund der vorangegangenen Bearbeitungsschritte der Holzernte ist der Verunreinigungsgrad mit Steinen, Erde und dergleichen relativ hoch. Einflussmöglichkeiten auf den Fremdstoffanteil ergeben sich durch die Gestaltung sowohl des Rundholzlagerplatzes als auch zu einem wesentlicheren Anteil des Rindenlagerplatzes. Dabei wird durch eine staubfreie Lagerfläche eine zusätzliche Verunreinigung verhindert. Rinde ist im Allgemeinen frei von chemischen Verunreinigungen. Der Aschegehalt bei der Verbrennung von nicht verunreinigter Rinde beträgt zwischen 2 und 5 Gew% TS des Brennstoffes. Aufgrund der mineralischen Verunreinigungen liegt der Aschegehalt jedoch üblicherweise zwischen 5 und 8 Gew% der Brennstoff-TS (vgl. OBERNBERGER und STOCKINGER, 1998, S.16).

Hackgut: Hackgut kann seiner Herkunft nach eingeteilt werden in Waldhackgut, Hackgut von Industrieholz (meist ohne Rinde) und Restholz aus Säge- und Holzverarbeitung (meist ohne Rinde). Als Industriehackgut wird holzartiges Hackgut mit der Ausnahme von Waldhackgut und Hackgut aus Altholz bezeichnet. Es handelt sich hierbei um maschinell zerkleinerte Neben- und Beiprodukte aus den einzelnen Stufen der Holzbe- und -verarbeitung. Haupterzeuger dieses Rohstoffes ist die Sägeindustrie. Da rindenfreies

Hackgut als Rohstoff in der Papier- und Zellstoffindustrie verwendet wird, steht zur energetischen Verwendung, in Abhängigkeit der Preise für die anderen Sortimente, zunächst primär das Hackgut mit Rinden zur Verfügung. Die Bei- und Nebenprodukte der Holzverarbeitenden Industrie (Möbelindustrie, Tischlerei), bezeichnet als Restholz, werden meist im jeweiligen Betrieb zu Hackgut aufbereitet. Der Wassergehalt der Sägenebenprodukte folgt aus dem Wassergehalt des Baumstammes beim Einschnitt, wobei sich hier aufgrund der vorangegangenen Bearbeitungsschritte des Rundholzes die gleichen Einflussfaktoren wie bei Rinde ergeben. Im Allgemeinen ist Hackgut mit einem Wassergehalt von 40 bis 55 Gew% FS vom Sägewerk verfügbar. Industriebhackgut aus der Holzverarbeitenden Industrie weist in der Regel einen niedrigeren Wassergehalt auf, da hier vorwiegend getrocknetes Holz verarbeitet wird. Der Wassergehalt kann folglich unter 20 Gew% FS betragen. Bei Hackgut handelt es sich um ein normiertes Produkt, das einer ÖNORM Klassifizierung unterliegt. Die Korngröße ist von der verwendeten Hackertechnologie bzw. den nachgeschalteten Siebeschritten abhängig. Für die Sägenebenprodukte können sich Verunreinigungen durch die Gestaltung des Lagerplatzes ergeben. Erhöhte mineralische Verunreinigungen bestehen bei Hackgut in Rinde. Da die Holzverarbeitende Industrie generell Schnittholz verarbeitet, kann bei deren Hackgut der Fremdanteil als gering beurteilt werden. Hinsichtlich der chemischen Verunreinigungen muss dieser Brennstoff je nach Ausgangsstoff differenziert betrachtet werden. Rundholz weist in der Regel keine chemischen Verunreinigungen auf, sodass bei Sägenebenprodukten von einem gänzlich unbehandelten Biomassebrennstoff ausgegangen werden kann. Bei Hackgut aus der Holzverarbeitenden Industrie fallen neben chemisch unbehandelten Holzreststoffen auch durch Klebstoff, Leime, Lacke, Farbstoffe und Holzschutzmittel verunreinigte Restholzsortimente an. Der Aschegehalt des Brennstoffes hängt wiederum von der Holzart (Hartholz, Weichholz) und dem Rindenanteil ab und schwankt im Bereich von 0,8 Prozent (Hackgut ohne Rinde, Weichholz) bis 2,5 Prozent (Hackgut mit Rinde, Hartholz) der Brennstoff-TS (vgl. OBERNBERGER und STOCKINGER, 1998, S. 18).

Grundsätzlich stellt das Sägenebenprodukt Industriebhackgut eine wichtige Rohstoffbasis in der Zellstoffindustrie dar, wobei mittlere Korngrößen preislich wesentlich besser bewertet werden als der Fein- bzw. Grobanteil. Etwa 20 bis 30 Prozent des Hackgutes sind weniger wertvolle Fraktionen, dieses Produkt wird vornehmlich energetisch verwertet. Hackgut aus der Säge- und Holzverarbeitung wäre von der Materialqualität her für eine Pelletierung geeignet. Das Material muss allerdings, bei den derzeitigen Qualitätsanforderungen an Brennstoff-Pellets frei von Rinde sein. Weiters muss das Hackgut vor einer etwaigen Pelletierung zerkleinert und je nach Feuchtigkeitsgehalt auch getrocknet werden. Außerdem ist hier auch anzumerken, dass gegenüber der Verarbeitung von Spänen ein erhöhter Verarbeitungs- und damit auch Kostenaufwand verbunden wäre, weshalb für die Pelletierung Späne auch bevorzugt eingesetzt werden (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 17).

Restholz: Unter der Kategorie des Restholzes werden Schwarten (beim Einschnitt von Rundholz beidseitig anfallende äußere Stücke), Spreißel (beim Säumen von Brettern anfallend) und Kappstücke (beim Zuschnitt auf extra Längen anfallend), zusammengefasst. Diese Sortimente sind großstückig und werden hauptsächlich innerbetrieblich als Brennmaterial verwertet, an Biomasseheizanlagen weiterverkauft oder zu Hackgut zerkleinert. Der Wassergehalt liegt entsprechend der vorangegangenen Nutzung bei rund 10 bis 20 Gew% FS. Durch die vorangegangenen Arbeitsschritte kann dieses Produkt erhebliche Verunreinigungen beinhalten, was einen wesentlichen Einfluss auf die Brennstoffeigenschaften haben kann. Auch der Aschegehalt ist stark vom Ausmaß der Verunreinigungen abhängig und schwankt im Bereich von 4 bis 12 Prozent der Brennstoff-TS. Das in der Holzverarbeitung anfallende Stückholz ist wesentlich kleinstückiger und trockener als das der Sägeindustrie. Dieses Produkt kann sauber sein oder bereits mit Leimen, Holzbehandlungsmitteln und dergleichen versehen sein. Dieses Restholz wird in der Regel in betriebsinternen Kesselanlagen verfeuert, zerkleinert und betriebsintern pelletiert, brikettiert oder weiterverkauft an die Platten- und Pelletierindustrie). Mit Leim verunreinigtes Restholz wird in der Regel intern verwertet (Trocknung, Heizung, KWK – Anlagen) (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 17).

3.1.2 Energiepotential der Sägenebenprodukte

Unter der Annahme eines durchschnittlichen Energiegehaltes (Heizwertes) von 600 KWh/Srm für Rinde und 700 KWh/Srm für Hackgut, Sägespäne und Restholz lässt sich in Summe für die Sägenebenprodukte ein Rohenergiegehalt von ca. 60 PJ bzw. 16.793 GWh für das Jahr 2007 errechnen. Bei einer Annahme von 25 Prozent energetischer Nutzung und 75 Prozent stofflicher Nutzung der Sägespäne des Hackgutes und des Restholzes sowie 100 Prozent energetischer Nutzung der Rinde ergibt sich ein Rohenergiepotential von etwa 28,22 PJ bzw. rund 7.800 GWh aus dem Sektor der Sägeindustrie für das Jahr 2007 (vgl. Agrar Plus, 2003, S. 4ff). Tabelle 2 und Tabelle 3 geben einen Überblick über das Energiepotential, und einen Überblick über die Entwicklung der Energiepotentiale bezogen auf den Rundholzeinschnitt der österreichischen Sägeindustrie.

Tabelle 2: Energiepotential der Sägenebenprodukte aus der Sägeindustrie in PJ

PJ	1997	1999	2001	2003	2005	2007
Späne	9,90	11,51	12,11	12,74	12,74	14,02
Hackgut	20,60	23,94	25,21	26,50	26,50	29,18
Restholz	2,10	2,44	2,57	2,70	2,70	2,97
Rinde	10,20	11,86	12,48	13,12	13,12	14,45
Summe SNP ³	42,80	49,75	52,37	55,06	55,06	60,63

Quelle: FACHVERBAND DER ÖSTERREICHISCHEN HOLZINDUSTRIE, 2007, s.p., E.D.

³ 25 Prozent energetische Nutzung von Späne, Hackgut und Restholz sowie 100 Prozent energetische Nutzung der Rinde

Tabelle 3: Energiepotential der Sägenebenprodukte aus der Sägeindustrie in GWh

GWh	1997	1999	2001	2003	2005	2007
Späne	2.742,30	3.187,46	3.355,44	3.527,62	3.527,62	3.884,58
Hackgut	5.706,21	6.632,48	6.982,02	7.340,29	7.340,29	8.083,06
Restholz	581,70	676,13	711,76	748,28	748,28	824
Rinde	2.825,40	3.284,04	3.457,11	3.634,91	3.634,91	4.002,29
Summe SNP ³	11.855,61	13.780,11	14.506,33	15.250,71	15.250,71	16.793,94

Quelle: FACHVERBAND DER ÖSTERREICHISCHEN HOLZINDUSTRIE, 2007, s.p., E.D.

3.1.3 Preis- und Marktentwicklung für Sägenebenprodukte

Wie von SCHACHENMANN (2003) festgehalten, bedeutet die Umsetzung des Ökostromgesetzes von vier Prozent Ökostrom, gemessen am Gesamtinlandsstromverbrauch bis zum Jahr 2008, einen zusätzlichen Holzverbrauch, um die verlangten 1.700 GWh an Ökostrom zu erreichen. Rund 50 Prozent oder 850 GWh werden dabei durch die Biomasse abgedeckt. Um den Strombedarf von 850 GWh durch Biomasse zu decken wird gerechnet, dass zusätzlich eine Menge von 1,8 bis 2,3 Millionen Fm an Holz benötigt wird.

Bezieht man hier die Annahme aus Kapitel 3.1.2, dass in der Sägeindustrie ein Energiepotential von 7.800 GWh in Form von Sägenebenprodukten vorhanden ist, dann ist es ohne weiters möglich einen Großteil dieses Strombedarfs durch die Sägenebenprodukte aus der Sägeindustrie zu decken. Zugegebenermaßen ein radikaler Ansatz, stellen die Sägenebenprodukte ja auch einen wesentlichen Rohstoff für die Holzverarbeitende Industrie her. Da auch die traditionellen Verbraucher der Sägenebenprodukte, Papier- und Plattenindustrie, in den letzten Jahren entsprechende Kapazitätserweiterungen unternommen haben, entsteht hier ein zusätzlicher Holzbedarf an ca. 3,5 Millionen Fm/Jahr. Weiters werden die Nebenprodukte, die beim Einschnitt im Sägewerk entstehen - vor allem Rinde -, von den Sägewerken für die Schnittholztrocknung selbst verwertet. Zusätzlich stellen Sägenebenprodukte einen hochwertigen Rohstoff für die Pelletierung dar, daraus wird auch ersichtlich, dass ein Spannungsfeld zwischen den energetischen und stofflichen Verwertungen entsteht (vgl. SCHACHENMANN, 2003, S. 19).

Grundsätzlich lassen sich beim Inlandsangebot von Sägenebenprodukten zwei sich überlagernde und verstärkende Trends feststellen. Einerseits steigt der Anfall von Sägenebenprodukten mit zunehmendem Rundholzeinschnitt an, andererseits sinkt die Schnittholzausbeute durch den zunehmenden Einsatz von schwachem Rundholz und der Verwendung der Zerspannertechnologie beim Einschnitt. Die Anbieter von Sägenebenprodukten am Brennstoffmarkt sind vorwiegend die Sägewerke und zum Teil als Zwischenhändler agierende Holzhandelsunternehmen.

Das Angebotsverhalten der Sägeindustrie bei Sägenebenprodukten war in der Vergangenheit vor allem dadurch geprägt, dass es außerordentlich preisunelastisch war, da es sich um ein klassisches Koppelprodukt handelt. Dies bedeutet, nicht der Preis bestimmt hier die Höhe des Angebots an Sägenebenprodukten, sondern die Höhe des Rundholz-

einschnittes. Der Rundholzeinschnitt wird jedoch primär vom Schnittholzpreis bestimmt. Den Sägewerksbetreibern als Anbieter der Sägenebenprodukte steht also zunächst die Papier- und Plattenindustrie als größter Nachfrager gegenüber, sodass sich der Sägenebenproduktemarkt als monopolistischer Nachfragemarkt darstellt. Diese Stellung beruht vor allem darauf, dass die Sägeindustrie auf die Entsorgung der Sägenebenprodukte aus Lagerkapazitätsgründen auf die Papier- und Plattenindustrie angewiesen ist, wodurch sich diese in einer entsprechend starken Position befinden. Zum anderen sind auch wirtschaftlichen Überlegungen Gründe für den Verkauf der Sägenebenprodukte. Der Verkauf von Sägenebenprodukten deckt bei herkömmlicher stofflicher Verwertung in der Platten- und Papierindustrie rund 10 Prozent der Kosten für den Rundholzeinkauf der Sägewerke ab (vgl. SCHWARZBAUER, 2007, S. 21ff).

Wie bereits erwähnt, lässt sich die Nachfrage nach Sägenebenprodukte nach deren stofflichem oder energetischem Verwendungszweck unterteilen. Hauptabnehmer der Sägenebenprodukte ist die Papierindustrie. Durch die Möglichkeit, Sägenebenprodukte alternativ zu den Industrieholzsortimenten aus der Forstwirtschaft zu verwenden, besteht von Seiten der Papierindustrie Bedarf an diesen Sortimenten. Da folglich die Sägenebenprodukte (vor allem Industriehackgut) ohne Rinde mit dem teuren Industrieholz konkurrieren, liegen die Preise für Sägenebenprodukte ohne Rinde höher als für die im wesentlich nur energetisch nutzbaren Sägenebenprodukte in Rinde. Neben der Papierindustrie ist die Plattenindustrie der zweitgrößte Nachfrager nach Sägenebenprodukten seitens der stofflichen Nutzung. Rund 50 Prozent der eingekauften Sägenebenprodukte sind dabei Sägespäne. In einem beschränkten Ausmaß können von der Plattenindustrie auch Sägenebenprodukte in Rinde stofflich genutzt werden.

Um dieses vorhandene Spannungsfeld zwischen energetischer Verwertung und stofflicher Verwertung der Sägenebenprodukte näher betrachten zu können, ist es sinnvoll, sich die Preissituation und die Preisentwicklungen näher anzusehen. Lange Zeit galten die in der Sägeindustrie anfallenden Nebenprodukte für die Säger als Abfallprodukt und deren Verkauf an die weiterveredelnde Industrie stellte eine willkommene Verwertung dar. Wie bereits mehrfach erwähnt, führten technologische Weiterentwicklungen und die Entwicklungen am Sektor der erneuerbaren Energieträger dazu, dass Sägenebenprodukte als Rohstoff ein knappes Gut darstellen, und weiters ist auch festzuhalten, dass für dieses Gut heute auch keine frei verfügbare Kapazität mehr zu Verfügung steht. In Abbildung 4 ist dieser Umstand für das Jahr 2006 näher festgehalten. Laut UMWELTBUNDESAMT (2008), wurden im Jahr 2006 von 17,43 Millionen Fm, die in den österreichischen Sägewerken eingeschnitten wurden, zu 10,53 m³ Schnittholz verarbeitet, und 9,89 Millionen Fm fielen als Nebenprodukte an. Auf Seiten der stofflichen und energetischen Nachfrager besteht allerdings ein Bedarf nach Sägenebenprodukten von 14,73 Millionen Fm. Der Differenzbetrag von 4,84 Millionen Fm wird dabei durch Importe abgedeckt. Dieser Umstand belegt die zuvor getroffene Aussage, dass die Kapazitäten für inländische Sägenebenprodukte ausgereizt sind.

Rundholz 17,43 Mio. fm

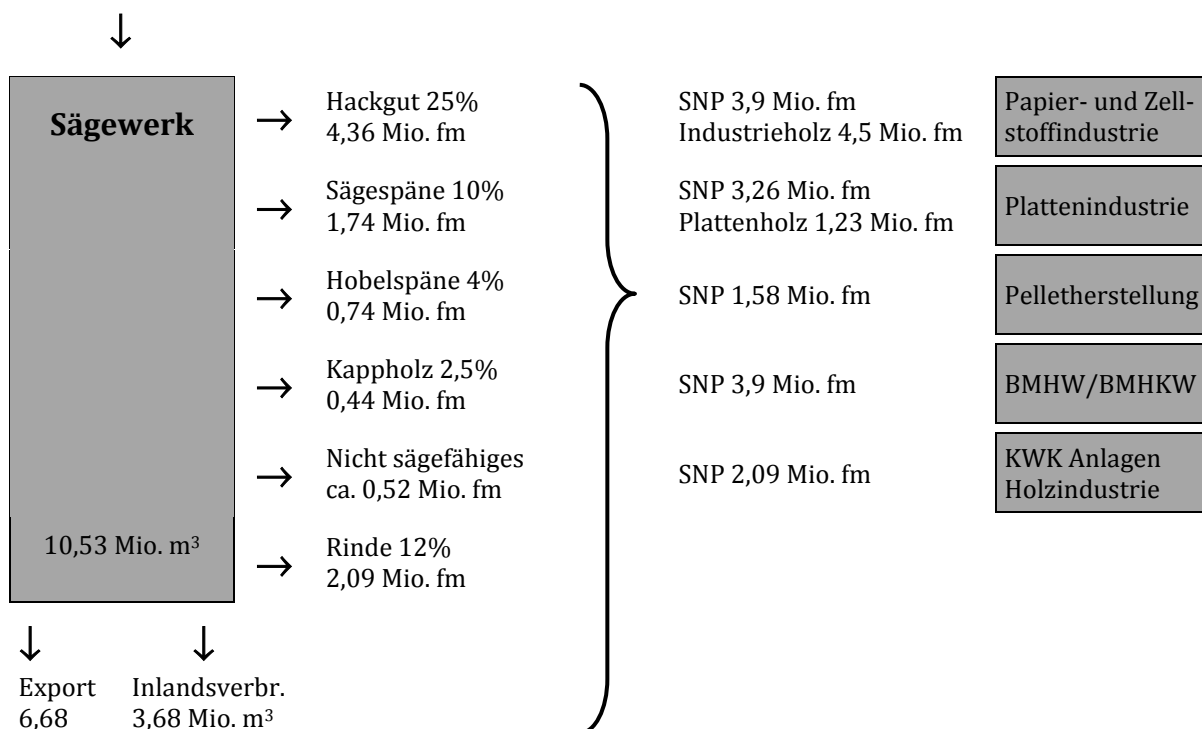


Abbildung 4: Holzflussdiagramm 2006 und Verwertung der Sägenebenprodukte

Quelle: UMWELTBUNDESAMT, 2008, AUSTROPAPIER, 2006, s.p.; AUSTRIAN ENERGY AGENCY, 2006a, s.p., E.D.

Durch diese Situation und auch durch die vermehrte Nachfrage nach erneuerbaren Energieträgern, infolge von steigenden Preisen für fossile Energieträger und durch Förderungsprogramme (Ökostromgesetz), wird von den Interessenvertretern der Papier- und Plattenindustrie immer wieder darauf hingewiesen, dass in den nächsten Jahren damit zu rechnen ist, dass die Preise für die Sägenebenprodukte kontinuierlich steigen werden.

Obwohl vor allem die Vertreter der Papier- und Plattenindustrie vermehrt ihre Sorgen um die Rohstoffverfügbarkeit zum Ausdruck bringen, ist zunächst festzuhalten, dass die Preise der Sägenebenprodukte wie auch die Preise des Rohholzes in den letzten Jahren nicht gestiegen sind sondern gefallen sind. Die Preise für die verschiedenen Holzsortimente (Blochholz, Schleifholz, Brennholz, Faserholz) sind seit Mitte der achtziger bis heute (2009) gefallen. Im Vergleich zum Ölpreis, der in den letzten Jahren stark gestiegen ist, hat sich der Preis für Schnittholz nur marginal erhöht. Und auch die Preise für Sägenebenprodukte befinden sich derzeit auf einem Niveau wie vor 30 Jahren, die Industrieholzpreise sogar deutlich darunter (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 37ff).

Derzeit pendelt der Preis für die zwei bedeutendsten Sägenebenprodukte Sägespäne und Hackgut zwischen 6,5 bis 8,3 Euro/Srm und 10,50 bis 12,50 Euro/Srm (vgl. WIENER WARENBOERSE, 2008, s.p.). Wie in Abbildung 5 ersichtlich, ist der Preis für das Hackgut aus

der Sägeindustrie im Zeitraum von 1983 bis 1995 beträchtlich gesunken. Betrachtet man allerdings die letzten sieben Jahre in Abbildung 5 so lässt sich erkennen, dass der Preis für Hackgut seit 2002 am Steigen ist. Wie bereits erwähnt, deckt die Papier- und Plattenindustrie ihren Holzbedarf auf dem Industrieholzmarkt (Faser- und Schleifholz) und dem Sägenebenproduktenmarkt ab. Durch diesen Umstand und aufgrund des unelastischen Angebotsverhaltens der Sägeindustrie ist die Papier- und Plattenindustrie nun in der Lage, die Preise für Sägenebenprodukte systematisch unter jener für Industrieholz aus dem Wald zu drücken. So liegt beispielsweise der Preis für Industriehackgut ohne Rinde bei 76 Prozent des Preises für Faserholz, obwohl es sich um vergleichbare Rohstoffe handelt (vgl. SCHWARZBAUER, 2007, S. 21ff). Die Industrie tendiert folglich dazu, sich zunächst mit den billigen Sägenebenprodukten einzudecken, danach erst mit Schleifholz und danach mit Importholz.

Die Sägespänepreise erfahren seit dem Jahr 2002 einen kontinuierlichen Anstieg. Ähnlich verhält sich die Situation auch bei den restlichen Sortimenten der Sägenebenprodukte. Rinde erzielte im Dezember 2008 einen Preis von 5 bis 7,50 Euro/Srm und Restholz wurde im gleichen Zeitraum mit einem Preis von 9 bis 10,50 Euro/SRM gehandelt. Industriehackgut ohne Rinde wurde mit einem Preis von 10,60 bis 13,40 Euro/Srm und Industriehackgut mit Rinde werden mit einem Preis von 5,80 bis 6,50 Euro/Srm gehandelt (vgl. WIENER WARENBOERSE, 2008, s.p.).

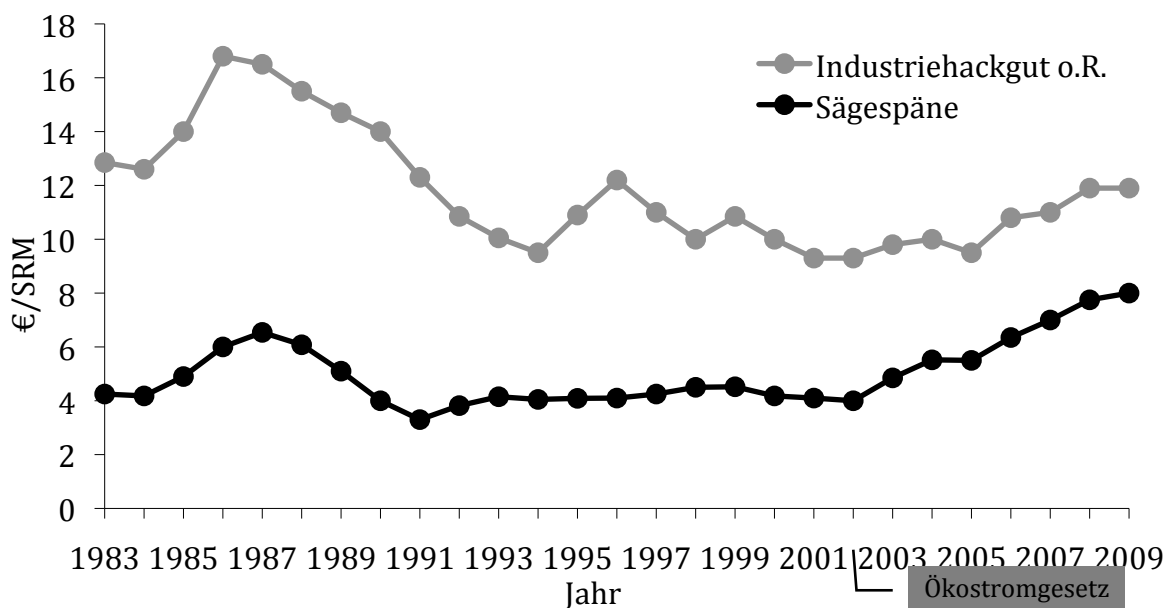


Abbildung 5: Preisentwicklung Sägespäne und Hackgut 1983 - 2007

Quelle: STATISTIK AUSTRIA, 2008, s.p., E.D.

Es ist auch zu berücksichtigen, dass der Preis für Sägenebenprodukte kurzfristigen Schwankungen unterworfen ist. Der Anfall von Schadholz, beispielsweise infolge von Sturmkatastrophen, führt kurzfristig zu Schwankungen nicht nur beim Sägerundholzpreis sondern auch beim Preis für Sägenebenprodukte. Anfang der neunziger Jahre ver-

ursachte das Sturmtief Lothar enorme Schäden, was folglich zu einer Erhöhung des Rundholzeinschnittes führte und anschließend zu einer Erhöhung der am Markt verfügbaren Sägenebenprodukte um rund 30 Prozent. Dieses Überangebot führte anschließend zu einer Preissenkung bei allen Sägenebenprodukten um ca. 50 Prozent (vgl. OBERNBERGER und STOCKINGER, 1999, S. 34). Ähnliche Schwankungen waren auch während der letzten großen Sturmkatastrophen (Cyrill, Emma und Paula) zu beobachten gewesen. Wie in SCHWARZBAUER (2006) erwähnt, führt das Überangebot an Industrielholzsortimenten infolge von Schadereignissen wie Stürme zu einem erhöhten Preisdruck auf die unterschiedlichen Sortimente der Sägenebenprodukte.

3.2 Stoffliche Verwertung der Sägenebenprodukte

3.2.1 Papierindustrie

Die österreichische Papierindustrie ist nach der Sägeindustrie der zweitgrößte industrielle Verbraucher von Holz und vor allem aber der größte Abnehmer von Sägenebenprodukten (vgl. AUSTRIAN ENERGY AGENCY, 2003, S. 118). So wie der Rundholzeinschnitt ist auch die Papierproduktion in Österreich stetig steigend. Im Jahr 2007 wurden in Österreich zirka 5,2 Millionen Tonnen Papier und Pappe, 1,6 Millionen Tonnen Zellstoff und 0,39 Millionen Tonnen Holzstoff produziert (vgl. AUSTROPAPIER, 2007a, s.p.).

Der Rohstoffbedarf der österreichischen Papierindustrie betrug im Jahr 2007 rund 8,03 Millionen Efm o. R. Etwa die Hälfte des Rohstoffbedarfs wurde dabei durch Sägenebenprodukte abgedeckt (vgl. AUSTROPAPIER, 2007a, s.p.). Die Papierindustrie ist der Hauptabnehmer für Sägehackgut ohne Rinde, wobei hier festzuhalten ist, dass optimale Qualitäten für die Zellstoffindustrie preislich wesentlich höher bewertet werden als qualitativ ungünstigere Qualitäten. Hinsichtlich der Qualität der anfallenden Sägenebenprodukte ist auch anzumerken, dass auf Zerspanerlinien 30 Prozent der Sägenebenprodukte als geringwertiges Gut mit empfindlichen Preisabschlägen anfällt, etwa 50 bis 60 Prozent der anfallenden Sägenebenprodukte kommt in den Bereich der höchsten bewerteten Kategorie (vgl. FELBER, 2007, S. 23). In Abbildung 6 ist der Rohstoffeinsatz der österreichischen Papierindustrie von 1990 bis zum Jahr 2007 dargestellt.

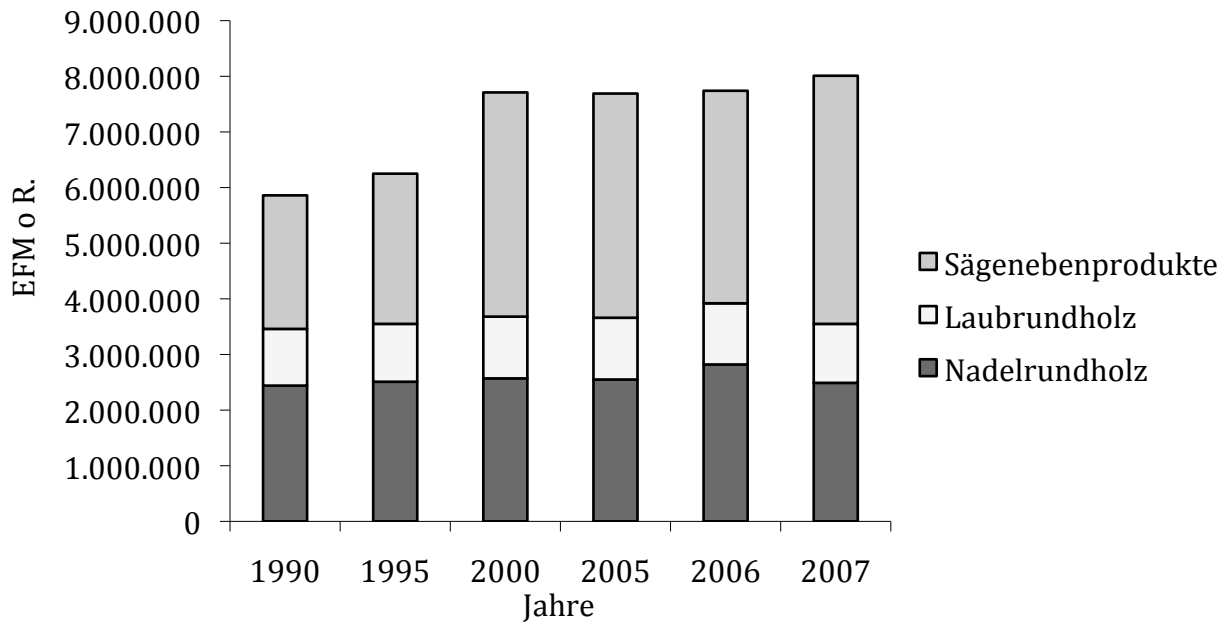


Abbildung 6: Rohstoffeinsatz der österreichischen Papierindustrie (1990 – 2007)

Quelle: AUSTROPAPIER, 2007a, s.p.

