

Masterarbeit

Logistik- und Produktionscontrolling für Biomasseheizkraftwerke

**Vorgehensweisen, Softwarelösungen und
Balanced Scorecard**

eingereicht an der

Montanuniversität Leoben

erstellt am

Lehrstuhl Industrielogistik

Vorgelegt von:

Gerald Aigner
0635226

Betreuer/Gutachter:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Helmut Zsifkovits

Leoben, 06.02.2013

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Gerald Aigner

Leoben, 06.02.2013

Danksagung

Dem Vorstand des Institutes für Industrielogistik Herrn Univ.-Prof. Mag. Dr. Helmut Zsifkovits danke ich für die Möglichkeit der Durchführung dieser Masterarbeit am Institut für Industrielogistik, die Betreuung der Arbeit und für die Lehre im Studium der vergangenen Jahre.

Ebenso gilt mein Dank Dipl.-Ing. Christian Rohrmoser für seine Mitwirkung bei der Projektentwicklung, der Unterstützung und Förderung meiner Person in den vergangenen Jahren und für die sich daraus entwickelte Freundschaft.

Ein weiterer Dank gilt auch den nicht namentlich erwähnten Personen, die zur Entstehung und guten Gelingen dieser Masterarbeit beigetragen haben.

Zu guter Letzt möchte ich mich von ganzem Herzen bei meinen Eltern Peter und Irma Aigner für ihre Unterstützung der Zeit vor und während des Studiums, sowie dem Vorleben und Vermitteln fester Wertvorstellungen im Leben bedanken. Meinen beiden Geschwistern Peter und Silvia danke ich ebenfalls für die Unterstützung ihres kleinen Bruders.

Kurzfassung

In dieser Arbeit werden die Themen des Logistik- und Produktionscontrollings bei Biomasseheizkraftwerken erörtert und sie soll auch als Leitfaden für die Einführung, Umsetzung und Verbesserung bereits bestehender Controllinginstrumente verstanden werden. Gleichzeitig gibt sie durch die analysierten Ergebnisse einen Einblick in die Zustände der betrachteten Werke. Weiters werden aus logistischer Sicht heraus die Besonderheiten, Herausforderungen und Lösungsansätze bei Heizkraftwerken fokussiert betrachtet. Somit richtet sich die Arbeit sowohl an Logistiker als auch an Personen im Umfeld von Biomasseheiz(kraft)werken.

Die Arbeit ist in zwei Teile gegliedert. Im ersten Teil wird die Theorie zu den Themen Biomasse, Heizkraftwerke sowie die Balanced Scorecard abgehandelt.

Das erste Kapitel des zweiten Teils dieser Arbeit beschäftigt sich mit dem Thema des Logistikcontrollings. Dabei werden die Vorgehensweise und die Methodik des eingesetzten IT-Systems erklärt und gleichzeitig werden auch die Ergebnisse, die unter zu Hilfenahme dieses IT-Systems berechnet wurden, präsentiert und erörtert.

Das Kapitel des Produktionscontrollings beschäftigt sich anschließend mit dem Themen der Wärme- und Stromproduktion sowie dem Verkauf an Kunden und der Stromeinspeisung. Neben der technischen Erklärung des Controllingystems wird dabei aufgrund der Marktsituation auch eine Marktanalyse eines solchen Produkts dargestellt. In diesem Kapitel sollen neben den Ergebnissen der Analyse auch ein Leitfaden gegeben werden, wie bei der Umsetzung eines solchen Systems vorgegangen werden soll und welche Faktoren beachtet werden müssen.

Abschließend erfolgt mittels einer eigens entwickelten Bioenergie Balanced Scorecard eine Gesamtbetrachtung der Kennzahlen und des Zustandes von Werken. Diese soll dazu dienen auf Basis der beiden eingesetzten Systeme die darin berechneten Zahlen zu aggregieren und somit für verschiedene Bereiche eines Werkes einen Gesamtüberblick bieten. Durch die Konzentration auf einige wenige und aussagekräftige Zahlen, jedoch bis ins Detail vorhandene Daten die jederzeit eine Nachverfolgung der Umstände erlauben, ist es möglich diese Balanced Scorecard als Benchmark-Instrument für verschiedene Werke zu benutzen.

Abstract

This thesis discusses aspects of logistics controlling and production controlling for biomass power plants and should be understood as a guideline for the implementation and improvement of already existing controlling systems. Using the analyzed results, this gives an inside in the state of the affairs of the examined plants. From a logistic-based point of view this thesis focuses on the characteristics, challenges and solution approaches for combined heat and power plants. Therefore this thesis is addressed to logisticians and persons involved in biomass power plants.

The thesis is divided into two main parts. In the first one the topics biomass, biomass power plants as well as balanced scorecard are discussed.

The first chapter of the second part contains a case study about logistics controlling. The approach and methodology of the used IT system is explained and based on this the gathered results using this system are displayed and discussed.

The following chapter called Production Controlling contains aspects about the generation, the retail as well as the sales of heat and electricity. Beside of technical explanations of the controlling system also the market situation and the market research are discussed. This chapter should present the delivered results and gives a guideline how to proceed the implementation of such a system and which factors therefore have to be considered.

A customized bioenergy balanced scorecard provides an overall view of the key performance indicators and the state of affairs of the plants.

Based on the two applied systems the balanced scorecard should serve to aggregate the calculated figures and therefore provides a comprehensive view of different areas of a power plant. The balanced scorecard contains only a few significant key performance indicators which can always be analyzed in detail because of the used systems.

Due to this it is possible to use this balanced scorecard as a benchmarking tool for various plants.

Inhaltsverzeichnis

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	I
DANKSAGUNG	II
KURZFASSUNG	III
ABSTRACT	IV
INHALTSVERZEICHNIS	V
TABELLENVERZEICHNIS	VII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VIII
1 EINLEITUNG	1
1.1 ENERGIEERZEUGUNG UND BRUTTOINLANDSVERBRAUCH	1
1.2 ERNEUERBARE-ENERGIEN-RICHTLINIE	5
1.3 BIOMASSE UND BIOMASSEANLAGEN IN ÖSTERREICH.....	7
1.4 FERNWÄRME	12
2 ZIELSETZUNG	14
A) THEORETISCHE GRUNDLAGEN	15
3 BIOMASSE	15
3.1 WICHTIGE SORTIMENTE UND QUALITÄTSMERKMALE	16
3.2 BRENNSTOFFZUSAMMENSETZUNG UND BRENNSTOFFTECHNISCHE EIGENSCHAFTEN	21
4 HEIZKRAFTWERKE	23
4.1 TECHNIK.....	23
4.2 FEUERUNGEN	25
4.3 ABGASREINIGUNG- UND KONDENSATION	26
4.3.1 Zyklon.....	26
4.3.2 Elektrofilter.....	27
4.3.3 Abgaskondensation.....	28
4.4 STROMERZEUGUNG.....	29
4.4.1 ORC-Prozesse.....	30
4.5 LOGISTIK BEI BIOMASSEHEIZKRAFTWERKEN	32
4.5.1 Ist-Zustand des Logistikverständnisses bei Biomassewerken	32
4.5.2 Praktische Umsetzung der Logistik bei Biomassewerken.....	33
5 BALANCED SCORECARD	36
5.1 BALANCED SCORECARD ALS INSTRUMENT DES LOGISTIKCONTROLLING.....	36
5.2 AUFBAU DER BALANCED SCORECARD	37
5.3 KUNDENPERSPEKTIVE	38
5.4 INTERNE PERSPEKTIVE	38
5.5 INNOVATIONS- UND WISSENSPERSPEKTIVE	39
5.6 FINANZWIRTSCHAFTLICHE PERSPEKTIVE	39
5.7 DIE SUSTAINABILITY BALANCED SCORECARD DER ÖSTERREICHISCHEN BUNDESFORSTE.....	39
B) PROJEKTE ZU LOGISTIK- UND PRODUKTIONSCONTROLLING FÜR BIOMASSEHEIZKRAFTWERKE	41
6 BESCHREIBUNG DES ANALYSIERTEN WERKES	41
7 LOGISTIKCONTROLLING	43
7.1 ERMITTLUNG VON BRENNSTOFFPREISEN MITTELS EINES LOGISTIK CONTROLLING SYSTEMS	43

7.1.1	<i>Ausgangssituation</i>	43
7.1.2	<i>Ziel</i>	43
7.1.3	<i>Vorgehensweise</i>	44
7.1.4	<i>Analyse</i>	45
7.1.5	<i>Ergebnisse</i>	50
7.1.6	<i>Resümee und Empfehlungen</i>	50
8	PRODUKTIONSCONTROLLING	52
8.1	BETRIEBSDATENANALYSE MITTELS EINES BIOENERGIE CONTROLLINGSYSTEMS.....	52
8.1.1	<i>Ausgangssituation</i>	52
8.1.2	<i>Ziel</i>	52
8.1.3	<i>Vorgehensweise</i>	53
8.1.3.1	Marktanalyse.....	54
8.1.3.2	Technische Realisierungen und Aufbau des Systems	57
8.1.3.3	Funktionsweise des Systems	58
8.1.4	<i>Analyse</i>	59
8.1.5	<i>Ergebnisse</i>	65
8.1.6	<i>Resümee und Empfehlungen</i>	65
9	BIOENERGIE BALANCED SCORECARD FÜR BMH(K)W	67
9.1	AUSGANGSSITUATION.....	67
9.2	ZIEL	67
9.3	VORGEHENSWEISE UND ANALYSE.....	67
9.4	ERGEBNISSE.....	69
9.5	RESÜMEE UND EMPFEHLUNGEN	71
10	LITERATURVERZEICHNIS	72
11	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	74
12	GLOSSAR	76
12.1	BEGRIFFSBESTIMMUNGEN NACH ÖNORM M 7132.....	76
12.2	MABEINHEITEN NACH ÖNORM M 7132	76
12.3	SONSTIGE BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	76
13	ANHANG	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Inländische Energieerzeugung von Rohenergie in Österreich 2010 nach Energieträgern (Datenquelle: Statistik Austria).....	2
Tabelle 2: Berechnung des Bruttoinlandsverbrauches nach dem Aufkommen (in Anlehnung an Statistik Austria)	3
Tabelle 3: Berechnung des Bruttoinlandsverbrauches nach dem Einsatz (in Anlehnung an Statistik Austria)	3
Tabelle 4: Gesamtenergiebilanz 2010 in Österreich nach Energieträgern (Datenquelle: Statistik Austria)	5
Tabelle 5: Endenergiebereitstellung erneuerbarer Energien in Österreich 2010 (Datenquelle: Statistik Austria)	7
Tabelle 6: Vermiedene CO ₂ -Äquivalent Emissionen in Österreich 2010 durch erneuerbare Energien (exkl. Großwasserkraft > 10 MW) (Datenquelle: Lebensministerium)	8
Tabelle 7: Primäre Umsatz- und Arbeitsplatzgewinne aus den Investitionen und dem Betrieb von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie in Österreich 2010 (Quelle: Lebensministerium)9	9
Tabelle 8: Anzahl und Leistung von Hackgutfeuerung in Österreich 2011 nach Bundesländern (Quelle Landwirtschaftskammer Niederösterreich).....	10
Tabelle 9: Nahwärme aus Biomasse in Niederösterreich 2010 (Quelle: Amt der Niederösterreichischen Landesregierung)	11
Tabelle 10: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern in Österreich 2010 (Datenquelle: Statistik Austria)	13
Tabelle 11: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger für Salzburg, Steiermark und Kärnten 2010 (Datenquelle: Statistik Austria).....	13
Tabelle 12: Daten zum Heizkraftwerk G (Quelle: Autor)	42
Tabelle 13: Technische Daten zu Heizkraftwerk K (Quelle: Autor).....	46
Tabelle 14: Einkaufs- und Kostenübersicht Heizkraftwerk G (Quelle: Autor)	47
Tabelle 15: Einkaufs- und Kostenübersicht Heizkraftwerk K (Quelle: Autor).....	48
Tabelle 16: Erfolgsrechnung des HKW G (Quelle: Autor)	63
Tabelle 17: Produktionsübersicht und Bilanzauswertung des HKW G (Quelle: Autor).....	64
Tabelle 18: Anonymisiert Betriebsdaten beispielhafter Biomassenahwärmeanlagen (Quelle: LEV)	93

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteile der Energieträger an der inländischen Erzeugung von Rohenergie in Österreich 2010 (Datenquelle: Statistik Austria)	2
Abbildung 2: Anteile am Bruttoinlandsverbrauch 2010 in Österreich nach Energieträgern (Datenquelle: Statistik Austria).....	4
Abbildung 3: Anteile an Endenergiebereitstellung erneuerbarer Energien in Österreich 2010 (Datenquelle: Statistik Austria).....	6
Abbildung 4: Standorte von Biomasseheizwerken und -kraftwerken in Österreich, Stand 2010 (Quelle: Landwirtschaftskammer Niederösterreich).....	10
Abbildung 5: Geschlossener Kreislauf des Holzes (Quelle: Autor).....	15
Abbildung 6: Waldhackgut (Quelle: Autor)	17
Abbildung 7: Waldhackgut nach mehr als 5 Monaten Einlagerung (Quelle: Autor)	18
Abbildung 8: Lagerplatz mit unterschiedlichen Sortimenten (I) (Quelle: Autor)	18
Abbildung 9: Lagerplatz mit unterschiedlichen Sortimenten (II) (Quelle: Autor).....	19
Abbildung 10: Industriehackgut von nicht endrindeten Holz direkt aus dem Sägewerk (Quelle: Autor).....	20
Abbildung 11: Bildung und mittlere Zusammensetzung der Pflanzensubstanz (Quelle: Kaltschmitt et al. (2009), S. 42)	21
Abbildung 12: Darstellung der verschiedenen Stufen einer Verbrennung und räumliche Zuordnung dieser Phasen in einer Rostfeuerung (Quelle: Obernberger (2005), S. 146).....	24
Abbildung 13: Vorschubrostfeuerung (Quelle: Kaltschmitt et al. (2009), S. 504)	26
Abbildung 14: Schema eines Zyklons mit Anordnung zum Multizyklon (m Partikelmasse; v Partikelgeschwindigkeit; r Radius) (Quelle: Kaltschmitt et al. (2009), S. 535)	27
Abbildung 15: Fraktionsabscheidegrad verschiedener Staubabscheidesysteme (Quelle: Kaltschmitt et al. (2009), S. 537).....	28
Abbildung 16: Darstellung einer Rauchgaskondensationsanlage (Quelle: Obernberger (2005), S. 129).....	29
Abbildung 17: Schematische Darstellung eines ORC-Prozesses bei einem Biomasse-KWK (Quelle: Bini et al., S. 5)	31
Abbildung 18: Logistikkette eines Biomassewerkes mit dazugehörigen Material- und Informationsfluss (in Anlehnung an: Obernberger et al. (2005), S. 58).....	35
Abbildung 19: Perspektivensicht der Balanced Scorecard (in Anlehnung an Kaplan, Norton (2009)).....	37
Abbildung 20: Sustainability Balanced Scorecard der ÖBf AG ab 2010 (in Anlehnung an: ÖBf (2010))	40
Abbildung 21: Aufbau und Zusammenspiel der Excel-Mappen in BioLS (Quelle: Autor)	45
Abbildung 22: Kosten pro Sortiment Heizkraftwerk G 9/2001-8/2012 (Quelle: Autor).....	49
Abbildung 23: Kosten pro Lieferant Heizkraftwerk K 1/2012-12/12 (Quelle: Autor)	49
Abbildung 24: Kosten pro Lieferant Heizkraftwerk G 8/2011-9/2012 (Quelle: Autor)	50
Abbildung 25: Porter's Five Forces für die OEM (Quelle: Autor)	55
Abbildung 26: SWOT-Analyse für BioCS und die OEM (Quelle: Autor)	56
Abbildung 27: Aufbau des Bioenergie Controllingsystems BioCS beim Heizwerk G (Quelle: Autor)	57
Abbildung 28: Wärmeerzeugung nach Monat und Erzeuger im HKW G (Quelle: Autor)	60
Abbildung 29: Vergleich Wärmeerzeugung quartalsweise und Erzeugern im HKW G (Quelle: Autor) ..	60
Abbildung 30: Vergleich Stromerzeugung quartalsweise im HKW G (Quelle: Autor)	61

Abbildung 31: Wärmeabgabe ins Ortsnetz nach Monaten im HKW G (Quelle: Autor).....	61
Abbildung 32: Lagerstandsentwicklung im Laufe des Geschäftsjahres im HKW G (Quelle: Autor)	62
Abbildung 33: Wirkungsgrade im HKW G (Quelle: Autor)	62
Abbildung 34: Bioenergie Balanced Scorecard Heizkraftwerk G (Quelle: Autor).....	70
Abbildung 35: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Einkaufs- und Kostenübersicht (Quelle: Autor)	77
Abbildung 36: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Kosten pro Sortiment und Lieferant (Quelle: Autor) ..	78
Abbildung 37: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Lagerstandsentwicklung und Kostenzusammensetzung (Quelle: Autor)	79
Abbildung 38: Logistikbericht Heizkraftwerk K - Einkaufs- und Kostenübersicht (Quelle: Autor)	80
Abbildung 39: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Kosten pro Sortimenten und Lieferant (Quelle: Autor)	81
Abbildung 40: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Lagerstandentwicklung und Kostenzusammensetzung (Quelle: Autor)	82
Abbildung 41: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Wärmeerzeugung (Quelle: Autor)	83
Abbildung 42: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Wärmeabgabe (Quelle: Autor)	84
Abbildung 43: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Stromerzeugung und Stromverbrauch (Quelle: Autor)	85
Abbildung 44: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Wärmeverkauf, Lagerstandsentwicklung und Wirkungsgrade (Quelle: Autor)	86
Abbildung 45: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Ascheentsorgung, Abwasser und Betriebsstunden (Quelle: Autor)	87
Abbildung 46: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Erfolgsrechnung, Produktionsübersicht und Bilanzauswertung (Quelle: Autor)	88
Abbildung 47: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Technische Kennzahlen (Quelle: Autor)	89
Abbildung 48: Holzströme in Österreich 2009 (Quelle: klima:aktiv)	90
Abbildung 49: Holzströme in Österreich 2009 - Energetische Verwertung (Quelle: klima:aktiv)	91

1 Einleitung

Zu Beginn dieser Arbeit erfolgt eine Darstellung der Energiesituation in Österreich, mit Fokus auf den erneuerbaren Energieträgern. Einleitend werden zwei der wichtigsten Kennzahlen bei einer Betrachtung von Energiebilanzen, sogenannten Schlüsselaggregate, genauer erörtert. Anschließend wird eine Beschreibung der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie und der daraus folgenden Betrachtung der Situation in Österreich durchgeführt. Um das Gesamtbild der erneuerbaren Energien abzurunden wird auch ein Überblick über die Situation der Fernwärme und der Biomasse in Österreich gegeben.

1.1 Energieerzeugung und Bruttoinlandsverbrauch

Die inländische Erzeugung (IEZ) von Rohenergie ist bei einer Betrachtung von Energiebilanzen von essentieller Bedeutung, ganz besonders im Hinblick auf die Eigenversorgung eines Landes.

Österreich erzeugte im Jahr 2010 in Summe 501.832 Terajoule (TJ) an Rohenergie. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern belief sich dabei auf 72,6% bzw. 364.391 TJ. Wasserkraft, Brennholz und biogene Brenn- und Treibstoffe lieferten dabei bereits 94,3% dieses erneuerbaren Anteils.

Im Gegensatz zu älteren Darstellungen und Berechnung wird der Anteil an brennbaren Abfällen nun nicht mehr zu den erneuerbaren Energieträgern gezählt, wodurch sich der Anteil an der Energieerzeugung im Vergleich zu vorhergehenden Jahren verringert hat.¹

Abbildung 1 veranschaulicht die Verhältnisse der Energieträger an der österreichischen Energieproduktion.

Im Jahr 1990 betrug die Energieerzeugung aus Erneuerbaren (exkl. Wasserkraft) 95,9 Petajoule (PJ) und stellte somit 28,1% der gesamten Erzeugung dar. Bis zum Jahr 2005 steigerte sich die Produktion bis zu 169,1 PJ und machte damit bereits 40,4% der gesamten IEZ aus. In den fünf Jahren bis 2010 stieg die Produktion nochmals auf bis zu 226 PJ und betrug damit 45,1% an der IEZ. Somit ergab sich von 1990 bis 2005 eine Steigerung von 76,3% und von 2005 bis 2010 betrug sie 33,6%.

Im Gegenzug steigerte sich die Energieerzeugung von 2005 bis 2010 in Summe um 24,3% und von 1990 bis 2005 um 22,8%.

Tabelle 1 listet die jeweiligen Energieträger und ihren Beitrag zur inländischen Energieerzeugung auf.

¹ Vgl. bmwfj (2012), S. 7 f.

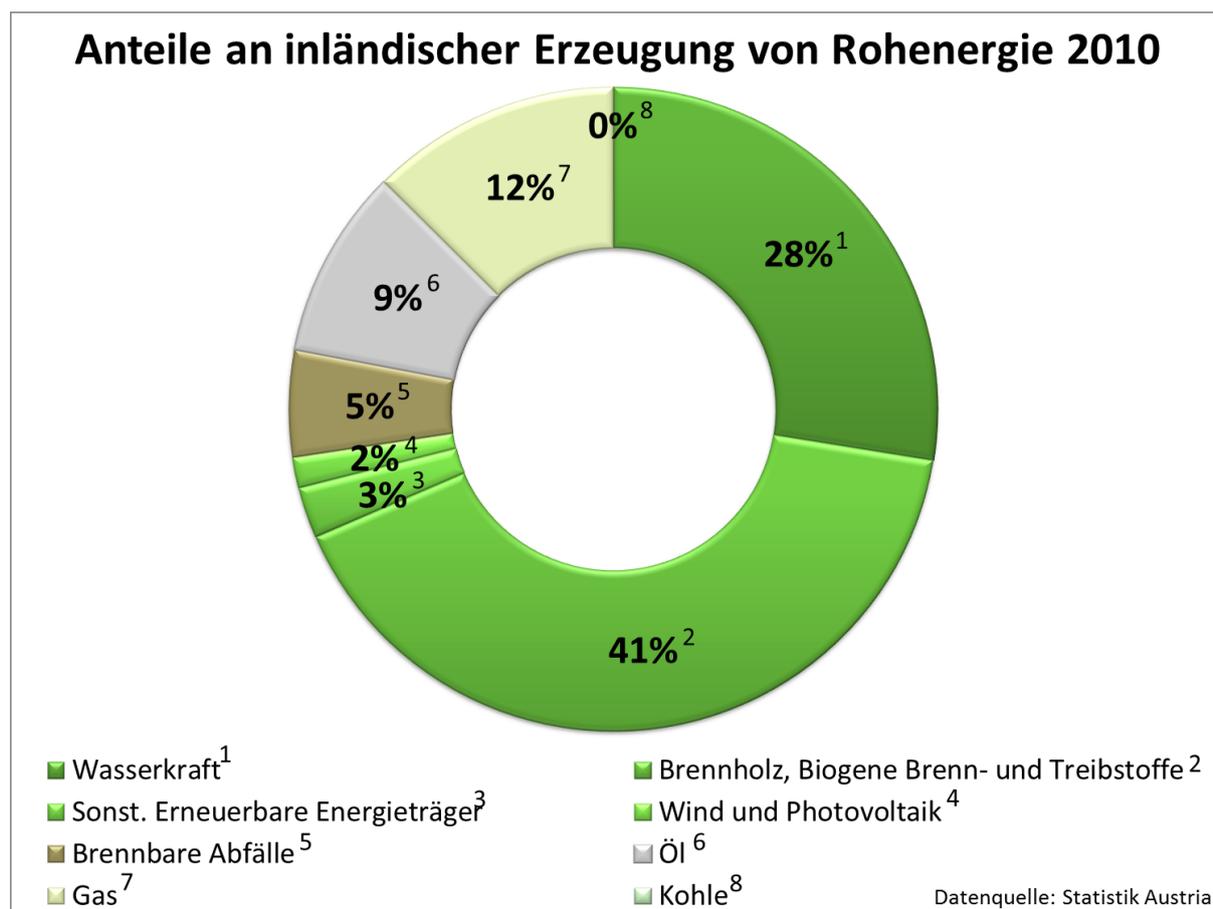


Abbildung 1: Anteile der Energieträger an der inländischen Erzeugung von Rohenergie in Österreich 2010 (Datenquelle: Statistik Austria)

Inländische Energieerzeugung von Rohenergie 2010			
	PJ	GWh	%
Wasserkraft	138	38.406	27,6%
Brennholz, Biogene Brenn- und Treibstoffe	206	57.094	41,0%
Sonst. Erneuerbare Energieträger	13	3.568	2,6%
Wind und Photovoltaik	8	2.153	1,5%
Brennbare Abfälle	27	7.495	5,4%
Öl	48	13.226	9,5%
Gas	63	17.457	12,5%
Kohle	0,004	1	0,001%
INLÄNDISCHE ENERGIEERZEUGUNG VON ROHENERGIE (SUMME)	502	139.398	100%

Tabelle 1: Inländische Energieerzeugung von Rohenergie in Österreich 2010 nach Energieträgern (Datenquelle: Statistik Austria)

Eine weitere Kennzahl in Energiebilanzen stellt der Bruttoinlandsverbrauch (BIV) dar. Er zeigt die Energiemenge auf, die insgesamt zur Deckung des Inlandsbedarfes notwendig war. Berechnet werden kann der BIV sowohl aufkommenseitig als auch verwendungsseitig.

Folgende Tabellen veranschaulichen die beiden möglichen Berechnungswege für den BIV:

Berechnung des Bruttoinlandsverbrauch 2010 nach Aufkommen		
	TJ	GWh
Inländische Erzeugung Rohenergie	501.832	139.398
+ Importe	1.243.711	345.475
+/- Lager	57.962	16.101
-Exporte	345.843	96.068
=BRUTTOINLANDSVERBRAUCH	1.457.662	404.906

Tabelle 2: Berechnung des Bruttoinlandsverbrauches nach dem Aufkommen (in Anlehnung an Statistik Austria)

Berechnung des Bruttoinlandsverbrauch 2010 nach Einsatz		
	TJ	GWh
Umwandlungseinsatz	872.983	242.495
- Umwandlungsausstoß	759.946	211.096
+ Verbrauch des Sektors Energie	84.164	23.379
+ Transportverluste	21.202	5.889
+ Nichtenergetischer Verbrauch	120.105	33.363
+ Energetischer Endverbrauch	1.119.154	310.876
=BRUTTOINLANDSVERBRAUCH	1.457.662	404.906

Tabelle 3: Berechnung des Bruttoinlandsverbrauches nach dem Einsatz (in Anlehnung an Statistik Austria)

Am BIV ist die Steigerung des Anteils an Erneuerbaren (inkl. Wasserkraft) bereits deutlich erkennbar. So beträgt ihr Anteil im Jahr 2010 bereits 26,4% im Vergleich zu 21,2% aus dem Jahr 2005. Der Grund für diese trotz alledem geringen Anteile sind die hohen Importe an fossilen Energieträgern Öl, Gas und Kohle. Mit 46,5% der gesamten Importe besitzt Öl dabei den größten Anteil.

1990 betrug der Anteil der Erneuerbaren (exkl. Wasserkraft) mit 97,7 PJ am BIV 9,3%. Bis zum Jahr 2005 stieg der Anteil lediglich auf 11,5% am BIV und betrug somit in Summe 167 PJ. Wie aus Abbildung 2 und Tabelle 4 ersichtlich beträgt der Anteil 2010 nun aber bereits 16,9% und lieferte in Summe 246 PJ. Somit ergeben sich Steigerungen bei dem Aufkommen aus Erneuerbaren von 1990 bis 2005 um 71% und von 2005 bis 2010 um 47,3%. Dadurch zeigt sich die starke Entwicklung im Bereich der nicht fossilen Energien und ihr immer höher werdender Beitrag zum BIV.

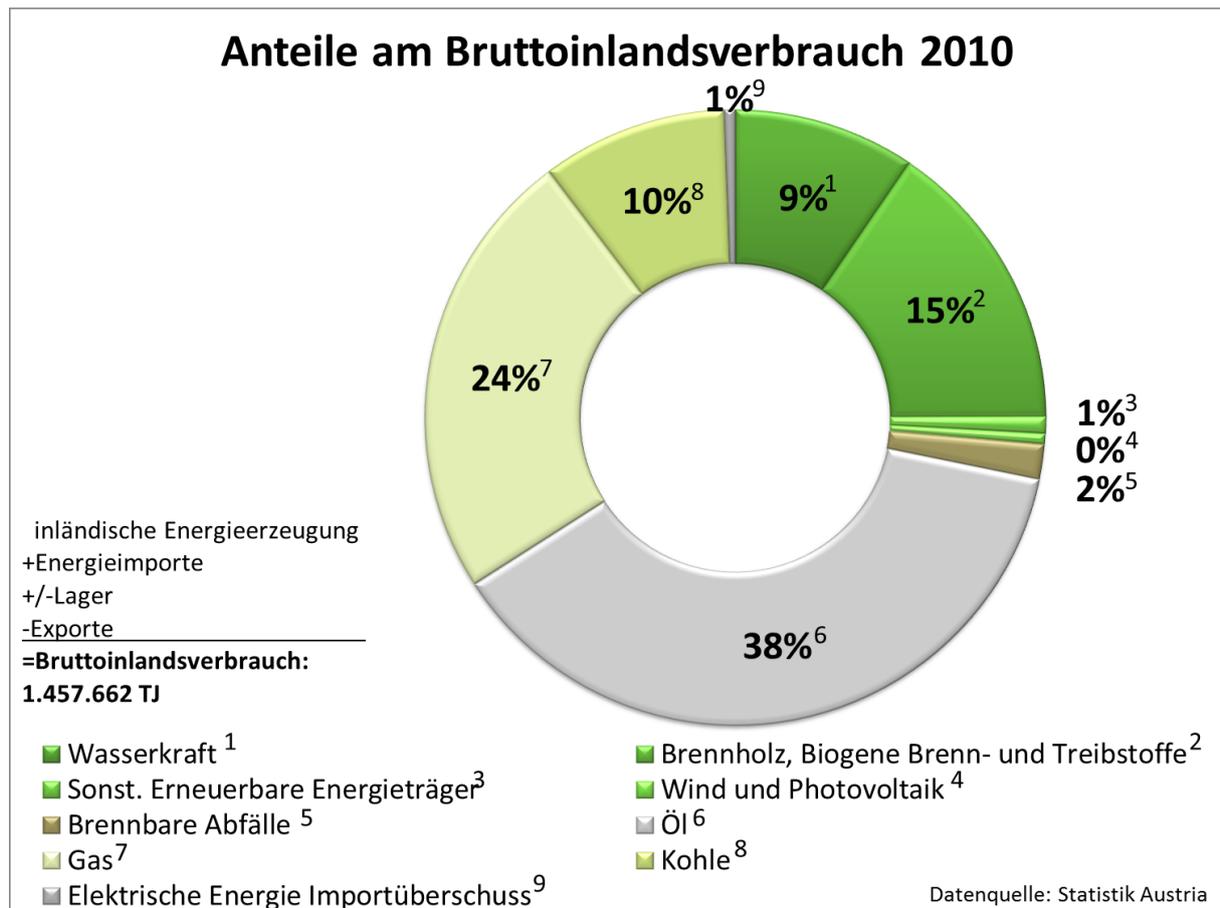


Abbildung 2: Anteile am Bruttoinlandsverbrauch 2010 in Österreich nach Energieträgern (Datenquelle: Statistik Austria)

Zwischen 1973 und 2010 wuchs das Bruttoinlandsprodukt (BIP) Österreichs um 127,7%. Im selben Zeitraum bewegte sich der BIV jedoch nur um 58,6% nach oben. Somit gab es in diesem Zeitraum eine Entkopplung vom Wachstum des BIP und des BIV, wodurch der relative Energieverbrauch um 30,4% sank.

Für einen internationalen Vergleich Österreichs, wird der BIV pro Kopf als Kennzahl herangezogen. Österreich besitzt hier einen Wert von 3,79 Tonne Öleinheit (toe) pro Kopf und liegt damit unter dem Durchschnittswert der OECD (4,28), aber über dem der EU-27 (3,31). Im Vergleich mit unseren Nachbarländern schneidet Österreich gegenüber Deutschland (3,89) etwas besser und mit der Schweiz (3,45) etwas schlechter ab. Zwei Extrembeispiele liefern die USA mit 7,03 und China mit 1,7.²

² Vgl. bmwfj (2012), S. 18 ff.

Gesamtenergiebilanz Österreich 2010					in TJ
	IEZ	Importe	Lager	Exporte	BIV
Wasserkraft	138.261	0	0	0	138
Brennholz, Biogene Brenn- und Treibstoffe	205.537	38.545	206	18.761	226
Sonst. Erneuerbare Energieträger	12.844	0	0	0	13
Wind und Photovoltaik	7.749	0	0	0	8
Brennbare Abfälle	26.981	0	0	0	27
Öl	47.612	578.283	14.476	91.200	549
Gas	62.844	431.046	25.965	172.459	347
Kohle	4	124.205	17.316	182	141
Elektrische Energie Importüberschuss	0	71.631	0	63.240	8
BRUTTOINLANDSVERBRAUCH (SUMME)	501.832	1.243.711	57.962	345.843	1.458

Tabelle 4: Gesamtenergiebilanz 2010 in Österreich nach Energieträgern (Datenquelle: Statistik Austria)

1.2 Erneuerbare-Energien-Richtlinie

Als dritte wichtige Kennzahl wird auf den Energetischen Endverbrauch (EE) eingegangen, der sich verwendungsseitig ergibt.

„Der EE ist jene Energiemenge, die dem Verbraucher für die Umsetzung in Nutzenergie zur Verfügung gestellt wird (Raumheizung, Beleuchtung und EDV, Mechanische Arbeit, etc.).“³

Die EU-Richtlinie zur Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RL 2009/28/EG) gibt für Österreich einen Zielwert von 34% für 2020 vor.⁴

Für die Berechnung des Anteils an erneuerbaren Energien zur Erfüllung der EU-Richtlinie wird jedoch der sogenannte Bruttoendenergieverbrauch (BEEV) herangezogen. Berechnet wird dieser aus dem EE plus dem Eigenverbrauch der Strom- und Fernwärmeproduzenten und den Transportverlusten von Strom und Fernwärme. Zusätzlich unterscheidet er sich vom EE durch eine Glättung der jährlichen Schwankungen von Wasserkraft und Wind.⁵

Für 2010 beträgt der Bruttoendenergieverbrauch in Österreich 1.161.349 TJ.

³ Quelle: Statistik Austria (2011), S. 11

⁴ Vgl. bmwfj (2011), S. 79

⁵ Vgl. Statistik Austria (2001), S. 73 f.

Folgende Abbildung 3 stellt die verschiedenen Anteile von erneuerbaren Energien an der Endenergiebereitstellung dar, die in Summe als Anteil am BEEV herangezogen werden können.

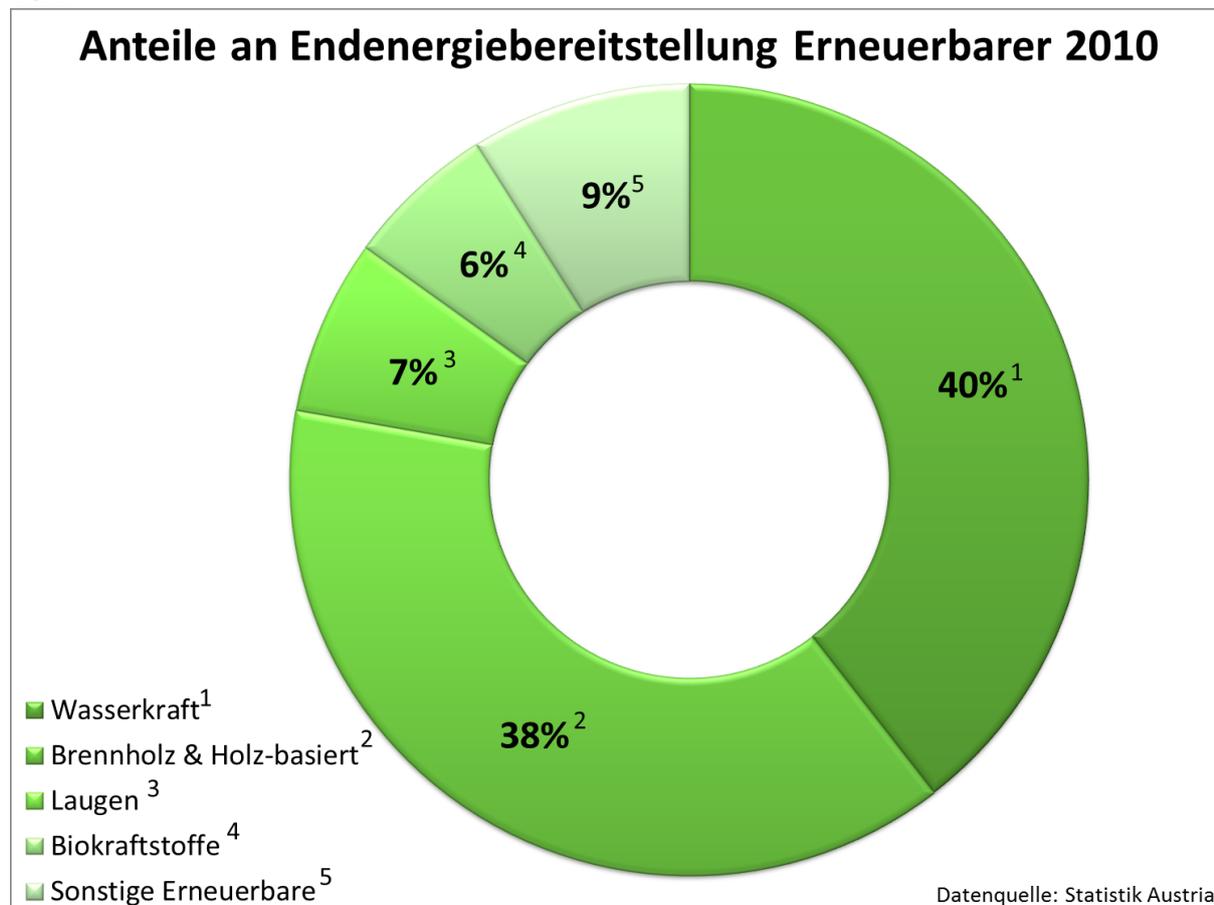


Abbildung 3: Anteile an Endenergiebereitstellung erneuerbarer Energien in Österreich 2010 (Datenquelle: Statistik Austria)

In Tabelle 5 werden die einzelnen Beiträge zur Endenergiebereitstellung detailliert aufgeschlüsselt. Die Wasserkraft stellt dabei den größten Teil mit beinahe 40% dar, Fernwärme steuert dabei in Summe 8,5% bei und erneuerbare Energie aus Holz ist neben der Wasserkraft der größte Teil. Sie besitzt einen Anteil von 38,2%, inklusive der Fernwärme aus Holz.