Hinsichtlich der Rohstoffversorgung der österreichischen Papierindustrie ist weiters noch anzumerken, dass der Bedarf an Sägenebenprodukten und an Industrierundholz zum größten Teil aus dem Inland gedeckt wird. Der überwiegende Teil des Laubholzanteils wird hingegen aus dem Ausland importiert. Diese Rohstoffimporte können zur Optimierung der Preissituation am inländischen Markt genutzt werden, denn der Importanteil wird je nach Preislänge, Konjunkturlage aber auch durch den Eintritt von Sonder-situationen (Sturmkatastrophen) variiert. Abbildung 7 verdeutlicht, dass die österreichische Papierindustrie den überwiegenden Teil der Sägenebenprodukte, der im Jahr 2007, wie bereits erwähnt, 55,2 Prozent des gesamten Rohstoffeinsatzes der Papierindustrie ausmachte, durch das Inlandsangebot abdeckt.

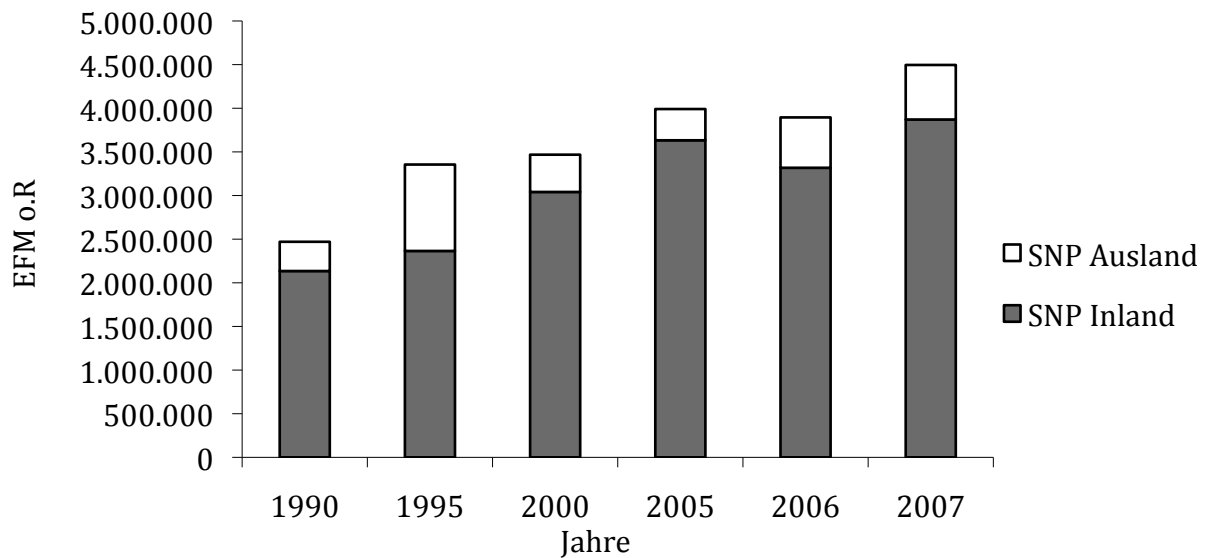


Abbildung 7: Einsatz von Sägenebenprodukten in der österreichischen Papierindustrie (1990 – 2007)

Quelle: AUSTROPAPIER, 2007b, s.p.

Vor allem die Verwendung von Sägehackgut zur Zellstoffherzeugung hat neben wirtschaftlichen Vorteilen (Sägehackgut aus den Sägewerken ist bei derzeitigen Rohstoffpreisen günstiger als Schleifholz) auch technische Gründe. Sägehackgut hat längere und hellere Fasern, eine niedrigere Dichte sowie einen niedrigeren Gehalt an Lignin und Harz, wodurch sie sich besonders gut für den Einsatz in der Zellstoffproduktion eignen. Laut FELBER (2007) bestehen weitere Bestrebungen den Anteil an Sägenebenprodukten im Prozess der Zellstoffproduktion zu erhöhen. Die technische Grenze für die Verwendung von Sägenebenprodukten liegt bei rund 60 Prozent. Festzuhalten bleibt auch hier, dass der Preis für Sägenebenprodukte infolge der gestiegenen Nachfrage kontinuierlich ansteigt (vgl. AUSTROPAPIER, 2007a, s.p.). Am Rande sei hier erwähnt, dass auch in der Papierindustrie Nebenprodukte anfallen. Im Jahr 2007 fielen in den 27 Betrieben der österreichischen Papierindustrie 2.966.962 Tonnen an Ablaugen, 416.395 Tonnen Rinde sowie 277.711 Tonnen Schlamm an. Die Nebenprodukte der Papierindustrie werden in Laugenverbrennungskesseln und Wirbelschichtkesseln zur Deckung des eigenen Strom- und Wärmebedarfs eingesetzt (vgl. AUSTROPAPIER, 2007b, s.p.).

3.2.2 Plattenindustrie

Ein weiterer Abnehmer der Sägenebenprodukte für die stoffliche Verwertung ist die Plattenindustrie. Die zehn in Österreich befindlichen Plattenwerke verwenden als Rohstoff für ihre Produkte, Span-, Faser-, und MDF-Platten⁴, größtenteils die Sägenebenprodukte wie Späne und Hackgut, das aufgrund seiner Qualitätseigenschaften für die Papierindustrie nicht in Frage kommt.

⁴ medium density fibre board ... Mitteldichte Faserplatte (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 19).

In der Vergangenheit erwies sich die Plattenindustrie der als am stärksten wachsender Sektor der Holzverarbeitung in Österreich. Seit den sechziger Jahren betrug das durchschnittliche jährliche Wachstum der Produktion rund 6,4 Prozent (vgl. FAO, 2006, s.p.). Für das Jahr 2006 ergibt sich insgesamt eine Produktion von 3,5 Millionen Kubikmeter, wovon rund 74 Prozent auf Spanplatten, 18 Prozent auf MDF-Platten und 8 Prozent auf Sperrholzplatten entfallen (vgl. FAO, 2006, s.p.).

Rund 73 Prozent des Rohstoffeinsatzes wurden im Jahr 2006 durch die Sägenebenprodukte gedeckt, die restlichen 27 Prozent wurden durch Industrie- oder Schleifholz gedeckt. Durch die zunehmend starke Verwendung der Sägenebenprodukte in den Biomasseheizkraftwerken wird von der Plattenindustrie auch vermehrt Kappholz, Altholz und auch Holz von Kurzumtriebsflächen als Rohstoff eingesetzt (vgl. KALT, 2006, S. 11). Im Jahre 2006 gliederte sich der Rohstoffeinsatz der österreichischen Plattenindustrie wie in Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4: Rohstoffeinsatz der österreichischen Plattenindustrie

Nadelrundholz	0,87 Mio. Fm
Laubrundholz	0,36 Mio. Fm
Sägenebenprodukte	3,26 Mio. Fm
Summe	4,49 Mio. Fm

Quelle: UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 19

Wie in Abbildung 8 ersichtlich, deckt die Plattenindustrie ihren Rohstoffbedarf überwiegend aus Restholz, das wiederum aus den Holzverarbeitenden Betrieben stammt, ab. Rund 75 Prozent des Rohstoffbedarfes werden dabei aus dem Inlandsaufkommen gedeckt, zirka 25 Prozent werden aus dem Ausland bezogen. Anzumerken ist, dass am Inlandsmarkt vor allem die niedriger bewerteten Restholzsortimente (Hackgut mit Rinde und Sägespäne) beschafft werden, während der überwiegende Teil des Rundholzes importiert wird.

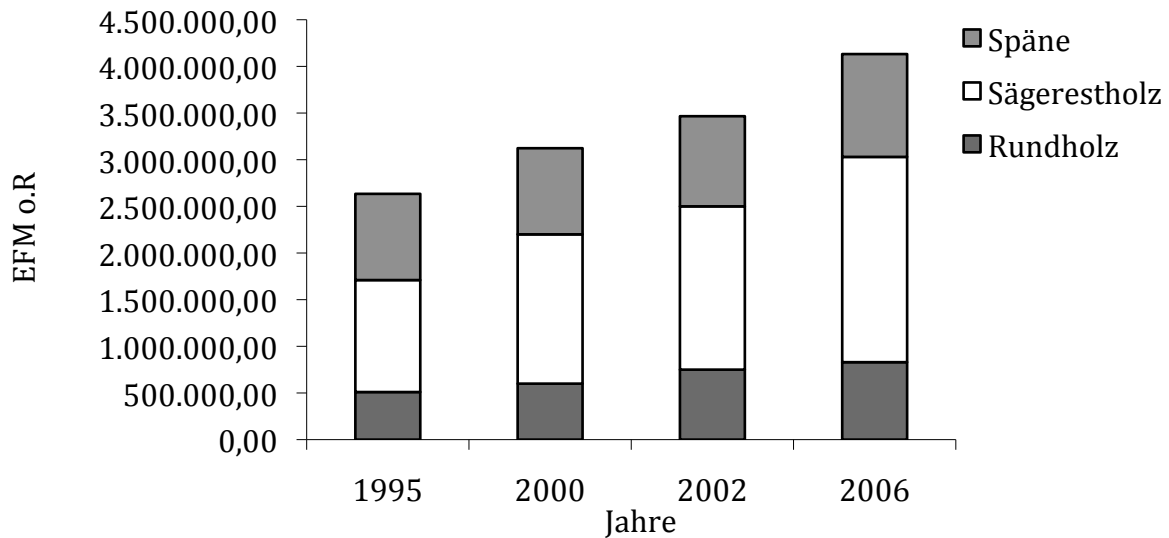


Abbildung 8: Holzverbrauch der österreichischen Plattenindustrie 1995 – 2006

Quelle: PLATTENINDUSTRIE, 2008, s.p.

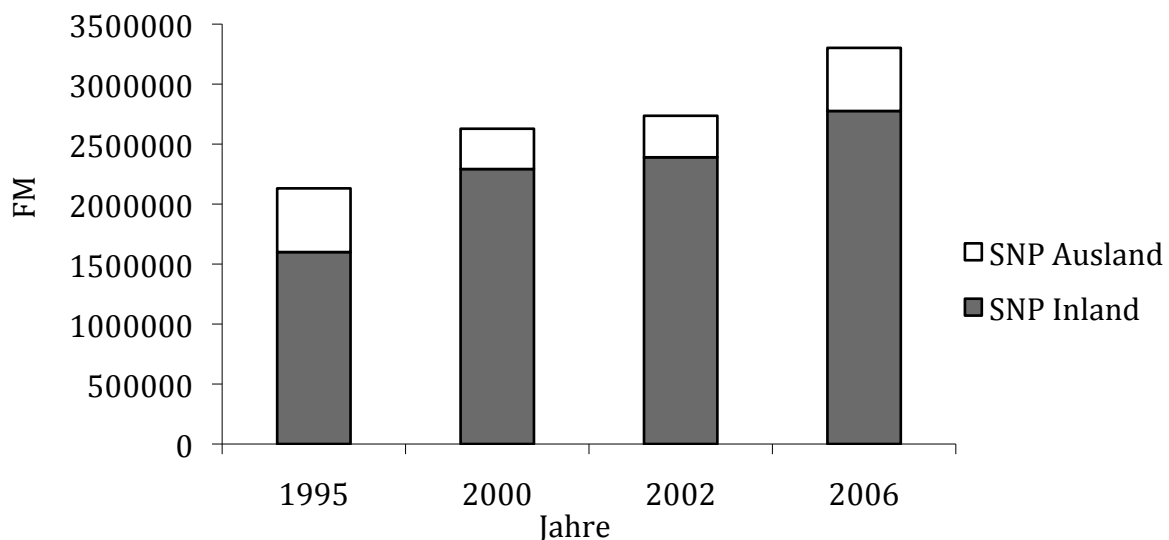


Abbildung 9: Einsatz von Sägenebenprodukten in der österreichischen Plattenindustrie 1995 – 2006

Quelle: PLATTENINDUSTRIE, 2008, s.p.

Sägenebenprodukte stellen in der österreichischen Plattenindustrie einen wichtigen Rohstoffbestandteil dar. Wie in Abbildung 9 ersichtlich, wird der überwiegende Teil der Sägenebenprodukte aus dem Inland bezogen. Aufgrund der steigenden Produktion der österreichischen Plattenindustrie und aufgrund der Konkurrenzsituation mit der Pelletterstellung in Österreich muss auch zukünftig verstärkt auf Importe zurückgegriffen werden. Durch die Kapazitätsausweitungen der Plattenindustrie in den letzten Jahren

beträgt der Rohstoffbedarf des Industriezweiges schon deutlich mehr als vier Millionen Fm Holz, Tendenz steigend (vgl. FAO, 2006, s.p.).

In Abbildung 8 ist dieser Anstieg des Rohstoffeinsatzes ersichtlich. Wie auch bei der Papierindustrie ist auch die Plattenindustrie in der Lage, die in ihrem Industriezweig anfallenden Reststoffe selbst energetisch zu verwerten. Alle Plattenwerke verfügen über innerbetriebliche Feuerungsanlagen auf Basis von Erdgas, in denen auch die in ihrem Bereich entstehenden Holzabfälle mitverbrannt werden können (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 19).

3.3 Energetische Verwertung der Sägenebenprodukte

Der energetischen Nutzung fester Biomasse sowohl zur Wärme als auch zur Stromerzeugung kommt weltweit betrachtet eine steigende Bedeutung zu, da diese Energieträger unter Voraussetzung einer nachhaltigen Forst- bzw. Landwirtschaft weitgehend CO₂ neutral sind und die regionale Wertschöpfung erhöhen können.

In den folgenden Unterkapiteln sollen die Möglichkeiten dargestellt werden, wie die in der Sägeindustrie anfallenden Nebenprodukte energetisch verwertet werden können. Neben der Verwertung in dezentralen Biomasseheizwerken und Biomasseheizkraftwerken und der Eigenverwertung in der Sägeindustrie soll am Rande auch kurz die Situation der Pelletsproduktion dargestellt werden.

3.3.1 Biomasseheizwerke

Biomasseheizwerke versorgen in einem Leistungsbereich von mehr als 100 KW Kommunalbauten, Mehrgeschosswohnbauten, Nah- oder Fernwärmenetze sowie Gewerbe und Industrieanlagen mit Wärme. Im Unterschied zu Biomasseheizkraftwerken, wo auch Strom mit einem Leistungsbereich von mehr als vier MW produziert wird, wird in Biomasseheizwerken vorwiegend Wärme bereitgestellt (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 29).

Der Anteil der Biomasseheizwerke im Leistungsbereich von mehr als 100 KW hat in den letzten Jahren ständig zugenommen. Seit 1980 wurden in Österreich 6.744 Biomasseheizwerke im mittleren bis großen Leistungsbereich mit einer Gesamtleistung von 3.962 MW errichtet. Dieser installierte Leistungsbereich ist ausreichend um mehr als 160.000 Mehrfamilienhäuser mit Wärme zu versorgen. Dieser Trend erlebte im Jahr 2004 seinen vorläufigen Höhepunkt, wobei festzuhalten ist, dass in der letzten Zeit vermehrt in Anlagen mit größeren Leistungsbereichen investiert wurde. Allein im Jahr 2005 wurden 859 Biomasseanlagen mit einer Gesamtleistungskapazität von 547 MW errichtet (siehe Abbildung 10), davon auch 82 Anlagen mit einer Brennstoffwärmeleistung von mehr als einem MW und einer Gesamtkapazität von 320 MW (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 29). Mit der steigenden Anzahl von Biomasseheizwerken ist naturgemäß auch der Bedarf an Brennstoff für diese Anlagen gestiegen. Der Brennstoffbedarf für diese Anlagen belief sich wie von HIRSCHBERGER (2004) festgehalten auf rund 900.000 Fm und bezogen auf das Jahr 2000 ist der Brennstoffbedarf um 200.000 Fm angestiegen. Im Jahr 2003 wur-

den in österreichischen Biomasseheizwerken mit einer Nennleistung unter 500 KW als Brennstoff zu 49 Prozent Industriehackgut, zu 32 Prozent Waldhackgut und zu 18 Prozent Rinde und Späne eingesetzt. Die Lieferantenstruktur unterscheidet sich jedoch deutlich bei kleineren Anlagen, unter 1.000 KW Brennstoffwärmeleistung und mittleren Biomasseheizwerken, 1.000 bis 4.000 KW Brennstoffwärmeleistung aber vor allem von großen Anlagen mit einer Brennstoffwärmeleistung von über 4.000 KW. Während bei Kleinanlagen oft die Liefergemeinschaft der Betreibergruppe im Vordergrund steht und ein relativ hoher Anteil des Brennstoffbedarfes über das Waldhackgut gedeckt wird, nimmt mit steigender Anlagengröße der Anteil des Waldhackgutes ab und das Industriehackgut bzw. die Rinde und Späne nehmen als Brennstoff zu (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008 S. 29).

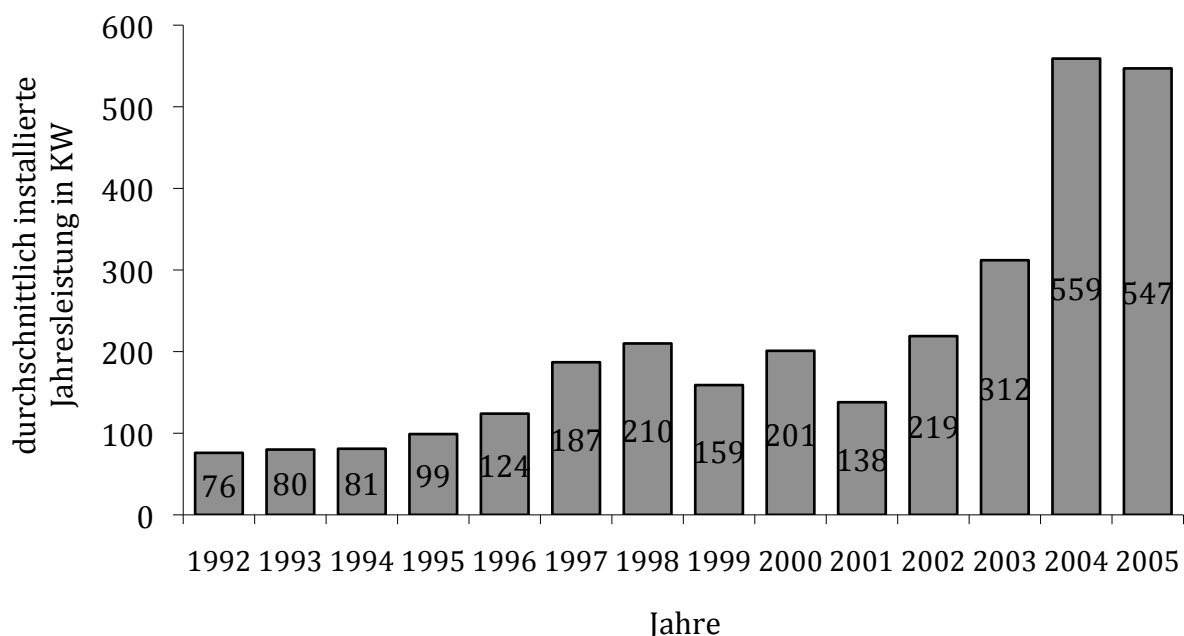


Abbildung 10: Durchschnittlich installierte Jahresleistung bei Biomasseanlagen 1992-2005

Quelle: UMWELTBUNDESAMT, 2008, S. 29

3.3.2 Biomasseheizkraftwerke und Kraft-Wärme-Kopplung in der Sägeindustrie

Um aus Biomasseverfeuerung nicht nur die Wärme energetisch verwerten zu können, kam es seit dem Jahr 2003 infolge des Ökostromgesetzes auch zu einer vermehrten Installation von Biomasseheizkraftwerken, die aus der verfeuerten Biomasse auch Strom produzieren. Die Stromproduktion erfolgt in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (vgl. AUSTRIAN ENERGY AGENCY, 2006b, s.p.).

Die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse und damit auch der Brennstoffbedarf für diese Anlagen verlief über die Jahre gesehen wesentlich unaufregter als die Entwicklung der Biomasseheizwerke, die ausschließlich zur Wärmeversorgung einge-

setzt werden. Mit der Umsetzung des Ökostromgesetzes haben sich allerdings die Rahmenbedingungen für die Stromproduktion aus Biomasse erheblich verändert, was sich auch im Brennstoffbedarf für diese Anlagen widerspiegelt (Brennstoffbedarf für Biomasse-KWK-Anlagen laut AUSTRIAN ENERGY AGENCY, 2006b, s.p., von rd. 1 Mio. fm/a in 2001 auf rd. 6 Mio. fm/a in 2008; bei Holzfeuerungsanlagen stieg der Bedarf von rd. 11 Mio. fm/a in 2001 auf mehr als 20 Mio. fm/a in 2008; vgl. AUSTRIAN ENERGY AGENCY, 2006c, s.p.).

Durch die geänderten Rahmenbedingungen wird vermehrt in Anlagen mit größeren Leistungsbereichen investiert. Bei diesen Anlagen, deren Leistungsbereich über 10 MW liegt, fallen etwa 30 bis 40 Prozent der produzierten Energie als Strom an. Anlagen unter 10 MW haben hingegen nur eine Stromausbeute von ca. 10 bis 16 Prozent bezogen auf die produzierte Energiemenge. Durch die Installation einer Kraft-Wärme-Kopplung kann die Stromausbeute und somit auch die Energieeffizienz deutlich erhöht werden. Wird dabei die für die Stromerzeugung anfallende Wärme entsprechenden Abnehmern zur Verfügung gestellt, dann sind Wirkungsgrade von 80 Prozent erzielbar. Die Anlagen sollten daher wärmegeführt werden, um eine möglichst hohe Energieeffizienz zu erzielen (vgl. HAMMERSCHMID und OBERNBERGER, 1999, S. 248).

Eine möglichst ideale Energieeffizienz wird auch dann erreicht, wenn als Abnehmer der Wärme Unternehmen und Gewerbebetriebe zur Verfügung stehen, die das ganze Jahr Prozesswärme benötigen. Aufgrund des durchgängigen Wärmebedarfes und Strombedarfes sowie aufgrund des Naheverhältnisses zum Rohstoff Holz bzw. Sägenebenprodukte bestehen vor allem in der Sägeindustrie günstige Bedingungen für die energetische Verwertung der anfallenden Sägenebenprodukte auf Basis einer Kraft-Wärme-Kopplung. In Österreich sind rund 1.000 Sägewerke in Betrieb, die durchwegs eine Biomassefeuerungsanlage zum Teil Kraft-Wärme-Kopplungen installiert haben (vgl. BMLFUW, 2006b, s.p.). Die Anlagen dienen dem Betrieb der Holztrocknungskammern und weisen in der Regel eine Kesselnennleistung von mehr als 2 MW_{th} Leistung auf (vgl. HAMMERSCHMID und OBERNBERGER, 1999, S. 252).

Werden dagegen vorwiegend nur Haushalte versorgt, entsteht das Problem, dass die anfallenden Wärmemengen im Sommerhalbjahr nicht verwertet werden können. Da aber im Winterhalbjahr ein Stromengpass besteht, wäre es günstig für die Energieeffizienz dieser Anlagen, wenn Biomasse Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, bei denen nicht ganzjährig Abnehmer für die erzeugten Wärmemengen zur Verfügung stehen, nur in dieser Jahreszeit betrieben werden. Dieser Betriebsweise steht allerdings die zeitlich begrenzte Förderung durch das Ökostromgesetz entgegen (vgl. HIRSCHBERGER, 2006, S. 16).

Wie bereits erwähnt, geht der Trend bei den Biomasseheizkraftwerken hin zu Anlagen von größeren Leistungsbereichen. Das bedeutet auch einen erhöhten Brennstoffbedarf für diese Anlagen. Der durchschnittliche Brennstoffbedarf eines neu installierten Biomasseheizkraftwerkes stieg von etwa 110.000 Srm im Jahr 2004 auf in etwa 145.000 Srm im Jahr 2007 (vgl. HIRSCHBERGER, 2006, S. 16; MADLENER und BACHHIESL 2006, S. 5ff.)

Das größte Biomasseheizkraftwerk Simmering, das im Jahr 2006 in Betrieb gegangen ist, hat einen Brennstoffbedarf von 600.000 t pro Jahr, das entspricht einem Holzbedarf von 245.000 t. Bei einem wärmegeführten Betrieb und einem Wirkungsgrad von 80 Prozent können damit beispielsweise 18.000 Haushalte mit Wärme und 48.000 Haushalte mit Strom versorgt werden (vgl. WIEN ENERGIE, 2006, S. 19;).

Laut Angaben der E-CONTROL (2006) waren im März 2006 Biomasseverstromungsanlagen mit einer Gesamtleistung von 403 MW anerkannt, 253 MW davon waren im Jahr 2006 auch schon in Betrieb. Im Jahr 2006 wurden demnach knapp 1,1 Milliarden kWh Strom aus der Verfeuerung von fester Biomasse erzeugt, was den Stromverbrauch von rund 285.000 Haushalten entspricht (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2008 S. 25; HIRSCHBERGER, 2006, S. 16).

4 Rahmenbedingungen der thermischen Verwertung von Sägenebenprodukten

In diesem Kapitel, das methodisch gesehen den letzten Teil der Theorie ausmacht, erfolgt eine Beschreibung der Rahmenbedingungen, die für die Wirtschaftlichkeit der energetischen Verwertung der Sägenebenprodukte im Rahmen einer Kraft-Wärme-Kopplung in der Holzindustrie von entscheidender Bedeutung sind.

Wie bereits eingangs im Kapitel 2, Methodik und Vorgehensweise, angeführt, beruht die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit auf der Rentabilität der Mehrinvestition aufbauend auf dem Ansatz der Kapitalwertmethode und der Methode des internen Zinsfußes. Bevor nun die einzelnen Kategorien und die Grundannahmen der Bewertung näher erläutert werden, ist drauf zu verweisen, dass die Wirtschaftlichkeit von Kraft-Wärme-Kopplungen, unabhängig vom Einsatzbereich, grundsätzlich von folgenden Parametern abhängig ist:

Volllaststunden: Die Anlagenauslastung (Jahresvolllaststunden) ist einer der wohl wichtigsten Parameter bei der Strom- und Wärmeerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplungen. Allgemein gilt der Grundsatz, dass eine erhöhte Auslastung der Anlagen sich begünstigend auf die Rentabilität auswirkt (vgl. STOCKMAYER, et al. 2005, S. 59).

Skalen-Effekte: Skalen-Effekte kommen vor allem durch die spezifischen Investitionskosten zum Ausdruck. Die spezifischen Investitionskosten hängen neben der Anlagenart, aber vor allem auch von der Anlagengröße ab. Größere Anlagen haben zumeist niedrigere spezifische Investitionskosten als Anlagen auf niedrigerer Leistungsbasis. Bei Anlagen mit hohen spezifischen Investitionskosten können niedrigere Wärmeerzeugungskosten durch den Einsatz von kostengünstigen Brennstoffen oder durch die niedrigeren Personalkosten infolge des höheren Automatisierungsgrads erreicht werden. Dieser Kostenvorteil kann aber nur dann zum Tragen kommen, wenn die Auslastung der Anlage hoch genug ist (vgl. STOCKMAYER, et al. 2005, S. 59).

Strom und Wärmetarife: Hohe Bezugstarife für Strom und hohe Einspeisetarife begünstigen die Kraft-Wärme-Kopplungstechnologien. Die Wirtschaftlichkeit einer Anlage hängt also nicht nur von den Auszahlungen der Strom- und Wärmeproduktion ab, sondern auch von den damit erzielbaren Gewinnen (vgl. STOCKMAYER, et al. 2005, S. 59).

Zielsetzung der Projektträger: Während die Energieerzeugung in allein stehenden Biomasseheizwerken bzw. Biomasseheizkraftwerken die zentrale Unternehmensaufgabe darstellt, ist die Erzeugung von Elektrizität und Wärme in den Betrieben der Sägeindustrie vorwiegend eine Nebenkompetenz. Darüber hinaus bestehen bei Betreibern von Kleinanlagen auch rechtliche Hemmnisse für den Betrieb von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. So sind Kleinverbraucher beispielsweise nicht berechtigt, die erzeugte Elektrizität, die den Eigenverbrauch übersteigt, in das öffentliche Netz einzuspeisen, weil dies eine energierechtliche Genehmigung voraussetzt (vgl. STOCKMAYER, et al. 2005, S. 59ff).

Die Rahmenbedingungen für den Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplungen in Österreich werden zunächst von zwei Faktoren wesentlich beeinflusst: einerseits durch das österreichische Ökostromgesetz und andererseits durch die Investitionsförderung im Rahmen der Umweltförderung durch die Republik Österreich.

4.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Im folgenden Kapitel werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen der Ökostromförderung dargestellt. Die Rahmenbedingungen folgen dabei den Grundzügen des Österreichischen Ökostromgesetzes aus dem Jahre 2006.

Das Hauptförderkriterium des österreichischen Ökostromgesetzes ist die Erzeugung von Strom auf Basis von erneuerbarer Energie. Zusätzlich erfolgt auch eine Förderung durch Vergütung eines Teils der Aufwendungen für den Betrieb bereits bestehender und modernisierter Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur öffentlichen Fernwärmeversorgung.

Die Förderung des Ökostroms wird dabei durch Abnahmepflichten und festgesetzte Preise erreicht. Hinsichtlich der Abnahmepflicht besteht die Bedingung, dass diese nur dann besteht, wenn die gesamte aus einer Ökostromanlage in das öffentliche Netz gelangte Energie über einen Zeitraum von mindestens drei Monaten an die Stromverteiler abgegeben wird. Der Eigenverbrauch wird dabei in Abzug gebracht. Von der Abnahmepflicht ausgenommen ist Energie, die auf Basis von Abläugen, Klärschlämmen, Tiermehl oder Abfällen (ausgenommen sind Abfälle mit besonders hohem biogenen Anteil), erzeugt werden. Die Preise im Ökostromgesetz werden dabei so festgesetzt, dass eine kontinuierliche Steigerung der Preise erreicht wird. Die Preissteigerung richtet sich dabei an kosteneffiziente Anlagen (vgl. ÖSTERREICHISCHES ÖKOSTROMGESETZ, 2006, S. 6ff).

Nach dem Grundaufbau des Österreichischen Ökostromgesetzes (2006) ist für den in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage produzierten Strom keine Abnahmepflicht vorgesehen. Der Gesetzgeber zielt mit dieser Vorgehensweise darauf ab, dass der Betrieb von bereits bestehenden Anlagen und dessen Modernisierung unterstützt wird. Entsprechend den §§ 12 bis 21 des Österreichischen Ökostromgesetzes (2006) sollen folgende Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gefördert werden, die:

- dem Betrieb der öffentlichen Fernwärme dienen und
- die Primäreinsparung und geringere CO₂ Emissionen im Vergleich zu Anlagen mit getrennter Strom- und Wärmeerzeugung bewirken (vgl. ÖSTERREICHISCHES ÖKOSTROMGESETZ, 2006, S. 20ff).

Aus dem ersten Punkt geht hervor, dass nur Anlagen gefördert werden, wenn die gesamte darin produzierte Wärme an ein öffentliches Netz abgegeben werden kann. Nicht förderungswürdig ist laut dem österreichischen Ökostromgesetz Kraft-Wärme-Kopplungsenergie, die innerhalb der Anlage für den Eigenverbrauch aufgewendet wird. Bei der Planung eines Kraft-Wärme-Kopplungsprojektes ist daher maßgeblich, ob die im Kraft-Wärme-Kopplungsprozess erzeugte thermische und elektrische Energie an ein öffentliches Netz abgegeben wird, was vor allem für die Bewertungskategorie der Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie zu berücksichtigen ist. In der vorliegenden Un-

tersuchung sind die Einspeisetarife von Interesse, die Ökostrom auf Basis von fester Biomasse bzw. Ökostrom ausschließlich auf Basis von Abfällen mit hohem biogenen Anteil (z.B. (Späne, Rinde, Industriehackgut), produzieren. Für Ökostrom, der auf Basis von Abfällen mit hohen biogenen Abfällen produziert wird, gilt ein um 25 Prozent reduzierter Einspeisetarif als gegenüber Anlagen, die den Ökostrom auf Basis von fester Biomasse wie Waldhackgut herstellen. Des Weiteren erfolgt eine Untergliederung der Einspeisetarife nach den Leistungsgrößen der Anlagen. In Tabelle 5 sind die nach Ökostromverordnung 2009 festgesetzten Einspeisetarife für die Abnahme von Strom auf Basis von Biomasse angeführt.

Tabelle 5: Einspeisetarife für Ökostrom gemäß Ökostromverordnung 2009

Leistungsbereich	Feste Biomasse (Waldhackgut) Cent/KWh	Abfälle mit hohem biogenen Anteil (Späne, Rinde, Industriehackgut) Cent/KWh
2 MW	15,56	11,72
2-5 MW	14,93	11,19
5-10 MW	13,28	9,96
Über 10 MW	11,08	8,31

Quelle: E-CONTROL, 2009, s.p.

Für die Strommengen, die unmittelbar und effizienzmaximiert als Koppelprodukt bei der Erzeugung von Fernwärme anfallen, werden den Anlagenbetreibern die Kosten für die Aufrechterhaltung des Betriebes vom österreichischen Energieregulator E-Control abgegolten. Diese Mehrkosten, die sich aus den Brennstoffkosten, Instandhaltungskosten und Betriebskosten zusammensetzen, werden also ersetzt.

Die zweite Förderungsvoraussetzung, Primärenergieeinsparung, ist dann gegeben, wenn die Relation der Wärmemenge, die an das öffentliche Netz abgegeben wird, zum gesamten Brennstoffeinsatz, plus die Relation der elektrischen Energie, die an das öffentliche Netz abgegeben wird, zum gesamten Brennstoffeinsatz einen Wert von mehr als 0,55 übersteigt. Dieses Effizienzkriterium hat sich im Jahr 2005 auf 0,6 erhöht. Eine Anlage ist demzufolge förderungswürdig, wenn sie das im Ökostromgesetz erforderliche Effizienzkriterium erreicht. Des Weiteren muss eine Anlage um als förderungswürdig zu gelten auch das Heizwertkriterium (Heizwert des Brennwerts) erfüllen. Für das Heizwertkriterium gilt folgende Grundregel: Werden mehr als 10 Prozent des Heizwertes des eingesetzten Brennwertes als Fernwärmeenergie zur öffentlichen Fernwärmeversorgung genutzt, dann wird die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage mit 1,5 Cent/KWh gefördert. Liegt der Wert zwischen 3 Prozent und 10 Prozent oder erreicht die Anlage das Heizwertkriterium nicht, dann wird die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage mit maximal 1,25 Cent/KWh gefördert. Daraus kann die Schlussfolgerung abgeleitet werden, dass auch eine ineffi-

ziente Anlage förderungswürdig ist, solange sie ausreichend Energie für die öffentliche Fernwärmeversorgung zur Verfügung stellt. Dieser Aspekt ist vor allem bei den industriellen Kraft-Wärme-Kopplungen kritisch zu sehen, bei denen die öffentliche Fernwärmeversorgung nicht als Hauptkompetenz gesehen wird (vgl. ÖSTERREICHISCHES ÖKOSTROMGESETZ, 2006, S. 11; STOCKMAYER, et al., 2005, S. 8ff).

Der Strom, der in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage produziert wird, wird am freien Markt verkauft, und die Zahlung der Förderung obliegt der E-Control, die diese über Zuschläge an den Strompreis finanziert. Die Höhe des Zuschlags richtet sich dabei nach den erwarteten Aufwendungen für die Förderung, die allerdings mit den Jahren abnehmend ist. Für die Jahre 2009 und 2010 ist mit einem Zuschlag von höchstens 0,05 Cent/KWh zu rechnen (vgl. E-CONTROL, 2009, s.p.).

4.2 Österreichische Umweltförderung

Neben der über das Ökostromgesetz geregelten Förderung gibt es auch die Möglichkeit einer Investitionsförderung für Kraft-Wärme-Kopplungen. Die Gewährung dieser Förderung erfolgt im Rahmen der Umweltförderung, die von der Republik Österreich zur Verfügung gestellt wird. Ziel dieser Kraft-Wärme-Kopplungsanlage spezifischen Förderung ist es, den so effizient wie möglichen Einsatz von fossilen Energieträgern zu erreichen, und einen wirtschaftlichen Anreiz zu schaffen für die gemeinsame Erzeugung von Strom und Wärme. Neben Kraft-Wärme-Kopplungen, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden, haben auch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die auf Basis von erneuerbaren Energieträgern betrieben werden, einen Förderungsanspruch. STOCKMAYER, et al. (2005) sieht den Grund dafür darin liegen, dass trotz Ökostromgesetz die wärmerlevanten Anlagenteile von Biomassewerken nach wie vor einen erhöhten Förderbedarf aufweisen.

Die Förderung besteht dabei aus einem einmaligen Investitionszuschuss. Bei der Förderung wird zwischen einer Förderung de minimis und einer Förderung über de minimis Grenze unterschieden. Bei der de minimis Förderung sind sämtliche als de minimis gewährten Förderungen eines Unternehmens bis zu einem Ausmaß von 100.000 Euro innerhalb einer Frist von drei Jahren die Förderungsbasis (vgl. STOCKMAYER, et al. 2005, S. 11ff). Förderungen über die de minimis Grenze hinaus haben als Förderungsbasis die umweltrelevanten Mehrinvestitionskosten. Diese ergeben sich aus dem Abzug durch das Investitionsprojekt erzielbaren Kosteneinsparungen und Erlöse innerhalb eines Betrachtungszeitraums von fünf Jahren von den gesamten umweltrelevanten Investitionskosten. Die umweltrelevanten Investitionskosten sind mit 3.300 Euro/Tonne erzielbarer CO₂ Reduktion determiniert und die gesamten umweltrelevanten Investitionskosten müssen mindestens 10.000 Euro betragen (vgl. STOCKMAYER, et al. 2005, S. 11ff).

Die Förderungssätze gliedern sich entsprechend den Angaben der Fördermappe für erneuerbare Energieträger der KOMMUNAL KREDIT PUBLIC CONSULTING⁵ (2007) wie folgt:

⁵ Die Kommunal Kredit Public Consulting managet im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft seit 1993 die Umweltförderung im Innland nach dem österreichischen Umweltförderungsgesetz.

- De minimis Projekte maximal 30 Prozent der gesamten umweltrelevanten Investitionskosten
- Projekte über der de minimis Grenze maximal 40 Prozent der umweltrelevanten Investitionskosten, wobei maximal 30 Prozent der gesamten umweltrelevanten Investitionskosten.
- Bei Biomasseanlagen muss für eine Förderung in der maximalen Höhe die gesamte jährlich verfügbare Wärme genutzt werden. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, werden die Förderungssätze proportional gekürzt. Außerdem besteht für Biomasseanlagen die Bedingung, dass mindestens 30 Prozent der maximal erzeugten Wärme aus der Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden.
- Förderungen, die zum Anschluss an das Fernwärmenetz erforderlich sind, werden bei Biomasseanlagen maximal bis zu einer Höhe von 30 Prozent gefördert.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass für die Bewertungskategorien die in der vorliegenden Untersuchung bewertet werden die Erreichbarkeit der Förderungsgrundsätze kein gravierendes Problem darstellt.

5 Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Vor der Durchführung der Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind vorweg noch einige Grundannahmen zu treffen bzw. zu erläutern. Der erste Schritt ist zunächst eine Betrachtung, wie sich die Zahlungsströme der Wirtschaftlichkeitsberechnung zusammensetzen.

Im zweiten Schritt erfolgt anschließend eine detaillierte Erläuterung, für welche Bewertungskategorien die Berechnungen durchgeführt werden, und wie die Daten, die im Rahmen der Informationsbefragung (siehe Kapitel 2.2) erhoben wurden, für die Wirtschaftlichkeitsberechnung eingesetzt werden.

5.1 Zahlungsströme der Bewertung

Wie bei allen Investitionsprojekten mit relativ langer Nutzungsdauer stellt auch bei Investitionsprojekten der Energieerzeugung in der Sägeindustrie bzw. die Investition in allein stehenden Biomasseheizwerken/Biomasseheizkraftwerken die lange Nutzungsdauer ein Problem dar. Aufgrund des heutigen technischen Standards geht man bei der Planung von Biomasseanlagen von einer Größe ab 10 MW sowie von einem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren aufwärts aus, obwohl die Lebensdauer der einzelnen Anlageanteile höher ist. Die Prognose der laufenden Zahlungsströme erschwert sich dadurch, dass eine längerfristige Vorhersage der Zahlungsströme eine immer größer werdende Unsicherheit und Ungenauigkeit in sich birgt. Wie RAKOS et al. (2000) anführen, gibt es bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die vor längerer Zeit in Betrieb gegangen sind, erst wenige, die die gesamte Nutzungsdauer auch beendet haben. Die Erfahrungen mit diesen Anlagen sind zum Teil aber nicht mit den jetzigen vergleichbar, da es in dieser Branche in den letzten Jahren eine rasante technische Weiterentwicklung gegeben hat. Daher ist man vor allem im Bereich der Wartungs- und Reparaturzahlungen auf Schätzungen und Richtwerte angewiesen.

5.1.1 Einzahlungen

Im Unterschied zu Investitionsauszahlungen, die nach einer Detailplanung relativ genau bestimmt werden können, können bei der Ermittlung der Einzahlungen über die Nutzungsdauer Schwierigkeiten auftreten. Grundsätzlich setzen sich die Einzahlungen, die den Berechnungsschemata dieser Untersuchung zugrunde liegen, aus den Einzahlungen aus dem Wärmeverkauf und aus den Einzahlungen aus dem Stromverkauf zusammen. Diese Einzahlungsströme ergeben sich aus absetzbare Wärmemenge/Strommenge multipliziert mit dem Wärmeverkaufspreis/Stromverkaufspreis. Wie bereits angeführt, sind die Einspeisetarife das Resultat politischer Entscheidungen, die nur schwer prognostizierbaren Änderungen in der Zukunft unterworfen sein können. Die permanenten möglichen Änderungen der Tarife durch politische Entscheidungen können in der Berechnung der Einzahlungsströme eine Fehlerquelle darstellen, da es über den Planungshorizont keine konkreten nachvollziehbaren Werte für die möglichen Entwicklungen gibt.

Schätzungen und Annahmen, die im Rahmen der Berechnungen angewandt werden, berücksichtigen zwar tendenzielle Entwicklungen, sind aber als rein spekulativ zu bewerten. Ein weiterer Einzahlungsstrom ergibt sich aus den Opportunitätserlösen. Die Einzahlungen repräsentieren die vermiedenen Auszahlungen, die durch die Realisierung des Investitionsprojektes entstanden sind. Dieser Einzahlungsstrom ist anders zu bewerten als die realen Wärme- und Stromeinzahlungen, die durch die Energieabgabe an Dritte erzielbar sind. Wird die Energie, die in der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage hergestellt wird, vorwiegend für die Deckung des Eigenbedarfes an Energie verwendet, erfolgt zweckmäßig eine Gegenüberstellung der Auszahlungen der Energieherstellung in der betriebsinternen Anlage zu einer denkbaren alternativen Versorgungsquelle. In Betracht kommen für diesen Teil der Bewertung vor allem Auszahlungen einer alternativ mit Heizöl bzw. Erdgas befeuerten Anlage. Die Auszahlungen für den zusätzlichen Elektrizitätsbezug entsprechen den tariflichen Konditionen des Betreibers.

5.1.2 Auszahlungen

Kapitalgebundene Auszahlungen

Die kapitalgebundenen Auszahlungen sind jener Auszahlungsstrom, welcher die Anschaffungsauszahlungen aller Anlagenteile mit Zubehör und Montage beinhaltet und Erneuerungsinvestitionen und Restwerte berücksichtigt. Um diese Auszahlungen ermitteln zu können, ist es notwendig, die Investitionssumme der Anlage zu ermitteln. Die Höhe der Investition, die die Grundlage für die Berechnung der kapitalgebundenen Auszahlungen bilden, hängen vom technischen Ausstattungsgrad der Anlage ab. In der Regel kann man bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen dabei von folgenden Komponenten ausgehen:

- Benötigte Module (Kesselanlage, Brennstoffbeschickung, Turbine)
- Anlagensteuerung und -regelung
- Aufwendungen für Gebäude und Grundstück
- Netzanschluss (Fernwärmenetz, Stromeinspeisung)
- Sonstiges (Planung und Genehmigungen)

Verbrauchsgebundene Auszahlungen

Die verbrauchsgebundenen Auszahlungen sind der Aufwand für Betriebsmittel (Brennstoffe, Lagerung, Transport, Hilfsstoffe usw.) im Rechnungsjahr.

Brennstoff: Die Auszahlungen des Brennstoffbedarfes errechnen sich aus dem jährlichen Brennstoffbedarf, der für die Energieproduktion notwendig ist, multipliziert mit dem jeweiligen Brennstoffpreis.

Einen wesentlichen Faktor im Bereich der verbrauchsgebundenen Auszahlungen stellen die Auszahlungen für die Beschaffung und die Lagerung des Brennstoffes dar. Es ist daher schon im Voraus sicherzustellen, dass die zur thermischen Nutzung notwendige Brennstoffmenge unter dem Einsatz einer entsprechenden Beschaffungslogistik zur Verfügung steht. Vor allem für die allein stehenden Biomasseheizwerke und Biomasseheiz-

kraftwerke stellen diese beiden Bereiche einen wichtigen Faktor im System dar, weshalb es auch notwendig ist, diese beiden Bereiche im vorliegenden Kapitel etwas näher zu betrachten.

Lagergebundene Auszahlungen: Die Notwendigkeit einer Brennstofflagerung erfolgt nach OBERNBERGER und STOCKINGER, (1998) aus folgenden Gründen:

- Vorrangiges Ziel einer Fernwärmeversorgung bzw. der Stromproduktion sowohl durch die dezentralen Biomasseheizwerke als aber auch durch die industrielle Energieproduktion in der Sägeindustrie ist die Gewährleistung einer kontinuierlichen und gesicherten Wärme- bzw. Stromlieferung. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine ausfallsichere Brennstoffversorgung oberste Voraussetzung. Diese kann durch eine entsprechende Lagerung beim Verwertungsort oder beim Brennstofflieferanten realisiert werden
- Bei den einzelnen Brennstoffen (Späne, Rinde, Hackgut) besteht ein zeitlicher Unterschied zwischen dem Anfall und dem tatsächlichen Brennstoffbedarf (Heizperiode), weshalb eine Lagerung des Brennstoffes notwendig ist
- Weiters kann eine Brennstoffzwischenlagerung zu einer natürlichen Trocknung beitragen und die Qualität entsprechend erhöhen. Die Qualitätssteigerung resultiert vor allem aus der Senkung des Wassergehalts. Je nach Lagerart, Freilager oder Lager unter Dach, kann dadurch die Qualität des Heizmaterials mehr oder weniger gesteigert werden. Die Qualitätssteigerungen resultieren vorwiegend aus folgenden Punkten:
 - Höherer Energiegehalt des Brennstoffes und damit verbunden geringere Auszahlungen bei Lagerung und Transport.
 - Höhere Wirkungsgrade der Verbrennungsanlage
 - Geringere Rauchgasvolumenströme und damit verbundene geringere Feuerraumvolumina, was sich wiederum positiv auf die Investitionshöhe und die betriebsgebundenen Auszahlungsströme auswirkt.

Bei der Lagerung von holzartigen Schüttgütern, wie Rinde, Spänen und Hackgut, muss, wie schon erwähnt, immer der Wassergehalt des Brennstoffes im Auge behalten werden. Weist der Brennstoff einen Wassergehalt von 20 bis 30 Gew% FS auf, so kann die Lagerung als unproblematisch betrachtet werden. Weist der Brennstoff einen höheren Wassergehalt auf, so kann sich eine längere Lagerung als drei Monate als problematisch herausstellen. Wie bei jeder organischen Substanz setzen auch bei den Sägenebenprodukten bei entsprechender ungünstiger Lagerung mit der Zeit physikalische, chemische und biologische Prozesse ein, welche sich schlussendlich negativ auf das Heizmaterial auswirken (Wachstum von Pilzen und Sporen, Abbau von Trockensubstanz, Erwärmung der Schüttung) (vgl. OBERNBERGER und STOCKINGER 1998, S. 79ff).

Die Auszahlungen der Lagerung des Brennstoffes werden primär nach OBERNBERGER und STOCKINGER (1998) von folgenden Faktoren beeinflusst

- Der Energiedichte des Brennstoffes
- Den Auszahlungen für das Lager (Mietkosten, Abschreibungen, Instandsetzung)
- Und der Umschlaghäufigkeit und der Lagerhöhe des Heizmaterials

STOCKINGER und OBERNBERGER, (1998) haben im Rahmen ihres Forschungsprojektes die Auszahlungen die mit der Lagerung von holzartige Schüttgütern auftreten in Abhängigkeit der Lagervariante näher betrachtet. In Tabelle 6 ist diese Übersicht der Auszahlungsströme für die Lagerung dargestellt.

Tabelle 6: Auszahlungen der Lagerung für Sägenebenprodukte in Abhängigkeit der Lagervariante, einmaliger Brennstoffumschlag, pro Jahr

Brennstoffart	Wasser- gehalt Gew% FS	Lager- dichte kg FS/m ³	Heizwerk (€/T TS)		Hof (€/T TS)	
			Lager- halle	Freilager	Flug- dach	Freilager
Rinde	50	320	40	11	15	3
Industriehackgut	50	340	38	10	14	3
Schwarten	50	600	22	7	8	1,5
Späne	50	240	54	14	20	3,7
Pellets	10	650	11	3	4	0,8

Quelle: OBERNBERGER und STOCKINGER, 1998, S. 89.

Logischerweise zeigen diese Auszahlungen eine direkte Abhängigkeit von den Lager-raumauszahlungen und eine indirekte Abhängigkeit von der Energiedichte des Brenn-stoffes. Entsprechend dieser Annahme haben Pellets (siehe Tabelle 6) die niedrigsten Auszahlungen im Vergleich zu den Sägenebenprodukten. Von Bedeutung für die Höhe der Auszahlung die mit der Lagerung entsteht ist auch der Zeitpunkt der Einlagerung. Vor allem für Anlagen im kleineren und mittleren Bereich, die vorwiegend wärmege-führt werden, empfiehlt es sich, die Einlagerung zu einem Zeitpunkt durchzuführen, bei dem die Preise relativ günstig sind (Sommermonate). Nachteilig wirken hierfür aber der entsprechende Platzbedarf und die Ausgestaltung des Lagerplatzes aus, was wiederum die Auszahlungen der Anlage erhöht. Weshalb auch noch anzumerken ist, dass die Auszahlungen für die Lagerung maßgeblich durch die anfallenden Investitionssumme für das Lager bestimmt werden.

Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, besteht neben der Lagerung auch noch eine weitere Möglichkeit, die bisher noch nicht erwähnt wurde: eine Just-in-time Anlie-ferung des Brennstoffes, eine Anlieferung nach Bedarf. Für diese Variante spricht vor allem der Wegfall des Großteils der Auszahlungen für die Lagerhaltung, da der Vorrat für die nächsten Tage reicht. Nachteilig bei dieser Variante wirkt sich der erhöhte orga-nisatorische und logistische Aufwand aus. Häufig kommt es im Rahmen dieser Anliefe-rungsvariante auch zum Abschluss von langfristigen Lieferverträgen zwischen Brenn-

stofflieferanten und den Heizbetrieben. Dabei ist vor allem darauf zu achten, dass Schlechtwetterperioden und Betriebsstillstände die Anlage und den durchgehenden Betrieb nicht beeinflussen. Im Normalfall wird sich aber eine Mischform aus Lagerung und Just in time Anlieferung als die günstigste Form erweisen (vgl. BERGNER, 2005, S. 65).

Beschaffungsgebundene Auszahlungen (Logistik): Neben den Auszahlungen für die Lagerung sind die Auszahlungen für die Beschaffung des Brennstoffes der zweite große Auszahlungsstrom im Bereich der verbrauchsgebundenen Auszahlungen. Für Betreiber von dezentralen Biomasseheizwerken und Biomasseheizkraftwerken ist es notwendig, sich auch schon während der Planungsphase, entsprechende Anstrengungen zu unternehmen, sei es durch Knüpfen von Kontakten mit möglichen Brennstofflieferanten oder durch den Abschluss von Vorverträgen, um die Brennstoffversorgung der Anlagen sicherzustellen.

Wie auch schon bei der Lagerung spielt auch beim Transport die Energiedichte der Brennstoffe eine entscheidende Rolle. Vor allem ist zu beachten, dass die geringere Energiedichte von Biomasse besonders beim Transport im Vergleich zu fossilen Energieträgern wie Öl oder Gas relativ hohe Auszahlungen verursacht. Infolgedessen ist zur Senkung der Auszahlungen die mit dem Transport anfallen die Transportentfernung entsprechend kurz zu halten. Aus dieser Überlegung ergibt sich auch die Forderung, die Brennstoffe am Ort ihres Entstehens zu nutzen. Weiters ist auch darauf zu achten, dass die eingesetzten Transportmittel hinsichtlich der gesetzlich festgelegten Transportmassen und -volumina optimal eingesetzt werden, damit auch über diesen Weg die Transportauszahlungen möglichst gering gehalten werden. In Tabelle 7 ist ein Vergleich der Transportkosten der Sägenebenprodukte dargestellt.

Tabelle 7: Vergleich der Transportauszahlungen der verschiedenen Sägenebenprodukte

Brennstoffart	Wasser- gehalt Gew%FS	Dichte kg FS/m ³	Trans- port- mittel	Transport- kapazität m ³	Distanz km	Spez. Kosten €/km/t TS
Rinde	50	320	LKW	70	50	0,13
Rinde trocken	30	230	LKW	100	50	0,09
Industriehackgut	50	340	LKW	65	50	0,13
Schwarten	30	430	LKW	50	50	0,13
Späne	50	240	LKW	95	50	0,13
Pellets	10	550	LKW	35	50	0,09

Quelle: OBERNBERGER und STOCKINGER, 1998, S. 94

Betriebsgebundene Auszahlungen

Zu den betriebsgebundenen Auszahlungen zählen die Bereiche Bedienung, Wartung, Reinigung, Reparaturen und Instandhaltung sowie für sonstige Auszahlungen die mit dem Betrieb der Anlage anfallen (Betriebsmittel, Verwaltung). Diese Auszahlungen sind in der Regel schwierig zu kalkulieren und werden daher häufig in Prozentwerten von den Investitionssummen berechnet.

5.2 Bewertungskategorien

Auf Grundlage der durchgeführten Informationsbefragungen bei Anlagenbetreibern über das technische und wirtschaftliche Design werden die Untersuchungsobjekte in die drei folgenden Kategorien unterteilt:

Biomasseheizwerke: Diese Kategorie repräsentiert vom Leistungsbereich her einen typischen Anwendungsfall eines österreichischen Biomasseheizwerkes. Wie bereits angeführt dienen als Ausgangsbasis für diese Kategorie Angaben aus vier österreichischen Biomasseheizwerken. Diese Anlagen arbeiten in einem Leistungsbereich von 1 bis 10 MW thermischer Leistung. Aus den Ergebnissen der Datenerhebung ergeben sich über die Berechnung von Durchschnittswerten die Basisannahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung. Für die Bewertung dieser Kategorie wird in der vorliegenden Untersuchung mit einer Anlage von 4,9 MW thermischer Leistung gerechnet. Die Anlagen sind als Fernheizwerke eingerichtet und versorgen ansässige öffentliche Einrichtungen und Industriebetriebe sowie Privatkunden. Für die Basisvariante wird davon ausgegangen, dass die Anlage ausgelastet ist und keine freien Erschließungspotentiale bestehen. Diese Anlagen produzieren im Winter und in den Übergangsphasen an etwa 250 Tagen im Jahr Fernwärme und sind in den Sommermonaten außer Betrieb (siehe Tabelle 8).

Wärmegeführte Biomasseheizkraftwerke: Diese Anlagenkategorie repräsentiert jene Biomasseheizkraftwerke, deren Errichtung durch die Umsetzung des Ökostromgesetzes im Jahr 2003 begünstigt wird. Es wird in diesen Anlagen nicht mehr die gesamte anfallende Abwärme für Wärmezwecke verwendet, sondern hier findet eine kombinierte Produktion von Wärme und Strom statt. Der Leistungsbereich dieser Anlagen bewegt sich typischerweise in einer Größenordnung von 5 bis 25 MW elektrischer Leistung. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird in der vorliegenden Untersuchung mit einer Anlage gerechnet, die einen Leistungsbereich von 2 MW elektrischer Leistung und 10 MW thermischer Leistung aufweist. Die Angaben für diese Bewertungskategorie entstammen zwei österreichischen Biomasseheizkraftwerken die im Rahmen der Informationsbeschaffung kontaktiert wurden. Die Abnehmerstruktur dieser Anlagen ist ähnlich jener der ersten Kategorie. Auch hier wird in der Basisvariante davon ausgegangen, dass die Kapazitäten der Anlage voll ausgelastet sind (siehe Tabelle 8).

Industrielle Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie: Die dritte Kategorie repräsentiert die Kraft-Wärme-Kopplungen in der Sägeindustrie. Dieser Kategorie liegt die Überlegung zugrunde, dass die Sägewerke ganzjährig Strom und Prozesswärme benöti-

gen. Durch die Realisierung einer Kraft-Wärme-Kopplung soll einerseits ein Teil des hohen Eigenstromverbrauchs der Holzverarbeitung, sowie der Großteil des Wärmebedarfes der Holztrochekammern gedeckt werden. Weiters wird in dieser Kategorie davon ausgegangen, dass die Sägewerke auch Wärme für ein Fernwärmenetz zur Verfügung stellen. Der Überschussstrom, der während des geringen Strombedarfes während Pausen, Wochenenden und Nachtstunden anfällt, soll in das öffentliche Netz eingespeist werden.

Für die Kategorien der Biomasseheizwerke und der wärmegeführten Biomasseheizkraftwerke wird zunächst die Grundannahme getroffen, dass die Anlagen, um ihre Aufgabenbereiche zu erfüllen, eine Betriebsdauer von 6.000 Volllaststunden für die Wärme- bzw. Stromproduktion pro Jahr aufweisen. Die Anlagen der dritten Kategorie, der Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie weisen eine jährliche Betriebsdauer von 8.162 Stunden für die Wärmeerzeugung und 6.662 Stunden für die Stromproduktion auf. Eine Zusammenfassung der Leistungscharakteristika der drei Kategorien erfolgt in der nachstehenden Tabelle 14.

Tabelle 8: Leistungscharakteristika der Bewertungskategorien für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Kategorie	Jahresvolllaststunden (h/a)	Leistung	Brennstoffbedarf (Srm/a)
Biomasseheizwerk	6.000 h	4,9 MW _{th}	14.350
Wärmegeführtes BMHKW	6.000 h _{th} 6.000 h _{el}	10 MW _{th} / 2 MW _{el}	95.000
Industrielle KWK der Sägeindustrie	8.162 h _{th} 6.662 h _{el}	4 MW _{th} / 750 KW _{el}	45.000

Quelle: Eigene Erhebung, 2009

Hinsichtlich des Brennstoffbedarfes ist zu berücksichtigen, dass die kombinierte Produktion von Strom und Wärme einen erhöhten Brennstoffbedarf mit sich zieht. Aus den Angaben der Kontaktbetriebe für die Biomasseheizwerke geht auch hervor, dass trotz guter Anlagenauslastung in dieser Bewertungskategorie auch noch ein Steigerungspotentiale vorhanden ist. Die installierte Anlagenleistung von 4,9 MW_{th} wird noch nicht zur Gänze ausgeschöpft, was sich auch im geringeren Brennstoffbedarf niederschlägt.

5.2.1 Basisannahmen zu den Bewertungskategorien

Die Auszahlungsströme für die drei Kategorien setzen sich aus den Investitionsauszahlungen, den verbrauchsgebundenen Auszahlungen sowie den betriebsgebundenen Auszahlungen zusammen. Als Datenbasis für die Auszahlungsströme dienen die Angaben

der Anlagenbetreiber und zum Teil Angaben aus der Literatur (siehe Kapitel 2.2, Datenerhebung).