Im Hinblick auf die Erfüllung der EU-Richtlinie erreicht Österreich 2010 mit insgesamt 357.532 TJ bereits einen Anteil von 30,8% am BEEV. Somit rückt man dem Ziel bis 2020 in Summe 34% zu erreichen sehr nahe. 2005 betrug dieser Anteil noch 24,8%.

Endenergiebereitstellung erneuerbarer Energien Österreich 2010			
	TJ	GWh	%
ERNEUERBARER STROM			
Wasserkraft	141.252	39.237	39,5%
Holz-basiert	7.632	2.120	2,1%
sonst. Biomasse (fest, flüssig, gasförmig)	4.438	1.233	1,2%
Windkraft	7.325	2.035	2,0%
Laugen	4.325	1.201	1,2%
Photovoltaik	320	89	0,1%
Geothermie	5	1	0,0%
Summe erneuerbarer Strom	165.296	45.916	46,2%
ERNEUERBARE WÄRME			
Fernwärme Holz-basiert	25.084	6.968	7,0%
sonst. Fernwärme	5.341	1.484	1,5%
Brennholz & Holz-basiert	104.154	28.932	29,1%
sonst. Biomasse (fest, flüssig, gasförmig)	2.765	768	0,8%
Laugen	20.916	5.810	5,8%
Solarthermie	6.854	1.904	1,9%
Umgebungswärme	4.971	1.381	1,4%
Geothermie	321	89	0,1%
Summe erneuerbare Wärme	170.405	47.335	47,7%
ERNEUERBARE KRAFTSTOFFE			
Summe Kraftstoffe	21.830	6.064	6,1%
SUMME ENDENERGIEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN	357.532	99.315	100,0%

Tabelle 5: Endenergiebereitstellung erneuerbarer Energien in Österreich 2010 (Datenquelle: Statistik Austria)

1.3 Biomasse und Biomasseanlagen in Österreich

Die gesamte Wertschöpfungskette der Biomasse ist geprägt von ökonomischen und ökologischen Vorteilen, die sich durch volkswirtschaftliche Vorteile wie der Reduzierung der Treibhausgasemissionen, der Erhöhung der energetischen Versorgungssicherheit, der Verhinderung von Kaufkraftabflüssen und der Entlastung der Devisenbilanz bemerkbar machen.⁶

Der Klimaschutzbericht 2011 des Umweltbundesamtes stellt für das Jahr 2010 Treibhausgas-Emissionen von 80,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent fest. Von den im Jahr 2010 in Summe vermiedenen 15,99 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent Emissionen (exkl. Großwasserkraft > 10 MW) entfallen 4,71 Mio. t CO₂äqu auf den Sektor elektrischer Strom, bei dem der größte Anteil mit 23,5% durch Holzbrennstoffe erzeugt wird. Damit ist dies bereits der zweitgrößte Anteil nach der Wasserkraft mit 41,3% am elektrischen Strom. 9,61 Mio. t CO₂äqu entfallen auf den Sektor Wärme. Der Anteil der Holzbrennstoffe mit 62,3% ist dabei der weitaus bedeutendste. Den zweitgrößten Anteil stellt bereits die Fernwärme mit 27,9%.⁷

⁶ Obernberger et. al. (2005), S. 1

⁷ bmlfuw (2011), S. 18 f.

Durch Hinzurechnen der Großwasserkraft wurden im Jahr 2010 zusätzlich 14,28 Mio. t CO_{2äqu} im Sektor Strom eingespart. Somit ergibt sich eine Summe von 30,27 Mio. t CO_{2äqu} für 2010.⁸

Vermiedene CO ₂ -Äquivalent Emissionen 2010		
	Mio. t CO _{2äqu}	%
SEKTOR ELEKTRISCHER STROM		
Kleinwasserkraft bis 10 MW	1,95	13,6%
Geothermie	0,00	0,01%
Photovoltaik	0,04	0,3%
Laugen	0,50	3,5%
Biogas	0,27	1,9%
Biokraftstoffe	0,01	0,1%
Holzbrennstoffe	1,11	7,7%
Windkraft	0,84	5,9%
Summe elektrischer Strom	4,71	32,9%
SEKTOR WÄRME		
Fernwärme	1,72	12,0%
Geothermie	0,02	0,1%
Holzbrennstoffe	5,99	41,8%
Biogas	0,04	0,3%
Laugen	1,18	8,2%
Solarwärme	0,39	2,7%
Umgebungswärme	0,28	2,0%
Summe Wärme	9,61	67,1%
SEKTOR KRAFTSTOFFE		
Bioethanol	0,25	1,5%
Biodiesel	1,38	8,6%
Pflanzenöl	0,05	0,3%
Summe Kraftstoffe	1,67	10,4%
VERMIEDENE CO₂-ÄQUIVALENT EMISSIONEN	15,99	100,0%

Tabelle 6: Vermiedene CO₂-Äquivalent Emissionen in Österreich 2010 durch erneuerbare Energien (exkl. Großwasserkraft > 10 MW) (Datenquelle: Lebensministerium)

Auch im Bereich der volkswirtschaftlichen Bedeutung der erneuerbaren Energie spielt Biomasse eine ganz entscheidende Rolle, wie aus Tabelle 7 hervorgeht. So beträgt der Anteil fester Biomasse an den primären Umsätzen aus Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie 41,6% und ist damit weitaus größter als der der Wasserkraft mit 23,1%. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den primären Beschäftigungseffekten von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie, bei dem feste Biomasse einen Anteil von 46,2% beisteuert. Biomasse bietet sowohl bei den Umsätzen und den Beschäftigungseffekten einen klaren Vorteil: die Betriebseffekte sind höher als die Investitionseffekte, da ein Brennstoff bereitgestellt werden muss und andere Technologien im Betrieb wartungsärmer sind.⁹

⁸ bmlfuw (2011), S. 20

⁹ bmlfuw (2001), S. 22 ff.

Sekundäre Effekte (Effekte die in anderen Wirtschaftsbereichen entstehen) sind dabei nicht enthalten. Ebenso repräsentieren die Werte auch Bruttoeffekte (Substitutionseffekte werden nicht berücksichtigt.)

Primäre Umsatz- und Arbeitsplatz-Gewinne 2010		in Mio. € und Vollzeit-Äquivalenten		
	Investitionseffekte	Betriebseffekte	Gesamt	%
PRIMÄRE UMSÄTZE				
Feste Biomasse	867	1306	2173	41,6%
Biotreibstoffe	0	144	144	2,8%
Biogas	14	36	50	1,0%
Geothermie	0	13	13	0,2%
Photovoltaik	791	7	798	15,3%
Solarthermie	420	66	486	9,3%
Wärmepumpe	207	105	312	6,0%
Wasserkraft	944	264	1208	23,1%
Windkraft	11	34	45	0,9%
SUMME PRIMÄRE UMSÄTZE	3254	1975	5229	100,0%
PRIMÄRE ARBEITSPLÄTZE				
Feste Biomasse	4097	13302	17399	46,2%
Biotreibstoffe	0	1001	1001	2,7%
Biogas	128	324	452	1,2%
Geothermie	0	78	78	0,2%
Photovoltaik	4414	39	4453	11,8%
Solarthermie	3707	510	4217	11,2%
Wärmepumpe	1280	792	2072	5,5%
Wasserkraft	6046	1524	7570	20,1%
Windkraft	99	308	407	1,1%
SUMME PRIMÄRE ARBEITSPLÄTZE	19771	17878	37649	100,0%

Tabelle 7: Primäre Umsatz- und Arbeitsplatzgewinne aus den Investitionen und dem Betrieb von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie in Österreich 2010 (Quelle: Lebensministerium)

In Österreich startete die Entwicklung von Biomasseheizwerken Anfang der 80-iger Jahre mit einem der ersten Werke in Feldbach. Durch die übliche Wärmeversorgung von kleineren Ortschaften und Ortsteilen wurde hier der Begriff Nahwärme geprägt. Mittlerweile genießt diese Technologie gesellschaftliche Akzeptanz, nicht nur durch das immer weiter steigende ökologische Bewusstsein der Gesellschaft. Die Verbesserung der Technologie hinsichtlich Emissionen, Betriebsführung und Störanfälligkeit machten sie auch immer mehr für Betreiber und Errichter interessant.¹⁰

Mit Stand 2011 gab es in Österreich 72.801 Hackgutfeuerungen mit insgesamt 8.323 MW installierter Leistung.

Tabelle 8 listet die Anzahl und Leistung von Hackgutfeuerungen in Österreich auf. Es ist anzumerken, dass jedoch nicht jede Feuerung ein Fernwärmesystem nach sich zieht, da vor allem die kleinsten Anlagen im privaten Gebrauch sind. Ebenso ist es bei den größeren Feuer-

¹⁰ Obernberger et. al. (2005), S. 1

rungen möglich, dass sie z.B. ausschließlich von einem Sägewerksbetreiber für seine Trockenkammern benutzt werden.

Um einen Überblick für die Situation biomassebetriebener Fernwärmanlagen in Österreich zu geben, sind diese in Abbildung 4 grafisch dargestellt.

Hackgutfeuerungen 2011	Anzahl nach Bundesland			Leistung [kW] nach Bundesland		
	<100 kW	101 bis 1000 kW	> 1 MW	<100 kW	101 bis 1000 kW	> 1 MW
Niederösterreich	14.972	2.026	233	683.608	571.550	776.033
Steiermark	11.783	1.605	217	537.050	470.335	521.548
Tirol	2.972	847	90	150.552	256.223	240.600
OÖ	20.577	1.992	200	914.802	601.320	433.810
Kärnten	5.256	829	128	256.588	232.615	392.606
Salzburg	4.613	815	116	220.532	238.329	282.562
Burgenland	1.467	288	33	63.889	94.022	85.065
Vorarlberg	1.001	368	38	48.445	115.648	82.050
Wien	227	97	11	11.560	26.761	15.200
SUMME ÖSTERREICH	62.868	8.867	1.066	2.887.026	2.606.803	2.829.474

Tabelle 8: Anzahl und Leistung von Hackgutfeuerung in Österreich 2011 nach Bundesländern (Quelle Landwirtschaftskammer Niederösterreich)

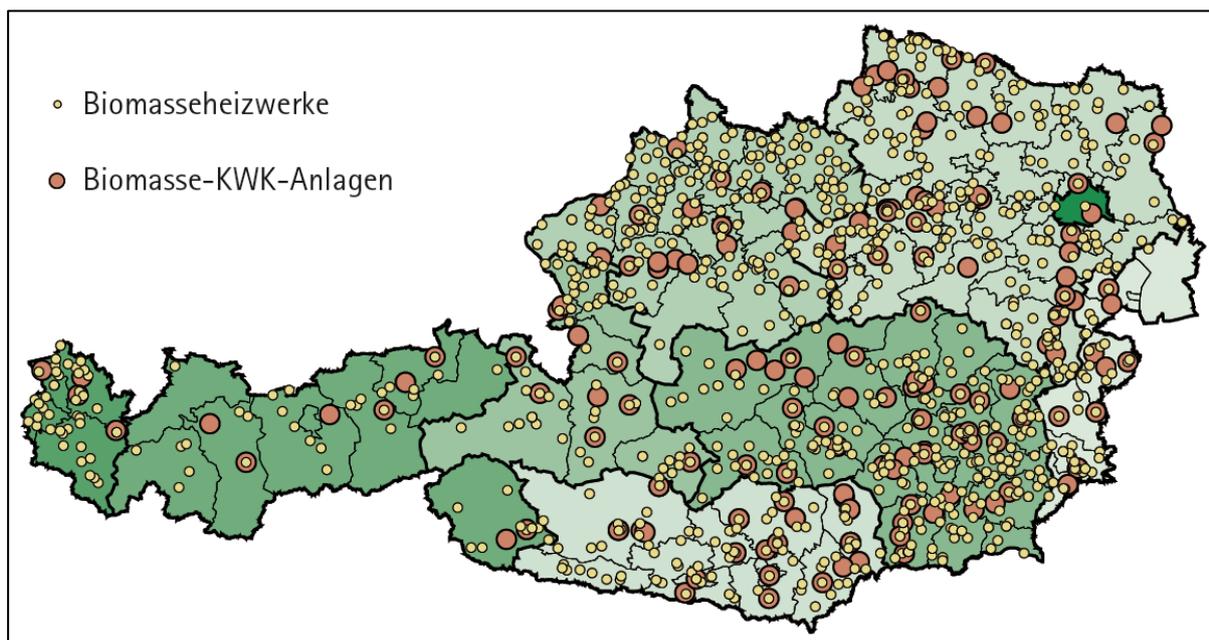


Abbildung 4: Standorte von Biomasseheizwerken und -kraftwerken in Österreich, Stand 2010 (Quelle: Landwirtschaftskammer Niederösterreich)

Folgende Tabelle stellt am Beispiel Niederösterreichs genaue Zahlen zur Nahwärme aus Biomasse dar:

Nahwärme aus Biomasse in Niederösterreich 2010	
ANLAGEN	539 Anlagen
Biomasse-Nahwärmeanlagen	508 Anlagen
Biomasse-KWK-Anlagen	31 Anlagen
Holz geführt	531 Anlagen
Stroh geführt	8 Anlagen
LEISTUNG	
Installierte Kesselleistung	789 MW
Summe Anschlussleistungen	725 MW
NETZ	
Trassenlänge	724.000 Laufmeter
Wärmeabnehmer	29.900 Abnehmer
BIOMASSEEINSATZ	5.343.500 Srm
LIEFERMENGEN	
Waldhackgut	4.047.500 Srm
Sägespäne, Sägehackgut, Rinde	1.268.800 Srm
Stroh	15.000 t
WERTSCHÖPFUNG DURCH LIEFERUNGEN	
Waldhackgut, Stroh	€ 66,245 Mio.
Sägespäne, Sägehackgut, Rinde	€ 15,225 Mio.
INVESTITIONSVOLUMEN (1983-2010)	
Biomasseheizwerke	€ 441,6 Mio.
Biomasseheizkraftwerke	€ 346,0 Mio.
KENNZAHLEN	
Wärmebelegung (Anschlussleistung/Trassenlänge)	1,1 kW/lfm
Wärmeverkauf	1.320 GWh
Vermiedene CO ₂ -Äquivalent Emissionen durch Wärme	313.500 t CO _{2äqu}
Vermiedene CO ₂ -Äquivalent Emissionen durch Strom	166.000 t CO _{2äqu}

Tabelle 9: Nahwärme aus Biomasse in Niederösterreich 2010 (Quelle: Amt der Niederösterreichischen Landesregierung)

1.4 Fernwärme

Die Bereitstellung von Fernwärme kann auf zwei verschiedene Arten erfolgen. Handelt es sich dabei um eine Anlage, bei der es ausschließlich zur Produktion und Verteilung von Wärme kommt, so spricht man von einem Heizwerk.

Kommt es jedoch auch zu einer Produktion von Kraft bzw. elektrischer Energie, dann wird die Anlage als eine Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet. Da die Brennstoffenergie hier zur Stromerzeugung genutzt wird, fällt als Zwischen- bzw. Nebenprodukt immer auch Wärme an, die dann wiederum über das Fernwärmenetz verteilt werden kann.¹¹

Bei der reinen Wärmeproduktion bleibt der Hochtemperaturanteil der Wärme praktisch ungenutzt, weshalb dieser aus exergetischer Sicht zur Stromproduktion herangezogen werden sollte. Bei getrennter Erzeugung von Strom und Wärme kommt es auch in Summe zu höheren Verlusten als in KWK-Anlagen. Bei konventionellen Dampfprozessen zur Stromerzeugung aus fester Biomasse liegen die Wirkungsgrade bei 25 bis 35% und insbesondere bei Anlagen im kleinen Leistungsbereich noch darunter. Heizwerke erreichen Wirkungsgrade von 80 bis 90%. Da Strom jedoch exergetischer höherwertiger ist als Wärme, sind die Wirkungsgrade nicht miteinander vergleichbar. Da bei KWK-Anlagen die anfallende Abwärme aus der Stromerzeugung nicht als Verlust an die Umgebung abgegeben werden muss, sondern als Fernwärme oder Prozessdampf bereitgestellt werden kann, werden hier Wirkungsgrade von 85 bis 90% erreicht. Durch die höhere Brennstoffausnutzung ergeben sich somit ökonomische als auch ökologische Vorteile, sofern für die Wärme Abnehmer gefunden werden.^{12 13}

Die Fernwärme in Österreich trägt mit 6,8% zum Bruttoendenergieverbrauch bei. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Fernwärme liegt bei 38,3%. Im Vergleich dazu beträgt der vergleichbare Anteil am Strom 65,3%. Betrachtet man jedoch den Trend vergangener Jahre, so zeigt sich dabei ganz ein anderes Bild. 2005 betrug der Anteil Erneuerbarer noch 21,5%, wobei allein der erneuerbare Anteil von Fernwärme aus KWK-Anlagen von 11,2% in 2005 auf 33,3% 2010 stieg. Bei Heizwerken hingegen war der Anstieg vom bereits hohen Anteil von 43,5% 2005 auf 47,4% im Jahr 2010 nicht ganz so stark, da hier bereits 2005 der Anteil sehr hoch war.

KWK-Anlagen steuern dabei zur gesamten Fernwärmeproduktion in Österreich in absoluten Zahlen 51.322 TJ (14.256 GWh) bei, und Heizwerke tragen 28.166 TJ (7.824 GWh) bei.¹⁴

Im Jahr 2010 betrug die gesamte Netzlänge in Österreich 4.140 km. Für die Zukunft ist mit einem weiteren Ausbau der Fernwärme zu rechnen. Einerseits ist eine Anpassung des Brennstoffs in der Erzeugungsanlage bzw. ein Austausch der Erzeugungsanlage hin zu Biomasse schnell durchführbar, und andererseits planen die Unternehmen zwischen 2011 und 2020 einen jährlichen Ausbau des Fernwärmenetzes von 56 bis 95 km.¹⁵

Wie in Tabelle 10 ersichtlich beträgt der Anteil von Fernwärme auf Holzbasis an der Gesamtproduktion bereits 31,6% und gemessen an der Produktion aus Erneuerbarer ganze 82,5%.

¹¹ Vgl. Kaltschmitt et. al. (2009), S. 551

¹² Vgl. Kaltschmitt et. al. (2009), S. 551 f.

¹³ Vgl. Obernberger (2005), S. 183

¹⁴ Datenquelle: bmwfj (2011), S. 115

¹⁵ Vgl. bmwfj (2011), S. 87

Fernwärmeerzeugung Österreich 2010			
	TJ	GWh	%
ERNEUERBARE FERNWÄRME			
Müll erneuerbar	2.394	665	3,0%
Holz-basiert	25.084	6.968	31,6%
Biogas	510	142	0,6%
Biogene flüssig	170	47	0,2%
Laugen	352	98	0,4%
sonst Biogene fest	1.377	382	1,7%
Geothermie	538	149	0,7%
Summe erneuerbare Fernwärme	30.425	8.451	38,3%
NICHT ERNEUERBARE FERNWÄRME			
Gas	35.050	9.736	44,1%
Öl	7.460	2.072	9,4%
Kohle	3.067	852	3,9%
Brennbare Abfälle	3.486	968	4,4%
Summe nicht erneuerbare Fernwärme	49.062	13.628	61,7%
SUMME FERNWÄRMEERZEUGUNG	79.488	22.080	100,0%

Tabelle 10: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern in Österreich 2010 (Datenquelle: Statistik Austria)

Tabelle 11 gibt die Situation der Fernwärmeerzeugung drei ausgewählter Bundesländer wieder. Mit beinahe zwei Drittel aus Erneuerbaren liegt Kärnten dabei an vorderster Stelle. Salzburg und die Steiermark setzen jedoch in der Frage der erneuerbaren Fernwärme fast ausschließlich auf Holz mit Werten von 95,6% und 93,3%.

Fernwärmeerzeugung in drei ausgewählten Bundesländern 2010	Salzburg		Steiermark		Kärnten	
	TJ	%	TJ	%	TJ	%
ERNEUERBARE FERNWÄRME						
Müll erneuerbar	-	0,0%	-	0,0%	43	0,7%
Holz-basiert	2.099	45,9%	4.196	38,3%	2.742	47,1%
Biogas	44	1,0%	71	0,7%	102	1,8%
Biogene flüssig	-	0,0%	-	0,0%	0	0,0%
Laugen	-	0,0%	71	0,6%	247	4,2%
sonst Biogene fest	52	1,1%	37	0,3%	610	10,5%
Geothermie	-	0,0%	118	1,1%	0	0,0%
Summe erneuerbare Fernwärme	2.195	48,0%	4.494	41,0%	3.745	64,3%
NICHT ERNEUERBARE FERNWÄRME						
Gas	1.626	35,6%	3.217	29,3%	661	11,3%
Öl	750	16,4%	726	6,6%	1.341	23,0%
Kohle	-	0,0%	2.524	23,0%	-	0,0%
Brennbare Abfälle	0,3	0,0%	0,6	0,0%	81,5	1,4%
Summe nicht erneuerbare Fernwärme	2.376	52,0%	6.468	59,0%	2.083	35,7%
SUMME FERNWÄRMEERZEUGUNG	4.570	100,0%	10.962	100,0%	5.828	100,0%

Tabelle 11: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger für Salzburg, Steiermark und Kärnten 2010 (Datenquelle: Statistik Austria)

2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es anhand von umgesetzten und im Einsatz befindlichen Softwarelösungen, die Themen des Logistik- und des Produktionscontrollings bei Biomasseheiz(kraft)werken genauer zu betrachten. Es kommen dabei die dafür eigens entwickelten beiden Softwaresysteme BioCS (Bioenergie Controlling System) und BioLS (Bioenergie Logistik System) zum Einsatz.

Diese Masterarbeit soll die Vorgehensweisen und Probleme bei der Einführung solcher Systeme darstellen, und auch durch Präsentation und Diskussion der Ergebnisse, Zahlenmaterial zur Verfügung stellen und dadurch als Vergleichsgrundlage zu dienen.

Mit Hilfe einer eigens angepassten Balanced Scorecard für Biomasseheiz(kraft)werke werden die wesentlichsten und aussagekräftigsten Kennzahlen zusammengefasst. Dadurch soll die Balanced Scorecard als Strategie- und Organisationsinstrument eingesetzt werden können und gleichzeitig auch als Benchmark-Instrument zwischen verschiedenen Werken genutzt werden.

Um diese Ergebnisse interpretieren und den Vorgehensweisen folgen zu können, wird im theoretischen Grundlagenteil dieser Arbeit dafür der Grundstein gelegt. Dazu werden sämtliche relevanten Themen des Praxisteils im Theorieteil aufbereitet.

Die Arbeit soll auch die sich stetig ändernden Rahmenbedingungen im Bereich der Biomasseheiz(kraft)werke widerspiegeln und diese auch durch die entwickelten Systeme und Ergebnisse leichter handel- bzw. kontrollierbarer zu machen.

Ziel ist es aus bereits weiter entwickelten Branchen zu lernen und die dort verwendeten Methoden, Instrumente und Modelle konsequent umzusetzen, um somit auch ein wenig dazu beizutragen Biomasseheiz(kraft)werke zukunftsorientiert zu gestalten. In dieser Arbeit liegt der Grundgedanke darin, dass eine übergreifende Logistik, mit ihren vielen Teilbereichen, den Ausgangspunkt solcher Optimierungen und Vorgehensweisen bildet.

A) Theoretische Grundlagen

Im ersten Teil dieser Masterarbeit werden drei Schwerpunkte gelegt: Charakteristika von Biomasse und Hackgut, Technik von Heizkraftwerken und eine abschließende Betrachtung der Balanced Scorecard. Die theoretische Aufarbeitung dieser Themen soll dazu dienen, die im zweiten Teil praktisch umgesetzten Vorgehensweisen und erlangten Ergebnisse, besser zu verstehen.

3 Biomasse

„Unter dem Begriff „Biomasse“ werden sämtliche Stoffe organischer Herkunft (d. h. kohlenstoffhaltige Materie) verstanden. Biomasse beinhaltet damit

- die in der Natur lebende Phyto- und Zoomasse (z. B. Pflanzen und Tiere),
- die daraus resultierenden Rückstände (z. B. tierische Exkremente),
- abgestorbene (aber noch nicht fossile) Phyto- und Zoomasse (z. B. Stroh) und
- im weiteren Sinne alle Stoffe, die beispielsweise durch eine technische Umwandlung und/oder eine stoffliche Nutzung entstanden sind bzw. anfallen (z. B. Schwarzlauge, Papier und Zellstoff, Schlachthofabfälle, organische Hausmüllfraktion, Pflanzenöl, Alkohol).“¹⁶

In dieser Arbeit werden ausschließlich Biomassewerke betrachtet, die mit holzartiger Biomasse betrieben werden. In folgender Abbildung 5 wird deshalb der Kreislauf von Biomasse und das Zusammenspiel mit einem Kraftwerk dargestellt.

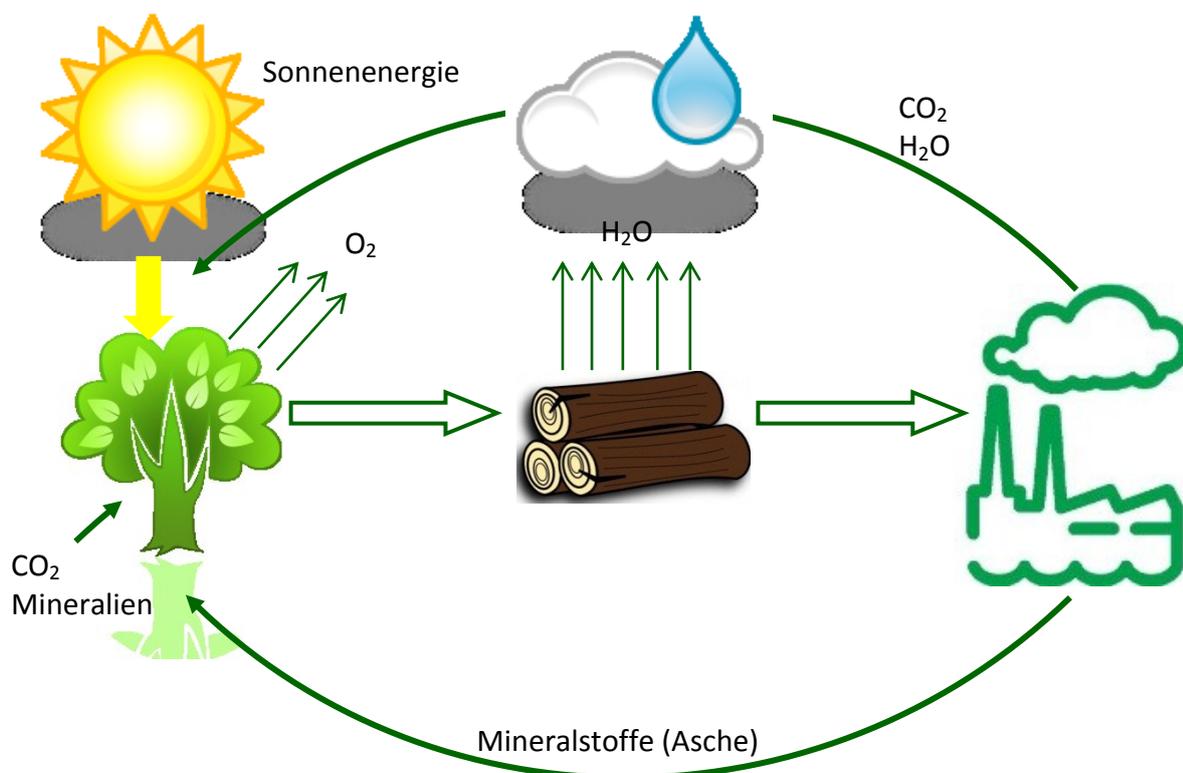


Abbildung 5: Geschlossener Kreislauf des Holzes (Quelle: Autor)

¹⁶ Kaltschmitt et al. (2009), S. 2

3.1 Wichtige Sortimente und Qualitätsmerkmale

Grundsätzlich wird bei diesen Werken zwischen zwei Fraktionen unterschieden. Dem Waldhackgut (WHG) und sämtlichen Sägenebenprodukten. Der Begriff WHG wird in der Praxis sehr weit gefasst und für dieses Sortimente gibt es auch nicht vergleichbare Normen, wie es für Produkte der Sägeindustrie Standard ist.

Untersuchungen der Holzforschung Austria ergaben, dass es für Werke sehr schwierig ist, WHG mit Hilfe der Normen ÖNorm M 7133 : 1998 und ÖNorm EN 14961-1 : 2010 in deren Klassen einzuteilen. Die Heterogenität von WHG ist einfach zu umfangreich um es so klar wie z.B. Fichte einzuordnen.

Deshalb wird in dieser Arbeit WHG immer als frisch gehacktes Kronen- und Astmaterial mit einem deutlichen Grünanteil angesehen. Je höher der Anteil an gehacktem Stammholz, desto eher wird die Klassifizierung hin zu einer eindeutigen Einordnung nach Baumart oder Hackgut aus Stammholz erfolgen. Durch eine fehlende Trocknung fällt WHG unter dem Begriff des waldfrischen Hackgutes und besitzt somit immer mehr als 40% Wassergehalt.

Als Industriehackgut (IHG) wird folgend zerkleinertes Material aus der Sägeindustrie angesehen. Der Wassergehalt kann hier variieren, da es in der Industrie zur Verarbeitung von frischen oder bereits getrockneten Material kommen kann.

Im Kapitel Logistikcontrollings ist neben dem Wassergehalt noch die Größe (G) des Hackgutes von entscheidender Bedeutung. Diese wird wie folgt unterschieden:

- Holzhackgut G 30 (Feinhackgut)
- Holzhackgut G 50 (Mittelhackgut)
- Holzhackgut G 100 (Grobhackgut) ¹⁷

Durch die unterschiedlichen Auslegungen der Kessel stellt sich der Begriff qualitativ hochwertiges WHG bei jedem Betreiber unterschiedlich dar. Gespräche mit Betreibern zeigten, dass einige von ihnen mit dem Feinanteil im WHG den Betrieb des Kessels nicht optimal gestalten konnten. Andere wiederum verringerten den Anteil in Industriehackgut (IHG) und erreichten durch den Einsatz von WHG Wirkungsgradverbesserungen.

Eine Umfrage der Holzforschung Austria unter 60 Heizwerken, sowie Hackguterzeugern und –händlern, mit der Fragestellung: „Was sind die wichtigsten Parameter zur Klassifizierung von Waldhackgut?“ ergab, dass der Wasseranteil w das wichtigste Qualitätsmerkmal ist. Weiters waren den Befragten die Parameter Aschegehalt und Fremdstoffe äußerst wichtig. Als nicht zentrale Kriterien wurden Feinstanteil, Schüttdichte und Lagerdauer genannt. ¹⁸ Da der Wassergehalt direkt den Energieinhalt beeinflusst und Anlagen auf einen bestimmten Wassergehalt bei der Verbrennung ausgelegt sind, ist dieses Ergebnis auch nicht weiter verwunderlich.

Durch die folgenden Bilder der wichtigsten Sortimente sollen die einzelnen Charakteristika besser dargestellt werden.

¹⁷ Vgl. Kühmaier et al. (2007), S. 7 ff.

¹⁸ Pichler (2010), S. 4

Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt sehr gut die erwähnten Charakteristika von WHG. Deutlich erkennbar ist der hohe Grünanteil des Kronen- und Astmaterials, das dazu gehörende Holz aus den Ästen und die anfallende Rinde.



Abbildung 6: Waldhackgut (Quelle: Autor)



Abbildung 7: Waldhackgut nach mehr als 5 Monaten Einlagerung (Quelle: Autor)

Die Folgen einer zu langen Einlagerung von WHG sind in Abbildung 7 deutlich erkennbar. Bei diesem Material hat der Substanzabbau bereits vollständig eingesetzt, womit es zu verrotten beginnt. In weiterer Folge führte dieses Material auch zu Problemen im Kessel bei seiner Verbrennung.



Abbildung 8: Lagerplatz mit unterschiedlichen Sortimenten (I) (Quelle: Autor)



Abbildung 9: Lagerplatz mit unterschiedlichen Sortimenten (II) (Quelle: Autor)

Abbildung 8 und Abbildung 9 veranschaulichen die Heterogenität eines Biomasse-Lagerplatzes. Zusätzlich zu den großen Unterschieden eines einzelnen Sortiments kommt hier noch die Menge an verschiedenen Materialien und Qualitäten zusammen. In Abbildung 8 erkennt man die verschiedensten Sortimente von frischen WHG, über Rinde, Sägespäne und schon länger eingelagerten WHG. Abbildung 9 zeigt die unterschiedlichen Zeitpunkte der Einlagerung sehr eindrucksvoll. Die oberste Schicht ist dabei von Sägespänen geprägt, die drei Schichten Rinde überdeckt. Die mittlere Schicht Rinde ist dabei die frischeste, während die obere und untere bereits länger eingelagert sind. Im untersten Bereich besteht das Material dann aus einer Mischung aus WHG und Rinde.



Abbildung 10: Industriehackgut von nicht entrindeten Holz direkt aus dem Sägewerk (Quelle: Autor)

Obiges Bild zeigt IHG frisch nach seiner Anlieferung vom Sägewerk. IHG kann sowohl Rinde enthalten aber auch bei bereits entrindeten Bäumen anfallen.

3.2 Brennstoffzusammensetzung und brennstofftechnische Eigenschaften

Die Elementarzusammensetzung pflanzlicher Biomasse kann in die sogenannten Haupt- und Spurenelemente unterteilt werden. Die wichtigsten Hauptelemente, aus denen im Wesentlichen auch pflanzliche Biomasse besteht, sind dabei Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H). Der Anteil an Kohlenstoff bestimmt auch die freigesetzte Energie durch Oxidation. Bei Fichtenholz mit Rinde beträgt der Anteil an Kohlenstoff 49,8% der Trockenmasse TM, Sauerstoff 43,2% der TM und Wasserstoff 6,3% der TM. Zusätzlich zum Kohlenstoff liefert auch der Wasserstoff noch Energie durch Oxidation und der Sauerstoff unterstützt diesen Oxidationsvorgang.¹⁹

Abbildung 11 veranschaulicht nochmals das Zusammenspiel in der Natur bei der Entstehung von Pflanzen und eine mittlere Zusammensetzung dieser.

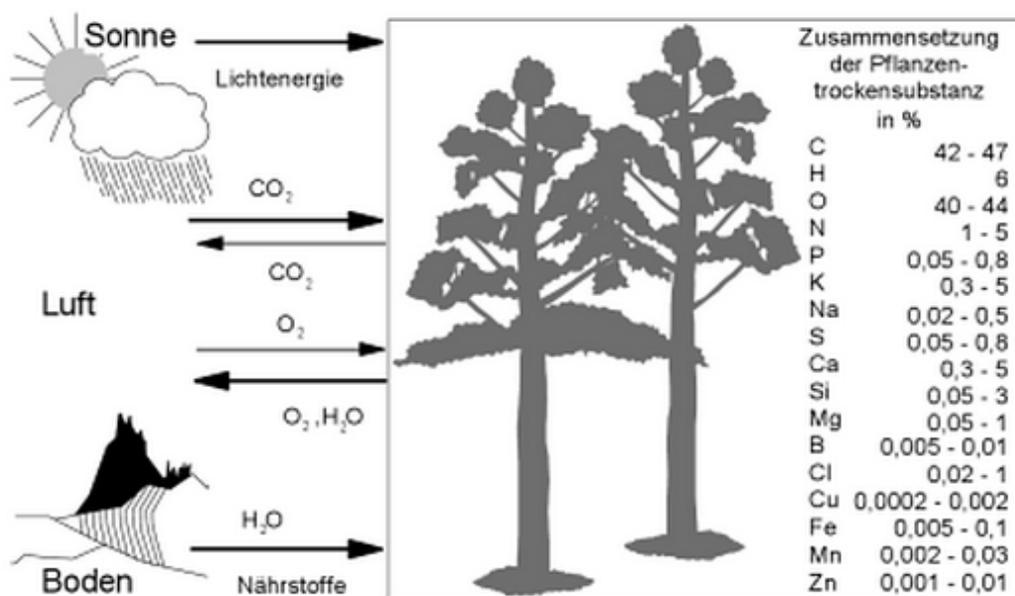


Abbildung 11: Bildung und mittlere Zusammensetzung der Pflanzensubstanz (Quelle: Kaltschmitt et al. (2009), S. 42)

Als *Brennwert* wird jene Wärmemenge bezeichnet, die bei der vollständigen Oxidation eines Brennstoffes freigesetzt wird, wenn der bei der Verbrennung gebildete Wasserdampf im Abgas als Kondensationswärme genutzt wird und somit als flüssiges Wasser vorliegt. Als Bezugsgröße für die gekühlten Abgase gilt laut europäischer Bestimmungsnorm CEN/TS 19 918 ein Wert von 25 °C.^{20 21}

Als *Heizwert* (H_u) wird jene Wärmemenge bezeichnet, die bei der vollständigen Oxidation eines Brennstoffes freigesetzt wird, wenn der bei der Verbrennung gebildete Wasserdampf im Abgas nicht als Kondensationswärme genutzt wird.²²

¹⁹ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 339 ff.

²⁰ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 349

²¹ Vgl. Obernberger (2005), S. 21

²² Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 348

Auf Basis dieser Definitionen liegt der Brennwert eines Brennstoffes immer über dem des Heizwertes, wodurch der Heizwert auch für die Beurteilung der Energiemenge, die im Brennstoff chemisch gebunden ist, die maßgebliche Bestimmungsgröße darstellt.²³

Neben der Brennstoffart ist somit der Wassergehalt die wichtigste Einflussgröße auf den Heizwert von Biomasse, wodurch es möglich ist, diesen durch Trocknung des Brennstoffs zu steigern.²⁴

Im Durchschnitt liegt bei Holz der Brennwert um ca. 7% über dem Heizwert für Brennstoffe im absolut trockenen Zustand. Die Energieausbeute steigt jedoch mit zunehmendem Wassergehalt, da diese Differenz zunimmt.²⁵

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit, besonders im praktischen Teil des Logistikcontrollings, spielt die Heizwertbestimmung eine entscheidende Rolle. Denn nur durch diese lassen sich Brennstoffpreise auf MWh-Basis errechnen. Der Heizwert wird in Abhängigkeit seines Wassergehaltes bei Anlieferung durch folgende Formel bestimmt:

$$H_u = \frac{H_{u(wf)} * (100 - w) - 2,443 w}{100}$$

Formel 1: Berechnung des Heizwertes in Abhängigkeit seines Wassergehaltes²⁶

H_uHeizwert der Biomasse (in MJ/kg)

$H_{u(wf)}$Heizwert im wasserfreien Zustand

2,443.....Verdampfungswärme des Wassers (in MJ/kg) bezogen auf 25°C

wWassergehalt (in %)

Als Asche wird der anorganische Rückstand bezeichnet, der nach der Verbrennung zurückbleibt. Bei nicht verunreinigten biogenen Brennstoffen hat der Aschegehalt nur einen geringen Einfluss auf den Heizwert. Kommt es jedoch zu mineralischen Sekundärverunreinigungen im Laufe der Bereitstellungskette (z.B. bei der Ernte, beim Transport) ist der Aschegehalt nicht ganz zu vernachlässigen. Durch den vermehrten Einsatz von WHG kommt es auch zu Verunreinigungen durch Erde, wodurch der Aschegehalt beim BMH(K)W nicht außer Acht gelassen werden darf. So liegt der Aschegehalt für Fichtenrinde zwischen 2,5 und 5% des Gewichtes der Trockensubstanz (TS).

Neben der Beeinflussung des Heizwertes hat der Aschegehalt jedoch auch Auswirkungen auf die Umweltbelastung und die technische Auslegung einer Feuerungsanlage. Folgende Punkte müssen dabei berücksichtigt werden:

- Notwendige Entstaubung
- Verstärkter Aufwand für Entaschung und Reinigung der Wärmeübertragerflächen
- Aufwendungen für Verwertung bzw. Entsorgung der Verbrennungsrückstände²⁷

Durch die zusätzlichen Kosten, die für die Ascheentsorgung anfallen, müssen diese auch bei der Berechnung der Brennstoffkosten berücksichtigt werden.

²³ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 349

²⁴ Vgl. Oberberger (2005), S. 22

²⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. (2005), S. 350

²⁶ Quelle: Kaltschmitt et al. (2005), S. 352

²⁷ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 353 ff.

4 Heizkraftwerke

Dieses Kapitel soll einen Überblick über die wichtigsten technischen Abläufe und Anlagen eines HKW geben. Beginnend mit den Themen Feuerung und Verbrennung wird im Weiteren Verlauf auf den Prozess der Abgasreinigung und eine mögliche Stromerzeugungstechnik eingegangen. Abschließend folgt eine Betrachtung der Logistik und des Logistikbegriffes aus Sicht eines BMHKW.

4.1 Technik

Um ökologisch, ökonomisch und technisch so effizient wie möglich die gesamte Anlage zu betreiben und vor allem den eingesetzten Brennstoff nutzen zu können, ist eine möglichst gute Verbrennung notwendig. Neben den Herausforderungen, die bereits bei der Auslegung der Feuerung bestehen, bieten sich auch während des laufenden Betriebes viele mögliche Optimierungen zur Wirkungsgradverbesserung.

Um hohe Wirkungsgrade und geringe Schadstoffemissionen zu erreichen, müssen den Charakteristika der biogenen Brennstoffe Rechnung getragen werden. Der relative hohe Gehalt flüchtiger Substanzen und die teilweise parallel ablaufenden komplexen chemischen und physikalische Reaktionen sind dabei die wichtigsten Eigenschaften, auf die bei der Konstruktion und den Betrieb Rücksicht genommen werden müssen.²⁸

Im Laufe der Verbrennung kommt es unter anderem zu folgenden drei wichtigen Reaktionen:

- Pyrolytische Zersetzung
- Vergasung des festen Kohlenstoffes zu CO , CO_2 , H_2 , O_2
- Oxidation der brennbaren Gase (Pyrolyse- und Vergasungsprodukte) zu CO_2 , H_2O ²⁹

Um nun eine vollständige Verbrennung zu erreichen sind nun folgende Punkte zu erfüllen:

- Räumliche Trennung der pyrolytischen Zersetzung und der Vergasung von der anschließenden Verbrennung derer Produkte
- Optimale Verteilung der Verbrennungsluft (Primärluftzuführung ins Glutbett)
- Ausreichend hohe Temperaturen bei der Pyrolyse und der Vergasung
- Generierung eines Luftüberschusses (Sekundärluftzuführung in Nachbrennkammer) durch Zuführung des Oxidationsmittels
- Ausreichend hohe Verbrennungstemperaturen
- Gute Vermischung von Brenngasen und Verbrennungsluft durch hohe Turbulenzen³⁰

Zusammenfassend lassen sich diese Anforderungen als die sogenannte „3-T-Regel“ (Time, Temperatur, Turbulence) bezeichnen.³⁰

Wie bereits erwähnt kommt es zur Zuführung von Luft um eine optimale Verbrennung zu erreichen. Um nun eine vollständige Oxidation zu bewirken wird Verbrennungsluft im Überschuss zugeführt als stöchiometrisch notwendig wäre. Dieses Verhältnis aus der insgesamt

²⁸ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 463

²⁹ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 465

³⁰ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 464 f.

zugeführten Luftmenge und der minimal benötigten wird durch die Luftüberschusszahl λ beschrieben.³¹

$$\lambda = \frac{m_{Luftges}}{m_{Luftmin}}$$

Formel 2: Luftüberschusszahl (Quelle: Kaltschmitt et al. (2009), S. 376)

- $m_{Luftges}$ insgesamt zugeführte Luftmenge
- $m_{Luftmin}$ für eine vollständige Oxidation minimal benötigte Luftmenge
- $\lambda > 1$ Verbrennung: Verbrennungsluft im Überschuss
- $0 < \lambda < 1$ Vergasung
- $\lambda = 0$ Pyrolyse: thermische Zersetzung unter Luftabschluss³¹

Abschließend soll die folgende Abbildung grafisch die einzelnen Schritte einer Verbrennung verdeutlichen.

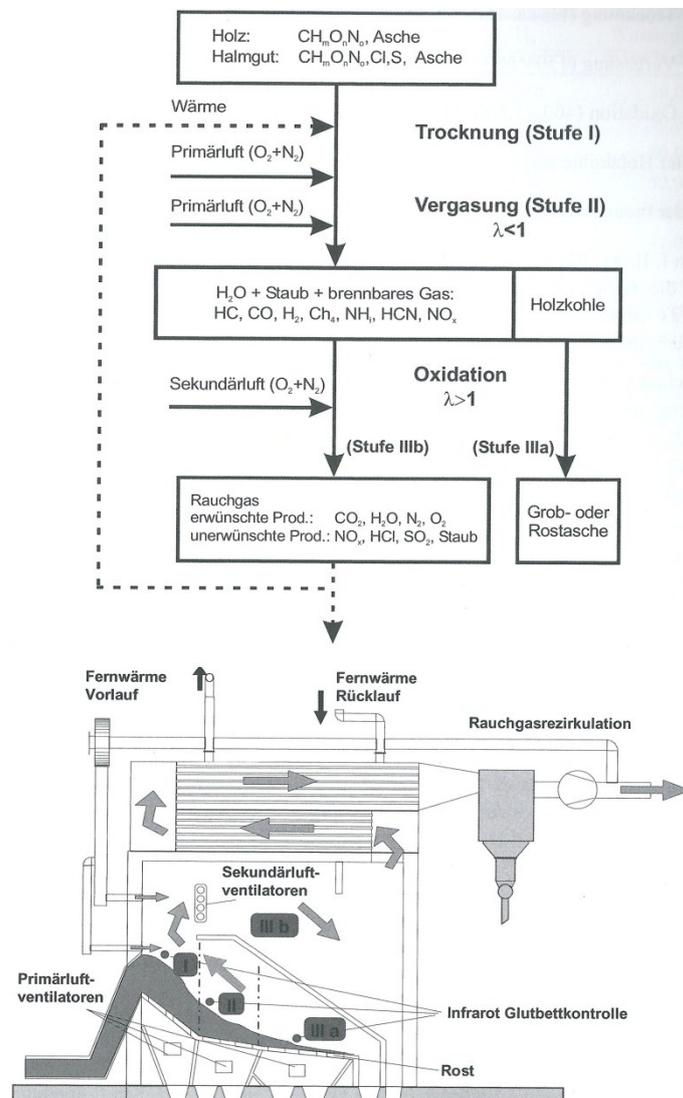


Abbildung 12: Darstellung der verschiedenen Stufen einer Verbrennung und räumliche Zuordnung dieser Phasen in einer Rostfeuerung (Quelle: Obernberger (2005), S. 146)

³¹ Vgl. Wesselak et al. (2009), S. 325 ff.

4.2 Feuerungen

Dieses Kapitel beschreibt mögliche Arten von Feuerungen und es wird dabei speziell auf die sogenannte Vorschubrostfeuerung eingegangen. Diese zählt zu den derzeit hauptsächlich verwendeten Systemen im Bereich der thermischen Nutzung von Biomasse. Ebenfalls im Einsatz befinden sich Unterschubfeuerungen sowie stationäre und zirkulierende Wirbelschichtfeuerungen.³²

Eine erste Einteilung der Feuerungssysteme kann nach Art der Beschickung, händisch oder automatisch, vorgenommen werden. Bei den handbeschickten Techniken erfolgt eine diskontinuierliche Beschickung mit Brennstoff von Hand. Solche Systeme kommen vor allem im privaten Bereich zum Einsatz.³³

Die weite Verbreitung der Vorschubrostfeuerungen ist unter anderem auf die universelle Einsetzbarkeit zurück zu führen. Die bereits erwähnte Heterogenität zwischen und innerhalb der einzelnen Sortimente hinsichtlich Korngröße, Wassergehalt und Aschegehalt benötigt eine geeignete Feuerung. Beim Vorschubrost erfolgt eine periodische Vor- und Zurückbewegung jedes zweiten Rostelementes, wodurch der Brennstoff auf den schräg angebrachten Rost nach unten wandert. Am Ende des Rostes erfolgt dann eine automatische Entaschung. Wie bereits in den Kriterien für eine optimale Verbrennung erwähnt, wird Primärluft über die im Rost eingelassene Luftkanäle eingeblasen. Gleichzeitig wird durch dieses Einblasen der Rost gekühlt, was aber auch durch eine Wasserkühlung geschehen kann.³⁴

Neben der Regelbarkeit der Primärluft ist auch der Vorschubtakt regelbar um die einzelnen Phasen der Verbrennung in den drei Zonen der Feuerung zu gewährleisten. In der ersten Zone erfolgt die Trocknung und Aufheizung des Brennstoffs. Bei trockenem Brennstoff kann dieser Bereich entfallen. In der mittleren und normalerweise heißesten Zone, der Hauptverbrennungszone, erfolgt die pyrolytische Zersetzung und Entgasung und in der letzten Zone die Verbrennung der Holzkohle.³⁵

Ein weiterer Punkt um eine möglichst gute Verbrennung zu gewährleisten ist eine optimale Verteilung des Brennstoffes. Denn durch eine inhomogene Verteilung des Brennstoffes können lokale Aschenschmelze, erhöhte Flugaschemengen und größere erforderliche Luftüberschüsse auftreten. Neben der vertikalen Verteilung üblicher Roste besitzen neu entwickelte zusätzlich horizontal bewegliche Glieder, um dadurch eine möglichst gleichmäßige Rostverteilung zu erreichen.³⁶

³² Vgl. Obernberger (2005), S. 112

³³ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 466

³⁴ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 504 f.

³⁵ Vgl. Obernberger (2005), S. 113 f.

³⁶ Vgl. Obernberger (2005), S. 113

Folgende Abbildung zeigt die oben beschriebene Funktionsweise und deren Komponenten:

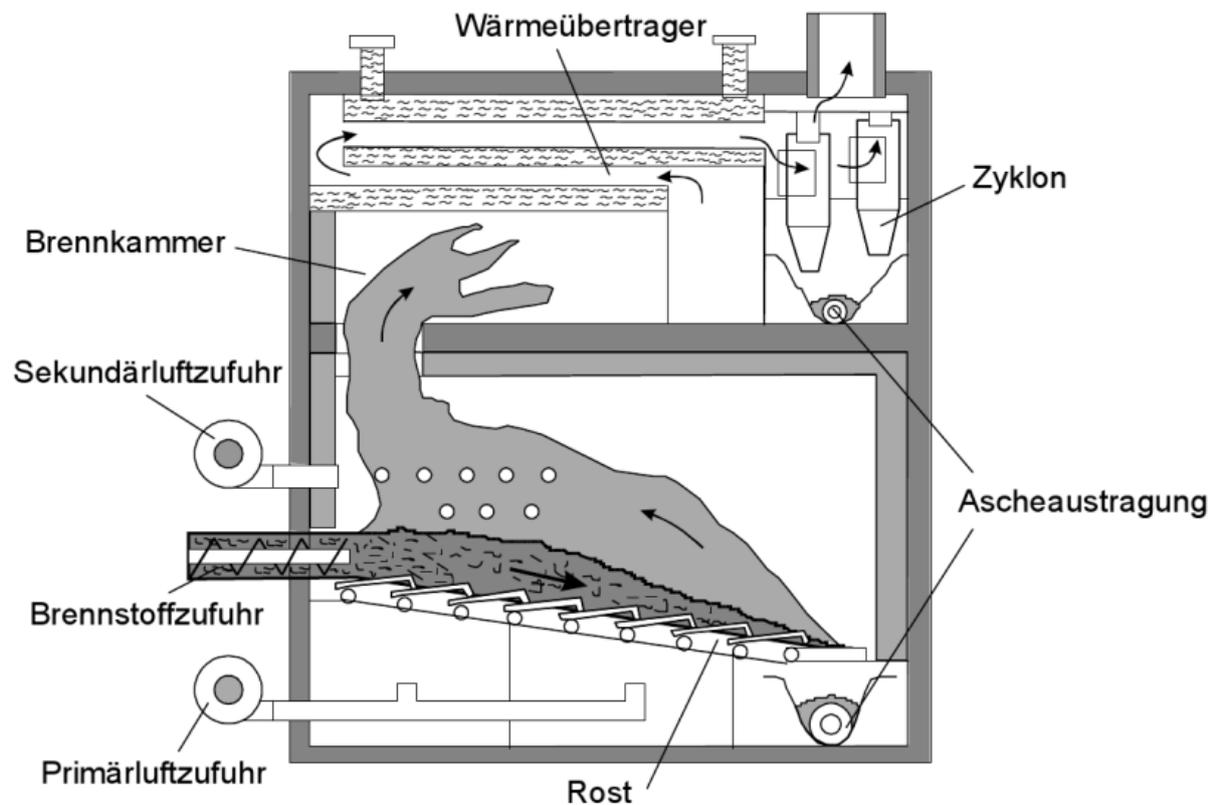


Abbildung 13: Vorschubrostfeuerung (Quelle: Kaltschmitt et al. (2009), S. 504)

4.3 Abgasreinigung- und kondensation

Sollten die erwähnten Primärmaßnahmen bei der Feuerungstechnik nicht genügen um die vorgegebenen Emissionsgrenzwerte einzuhalten, so sind weitere Sekundärmaßnahmen erforderlich. Bei Anlagen mit kleiner und mittlerer Leistung (< 1 MW) reichen oft bereits Zyklone um Grenzwerte nicht zu überschreiten. Besonders bei naturbelassener Biomasse ist der Anteil an Partikel- und Feinstaubemissionen jedoch nochmals höher, wodurch weitere Abscheideverfahren wie Gewebe- oder Elektrofilter, Nass-Entstaubung, Keramikfilter, etc. verwendet werden müssen. Aufgrund ihrer Verbreitung werden nun folgend die Grundfunktionsweisen von Zyklonen und Elektrofiltern beschrieben.³⁷

4.3.1 Zyklon

Das partikelhaltige Abgas strömt hier tangential in den oberen zylindrischen Teil des Zyklons ein und wird dabei in eine Rotationsbewegung versetzt. Durch die hohen hervorgerufenen Fliehkräfte bewegen sich die Teilchen hin zur Außenwand, von der sie in den unteren konischen Teil des Zyklons, dem Staubabscheideraum, absinken. Das gereinigte Rauchgas wird anschließend über das Tauchrohr aus dem Zyklon geführt. Um nun die Abscheideleistung zu verbessern werden mehrere Zyklone als Multizyklonen parallel geführt. Um eine möglichst hohe Leistung zu erreichen ist auch die Dichtheit des Zyklons und der Staubaustragung von

³⁷ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 533 f.

großer Wichtigkeit. Im Zusammenspiel mit einer guten Feuerungstechnik und unproblematischen Brennstoffen können die Staubgrenzwerte mittels Multizyklonen meist eingehalten werden. Dieser Umstand und die vergleichsweise geringen Kosten sind Gründe dafür, dass dieses Verfahren das wichtigste Staubabscheidungsverfahren bei Anlagen mit einer thermischen Leistung von 100 kW bis etwa 5 MW darstellt.³⁸

Abbildung 14 zeigt den Aufbau eines Zyklons und die Parallelschaltung zu einem Multizyklon.

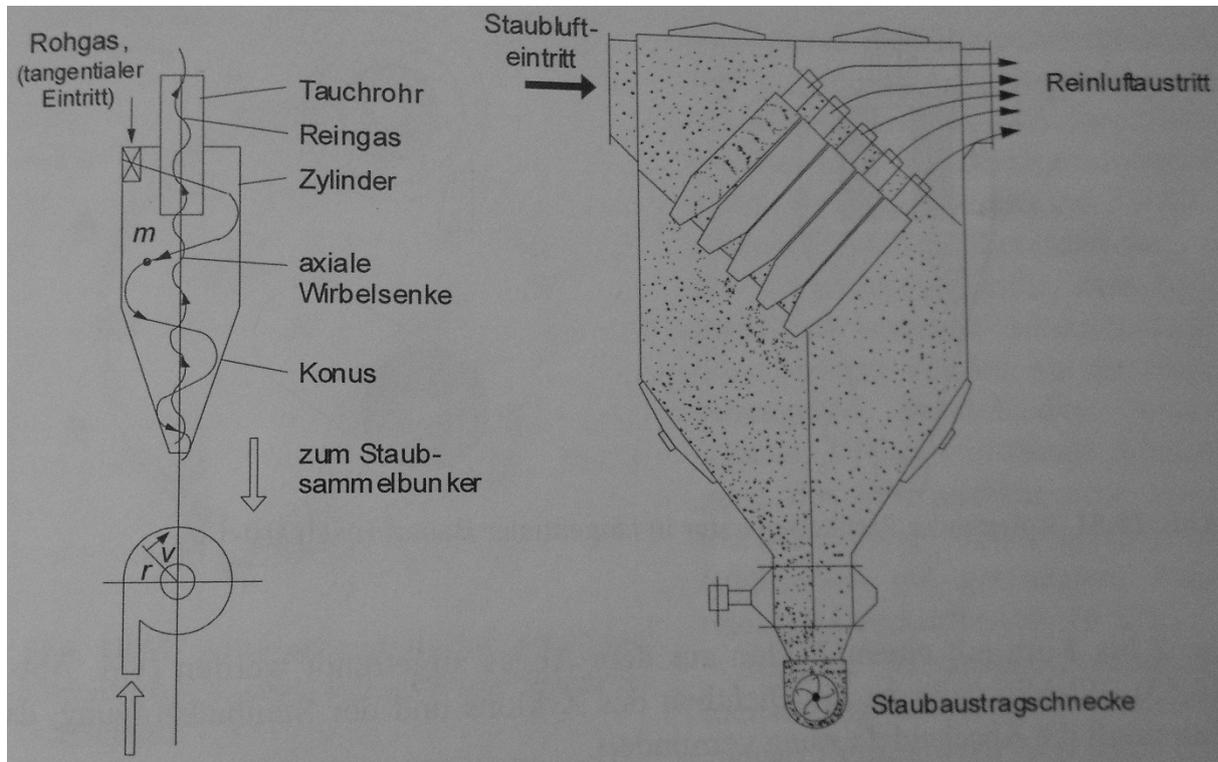


Abbildung 14: Schema eines Zyklons mit Anordnung zum Multizyklon (m Partikelmasse; v Partikelgeschwindigkeit; r Radius) (Quelle: Kaltschmitt et al. (2009), S. 535)

4.3.2 Elektrofilter

Bei diesem Verfahren kommen eine Sprühelektrode und eine Niederschlagslektrode zum Einsatz, zwischen denen eine Gleichspannung von 20 bis 100 kV (Kilovolt) anliegt. Durch die hohe Feldstärke werden Elektronen freigesetzt, die sich an den Staubteilchen bzw. Partikeln oder Nebeltröpfchen ablagern. Diese wandern anschließend zur positiv geladenen Niederschlagslektrode, wo sie ihre Ladung zum Teil abgeben und haften bleiben. Durch eine Klopfleinrichtung wird die Niederschlagslektrode periodisch gereinigt, wodurch die Teilchen in die Staubaustragung fallen. Dieses Verfahren eignet sich besonders zur Abscheidung von feinsten Staubpartikeln, wodurch sie in Konkurrenz mit Gewebefiltern stehen, die jedoch über einen höheren Druckverlust verfügen.³⁹

³⁸ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 535 f.

³⁹ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 538 ff.

Folgende Abbildung 15 zeigt zum Abschluss verschiedene Verfahren und ihren Fraktionsabscheidegrad.

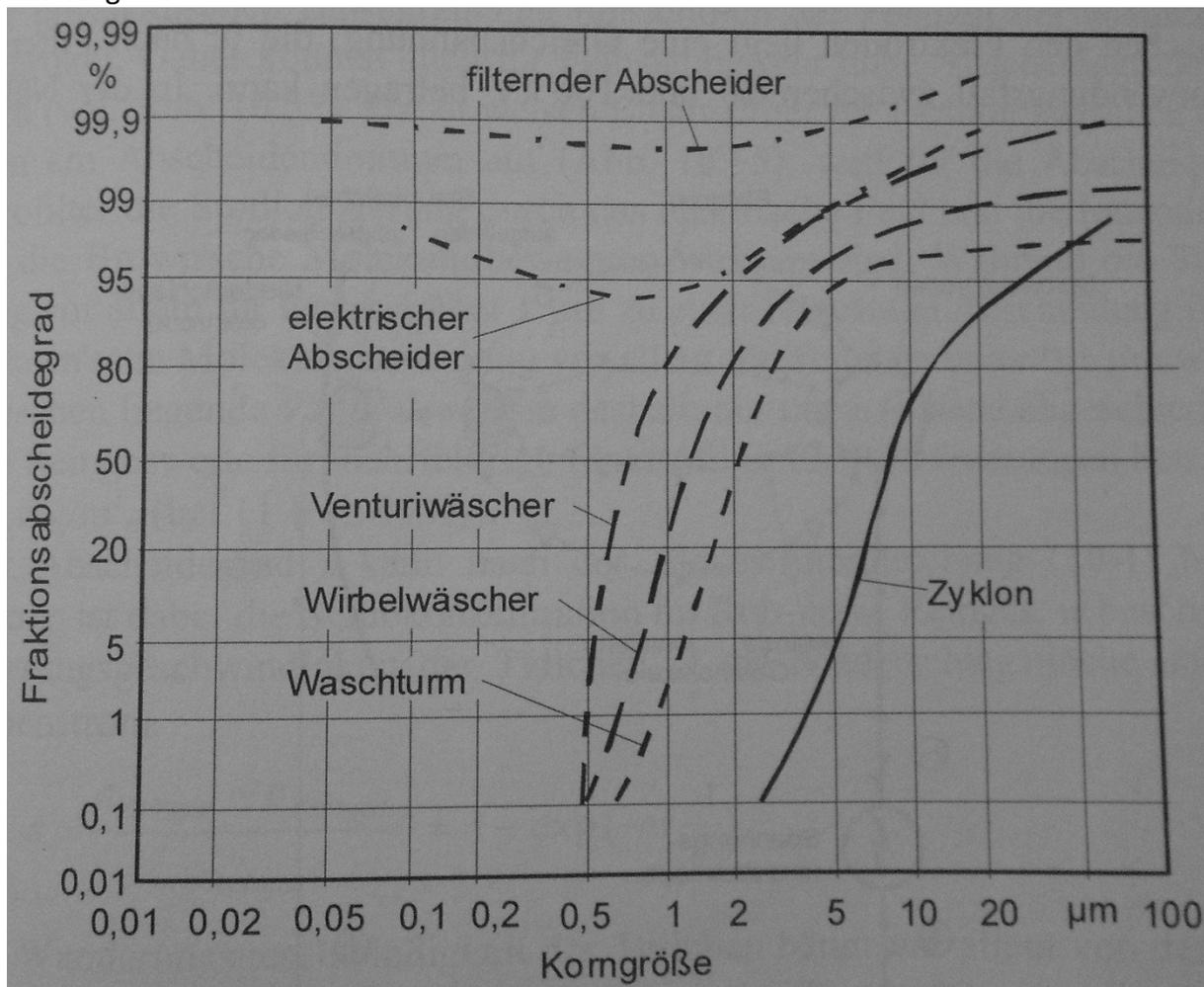


Abbildung 15: Fraktionsabscheidegrad verschiedener Staubabscheidesysteme (Quelle: Kaltschmitt et al. (2009), S. 537)

4.3.3 Abgaskondensation

Um den Wirkungsgrad einer Anlage zu erhöhen und einen weiteren Abgasreinigungseffekt zu erzielen, besteht die Möglichkeit zur Installation einer Rauchgaskondensationsanlage. Diese kann auch zur Entschwadung genutzt werden, um die optisch störende (vor allem in Tourismusregionen) Dampfschwadenbildung zu verhindern.

Bei solchen Anlagen wird das Abgas in einem zusätzlichen Wärmeübertrager unter den Taupunkt des Wassers abgekühlt, wodurch ein Teil des enthaltenen Wasserdampfes auskondensiert. Eine Kondensationsanlage besteht dabei üblicherweise aus drei Stufen. In der ersten Stufe, dem Economiser, wird das Rauchgas mit dem Netzzrücklauf auf rund 70°C abgekühlt, wobei aber noch keine Kondensation erfolgt. Im Kondensator, der zweiten Stufe, erfolgt ein Wärmetausch mit dem Niedertemperatur-Netzzrücklauf. Es erfolgt hier bereits eine Abkühlung des Rauchgases unter den Taupunkt. In der dritten Stufe wird das Rauchgas durch den Luftvorwärmer (LUVVO) geführt, in der eine weitere Abkühlung durch eine Vorwärmung der angesaugten Luft erfolgt.^{40 41}

⁴⁰ Vgl. Oberberger (2005), S. 128 ff.

⁴¹ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 548 f.

Folgende Abbildung 16 zeigt die erwähnten Stufen in einer Rauchgaskondensationsanlage.

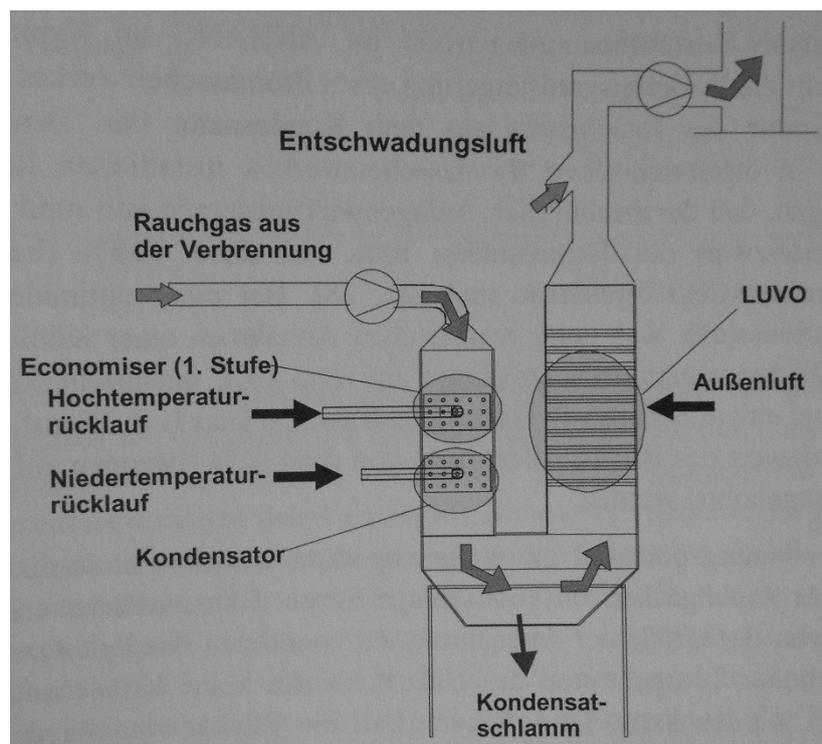


Abbildung 16: Darstellung einer Rauchgaskondensationsanlage (Quelle: Obernberger (2005), S. 129)

4.4 Stromerzeugung

Strom stellt exergetisch eine wesentlich höhere Energieform dar als Wärme. Deshalb sollte der Hochtemperaturanteil der Wärme zur Stromproduktion herangezogen werden. Dadurch werden die Anlagenauslastung bzw. der Gesamtwirkungsgrad gesteigert, und ein Werk kann seinen Eigenstrombedarf selbst abdecken. Konventionelle Dampfprozesse bei biomassegeführten Anlagen erreichen Wirkungsgrade von 25 bis 35%. Eine alleinige Wärmeproduktion erreicht Wirkungsgrade von 85 bis 90%. Allerdings sind diese Wirkungsgrade aufgrund der unterschiedlichen Exergie nicht direkt miteinander vergleichbar. Bei einer kombinierten Produktion liegen die Wirkungsgrade ebenfalls bei 85 bis 90%. Durch die bessere Brennstoffausnutzung und den höherwertigen Strom sind damit aber positive ökonomische und ökologische Folgen verbunden. Die Einspeisetarife für Strom liegen auch über jenen für Wärme, wodurch sich auf diesem Wege auch das Betriebsergebnis verbessern lässt.⁴²

Als Nachteile gelten jedoch die niedrigen elektrischen Wirkungsgrade fast aller Stromerzeugungstechniken im kleinen Anlagenbereich. Steigende Investitionskosten pro installiertem kW_{el} mit abnehmender Anlagengröße, die Betriebssicherheit und höhere Qualifikationen der Mitarbeiter sind dabei ebenso zu berücksichtigen.⁴³

Solche Anlagen, bei denen durch die thermochemische Umwandlung sowohl Kraft bzw. elektrische Energie und Wärme produziert werden, werden als Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet.⁴⁴

⁴² Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 551 f.

⁴³ Vgl. Obernberger (2005), S. 183 f.

⁴⁴ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 551

Um dabei aber ökonomische und ökologische Vorteile bei dieser Variante zu nutzen, muss es für die anfallende Wärme auch geeignete Abnehmer geben. Ökologisch sinnvoll ist es somit, solche Anlagen wärmegeführt und nicht stromgeführt zu betreiben. Es wird somit das Hauptaugenmerk auf die Wärmeproduktion gelegt, und Strom wird als wertvolles Nebenprodukt genutzt. Somit ist es nicht das Ziel möglichst viel Strom zu produzieren, wodurch ein Großteil der Wärme ungenutzt bliebe. Neben der konventionellen Art der Stromerzeugung mittels Dampfturbinensysteme kommt die Möglichkeit des ORC-Prozesses (Organic Rankine Cycle) vermehrt zum Einsatz. Aufgrund des Einsatzes bei einem der betrachteten Werke wird nun folgend die Technologie der ORC-Prozesse genauer erläutert.⁴⁵

4.4.1 ORC-Prozesse

Im Gegensatz zu Dampfkraftprozessen kommt hier nicht Wasser als Arbeitsmedium zum Einsatz, sondern ein Arbeitsmittel organischen Ursprungs (z.B. Toloul). Durch die geringeren Siede- und Kondensationstemperaturen kann elektrische Energie aus Wärme mit niedrigem Druck- und Temperaturniveau hergestellt werden. Deshalb sind ORC-Prozesse typische Anwendungen im Bereich der geothermischen Stromerzeugung, solarer Wärme oder auch Abwärme aus Produktionsprozessen. Gegenüber Dampfkraftprozessen bieten ORC-Prozesse für kleine Leistungen folgende Vorteile:⁴⁶

- ORC-Anlagen sind ab einer elektrischen Leistung von 200 kW_{el} erhältlich
- Überlegenes Teillastverhalten
- Langsam laufende Turbinen sind bezüglich ihres Wirkungsgrade optimiert worden und ermöglichen, dass der Generator direkt getrieben werden kann
- Keine Schaufelerosionen
- Vollautomatische Regelung
- Keine Dampfkessel notwendig, da ORC-Anlage mit Thermoöl statt mit Dampf gespeist werden kann

Diese Thermoöl-Kessel besitzen jedoch einen erhöhten regelungstechnischen Aufwand, und durch den Einsatz des organischen Arbeitsmediums erhöht sich der Sicherheitsaufwand bezüglich Leckagen.⁴⁷

Nach der Verbrennung wird die sich im Rauchgas befindliche Wärme einem Thermoöl-Kessel zugeführt, wodurch sich das in einem geschlossen geführten Kreislauf geführte Thermoöl erhitzt. Es gilt dabei zu beachten, dass es hier nicht zu einer Überschreitung der maximalen Gebrauchstemperatur des Thermoöls kommt. Anschließend findet eine Übertragung der Wärme vom Thermoöl auf das organische Arbeitsmedium in der ORC-Anlage statt. Dadurch kommt es zur Verdampfung und dieser Dampf kann in der Turbine entspannt werden, womit durch den Generator Strom erzeugt werden kann. Im darauffolgenden Kondensator wird der Dampf anschließend kondensiert, und die dabei frei werdende Nutzwärme kann für das Fernwärmenetz herangezogen werden. Das Arbeitsmedium wird mittels einer Pumpe verdichtet und wieder dem Verdampfer zugeführt, wodurch der Arbeitsmittel-Kreislauf geschlossen ist.⁴⁸

⁴⁵ Vgl. Obernberger (2005), S. 184

⁴⁶ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 564

⁴⁷ Vgl. Obernberger (2005), S. 185 ff.

⁴⁸ Vgl. Kaltschmitt et al. (2009), S. 565

4.5 Logistik bei Biomasseheizkraftwerken

In diesem Kapitel wird der Begriff und das zurzeit vorherrschende Verständnis der Logistik umgelegt auf die Gegebenheiten von BMH(K)W. Sämtliche vorgelagerten Schritte der Prozesskette Holz werden dabei nicht näher betrachtet. Das Thema der Holzernte und Brennstoffbereitstellung wurden bereits in der Bachelorarbeit „Biomasse-Logistik – Grundlagen und Fallstudien“ näher betrachtet, wodurch sich der Fokus, auch aufgrund der hier betrachteten praktischen Themen, auf die innerhalb eines Werkes stattfindenden Prozessschritte richtet.

4.5.1 Ist-Zustand des Logistikverständnisses bei Biomassewerken

Die Entwicklung der Logistik reicht vom reinen physischen Bewegen von Gütern, Transport-Umschlag-Lagerung (TUL), hin zu einem systemübergreifenden und integrierenden Supply Chain Management. Zieht man die Systemgrenzen sehr weiträumig und betrachtet somit den gesamten Stoffstromfluss von der Biomasseentstehung bis zur thermischen Nutzung und der Verwertung und Entsorgung von Abfällen und Restprodukten, so bietet sich auch hier ein typisches Bild wie in anderen Branchen auch. Eine systemübergreifende Planung und Abstimmung jedes Beteiligten würde eine Ausrichtung hin zu einem SCM-System schlüssig erscheinen lassen. Nun hat aber einerseits dieses Thema nicht so große Resonanz erfahren wie etwa in der Automobilindustrie, und andererseits würde eine solche Betrachtung in diesem Kontext den Rahmen sprengen.