Auszahlungsströme: Als Grundlage für die Investitionssumme der drei Bewertungskategorien dienen die Angaben der Anlagenbetreiber. Die Investitionssummen beinhalten für die drei Kategorien alle erforderlichen Bereiche, die für eine betriebsbereite Anlage notwendig sind (Anlagenbeschaffung, Infrastrukturauszahlungen sowie sonstige Auszahlungen für Planung und Gutachten). Aus den Investitionsauszahlungen errechnen sich in weiterer Folge die kapitalgebundenen Auszahlungen, die mit der Realisierung des Projektes entstehen. Bei allen Bewertungskategorien wird davon ausgegangen, dass die betriebliche Nutzungsdauer der Anlagen 15 Jahren entspricht. Diese Annahme entspricht einem üblichen Betrachtungszeitraum, wie er in der Literatur üblicherweise zu finden ist (vgl. RAKOS et al. 2000, S. 11).

Verbrauchsgebundene Auszahlungen: Die Ermittlung der verbrauchsgebundenen Auszahlungen ergibt sich aus den Angaben der Anlagenbetreiber und setzt sich aus den Auszahlungsströmen für Brennstoff, Lagerung und Transport zusammen. Bei der Ermittlung der Auszahlungen die sich mit den Brennstoffen ergeben wird die Annahme getroffen, dass alle drei Kategorien ausschließlich mit Sägenebenprodukten betrieben werden. Bei der Berechnung der verbrauchsgebundenen Auszahlungen für die drei Kategorien sind allerdings unterschiedliche Annahmen anzulegen. Als Bezugspreis für die Sägenebenprodukte, die als Brennstoff dienen, wird bei den Biomasseheizwerken und den Biomasseheizkraftwerken davon ausgegangen, dass sie ihre Sägenebenprodukte, die als Brennstoff für den Betrieb der Anlage dienen, von einem Sägewerk bzw. von einem Holzhandelsunternehmen beziehen. Es wird mit einem Wert von 13,50 Euro/Srm gerechnet, das entspricht dem Handelspreis für Sägenebenprodukte im Februar/März 2009. Die Auszahlungen für die Lagerung ergeben sich aus der durchschnittlichen Lagerdauer und den spezifischen Auszahlungen der Lagerung. Es wird dabei von einem Standardlagerplatz ausgegangen. Die Auszahlungen dieser Lagerung betragen im Durchschnitt 10 bis 20 Prozent der Auszahlungen die mit den Brennstoffen entstehen. Des Weiteren sind die Transportauszahlungen der Brennstoffbesorgung zu beachten. Die Angaben der Transportauszahlungen variieren mit der Transportentfernung und der Qualität der Brennstoffe (Prozent Wassergehalt). In der vorliegenden Untersuchung wird mit einer durchschnittlichen Transportentfernung von 30 bzw. 100 km⁶ und einem Wassergehalt des Brennstoffes von 30 Prozent ausgegangen, wodurch sich für die Auszahlungen des Transportes ein Wert von 44 Cent/km/t TS ergibt. Weiters ist bei dieser Kategorie der verbrauchsgebundenen Auszahlungen der Bedarf für zusätzliche Energieträger (Erdgas, Öl bzw. Elektrizität) für die Energieproduktion zu berücksichtigen, falls dieser nicht durch die eigene Anlage gedeckt wird. Derartige Auszahlungsströme fallen an, um in den Versorgungsspitzen die Energienachfrage zu decken, bzw. sicherzustellen.

⁶ 30 km...Biomasseheizwerke, 100 km... Biomasseheizkraftwerke

Etwas anders stellt sich die Situation hinsichtlich der Brennstoffbezugspreise für die Kategorie der Sägewerke dar. Die Annahme, dass die in den Sägewerken anfallenden Sägenebenprodukte kostenlos zur thermischen Verwertung zur Verfügung stehen, ist dabei nur ein Ansatz. Ein weiterer Ansatz, der für die Ermittlung der Brennstoffauszahlungen für die Kategorie der Sägewerke angenommen wird, ist folgender: Die innerbetrieblich thermische Verwertung der Sägenebenprodukte deckt einen Teil der Auszahlungen der Rohholzbesorgung der Sägewerke ab. Ausgehend von einer Sägenebenproduktausbeute von 0,3 bis 0,4 Fm beim Einschnitt von einem Festmeter Rundholz im Sägewerk und dem marktüblichen Sägenebenproduktpreis ergibt sich hierfür die mittlere Preiskategorie. Der dritte Ansatz, der für die Bewertung der Auszahlungen für die Brennstoffe in den Sägewerken, angenommen wird, ist jener, dass die Sägewerke ihre Koppelprodukte zum herrschenden Marktpreis übernehmen. Dieser Ansatz stellt eine teure Variante dar. Hier ist aber zu bedenken, dass die Sägewerke, die bei der Produktion anfallenden Sägenebenprodukte zu diesem Preis auch an die Biomasseheizwerke und Biomasseheizkraftwerke verkaufen können bzw. an die Papier- und Plattenindustrie. Die Lager- und Transportauszahlungen sind in diese Bewertungskategorie nur von untergeordneter Bedeutung.

Betriebsgebundene Auszahlungen: Die Basis der betriebsgebundenen Auszahlungen ergibt sich aus den Auskünften der Anlagenbetreiber und aus Richtwerten aus der Literatur und sie werden als Prozentsatz der Investitionssummen angesetzt. Sie gliedern sich in Auszahlungen für Personal (2 Prozent), Auszahlungen für Wartung und Instandhaltung (2,5 Prozent), Auszahlungen für Versicherung und Verwaltung (0,8 Prozent) sowie sonstigen Auszahlungen (Miete, Pacht, Entsorgung) (1 Prozent). Diese Auszahlungskategorie wird über die Betrachtungszeiträume als konstant angenommen, lediglich eine Preissteigerungsrate von zwei Prozent pro Jahr geht ein (angelehnt an der jährlichen Inflationsrate).

Einzahlungsströme: Die Einzahlungen der drei Bewertungskategorien setzen sich aus den Einzahlungen die sich durch den Wärmeverkauf, Stromverkauf und den möglichen zu realisierenden Einzahlungen aus Opportunitätseinzahlungen zusammen. Der Wärmeverkaufspreis ergibt sich aus den Datenangaben der Kontaktbetriebe und wird zunächst bei den Biomasseheizwerken mit 45 Euro/MWh, bei den wärmegeführten Biomasseheizkraftwerken mit 42 Euro/MWh und mit 43 Euro/MWh bei den industriellen Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie angesetzt. Die Einspeisetarife, die die Basis für die Stromproduktion darstellen, werden mit 0,0996 Cent/KWh angesetzt. Die Einzahlungen, die sich aus der Eigenversorgung mit Strom und Wärme ergeben, werden ebenfalls berücksichtigt. In Tabelle 9 sind die Grundannahmen, auf denen sich die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der drei Bewertungskategorien aufbauen, zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 9: Grundannahmen der Bewertungskategorien

	Biomasseheizwerk	Biomasse- heizkraftwerk	KWK Säge- industrie
Thermische Leistung (MW)	4,9	10,00	4,00
Elektrische Leistung (MW)		2,00	0,75
Volllaststunden Wärme (h/a)	6.000	6.000,00	8.162,00
Volllaststunden Strom (h/a)		6.000,00	6.662,00
Nutzungsdauer (Jahre)	15	15	15
Investitionssumme (I) (€)	6.300.000	15.540.000	5.000.000
Förderbetrag (Förderquote 30%) (€)	1.890.000	4.662.000	1.500.000
verbrauchsgebundenen Auszahlung (vA)	254.993	1.370.000	411.337
Brennstoff (€)	202.975	1.080.000	411.337
Lagerung (€)	35.875	200.000	
Transport (€)	16.143	90.000	
betriebsgebundene Auszahlung (bA)	396.000	979.020	315.000
Personal (2% von I) (€)	126.000	310.800	100.000
Wartung und Instandhaltung (2,5% von I) (€)	157.000	388.500	125.000
Versicherung und Verwaltung (0,8% von I) (€)	50.400	124.320	40.000
Sonstige (Miete, Pacht etc.) (1% von I) (€)	63.000	155.400	50.000
Einzahlungen	1.323.000	3.773.880	1.247.939
verkaufte Wärmemenge (MWh/a)	29.400	60.000	6.000
Wärmeverkaufspreis (€/MWh)	45	42	43
Einzahlung Wärmeverkauf (€/a)	1323.000	3.733.880	258.000
Eigenbezug Wärme (MWh/a)			20.648
Wärmebezugspreis (€/MWh)			21
Opportunitätseinzahlungen Wärme (€/a)			433.608
verkaufte Strommenge (MWh/a)		12.000	4.996
Stromeinspeisetarif (€/MWh)		99,60	99,6
Einzahlung Stromverkauf (€/a)		1.195.200	497.651
Eigenbezug Strom (MWh/a)		600	600
Strombezugspreis (€/MWh)		97,8	97,8
Opportunitätseinzahlungen Strom (€/a)		58.680	58.680
Zahlungsmittelüberschuss (€)	612.426	1.366.180	462.921
Einzahlungen (€)	1.323.000	3.773.880	1.247.939
Auszahlungen (€)	710.573	2.407.700	785.017

Quelle: Eigene Erhebung, 2009

Auf Basis der Grundannahmen in Tabelle 9 wird die Wirtschaftlichkeitsberechnung für die drei Bewertungskategorien durchgeführt. Im ersten Schritt werden in jeder Kategorie aus der Summe der Barwerte der Betrachtungszeiträume die Kapitalwerte ermittelt. Dadurch erhält man Aufschluss darüber, wie viel die Basisannahmen der drei Bewertungskategorien über den Betrachtungszeitraum kosten. Aufbauend auf der Kapitalwertmethode wird anschließend auch der effektive Zinssatz ermittelt. Der effektive Zinssatz dient dann wiederum als Richtwert für die Betrachtung der Auszahlungsströme für den Betrachtungszeitraum und, wie bereits angeführt, als Maßstab für die Sensitivitätsanalyse. Mit Hilfe der Annuitätenmethode werden die Auszahlungskategorien (kapitalgebundene Auszahlungen, verbrauchsgebundene Auszahlungen, betriebsgebundene Auszahlungen) in regelmäßige jährliche Zahlungen umgewandelt. Für die Ermittlung des Annuitätenfaktors wird nicht wie bei der Sensitivitätsanalyse der effektive Zinssatz herangezogen, sondern ein Zinssatz, der etwas darunter liegt (drei Prozent), um eine gewisse Risikoprämie für die realisierten Projekte zu haben. Im zweiten Schritt der Wirtschaftlichkeitsberechnung wird in allen drei Kategorien eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

5.2.2 Annahmen zur Sensitivitätsanalyse

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt 5.2 erwähnt, handelt es sich bei den drei Bewertungskategorien um Basisvarianten. In vielen Fällen werden die Anlagen als individuelle Lösungen für die jeweils vorliegende Situation geplant und umgesetzt, weshalb die ermittelten Bewertungskategorien zunächst nicht als standardisierte Konzepte angesehen werden dürfen. So können beispielsweise die Investitionssummen für die betriebenen Anlagen je nach Infrastrukturausstattung schwanken. Gleiches ist auch bei den weiteren Auszahlungen und den zu realisierenden Einzahlungen aus dem Wärme- und Stromverkauf anzunehmen.

Wie im Methodikteil ausführlich dargestellt, erfolgt die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Kategorien mittels der Kapitalwertmethode und auf Grundlage der zu erwartenden Renditen. Um aber zu ermitteln, wie sich die Renditen unter sich abwechselnden Rahmenbedingungen ändern, bzw. um zu ermitteln, welche Faktoren neben dem Zinssatz die Wirtschaftlichkeit der Projekte beeinflussen, kommt es zum Einsatz einer Sensitivitätsanalyse. Neben den soeben erwähnten Punkten soll mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse lässt sich auch der Vergleich ziehen, über welche Bandbreite sich die Renditen der einzelnen Projekte unterscheiden und welche Faktoren für die jeweilige Bewertungskategorie einen Risikofaktor darstellen.

Auf Basis der Kapitalwertfunktion sollen die Einflussgrößen um 20 Prozent erhöht und abgesenkt werden, das heißt einmal wird von einer positiven und einmal von einer negativen Entwicklung ausgegangen. Als Kalkulationszinssatz wird der effektive Zinssatz der einzelnen Bewertungskategorien gewählt. Auf diese Weise ist der Kapitalwert null und die Sensitivität der einzelnen Einflussparameter lässt sich besonders anschaulich darstellen. Ausgangspunkt für die Variationen im Rahmen der Sensitivitätsanalysen sind die Basisannahmen der drei Bewertungskategorien.

In der folgenden Abbildung 11 sind die Vorgangsweise und die Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung sowie der Sensitivitätsanalysen für die drei Bewertungskategorien nochmals zusammenfassend dargestellt.

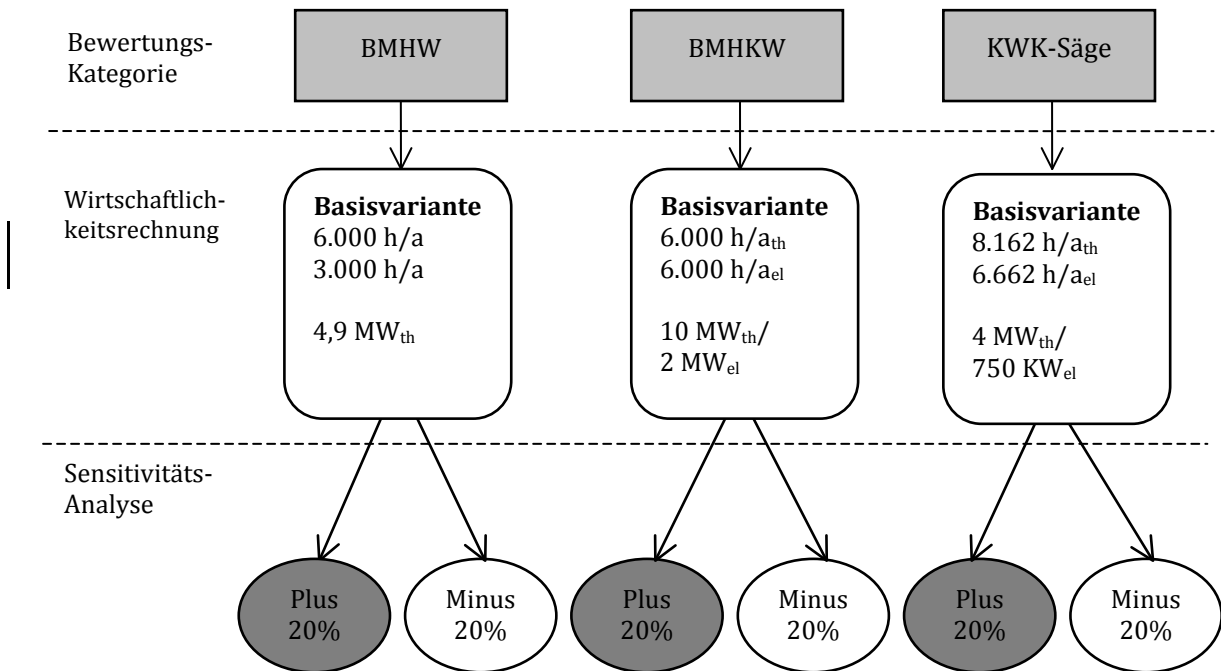


Abbildung 11: Überblick Annahmen und Durchführung der Wirtschaftlichkeitsberechnung

6 Ergebnisse

In den nachfolgenden Unterkapiteln erfolgt die Darstellung der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die drei Bewertungskategorien. In einem ersten Schritt erfolgt dabei immer die Darstellung der Ergebnisse der Investitionsrechnung und im zweiten Schritt werden die Resultate der Sensitivitätsanalyse gezeigt.

6.1 Biomasseheizwerke

6.1.1 Investitionsrechnung – Biomasseheizwerke

Wie aus der folgenden Abbildung 12 zu entnehmen ist, beträgt der effektive Zinssatz der Realisierung eines Biomasseheizwerkes mit den Basisannahmen, die für die Kategorie der Biomasseheizwerke angenommen wurden, rund 8,9 Prozent. Dies bedeutet, dass, wenn man bei der Umsetzung eines derartigen Projektes mit 8,9 Prozent oder weniger kalkuliert, die Energiegewinnung aus Sägenebenprodukten für die Biomasseheizwerke ein interessantes Investment darstellt.

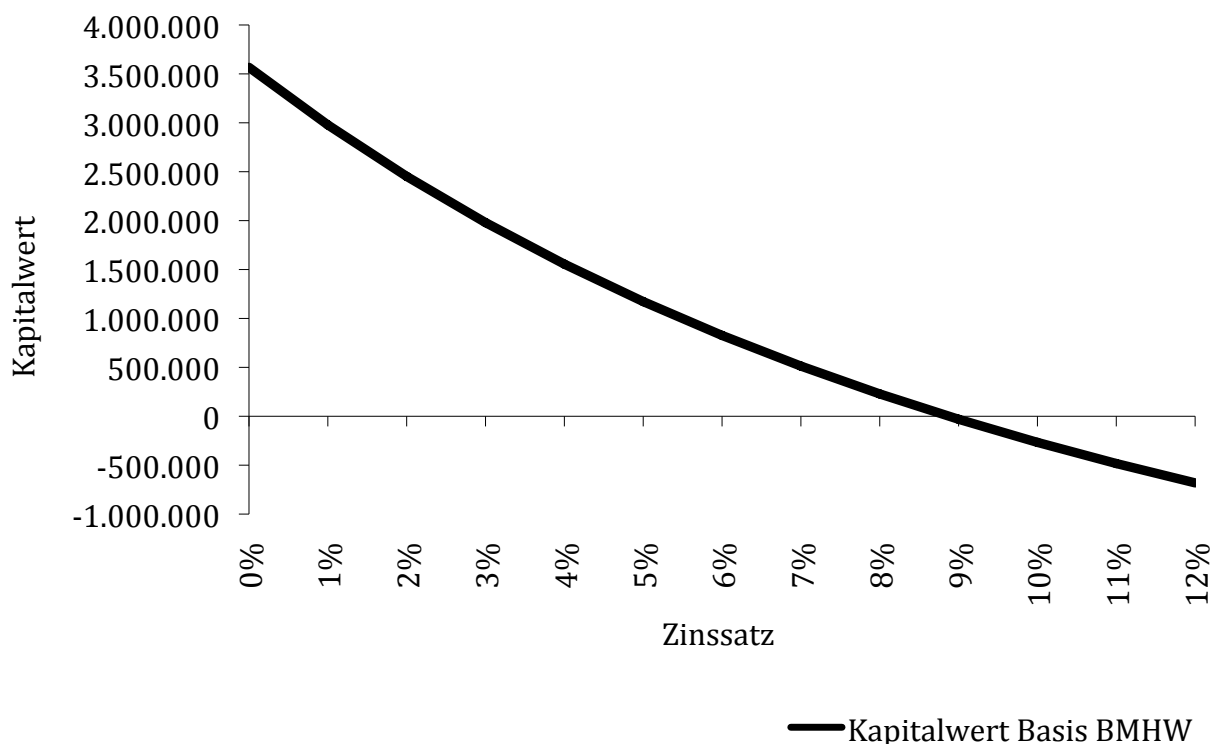


Abbildung 12: Kapitalwertfunktion Biomasseheizwerke

Bei einem internen Zinssatz von 8,9 Prozent ist abschließend ein Blick auf die Amortisationsdauer von Interesse. Ein derartiges Projekt wäre nach einem Zeitraum von 13 Jahren vollständig amortisiert.

Die mittleren Auszahlungen der Anlage belaufen sich über den Betrachtungszeitraum auf 1.109.718 Euro. Zieht man von den Einzahlungen, die sich bei dieser Bewertungska-

tegorie ausschließlich aus der Wärmeverkaufseinzahlung ergibt, die Summe der Auszahlungen ab, dann erhält man einen mittleren Zahlungsmittelüberschuss von 213.821 Euro (siehe Anhang Tabelle 13). Sensitivitätsanalyse Biomasseheizwerke

Wie man in Abbildung 13 sieht, reagiert der Kapitalwert der Biomasseheizwerke am stärksten auf die produzierte Wärmemenge bzw. den Wärmeverkaufspreis. Ebenfalls noch eine bedeutende Rolle spielt die Höhe der Investitionssumme. Besonders interessant ist, dass die Variation der Förderquote die Rentabilität des Investitionsprojektes nicht so stark beeinflusst, wie man es in einer ersten Überlegung vermuten würde.

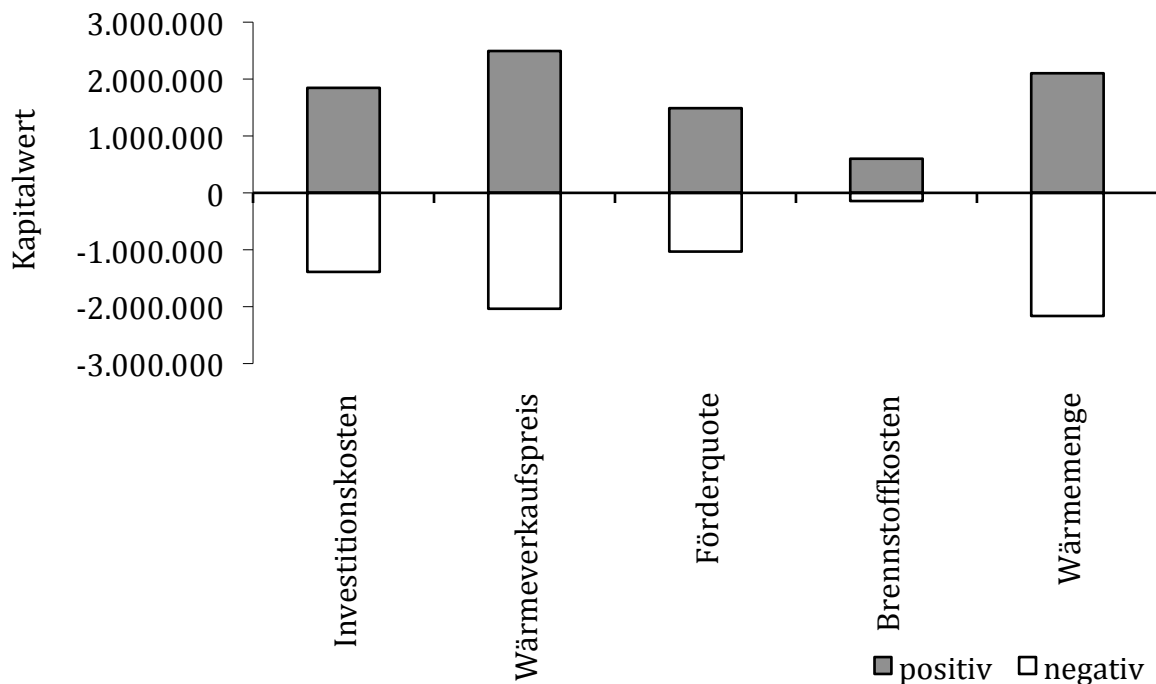


Abbildung 13: Sensitivität des Kapitalwertes der Biomasseheizwerke

Ein weiterer interessanter Punkt in Abbildung 15 ist die untergeordnete Bedeutung der Brennstoffauszahlungen auf die Rentabilität. Das lässt sich mit den günstigen Verhältnissen, mit denen die Sägenebenprodukte bezogen werden, erklären. Die Transportdistanzen für diese Anlagen liegen in der Regel unter 30 km und die Sägenebenprodukte, die von den Sägewerken bezogen werden, sind preislich gesehen ein günstiger Brennstoff. Bei den Brennstoffauszahlungen ist auch noch zu berücksichtigen, dass zur Abdeckung des Eigenbedarfes und zur Abdeckung der Anforderungen während des Spitzenlastbetriebes in den Wintermonaten die Anlagen mit zusätzlichen fossilen Brennstoffen versorgt werden müssen. Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse lassen sich auch an der Entwicklung des effektiven Zinsfußes ablesen (siehe Abbildung 14 und Abbildung 15).

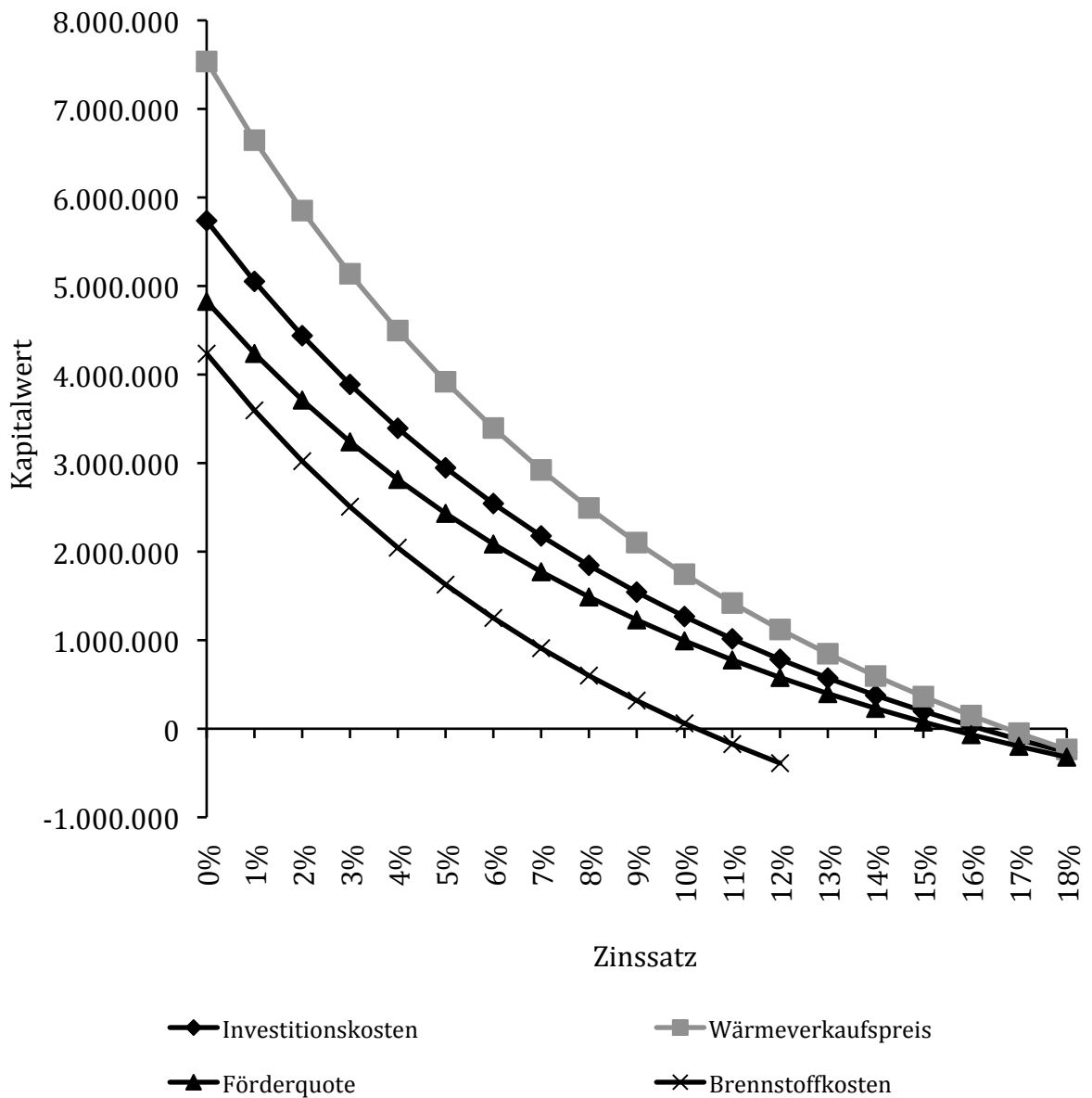


Abbildung 14: Sensitivität des internen Zinssatzes der Biomasseheizwerke bei positiver Entwicklung

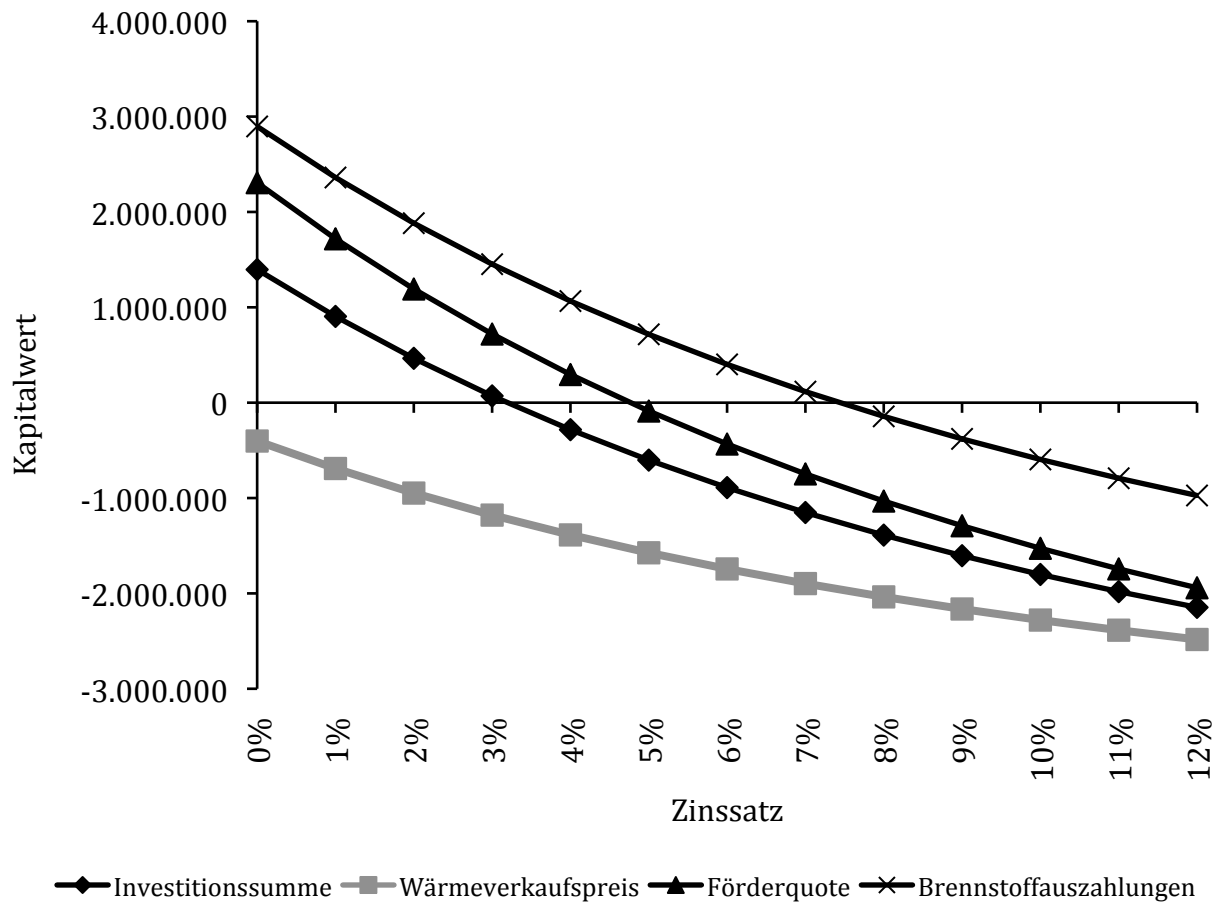


Abbildung 15: Sensitivität des internen Zinssatzes der Biomasseheizwerke bei negativer Entwicklung

Zu berücksichtigen ist, dass die hohe Auslastung der Biomasseheizwerke mit 6.000 Voll- laststunden/Jahr etwas kritisch zu betrachten ist. Die hier getroffene Annahme für die Biomasseheizwerke stellt einen Idealfall dar. In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass die durchschnittliche Auslastung der Biomasseheizwerke in Österreich zwischen rund 2.000 und 4.000 Betriebsstunden, und jene von Biomasseheizkraftwerken 6.000 bis 8.000 Betriebsstunden beträgt (vgl. FELLINGER, 2007, s.p.).