Deshalb wird auch im Folgenden nicht versucht die Idee des SCM auf BMH(K)W anzuwenden.

Um nun für das weitere Vorgehen eine Definition von Logistik zu geben, muss aus den vielen verschiedenen Definitionen und Meinungen der Fachwelt eine herausgenommen werden. Dazu müssen vorweg noch zwei essentielle Punkte abgeklärt werden.

Wie bereits erwähnt, werden in diesem Kontext die Systemgrenzen bereits beim Werk selbst gezogen. Die Entwicklung der Logistik selbst von TUL hin zu unternehmensübergreifender Integration, sowie Best-Practice-Branchen sollten jedoch beispielhaft sein und darum auch die Empfehlung des Autors: Die Entwicklung in sämtlichen Bereichen der Fernwärmesysteme (Planung, Logistik, Entsorgung, etc.) sollte in Richtung einer unternehmensübergreifenden Sichtweise gehen. Umso wichtiger ist dies vor dem Hintergrund, dass Biomasse bzw. Hackgut als ein Teilprodukt und sämtliche damit in Verbindung stehenden Prozessschritte als Teilabläufe der gesamten Wertschöpfungskette gesehen werden müssen. Alle Beteiligten werden dabei durch steigenden Kosten- und Zeitdruck zu vermehrter Planung und Integration gezwungen werden.⁴⁹

Als zweiten Punkt gilt es die Aufgaben der Logistik von BMH(K)W zu veranschaulichen. Der Großteil der Logistik (strategisch und operativ) findet im Bereich der Beschaffung statt, auch weil hier die Hebelwirkung mittels Einkaufspreisen eine sehr große ist. Folgende Diskussionen und Projekte sollen jedoch herausarbeiten, dass es mit Hilfe eines Verständnis von Lo-

⁴⁹ Vgl. Aigner (2012), S. 14

gistik, die auch als Managementunterstützung dient, möglich sein kann positive Einflüsse zu generieren.

Somit erscheinen die beiden folgenden Definitionen von Logistik für BMH(K)W als zwei, die sich sehr gut mit den Gegebenheiten und Ansprüchen dieser Thematik in Zusammenhang bringen lassen.

"Die Unternehmenslogistik umfaßt die Planung, Steuerung und Kontrolle sowie die operative Handhabung möglichst aller für einzelne Unternehmungen bedeutsamen Material- und Güterbewegungen und -bestände." "Die logistische Betrachtungsweise ist dadurch gekennzeichnet, daß sie Wertschöpfungssysteme als Güterflußsysteme sieht." "Logistik als Güterflußmanagement ist eine unternehmerische Führungsaufgabe." ⁵⁰

"Die Logistik ist eine moderne Führungskonzeption zur Entwicklung, Gestaltung, Lenkung und Realisation effektiver und effizienter Flüsse von Objekten (Güter-, Informations-, Geld- und Finanzflüsse) in unternehmensweiten und unternehmensübergreifenden Wertschöpfungssystemen." ⁵¹

Um abschließend die gesamte Wertschöpfungskette von Holz und Energieholz in Österreich genauer zu betrachten, finden sich im Anhang zwei Sankey-Diagramme zu diesen Themen.

4.5.2 Praktische Umsetzung der Logistik bei Biomassewerken

Um die Tätigkeitsfelder, Ziele und Aufgaben der Logistik besser eingrenzen zu können ist es sinnvoll bei dieser Betrachtung die Logistik in vier verschiedene Bereiche aufzuteilen, wie sie es auch zum Großteil in anderen Branchen gibt:⁵²

- Beschaffungslogistik
- Produktionslogistik
- Distributionslogistik
- Entsorgungslogistik

Im Bereich der *Beschaffungslogistik* geht es vor allem um die strategische und operative Planung der Brennstoffversorgung. Im Zusammenspiel mit einer gewünschten Lagerstrategie und dem geplanten Brennstoffverbrauch geht es dann um Lieferprofilplanungen und Lieferantenmanagement. Neben den eigentlichen Einkaufspreisen sind auch die in Kapitel 3.1 erwähnten Qualitätsmerkmale bei der Planung und Ausführung von hoher Wichtigkeit. Vor allem bei der Beschaffungsplanung und den sich daraus ergebenden Lieferprofilen und Lagerständen stecken in Form von Kapitalkosten und Lagerverlusten hohe Einsparpotentiale.

Die *Produktionslogistik* besteht größtenteils aus der operativen Steuerung des Materialflusses innerhalb des Werkes.⁵³ Dazu zählen die Beschickung mit Brennstoff und das Thema der Ascheaufbereitung. Um einen reibungslosen Betrieb gewährleisten zu können, fallen eben-

⁵⁰ Ihde (2001), S. 15, 19, 331

⁵¹ Göpfert (2005), S. 23

⁵² Vgl. Obernberger et al. (2005), S. 55

⁵³ Vgl. Obernberger et al. (2005), S. 55

falls noch die Bereitstellung von Hilfs- und Betriebsstoffen sowie Ersatzteilen ins Leistungsspektrum.

Aufgabe der *Distributionslogistik* ist es, den Verkauf an die Kunden zu regeln. Dazu zählt nicht nur die Bereitstellung von Wärme, sondern ebenso die Betreuung, Wartung, Informationsbereitstellung und Abrechnung.

Die *Entsorgungslogistik* ist für einen reibungslosen und gesetzeskonformen Ablauf mit sämtlichen zu entsorgenden Gegenständen zuständig. Dazu zählen Abfälle, Asche, Kondensat und Kondensatschlamm.⁵⁴

Jeder einzelne Bereich verfolgt dabei unterschiedliche Ziele, die wie in anderen Zielsystemen zu Zielkonflikten führen können.

Oberstes Ziel jedes Werkes muss es sein, eine 100%-ige Versorgungssicherheit der Kunden mit Wärme zu gewährleisten. Dazu ist es möglich technische Vorkehrungen wie Ausfallsessel zu installieren oder Redundanzen einzubauen. Regelmäßige Wartung und Serviceintervalle zählen aber ebenfalls dazu.

Die Gesamtziele, bei der die Logistik als Führungsaufgabe unterstützen kann und soll, sind:

- Versorgungssicherheit der Kunden
- Maximierung der Kundenzufriedenheit
- Versorgungssicherheit mit Brennstoff
- Maximierung der Wirtschaftlichkeit
- Maximierung der Produktivität
- Minimierung der ökologischen Belastungen⁵⁵

Auch aus der Theorie der Logistik lassen sich die 6Rs auf die Ziele der Biomasse-Logistik bzw. eines Werkes umlegen. Beispielhaft kann hier nachfolgend für die verschiedenen Bereiche angeführt werden:⁵⁶

- | | |
|-----------------------------|--|
| • Das richtige Produkt | Einhaltung von Sortiments- und Qualitätsvereinbarungen |
| • Zum richtigen Zeitpunkt | Serviceintervalle abstimmen |
| • In der richtigen Qualität | gewünschte Vorlaufzeit einhalten |
| • In der richtigen Menge | Volumensstrom im Netz optimieren |
| • Am richtigen Ort | Netzregelung optimieren |
| • Zu den richtigen Kosten | Einkaufspreisobergrenze nicht überschreiten |

Dem Materialfluss durch die verschiedenen Stufen des Werkes begleitet stets ein Informationsfluss. Je nach Wertschöpfungsstufe und Produkt unterscheiden sich die notwendigen Informationen.

- | | |
|--------------|--|
| • Brennstoff | Preis, Energieinhalt, Liefermenge, etc. |
| • Produktion | Wirkungsgrade, Volllaststunden etc. |
| • Verkauf | Preis, zusätzliche Serviceleistungen, Wärmemenge, etc. ⁵⁷ |

⁵⁴ Vgl. Obernberger et al. (2005), S. 55 ff.

⁵⁵ Vgl. Obernberger et al. (2005), S. 56 ff.

⁵⁶ Vgl. Obernberger et al. (2005), S. 54

⁵⁷ Vgl. Obernberger et al. (2005); S. 57

Die folgende Abbildung ordnet die verschiedenen Logistikbereiche den funktionalen Abteilungen eines Werkes zu. Es ist darin sowohl der Materialfluss als auch der in die entgegengesetzte Richtung verlaufende Informationsfluss zu sehen. Ebenso dargestellt ist das Gut in seinem jeweiligen Aggregatzustand vom Einkauf bis zur Nutzung beim Kunden.

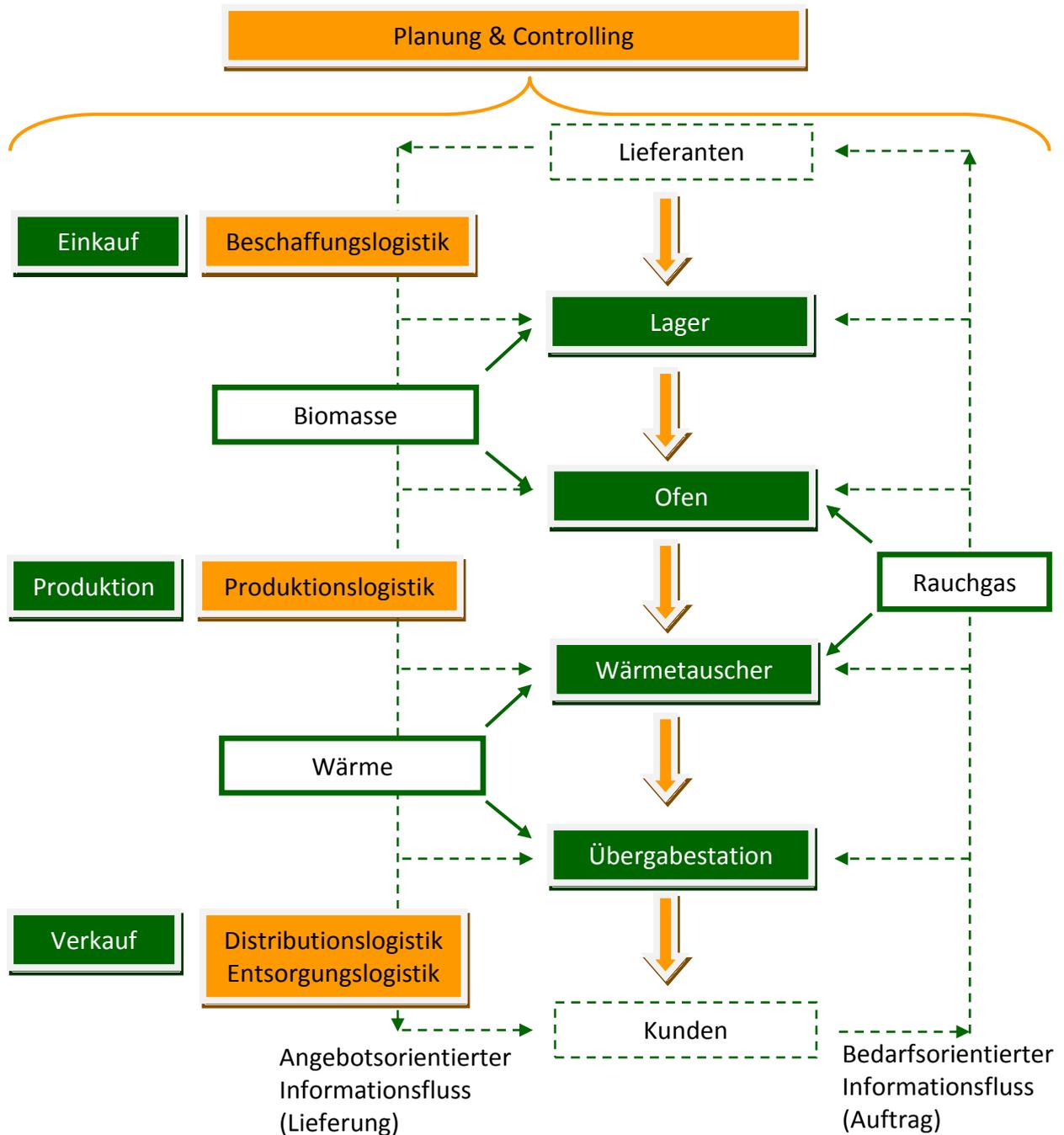


Abbildung 18: Logistikkette eines Biomassewerkes mit dazugehörigen Material- und Informationsfluss (in Anlehnung an: Obernberger et al. (2005), S. 58)

5 Balanced Scorecard

Dieses Kapitel soll die grundlegende Idee hinter der Balanced Scorecard (BSC) und deren Aufbau wiedergeben. Neben der eigens entwickelten Bioenergie Balanced Scorecard in Kapitel 9 wird zur besseren Veranschaulichung die Sustainability Balanced Scorecard der Österreichischen Bundesforste vorgestellt.

5.1 Balanced Scorecard als Instrument des Logistikcontrolling

Wie bereits in Kapitel 4.5.2 dargestellt, setzt sich Logistik bei BMH(K)W aus verschiedenen Teilen zusammen. In dieser Arbeit wird jedoch mit dem Begriff Logistikcontrolling vor allem der Bereich der Beschaffung und der Beschaffungslogistik assoziiert. Dies hat den Grund, dass die Beschaffung den größten und wichtigsten Teil der gesamten Logistik eines Heizkraftwerkes ausmacht und die Themen rund um Produktion und Verkauf unter dem Aspekt des Produktionscontrollings gesehen werden.

Logistikcontrolling besteht aus den Teilaufgaben des Controllings wie Planung, Information, Analyse, Kontrolle, Koordination und Steuerung, bezogen auf den Logistikbereich des Unternehmens. Somit ist das Logistikcontrolling die Schnittmenge aus den Bereichen Logistik und Controlling und zugleich ein Teilbereich dieser beiden Themen in einem Unternehmen. So wie es einem modernen Verständnis der Logistik entspricht, ist es das Ziel die flussorientierte und gesamtheitliche Sichtweise eines Unternehmens zu unterstützen.^{58 59}

Ziele des Logistikcontrollings dabei sind:

- Erhöhung der Effektivität
- Steigerung der Effizienz
- Sicherung der Anpassungs- und Entwicklungsfähigkeit des Logistikmanagements⁶⁰

Nach Wannewetsch werden dabei laut Praxisumfragen vor allem Verbesserungen in folgenden Bereichen gesehen:

- „Bestandsoptimierung, Durchlaufzeitverkürzung,
- Transparenz logistischer Kosten und Leistungen,
- Minimierung logistischer Kosten,
- Erhaltung der Lieferbereitschaft, Transportoptimierung“⁶¹

Die genannten Ziele und Verbesserungen decken sich auch mit den Anforderungen an ein Logistikcontrollingsystem bei Heizkraftwerken. So wird in Kapitel 7 auch explizit auf die Themen der Bestandsoptimierung und die dadurch beeinflussten Logistikkosten Bezug genommen. Ebenso kann das Logistikcontrolling aus Sichtweise der Managementebenen auch in die drei Bereiche des normativen, strategischen und operativen Logistikcontrollings aufgeteilt werden. Dies führt dazu, dass Beschaffungs- und Lagerstrategien mit in die Diskussion der erzielten Ergebnisse in Kapitel 7 einfließen.

Die BSC bietet dabei ein Instrument des strategischen (Logistik-)controllings und wird in den folgenden Kapiteln genauer erläutert.

⁵⁸ Vgl. Wannewetsch (2007), S. 381

⁵⁹ Vgl. Göpfert (2005), S. 54

⁶⁰ Vgl. Göpfert (2005), S. 117

⁶¹ Wannewetsch (2007), S. 381

5.2 Aufbau der Balanced Scorecard

Unternehmen und Hochschulen haben im Laufe der industriellen Entwicklung erkannt, dass die Leistungsmessung von Unternehmen durch rein finanzielle Maßstäbe nicht mehr den nötigen Anforderungen genügt. Der Wettbewerb von heute und die rasante technologische Entwicklung von Produkten und Märkten verlangen die richtigen Signale hinsichtlich Innovation und kontinuierliche Verbesserung wahrzunehmen und zu deuten. Robert S. Kaplan und David P. Norton erkannten, dass nicht ein einzelner Maßstab eine eindeutige Leistungsvorgabe liefern oder die Aufmerksamkeit auf wichtige Tätigkeitsfelder lenken kann. Daraus entwickelten sie eine Gesamtschau, die sowohl finanzielle als auch operative Maßstäbe betrachtet, um Unternehmen und deren Leistung rasch und umfassend zu überblicken. Die Balanced Scorecard enthält dabei sowohl finanzielle als auch operative Kennzahlen. Erstere dienen dazu von bereits getroffenen Entscheidungen und Aktivitäten die Auswirkungen zu erkennen. Die operativen Maßstäbe sind Kennzahlen zur Kundenzufriedenheit, zu betriebsinternen Abläufen sowie zur Innovations- und Wissensperspektive. Dadurch erlaubt die BSC Führungskräften ihr Unternehmen aus diesen vier Perspektiven zu betrachten. Damit soll sie überflüssige Informationen minimieren und vor Augen führen, ob Erfolge einer Perspektive zum Nachteil anderer erfolgten.⁶²

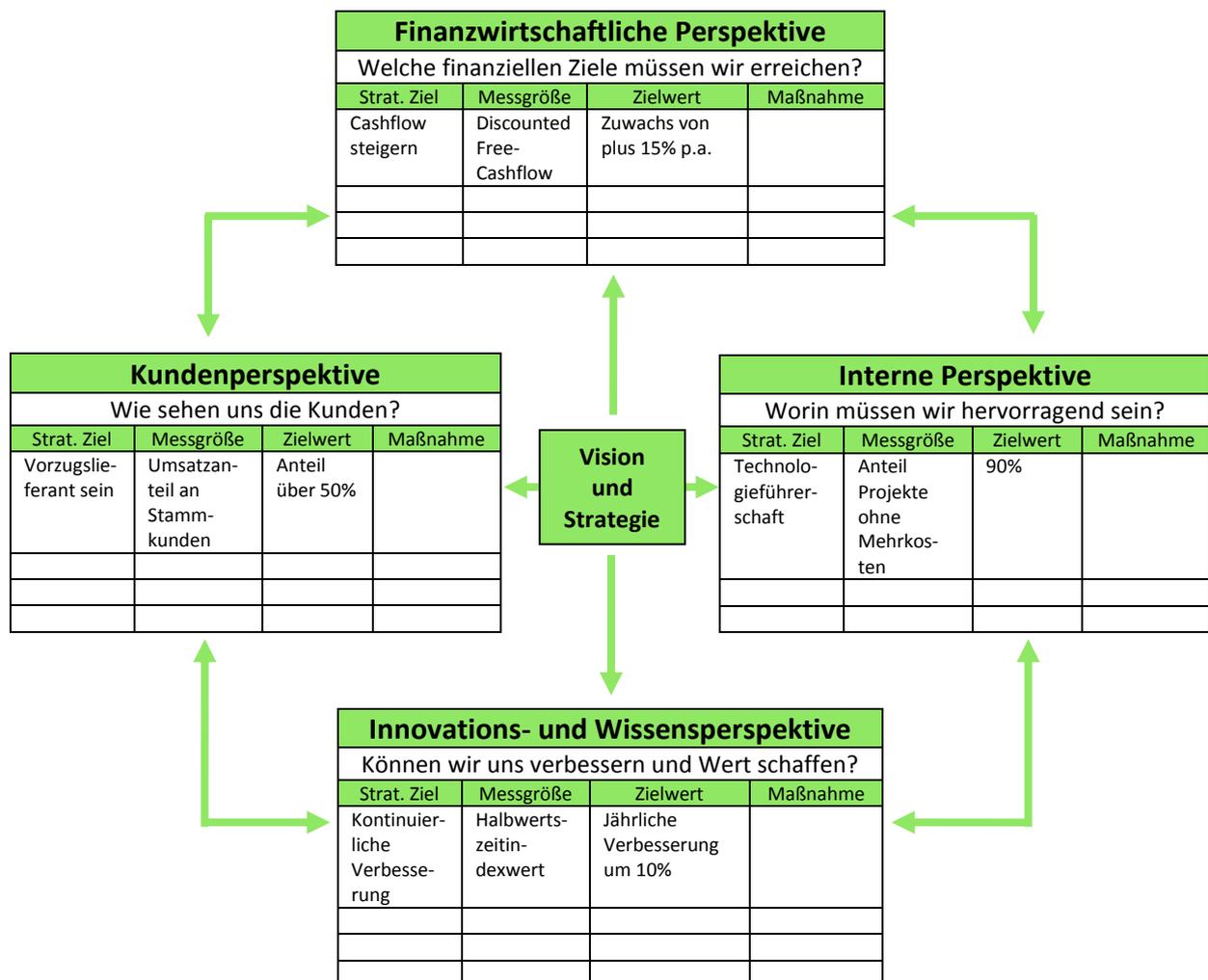


Abbildung 19: Perspektivensicht der Balanced Scorecard (in Anlehnung an Kaplan, Norton (2009))

⁶² Vgl. Kaplan et al. (2009), S. 7 ff.

Abbildung 19 zeigt die vier Perspektiven der Balanced Scorecard mit jeweils einem konkreten Beispiel einer Leistungsmessung. In den folgenden Kapiteln wird auf die vier Perspektiven eingegangen.

5.3 Kundenperspektive

Zentrale Fragestellung dieser Perspektive ist: Wie sehen uns die Kunden?

Aufgrund kundenbezogener Unternehmensvisionen bietet die BSC hier die Möglichkeit die Leistungsmerkmale darzustellen, die aus Kundensicht wesentlich sind. Somit kann die Unternehmensstrategie in markt- und kundenbezogene Ziele heruntergebrochen werden. Kundenansprüche lassen sich dabei in vier Kategorien einteilen: ⁶³

- Zeit
- Qualität
- Produktleistung und Service
- Preis

Mögliche Maßstäbe hierfür wären: ⁶⁴

- Lieferzeit
- Vorlaufzeit zur Markteinführung neuer Produkte
- Ausschuss bei Rücksendungen
- Marktanteil
- Kundenzufriedenheit

Durch Erreichen der gesetzten Ziele und Erfüllung der Kundenansprüche verbessert sich die finanzielle Situation eines Unternehmens und somit gleichzeitig die Finanzperspektive. ⁶⁵

5.4 Interne Perspektive

Zentrale Fragestellung dieser Perspektive ist: Worin müssen wir hervorragend sein?

Um die Bedürfnisse der Kunden zu befriedigen muss es ein Unternehmen schaffen seine Abläufe, Entscheidungen und Maßnahmen innerhalb der Organisation so zu gestalten, dass exzellente Ergebnisse geliefert werden. Diese Perspektive soll dabei helfen dem Unternehmen zu sagen, was intern getan werden muss, um den Erwartungen der Kunden zu genügen. Oftmals wird diese Perspektive auch als Prozessperspektive bezeichnet, da ein Prozessbild entsteht, dass die Prozessorientierung auf Basis einer Kundenfokussierung im gesamten Unternehmen fördern soll. ⁶⁶

Außerdem soll sie dazu dienen Kernkompetenzen zu bestimmen und zu messen, da sich aus den Kennzahlen direkt die externen Leistungsanforderungen und -faktoren ableiten. ⁶⁷

Es werden dabei nicht nur bestehende Prozesse optimiert, sondern auch aufgezeigt wo es weitere Optimierungspotentiale gibt. Dazu werden folgende Geschäftsprozesse und Aktionen beschrieben: ⁶⁸

- Produktions- und Logistikprozesse
- Kundenmanagementprozesse
- Innovationsprozesse

⁶³ Vgl. Kaplan et al. (2009), S. 9

⁶⁴ Vgl. Gerberich et al. (2006), S. 41 f.

⁶⁵ Vgl. Hügens (2008), S. 75

⁶⁶ Vgl. Kaplan et al. (2009), S. 11

⁶⁷ Vgl. Gerberich et al. (2006), S. 42

⁶⁸ Vgl. Hügens (2008), S. 75

- Gesetzliche vorgeschriebene/soziale Prozesse

5.5 Innovations- und Wissensperspektive

Zentrale Fragestellung dieser Perspektive ist: Können wir uns verbessern und Wert schaffen? Die beiden vorhergehenden Perspektiven lieferten Parameter, die für den Wettbewerbserfolg eines Unternehmens wichtig sind. Der globale Wettbewerb von heute verlangt von Unternehmen aber auch sich und seine Produkte bzw. Dienstleistungen ständig zu verbessern und mit Innovationen den Markt zu befriedigen. Diese Fähigkeiten eines Unternehmens wirken sich direkt auf ihren Wert aus, denn sie erhöhen die Erlöse und Margen, steigern die Effizienz und versetzen ein Unternehmen in einen Wachstumskurs.⁶⁹

5.6 Finanzwirtschaftliche Perspektive

Zentrale Fragestellung dieser Perspektive ist: Welche finanziellen Ziele müssen wir erreichen?

In dieser Perspektive wird durch Finanzkennzahlen verdeutlicht, ob sich die eingeschlagene Strategie und alle damit verbundenen Entscheidungen positiv auf den finanziellen Erfolg eines Unternehmens ausgewirkt haben. Typische Kennzahlen hierfür wären:

- Return on Investment (ROI)
- Economic Value Added (EVA)
- Kapitalkosten (WACC)
- Discounted Free Net Cash Flow
- Umsatzwachstum

Solche Finanzkennzahlen eignen sich auch sehr gut um festzustellen ob Verbesserungen bei operativen Kennzahlen (z.B. Produktivitätssteigerungen, Servicequalitätsverbesserungen, etc.) auch direkt zu monetären Verbesserungen führen. Denn es ist für ein Unternehmen nicht zielführend laufend Investitionen zu tätigen und Effizienzsteigerungen durchzuführen, wenn diese Maßnahmen nicht zu den gewünschten finanziellen Zielwerten führen. In solchen Fällen gilt es sich als Manager die Frage zu stellen, ob die eingeschlagene Strategie und ihre Ziele auch zum Unternehmenserfolg beitragen.^{70 71}

5.7 Die Sustainability Balanced Scorecard der Österreichischen Bundesforste

In diesem Kapitel soll beispielhaft für die verschiedensten Umsetzungsmöglichkeiten einer Balanced Scorecard die Entwicklung bei den Österreichischen Bundesforsten (ÖBf) beschrieben werden.

Ziel der ÖBf ist es mit ihrer Sustainability Balanced Scorecard (SBSC) die Strategiekommunikation und –umsetzung zu erleichtern und dabei die strategische Bedeutung der Nachhaltigkeit besonders zu betonen. Die ÖBf unterteilten ihre SBSC in die drei Perspektiven Wirtschaft, Mensch/Gesellschaft und Natur. Die wirtschaftliche Perspektive wurde dabei in die drei Teilaspekte Prozesse, Kundenzufriedenheit und finanzielle Ergebnisse unterteilt.⁷²

⁶⁹ Vgl. Kaplan et al. (2009), S. 12

⁷⁰ Vgl. Kaplan et al. (2009), S. 13 f.

⁷¹ Vgl. Hügens (2009), S. 74

⁷² Vgl. Österreichische Bundesforste (2003), S. 18 f.

Die SBSC setzt auf dem Unternehmensleitbild und der sich daraus entwickelten Strategie der ÖBf auf, und dient als Instrument, die daraus abgeleiteten Ziele und den Unternehmenserfolg zu messen.⁷³ Folgende Abbildung 20 zeigt die entwickelte SBSC bei den ÖBf:

Sustainability Balanced Scorecard der ÖBf AG				
WIRTSCHAFT				
Strategisches Ziel	Erfolgsfaktor- Kennzahl	2010	2015	
Ökonomischen Wert nachhaltig steigern	Gesamterfolg der ÖBf AG – EGT vor Fruchtgenuss in Mio. €	19,0	27,0	
Eigenfinanzierungskraft stärken	Operativer Cash Flow vor Investitionen und vor Finanzierung in Mio. €	16,5	25,6	
Ertragskraft sichern und steigern	Return on Sales (ROS) im Eigengeschäft – ROS (EBIT-Marge) ÖBf AG = EBIT/Betriebsleistung (exkl. Beteiligungen in %)	7,9	10,8	
Partnerschaftliche Kundenbeziehungen	Zufriedene Kunden – Kundenzufriedenheit (jährliche Erhebung) Bewertungsschema 1=sehr positiv bis 5=sehr negativ	≤ 2	≤ 2	
Branchenentwicklung durch Innovation fördern	Forschung und Entwicklung – F&E-Index der ÖBf AG (externe + interne Kosten) 2003=100	200	250	
GESELLSCHAFT				
Strategisches Ziel	Erfolgsfaktor- Kennzahl	2010	2015	
Erfüllung der Schutzfunktion	Realisierung spezifischer Schutzwaldprojekte – Anzahl der Projekte aufgrund der ÖBf-Schutzwaldstrategie	75	85	
Erfüllung der Erholungsfunktion	Verbesserung der Erholungsfunktion - Erholungsangebotsindex=Warenkorb aus Mountainbiking (km), Reiten (km), Langlaufen (km), etc. 2003 = 100	118	121	
Erfüllung der Ansprüche der Einforstungsberechtigten	Sicherung der Einforstungsrechte – Hiebsatz in belasteten Betriebsklassen / Gebühr Gebühr=urkundliche verankerte Menge an Holz in Efm, die Einforstungsberechtigten zusteht	4,40	3,60	
Nutzung und Entwicklung der Mitarbeiterpotentiale	Sicherheit am Arbeitsplatz – Anzahl der Arbeitsunfälle pro 100 Mitarbeiter	≤ 9	≤ 9	
Nutzung und Entwicklung der Mitarbeiterpotentiale	Mitarbeiterzufriedenheit – MA-Befragung bis 2008 jährliche, ab 2009 alle 2 Jahre Bewertungsschema 1=sehr positiv bis 5 sehr negativ	≤ 2	≤ 2	
NATUR				
Strategisches Ziel	Erfolgsfaktor- Kennzahl	2010	2015	
Nachhaltige Entwicklung und Nutzung des Waldes	Quantitative Nachhaltigkeit (Wald) – Quantitative Substanzerhaltung=bilanzierter Hiebsatz Endnutzung im Wirtschaftswald / Einschlag Endnutzung im Wirtschaftswald Zielwert = 1	1,00	1,00	
Nachhaltige Entwicklung und Nutzung des Waldes	Qualitative Nachhaltigkeit bei Nutzung erntereifer Bestände (=Endnutzung) – Einschlagsstruktur Endnutzung=gemittelter Durchschnittswert aus Alter, Seehöhe, Hangneigung, Standortsgüte und Umtriebsgruppe Zielwert=0, Bandbreite von -2 bis +2	0,00	0,00	
Nachhaltige Entwicklung und Nutzung des Waldes	Qualitative Nachhaltigkeit bei Pflegemaßnahmen mit Holzanfall (=Vornutzung) – Einschlagsstruktur Vornutzung=gemittelter Durchschnittswert aus Alter, Seehöhe, Hangneigung, Standortsgüte und Umtriebsgruppe Zielwert=0, Bandbreite von -2 bis +2	0,00	0,00	
Nachhaltige Entwicklung und Nutzung des Waldes	Erreichung des Bestockungsziels - Bestockungsindikator Karbonatsstandorte=Anteil der Probeflächen, auf denen Laubholzverjüngung zur Erreichung des Bestockungsziels ausreichend vorhanden ist, an allen Probeflächen in % Zielwert = 80	80,0	80,0	
Nachhaltige Entwicklung und Nutzung des Waldes	Gezielte Naturschutzaktivitäten / Aktives Naturraummanagement – Anzahl der segregalen Naturschutzaktivitäten pro Jahr	900	950	

Abbildung 20: Sustainability Balanced Scorecard der ÖBf AG ab 2010 (in Anlehnung an: ÖBf (2010))

⁷³ Vgl. Österreichische Bundesforste (2010), S. 20 f.

B) Projekte zu Logistik- und Produktionscontrolling für Biomasseheizkraftwerke

Der zweite Teil dieser Masterarbeit beschäftigt sich mit der konkreten Anwendung von Systemen zum Logistik- und Produktionscontrolling bei einem Biomasseheizkraftwerk. In den folgenden Kapiteln werden die dafür eingesetzten Softwarelösungen, die Vorgehensweisen und konkrete Studienergebnisse vorgestellt.

Für die Analyse der Biomasse-Logistik und der Produktion wurden jeweils zwei Systeme entwickelt und eingeführt, um sämtliche notwendigen Daten zu sammeln, analysieren und aufzubereiten. Im Kapitel des Logistikcontrollings werden die Ergebnisse zweier Werke direkt miteinander verglichen. Das Kapitel Produktionscontrolling widmet sich fokussiert der Betrachtung eines einzelnen Werkes. Im abschließenden Kapitel wird eine Balanced Scorecard speziell für BMH(K)W vorgestellt, bei der in der Analyse die Betriebsdaten dieses Werkes einfließen.

Sämtliche nachfolgenden Projekte und Systeme wurden in Zusammenarbeit mit der Fa. Ökoenergiemanagement GmbH (OEM) mit Sitz in St. Johann im Pongau erstellt. Das Unternehmen ist im Bereich der erneuerbaren Energien und im Industriebereich für Energieeffizienzoptimierungen tätig. Größtes Tätigkeitsfeld sind die Planung, Errichtung, Betrieb und Optimierung von Biomasseheiz(kraft)werken.

6 Beschreibung des analysierten Werkes

Das analysierte Werk G befindet sich im Bundesland Salzburg und zählt dort zu den ersten Biomasseheizwerken. Das Werk befindet sich in einem Industriegebiet direkt neben einem Sägewerk, das sowohl als Brennstofflieferant als auch als Wärmeabnehmer fungiert. Ebenfalls gleich nebenan befinden sich weitere Trockenkammern eines Holzunternehmens sowie weitere Klimahallen und Trockenkammern.

In der ersten Ausbaustufe wurden zwei Warmwasserkessel mit Leistungen von jeweils 1,5 MW und 3,5 MW installiert. Zwecks Versorgungssicherheit und Spitzenlastabdeckung gibt es noch einen Ölkessel mit 5,7 MW. Zur Rauchgasreinigung wurde ein Fliehkraftabscheider (Multizyklon) installiert. Um den Wirkungsgrad der Anlage zu steigern und die Staubemission weiter zu senken, ist seit 1996 eine Rauchgaskondensationsanlage inkl. Wärmerückgewinnung installiert.

Zu Beginn wurden 101 Kunden über eine 7,8 Trassenkilometer langes Fernwärmenetz mit Wärme versorgt. Mittlerweile ist das Netz auf 14 km angewachsen und besitzt 270 Abnehmer.

Seit 2005 liefert das Werk jedoch nicht nur Wärme, sondern auch Ökostrom. Der Strom wird dabei über einen Thermoölkessel und ein ORC-Modul erzeugt. Die Anlage besitzt eine Leistung von $3,5 \text{ MW}_{\text{therm}}$ und $600 \text{ kW}_{\text{elektr.}}$. Die Planung berücksichtigte eine Auslegung als KWK-Anlage um die Kunden ganzjährig mit Wärme zu versorgen und dabei gleichzeitig den exergetisch höherwertigen Strom zu erzeugen.

In der folgenden Tabelle werden die wichtigsten Informationen zum analysierten Werk dargestellt.

Daten zum Heizkraftwerk G	
ANLAGE	
Thermische Leistung	8 MW
Elektrische Leistung	0,6 MW
Stromerzeugungsmethode	ORC
PRODUKTION	
Wärmeerzeugung Biokessel	37.065 MWh
Wärmeerzeugung Spitzenlastkessel	226 MWh
Verkaufte Wärme	23.030 MWh
Stromerzeugung	226 MWh
Freiflächenheizung	2.898 MWh
Trocknung eigen	3.493 MWh
BRENNSTOFF & LAGER	
Biomasseinsatz	53.438 Srm
Brennstofflagerkapazität	12.000 Srm
Anzahl Lieferanten	28
VERWENDETE BRENNSTOFFSORTIMENTE	
Waldhackgut	46%
Industriehackgut	12%
Rinde	16%
Späne	16%
NETZ	
Trassenlänge	13.980 lfm
Abnehmeranzahl	270
Abnehmernennanschlussleistung	17.907 MW

Tabelle 12: Daten zum Heizkraftwerk G (Quelle: Autor)

7 Logistikcontrolling

7.1 Ermittlung von Brennstoffpreisen mittels eines Logistik Controlling Systems

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem IT-System BioLS (Bioenergie Logistik System) zur Analyse von Brennstoffkosten. Es werden dazu im Folgenden die Problemstellungen vor Einführung dieses Systems betrachtet, worauf eine Beschreibung der Funktionsweise und Berechnungen von BioLS erfolgt. Zum Abschluss werden ermittelte Ergebnisse aus den Werken G und K präsentiert.

7.1.1 Ausgangssituation

Ausgangspunkt für die Implementierung und Umsetzung von BioLS war wiederum Werk G. Die dortige Berechnung der Brennstoffkosten erfolgte ausschließlich auf Basis der Einkaufspreise in Schüttraummetern (Srm). Es war demnach nur äußerst schwer möglich den Energieinhalt der angelieferten Biomasse zu berechnen, da Werk G über keine Brückenwaage verfügt. Daraus entstand die Notwendigkeit ein System zu entwickeln, welches einem erlaubt, auf Basis eines Sortimentes und eines spezifischen Volumens den Energieinhalt zu berechnen.

Bei der Kostenermittlung spielten bis dahin auch nur die reinen Material-, Transport- und Hackkosten eine Rolle. Die Kosten für Ascheentsorgung konnten auch nicht einzelnen Lieferungen, Lieferanten oder Sortimenten zugeordnet werden, wodurch es nicht möglich war auf Basis dieser drei Kriterien Vergleiche anzustellen. Es war nur möglich die gesamten Kosten zu addieren und so alle Lieferungen zusammen zu betrachten.