Bei Annahme einer durchschnittlichen Auslastung der Biomasseheizwerke von 3.000 Betriebsstunden und unter sonst gleichen Bedingungen (Annahmen der Basisvariante, siehe Tabelle 9), lässt sich mit einem derartigen Anlagenkonzept keine Rendite mehr erwirtschaften bzw. es ergibt sich ein mittlerer jährlicher Verlust von 250.456 Euro.

6.2 Wärmegeführte Biomasseheizkraftwerke

6.2.1 Investitionsrechnung Biomasseheizkraftwerke

In der Betrachtung der Ergebnisse der Kapitalwertberechnung für die Biomasseheiz- kraftwerke (siehe Abbildung 16) lässt sich erkennen, dass der interne Zinssatz bei 5,7

Prozent liegt. Der interne Zinssatz der Biomasseheizkraftwerke ist im Vergleich zu den Biomasseheizwerken (8,9 Prozent) doch um einiges niedriger. Dieser Unterschied lässt sich anhand der Datenbasis, die als Grundlage für die Berechnungen dient, erklären.

Wie man anschließend in der Sensitivitätsanalyse feststellen wird können, relativiert sich dieser deutliche Unterschied zum Teil, wenn die Einflussparameter variiert werden.

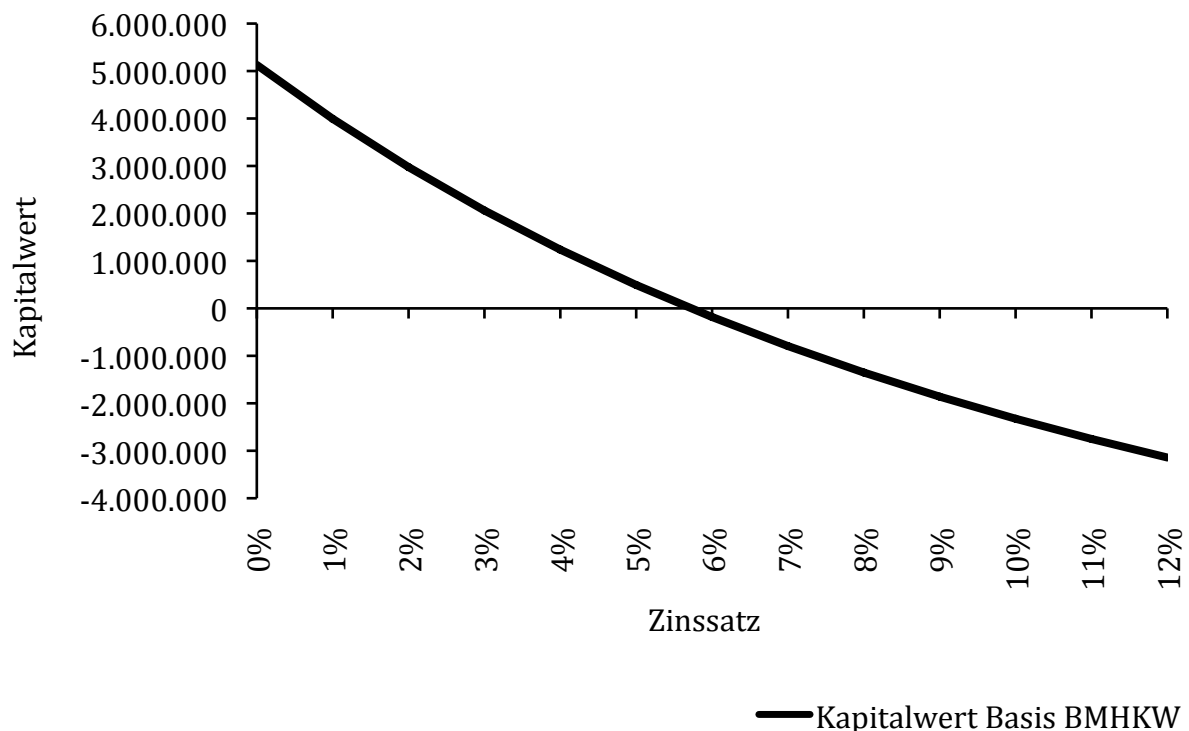


Abbildung 16: Kapitalwertfunktion Biomasseheizkraftwerke

Im Vergleich zu den Biomasseheizwerken, die sich bei einem Zinssatz von 8,9 Prozent nach 13 Jahren amortisieren, kann man bei der Kategorie der Biomasseheizkraftwerke mit keiner Amortisation innerhalb der angenommenen 15 Jahre Nutzungsdauer rechnen. Die mittleren Auszahlungen für die Biomasseheizkraftwerke betragen 3.616.870 Euro. Die Summe der Einzahlungen der Biomasseheizkraftwerke beträgt 3.773.880 Euro. Dieser Betrag ergibt sich aus den Wärmeeinzahlungen, Stromeinspeiseeinzahlungen und den Opportunitätseinzahlungen, die sich aus den Einsparungen der Eigenstromversorgung erzielen lassen. Reduziert man den Betrag der Einzahlungen um die Auszahlungen, dann erhält man einen mittleren Zahlungsmittelüberschuss von 157.009 Euro (siehe Anhang Tabelle 15). Die Belastungen der Biomasseheizkraftwerke wirken sich auf die erzielbaren Zahlungsmittelüberschüsse wesentlich intensiver aus, als es bei den Biomasseheizwerken der Fall ist, wodurch das Ergebnis im Vergleich zu den Biomasseheizwerken niedriger ausfällt.

6.2.2 Sensitivitätsanalyse Biomasseheizkraftwerke

Wie für die Biomasseheizwerke wird auch für die Kategorie der Biomasseheizkraftwerke eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Da in dieser Bewertungskategorie auch die

eingespeiste Strommenge bewertet wird, wird die Sensitivitätsanalyse um diesen Bereich erweitert.

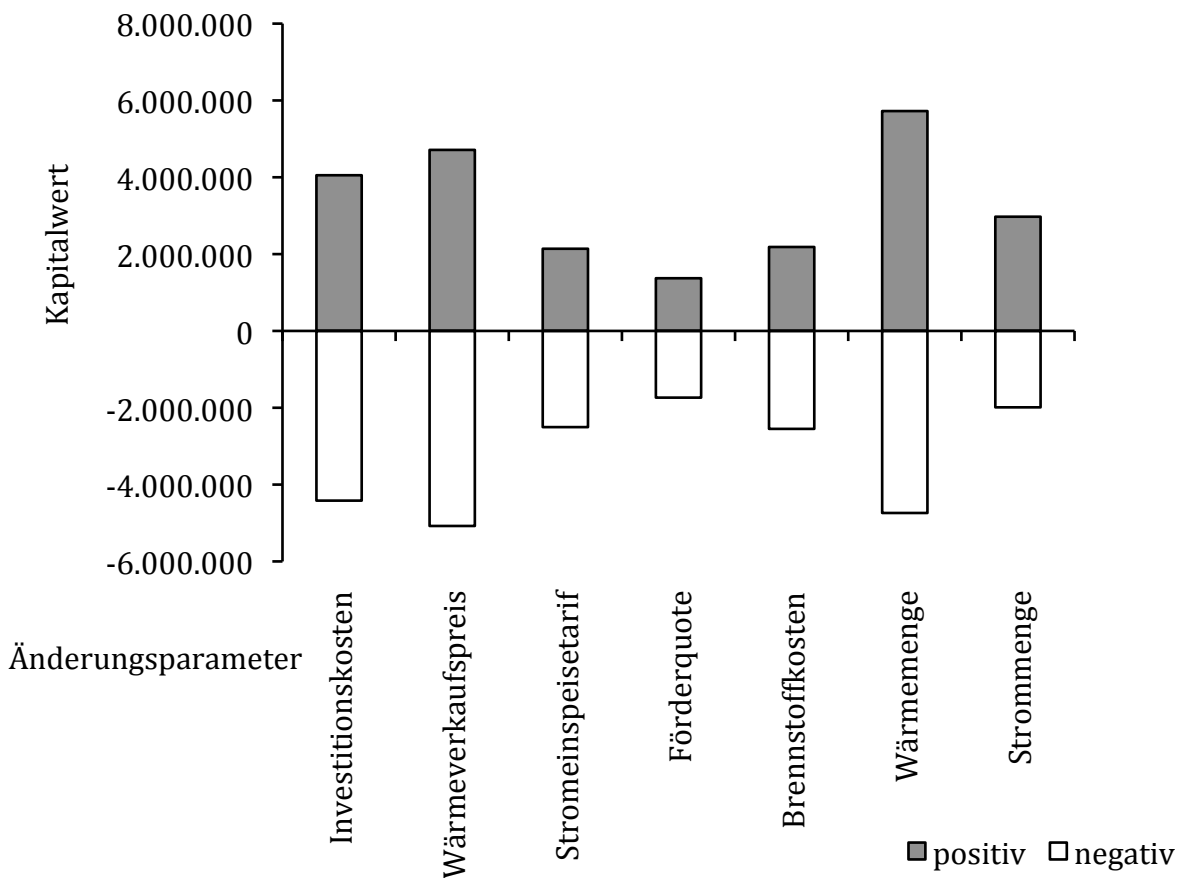


Abbildung 17: Sensitivität des Kapitalwertes der Biomasseheizkraftwerke

Wie aus Abbildung 17 zu entnehmen ist, reagiert der Kapitalwert in der Kategorie der Biomasseheizkraftwerke am stärksten auf den Wärmeverkaufspreis und die Menge der produzierten Wärme. An zweiter Stelle rangiert die Höhe der Investitionssumme. Einen ebenfalls noch wichtigen Einfluss auf die Rentabilität eines derartigen Investitionsprojektes haben die verbrauchsgebundenen Auszahlungen. Im Vergleich zu den Biomasseheizwerken spielen die Faktoren, Brennstoffpreis, Lagerung und Transport bei den Biomasseheizkraftwerken eine viel bedeutendere Rolle. Obwohl die Preise für den Rohstoff Sägenebenprodukte in den Ausgangsannahmen der beiden Bewertungskategorien gleich hoch angesetzt werden, ist die Sensitivität des Kapitalwertes auf diesen Einflussfaktor bei den Biomasseheizkraftwerken wesentlich intensiver.

Ebenfalls noch relativ wichtig sind die Einspeisetarife für den produzierten Strom und die produzierte Strommenge. Besonders interessant ist aber wieder, dass das Förderausmaß wie bei den Biomasseheizwerken einen geringen Einfluss auf die Rentabilität des Investitionsprojektes hat. Daraus kann man sich die Frage stellen, ob solche Investitionsprojekte auch ohne Förderungen zustande kommen können.

In Abbildung 18 und Abbildung 19 lässt sich die Entwicklung des effektiven Zinssatzes bei positiver bzw. negativer Beeinflussung der Einflussparameter beobachten. Wie schon erwähnt, spielen die Förderungen nicht so eine große Rolle wie die anderen Einflussparameter, doch ist vor allem im Bereich der Biomasseheizkraftwerke aufgrund des knappen positiven mittleren Zahlungsmittelüberschusses darauf zu verweisen, dass hier gerade die Höhe der Förderung für die Rentabilität solcher Anlagen entscheidend sein kann.

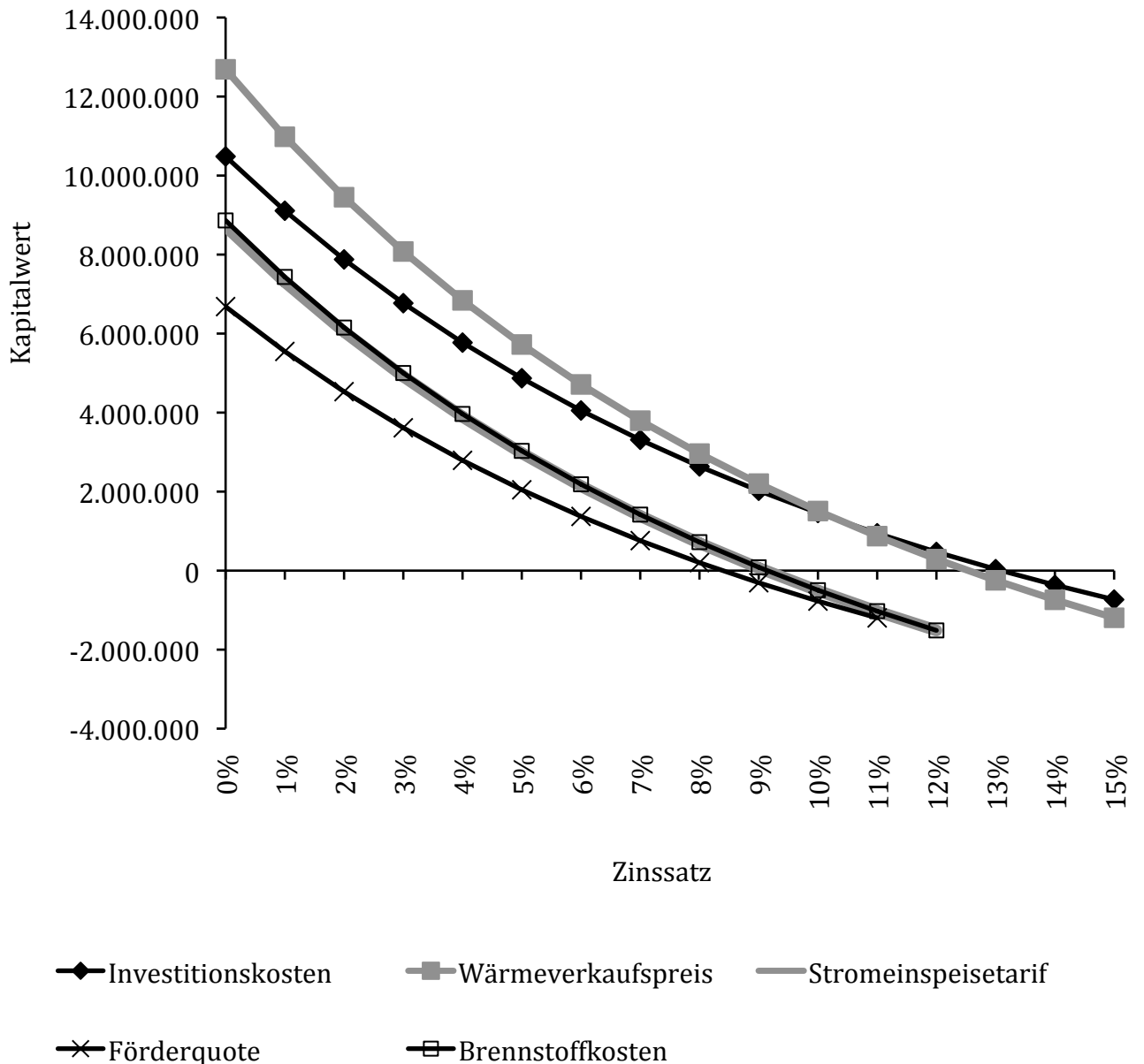


Abbildung 18: Sensitivität des internen Zinssatzes der Biomasseheizkraftwerke bei positiver Entwicklung

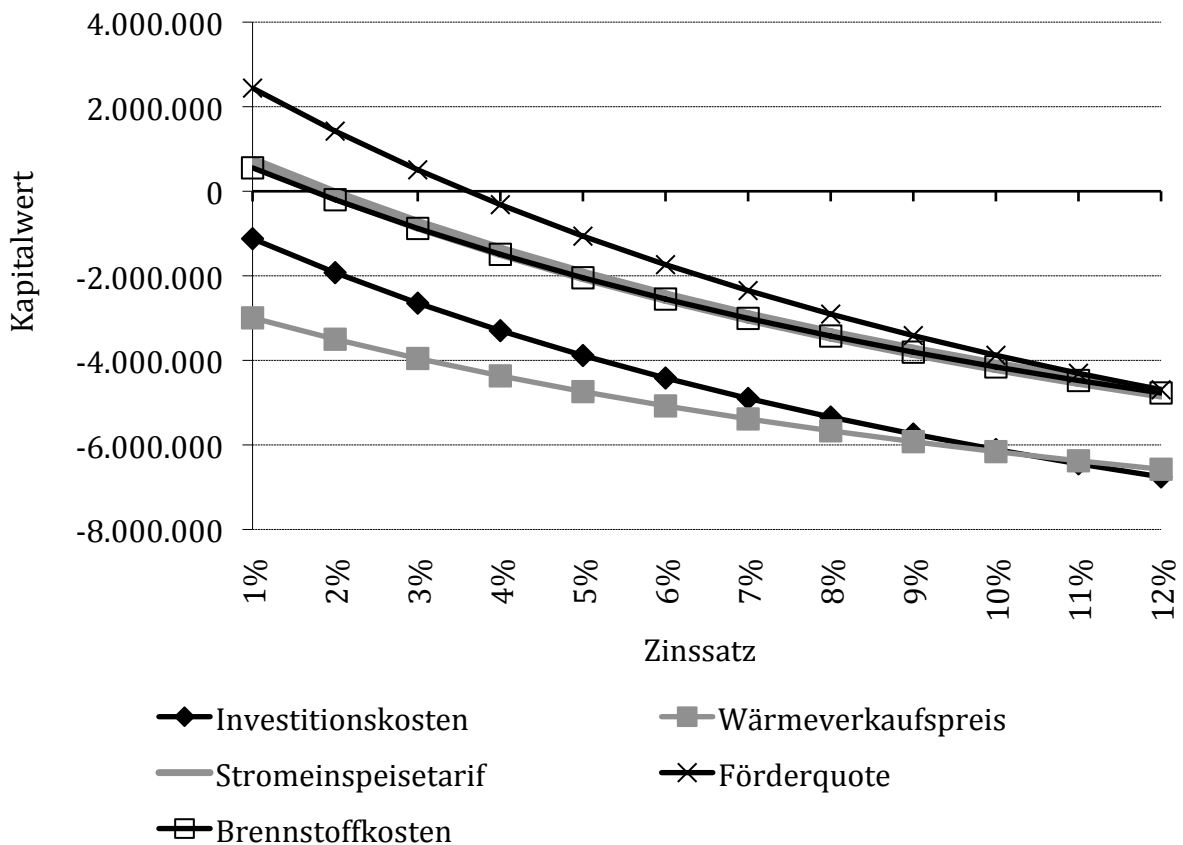


Abbildung 19: Sensitivität des internen Zinssatzes der Biomasseheizkraftwerke bei negativer Entwicklung

6.3 Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie

6.3.1 Investitionsrechnung Kraft-Wärme-Kopplung der Sägeindustrie

Ein Blick auf Abbildung 20 lässt erkennen, dass der interne Zinssatz der Basisvariante (Verrechnungspreis der Sägenebenprodukte für die thermische Verwertung 1,64 Euro/Srm), für eine Kraft-Wärme-Kopplung in der Sägeindustrie bei 6,7 Prozent liegt. Eine derartige Anlage würde sich bei den Annahmen, die im Zuge dieser Untersuchung angenommen wurden, nach 14 Jahren amortisieren. Im Vergleich zu den Biomasseheizwerken mit einem effektiven Zinssatz von 8,9 Prozent und den Biomasseheizkraftwerken mit einem effektiven Zinssatz von 5,7 Prozent, lässt sich mit einer Kraft-Wärme-Kopplung in einem Sägewerk im Vergleich zu den anderen Bewertungskategorien eine mittlere Rendite erwirtschaften.

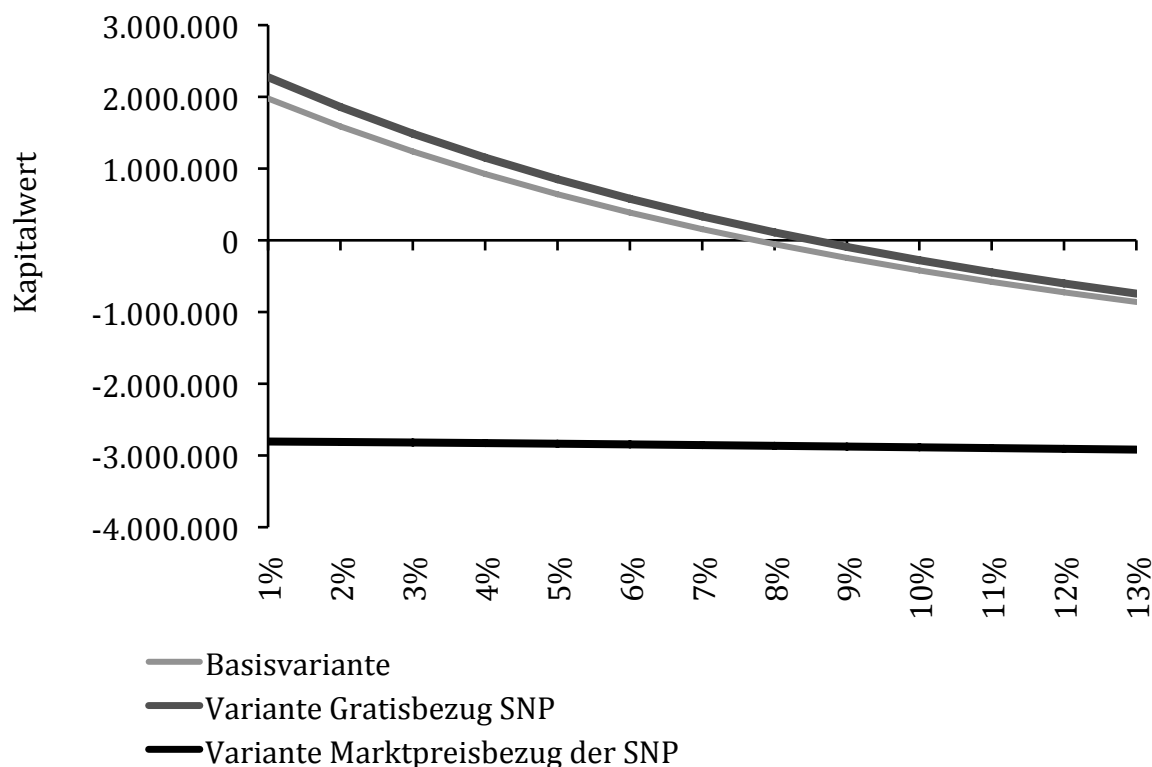


Abbildung 20: Kapitalwertfunktionen KWK-Sägeindustrie

Für die Kategorie der Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie wird bezüglich des Brennstoffpreises von drei Varianten ausgegangen. In Abbildung 20 ist ersichtlich, dass bei einem Gratisbezug der Sägenebenprodukte sich ein effektiver Zinssatz von 8,4 Prozent einstellt. Werden die Sägenebenprodukte für die thermische Verwertung in den Sägewerken zu Marktpreisen von 13,50 Euro/Srm wie in den allein stehenden Biomasseanlagen bezogen, dann lässt sich damit kein positiver Kapitalwert erwirtschaften.

Die weiteren Ergebnisse dieser Bewertungskategorie stützen sich wie in den anderen zwei Bewertungskategorien auf den Basisannahmen (siehe Tabelle 9).

Bei der Umsetzung einer derartigen Anlage in einem Sägewerk, mit der der Großteil des Wärmebedarfes für die Holztrochekammern sowie der innerbetriebliche Strombedarf gedeckt wird und mit der sich der Wärmebedarf eines mittleren Fernwärmenetzes decken lässt, kann somit mit einem effektiven Zinssatz von 6,7 Prozent gerechnet werden.

Die Summe der Einzahlungen der Anlage betragen 1.247.939 Euro. Reduziert man diesen Betrag um die Auszahlungen von 1.128.707 Euro dann erhält man einen mittleren Zahlungsmittelüberschuss von 119.231 Euro (siehe Anhang Tabelle 17). An dieser Stelle ist anzumerken, dass sich das Kernbetätigungsfeld der Sägewerke in der Produktion von Schnittholzsortimenten liegt. Die Verwertung der anfallenden Sägenebenprodukte zur Deckung des betriebsinternen Wärme- und Strombedarfes sowie die Speisung eines Fernwärmenetzes, stellen im Bereich der Sägewerke vorwiegend eine Nebenkompetenz dar.

6.3.2 Sensitivitätsanalyse Kraft-Wärme-Kopplung der Sägeindustrie

In Abbildung 21 ist ersichtlich, dass der Kapitalwert der Anlagenkonzepte in der Sägeindustrie bei einem Zinssatz von 6,7 Prozent am stärksten von den Investitionsauszahlungen den Brennstoffauszahlungen dem Stromeinspeisetarif und der Förderquote beeinflusst wird.

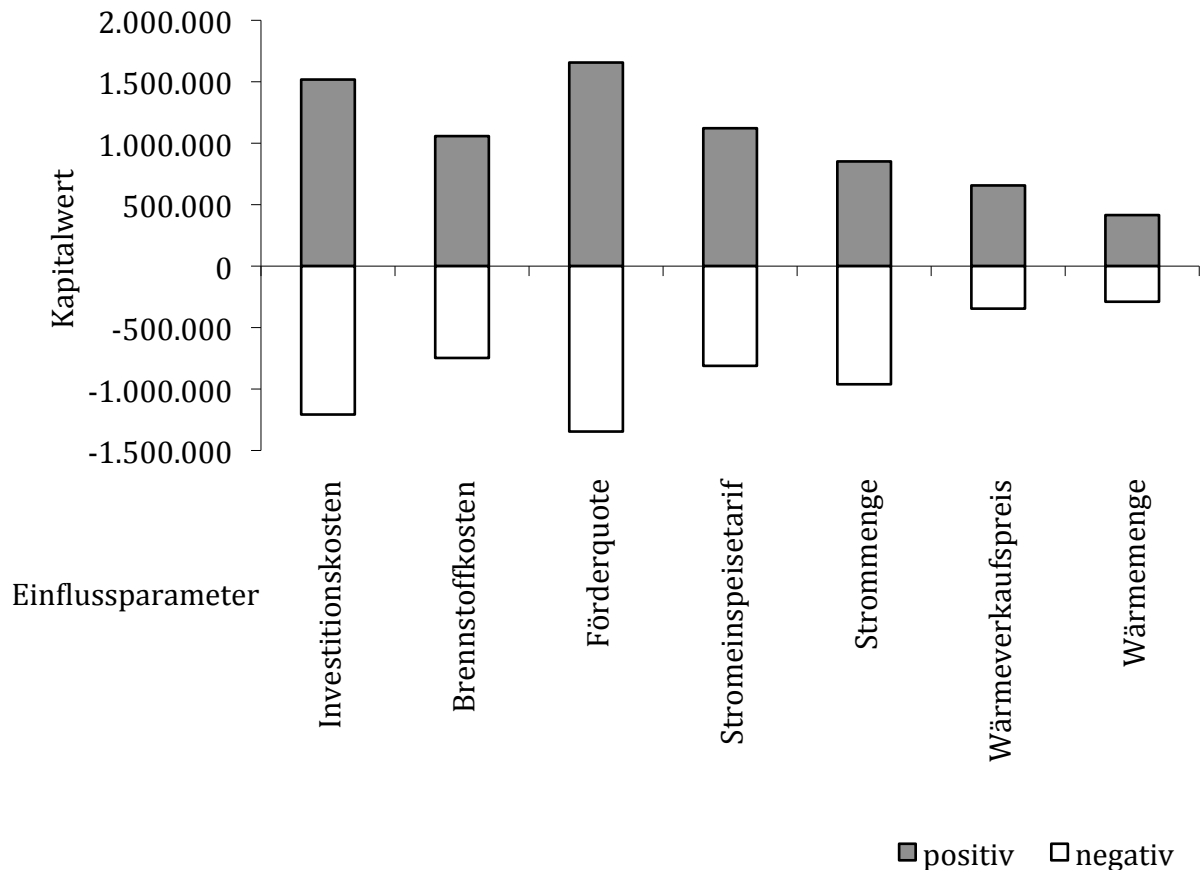


Abbildung 21: Sensitivität des Kapitalwertes der KWK der Sägeindustrie

Im Bezug auf die Brennstoffauszahlungen wird auch ersichtlich, dass eine innerbetriebliche Verwertung der im Sägewerk anfallenden Sägenebenprodukte vom ökonomischen Gesichtspunkt eine bedeutende Stellung hat. Es ist hier zu berücksichtigen, dass in einem Sägewerk die Investitionsbeträge für eine Kraft-Wärme-Kopplung, mit der die Holztrockenkammern betrieben werden, automatisch anfallen. Von den fünf Millionen Euro an Investitionsauszahlung, die für das Anlagenkonzept in der vorliegenden Untersuchung, aufbauend auf dem erhobenen Datenmaterial angenommen werden, entfallen etwa ein Drittel der Investitionsbetrages auf die Anlagen- und Bautechnik, die im Zuge der Errichtung einer Anlage für den Betrieb der Holztrockenkammern automatisch anfallen würden.