Diese Vorgangsweise ließ die Lieferstrategie und die Lieferprofile auch außer Acht. Lagerstände und die damit verbundenen Kapitalbindungskosten gingen ebenso wenig in die Berechnung ein, wie die Lagerverluste durch den Substanzabbau während einer Einlagerung. Somit war es nicht möglich für einen einzelnen Lieferanten anhand aller anfallenden Kosten einen tatsächlichen Brennstoffpreis zu ermitteln. Ein solcher Vergleich war selbstverständlich auch nicht unter verschiedenen Sortimenten möglich. Diese Grundlage erlaubte somit nur am Ende eines Geschäftsjahres Kosten zu ermitteln. Unterjährige Auswertungen bzw. beliebige Zeiträume waren äußerst schwierig zu betrachten, da immer auf Daten späterer Zeitpunkte gewartet werden musste.

7.1.2 Ziel

Ziel war es eine Berechnungsgrundlage zu schaffen, die auf Basis von genormten bzw. weitgehend akzeptierten Werten beruhte, um bei Werken mit und ohne Brückenwaage den Energieinhalt jeder einzelnen Lieferung bestimmen zu können. Darauf aufbauend sollte es dann möglich sein die Brennstoffpreise auf Basis von Srm, MWh und t-atro berechnen zu können.

Als Eingangsgrößen sollten jedoch nicht nur die Einkaufspreise (=Materialkosten) dienen. Sämtliche zum Brennstoff gehörende andere Kosten mussten ebenfalls ermittelt werden können um die einzelnen Lieferanten und Sortimente besser miteinander vergleichen zu

können. Zusätzlich zu den Materialkosten setzen sich die Gesamtkosten aus folgenden weiteren Anteilen zusammen: Transportkosten, Hackkosten, Ascheentsorgungskosten, Kosten für Substanzabbau und Kapitalbindungskosten.

Ähnlich den vorgefertigten Berichten im BioCS (nähere Beschreibung im Kapitel 8.1.3), war es auch hier das Ziel den Benutzern sämtlichen Aufwand zur Auswertung der Daten zu ersparen. Dazu wurde ein Bericht implementiert bei dem es möglich ist, den Betrachtungszeitraum auf Monatsbasis variabel zu gestalten. Neben einer detaillierten Aufstellung der Kostenanteile und wichtiger Kennzahlen, erfolgt auch bei BioLS immer ein Vergleich mit den Vergleichszeiträumen der Vorjahre.

Aufgrund der hohen Aussagekraft und Wichtigkeit werden in diesem Bericht einzelne Analysen zu Lieferanten und Sortimenten gezeigt. Diese sollen den Verantwortlichen eine bessere Entscheidungsgrundlage für zukünftige Verhandlungen und Planungen liefern.

7.1.3 Vorgehensweise

Zu Beginn musste ein Grundgerüst und eine Datengrundlage geschaffen werden, die alle notwendigen Daten enthält. Grund dafür war die geforderte universelle Einsetzbarkeit bei verschiedenen Werken, bei denen es verschiedene Vorstellungen über die nötigen Daten einer Anlieferung gibt. Somit mussten alle möglichen Felder gefunden und bereitgestellt werden. Als Entwicklungsumgebung diente wiederum MS-Excel, wodurch eine sorgfältige Analyse des gewünschten Funktionsumfangs unumgänglich war, damit spätere Nacharbeiten nicht überhand nehmen konnten.

Wie bereits erwähnt war es das Ziel als Berechnungsgrundlage nicht geschätzte oder empirisch festgestellte Werte für Kennzahlen des Holzes zu verwenden, sondern auf allgemeingültige zurück zu greifen. Dazu wurde folgende Berechnungsgrundlage herangezogen: „Kalkulationsblatt zur Ermittlung von Kenndaten und Preise für Energieholzsortimente“ der Austrian Energy Agency und klima:aktiv. Diese Kalkulation liefert sämtliche relevanten Daten zu verschiedensten Holzsortimenten (Fichte, Nadelholzmischung, Rinde, etc.) in den unterschiedlichsten Größen (G30, G50, feste Masse):

- Verhältniszahl S_{rm} pro t FS (Frischsubstanz)
Für die Umrechnung auf Basis der angelieferten Menge
- H_u in kWh/kg TS (Trockensubstanz)
Um den Energieinhalt der Lieferung zu bestimmen
- Aschegehalt
Um der Lieferung Kosten für die Entsorgung zu zurechnen

Diese Kalkulation ist innerhalb der Branche weitverbreitet und auch anerkannt, da ihre Werte auf verschiedenen ÖNormen beruhen.

Um in Zukunft auch bei diesem System Vergleiche zwischen verschiedenen Werken anzustellen, war es notwendig bei den Sortimenten die Nomenklatur zu standardisieren. Nachdem sich die Bezeichnung für die angelieferten Sortimente zwischen den Werken unterscheiden, muss der Benutzer einmalig ein Mapping zwischen werksspezifischen und standardisierten Bezeichnung durchführen. Anschließend kann er seine bisher verwendeten Namen weiter benutzen.

Verfügt ein Werk über eine Vielzahl von Lieferanten so werden Auswertungen zu diesen sehr schnell unübersichtlich. Es kommt deshalb oft dazu, dass Lieferanten mit kleinen Jahreslieferungsmengen zusammengefasst werden um die Übersichtlichkeit zu steigern. Deshalb muss der Benutzer auch hier einmal eine Kategorisierung vornehmen um die Lieferanten wie gewünscht einzuteilen.

Einzig die Kosten für Lagerverluste und Kapitalbindung können nicht aus den Daten zur Anlieferung gewonnen werden. Diese beruhen auf Lagerständen eines Werkes und können direkt mit den Daten aus BioCS verknüpft werden. Als weitere Grundlage für diese Berechnung müssen noch Prozentsätze für den monatlichen Substanzabbau und Zinssatz berücksichtigt werden. Dazu wird ein monatlicher Substanzabbau von 4% hinterlegt und monatliche Zinsen von 2% angenommen. Anschließend werden auf Basis der monatlichen Bestände, der ermittelten Durchschnittspreise des betrachteten Zeitraumes und den jeweiligen Prozentsatz die Kapitalbindungskosten und die Kosten des Substanzabbaus berechnet.

Nach erfolgter Eingabe sämtlicher notwendiger Daten einer Lieferung werden alle erwähnten Brennstoffkosten berechnet und stehen dem Benutzer auch in Berichtsform zur Verfügung. In diesem Bericht kommt es innerhalb der Lieferanten- und Sortimentsanalysen zu den vom Benutzer erfolgten Kategorisierungen.

Folgende Abbildung zeigt den Aufbau von BioLS mit seinen einzelnen Excel-Mappen:

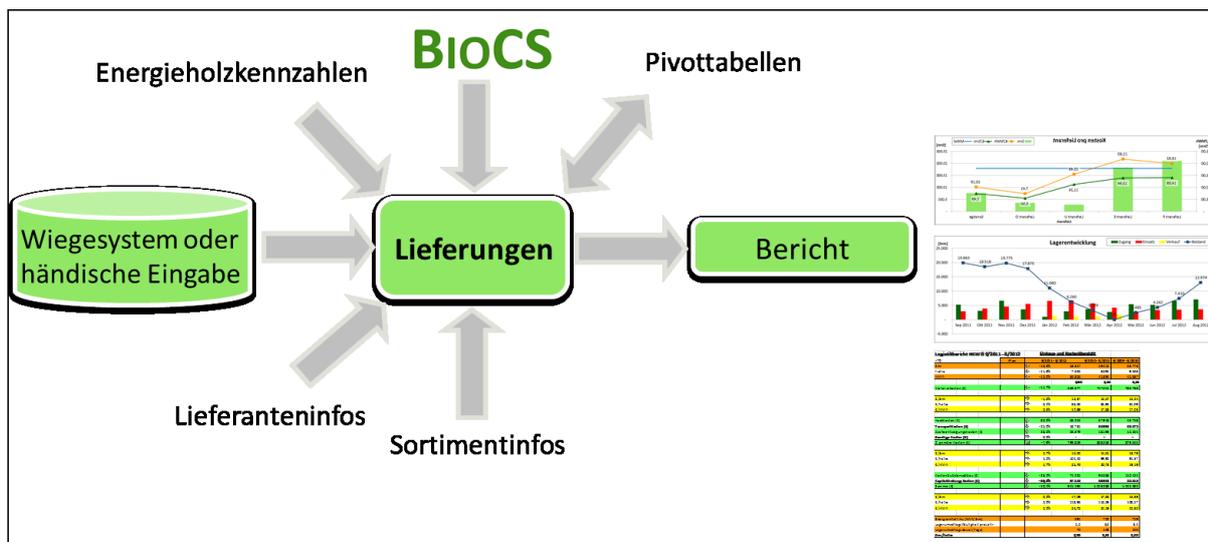


Abbildung 21: Aufbau und Zusammenspiel der Excel-Mappen in BioLS (Quelle: Autor)

7.1.4 Analyse

Neben dem Werk G, dem das Hauptaugenmerk in allen Analysen gilt, werden im Folgenden auch Ergebnisse aus Werk K präsentiert und diskutiert. Dieses Werk besitzt beinahe 16 MW thermische Leistung und verfügt ebenfalls über eine Möglichkeit der Stromerzeugung. Im Gegensatz zur ORC-Methode kommt hier eine Dampfturbine zum Einsatz, die über zwei Kessel angetrieben wird. Es gibt auch kein vergleichbares Fernwärmenetz wie bei Werk G, da die Einspeisung der Wärme in ein fremdbetriebenes Netz erfolgt.

Folgende Tabelle 13 listet die wichtigsten Daten zum Werk K auf.

Daten zum Heizkraftwerk K	
ANLAGE	
Thermische Leistung	15,8 MW
Elektrische Leistung	5,2 MW
Stromerzeugungsmethode	Dampfprozess
BRENNSTOFF & LAGER	
Biomasseeeinsatz	236.127 Srm
Brennstofflagerkapazität	9.000 Srm
PRODUKTION	
Wärmeerzeugung	137.919 MWh
Stromerzeugung	36.949 MWh
VERWENDETE BRENNSTOFFSORTIMENTE	
Waldhackgut	85%
Industriehackgut	3%
Späne	12%

Tabelle 13: Technische Daten zu Heizkraftwerk K (Quelle: Autor)

Es werden folgend ausgewählte Daten der zwei betrachteten Werke präsentiert, wobei sich die kompletten Berichte im Anhang finden. Die Betrachtungszeiträume umfassen dabei immer ein Jahr, wobei sich die Geschäftsjahreszeiträume zwischen den Werken unterscheiden.

Nachfolgende Tabelle 14 zeigt sämtliche relevanten Zahlen zum Biomasseeinkauf bei Werk G. Als Berechnungsbasis bei Werk G dienten die angelieferten Schüttraummeter, woraus sich die t-atro und MWh berechneten. Der geringe Energieinhalt des angelieferten Materials mit nur 691 kWh/Srm ist verantwortlich dafür, dass die eigentlich geringen Materialkosten von 12,37 €/Srm damit bereits 17,89 €/MWh entsprechen. Die weiteren Kostenanteile Hacken, Transport und Ascheentsorgung führen anschließend zu einer deutlichen Erhöhung der Brennstoffkosten auf 15 €/Srm. Diese Kosten führen dann auch dazu, dass die Kosten im letzten Geschäftsjahr, trotz stabiler Preise, über denen der Vorjahre liegen. Für die Summe all dieser Kosten wurde der Begriff der primären Kosten eingeführt, da konkrete Zahlungen dahinter stehen und diese Kosten direkt Lieferanten und Sortimenten zurechenbar sind. In diesem konkreten Fall ist dies bei den Hack- und Transportkosten jedoch nicht der Fall, da es auf Basis der vorliegenden Rechnungen nicht möglich war diese Kosten konkreten Lieferung zuzuordnen. Somit werden bei den folgenden Betrachtungen der Lieferanten und Sortimente auch nur die Materialkosten herangezogen.

		9/2011 - 8/2012	9/2010 - 8/2011	9/2009 - 8/2010	
Srm	↓	-10,3%	53.317	59.412	63.773
t-atro	↓	-11,8%	7.662	8.691	9.628
MWh	↓	-12,0%	36.856	41.894	45.837
Materialkosten [€]	↓	-11,7%	659.377	747.041	780.738
€/Srm	→	-1,6%	12,37	12,57	12,24
€/t-atro	→	0,1%	86,06	85,95	81,09
€/MWh	→	0,3%	17,89	17,83	17,03
Hackkosten [€]	↑	80,0%	68.252	37.918	43.758
Transportkosten [€]	↓	-25,0%	48.735	64.994	42.475
Ascheentsorgungskosten [€]	↑	28,5%	23.379	18.193	12.564
Sonstige Kosten [€]	→	0,0%	-	-	-
Σ primäre Kosten [€]	↘	-7,9%	799.859	868.263	879.646
€/Srm	→	2,7%	15,00	14,61	13,79
€/t-atro	→	4,5%	104,40	99,90	91,37
€/MWh	→	4,7%	21,70	20,73	19,19
Kosten Substanzabbau [€]	↓	-23,2%	74.225	96.683	110.424
Kapitalbindungskosten [€]	↓	-23,2%	37.112	48.342	55.212
Summe [€]	↓	-10,1%	911.196	1.013.288	1.045.282
€/Srm	→	0,2%	17,09	17,06	16,39
€/t-atro	→	2,0%	118,93	116,59	108,57
€/MWh	→	2,2%	24,72	24,19	22,80
Energieinhalt Hu [kWh/Srm]			691	705	719
Lagerumschlagshäufigkeit pro Jahr			5,3	3,6	3,4
Lagerumschlagsdauer [Tage]			69	103	106
Srm/t-atro			6,96	6,84	6,62

Tabelle 14: Einkaufs- und Kostenübersicht Heizkraftwerk G (Quelle: Autor)

Zusätzlich zu den primären Kosten fallen zwei weitere Anteile an. Bedingt durch den organischen Abbau (Substanzabbau) der Biomasse während der Einlagerung und dem damit verbundenen Energieverlusten kommt es zu Mehrkosten. Auf Basis der eingelagerten Menge und eines Durchschnittswertes der Kosten werden monatlich Kosten des Substanzabbaus berechnet. Der Trend der letzten Jahre zeigt dabei nach unten, da die Bestandsstrategie immer geringere Lagermengen vorsieht. Die Senkung der Kosten im Laufe der letzten Jahre zeigt auch ganz klar, dass seitens einer guten Beschaffungsplanung hier Potentiale zur Kostensenkung vorhanden sind. Und die in Summe € 74.225 anfallenden Kosten betragen dabei immerhin mehr als 8% der Gesamtkosten, womit diese Thematik unter allen Umständen im Fokus stehen sollte.

Ähnlich verhält es sich bei den Kapitalbindungskosten. Diese folgen der gleichen Berechnungsmethode wie die Kosten des Substanzabbaus, nur ist hier mit 2% ein geringerer Prozentsatz hinterlegt.

Die verbesserte Lagerstrategie zeigt sich auch darin, dass die durchschnittliche Lagerdauer auf 69 Tage verkürzt werden konnte. Dennoch gibt es hier weiteres Optimierungspotential,

wenn unter den Gegebenheiten von Werk G der Spitzenwert der durchschnittlichen Lagerdauer einen Monat betragen würde.

Bei Werk K stellt sich hingegen die Situation ein wenig anders dar. So wird dort weitaus energiereicheres Material eingekauft, wodurch sich trotz hoher Srm-Preise bei den Materialkosten nicht automatisch auch hohe MWh-Preise ergeben. Da es bei diesem Werk keinen Zukauf von Rundholz gibt, fallen auch keine Kosten für eine etwaige Zerkleinerung an. Den wichtigsten Unterschied gibt es hier bei der durchschnittlichen Lagerdauer. Trotz eines weitaus höheren Biomasseeinsatzes führt die sehr kurze Lagerumschlagsdauer von nur 10 Tagen in Summe zu weniger Kosten für Substanzabbau und Kapitalbindung. Dieser Umstand verdeutlicht nochmals das Potential dieser Thematik. Um einen besseren Vergleich dieser beiden Werke zu gewährleisten wurde in diesem Fall auch derselbe monatliche Prozentsatz für den Substanzabbau herangenommen. Werk K verfügt jedoch über vollständige Einlagerung unter Dach und Erfahrungen des Werkspersonals lassen darauf schließen, dass die einsetzende Trocknung während der Einlagerung positive Effekte auf die Verbrennung hat.

		1/2012 - 12/2012	1/2011 - 12/2011	1/2010 - 12/2010
Srm	↘	-8,8%	236.127	258.771
t-atro	↔	-1,6%	44.155	44.868
MWh	↔	-1,9%	205.509	209.480
Materialkosten [€]	↘	-5,6%	3.871.458	4.101.213
€/Srm	↔	3,5%	16,40	15,85
€/t-atro	↔	-4,1%	87,68	91,41
€/MWh	↔	-3,8%	18,84	19,58
Hackkosten [€]	↔	0,0%	-	-
Transportkosten [€]	↘	-43,9%	17.500	31.178
Ascheentsorgungskosten [€]	↔	-3,0%	122.781	126.540
Sonstige Kosten [€]	↔	0,0%	-	-
Σ primäre Kosten [€]	↘	-5,8%	4.011.862	4.259.058
€/Srm	↔	3,2%	16,99	16,46
€/t-atro	↔	-4,3%	90,86	94,92
€/MWh	↔	-4,0%	19,52	20,33
Kosten Substanzabbau [€]	↘	-11,6%	53.695	60.771
Kapitalbindungskosten [€]	↘	-11,6%	26.847	30.385
Summe [€]	↘	-5,9%	4.092.404	4.350.215
€/Srm	↔	3,1%	17,33	16,81
€/t-atro	↔	-4,4%	92,68	96,96
€/MWh	↔	-4,1%	19,91	20,77
Energieinhalt Hu [kWh/Srm]			870	810
Lagerumschlagshäufigkeit pro Jahr			35,4	29,7
Lagerumschlagsdauer [Tage]			10	12
Srm/t-atro			5,35	5,77

Tabelle 15: Einkaufs- und Kostenübersicht Heizkraftwerk K (Quelle: Autor)

Die folgende Abbildung 22 soll verdeutlichen wie sich verschiedene Energieinhalte und Wassergehalte auf die Kostensituation auswirken können. Durch den geringeren Energieinhalt von Rinde kommt es trotz günstiger Srm-Preise zu hohen MWh-Preisen. Hingegen führte die Umstellung von IHG auf WHG in den letzten Jahren zu starken Rückgängen im Brennstoffeinsatz, was auch im Kapitel der Betriebsdatenanalyse genauer vorgestellt wird.

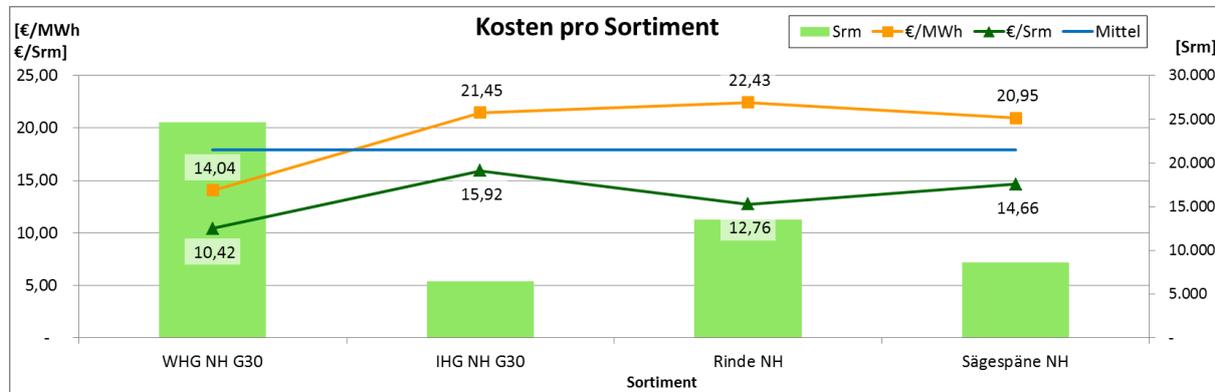


Abbildung 22: Kosten pro Sortiment Heizkraftwerk G 9/2001-8/2012 (Quelle: Autor)

Ein sehr einheitliches Bild bietet sich bei der Situation der Lieferanten von Werk K. Entgegen dem Normalfall unterschiedlicher Preise unter den Lieferanten ist die Schwankungsbreite bei den MWh-Preisen eher gering. Positiv dabei ist vor allem, dass der größte Lieferant sich preislich nicht überaus viel von den anderen abhebt wie aus Abbildung 23 hervorgeht.

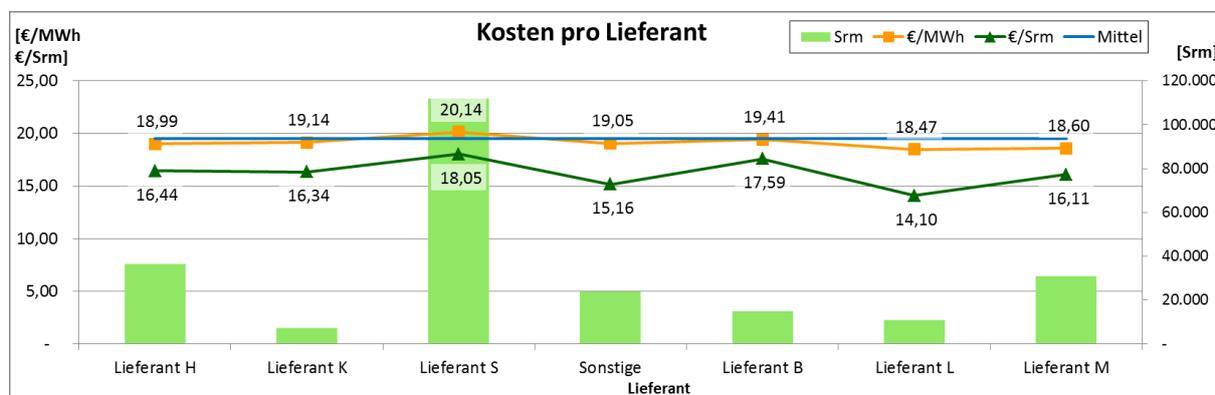


Abbildung 23: Kosten pro Lieferant Heizkraftwerk K 1/2012-12/12 (Quelle: Autor)

Im Gegensatz dazu, zeigt Abbildung 24, dass die beiden größten Lieferanten bei Werk G zu den teuersten gehören. Einerseits ist dies bedingt durch die garantierte Versorgungssicherheit aber auch den verbesserten Lieferprofilen der letzten Jahre und der Flexibilität von Lieferant P.

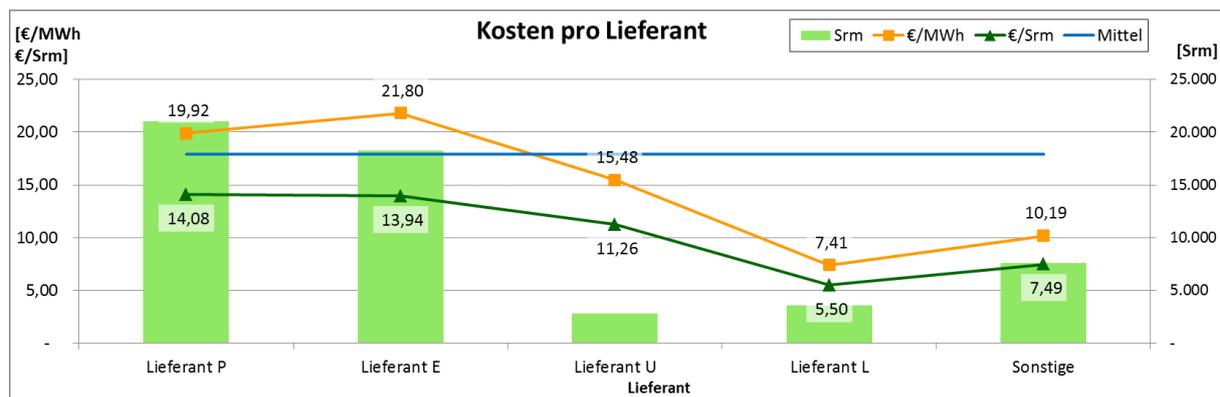


Abbildung 24: Kosten pro Lieferant Heizkraftwerk G 8/2011-9/2012 (Quelle: Autor)

7.1.5 Ergebnisse

Im Vergleich mit den Brennstoffpreisen einiger ausgewählter Werke des Landesenergievereins (LEV) zeigt sich, dass die vergleichbaren Materialkosten bei den Werken G und K unter jenen des LEV liegen. Die erzielten Ergebnisse zeigen auch ganz deutlich, dass die verschiedenen Sortimente und zusätzlich deren Wassergehalt einen großen Einfluss auf die MWh-Preise haben.

In Summe hängen die wahren Brennstoffkosten jedoch nicht nur an den Materialkosten. So sind beim Rundholzeinkauf auch immer die anteiligen Hackkosten mit zu berücksichtigen. Dasselbe gilt bei Lieferungen frei Werk, die in den meisten Fällen auch vorkommt. Bei den Vergleichen zwischen Lieferanten und Sortimenten sind jedoch die vom Lieferanten verrechneten Transportkosten ebenfalls miteinzubeziehen und können in manchen Fällen nicht unerheblich zu den Kosten beitragen.

Bei Werk K hat sich gezeigt, dass die Strategie der gezielten Verbesserung des angelieferten Materials den gewünschten Erfolg gebracht hat. Dort wurde dem Personal mitgeteilt, qualitativ schlechtes Material nicht anzunehmen und ganz gezielt feuchtes Material nicht einzukaufen. Bei Werk G hingegen wurde das Sortimente IHG weitgehend vermindert zu Gunsten von WHG. Ebenso kam es bei den Preisverhandlungen zu einer Vereinbarung, dass die Preise etwas gesenkt werden. Um jedoch die Lagerstrategie der verminderten Lagerbestände umzusetzen, wurde den Lieferanten am Ende des Jahres ein Bonus ausgezahlt, falls sie die vereinbarten Lieferprofile eingehalten hatten.

7.1.6 Resümee und Empfehlungen

Die bereits erwähnten Unterschiede der einzelnen Sortimente führen zum Schluss, dass es seitens des Einkaufes empfohlen wird, unterschiedliche Preise für einzelne Sortimente zu haben. Innerhalb dieser Sortimente sollte auch eine stufenweise Absenkung der Preise mit steigendem Wassergehalt eingeführt werden. Dadurch wird es ermöglicht, dass es nicht automatisch bei höheren Wassergehalten zu höheren MWh-Preisen kommt. Durch diese Preispolitik ist es auch möglich Lieferanten dazu anzuhalten, qualitativ hochwertiges Material zu liefern. Zusätzlich zu dieser Kostenreduktion kann es auch im Bereich der Verbrennung zu Wirkungsgradverbesserungen kommen, da die Kessel eigens für spezielle Wassergehalte ausgelegt wurden.

Generelle Qualitätsverbesserung bei der Biomasse (weniger Verunreinigungen) führen auch zu einem geringeren Anfall von Asche. Somit kommt es auch hier zu Einsparungen wie die jeweiligen Ascheentsorgungskosten in den präsentierten Ergebnissen zeigen.

Die Einführung bzw. Nutzung eines solchen Systems ermöglicht es getätigte Maßnahmen auch besser bewerten zu können. Die erzielten Ergebnisse sollten auch immer die zukünftige Beschaffungsplanung miteinbezogen werden um sich immer wieder zu verbessern.

Im Zusammenhang mit der Beschaffungsplanung würde sich auch sehr gut das Mittel eines Bonus-Malus-Systems anbieten. Abhängig vom geplanten Biomasseeinsatz und den gewünschten Reichweiten sollte ein optimales Lieferprofil (inkl. kalkulatorischer Kosten) aufgestellt werden. Auf Grundlage dieses Profils entstehen dann vor allem mit den Großlieferanten individuelle Lieferprofile, bei denen es zu festgelegten Mehr- oder Minderlieferungen kommen kann. Je nach Jahreszeit und abweichender Liefermenge gibt es dann entweder einen Bonus oder einen Malus für den Lieferanten.

8 Produktionscontrolling

8.1 Betriebsdatenanalyse mittels eines Bioenergie Controlling-systems

In diesem Kapitel wird die Situation des Berichtswesens des Werkes G vorgestellt und die Schwachstellen aufgezeigt. Als Lösung und Verbesserung des Ist-Zustandes kommt dabei das Controllingsystem BioCS (Bioenergie Controlling System) zum Einsatz. Mit dessen Hilfe werden sämtliche relevanten Daten aufgezeichnet und ausgewertet, um Aussagen über Stoffströme, Wirkungsgrade, Verbesserungsmöglichkeiten und Trends treffen zu können.

8.1.1 Ausgangssituation

Im Heizkraftwerk G wurden bereits seit Jahren verschiedenste Daten aufgezeichnet. Dies geschah jedoch in einer nicht voll standardisierten Art und Weise, wodurch es zu Aufzeichnungs- und Berechnungsfehlern kam. In dieser Form gab es auch keine automatischen Berechnungen und Auswertungen, sodass man jedesmal von Neuen sich seine gewünschten Werte berechnen und diese auch wieder händisch denen der Vorjahreszeiträume gegenüberstellen musste. Die Einbindung von Bilanzen bzw. Erfolgsrechnungen war in diesem System auch nicht implementiert, wodurch es schwierig war, Aussagen über den Zusammenhang zwischen Betriebskennzahlen und der finanziellen Situation zu treffen.

Trotz alledem war diese Art der Aufzeichnung eine sehr detaillierte und im Gegensatz zu anderen Werken diesen weit voraus. Da es aber kein angefügtes Berichtswesen gab, musste die Geschäftsführung für jede Sitzung die Daten aufbereiten und in eine Berichtsform bringen. Nicht nur das Sammeln und Aggregieren der Daten war dabei mit einem Zeitaufwand verbunden, auch mussten einige Male manche Werte neu berechnet werden, da die Ergebnisse durch die bereits erwähnten Fehler nicht schlüssig waren.

8.1.2 Ziel

Ziel dieses Projektes war es mit Hilfe des Werkes G ein System zu entwickeln, das die wichtigsten Inputs und Outputs eines Werkes erfasst. Dadurch soll es zu einer Erleichterung der Überwachung und Steuerung der Anlage und der Stoffstromflüsse kommen. Ebenso wird dem Werk dadurch die Möglichkeit gegeben Verlustquellen und Optimierungspotentiale zu identifizieren und getätigte Verbesserungsmaßnahmen zu analysieren und zu bewerten.

BioCS bietet somit die Möglichkeit Betriebs- und Produktionsdaten von BMH(K)W aufzuzeichnen und auszuwerten. Neben technischen Daten ist es auch möglich betriebswirtschaftliche, wie Bilanzen und Erfolgsrechnung, einzubinden und diese getrennt und/oder kombiniert mit Produktionsdaten auszuwerten. Um die Situation, und hier besonders die Zukunftsaussichten, eines Werkes einschätzen zu können, ist es nämlich notwendig, diese beiden Seiten sich gemeinsam und kombiniert anzusehen. So kann es z.B. zu einer sehr guten finanziellen Situation durch eine Förderquote von 50% kommen, wodurch beim Betreiber die technische Komponente völlig außer Acht gelassen wird. Dadurch werden jedoch Fehlentwicklungen im Betrieb übersehen und es entstehen große Risiken für die Zukunft. Denn wie jede andere technische Anlage auch, ist ein BMH(K)W einer ständigen Begutachtung,

Instandhaltungsstrategie und Optimierung ausgesetzt um erfolgreich wirtschaften zu können.

Das System sollte darüber hinaus auch für alle Stakeholder (Heizwarte, Gesellschafter, Geschäftsführung, div. Interessensgruppen) eine optimale Lösung bieten. So musste bei der Eingabe der Daten durch die Heizwarte darauf geachtet werden, dass diese möglichst leicht erfolgen kann. Diese Daten sollten dann automatisch ausgewertet und in eine Berichtsform umgewandelt werden. Somit ist es dem Betreiber bzw. Geschäftsführer jederzeit möglich, sich jeden beliebigen Zeitraum anzusehen und mit den Vorjahreszeiträumen zu vergleichen. Um jedoch nicht für einzelne Interessensgruppen spezielle Datenauswertungen zu machen, mussten die Berichte sämtliche Daten enthalten, dass sie sowohl für Banken, Gesellschafter, Förderstelle, Verbände, etc. von Nutzen sind.

Das gesamte System sollte außerdem so aufgebaut werden, dass es nicht nur für Werk G funktioniert, sondern bei jedem anderen Werk zum Einsatz gebracht werden kann.

Neben der Auswertung z.B. des aktuellen Geschäftsjahrs und dem Vergleich mit den Vorjahren, sollte auch die Möglichkeit bestehen die allerwichtigsten Werte (Erzeugung, Verkauf) zu planen und diese mit Ist-Daten zu vergleichen.

Im Hinblick auf den jährlichen QM-Bericht für die Förderstelle (notwendig um Förderungen zu erhalten) und den damit einhergehenden Aufwand für die Datenaufbereitung, war es notwendig die dafür verpflichtenden Daten so aufzubereiten, dass diese nur noch den QM-Bericht hinzugefügt werden müssen. Zusätzlich zu diesen Werten verlangt der QM-Bericht auch noch textbasierte Beschreibungen von Störungen, durchgeführten Wartungsarbeiten, Erweiterungen und Investitionen. Diese Felder sollten somit ebenfalls im neuen System erfasst und mit in die Berichte aufgenommen werden.

8.1.3 Vorgehensweise

Wie bereits erwähnt, dienten als Grundlage der Entwicklung die bereits bestehenden Aufzeichnungen des Werkes G. In Hinblick auf eine Weiterverwendung von BioCS mussten aber sämtliche Anforderungen an eine einfache Bedienbarkeit und volle Funktionalität so gestaltet werden, dass die Eingabe und Auswertung in Form eines modularen Aufbaus umgesetzt wird. Dadurch ist es auch möglich verschiedenste Konfigurationen und Gegebenheiten eines Werkes auf einfache Weise abzubilden.

Aus der Beschreibung von Werk G in Kapitel 6 geht bereits hervor, dass dieses Werk, auch bedingt durch die mehrfachen Erweiterungen im Laufe der Jahre, über Komplexität verfügt, die weit über jene von den allermeisten Werken hinausgeht. Dieser Umstand und der Erfahrung mit Betriebsdatenaufzeichnungen ist es zu verdanken, dass Werk G als Testumgebung und Pilotprojekt diente.

Um ein marktreifes Produkt mit einem dahinterliegenden Dienstleistungsangebot zu erstellen, bedurfte es nicht nur einer technisch einwandfreien Entwicklung, sondern auch einer Marktanalyse.

Nachfolgende Analysen sind deshalb immer mit einer Einbeziehung des Unternehmens Ökoenergiemanagement GmbH (OEM) verbunden.

8.1.3.1 Marktanalyse

Oftmals führt das Datenmanagement und Berichtswesen von BMH(K)W ein stiefmütterliches Dasein, ist in den wenigsten Fällen standardisiert und geprägt von vielen einzelnen Excel-Listen. Auch einzelne Werke, die über einen gemeinsamen Eigentümer verfügen, arbeiten oft mit unterschiedlichen Listen und liefern keine standardisierten Berichte an ihre Geschäftsführer und Gesellschafter.

Dabei müssen diese Werke laufend Daten zu ihrem Betrieb bei verschiedensten Stellen abliefern (Banken, Förderstelle, Landwirtschaftskammer, etc.) und somit einen nicht unbedeutlichen Zeitaufwand in die Aufbereitung der Daten stecken. Es ist auch davon auszugehen, dass sich die Verpflichtung Daten bereit zu stellen, sowie die Datenmenge und –detailliertheit sich in Zukunft noch steigern wird.

Die Neuaufbereitung der Daten nimmt teilweise 1-2 Tage in Anspruch, und viele Betreiber wissen sehr wohl um diese Problematik. Das tatsächliche Einführen von neuen Abläufen und das Verdrängen gewohnter Prozesse und Vorgehensweisen stehen dabei dem Willen zu Verbesserung jedoch im Wege.

Ebenso kann ein standardisiertes Berichtswesen dabei helfen den steigenden Herausforderungen und der nötigen ständigen Optimierung der Anlage als Basis zu dienen, frei nach dem Motto: „You can't manage what you don't measure“.

Ausschlaggebende Punkte für Betreiber bei der Einführung dieses Systems sind dabei eine leichte Bedienbarkeit und Datensicherheit. Die hohe Benutzerfreundlichkeit ist notwendig um alle beteiligten Personen nicht zusätzlich zu belasten, sondern ihnen das Arbeiten zu erleichtern. Oftmals ist dabei auch auf die nicht sehr hoch ausgeprägten IT-Kenntnisse der Verantwortlichen Rücksicht zu nehmen.

Besonders attraktiv ist ein solches System für KWK-Anlagen, da es sich durch die vielen verschiedenen Wärmeerzeuger, die Größe und Komplexität solcher Werke anbietet. Aber auch kleine Heizwerke stehen vor denselben Herausforderungen hinsichtlich Einkauf, Produktion und Verkauf. Beiden ist auch gemeinsam, dass sie den verschiedensten Stakeholdern berichten müssen.

Um die Marktsituation für die OEM generell und im Zusammenspiel mit BioCS einschätzen zu können, folgt anschließend eine Branchenstrukturanalyse nach Porter's Five Forces. Dieses Modell soll dazu dienen die verschiedenen Gefahren der derzeitigen strategischen Ausrichtung der OEM einzuschätzen und so mögliche Wege aufzeigen um mit diesem Wissen Vorteile auszunützen. Der Fokus liegt dabei auf der Analyse der Branche und somit der externen Umwelt.

Die einzelnen Forces wurden dabei unter dem Gesichtspunkt analysiert, dass die OEM als Dienstleister für BMH(K)W auftritt, die somit als Kunden betrachtet wurden. Als Lieferanten hingegen wurden nicht mit der OEM verbundene Lieferanten betrachtet, sondern solche die BMH(K)W beliefern.

Zusätzlich zu den Gefahren wurden ebenfalls die sich ergebenden Chancen mit in die Analyse aufgenommen um dadurch sich auftuende Potentiale zu erkennen.

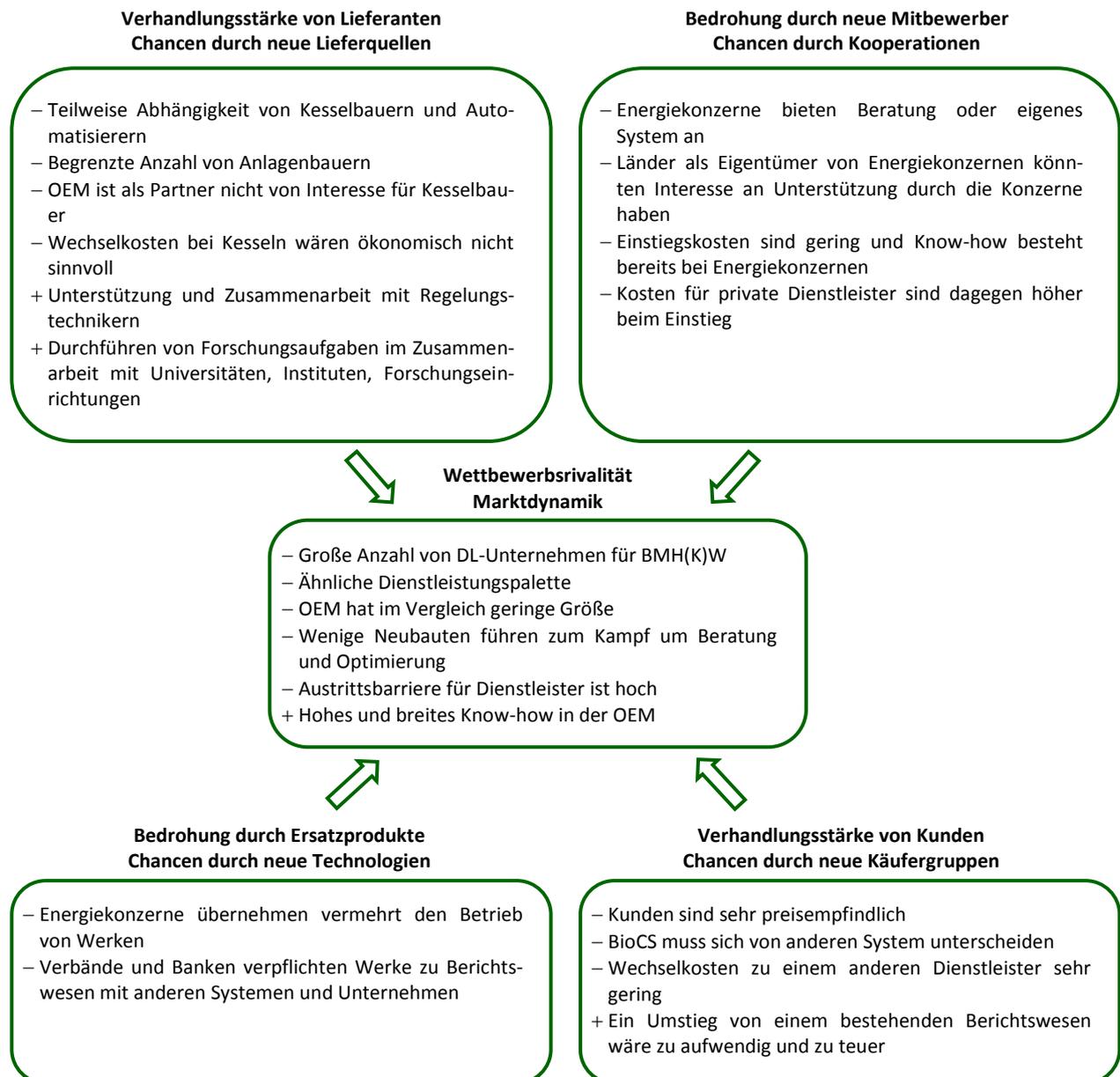


Abbildung 25: Porter's Five Forces für die OEM (Quelle: Autor)

Wie die Analyse zeigt, ist die geringe Größe der OEM zugleich eine Gefahr und eine Chance. Einerseits wird durch das Mitarbeiter-Know-how die gesamte Wertschöpfungskette abgedeckt. Andererseits ist es jedoch notwendig, Alleinstellungsmerkmale heraus zu arbeiten und durch gezielte Spezialisierung in Nischen vorzudringen. Kooperationen mit diversen Einrichtungen, sowohl um Aufträge und Kunden zu generieren, als auch eine mögliche Ausrichtung hin zu Forschung sollte in Erwägung gezogen werden.

Da nun diese fünf Kräfte nicht ausreichen um das Produkt BioCS und seinen Markt genauer zu analysieren, wird anschließend ein weiteres Tool der strategischen Planung herangezogen. In einer SWOT-Analyse sollen dabei sämtliche internen Faktoren für Stärken und Schwächen, sowie externe für Chancen und Bedrohungen analysiert werden.

Die SWOT-Analyse zeigt, dass die OEM die bereits erwähnten Stärken in der Breite des Know-hows hat. Jedoch muss für jede Softwarelösung auf externe Kräfte zugegriffen werden. Durch die große Bandbreite von sehr kleinen Heizwerken bis hin zu großen KWK-Anlagen ergeben sich an BioCS auch unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich Automatisierung und Regelungsmöglichkeiten. Die Option, dass in Zukunft fast sämtliche Daten automatisch eingespielt sollen werden, muss dabei unbedingt als weitere Entwicklungsstufe mitberücksichtigt werden.

Als ganz klar positiv stellt sich die Situation generell am Markt derzeit dar. Vergleichbare Systeme sind zurzeit nicht am Markt mit großer Verbreitung vertreten. Obwohl dafür ganz klar ein Markt erkennbar ist. Dieser Umstand sollte strategisch unbedingt ausgenutzt werden um möglichen Konkurrenten bzw. System den Markteintritt zu erschweren.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Know-how bei Datenerfassung und -auswertung • Langjährige Erfahrung und breites Know-how in der gesamten Branche 	<ul style="list-style-type: none"> • Energiekonzerne besitzen oft schon Berichtssysteme • Konzerne sind an Unterstützung und externen Systemen nicht interessiert • Für automatisierte Erfassung von Daten fehlt Automatisierungs-Know-how und viele verschiedene SST sind abzudecken • Mögliche Verwendung für andere Kraftwerkstypen und Industrieunternehmen zurzeit nicht absehbar
Chancen	Bedrohung
<ul style="list-style-type: none"> • Zurzeit kein Produkt am Markt mit gutem Preis/Leistungsverhältnis • Module und Servicegebühr bringen Skalierbarkeit und monatliche Einnahmen • Verbände, Banken, Betreiber wollen einheitliches Berichtswesen, dadurch ergeben sich mögliche Kooperationen • Steigende Notwendigkeit von strukturierter Datenerfassung und Berichtswesen • Folgeaufträge möglich • Ein professionell ausprogrammiertes System ist in der Konfiguration und Wartung einfacher als das derzeitige Excel-System 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Lizenzmodell Preis zu hoch • Begrenzte und schwierige Branche • Kunden müssen von einer webbasierten Lösung überzeugt werden • Mitbewerber überholen uns • Amortisation der Entwicklungskosten dauert zu lange • Kein Programmier-Know-how im Unternehmen • Ohne automatische Aufzeichnung der Daten nicht von Interesse für Kunden • Große KWK-Anlagen hätten gerne Regelung mit dabei

Abbildung 26: SWOT-Analyse für BioCS und die OEM (Quelle: Autor)

8.1.3.2 Technische Realisierungen und Aufbau des Systems

Da das gesamte System aus einer einzelnen MS-Excel Datei besteht, war es möglich BioCS selbst zu entwickeln und dabei nicht von der Unterstützung bzw. dem Know-how von Softwarespezialisten abhängig zu sein. Im Laufe der Entwicklung und des Gebrauches bot eine einzelne Excel Datei auch die nötige Flexibilität und einfache Bedienbarkeit, die notwendig war um die komplexen Sachverhalte abbilden zu können.

Die allermeisten Daten werden, sofern es technisch nicht anders möglich ist oder nicht sinnvoll, immer tageweise händisch eingegeben. Bei manchen Werten wie z.B. dem Wärmeverkauf würde der Nutzen nur sehr gering sein, wenn diese täglich erfasst würden.

Abbildung 27 zeigt den Aufbau von BioCS mit seinen einzelnen Excel-Mappen.

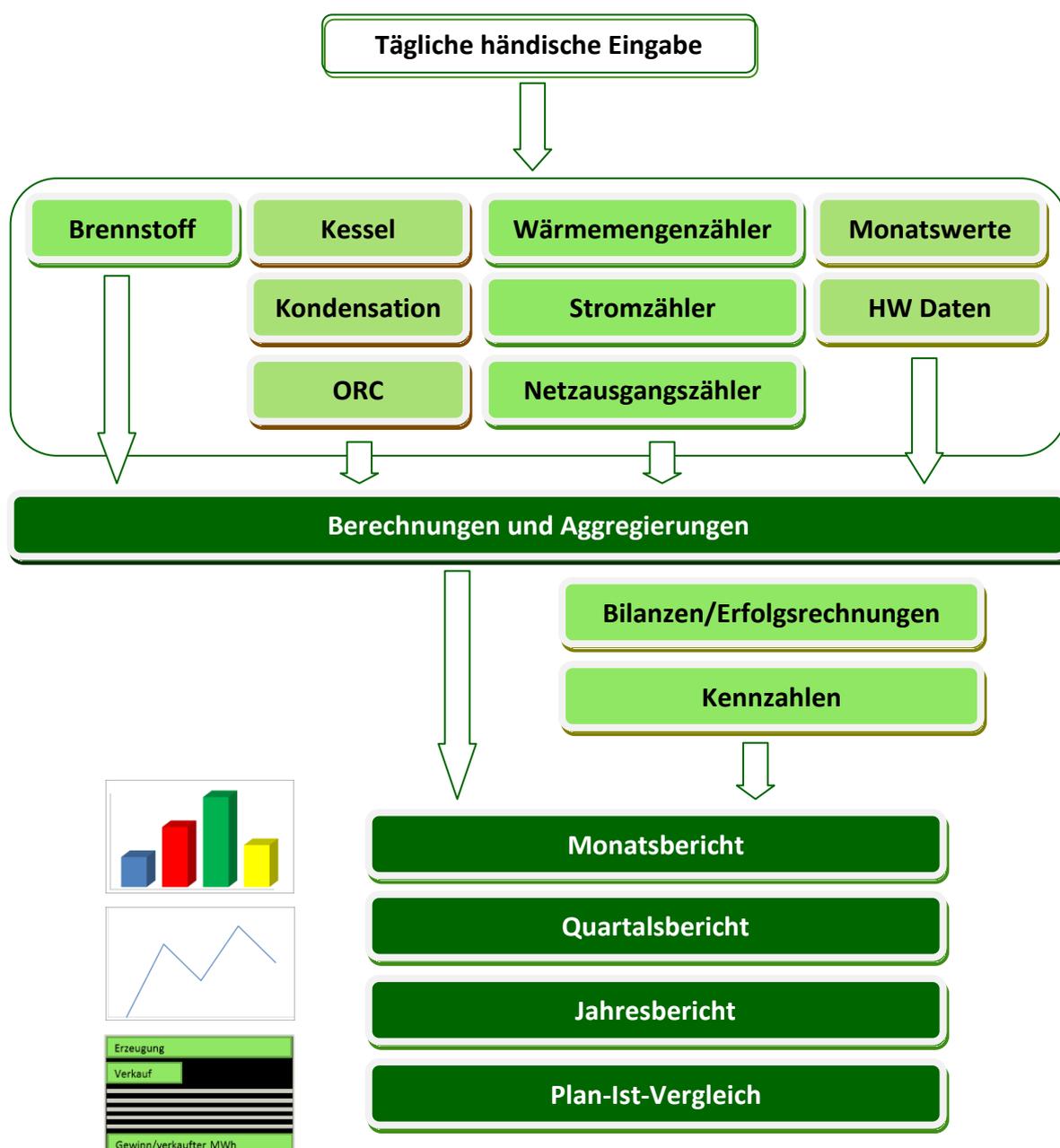


Abbildung 27: Aufbau des Bioenergie Controllingsystems BioCS beim Heizwerk G (Quelle: Autor)

8.1.3.3 Funktionsweise des Systems

Jedes Modul bzw. Excel-Mappe kann dabei an die Gegebenheiten eines Werkes angepasst werden. So kann der Brennstoffeinkauf sehr detailliert mit z.B. Lieferscheinnummer, Frächter, Kennzeichen, etc. erfolgen oder auch nur als Gesamtmengen z.B. einer Woche.

Der Brennstoffeinsatz kann einerseits über das Volumen oder Gewicht der Radladerschaufeln, oder andererseits durch eine wiederkehrende Lagerstandsbestimmung und der anschließenden Berechnung erfolgen.

Bei den Kesseln, der Kondensationsanlage und dem ORC Modul werden hauptsächlich folgende Daten aufgenommen:

- Feuerraumtemperaturen
- Abgastemperaturen
- Vorlauf- und Rücklauftemperaturen (Wasser und Thermoöl)
- pH-Werte und O₂-Gehalte
- Kondensatmenge
- Außentemperatur
- Anlagenwerte des ORC-Moduls

Die Mappe für das ORC-Modul enthält überdies mit dem Ökostromzähler (wie viel Strom wird erzeugt) einen der wichtigsten Zähler des Systems.

Die erzeugte Wärme jedes einzelnen Erzeugers wird mittels den Wärmemengenzählern dokumentiert. Zusätzlich zum Zählerstand Wärmemenge werden auch noch die Betriebsstunden und der Zählerstand für das geförderte Volumen erfasst. Als Erzeuger können dabei beginnend von Warmwasserkessel über Wärmerückgewinnungsanlagen wie Economiser, der anfallenden Abwärme des ORC-Moduls bis hin zu einem Ölkessel fungieren.

Um den Eigenstrombedarf ermitteln zu können, müssen ebenfalls die installierten Stromzähler dokumentiert werden. Je mehr Zähler es für die einzelnen Verbraucher gibt, desto besser lassen sich hier Optimierungsmaßnahmen planen um den Stromverbrauch zu senken, da somit der genaue Strombedarf bekannt ist.

Die abgegebene Wärme ab Heizwerk wird in den Netzausgangszählern erfasst. Neben dem Hauptabnehmer Ortsnetz werden auch die Mengen für die Freiflächenheizung und Trockenkammern aufgezeichnet.

Wie bereits erwähnt ist es nicht immer sinnvoll jeden Wert tageweise zu dokumentieren, wozu die Mappe für Monatswerte eingerichtet wurde. Hier werden Daten wie der Wärmeverkauf, Wasserverbrauch, Wartungsarbeiten, Störungen, etc. erfasst.

Sämtliche Daten können anschließend über Pivot-Tabellen zu Monatswerten aggregiert werden und stehen somit für die Auswertungen zur Verfügung. Der Benutzer hat dann die Möglichkeit zwischen Monats-, Quartals- und Jahresberichten zu wählen, wobei er dafür nur noch den gewünschten Zeitraum eingeben muss. Die entsprechenden Werte werden dann in immer der gleichen Art und Weise präsentiert und mit den vergleichbaren Zeiträumen der beiden Vorjahre verglichen. Sollte z.B. ein Monat eines Quartals noch nicht abgeschlossen sein, so dürfen die Quartale der beiden Vorjahre ebenfalls dieses Monat nicht umfassen um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Dieses Prinzip der Darstellung wird Year-to-date (YTD) genannt.

In jeden dieser Berichte werden die wichtigsten technischen Größen (Stoffstromflüsse) der Anlage grafisch und textbasiert dargestellt.

Der entscheidende Vorteil dieses Prozesses ist die Standardisierung und Automatisierung. Durch die immer gleich bleibende Eingabe, Berechnung und Auswertung sämtlicher Daten lassen sich Trendvergleiche und Benchmarks anstellen.

8.1.4 Analyse

Im Zuge der Entwicklung von BioCS mussten an den bereits erfolgten Aufzeichnungen im Werk G einige Änderungen und Fehlerbehebungen vorgenommen werden. Nach Fertigstellung des ersten Prototypen wurden jedoch bereits sämtliche Daten mit BioCS erfasst.

Daten, die bis zu diesem Zeitpunkt gar nicht oder in einer anderen Art und Weise erfasst wurden, mussten ins neue System übernommen werden bzw. es wurde versucht diese zu rekonstruieren. Denn um die Berichte so aussagekräftig wie möglich zu gestalten, war es notwendig den nötigen Detaillierungsgrad (tages- oder monatsfein) auf alle verwandten Datengebiete anzuwenden. Bei einigen Werten war es aber nur noch möglich sie anzunähern oder anzunehmen. Manche Werte ließen sich jedoch nicht mehr nachverfolgen und werden nur seit der Einführung von BioCS erfasst. Glücklicherweise ist es jedoch der bereits bis dahin gut geführten Aufzeichnung zu verdanken, dass es sich dabei um keine Daten handelt, die großen Einfluss auf die Aussagefähigkeit haben (z.B. monatliche Abwassermengen).

Nachfolgend werden nun die bereits erwähnten Berichte ausgewählter Zeiträume mit Daten von Werk G vorgestellt. Die kompletten Berichte finden sich im Anhang. Im Kapitel der Bioenergie Balanced Scorecard erfolgt dann die Verwendungen der wichtigsten hier erlangten Daten und die Einbindung in diese.

Sämtliche Betrachtungen folgen dabei der Einteilung des Geschäftsjahres mit Geschäftsbeginn im September. Folgende Abbildung 28 zeigt die monatlich erzeugten Wärmemengen in MWh aufgeschlüsselt nach den jeweiligen Erzeugern. In Summe wurde in dem betrachteten Geschäftsjahr 33.740 MWh an Wärme erzeugt. Manche dieser Erzeuger wurden zusammengefasst, da sie beispielsweise immer zu gleich in Betrieb sind oder sie für den Betreiber zusammen betrachtet mehr Sinn ergeben. Aus dem Diagramm geht auch hervor, dass die Abwärme des ORC-Moduls zur eigentlichen Grundabdeckung verwendet wird, da bei der Stromerzeugung immer Abwärme abfällt. Wie bereits erwähnt ist die Verstromungsanlage jedoch eine wärmegeführte, da die Abwärme in den Sommermonaten nicht vollständig sinnvoll ökonomisch und ökologisch genutzt werden kann. Zur Abdeckung des hohen Wärmemengenbedarfs in den Wintermonaten kommen somit die beiden reinen Warmwasserkessel zusätzlich zum Einsatz. Durch die gesamte Konstellation inklusive der Kondensationsanlage muss der Ölkessel nur noch zur Abdeckung der Spitzenlast eingesetzt werden.

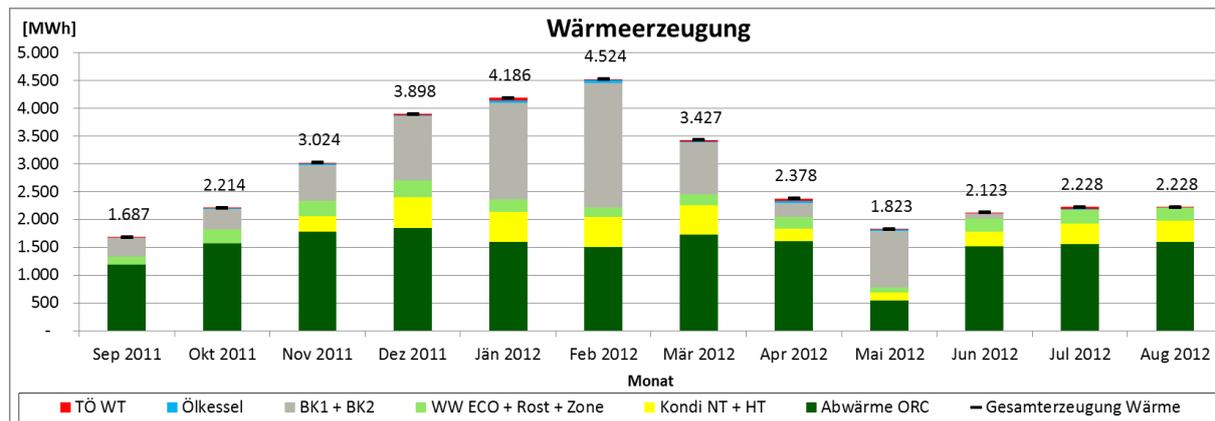


Abbildung 28: Wärmeerzeugung nach Monat und Erzeuger im HKW G (Quelle: Autor)

Die nächste Abbildung 29 zeigt ebenfalls wieder die Wärmeerzeugung, stammt jedoch aus einem Quartalsbericht und vergleicht dabei das aktuell betrachtete Quartal mit denen der Vorjahre. Augenscheinlich sind dabei zwei Sachverhalte. Einerseits ist die erzeugte Wärmemenge durch die Abwärme des ORC-Moduls um 29% angestiegen. Dieser Umstand ist auf eine neu eingeführte Regelung zurückzuführen, die durch ein Ingenieurbüro durchgeführt wurde. Der zweite Punkt betrifft die Erzeugung durch den Thermoölkessel. Mit Hilfe der Analyse durch BioCS wurde gezeigt, dass dieser Erzeuger zurückgefahren werden kann, da sein einziger Nutzen darin liegt, im Falle eines Ausfalles des ORC-Moduls immer noch Wärme aus dem Thermoölkessel auszukoppeln.

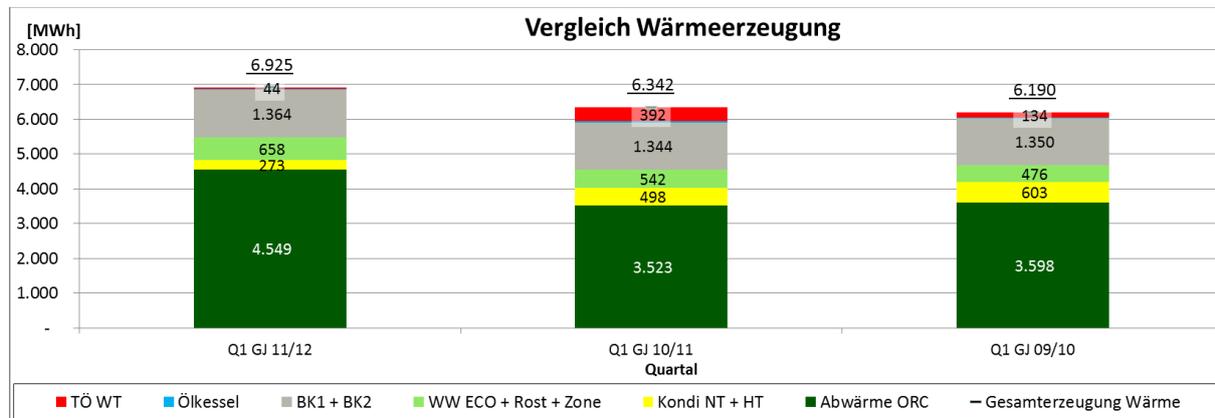


Abbildung 29: Vergleich Wärmeerzeugung quartalsweise und Erzeugern im HKW G (Quelle: Autor)

Da die Auskopplung an Wärme im Vergleich zu den Vorjahren gestiegen ist, muss ebenso die Stromerzeugung steigen. Folgende Abbildung 30 zeigt sehr gut den Anstieg um 44% und welche Auswirkung somit die neue Regelung auf die Stromerzeugung hatte. Der Grund für diese Optimierung liegt darin, dass die Einspeisetarife für Strom weit über denen von Wärme liegen. Die Situation vor der Verbesserung war die, dass die bis dahin erzielte Leistung des ORC-Moduls nicht den Vorstellungen des Betreibers entsprach. Ebenfalls liegt der Grund darin, dass es einen genügend hohen Bedarf an Wärme gibt und die bereits erwähnte Grundabdeckung der Wärme durch die Abwärme des ORC-Moduls erfolgen soll. Denn diese Abwärme kann in diesem Zusammenhang als Kuppelprodukt der Verstromung angesehen werden, wodurch es bei der Gesamtanlage zu Wirkungsgradverbesserung kommt.

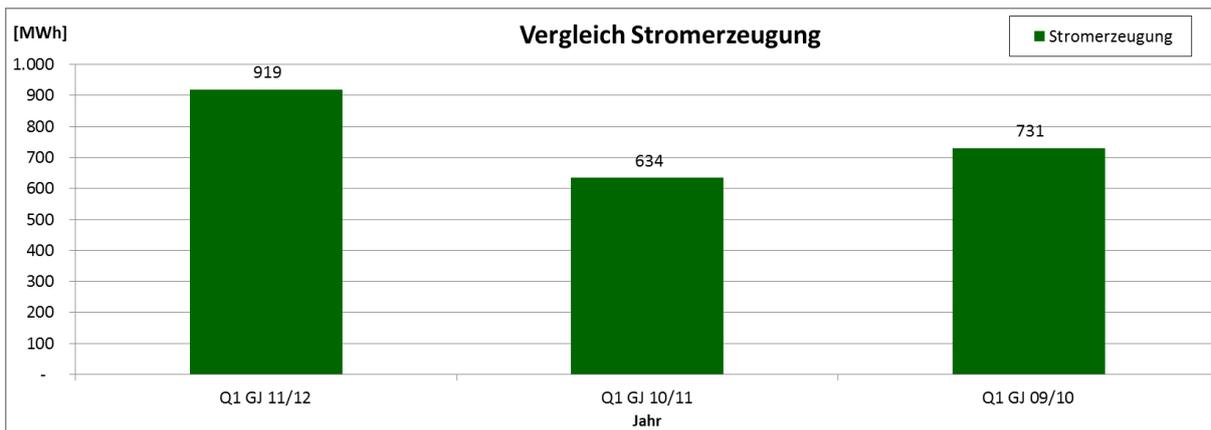


Abbildung 30: Vergleich Stromerzeugung quartalsweise im HKW G (Quelle: Autor)

Um ein besseres Verständnis für die Situation der Fernwärme zu schaffen, folgt anschließend eine Darstellung der Wärmeabgabe ins Ortsnetz. Daraus geht klar hervor, dass die Summe der Abgabe (20.980 MWh) stark nach Jahreszeit variiert und im Winter natürlich die größte Abgabe stattfindet.

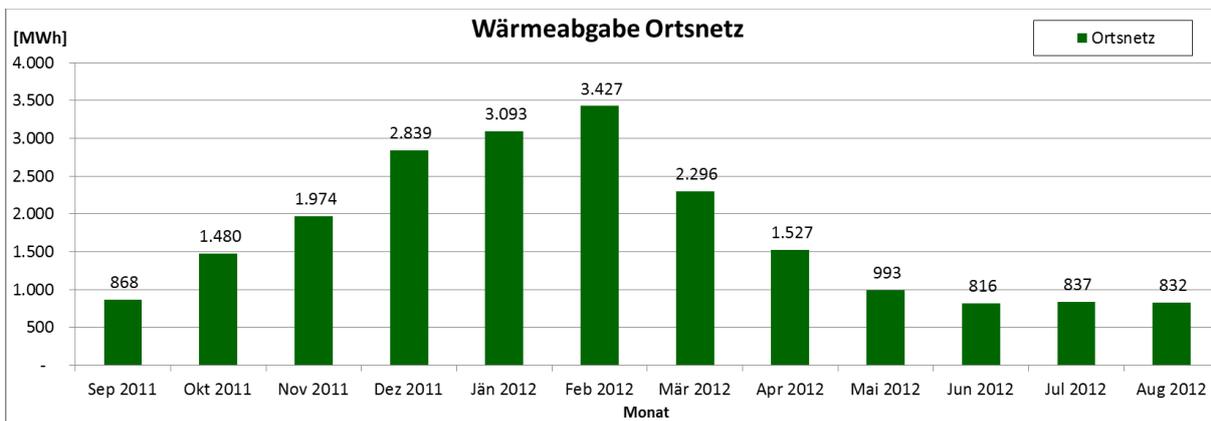


Abbildung 31: Wärmeabgabe ins Ortsnetz nach Monaten im HKW G (Quelle: Autor)

Bei einer Betrachtung eines Jahresberichtes spielt auch die Situation des Lagerstandes eine entscheidende Rolle. In der folgenden Abbildung 32 zeigt sich sehr gut wie der Bestand vor Beginn der Winterzeit ansteigt um die bereits erwähnte Versorgungssicherheit der Kunden zu gewährleisten und nicht in eine Out-of-stock Situation zu kommen. Das vorliegende Lieferprofil ist dabei vor allem in den Sommermonate durch eine sehr gute Bedarfsplanung und Lagerpolitik gekennzeichnet. In den Wintermonaten wäre eine Verbesserung der Bestandsplanung noch möglich. Genauere Betrachtungen der Lagersituation und damit zusammenhängender Kosten finden sich unter dem Kapitel des Logistikcontrollings.

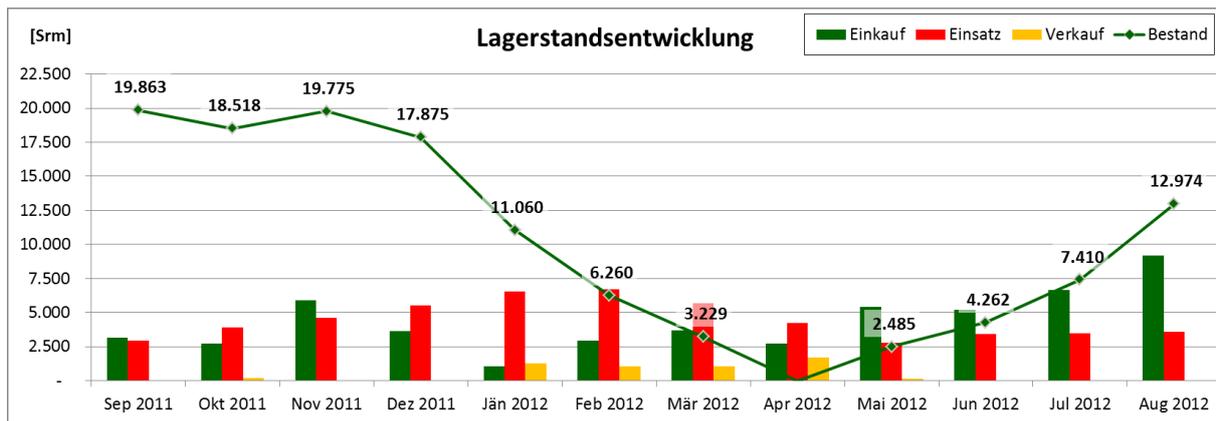


Abbildung 32: Lagerstandsentwicklung im Laufe des Geschäftsjahres im HKW G (Quelle: Autor)

Um sich ein Gesamtbild der technischen Situation eines Werkes machen zu können, bieten die folgenden verschiedenen Wirkungsgrade eine gute Möglichkeit. Der Jahresnutzungsgrad ist definiert über das Verhältnis von produzierter Energie durch zugeführter Energie. Durch die sehr geringe Nutzung des Ölkessels ist bei diesem Werk der Jahresnutzungsgrad gleich dem Jahresnutzungsgrad Kessel, der nur die Biokessel enthält. Diese beiden Kennzahlen geben einen Aufschluss über das Verhalten der Kessel und sämtlicher weiterer damit einhergehenden Wärmeerzeuger. Sie sind somit ein sehr guter Indikator dafür, inwieweit es zu einer guten Verbrennung kommt und die erwähnten Punkte aus Kapitel 4 umgesetzt und erfüllt wurden.

Der Jahresnutzungsgrad Gesamtanlage ist beschrieben durch das Verhältnis der verkauften Energie und der zugeführten Energie. Somit enthält dieser sowohl die Verluste im Heizwerk, Rohrleitungsverluste und die nicht verkaufte Energie z.B. der Freiflächenheizung. Die teils sehr starken Anstiege bei den Wirkungsgraden sind auf die bereits erwähnte Verbesserung durch eine neue Regelung zurückzuführen und auf Änderungen beim Biomasseeinsatz. Dort ist es in den letzten Jahren zum Umstieg von Industriebhackgut auf Waldhackgut gekommen, was den Anstieg um mehr als 12%-Punkte bei den Wirkungsgraden erklärt.

Weitere Wirkungsgrade und eine Beschreibung dieser und der dafür verwendeten Zahlen sind im Anhang zu finden.

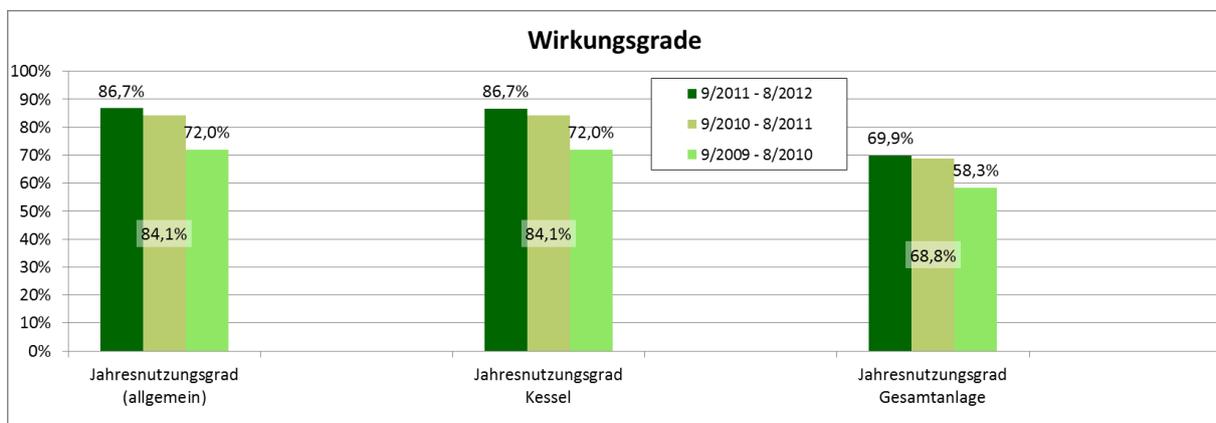


Abbildung 33: Wirkungsgrade im HKW G (Quelle: Autor)

Nach der Vorstellung einiger wichtiger technischer Daten erfolgt nun eine Betrachtung der finanziellen Situation im Heizkraftwerk G. Die folgende Tabelle 16 zeigt eine Erfolgsrechnung zweier Jahre. Die Gesamtleistung von mehr als € 2,5 Mio. besteht dabei aus den Erlösen des Wärmeverkaufs und der Ökostromeinspeisung. Den weitaus größten Anteil an Kosten nimmt die Biomasse ein, was die erwähnte Bedeutung an Planung und Logistik nochmals unterstreichen soll.

Diese Erfolgsrechnung gibt auch einen sehr guten Überblick über die Kosten- und Ertragssituation eines Heizkraftwerkes.

Die starke Steigerung des Gewinnes ist dabei auf folgende Faktoren zurück zu führen:

- Erhöhung des Wärmeverkaufspreises
- Verringerung der Einkaufspreise
- Erhöhung der Ökostromeinspeisung

Dieses Ergebnis konnte trotz der Verdoppelung an Instandhaltungskosten erreicht werden.

	9/2011 - 8/2012		9/2010 - 8/2011		Veränderung	
Gesamtleistung	2.520.859		2.356.802		164.057	7,0%
Materialaufwand	1.188.029	47,1%	1.116.677	47,4%	71.352	6,4%
Biomasse	903.363	35,8%	857.821	36,4%	45.542	5,3%
Öl	29.574	1,2%	15.123	0,6%	14.451	95,6%
Strom	200.617	8,0%	207.457	8,8%	6.840	-3,3%
Sonstiger Aufwand	54.475	2,2%	36.275	1,5%	18.200	50,2%
Deckungsbeitrag	1.332.831	52,9%	1.240.126	52,6%	92.705	7,5%
DBU-Faktor	52,9%		52,6%			0,5%
Personalaufwand	159.383	6,3%	159.680	6,8%	297	-0,2%
Instandhaltung	182.171	7,2%	92.024	3,9%	90.147	98,0%
Versicherungen	19.139	0,8%	16.954	0,7%	2.185	12,9%
Sonstiger Aufwand	91.891	3,6%	102.789	4,4%	10.898	-10,6%
Summe Betriebsaufwand	452.584	18,0%	371.447	15,8%	81.137	21,8%
Betriebserfolg	880.247	34,9%	868.679	36,9%	11.567	1,3%
Finanzertrag	57.891	2,3%	29.567	1,3%	28.324	95,8%
Finanzaufwand	148.125	5,9%	137.712	5,8%	10.413	7,6%
Finanzerfolg	- 90.234	-3,6%	- 108.145	-4,6%	17.911	-16,6%
EGT	790.013	31,3%	760.534	32,3%	29.478	3,9%
AO Erfolg	-	0,0%	209.996	-8,9%	209.996	-100,0%
Steuern v. Einkommen	17.724	0,7%	2.620	0,1%	15.103	576,4%
Jahresergebnis	772.289	30,6%	547.918	23,2%	224.371	40,9%
So. betr. Ertrag	30.615	1,2%	46.255	2,0%	15.640	-33,8%
Auflösung von Inv.zuschüssen	120.961	4,8%	135.431	5,7%	14.470	-10,7%
GWG	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%
Abschreibungen	649.993	25,8%	673.035	28,6%	23.042	-3,4%
VORLÄUFIGES ERGEBNIS	273.872	10,9%	56.568	2,4%	217.304	384,1%
Wärmeverkaufspreis	78,07 €/MWh		73,52			6,2%
Wärmeverkaufspreis exkl. Holzof	72,41 €/MWh		68,27			6,1%

Tabelle 16: Erfolgsrechnung des HKW G (Quelle: Autor)

Zum Abschluss erfolgt eine Gesamtbetrachtung, die sowohl die technische als auch die kaufmännische Seite mit in Betracht zieht. Ebenso erfolgt hier die gemeinsame Auswertung beider Bereiche. In der folgenden Tabelle sind auch die Planwerte des Betreibers aufgeführt. Ziel dieser Darstellung soll es sein, dem jeweiligen Betrachter auf einen Blick einen Gesamtüberblick über die Situation des Werkes zu geben. So enthält es neben der Erzeugung und dem Verkauf an Strom und Wärme ebenso den Stromverbrauch und Roh- und Betriebsstoffen. Beim Wärmeverkauf werden zusätzlich zum Ortsnetz drei große Wärmeabnehmer (GAN = Großabnehmer) dargestellt.