Die Förderquote hat für die Wirtschaftlichkeit des Projektes im Vergleich zu den anderen beiden Bewertungskategorien (siehe Abbildung 12 und Abbildung 16) absolut gesehen einen etwas stärkeren Einfluss.

Aufgrund des erhöhten Strombedarfes, der in einem Sägewerk für den Betrieb der Anlagen benötigt wird, spielen auch der Stromeinspeisetarif und die produzierte Strommenge für diese Bewertungskategorie eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bzw. die Entwicklung des effektiven Zinssatzes bei positiver oder negativer Entwicklung der industriellen Kraft-Wärme-Kopplungen in der Sägeindustrie sind in den folgenden Abbildung 22 und Abbildung 23 nochmals dargestellt.

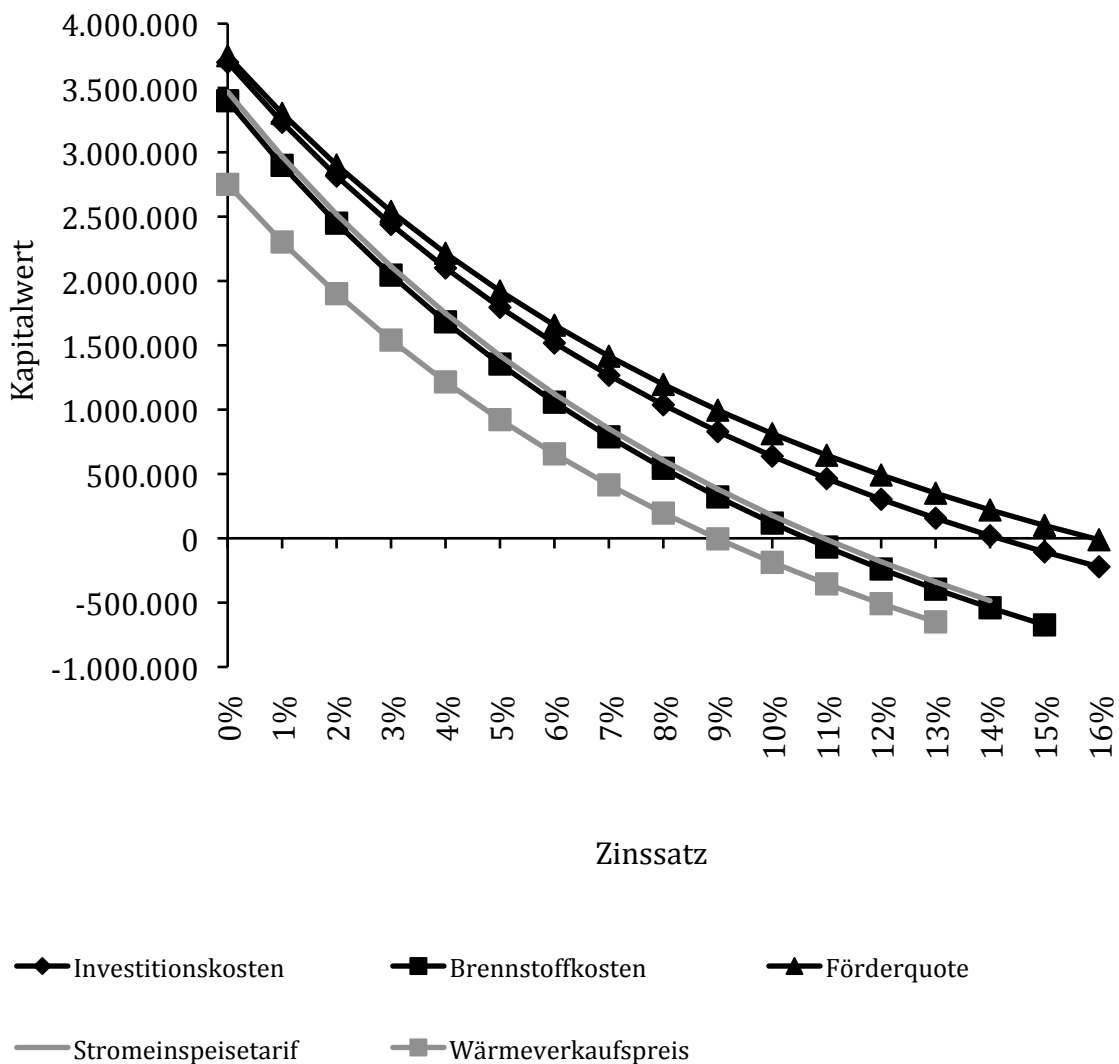


Abbildung 22: Sensitivität des internen Zinssatzes der KWK der Sägeindustrie bei positiver Entwicklung

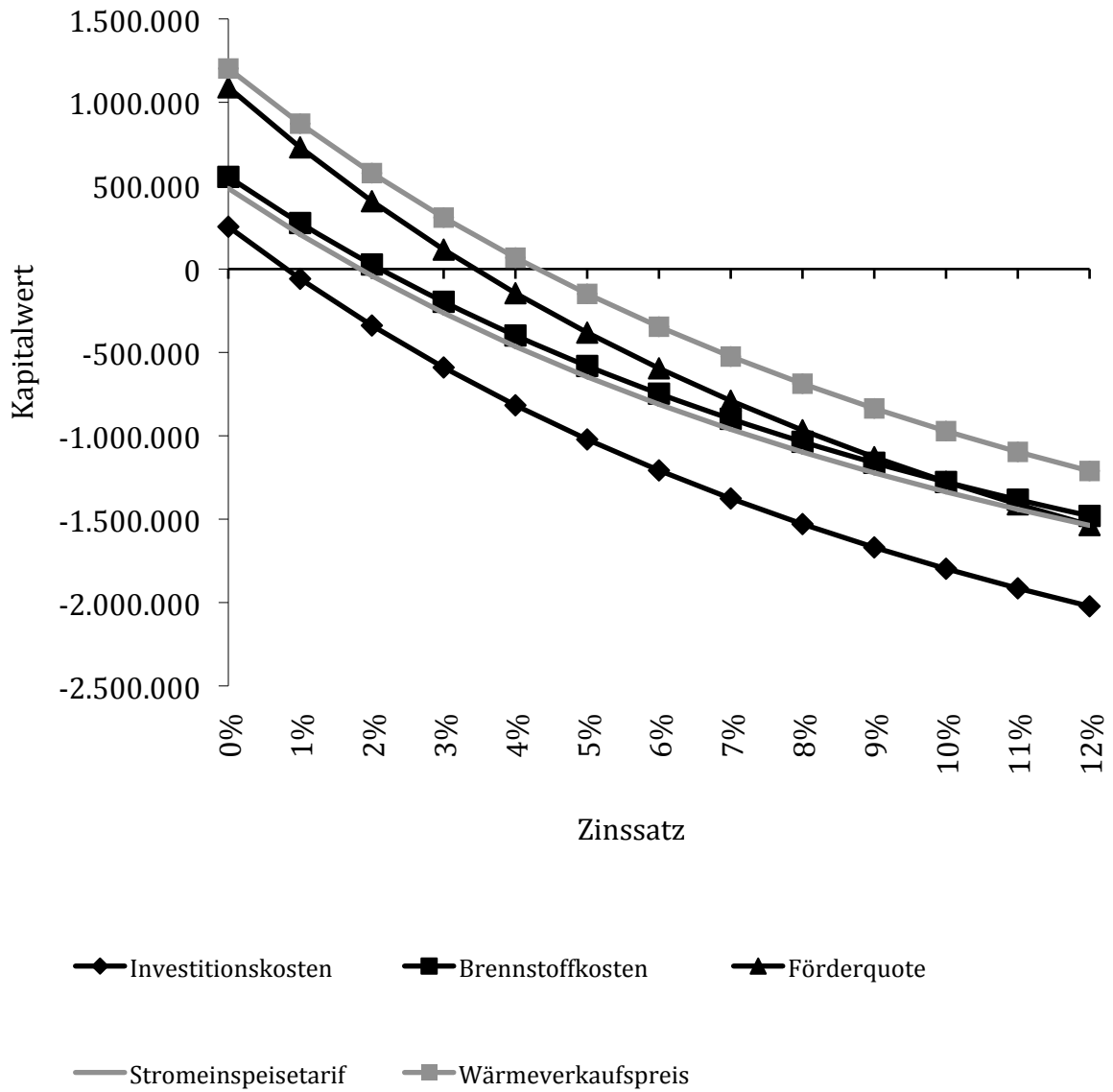


Abbildung 23: Sensitivität des internen Zinssatzes der KWK der Sägeindustrie bei negativer Entwicklung

7 Diskussion der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Berechnungen der drei Bewertungskategorien miteinander verglichen sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Analyse der drei Bewertungskategorien diskutiert.

Die Grundannahmen, die für die drei Bewertungskategorien angesetzt wurden, liefern für alle drei Kategorien einen positiven Kapitalwert bzw. mit der Realisierung der Projekte lassen sich zum einen eine Rendite und zum anderen positive Zahlungsmittelüberschüsse erwirtschaften. Die Fragestellung hinsichtlich der absoluten Vorteilhaftigkeit der Investitionsentscheidung lässt sich zunächst in allen drei Bewertungskategorien bejahen. Im direkten Vergleich der drei Bewertungskategorien stellen die Biomasseheizwerke mit 8,9 Prozent effektiven Zinssatz das lukrativste Investment dar, gefolgt von der industriellen Kraft-Wärme-Kopplung in einem Sägewerk mit 6,7 Prozent. Bei den wärmegeführten Biomasseheizkraftwerken ist ein interner Zinssatz von 5,7 Prozent zu erzielen (siehe Abbildung 24).

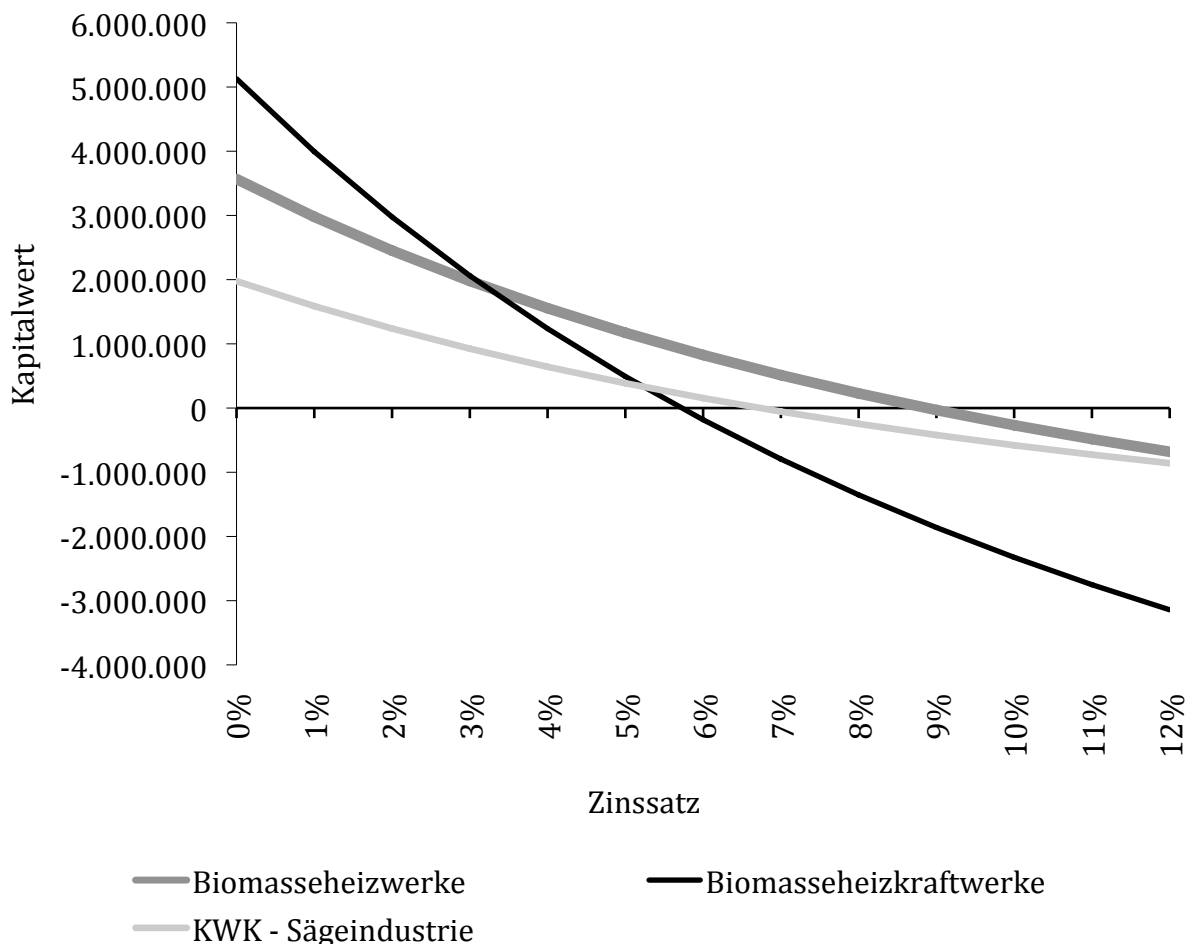


Abbildung 24: Vergleich des internen Zinssatzes der Bewertungskategorien

Betrachtet man die Kapitalwertfunktionen der drei Bewertungskategorien in Abbildung 24 so lässt sich erkennen, dass der Kurvenverlauf der allein stehenden Biomasseheizkraftwerke steiler verläuft, als bei den Biomasseheizwerken und den Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie. Der steilere Kurvenverlauf zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit der Investitionsprojekte in der Kategorie der Biomasseheizkraftwerke wesentlich sensibler auf Änderungen der Rahmenbedingungen reagiert bzw. dass diese Investitionsentscheidung mit einem höheren Risiko verbunden ist.

In Abbildung 24 ist auch zu beobachten, dass sich die Kapitalwertfunktionen der Biomasseheizwerke und den Anlagenkonzepten der Sägeindustrie sich mit zunehmendem Zinssatz annähern bzw. sich der Verlauf der Kurven auch deutlich verflacht. Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass wenn es den Betreibern von Biomasseheizwerken und Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie gelingt das vorhandene Potential auszuschöpfen, dies eine lukrative Investition darstellt, das auch weniger abhängig ist von unsicheren Einflussfaktoren.

Betrachtet man anschließend auch die mittleren Zahlungsmittelüberschüsse der drei Bewertungskategorien (siehe Abbildung 25), dann fällt auf, dass die Verwertung der Sägenebenprodukte in einem Biomasseheizwerk, das in seiner Kapazität voll ausgelastet ist, den höchsten mittleren Zahlungsmittelüberschuss erzielt und somit am günstigsten erscheint. Die Biomasseheizkraftwerke, die neben Wärme auch Strom produzieren, erwirtschaften einen doch deutlich niedrigeren mittleren Zahlungsmittelüberschuss. Ein Grund hierfür ist zunächst der erhöhte Brennstoffbedarf. Die Biomasseheizkraftwerke sind in der Regel größer dimensioniert als die reinen Heizwerke, weshalb sich schon aus diesem Grund eine erhöhte finanzielle Belastung im Bereich des Transportes ergibt. Die erhöhten Transportauszahlungen der Biomasseheizkraftwerke können grundsätzlich durch die Skalen-Effekte ausgeglichen werden. Allerdings führt der erhöhte Brennstoffbedarf auch dazu, dass die Versorgung der Anlagen mit Sägenebenprodukten nicht aus der unmittelbaren regionalen Umgebung erfolgt. Die Transportdistanzen bewegen sich bei solchen Anlagen, wie auch OBERNBERGER und STOCKINGER (1998) dokumentiert haben, im Durchschnitt um 100 km. Dies bedeutet nun, dass durch den erhöhten Brennstoffbedarf und die damit im Zusammenhang stehenden Auszahlungen sich bei den Biomasseheizkraftwerken stärker auswirken als mögliche Skalen-Effekte, die durch die größere Dimensionierung der Anlagen zu erwarten wären.

Die mittleren Zahlungsmittelüberschüsse der Kraft-Wärme-Kopplungen in der Sägeindustrie sind vor allem verglichen mit dem mittleren Zahlungsmittelüberschüssen der Biomasseheizkraftwerke interessant. Die Verwertung der Sägenebenprodukte stellt in einem Sägewerk vorwiegend eine Nebenkompentenz dar. Die 119.231 Euro der Sägewerke stellen im Vergleich zu den 157.009 Euro der Biomasseheizkraftwerke ein respektables Ergebnis dar. Der doch geringe Unterschied in den mittleren Zahlungsmittelüberschüssen lässt sich auch hier mit den erhöhten Auszahlungen der Biomasseheizkraftwerke erklären. Bei der Verwertung der Sägenebenprodukte im Sägewerk ist auch zu berücksichtigen, dass die Transport- und Lagerauszahlungen zum Teil entfallen. Weiters

muss man auch festhalten, dass bei der Errichtung einer Kraft-Wärme-Kopplung in der Sägeindustrie die Grundstücksauszahlungen für solch ein Anlagenkonzept im Vergleich zu den allein stehenden Biomasseheizwerken/ Biomasseheizkraftwerken entfallen, wodurch sich die kapitalgebundenen Auszahlungen reduzieren.

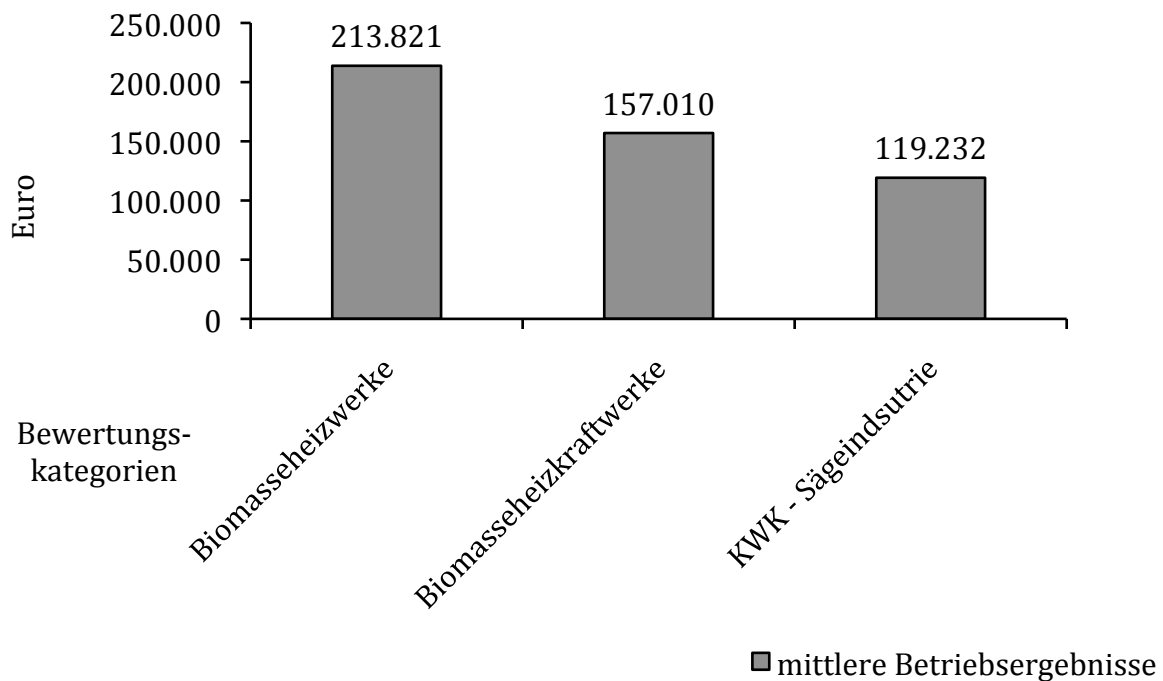


Abbildung 25: Vergleich der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse der Bewertungskategorien

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf die Ergebnisse der in den drei Bewertungskategorien durchgeführten Sensitivitätsanalysen. Ausgehend von den Basisannahmen wurden die Einflussparameter: Investitionsauszahlungen, Förderquote, Brennstoffauszahlungen, Stromeinspeisetarif, produzierte Strommenge, Wärmeverkaufspreis und produzierte Wärmemenge um 20 Prozent erhöht bzw. um 20 Prozent reduziert.

Investitionssumme: Die Investitionssummen haben in allen drei Kategorien einen starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Projekte. Für alle Bewertungskategorien lässt sich festhalten, dass man bei teuren Anlagenkonzepten bzw. bei Anlagenkonzepten, die sich an der Schwelle zur Marktreife befinden, darauf achten muss, dass diese optimal dimensioniert werden. Hier empfiehlt es sich in der Planungsphase entsprechende Anstrengungen zu tätigen um keine unnötigen kapitalgebundenen Auszahlungen entstehen zu lassen. Anzumerken ist, dass die Investitionssummen in der Kategorie der Sägewerke unter anderen Aspekten zu betrachten sind. Ein Großteil der Investitionssumme fällt in dieser Bewertungskategorie infolge der Beschaffung einer Holztrocknungskammer an. Die Auszahlungen der Adaptierungen des Systems für eine zusätzliche Strom- und Wärmeabgabe können so leichter getragen werden.

Förderquote: Bei der Variation der Förderquote fällt auf, dass der Einfluss der Investitionsförderung auf die Wirtschaftlichkeit bei den Biomasseheizwerken und den Biomasseheizkraftwerken geringer ist, als man zunächst vermuten würde. Es stellt sich nun die Frage, ob solche Projekte auch ohne Investitionsförderung realisiert werden könnten? Solch ein Ergebnis wäre höchst interessant, werden doch solche Förderungen und Fördermengen regelmäßig damit begründet, dass die Projektrealisation ohne Unterstützungsmaßnahmen nicht stattfinden würde. Mit einer solchen Interpretation muss man allerdings vorsichtig umgehen. Den Einfluss der Förderungen kann man erkennen, wenn man die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse näher betrachtet. Ausgehend von einer Förderquote von 30 Prozent für alle Bewertungskategorien wird diese bei einer positiven Entwicklung um 20 Prozent auf 50 Prozent erhöht und bei einer negativen Entwicklung im gleichen Ausmaß auf 10 Prozent reduziert.

Bei positiver Entwicklung der Förderquote sind in allen drei Bewertungskategorien effektive Zinssätze von über 12 Prozent möglich. Wird die Förderquote allerdings im gleichen Maße (20 Prozent) reduziert, dann stellt sich heraus, dass sich auch bei negativer Entwicklung, mit einer Förderquote von zehn Prozent, sich in allen drei Bewertungskategorien noch positive Renditen von 3,9 Prozent bei den Biomasseheizkraftwerken, 4,1 Prozent bei den Anlagen der Sägeindustrie, und 7,2 Prozent bei den Biomasseheizwerken erwirtschaften lassen. Die Berechnungen zeigen, dass für die Rentabilität der Bewertungskategorien Biomasseheizwerke und Biomasseheizkraftwerken die Investitionsförderung zwar nicht der bedeutendste Einflussfaktor ist, doch hängt bei ungünstigen Bedingungen die Rentabilität der Projekte von öffentlichen Förderungen ab. Tabelle 10 verdeutlicht nochmals die relative Bedeutung der Förderquote für die drei Bewertungskategorien. Es lässt sich erkennen, dass sich das Vorhandensein einer Förderquote in der Kategorie der Sägeindustrie am stärksten auswirkt gefolgt von den Biomasseheizwerken und den Biomasseheizkraftwerken.

Tabelle 10: Interne Zinssätze bei Variation der Förderquote

	Basisvariante 30%	Positive Entwicklung (+20 %)	Negative Entwicklung (-20 %)
Biomasseheizwerke	8,9%	16,2%	7,2%
Biomasseheizkraftwerke	5,7%	12,3%	3,9%
KWK-Sägeindustrie	6,7%	15,9%	4,1%

Brennstoffauszahlungen: Bei der Sensitivitätsanalyse der Brennstoffauszahlungen ist zunächst auffällig, dass der Einfluss dieser Größe bei den Biomasseheizkraftwerken intensiver ausfällt als bei den Biomasseheizwerken. Wie bereits erläutert, erfolgt die Versorgung der Biomasseheizkraftwerke mit Biomasse nicht unmittelbar aus der Region,

sondern im Durchschnitt betragen die Transportentfernungen 100 km. Daraus resultieren höhere Auszahlungen auf Seiten der Biomasseheizkraftwerke durch die Brennstoffe, weshalb sich eine Preissteigerung im Rahmen der Sensitivitätsanalyse stärker auswirkt als bei den Biomasseheizwerken, die ihren Brennstoff im Durchschnitt mit einer Transportdistanz von 30 km beschaffen.

Ein weiterer Punkt, der bei der Betrachtung der Sensitivität der Brennstoffauszahlungen auffällt, ist das ungünstige Verhalten des Kapitalwertes bei der negativen Entwicklung der Brennstoffauszahlungen beim Anlagenkonzept der Sägeindustrie. Werden die anfallenden Sägenebenprodukte zum angenommenen Marktpreis von 13,50 Euro/Srm an die stofflichen Verwerter, Papier- und Plattenindustrie weiterverkauft, dann hat das einen deutlich erkennbaren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Geht man davon aus, dass für den Betrieb der Holz Trocknungskammern im Sägewerk als Energieträger Heizöl eingesetzt werden muss, dann kann man noch knapp mit einem positiven Kapitalwert rechnen bzw. der mittlere Zahlungsmittelüberschuss sinkt dabei von 119.231 Euro auf 21.347 Euro. In der folgenden Abbildung 26 ist das Verhalten des effektiven Zinssatzes bei positiver und negativer Entwicklung der Preise der Sägenebenprodukte dargestellt.

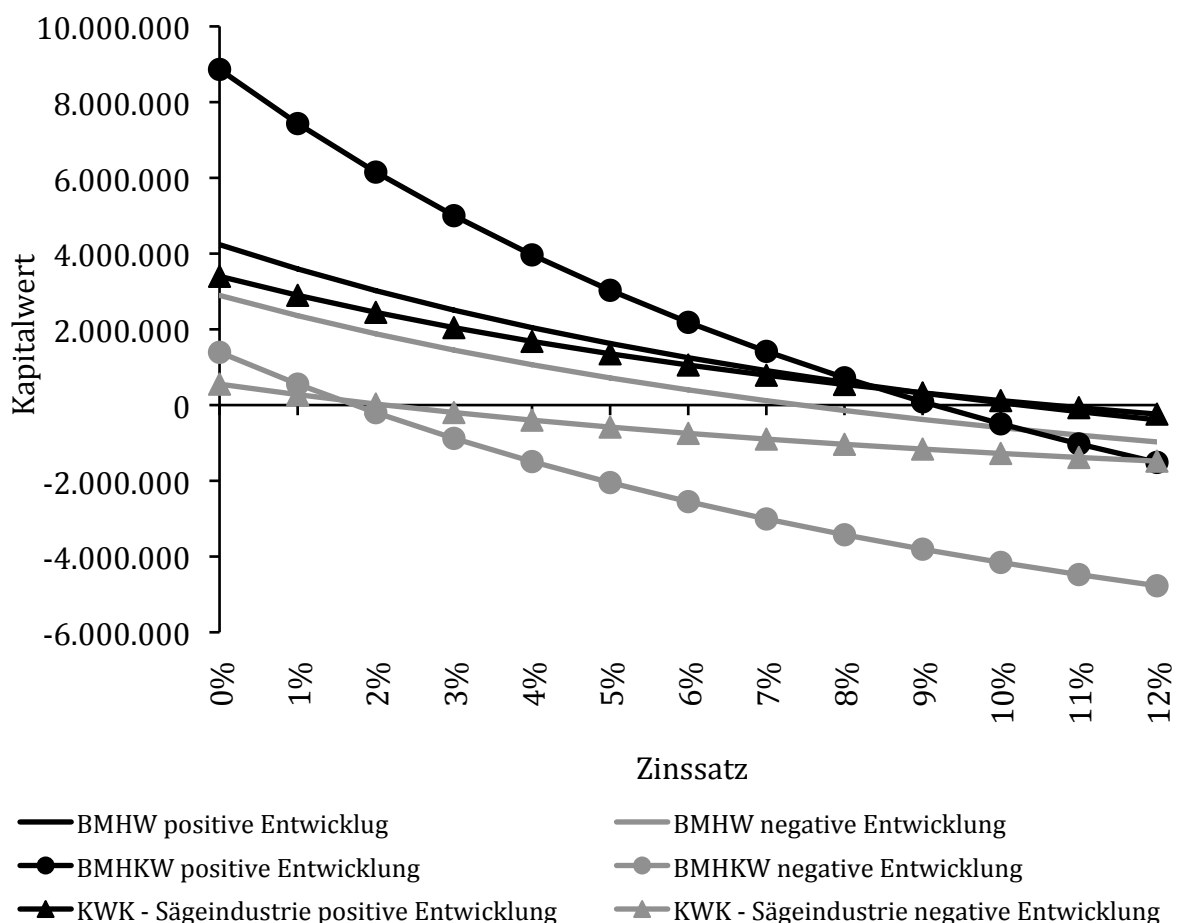


Abbildung 26: Entwicklung des internen Zinssatzes bei Veränderung der Brennstoffauszahlungen

Die Kurvenverläufe der Bewertungskategorien in Abbildung 26 verdeutlichen auch nochmals, dass die Biomasseheizkraftwerke am Sensibelsten auf eine Variation der Sägenebenproduktpreise reagieren. Die steileren Kurvenverläufe sowohl bei der positiven und negativen Entwicklung der Preise für die Sägenebenprodukte macht ersichtlich, dass die Brennstoffauszahlungen in der Bewertungskategorie der Biomasseheizkraftwerke einen zentralen Risikofaktor darstellen. Bei den Biomasseheizwerken und den Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie verhält sich der Einfluss der Brennstoffauszahlungen etwa gleich.