Die Umstellung von IHG auf WHG in den letzten Jahres lässt sich gut daran erkennen, dass mit weitaus weniger Einsatz an Biomasse die Energieerzeugung gesteigert werden konnte.

Im unteren Abschnitt der Tabelle wird ersichtlich, dass alleine die Biomasse mehr als die Hälfte der Kosten an der verkauften Energie ausmacht und somit hier auch enorme Potentiale liegen.

Aus diesem Grund sind im letzten Teil der Tabelle noch Kennzahlen zur Biomasse angeführt.

	Plan 9/2011 - 8/2012	9/2011 - 8/2012	9/2010 - 8/2011	9/2009 - 8/2010
Erzeugung Bioenergie [MWh]	35.842	↑ 12,4%	37.065	32.984
Biomassekessel	29.550	↔ 7,5%	29.678	27.614
Kondi NT	2.268	↑ 27,8%	2.898	2.268
Kondi HT	590	↔ 0,0%	938	-
Ökostrom	3.434	↑ 14,5%	3.551	3.102
Ölkessel	< 185	↔ 1,7%	225,6	221,9
Wärmeverkauf [MWh]	22.691	↔ 4,5%	23.030	22.036
Ortsnetz		↔ 3,1%	16.270	15.778
GAN 3		↔ -9,0%	1.915	2.104
GAN 2		↑ 22,0%	3.695	3.030
GAN 1		↔ 2,3%	1.150	1.123
Stromverbrauch [MWh]		↔ -1,1%	1.746	1.765
Heizwerk		↔ 3,4%	1.054,5	1.019,6
GAN 3		↔ -7,3%	691	745,5
Biomasseinsatz [Srm]		↔ 9,0%	53.438	49.028
Roh- und Betriebsstoffe				
Öl [l]		↔ 3,2%	25.204	24.420
Wasser [m³]		↔ -2,7%	2.130	2.189
		9/2011 - 8/2012	9/2010 - 8/2011	9/2009 - 8/2010
Biomasseaufwand/verk. Energie	903.363	↔ 26.581 -0,4%	33,98 €/MWh	34,13
Heizölaufwand/verk. Energie	29.574	↑ 26.581 84,9%	1,11 €/MWh	0,60
sonst. Mat.aufwand/verk. Energie	54.475	↑ 26.581 42,0%	2,05 €/MWh	1,44
Stromaufwand/verk. Energie	200.617	↔ 26.581 -8,5%	7,55 €/MWh	8,25
Personalaufwand/verk. Energie	159.383	↔ 26.581 -5,6%	6,00 €/MWh	6,35
IH + Sachaufw/verk. Energie	293.201	↑ 26.581 30,9%	11,03 €/MWh	8,42
Kapitalkosten/verk. Energie	148.125	↔ 26.581 1,7%	5,57 €/MWh	5,48
Σ Kosten/verkaufte Energie	<u>1.788.738</u>	↔ 26.581 4,0%	<u>67,29</u> €/MWh	<u>64,68</u>
Σ Energieerlöse/verkaufte Energie	<u>2.378.487</u>	↔ 26.581 5,3%	<u>89,48</u> €/MWh	<u>84,95</u>
Σ Aufwände/verkaufte Energie	2.456.455	↔ 26.581 0,9%	92,41 €/MWh	91,56
Σ Erträge/verkaufte Energie	2.730.326	↔ 26.581 9,5%	102,72 €/MWh	93,81
Gewinn/verkaufter MWh	273.872	↑ 26.581 357,9%	10,30 €/MWh	2,25
Wärmeerlöse/verkaufte Wärme	1.797.823	↔ 23.030 6,2%	78,07 €/MWh	73,52
Wärmeerl./verk. Wärme ohne GAN 3	1.529.008	↔ 21.115 6,1%	72,41 €/MWh	68,27
Biomasseaufw./erzeugte Bioenergie	903.363	↔ 37.065 -6,3%	24,37 €/MWh	26,01
Biomasseaufw./eingesetzte Energie	903.363	↔ 43.002 -3,3%	21,01 €/MWh	21,74
Biomasseaufw./Srm Einsatz	903.363	↔ 53.438 -3,4%	16,90 €/Srm	17,50

Tabelle 17: Produktionsübersicht und Bilanzauswertung des HKW G (Quelle: Autor)

Die vollständigen Berichte mit allen Diagrammen und Tabellen finden sich im Anhang. Bei den technischen Kennzahlen wurden als Referenzwerte folgende Quellen verwendet:

- Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL)
- Systemanalyse der Nahwärmeversorgung mit Biomasse (Oberberger et al. (2005))

8.1.5 Ergebnisse

Sicherlich einen der größten Vorteile seit dem Einsatz des Systems ist die schnelle Verfügbarkeit von Berichten und die leicht verständliche Visualisierung sämtlicher relevanten Daten. Oftmals führten die grafischen Darstellungen und Vergleiche mit vorhergehenden Zeiträumen zu Unklarheiten und Fragen (z.B. warum sind die Wärmemengen des Ölkessels im Vergleich zum Vorjahr gestiegen) zum Sinn und Zweck einiger Umstände des technischen Betriebes des Werkes. Die Ergebnisse dieser Betrachtungen benötigten anschließend keine aufwendigen technischen Neuerungen oder Umstellungen, sondern sollten zur Bewusstseinsbildung bei den Verantwortlichen beitragen.

Damit ist auch bereits ein weiterer wichtiger Punkt angesprochen, der der Bewusstseinsbildung. Das Wissen der Heizwarte, dass die Daten, die sie jeden Tag eingeben müssen, in Berichtsform auch wirklich von den Betreibern analysiert werden, führte zu einem besseren Umgang mit dem Thema des Betriebsdatenmanagement. Denn sollte es zu Auffälligkeiten in den Berichten kommen, so ist größtenteils eine Rekonstruktion des Sachverhaltes möglich, da sich aus den tagesfeinen Daten dieser rekonstruieren lässt.

Neben den Daten und Berichten, die bereits im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurden, dienen die Aufzeichnungen nebenbei auch als Grundlage für andere Berechnung und Bereiche. Denn wie bereits erwähnt sind Optimierungen und Berechnungen für den Einsatz z.B. neuer Regelungen nur mit einer guten Datenbasis notwendig.

Generell kam es zu einer starken Verbesserung der Datenqualität. Durch eine Verbesserung der Dateneingabe und eine Möglichkeit zur Kontrolle der Eingaben, konnten die Eingabefehler stark reduziert werden, wodurch in Folge Mehrarbeit auf ein Minimum verringert werden konnte.

Auch bei den Geschäftsführern fand eine Reduzierung des Zeitaufwandes statt. Die automatische Erstellung der Berichte und die erhöhte Qualität der dafür verwendeten Daten führte zu einer Reduktion des Aufwandes für die Erstellung von weiterführenden Berichten und zu Verbesserungen für Sitzungen.

8.1.6 Resümee und Empfehlungen

Abschließend kann festgestellt werden, dass ein System zur standardisierten Erhebung und Auswertung von Betriebsdaten für BMH(K)W unerlässlich ist. Um das Ziel eines wirtschaftlich gesunden Werkes zu erreichen sind laufende Optimierungen von Nöten, deren Sinn auch zahlenmäßig belegt werden sollte. Manche dieser Verbesserungen ziehen auch Investitionen nach sich, für die sich Betreiber Fremdkapital organisieren müssen. Und besonders hier ist es notwendig sein Werk und den bisherigen Betrieb professionell darstellen zu können.

Generell wird es in der gesamten Branche zu einer Professionalisierung in den allermeisten Bereichen kommen. Entwicklungen, die in anderen Industrien bereits seit Jahren zum grundlegenden Standard gehören, werden in Zukunft auch in diesem Bereich Einzug finden.

Besonders bei älteren Werken wird es in den kommenden Jahren vermehrt zu Neuerungen im technischen Bereich des Werkes und im Bereich des Fernwärmenetzes kommen. Solche Systeme sollen im Idealfall auch in Zukunft den beteiligten Werken dabei helfen ihre Werke

Schritt für Schritt zu verbessern. Ziel muss es sein, durch jährliche Benchmarks und eine ehrliche Berechnung von Kennzahlen viele verschiedene Werke zu vergleichen und Best Practice Lösungen zu erarbeiten. Für genaue Analysen zwischen den Werken sind dabei die im vorhergehenden Kapitel viele kleinen und nicht aggregierten Zahlen und Kennzahlen notwendig. Um Betreiber aber in weiterer Folge nicht zu überfordern und ihnen mit Hilfe von technischen und kaufmännischen Kennzahlen den Zustand ihres Werkes zu veranschaulichen und Vergleich zu ermöglichen, müssen einige wenige Kennzahlen ausgearbeitet werden. Im anschließenden Kapitel wird mit Hilfe einer Balanced Scorecard ein solches Vorgehen dargestellt.

9 Bioenergie Balanced Scorecard für BMH(K)W

Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau und Zweck einer eigens entwickelten „Bioenergie“ Balanced Scorecard (BBSC) für Biomasseheiz(kraft)werke. Basierend auf der Grundidee der eigentlichen Balanced Scorecard nach Kaplan und Norton wurden dafür spezielle Perspektiven und darin enthaltene Erfolgsfaktoren entwickelt, die den Gegebenheiten von BMH(K)W Rechnung tragen sollen.

9.1 Ausgangssituation

In keinem der betrachteten Werke gab es ein Instrument zur umfassenden Leistungs- und Erfolgsmessung. Einzelne Werte wie z.B. Brennstoffkosten, Gewinn, etc. schienen zwar in einzelnen Listen auf, eine gemeinsame Darstellung mit anderen wichtigen Kennzahlen um ein Gesamtbild der technischen und finanziellen Situation zu erhalten und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren zu ermitteln war nicht vorhanden. Dadurch war es schwierig Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf andere Bereiche bzw. Erfolgsfaktoren zu bewerten. Nur die Erfahrung der Geschäftsführer bei der Einzelbetrachtung einiger weniger Kennzahlen erlaubte es eventuelle zukünftige Entwicklungen zu erkennen.

9.2 Ziel

Ziel dieser Bioenergie Balanced Scorecard war es die bereits erlangten Erkenntnisse dieses Performance Measurement Tools zu übernehmen und es speziell an die Gegebenheiten und Bedürfnisse eines BMH(K)W anzupassen. Dadurch sollte, wie es die Grundidee der BSC ist, eine Gesamtübersicht entstehen bei der die wichtigsten Bereiche und deren Erfolgsfaktoren abgebildet werden. Damit sollte es ermöglicht werden auf einem Blick die Situation des Werkes abzuschätzen und bereits umgesetzte Maßnahmen besser zu bewerten. Verbindungen und Beeinflussungen einzelner Kennzahlen auf andere werden dadurch erstmals sichtbar gemacht.

In weiterer Folge sollte diese Bioenergie Balanced Scorecard, aufbauend auf den beiden vorgestellten Controllingsystemen BioCS und BioLS, Trends vergangener Jahre vergleichbar machen. Die aus der Strategie (z.B. Beschaffungs- und Lagerstrategie) abgeleiteten Ziele ermöglichen es Maßnahmen zu planen, die zu einer ständigen Verbesserung führen und mittelfristig im gesamten Werk eine Bewusstseinsbildung hervorbringen, durch die sich das Werk hin zu einer kontinuierlichen Verbesserungen (KVP) bewegt.

Zu gleich kann diese BBSC als Benchmarking-Instrument verwendet werden, bei dem die Betreiber einzelner Werke unabhängig von ihren Datenmanagementsystemen sich mit anderen Werken messen können.

9.3 Vorgehensweise und Analyse

Im Zuge der Entwicklung von BioCS und BioLS stellte es sich als Herausforderung dar, aussagekräftige Kennzahlen zu finden und diese auch ansprechend darzustellen. Um den Nutzern dieser beiden Systeme so viele Informationen wie möglich zu geben, wurden alle Kennzahlen, die von Interesse sein könnten, mit in die jeweiligen Berichte aufgenommen. Um jedoch einen Überblick über die wichtigsten Zahlen des Werkes zu bekommen, waren es zu viele Zahlen in ungeordneter Art und Weise.

Darum wurden auf Grundlage der BSC vier Perspektiven gesucht, die sich dazu eignen den Gesamtzustand eine BMH(K)W gut abzubilden. Die vier traditionellen Perspektiven der BSC konnten aufgrund der Unterschiede von traditionellen Industrieunternehmen zu BMH(K)W nicht herangezogen werden.

Direkt übernommen werden konnte die *Finanzperspektive*. Es wird dort zwischen Kosten und Erlösen sowie Aufwänden und Erträgen unterschieden. Dies dient dazu, die Geschäftsgebarung darzustellen, die ausschließlich mit dem Betrieb des BMH(K)W zu tun hat und sich in den Kosten und Erlösen niederschlägt. Sämtliche außerordentlichen Erträge und Aufwände werden dazu getrennt dargestellt. Damit soll es auch ermöglicht werden ältere und neuere BMH(K)W zu vergleichen, da bei älteren beispielsweise die Zinsaufwendungen und die Abschreibungen in der Regel geringer ausfallen als bei neueren. Weiters können auch die Investitionen und damit einhergehenden Abschreibungen in neuere Anlagen oder Erweiterungen des Werkes besser verglichen werden.

Eine Mischung aus der internen und der Innovations- und Wissensperspektive bildet die *Perspektive Produktion*. Darin geht es um die Energieerzeugung und wie es einem Werk gelingen kann, möglichst hohe Wirkungsgrade zu erzielen und somit den Brennstoffeinsatz nicht im gleichen Ausmaße wie die Energieerzeugung ansteigen zu lassen.

In der *Perspektive Verkauf* geht es wiederum um Wirkungsgrade und die erlangten Erlöse. Denn die Verkaufspreise sind von entscheidender Bedeutung um wirtschaftlichen Erfolg beim Betrieb eines BMH(K)W zu haben. Von besonderem Interesse sind dabei auch die Netzverluste, da sie einen nicht unerheblichen Teil der gesamten Verluste eines Werkes ausmachen.

Bei der *Perspektive Einkauf* spielen vor allem die Brennstoffkosten eine wesentliche Rolle, da sie wie bereits erwähnt sehr großen Einfluss auf den Erfolg eines Unternehmens haben. Als Teil der eingeschlagenen Beschaffungsstrategie geht dabei die durchschnittliche Lagerdauer mit ein.

Im Gegensatz zu der üblichen Vorgehensweise mit vier Perspektiven wurde bei der BBSC noch eine weitere eingeführt, die *Gesamtperspektive*. In dieser wird der Gesamtwirkungsgrad der Anlage (inkl. Eigenstromverbrauch) dargestellt und somit mittels einer Kennzahl die technische Seite eines Werkes abgebildet. Aufgrund der hinterlegten Daten und der einzelnen Wirkungsgrade ist es möglich, retrograd die einzelnen Verlustquellen zu quantifizieren und somit zu bestimmen welche Bereiche den Gesamtwirkungsgrad positiv oder negativ beeinflussen.

Die zweite Kennzahl ist der Gewinn bezogen auf die verkauften MWh eines Werkes. Dadurch wird die finanzielle Seite eines Werkes abgebildet. Es ist hierbei jedoch zu erwähnen, dass es möglicherweise besonders bei neueren Werken von Vorteil wäre nicht den Gewinn sondern das EBITDA zu verwenden um die hohen Abschreibungen außen vor zu lassen.

9.4 Ergebnisse

Wie bereits erwähnt dienten als Datengrundlage die Daten der beiden System BioLS und vor allem BioCS der letzten drei Geschäftsjahre bei Heizkraftwerk G. Zur besseren Übersicht wurde bei sämtlichen Kennzahlen ein Ampelsystem eingeführt. Dabei wird in Abhängigkeit vom Zielerreichungsgrad grün, orange oder rot vergeben. Bei manchen Kennzahlen wie z.B. Wirkungsgraden wurden fixe Zielwerte vorgegeben. Bei anderen wie z.B. Kosten und Erträgen wurde definiert, dass diese um das Ziel zu erreichen nicht mehr als 5% des Wertes des Vorjahres betragen sollten.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Gesamtwirkungsgrad des Werkes zum Vorjahr gesunken ist, es aber trotzdem zu einer Steigerung des Gewinnes gekommen ist. Dadurch dass es zu einer Steigerung der Stromerzeugung gekommen ist, wurde mehr Abwärme produziert die nicht genutzt werden konnte und somit als Verlust in der BBSC eingestuft wird. Die höhere Stromeinspeisevergütung im Vergleich zu den Wärmepreisen führte jedoch neben anderen Effekten zu einer Verbesserung des finanziellen Ergebnisses. Da es aber bei den essentiellen Wirkungsgraden zu Verbesserungen gekommen ist, ist festzuhalten, dass diese Strategie erfolgreich ist.

Generell ist eine durchgehende Verbesserung der Kennzahlen zu beobachten im Laufe der letzten Geschäftsjahre, was auf die bereits erwähnten Maßnahmen in den Kapiteln 7 und 8 zurück zu führen ist.

Folgende Abbildung 34 zeigt die Bioenergie Balanced Scorecard von Heizkraftwerk G.

Bioenergie Balanced Scorecard

Einkauf

Erfolgsfaktor		GJ 09/10	GJ 10/11	GJ 11/12	Zielwert
Biomasseaufwand	€/MWh	19,04	21,74	21,01	+5% zum VJ
Energieinhalt	kWh/Srm	800	800	800	800
Wassergehalt	%	45	45	45	45
Lagerumschlagsdauer	Tage	106	103	69	30
Gesamtnote			1,7	1,5	

Produktion

Erfolgsfaktor		GJ 09/10	GJ 10/11	GJ 11/12	Zielwert
η thermisch	%	65,2	76,2	78,4	78,0
η elektrisch	%	18,8	18,4	19,7	19,0
η Produktion	%	72,0	84,1	86,7	85,0
Biomasseaufwand	€/MWh _{erzeugt}	26,5	26,0	24,4	+5% zum VJ
Kosten	€/MWh _{erzeugt}	49,3	49,0	48,0	+5% zum VJ
Energieerlöse	€/MWh _{erzeugt}	44,7	64,3	63,8	+5% zum VJ
spez. Stromverbrauch	kWh/MWh _{erzeugt}	30,5	30,7	28,3	25,00
Gesamtnote			2,0	1,8	

Gesamt

Erfolgsfaktor		GJ 09/10	GJ 10/11	GJ 11/10	Zielwert
η Gesamtanlage	%	52,5	63,7	61,8	65,0
Gewinn	€/MWh _{verkauft} -	7,9	2,3	10,3	+5% zum VJ
Gesamtnote			1,8	1,6	

Verkauf

Erfolgsfaktor		GJ 09/10	GJ 10/11	GJ 11/12	Zielwert
Netzverluste	%	14,7	14,2	14,5	15,0
η Verkauf	%	58,3	68,8	69,9	70,0
Verkaufspreis Wärme	€/MWh _{verkauft}	70,5	73,5	78,1	+5% zum VJ
Verkaufspreis Strom	€/MWh _{verkauft}	163,7	166,2	163,5	+5% zum VJ
Biomasseaufwand	€/MWh _{verkauft}	36,3	34,1	34,0	+5% zum VJ
Gesamtnote			2,5	2,0	

Finanzen

Erfolgsfaktor		GJ 09/10	GJ 10/11	GJ 11/12	Zielwert
Kosten	€/Mwh _{verkauft}	67,7	64,7	67,3	+5% zum VJ
Energieerlöse	€/Mwh _{verkauft}	61,3	85,0	89,5	+5% zum VJ
Aufwände	€/Mwh _{verkauft}	95,1	91,6	92,4	+5% zum VJ
Erträge	€/Mwh _{verkauft}	87,2	93,8	102,7	+5% zum VJ
Gesamtnote			1,0	1,0	

Abbildung 34: Bioenergie Balanced Scorecard Heizkraftwerk G (Quelle: Autor)

9.5 Resümee und Empfehlungen

Die BBSC sollte als erster Schritt dienen die wichtigsten Kennzahlen von Heizkraftwerk G zusammenzufassen und so zur Verbesserung der Gesamtsituation beitragen. Für die weitere Zukunft sollten vor allem die Zielwerte noch besser überlegt werden. Auch Maßnahmen um die erwünschten Ziele zu erreichen sollten in die BBSC einfließen. Ob die aktuellen Erfolgsfaktoren ebenfalls alle so aussagekräftig sind um die nötigen Informationen zu erlangen, muss sich erst beweisen.

Mittelfristiges Ziel sollte es jedenfalls sein, die BBSC zu verwenden um sich mit einem anderen Werk konkret zu vergleichen.

10 Literaturverzeichnis

Aigner, G. (2010): Biomasse-Logistik – Grundlagen und Fallstudien, Bachelorarbeit, Montanuniversität Leoben.

Aigner, G. (2012): Vom Wald ins Säge- und Heizkraftwerk. In: WING business, 2012, Nr. 3/12, S. 14-16.

Amt der niederösterreichischen Landesregierung, Gruppe Wirtschaft, Sport und Tourismus, Abteilung Energiewesen und Strahlenschutzrecht, Geschäftsstelle für Energiewirtschaft (Hrsg.) (2010): NÖ Energiebericht – Bericht über die Lage der Energieversorgung in Niederösterreich.

Bini, R.; Hammerschmid, A.; Obernberger, I.: Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis des ORC-Prozesses – EU-Thermie-Projekt Admont (A).

Gerberich, C.; Schäfer, T.; Teuber, J. (2006): Integrierte Lean Balanced Scorecard - Methoden, Instrumente, Fallbeispiele. 1. Aufl., Wiesbaden: Gabler Verlag. ISBN 978-3-8349-0222-1.

Göpfert, I. (2005): Logistik Führungskonzeption – Gegenstand, Aufgaben und Instrumente des Logistikmanagements und –controllings. 2. Aufl., München: Verlag Franz Vahlen. ISBN 3 8006 2958 5.

Hügens, T. (2008): Balanced Scorecard und Ursache-Wirkungsbeziehungen – Kausale Modellierung und Simulation mithilfe von Methoden des Qualitative Reasoning. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.

Ihde, B. G. (2001): Transport, Verkehr, Logistik - gesamtwirtschaftliche Aspekte und einzelwirtschaftliche Handhabung. 3. Aufl., München: Verlag Franz Vahlen.

Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H. (2009): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York: Springer. ISBN 978-3-540-85094-6.

Kaplan, R.; Norton, D. (2009): In Search of Excellence – der Maßstab muss neu definiert werden. In: Harvard Businessmanager, Edition 1/2009, S. 7-16.

Kühmaier, M.; Kanzian, C.; Holzleitner, F.; Stampfer, K. (2007): Wertschöpfungskette Waldhackgut - Optimierung von Ernte, Transport und Logistik - Projektstudie im Auftrag von BML-FUW, Land Niederösterreich, Stadt Wien und ÖBf AG. Wien: Institut für Forsttechnik, Department für Wald und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien.

Nemestóthy, N. (2011): Normung von Waldhackgut, Forstliche Ausbildungsstätte Gmunden, Biomassetag 2011, Wieselburg.

Obernberger, I. (2005): Nutzung fester Biomasse in Verbrennungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens aschebildender Elemente. 4. Aufl., Graz: Medienfabrik Graz, Steiermärkische Landesdruckerei GmbH. ISBN 3-9501980-0-8.

Österreichische Bundesforste AG (2003): ÖBf-Horizont 2010 – Wegweiser in die Zukunft. Purkersdorf.

Obernberger, I.; Stockinger, H. (2005): Systemanalyse der Nahwärmeversorgung mit Biomasse. 2. Aufl.; Graz: Medienfabrik Graz, Steiermärkische Landesdruckerei GmbH. ISBN 3-9501980-1-6.

Österreichische Bundesforste AG (2010): Horizont 2020 – Das Nachhaltigkeitskonzept. Purkersdorf.

Pichler, W. (2012): Waldhackgut auf einen Nenner gebracht – FHP-Projekt unter Regie der Holzforschung Austria schafft Transparenz für Waldhackgut.

Wannenwetsch, H. (2007): Integrierter Materialwirtschaft und Logistik - Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion. 3. Aufl., Berlin – Heidelberg – New York: Springer. ISBN 978-3-540-29756-7.

Weber, J. (2002): Logistik- und Supply Chain Controlling, Stuttgart: Schäffer-Poeschel. ISBN 3-7910-2068-4.

Wesselak, V.; Schabbach, T. (2009): Regenerative Energietechnik, Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-540-95881-9.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltökonomie und Energie (Hrsg.) (2011): Erneuerbare Energie in Zahlen – Die Entwicklung erneuerbarer Energie in Österreich im Jahr 2010, Wien 2011.

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (Hrsg.) (2012): Energiestatus Österreich 2012, Wien 2012.

Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Abteilung Betriebswirtschaft und Technik (Hrsg.) (2011): Biomasse – Heizungserhebung 2011, St. Pölten 2011.

Statistik Austria, Direktion Raumwirtschaft – Bereich Energie und Umwelt (Hrsg.) (2011): Standard-Dokumentation Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zu den Energiebilanzen für Österreich und die Bundesländer, Wien 2011.

11 Abkürzungsverzeichnis

AMM	Atro-Tonne mit Rinde verwogen und mit Rinde bezahlt
BEEV	Bruttoendenergieverbrauch
BIV	Bruttoinlandsverbrauch
BK	Biomassekessel
BMH(K)W	Biomasseheiz(kraft)werk
BSC	Balanced Scorecard
BBSC	Bioenergie Balanced Scorecard
EBITDA	Earnings Before Interest Taxes Depreciation and amortization
ECO	Economiser
EE	Energetischer Endverbrauch
Efm	Erntefestmeter
EVA	Economic Value Added
Fm	Festmeter
FS	Frischsubstanz
GAN	Großabnehmer
GWh	Gigawattstunde
HW	Heizwerk
HKW	Heizkraftwerk
IEZ	Inländische Energieerzeugung
IHG	Industriehackgut
Kondi NT	Kondensationsanlage Niedertemperatur
Kondi HT	Kondensationsanlage Hochtemperatur
kV	Kilovolt
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LH	Laubholz
LUVO	Luftvorwärmer
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde
MWh	Megawattstunde
NH	Nadelholz
OEM	Ökoenergiemanagement GmbH
ORC	Organic Rankine Cycle
Rm	Raummeter
SBSC	Sustainability Balanced Scorecard
Srm	Schüttraummeter
t CO ₂ äqu	Tonnen CO ₂ -Äquivalent
TJ	Terajoule
t-atro	Atro-Tonne
t-lutro	Lutro-Tonne
TM	Trockenmasse
toe	Tonne Öleinheit
TÖ WT	Thermoöl-Wärmetauscher
TS	Trockensubstanz
WACC	Weighted Average Cost of Capital

WG	Wassergehalt
WHG	Waldhackgut
WW ECO	Warmwasser Economiser

12 Glossar

12.1 Begriffsbestimmungen nach ÖNORM M 7132

Wassergehalt: Anteil des im Brennstoff enthaltenen Wasserstoffs, angegeben in Prozent der Masse.

Schwarten: beim Einschneiden von Rundholz in den Randzonen anfallende Teile, deren eine Seite ganz oder teilweise Baumwalze mit oder ohne Rinde aufweist

Spreißel: beim Besäumen von Schnittholz anfallende Teile, die Reste der Rundholzoberfläche mit oder ohne Rinde zeigen.

Kappholz: kurze Holzstücke (mit oder ohne Rinde), die beim Abschneiden der Enden von Rund- oder Schnittholz anfallen.

Hackholz: in manipulierbare Länge eingekürztes, (grob-)entastetes Derb- und/oder Reisholz, das zur Hackguterzeugung bestimmt ist.

Hartholz: Holz mit einer mittleren Darrdichte über 550 kg/m^3 , zB Rotbuche, Weißbuche, Ahorn, Eiche, Ulme, Esche, Birke und Robinie

Hackgut: maschinell zerkleinertes Holz mit oder ohne Rinde, unterteilt in Fein-, Mittel- und Grobhackgut.

Waldhackgut: aus Hackholz mit Hackmaschinen meist im Wald erzeugtes Hackgut.

Sägespäne: beim Sägen von Holz anfallende Späne.

Hobelspäne: bei spanabhebender Bearbeitung von Holz (Hobeln, Fräsen) anfallende Späne.

Biogene Brenn- und Treibstoffe: Hackschnitzel, Rinde, Sägenebenprodukte, Waldhackgut, Pellets, Stroh, Biogas, Klärgas, Deponiegas, Rapsmethylester und Ablauge/Schlämme der Papierindustrie

12.2 Maßeinheiten nach ÖNORM M 7132

Festmeter (fm): in der Forst- und Holzwirtschaft übliche Benennung für 1 m^3 Holz.

Raummeter (rm): in der Forst- und Holzwirtschaft übliche Benennung für 1 m^3 geschichtete Holzteile.

Schüttraummeter (Srm): in der Forst- und Holzwirtschaft übliche Benennung für 1 m^3 geschütteter Holzteile (z.B. Hackgut, Stückgut).

12.3 Sonstige Begriffsbestimmungen

Atro-Tonne: Eine Tonne absolut trockenes Holz

Fernwärmebilanz: Nach organisatorischer (Unternehmen, Werke, etc.) und technischer Einteilung (Öfen) erfolgte Aufstellung des eingesetzten Brennstoffes und der erzeugten Energie

Heizwart: Verantwortlicher für den operativen Betrieb eines Heiz(kraft)werkes

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Anlage: „Energieumwandlung, die durch chemische oder physikalische Umwandlung von Energieträgern Wärme und elektrische Energie erzeugt.“⁷⁴

Lutro-Tonne: Eine Tonne luftgetrockenes Holz

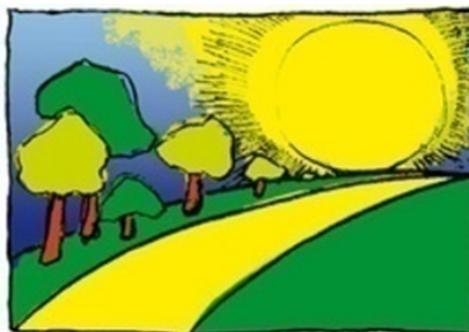
QM-Bericht: Jährlicher Bericht eines Heiz(kraft)werkes in dem Daten zum Betrieb eines Werkes sowie den Produktions- und Verkaufsmengen angegeben werden

⁷⁴ Kühmaier et al. (2007), S. 246

13Anhang

Inhaltsverzeichnis

Einkaufs- und Kostenübersicht	2
Kosten pro Sortiment	3
Kosten pro Lieferant	4
Lagerstandsentwicklung	5
Kostenzusammensetzung	6



Einkaufsmenge	↓	-12,0%
primäre Kosten	↓	-7,9%
Summe Kosten	↓	-10,1%
Einkaufspreis	⇒	2,2%

Logistikbericht Biomasseheizkraftwerk G 9/2011 - 8/2012

Logistikbericht G 9/2011 - 8/2012		Einkaus- und Kostenübersicht			
YTD	Plan	9/2011 - 8/2012	9/2010 - 8/2011	9/2009 - 8/2010	
Srm		↓ -10,3%	53.317	59.412	63.773
t-atro		↓ -11,8%	7.662	8.691	9.628
MWh		↓ -12,0%	36.856	41.894	45.837
Materialkosten [€]		↓ -11,7%	659.377	747.041	780.738
€/Srm		⇒ -1,6%	12,37	12,57	12,24
€/t-atro		⇒ 0,1%	86,06	85,95	81,09
€/MWh		⇒ 0,3%	17,89	17,83	17,03
Hackkosten [€]		↑ 80,0%	68.252	37.918	43.758
Transportkosten [€]		↓ -25,0%	48.735	64.994	42.475
Ascheentsorgungskosten [€]		↑ 28,5%	23.379	18.193	12.564
Sonstige Kosten [€]		⇒ 0,0%	-	-	-
Σ primäre Kosten [€]		↓ -7,9%	799.859	868.263	879.646
€/Srm		⇒ 2,7%	15,00	14,61	13,79
€/t-atro		⇒ 4,5%	104,40	99,90	91,37
€/MWh		⇒ 4,7%	21,70	20,73	19,19
Kosten Substanzabbau [€]		↓ -23,2%	74.225	96.683	110.424
Kapitalbindungskosten [€]		↓ -23,2%	37.112	48.342	55.212
Summe [€]		↓ -10,1%	911.196	1.013.288	1.045.282
€/Srm		⇒ 0,2%	17,09	17,06	16,39
€/t-atro		⇒ 2,0%	118,93	116,59	108,57
€/MWh		⇒ 2,2%	24,72	24,19	22,80
Energieinhalt Hu [kWh/Srm]			691	705	719
Lagerumschlagshäufigkeit pro Jahr			5,3	3,6	3,4
Lagerumschlagsdauer [Tage]			69	103	106
Srm/t-atro			6,96	6,84	6,62



Abbildung 35: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Einkaufs- und Kostenübersicht (Quelle: Autor)



Abbildung 36: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Kosten pro Sortiment und Lieferant (Quelle: Autor)

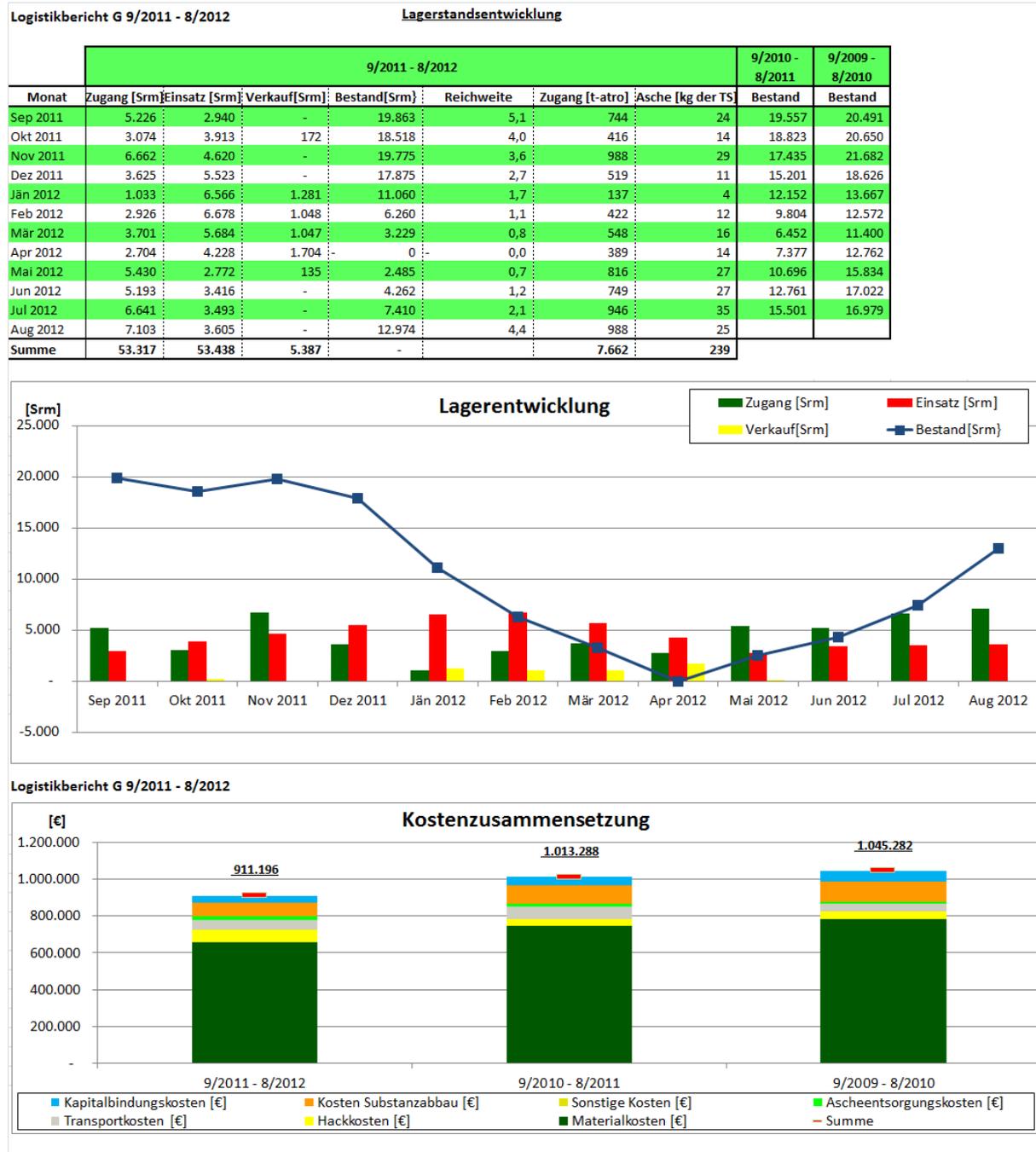
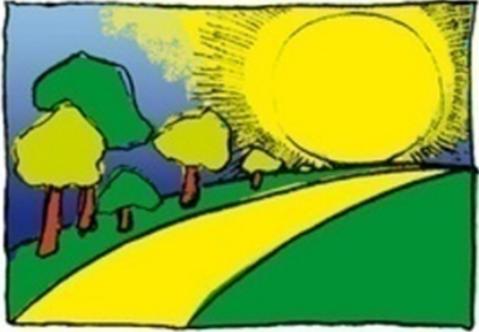