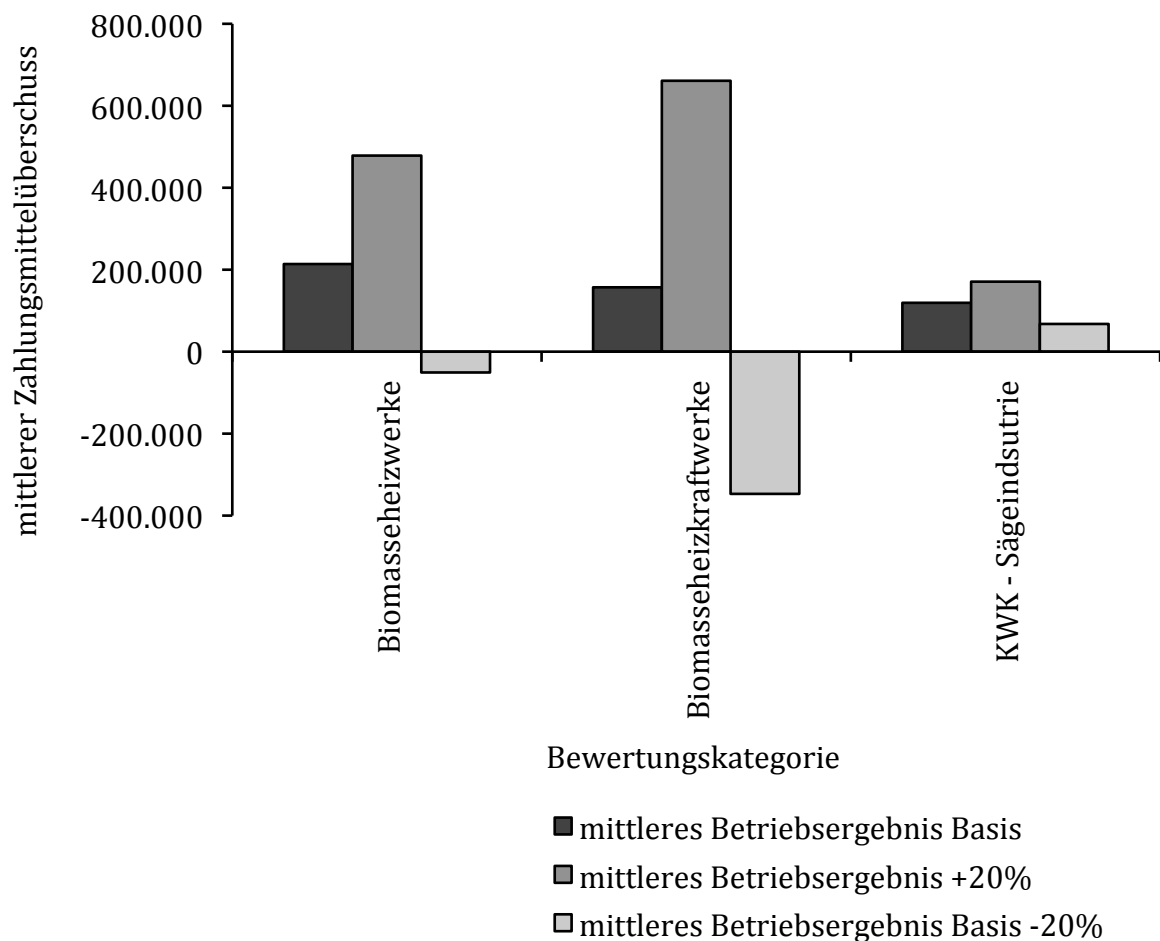


Abbildung 27: Sensitivität der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse bei Veränderung der verkauften Wärmemenge

Produzierte Strom- und Wärmemenge: Die Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit von den Einflussparametern produzierte Strom- und Wärmemenge ist logischerweise in den Bewertungskategorien Biomasseheizwerke und Biomasseheizkraftwerke am stärksten. Sehr deutlich lässt sich das erkennen, wenn man einen Blick auf die Entwicklung der Zahlungsmittelüberschüsse wirft. Eine Reduktion der verkauften Wärmemenge um 20 Prozent führt in den Kategorien Biomasseheizwerke und Biomasseheizkraftwerke zu

einem deutlichen Verlust. In der Kategorie der Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie ist aufgrund der geringeren Bedeutung des Fernwärmeverkaufes dies nicht der Fall (siehe Abbildung 27). Ähnlich verhält es sich auch bei der produzierten Strommenge, wobei hier die Sensitivität der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse der Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie deutlicher ausfällt. Dies lässt sich damit erklären, dass die Sägewerke den produzierten Strom zum Großteil zur Abdeckung des eigenen Elektrizitätsbedarfes verwenden (siehe Abbildung 28).

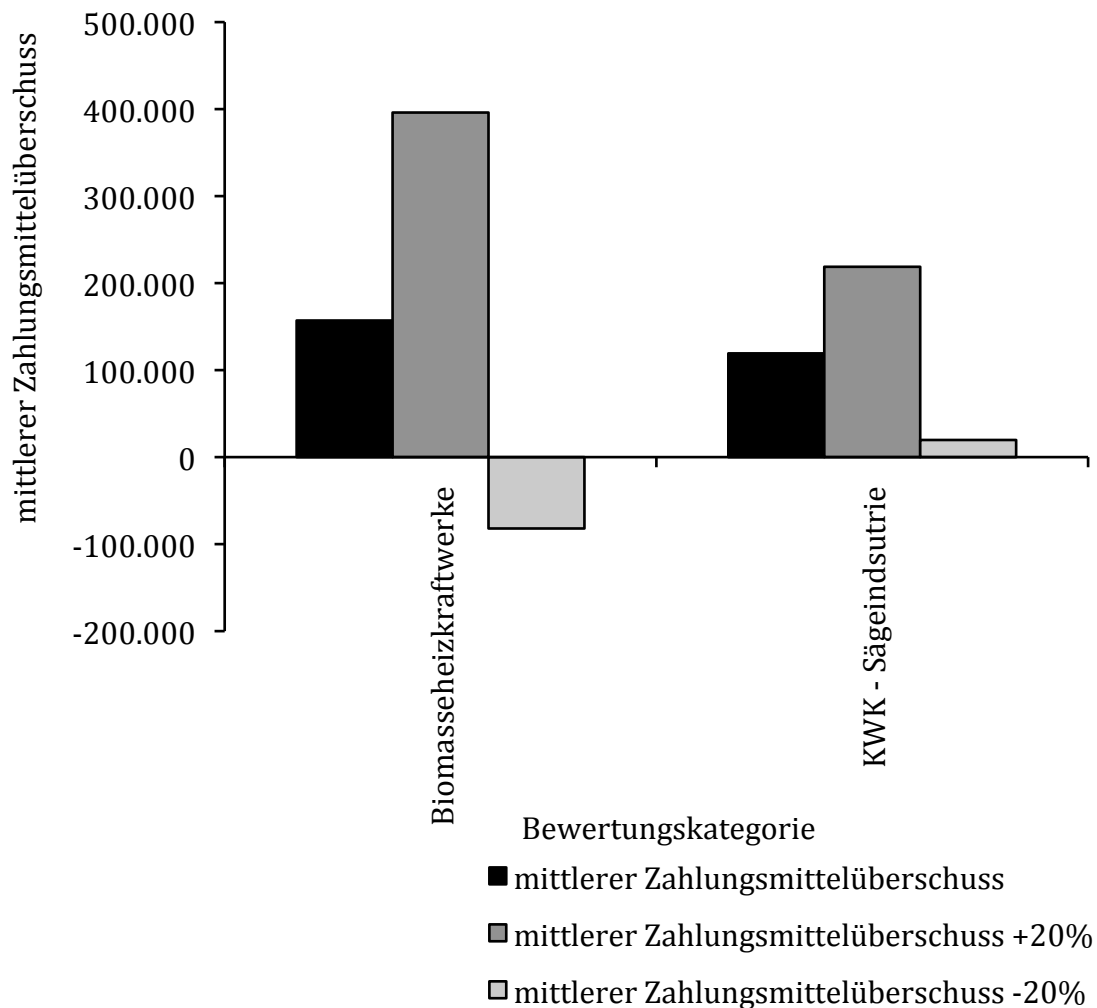


Abbildung 28: Sensitivität der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse bei Veränderung der produzierten Strommenge

Stromeinspeisetarife und Wärmeverkaufspreis: Mit einem Ökostromeinspeisetarif von 99,60 Euro/MWh als Grundannahme lässt sich in den beiden relevanten Bewertungskategorien Biomasseheizkraftwerke und den Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie ein positives Ergebnis darstellen. Die Einspeisetarife für Ökostrom sind das Ergebnis eines politischen Prozesses und in ihrer Entwicklung schwer prognostizierbar. Mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse wird aber ersichtlich, dass sich vor allem für die Bio-

masseheizkraftwerke eine Erhöhung der Einspeisetarife günstig auswirken würde. Dieser Effekt ist bei den Anlagen der Sägeindustrie, die Strom einspeisen, nicht so stark ausgeprägt.

In den Sägewerken wird vorwiegend der Überschussstrom, der bei geringerem Strombedarf während Betriebspausen, Wochenenden und Nachtstunden anfällt, in das öffentliche Netz eingespeist. Deshalb ist auch die Abhängigkeit vom Ökostromeinspeisetarif nicht so deutlich wie bei den Biomasseheizkraftwerken. Dieser Umstand lässt sich in Abbildung 29 erkennen.

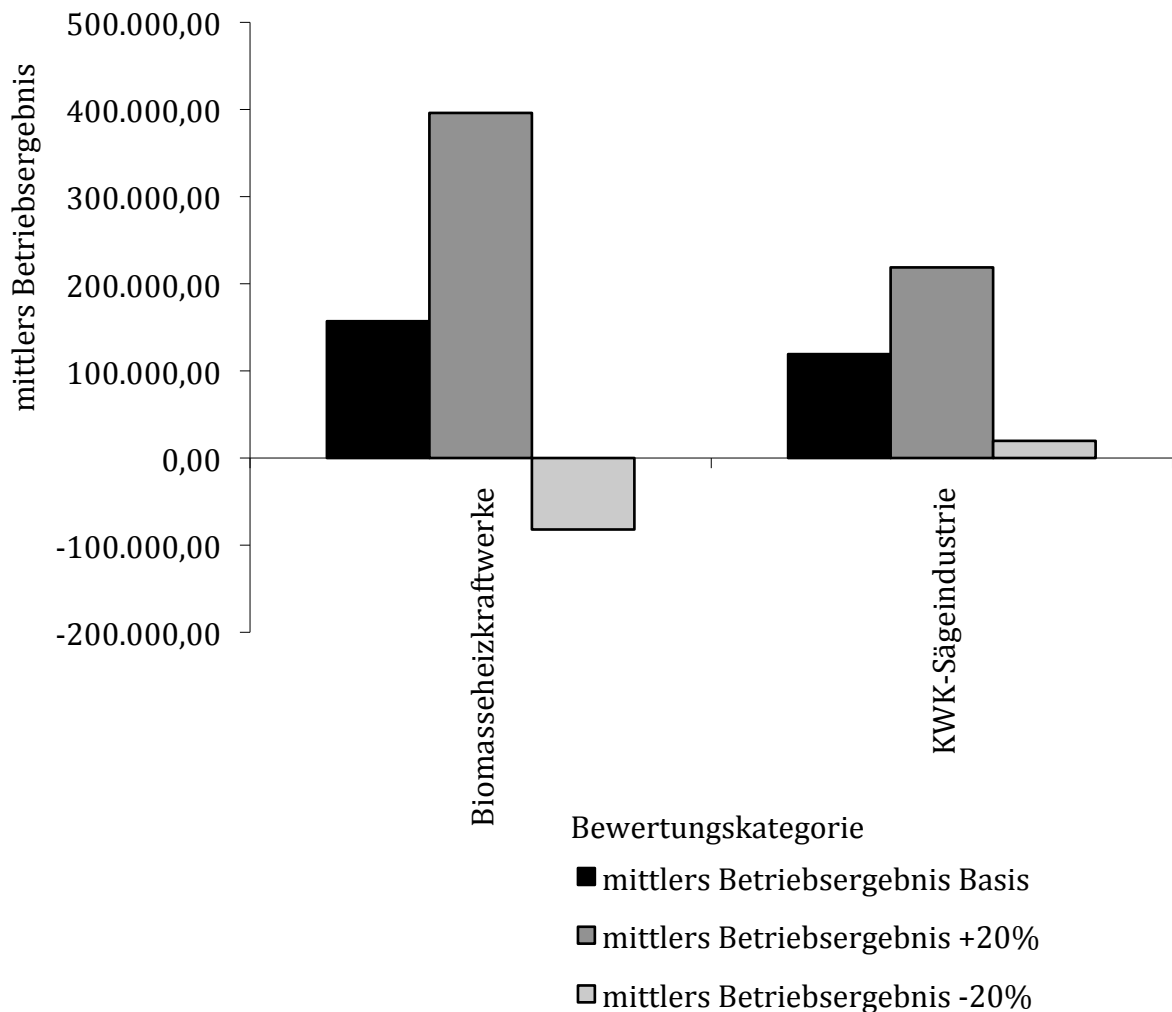
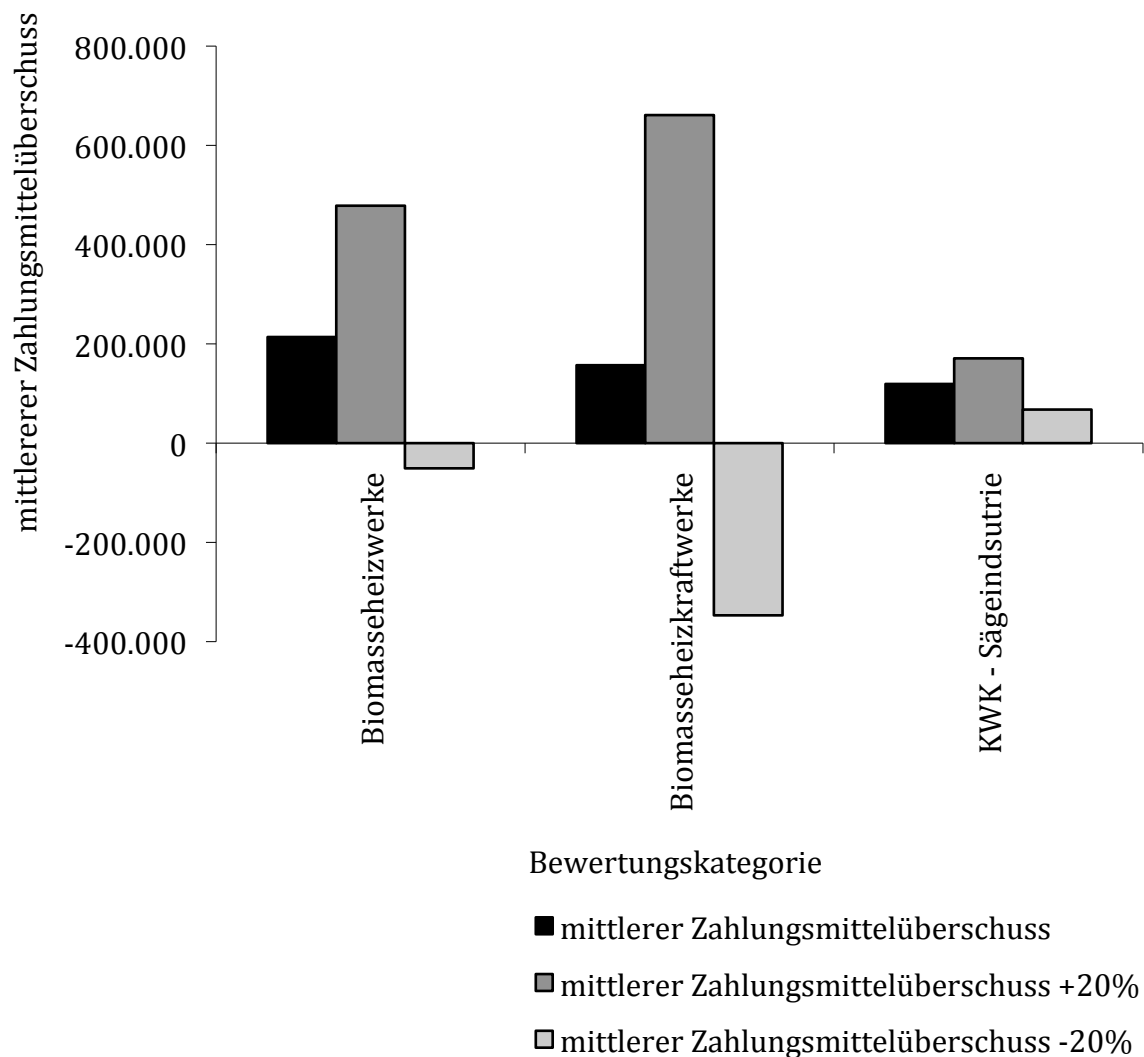


Abbildung 29: Sensitivität der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse bei Veränderung der Stromeinspeisetarife

Im Vergleich zum Ökostromeinspeisetarif ist die Höhe des Wärmeverkaufspreises von einer Reihe von individuellen Faktoren abhängig. Im Wesentlichen sind das aber die Investitionssumme, verbrauchsgebundene Auszahlungen sowie die Anzahl und Struktur der Wärmekunden. Für die Biomasseheizwerke und die Biomasseheizkraftwerke wäre es für die Wirtschaftlichkeit der Anlagen bzw. für die Gestaltung des optimalen Wärme-

verkaufspreises günstig, große Abnehmer mit konstantem Wärmebedarf zu gewinnen (Öffentliche Gebäude, Wohnanlagen). Weiters ist in diesen Bewertungskategorien auch darauf zu achten, dass für die Sommermonate ein alternativer Abnehmer für die Fernwärme benötigt wird. Ein optimaler Wärmeverkaufspreis ist für die Biomasseheizwerke und die Biomasseheizkraftwerke von entscheidender Bedeutung.



Quelle: E.D., 2009

Abbildung 30: Sensitivität der mittleren Zahlungsmittelüberschüsse bei Veränderung des Wärmeverkaufspreises

In den Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie spielt der Wärmeverkaufspreis aufgrund der untergeordneten Bedeutung der Fernwärmeproduktion nur eine geringe Rolle. Trotzdem lässt sich aber aus der Sensitivitätsanalyse erkennen, dass eine Fernwärmeproduktion auch in den Anlagen der Sägindustrie eine interessante Alternative darstellt um die anfallenden Sägenebenprodukte wirtschaftlich zu verwerten. Die Reduktion des Wärmeverkaufspreises von den ursprünglich angenommenen 43 Euro/MWh um

20 Prozent auf 34,4 Euro/MWh würde in den Sägewerken im Vergleich zu den Biomasseheizwerken und den Biomasseheizkraftwerken noch zu einem positiven mittleren Zahlungsmittelüberschuss führen (siehe Abbildung 30).

Risikobeurteilung: Wie aus den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen und den Sensitivitätsanalysen ersichtlich, kann die energetische Verwertung der Sägenebenprodukte in allen drei Bewertungskategorien zu einem positiven Ergebnis führen. Aus den Resultaten der Sensitivitätsanalyse wird aber auch ersichtlich, dass die Verwertung in allen drei Bewertungskategorien auch mit unterschiedlichen Risiken verbunden ist.

In den Biomasseheizwerken stellen die Auslastung der Anlage und die Rahmenbedingungen, die für die Festlegung des Wärmeverkaufspreises von Bedeutung sind, einen wesentlichen Faktor dar, der die Wirtschaftlichkeit eines Projektes wesentlich beeinflusst.

Für die Wirtschaftlichkeit der Biomasseheizkraftwerke spielen neben dem Wärmeverkaufspreis auch die Stromeinspeisetarife eine wichtige Rolle. Die Entwicklung der Einspeisetarife ist schwer prognostizierbar und stellt für diese Bewertungskategorie auch einen riskanten Einflussfaktor dar. Wie aus der Sensitivitätsanalyse in Abbildung 28 erkennbar ist kann eine ungünstige Entwicklung der Ökostromeinspeisetarife die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen massiv beeinflussen. Ein weiterer Faktor der bei den Biomasseheizkraftwerken mit einem gewissen Risiko verbunden ist, sind die Brennstoffauszahlungen. Die Biomasseheizkraftwerke reagieren am stärksten auf eine Veränderung der Brennstoffpreise im Vergleich zu den anderen beiden Bewertungskategorien. Aufgrund der größeren Transportdistanzen und des erhöhten Brennstoffbedarfes ist zum einem auf eine optimale Versorgungsstruktur und zum anderem auf eine richtige Dimensionierung der Anlage zu achten.

Für die dritte Bewertungskategorie, der Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie, sind für die Wirtschaftlichkeit, die Höhe der Investitionsauszahlungen sowie das Vorhandensein einer Investitionsförderung und die möglichst vollständige innerbetriebliche Verwertung der Sägenebenprodukte zum Betrieb der Holztrochungskammern die bedeutendsten Einflussgrößen. Die zusätzliche Einspeisung von Überschussstrom in die öffentlichen Netze bietet sich bei diesen Anlagenkonzepten genauso an wie eine Errichtung eines Fernwärmenetzes. Einerseits lässt sich dadurch das Risiko einer Investitionsentscheidung etwas streuen und zum anderen kann es einen zusätzlichen ökonomischen Output liefern.

8 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die thermische Verwertung der Sägenebenprodukte eine interessante Alternative zur reinen stofflichen Verwertung darstellt. Die Verwertung der Sägenebenprodukte in Biomasseheizwerken, Biomasseheizkraftwerken und in Kraft-Wärme-Kopplungen der Sägeindustrie für energetische Zwecke ist aus wirtschaftlicher Sicht in allen drei Bewertungskategorien positiv zu bewerten. Je nach Rahmenbedingungen lassen sich mit der thermischen Verwertung der Sägenebenprodukte unterschiedliche positive Renditen erwirtschaften. Als Mittelwert für die drei ausgehenden Basisvarianten ergibt sich ein Wert von 7,12 Prozent. Betrachtet über alle Bewertungskategorien und Entwicklungen der Einflussparameter die in den Sensitivitätsanalysen variiert wurden ergibt sich aus insgesamt 41 Varianten ein Medianwert der effektiven Verzinsung von 10,34 Prozent.

Unter der Berücksichtigung, dass die beim Einschnitt von Rundholz in den Sägewerken anfallenden Nebenprodukte über Jahrzehnte lang als „Abfallprodukt“ galten, ist das in vielerlei Hinsicht ein interessantes und diskutables Ergebnis. Die Sägenebenprodukte stellen somit eine wichtige Biomassefraktion, sowohl für die stoffliche als auch die thermische Verwertung in Österreich dar.

Eine Grundlage für diese Entwicklung ist die zunehmende Marktreife der Verwertungstechnologien, für die Verwertung der Sägenebenprodukte zum Zwecke der Energiegewinnung. Seit Beginn der 90er Jahre gab es eine rasante Entwicklung der schadstoffarmen und effizienten Technologien zur Verbrennung von Biomassefestbrennstoffen. In diesem Bereich ist auch noch weiteres technisches und wirtschaftliches Entwicklungspotential vorhanden. Beispielsweise ist die Technologie der Biomassevergasung noch nicht so weit entwickelt wie die der Biomasseverbrennung. Bei Erschließung dieses Potentials kann man zukünftig noch mit weiteren Effizienzsteigerungen rechnen, die schlussendlich auch zu Senkungen auf Seiten der Auszahlungen führen können.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zeigen aber auch, dass die wirtschaftliche Verwertung der Nebenprodukte in den drei Bewertungskategorien deutliche Unterschiede hinsichtlich unterschiedlicher Rahmenbedingungen aufweisen. Erfolgsfaktoren für eine möglichst wirtschaftliche Verwertung der Sägenebenprodukte in den Biomasseheizwerken und Biomasseheizkraftwerken sind, eine hohe Anlagenauslastung, günstige Wärmeverkaufspreise sowie Erhöhungen beim Ökostromeinspeisetarif. Insbesondere bei den Biomasseheizkraftwerken ist darauf zu achten, dass die erhöhten verbrauchsgebundenen Auszahlungen die Wirtschaftlichkeit solcher Projekte deutlich beeinflussen. Insbesondere werden Skalen-Effekte durch die stärkeren finanziellen Belastungen der größeren Anlagen überdeckt. Es sind vor allem die steigenden Auszahlungen die mit dem Transport verbunden sind, die durch das größere Einzugsgebiet bei der Brennstoffversorgung entstehen.

Eines der markantesten Ergebnisse ist damit auch, dass die Verwertung der Sägenebenprodukte in allein stehenden Biomasseheizkraftwerken am verhältnismäßig ungünstigsten erscheint. Zwar ist eine kombinierte Produktion von Wärme und Strom, wie sie in

dezentralen wärmegeführten Biomasseheizkraftwerken durchgeführt wird, aus technischer und ökologischer Sicht eine günstige Variante, doch liegt dessen mittlerer Zahlungsmittelüberschuss mit 157.009 Euro nur knapp über jenem aus dem Anlagenkonzept der Sägeindustrie mit 119.231 Euro. Dies verdeutlicht das vorhandene wirtschaftliche Potential der integrierten energetischen Verwertung der Sägenebenprodukte in der Sägeindustrie, denn für die Sägewerke stellt die Strom- und Wärmeproduktion nur eine Nebenkompetenz dar. Die Opportunitätseinzahlungen, die durch die Selbstversorgung mit Strom und Wärme entstehen, sind der Hauptfaktor für diesen Zahlungsmittelüberschuss. Der Anteil der verkauften Strom- und Wärmeeinzahlungen macht dagegen nur etwa ein Drittel des Zahlungsmittelüberschusses aus. Aus den Resultaten der Sensitivitätsanalysen geht jedoch auch hervor, dass man mit geringen Steigerungen der Strom- und Wärmeabnehmer die Zahlungsmittelüberschüsse deutlich verbessern kann. Derartige Steigerungsraten sind beim Zahlungsmittelüberschuss der allein stehenden Biomasseheizkraftwerke nicht möglich aufgrund des überlagerten Skaleneffektes durch die steigenden verbrauchsgebundenen Auszahlungen. Die Resultate aus dem Vergleich der Bewertungskategorien sprechen für die Vorteilhaftigkeit einer integrierten industriellen Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber einem allein stehenden Biomasseheizkraftwerk. Wie in einer Studie der AUSTRIAN ENERGY AGENCY (2003) erhoben, verwertet der Großteil der Sägewerke die anfallenden Sägenebenprodukte bereits energetisch für den Betrieb der Holztrocknungskammern, aber die Möglichkeiten, selbst als Energieversorger in Erscheinung zu treten, werden nur marginal genutzt. Die Analyse der Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt aber, dass eine zusätzliche Energieproduktion in der Sägeindustrie eine wirtschaftlich interessante Nebenkompetenz darstellen kann.

Es zeigt sich aber auch insgesamt, dass unter den derzeit herrschenden Bedingungen der wirtschaftliche Spielraum für die Biomasseheizkraftwerke vor allem aufgrund der bereits angesprochenen verbrauchsgebundenen Auszahlungen begrenzt ist. Dieses Ergebnis veranschaulicht, dass die Effizienz der Biomassenutzung zu berücksichtigen und in gewisser Weise auch zu hinterfragen ist, vor allem im Hinblick auf eine drohende Rohstoffknappheit. Die steigende Anzahl an Biomasseheizkraftwerken, die in einem höheren Leistungsbereich arbeiten, (10MW_{th} und mehr), benötigt eine entsprechend hohe Menge an Sägenebenprodukten für die Strom- und Wärmeproduktion. Die Erhöhung der Produktionskapazität rechnet sich aber wie aus den Berechnungsergebnissen ersichtlich, nur zum Teil. Bei weiterer Forcierung des Bioenergiesektors ist dieser Frage generell große Bedeutung beizumessen, auch unter dem Blickwinkel, dass diese Entwicklungen negative Effekte in anderen Industriezweigen mit sich führen können.

Die gleiche Diskussion lässt sich auch hinsichtlich der für solche Anlagen gewährten Förderungen führen. Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zeigen, dass bei einer Reduktion der Förderquote von 30 Prozent auf 10 Prozent die Rentabilität der Projekte in allen drei Bewertungskategorien nicht gefährdet wird. Dies zeigt mögliche Spielräume für eine Anpassung des Fördersystems. So könnten mehr Anreize für eine noch effizientere Verwertung der Sägenebenprodukte geschaffen werden um damit der Rohstoffkon-

kurrenz entgegenzuwirken (z.B. Anreize zur Investition in Kraft-Wärme-Kopplungen im industriellen Bereich mit zusätzlicher öffentlicher Fernwärmeversorgung). Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen, dass diese Bewertungskategorie eine etwas stärkere Abhängigkeit vom Fördersystem besitzt, aber auch ein Potential hinsichtlich einer effizienten wirtschaftlichen Verwertung der Sägenebenprodukte verfügt. Mit gezielten Fördersystemen könnte man hier Impulse hinsichtlich einer effizienten Biomassenutzung geben. Ähnliche Überlegungen kann man auch im Bezug auf das Ökostromgesetz anstellen. Das Ökostromgesetz bzw. die Vergütungstarife sind ohnehin häufig Bestandteil von Diskussion, wenn es um Energieeffizienz geht. Auch aus den Resultaten der Sensitivitätsanalysen dieser Arbeit geht hervor, dass im Bezug auf die Höhe und Struktur der Einspeisetarife für Ökostrom aus fester biogener Biomasse ein Anpassungspotential besteht.

Die Ergebnisse zeigen auch auf, dass die typische Wertschöpfungskette der Verwertung der Sägenebenprodukte als Rohstoff in der Papier- und Plattenindustrie mit der Verwertung für energetische Zwecke zunehmend in Konkurrenz steht und sich die eingespielte Reihenfolge der Verwertung der Sägenebenprodukte vom Sägewerk zu den veredelnden Industriezweigen (Papier- und Plattenindustrie) damit durcheinander gebracht hat. Lange Zeit war auf dem durch ein unelastisches Angebotsverhalten seitens der Sägeindustrie gekennzeichnetem Markt für Sägenebenprodukte die Papier- und Plattenindustrie mehr oder weniger in der Lage die Preise für die Nebenprodukte selbst zu bestimmen. Nun gibt es mehrere Nachfrager nach dem Sekundärrohstoff Sägenebenprodukte, wodurch sich das unelastische Angebotsverhalten der Sägeindustrie zunehmend zu einem Nachteil für die Abnehmer entwickelt.

Das mengenmäßige Potential der Sägenebenprodukte ist aus derzeitiger Sicht mehr oder weniger ausgeschöpft und die zunehmende Nachfrage nach Biomasse für energetische Zwecke führt zu Änderungen auf allen Märkten für Biomasse. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auch die Entwicklung bei Pellets zu nennen. Die steigende Nachfrage nach Sägenebenprodukte für die Pelletsproduktion wirkt ebenfalls verstärkend auf die oben genannte Entwicklung.

Abschließend ist noch zu bemerken, dass eine Verwertung von Sägenebenprodukten für energetische Zwecke nicht nur aus betriebswirtschaftlicher Sicht beurteilt werden kann, sondern auch aus volkswirtschaftlicher Sichtweise zu berücksichtigen ist. Fragestellungen, wie sich etwa die zusätzliche energetische Verwertung von Sägenebenprodukten auf die Mobilisierung von Durchforstungsreserven aus den österreichischen Wäldern auswirken kann, oder die Bedeutung der stofflichen Nutzung der Sägenebenprodukte in der Papier- und Plattenindustrie im Bezug auf regionale Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte im Vergleich zur reinen energetischen Nutzung in Biomassekraftwerken, bieten aus heutiger Sicht Raum für weitere Untersuchungen.

9 Literaturverzeichnis

- AGUILAR, F., (2009): Investment preferences for wood-based energy initiatives in the US. Department of Forestry, School of Natural Resources, University of Missouri, 2009 in Energy Policy 37 2009.
- AGRAR PLUS (2009): Faustzahlen und Heizwertäquivalente.
<http://www.agrarplus.at/kennzahlen.heizwerte.php/> 01.05. 2009
- AGRAR PLUS (HG), (2003): Potentiale für biogene Rohstoffe zur energetischen Nutzung. Agrar Plus GmbH, St. Pölten, 2003.
- AUSTRIAN ENERGY AGENCY, (2006a): Basisdaten Bioenergie Österreich. Forschungsbericht, Wien 2006.
- AUSTRIAN ENERGY AGENCY, (2006b): Vorstudie für einen nationalen Biomasseaktions-plan für Österreich, Wien 2006.
- AUSTRIAN ENERGY AGENCY, (2006c): Case: Business opportunities in wood energy production. Präsentationsfolien Kasimir Nemestothy, Wien, 2006.
- AUSTRIAN ENERGY AGENCY, (2003): Machbarkeitsstudie 4% Ökostrom bis 2008-fokussiert auf den Beitrag von, Biomasse-KWK-Anlagen (>5MW_{th}), Endbericht, Wien, 2003.
- AUSTROPAPIER, (2007a): Statistik Rohstoffeinsatz.
http://www.austropapier.at/uploads/media/Rohstoffe_01.pdf/ 02.12.2008
- AUSTROPAPIER, (2007b): Kennzahlen.
<http://www.austropapier.at/index.php?id=81/> 07.12.2008
- AUSTROPAPIER, (2006): Die österreichische Papierindustrie, Improving sustainability, The Annual Report of the Austrian Paper Industry, Wien 2006.
- BERGNER, C., (2005): Machbarkeitsstudie einer Biomasse Kraft-Wärme-Kopplungsanlage in Unterkärnten. Untersuchung, Universität für Bodenkultur, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Institut für Agrar- und Forstökonomie, Wien, 2005.
- BUCAR G., (2006): Dezentrale erneuerbare Energie für bestehende Fernwärmenetze. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien, Wien, 2006.
- BMLFUW (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT), (2006a): Nationaler Biomasseaktionsplan für Österreich, Begutachtungsentwurf, Wien 2006.
- BMLFUW (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT), (2006b): Österreichische Forstwirtschaft Basisinfos.
<http://forst.lebensministerium.at/article/articleview/62732/1/14173/>
02.05.2009
- BMVIT (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE, (2009): Investitionskosten für Kraft-Wärme-Kopplungskonzepte. Informationsunterlagen, E-Mail Auskunft.

- E-CONTROL GmbH, (2009): Ökostromeinspeisetarife 2009.
[http://www.econtrol.at/portal/page/portal/ECONTROL HOME/OKO/EINSPEIS ETARIFE/](http://www.econtrol.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/OKO/EINSPEIS ETARIFE/) 25.02.2009
- E-CONTROL GmbH, (2008): Bericht der Energie Control GmbH gemäß § 25 Abs. 1 Ökostromgesetz, Energie-Control GmbH, Wien, 2008
- ENERGYTECH.AT, (2008): Kraft-Wärme-Kopplung Technologieportrait.
[http://energytech.at/\(de\)/kwk/portrait_kapitel-2_5.html/](http://energytech.at/(de)/kwk/portrait_kapitel-2_5.html/) 08.12.2008
- FACHVERBAND DER ÖSTERREICHISCHEN HOLZINDUSTRIE, (2007): Branchenberichte.
http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?angid=1&stid=312747&dstid=315&pennavid=24196/ 02.12.2008
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS), (2006): FAOSTAT-Forestry 2006. <http://www.fao.org/> 02.05.2009.
- FELBER, G., (2007): Optimierung der Erzeugung von Sägewerkshackgut für die Zellstoffindustrie. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Department für Materialwirtschaften und Prozesstechnik, Institut für Holzforschung, Wien, 2007.
- FELLINGER, A., (2007): Wirtschaftlichkeit von Nahwärmesystemen auf Basis von Biomasse. Präsentationsfolien Strom und Wärme aus Holz. Wien, 2007.
- GEYER, A., HANKE, M., LITTICH, E., und NETTEKOVEN, M.; (2006): Grundlagen der Finanzierung. 2. Auflage, Linde Verlag, Wien, 2008.
- GÖTZE, U., (2002): Investitionsrechnung. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2002.
- HAMMERSCHMID, A., und OBERNBERGER, I., (1999): Dezentrale Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungstechnologien. Potentiale, Einsatzgebiete, technische und wirtschaftliche Bewertung. Schriftreihe Thermische Biomassenutzung, Band 4. Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik, Technische Universität Graz, 1999.
- HENSS, T., (2006): Fernwärme aus Biomasse und kommunale Nachhaltigkeit. Ibidem Verlag, Stuttgart, 2008.
- HIRSCHBERGER, P., (2006): Potenziale der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität.
http://www.wwf.at/downloads/cms_uploaded/studie_biomassenutzung_okt2006_wwf_45ed3d1803070.pdf/ 11.12.2008
- KALT, G., (2006): Perspektiven für die energetische Holznutzung bis 2050 unter Berücksichtigung der stofflichen Verwertung, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Technische Universität Wien, Wien, 2006.
- KALTSCHMITT, M., FISCHER, J., und LANGNICKEL, U., (2002): Bioenergieträger in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2002.
- KAUTZ, C., (2007): Technische Thermodynamik. Kösel Verlag, München, 2007.
- KOMMUNAL KREDIT PUBLIC CONSULTING, (2007): Fördermappe erneuerbare Energieträger.
<http://www.publicconsulting.at/de/portal/ihtreservicesneu/betrieblicheumweltf rderung/> 02.05.2009

- MADLENER, R., und BACHHISEL, M., (2006): Socio-economic drivers of large urban biomass cogeneration: Sustainable energy supply for Austrias capital vienna. Centre of Energy Policy and Economic, Zürich, 2006.
- NICHOLLS, D., ZERBE, J., BERGMANN, R., und CRIMP, P., (2004): Use of Wood Energy for Lumber Drying and Community Heating in Southeast Alaska. United States Department of Agriculture, General Technical Report, 152.
- OBERNBERGER, I., (2000) : Thermische Nutzung fester biogener Brennstoffe. Ingenieurbüro BIOS, Graz, 2000
- OBERNBERGER, I., und STOCKINGER, H., (1998): Systemanalyse der Nahwärmeversorgung mit Biomasse. Schriftreihe Thermische Biomassenutzung, Band 2. Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik, Technische Universität Graz, 1998.
- ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE-VERBAND, (2006): Best Policy für energetische Biomassenutzung.
- ÖSTERREICHISCHES ÖKOSTROMGESETZ, (2006): Bundesgesetzblatt I, Nr. 105.
- PLATTEINDUSTRIE, (2008): Statistik und Kennzahlen. <http://www.platte.at/> 24.11.2008
- PROIDL, H., (2006) : Daten über erneuerbare Energieträger in Österreich 2006. http://www.energyagency.at/publ/pdf/res_dat06.pdf/ 24.11.2008
- RAKOS, C., STARZER, O., und SEDMIDUBSKY, A., (2000): Auswirkungen auf Investitionskosten von Biomasseheizwerken. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Wien, 2000.
- RAKOS, C., (1998): Lessons Learned from the introduction of biomass district heating in Austria. Präsentationsfolien, Austrian Energy Agency, Wien, 1998.
- SCHACHENMANN, M., (2007): Österreichs Papierindustrie kämpft um ihren Rohstoff. Vortragsfolien, Papierholz Austria GmbH, 2007.
- SCHWARZBAUER, P., und STERN, T., (2009): Energy vs. Material. Uses for Wood – Biomass – Economic Impacts of Alternative Scenarios for the Forest – based Sector in Austria.
- SCHWARZBAUER, P., (2007): Angebot von und Nachfrage nach Holzprodukten. Vorlesungsunterlagen Holzmarktlehre, Universität für Bodenkultur, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Institut für Marketing und Innovation, Wien 2007.
- SCHWARZBAUER, P., (2006): Einflüsse von Schadh Holz mengen auf Rohholzpreise. Eine quantitativ-statistische Analyse am Beispiel Österreichs. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung, Ausgabe 1, 2006.
- SEICHT, G., (1997): Investition und Finanzierung. Theoretische Grundlagen und praktische Gestaltung. 9. Auflage, Linde Verlag, Wien, 1997.
- STATISTIK AUSTRIA, (2008): Preisentwicklung Sägenebenprodukte 1983 – 2009.
- STATISTIK AUSTRIA, (2006): Energiebilanzen. Gesamtenergiebilanz 1970 – 2006. http://www.statistik.at/web_de/static/gesamtenergiebilanz_022710.pdf/ 01.11.2008

- STOCKMAYER, M., DUNKEL G., GRUBER, K., KLETZAN, D., KÖPPL, A., SCHLEICHER, S., SEHLING, K., und THENIUS, G., (2005): Kraftwärmekopplung in Österreich. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, 2005.
- UMBERA (UMWELTORIENTIERTE BETRIEBSBERATUNGS-, FORSCHUNGS- UND ENTSORGUNGSGESELLSCHAFT), (2002): Empirische Untersuchung zum Rohstoffpotential für die Herstellung von Holzpellets unter der besonderen Berücksichtigung der strategischen Bedeutung innerhalb der FTE-Aktivitäten auf nationaler und EU-Ebene. Im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Wirtschaft, St. Pölten, 2002.
- UMWELTBUNDESAMT (Hg), (2008): Business to Business relations in der österreichischen Holzwirtschaft. Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2008.
- WIEN ENERGIE, (2006): Projekthandbuch Biomasse Kraftwerk Simmering. Wien Energie GmbH, Projekt-Verlag, Wien, 2006.
- WIENER WARENBÖRSE, (2008): Holzkursblatt Dezember 2008. Wiener Börse AG, Wien, 2008.

10 Anhang

Tabelle 11: Datenmaske der Informationsbefragung

Beschreibung der Anlage:

Grundkonzept (z.B. ORC, Dampfturbine etc.):	
Thermische Leistung (MW)	
Elektrische Leistung (MW)	
Wirkungsgrad thermisch (%)	
Wirkungsgrad elektrisch (%)	
Erzeugte Wärmemenge (MWh/a)	
Erzeugte Strommenge (MWh/a)	
Jahresvollaststunden Wärme (h/a)	
Jahresvollaststunden Strom (h/a)	
Trassenlänge Fernwärmenetz (lkm)	
Anzahl der Wärmeabnehmer	

Brennstoffangaben für das Jahr 2008

	ca. benötigte Menge (srm/a)	durchschnittlicher Bezugspreis (€/srm)	Transportentfernung (km)**
Industriehackgut			
Rinde			
Späne			
Waldhackgut			
Sonstige Sägenebenprodukte			

Investitionskosten (€)	
Zeitpunkt der Errichtung der Anlage (Jahr):	
geschätzte Investitionskosten Anlagentechnik (€)	
geschätzte Investitionskosten für zusätzliche Gebäude/ Grundstücke (€):	
geschätzte Errichtungskosten Fernwärmenetz (€):	
geschätzte Kosten Netzanschluss für Stromeinspeisung (€):	
Sonstige Kosten (€):	
Verbrauchsgebundene Kosten (€/a) 2008	
Lagerkosten (€/a)	
Logistikkosten Brennstoffbesorgung (€/a)	
Sonstige Kosten (€/a)	
Betriebsgebundene Kosten (€/a) 2008	
geschätzte Personalkosten (€/a)	
geschätzte Kosten für Wartung und Instandhaltung (€/a)	
geschätzte Kosten für Versicherung und Verwaltung (€/a)	
geschätzte Kosten für Miete und Pacht (€/a)	
geschätzte sonstige Kosten (€/a)	
Energieproduktion/Förderungen (Jahr 2008)	
verkaufte Wärmemenge (MWh/a)	
durchschnittlicher Wärmeverkaufspreis (€/MWh)	
verkaufte Strommenge (MWh/a)	
Eigenbezug Wärme (MWh/a)	
Eigenbezug Strom (MWh/a)	
Baukostenzuschuss (€)	
Investitionsförderung (€)	

Tabelle 12: Kapitalwert Biomasseheizwerke

Ein- und Auszahlungen in der Periode			t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
			1.323.000	1.323.000	1.323.000	1.323.000	1.323.000	1.323.000	1.323.000
			-710.574	-724.785	-739.281	-754.067	-769.148	-784.531	-800.221
Zinssatz	Kapitalwert	Investition in t0	612.426	598.215	583.719	568.933	553.852	538.469	522.779
0%	3.566.752	-4.410.000	612.426	598.215	583.719	568.933	553.852	538.469	522.779
1%	2.978.422	-4.410.000	606.363	586.428	566.552	546.734	526.971	507.262	487.605
2%	2.452.028	-4.410.000	600.418	574.985	550.052	525.607	501.641	478.145	455.110
3%	1.979.838	-4.410.000	594.589	563.875	534.186	505.490	477.758	450.959	425.067
4%	1.555.197	-4.410.000	588.871	553.083	518.924	486.327	455.226	425.560	397.269
5%	1.172.366	-4.410.000	583.263	542.598	504.238	468.063	433.958	401.814	371.529
6%	826.381	-4.410.000	577.761	532.409	490.102	450.649	413.871	379.600	347.678
7%	512.946	-4.410.000	572.361	522.504	476.489	434.037	394.889	358.805	325.560
8%	228.327	-4.410.000	567.061	512.873	463.375	418.183	376.942	339.327	305.036
9%	-30.723	-4.410.000	561.859	503.505	450.738	403.047	359.966	321.072	285.978

	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15
	1.323.000	1.323.000	1.323.000	1.323.000	1.323.000	1.323.000	1.323.000	1.743.000
	-816.226	-832.550	-849.201	-866.185	-883.509	-901.179	-919.203	-937.587
	506.774	490.450	473.799	456.815	439.491	421.821	403.797	805.413
0%	506.774	490.450	473.799	456.815	439.491	421.821	403.797	805.413
1%	467.997	448.438	428.924	409.454	390.026	370.638	351.289	693.742
2%	432.527	410.386	388.680	367.399	346.536	326.081	306.028	598.434
3%	400.052	375.889	352.551	330.013	308.250	287.239	266.957	516.964
4%	370.295	344.583	320.081	296.738	274.505	253.335	233.183	447.217
5%	343.005	316.148	290.871	267.090	244.725	223.701	203.945	387.417
6%	317.956	290.296	264.567	240.644	218.413	197.766	178.600	336.071
7%	294.947	266.772	240.855	217.029	195.139	175.041	156.599	291.919
8%	273.794	245.347	219.460	195.920	174.528	155.103	137.477	253.900
9%	254.333	225.817	200.138	177.031	156.254	137.589	120.835	221.117

Tabelle 13: Entwicklung der Auszahlungsströme und der Zahlungsmittelüberschüsse Biomasseheizwerke

Zinssatz 3%	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Annuitätenfaktor	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
kapitalgebundenen Auszahlungen	4.410.000	4.410.000	4.410.000	4.410.000	4.410.000	4.410.000	4.410.000	4.410.000
verbrauchsgebundene Auszahlungen	247.566	240.356	233.355	226.558	219.959	213.553	207.333	201.294
Zwischensumme	4.951	492.874	736.087	977.367	1.216.874	1.454.765	1.691.193	1.926.312
Summe verbrauchsgebundene Auszahlungen	252.518	502.731	750.808	996.914	1.241.212	1.483.860	1.725.017	1.964.838
betriebsgebundene Auszahlungen	385.339	374.116	363.219	352.640	342.369	332.397	322.716	313.317
Zwischensumme	7.706	767.162	1.145.725	1.521.280	1.894.075	2.264.354	2.632.358	2.998.322
Summe betriebsgebundene Auszahlungen	393.046	782.506	1.168.640	1.551.706	1.931.957	2.309.642	2.685.005	3.058.288
mittlere jährliche kapitalgebundene Auszahlungen	369.410	369.410	369.410	369.410	369.410	369.410	369.410	369.410
mittlere jährliche verbrauchsgebundene Auszahlungen	21.152	42.112	62.892	83.508	103.972	124.297	144.498	164.587
mittlere jährliche betriebsgebundene Auszahlungen	32.924	65.547	97.893	129.981	161.833	193.470	224.913	256.182
Summe Auszahlungen	423.487	477.070	530.196	582.899	635.216	687.179	738.823	790.180

Zinssatz 3%	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15
Annuitätenfaktor	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
kapitalgebundenen Auszahlung	4.410.000	4.410.000	4.410.000	4.410.000	4.410.000	4.410.000	3.990.000
verbrauchsgebundene Auszahlungen	195.431	189.739	184.213	178.847	173.638	168.581	163.671
Zwischensumme	2.160.270	2.393.215	2.625.292	2.856.645	3.087.416	3.317.746	3.547.771
Summe verbrauchsgebundene Auszahlungen	2.203.475	2.441.079	2.677.798	2.913.778	3.149.165	3.384.101	3.618.727
betriebsgebundene Auszahlungen	304.191	295.331	286.729	278.378	270.270	262.398	254.755
Zwischensumme	3.362.479	3.725.060	4.086.290	4.446.393	4.805.591	5.164.100	5.522.137
Summe betriebsgebundene Auszahlungen	3.429.729	3.799.561	4.168.015	4.535.321	4.901.702	5.267.382	5.632.580
mittlere jährliche kapitalgebundene Auszahlungen	369.411	369.411	369.411	369.411	369.411	369.411	334.229
mittlere jährlich verbrauchsgebundene Auszahlungen	184.578	204.481	224.310	244.077	263.795	283.475	303.128
mittlere Jährliche betriebsgebundene Auszahlungen	287.297	318.276	349.140	379.908	410.599	441.231	471.822
Summe Auszahlungen	841.285	892.168	942.861	993.396	1.043.804	1.094.116	1.109.179
Summe Einzahlungen							1.323.000
Mittlerer Zahlungsmittelüberschuss							213.821

Tabelle 14: Kapitalwert Biomasseheizkraftwerke

Ein- und Auszahlungen in der Periode			t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
			3.773.880	3.773.880	3.773.880	3.773.880	3.773.880	3.773.880	3.773.880
			2.407.700	2.455.854	2.504.971	2.555.071	2.606.172	2.658.295	2.711.461
Zinssatz	Kapitalwert	Investition in t0	1.366.180	1.318.026	1.268.909	1.218.810	1.167.708	1.115.585	1.062.419
0%	5.128.840	-10.878.000	1.366.180	1.318.026	1.268.909	1.218.810	1.167.708	1.115.585	1.062.419
1%	3.993.653	-10.878.000	1.352.653	1.292.056	1.231.591	1.171.252	1.111.034	1.050.931	990.937
2%	2.975.989	-10.878.000	1.339.392	1.266.845	1.195.721	1.125.992	1.057.629	990.607	924.899
3%	2.061.278	-10.878.000	1.326.388	1.242.366	1.161.231	1.082.896	1.007.275	934.285	863.844
4%	1.236.979	-10.878.000	1.313.635	1.218.589	1.128.055	1.041.843	959.771	881.663	807.351
5%	492.268	-10.878.000	1.301.124	1.195.488	1.096.131	1.002.718	914.930	832.466	755.041
6%	-182.216	-10.878.000	1.288.849	1.173.038	1.065.400	965.411	872.579	786.443	706.569
7%	-794.588	-10.878.000	1.276.804	1.151.215	1.035.808	929.824	832.560	743.361	661.621
8%	-1.351.896	-10.878.000	1.264.981	1.129.995	1.007.301	895.861	794.723	703.008	619.911

	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15
	3.773.880	3.773.880	3.773.880	3.773.880	3.773.880	3.773.880	3.773.880	4.809.880
	2.765.690	2.821.004	2.877.424	2.934.973	2.993.672	3.053.546	3.114.617	3.176.909
	1.008.190	952.876	896.456	838.907	780.208	720.334	659.263	1.632.971
0%	1.008.190	952.876	896.456	838.907	780.208	720.334	659.263	1.632.971
1%	931.046	871.252	811.550	751.932	692.395	632.931	573.535	1.406.559
2%	860.480	797.324	735.406	674.702	615.188	556.842	499.639	1.213.321
3%	795.874	730.300	667.047	606.044	547.222	490.513	435.851	1.048.142
4%	736.674	669.478	605.613	544.938	487.315	432.614	380.708	906.731
5%	682.382	614.232	550.346	490.492	434.449	382.009	332.973	785.487
6%	632.551	564.006	500.576	441.926	387.739	337.721	291.593	681.382
7%	586.775	518.301	455.713	398.559	346.422	298.913	255.674	591.864
8%	544.693	476.675	415.232	359.793	309.831	264.865	224.453	514.781

Tabelle 15: Entwicklung der Auszahlungen und des mittleren Zahlungsüberschusses; Biomasseheizkraftwerke

Zinssatz 3%	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Annuitätenfaktor	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
kapitalgebundene Auszahlungen	10.878.000	10.878.000	10.878.000	10.878.000	10.878.000	10.878.000	10.878.000	10.878.000
verbrauchsgebundene Auszahlungen	1.330.097	1.291.356	1.253.744	1.217.227	1.181.774	1.147.353	1.113.935	1.081.490
Zwischensumme	26.601	2.648.055	3.954.760	5.251.083	6.537.878	7.815.989	9.086.244	10.349.460
Summe verbrauchsgebundene Auszahlungen	1.356.699	2.701.016	4.033.855	5.356.104	6.668.636	7.972.309	9.267.969	10.556.449
betriebsgebundene Auszahlungen	950.504	922.820	895.941	869.846	844.511	819.913	796.032	772.847
Zwischensumme	19.010	1.892.335	2.826.123	3.752.492	4.672.054	5.585.408	6.493.150	7.395.860
Summe betriebsgebundene Auszahlungen	969.514	1.930.181	2.882.646	3.827.542	4.765.495	5.697.117	6.623.013	7.543.777
mittleren jährlichen kapitalgebundene Auszahlungen	911.212	911.212	911.212	911.212	911.212	911.212	911.212	911.212
mittleren jährliche verbrauchsgebundene Auszahlungen	113.646	226.254	337.902	448.662	558.608	667.813	776.346	884.277
mittlere jährlichen betriebsgebundene Auszahlungen	81.212	161.684	241.469	320.620	399.189	477.228	554.787	631.916
Summe Auszahlungen	1.106.071	1.299.152	1.490.584	1.680.495	1.869.010	2.056.254	2.242.346	2.427.407

Zinssatz 3%	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15
Annuitätenfaktor	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
kapitalgebundene Auszahlungen	10.878.000	10.878.000	10.878.000	10.878.000	10.878.000	10.878.000	9.842.000
verbrauchsgebundene Auszahlungen	1.049.991	1.019.409	989.717	960.890	932.903	905.731	879.351
Zwischensumme	11.606.441	12.857.978	14.104.855	15.347.842	16.587.703	17.825.188	19.061.043
Summe verbrauchsgebundene Auszahlungen	11.838.569	13.115.138	14.386.952	15.654.799	16.919.457	18.181.692	19.442.263
betriebsgebundene Auszahlungen	750.337	728.483	707.265	686.665	666.665	647.248	628.396
Zwischensumme	8.294.115	9.188.480	10.079.515	10.967.770	11.853.790	12.738.114	13.621.271
Summe betriebsgebundene Auszahlungen	8.459.997	9.372.250	10.281.105	11.187.125	12.090.866	12.992.876	13.893.697
mittlere jährliche kapitalgebundene Auszahlungen	911.213	911.213	911.213	911.213	911.213	911.213	824.431
mittlere jährliche verbrauchsgebundene Auszahlungen	991.676	1.098.610	1.205.146	1.311.349	1.417.285	1.523.018	1.628.612
mittlere jährlichen betriebsgebundene Auszahlungen	708.665	785.081	861.213	937.107	1.012.811	1.088.369	1.163.827
Summe Auszahlungen	2.611.554	2.794.904	2.977.572	3.159.669	3.341.308	3.522.600	3.616.870
Summe Einzahlungen							3.773.880
mittlerer Zahlungsmittelüberschuss							157.010

Tabelle 16: Kapitalwert Kraft-Wärme-Kopplung Sägeindustrie

Ein- und Auszahlungen in der Periode			t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
			1.247.939	1.247.939	1.247.939	1.247.939	1.247.939	1.247.939	1.247.939
			785.018	800.718	816.732	833.067	849.728	866.723	884.057
Zinssatz	Kapitalwert	Investition in t0	462.922	447.221	431.207	414.872	398.211	381.216	363.882
0%	1.976.786	-3.500.000	462.922	447.221	431.207	414.872	398.211	381.216	363.882
1%	1.587.436	-3.500.000	458.338	438.409	418.525	398.684	378.884	359.123	339.399
2%	1.238.396	-3.500.000	453.845	429.855	406.336	383.278	360.672	338.509	316.781
3%	924.674	-3.500.000	449.439	421.549	394.615	368.609	343.500	319.263	295.869
4%	641.970	-3.500.000	445.117	413.481	383.341	354.635	327.300	301.281	276.520
5%	386.574	-3.500.000	440.878	405.643	372.493	341.317	312.009	284.470	258.604
6%	155.275	-3.500.000	436.719	398.025	362.050	328.618	297.566	268.743	242.002
7%	-54.708	-3.500.000	432.637	390.620	351.993	316.504	283.919	254.021	226.607
8%	-245.796	-3.500.000	428.631	383.420	342.306	304.944	271.016	240.231	212.322

	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15
	1.247.939	1.247.939	1.247.939	1.247.939	1.247.939	1.247.939	1.247.939	1.581.273
	901.739	919.773	938.169	956.932	976.071	995.592	1.015.504	1.035.814
	346.201	328.166	309.771	291.007	271.869	252.347	232.435	545.459
0%	346.201	328.166	309.771	291.007	271.869	252.347	232.435	545.459
1%	319.711	300.055	280.431	260.837	241.270	221.728	202.210	469.830
2%	295.479	274.595	254.120	234.046	214.367	195.073	176.157	405.284
3%	273.294	251.512	230.498	210.230	190.683	171.836	153.667	350.109
4%	252.966	230.565	209.270	189.033	169.808	151.553	134.226	302.874
5%	234.322	211.539	190.172	170.146	151.387	133.825	117.396	262.375
6%	217.211	194.241	172.974	153.299	135.110	118.310	102.806	227.601
7%	201.492	178.501	157.472	138.255	120.713	104.715	90.142	197.699
8%	187.042	164.165	143.484	124.808	107.963	92.788	79.135	171.951

Tabelle 17: Entwicklung der Auszahlungen und des mittleren Zahlungsmittelüberschusses Kraft-Wärme-Kopplung Sägeindustrie

Zinssatz 3%	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Annuitätenfaktor	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
kapitalgebundenen Auszahlungen	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000
verbrauchsgebundene Auszahlungen	399.356	387.725	376.432	365.468	354.823	344.488	334.455	324.714
Zwischensumme	7.987	795.069	1.187.402	1.576.619	1.962.975	2.346.723	2.728.113	3.107.389
Gesamten verbrauchsgebundene Auszahlungen	407.344	810.970	1.211.151	1.608.151	2.002.234	2.393.657	2.782.675	3.169.537
betriebsgebundenen Auszahlungen	305.825	296.917	288.269	279.873	271.721	263.807	256.123	248.664
Zwischensumme	6.116	608.859	909.306	1.207.365	1.503.234	1.797.107	2.089.173	2.379.620
Gesamten betriebsgebundene Auszahlungen	311.941	621.036	927.492	1.231.513	1.533.299	1.833.049	2.130.956	2.427.213
mittlere jährliche kapitalgebundene Auszahlungen	293.183	293.183	293.183	293.183	293.183	293.183	293.183	293.183
mittlere jährliche verbrauchsgebundene Auszahlungen	34.121	67.932	101.453	134.709	167.720	200.508	233.095	265.501
mittlere jährliche betriebsgebundene Auszahlungen	26.130	52.022	77.692	103.159	128.439	153.548	178.502	203.319
Summe Auszahlung	353.435	413.137	472.329	531.052	589.342	647.239	704.781	762.004

Zinssatz 3%	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15
Annuitätenfaktor	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
kapitalgebundenen Auszahlung	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.166.667
Verbrauchsgebundene Auszahlungen	315.256	306.074	297.159	288.504	280.101	271.943	264.022
Zwischensumme	3.484.793	3.860.563	4.234.933	4.608.136	4.980.399	5.351.950	5.723.011
Gesamten verbrauchsgebundene Auszahlungen	3.554.489	3.937.774	4.319.632	4.700.298	5.080.007	5.458.989	5.837.471
betriebsgebundene Auszahlungen	241.421	234.390	227.563	220.935	214.500	208.252	202.187
Zwischensumme	2.668.634	2.956.396	3.243.087	3.528.883	3.813.961	4.098.492	4.382.648
Gesamten betriebsgebundenen Auszahlungen	2.722.007	3.015.524	3.307.949	3.599.461	3.890.240	4.180.462	4.470.301
mittlere jährlichen kapitalgebundene Auszahlungen	293.183	293.183	293.183	293.183	293.183	293.183	265.261
mittlere jährliche verbrauchsgebundene Auszahlungen	297.747	329.854	361.841	393.728	425.535	457.281	488.985
mittlere jährliche betriebsgebundene Auszahlungen	228.013	252.600	277.096	301.515	325.872	350.183	374.462
Summe Auszahlungen	818.944	875.637	932.119	988.426	1.044.590	1.100.647	1.128.708
Summe Einzahlungen							1.247.939
Mittlerer Zahlungsmittelüberschuss							119.232