Abbildung 37: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Lagerstandsentwicklung und Kostenzusammensetzung (Quelle: Autor)

Inhaltsverzeichnis

Einkaufs- und Kostenübersicht	2
Kosten pro Sortiment	3
Kosten pro Lieferant	4
Lagerstandsentwicklung	5
Kostenzusammensetzung	6



Einkaufsmenge	⇒ -1,9%
primäre Kosten	⇩ -5,8%
Summe Kosten	⇩ -5,9%
Einkaufspreis	⇒ -4,1%

Logistikbericht Biomasseheizkraftwerk K

1/2012 - 12/2012

Logistikbericht K 1/2012 - 12/2012		Einkaus- und Kostenübersicht			
YTD	Plan	1/2012 - 12/2012	1/2011 - 12/2011	1/2010 - 12/2010	
Srm		⇩ -8,8%	236.127	258.771	-
t-atro		⇒ -1,6%	44.155	44.868	-
MWh		⇒ -1,9%	205.509	209.480	-
Materialkosten [€]		⇩ -5,6%	3.871.458	4.101.213	-
€/Srm		⇒ 3,5%	16,40	15,85	-
€/t-atro		⇒ -4,1%	87,68	91,41	-
€/MWh		⇒ -3,8%	18,84	19,58	-
Hackkosten [€]		⇒ 0,0%	-	-	-
Transportkosten [€]		⇩ -43,9%	17.500	31.178	-
Ascheentsorgungskosten [€]		⇒ -3,0%	122.781	126.540	-
Sonstige Kosten [€]		⇒ 0,0%	-	-	-
Σ primäre Kosten [€]		⇩ -5,8%	4.011.862	4.259.058	-
€/Srm		⇒ 3,2%	16,99	16,46	-
€/t-atro		⇒ -4,3%	90,86	94,92	-
€/MWh		⇒ -4,0%	19,52	20,33	-
Kosten Substanzabbau [€]		⇩ -11,6%	53.695	60.771	-
Kapitalbindungskosten [€]		⇩ -11,6%	26.847	30.385	-
Summe [€]		⇩ -5,9%	4.092.404	4.350.215	-
€/Srm		⇒ 3,1%	17,33	16,81	-
€/t-atro		⇒ -4,4%	92,68	96,96	-
€/MWh		⇒ -4,1%	19,91	20,77	-
Energieinhalt Hu [kWh/Srm]			870	810	-
Lagerumschlagshäufigkeit pro Jahr			35,4	29,7	-
Lagerumschlagsdauer [Tage]			10	12	-
Srm/t-atro			5,35	5,77	-

Abbildung 38: Logistikbericht Heizkraftwerk K - Einkaufs- und Kostenübersicht (Quelle: Autor)

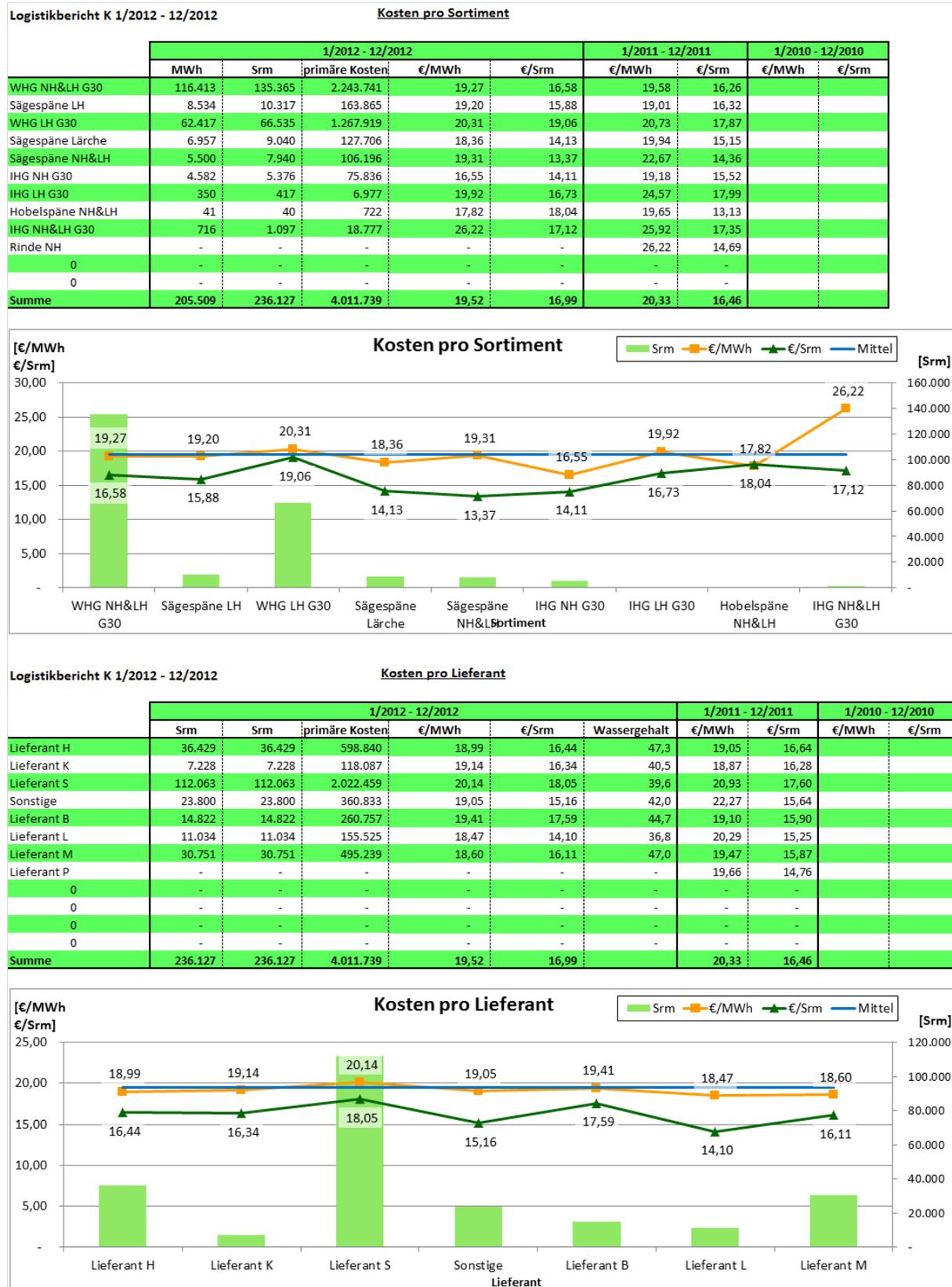


Abbildung 39: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Kosten pro Sortimenten und Lieferant (Quelle: Autor)

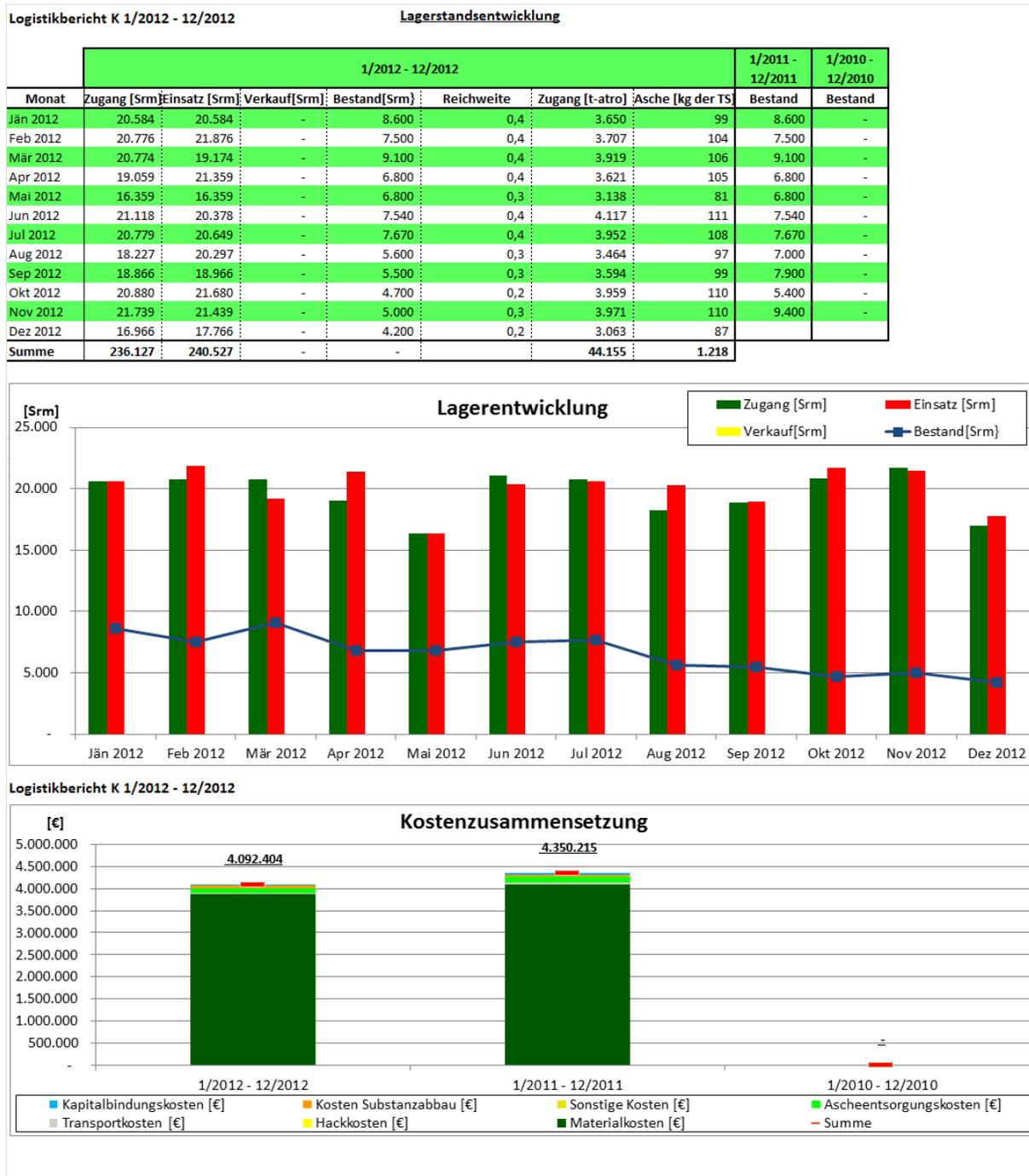
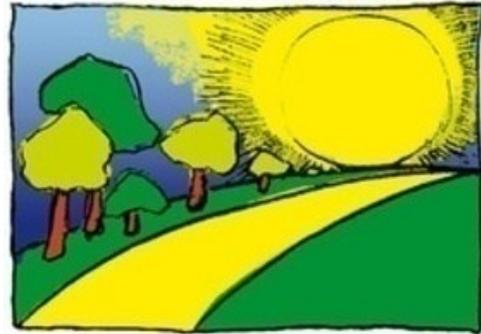


Abbildung 40: Logistikbericht Heizkraftwerk G - Lagerstandentwicklung und Kostenzusammensetzung (Quelle: Autor)

Inhaltsverzeichnis

Wärmeerzeugung	2
Wärmeabgabe Ortsnetz	3
Wärmeabgabe (exkl. Netz)	4
Stromerzeugung	5
Stromverbrauch	6
Wärmeverkauf	7
Lagerstandsentwicklung	8
Wirkungsgrade	8
Ascheentsorgung und Abwasser	9
Betriebsstunden	10
Erfolgsrechnung	11
Produktionsübersicht und	
Bilanzauswertungen	12
Technische Kennzahlen	13
Kommentare	15



Einsatz	↔	9,0%
Erzeugung Bioenergie	↑	12,4%
Erzeugung gesamt	↑	12,3%
Verkauf	↔	5,7%
Wärmeverkauf	↔	4,5%
Stromverkauf	↑	14,5%
Verkaufspreis	↔	6,2%
Einkaufspreis	↔	-3,3%
DB	↔	7,5%
EGT	↔	3,9%
Ergebnis	↑	384,1%

Jahresbericht Biomasseheizkraftwerk G 9/2011 - 8/2012

Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012

Σ = 33.740 MWh

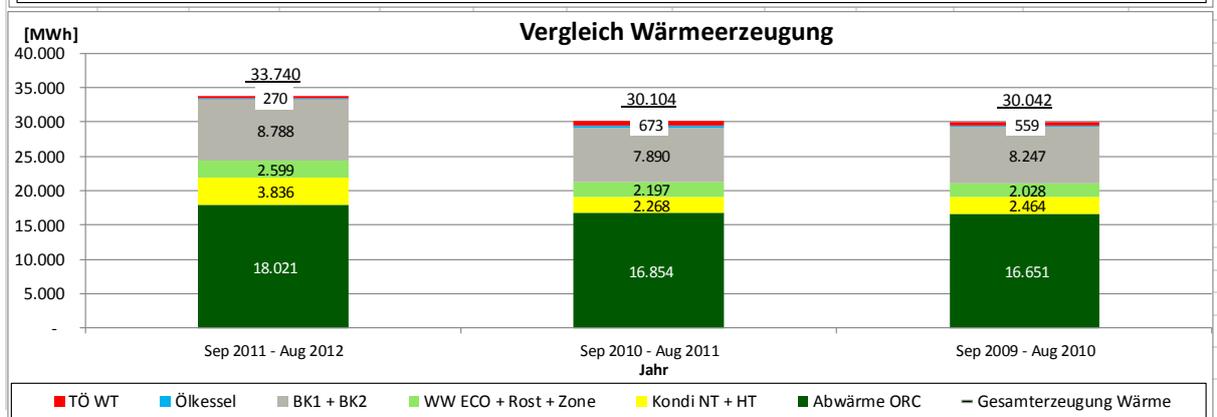
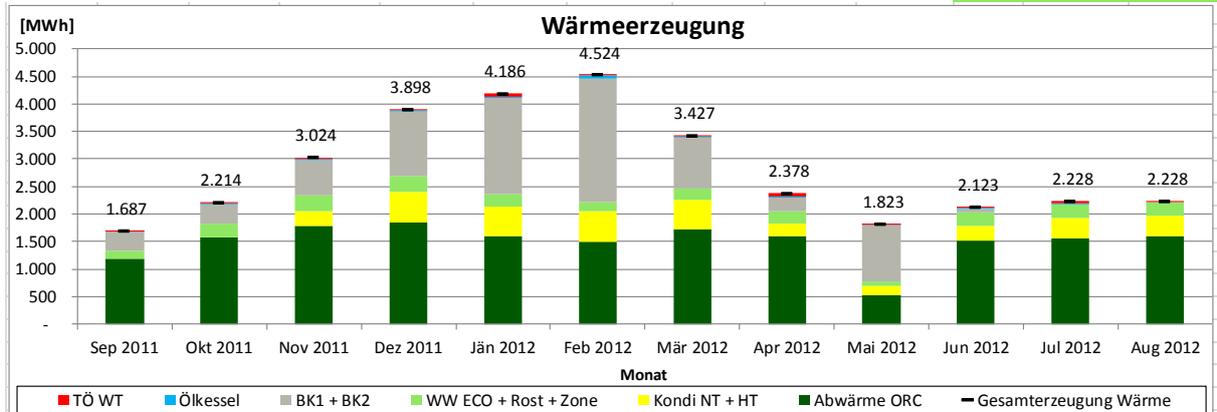
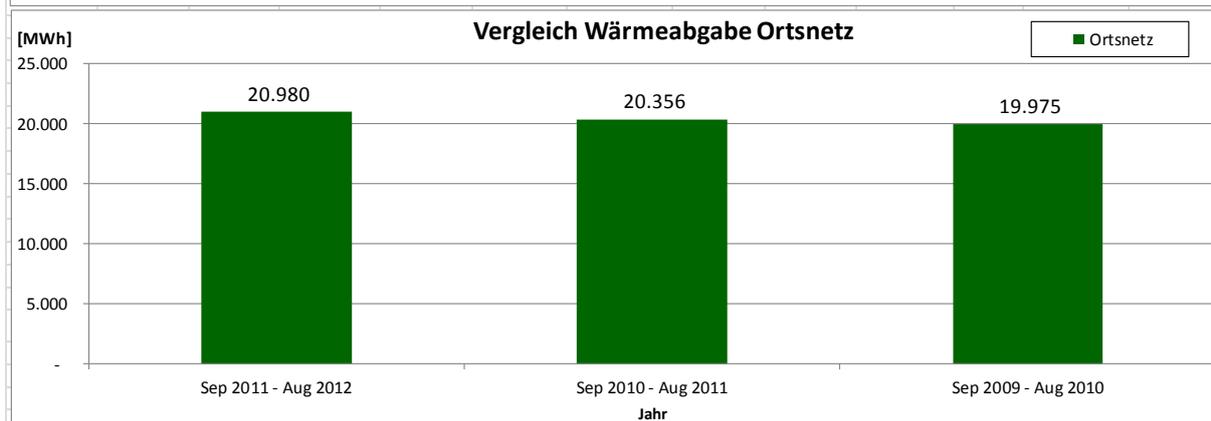
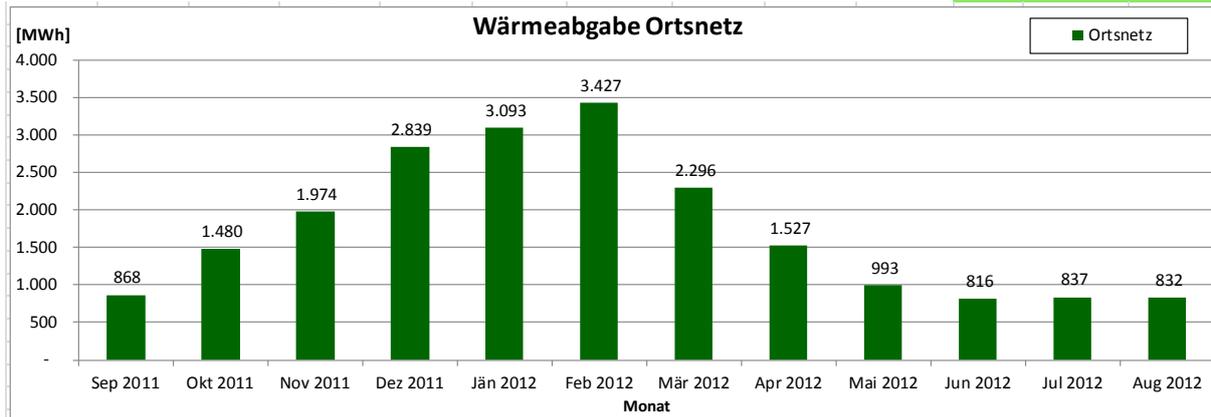


Abbildung 41: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Wärmeerzeugung (Quelle: Autor)

Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012

$\Sigma = 20.980 \text{ MWh}$



Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012

$\Sigma = 12.333 \text{ MWh}$

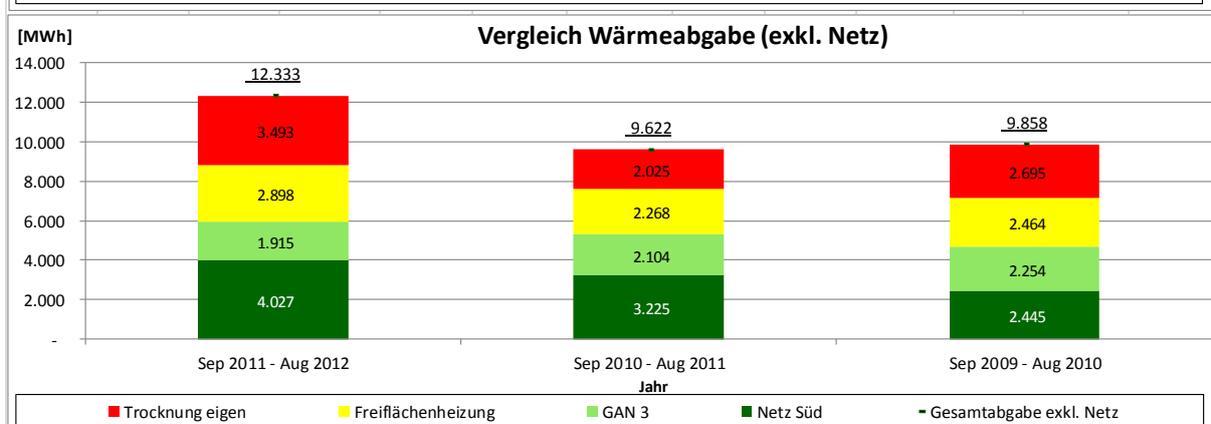
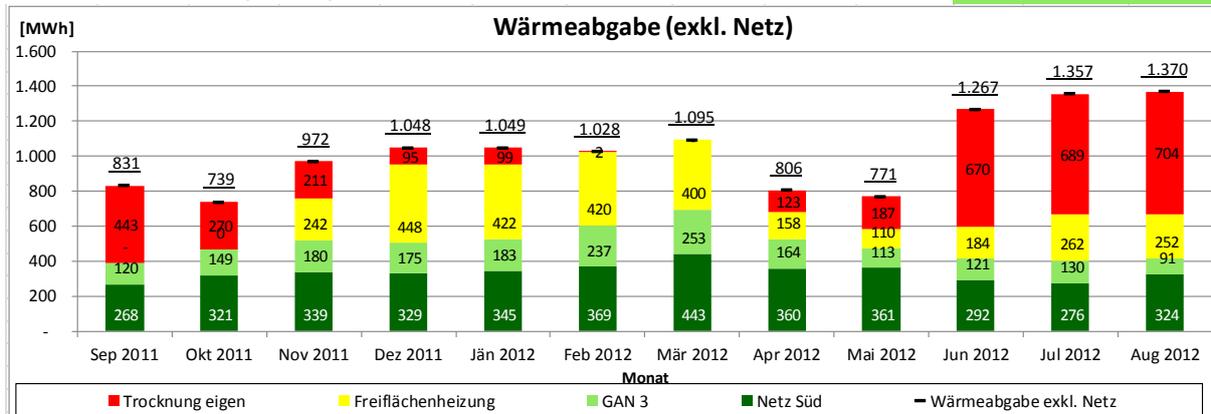
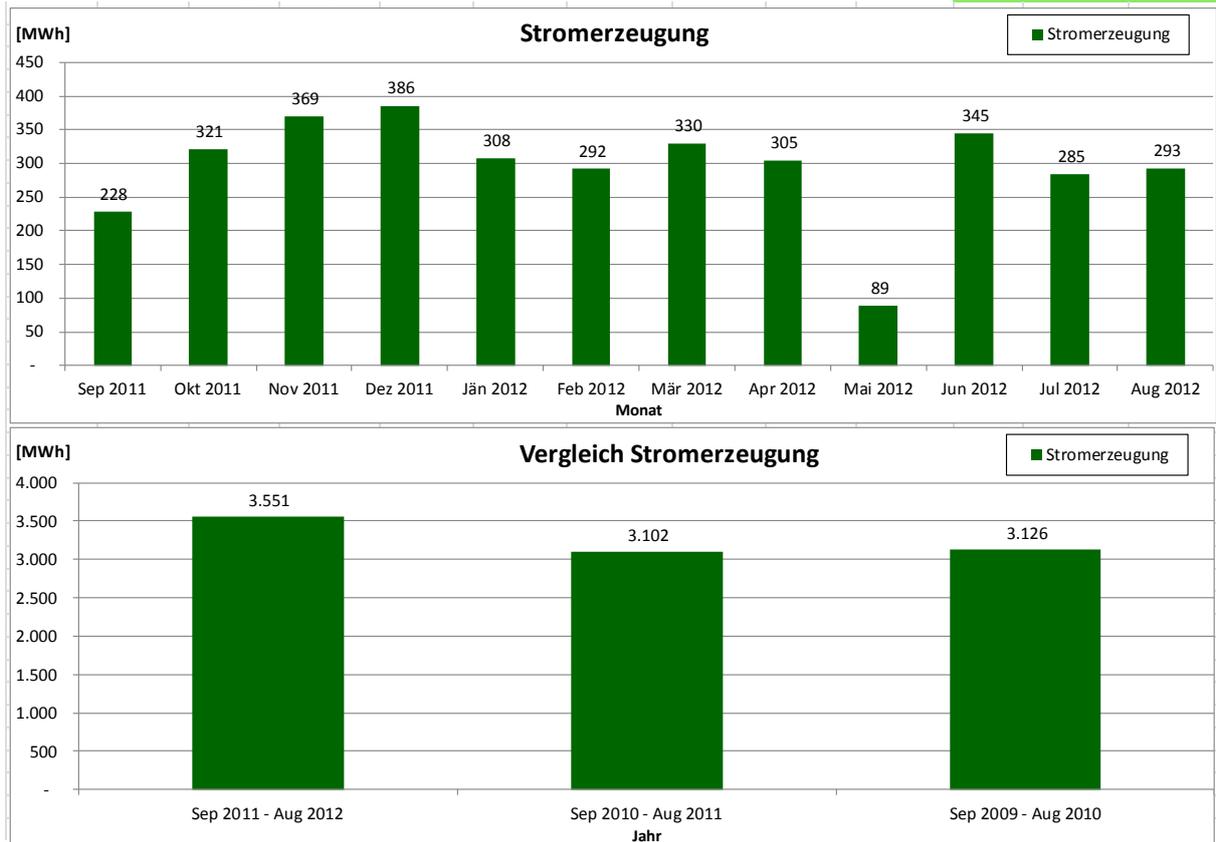


Abbildung 42: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Wärmeabgabe (Quelle: Autor)

Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012

$\Sigma = 3.551 \text{ MWh}$



Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012

$\Sigma = 1.746 \text{ MWh}$

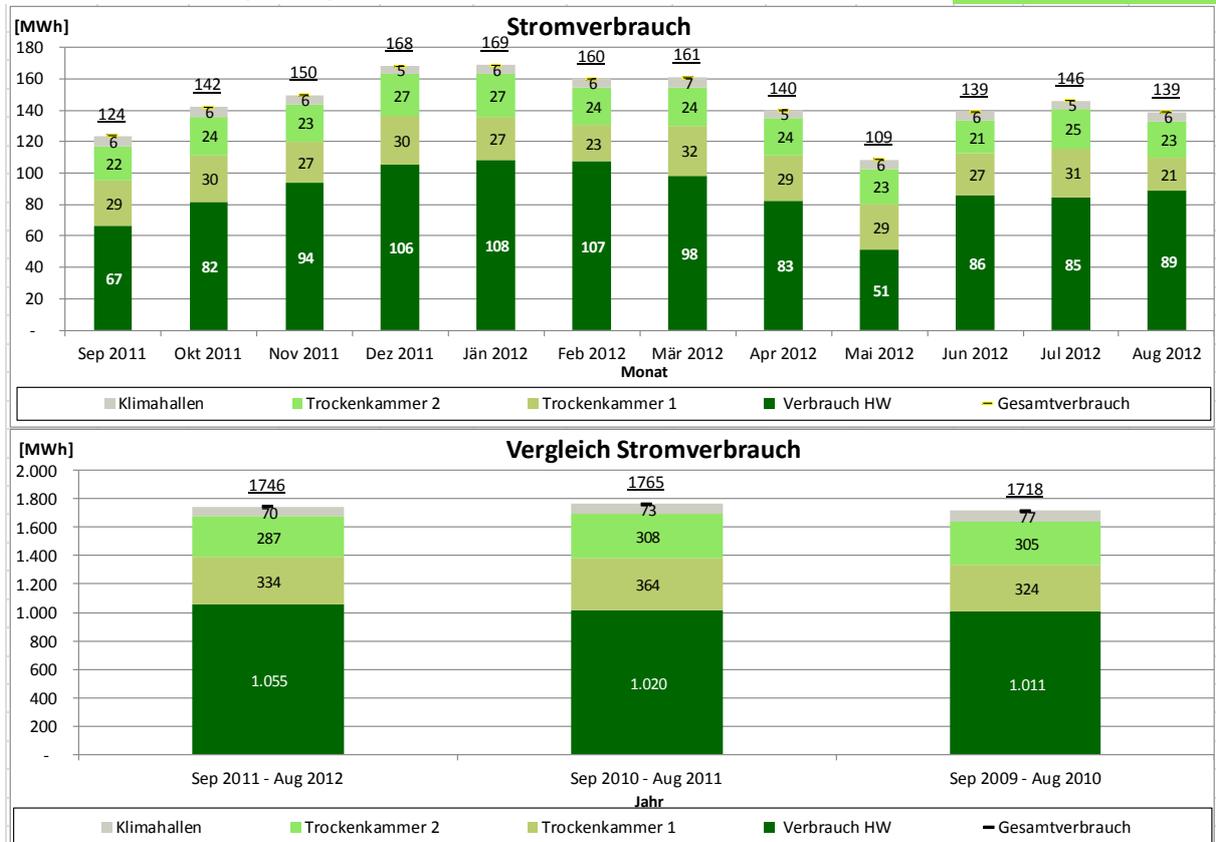
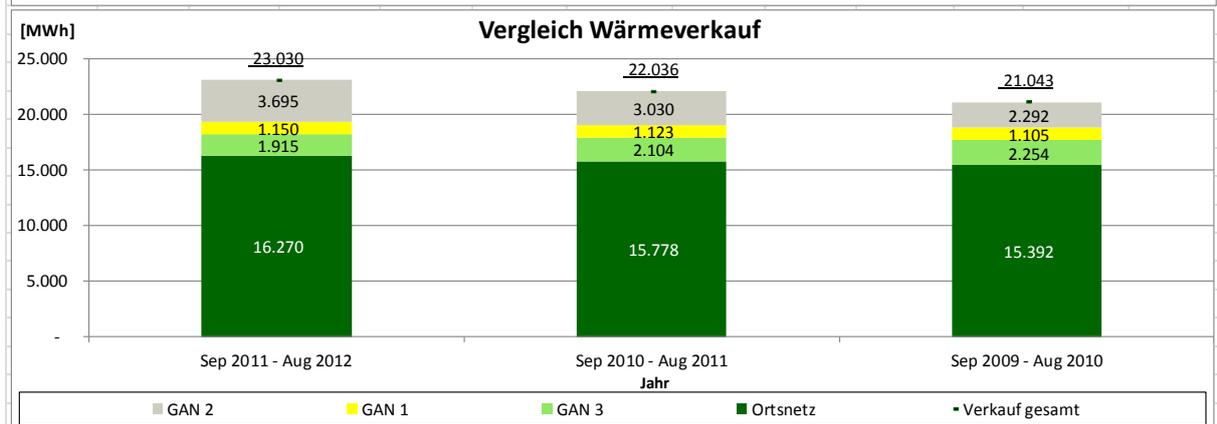
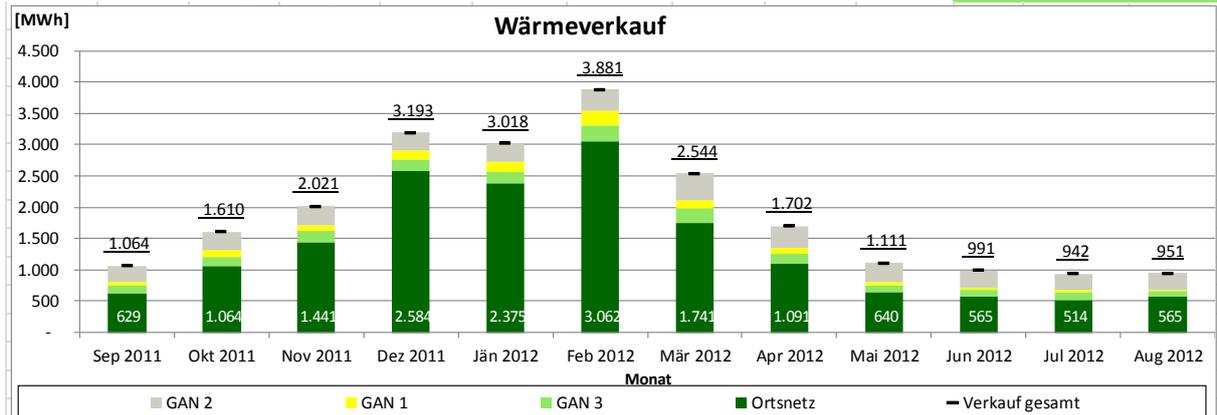


Abbildung 43: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Stromerzeugung und Stromverbrauch (Quelle: Autor)

Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012

$\Sigma = 23.030 \text{ MWh}$



Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012

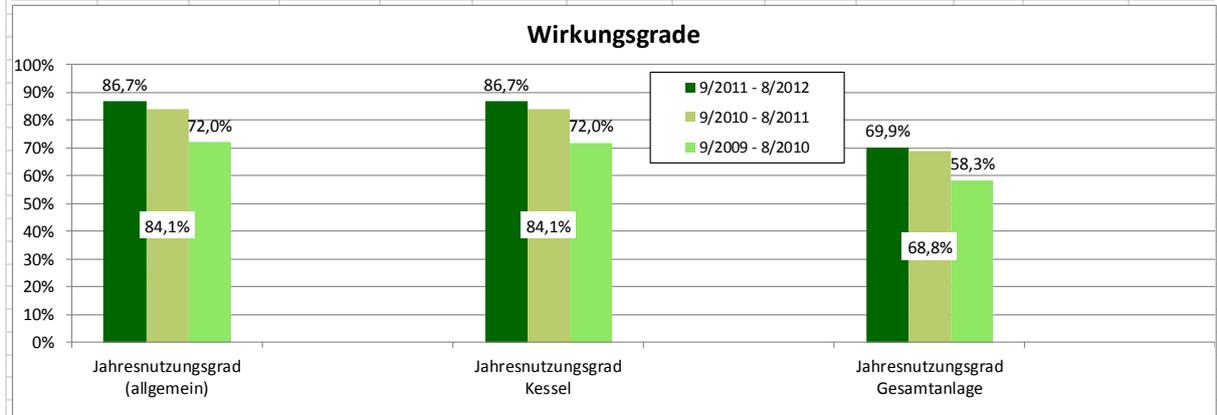
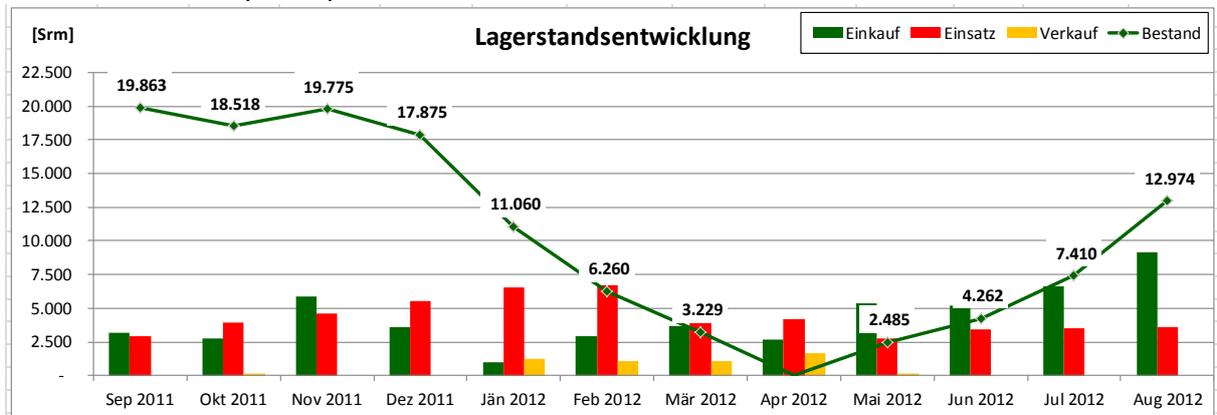
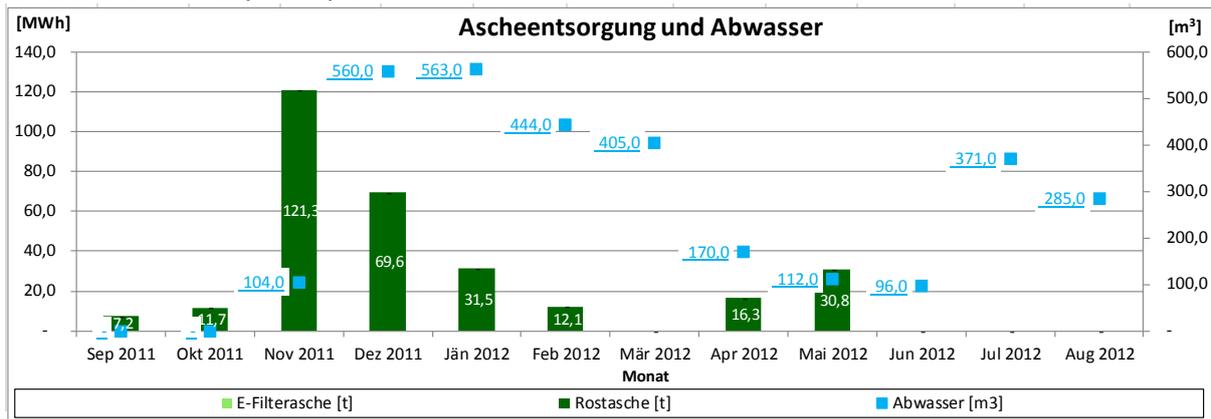


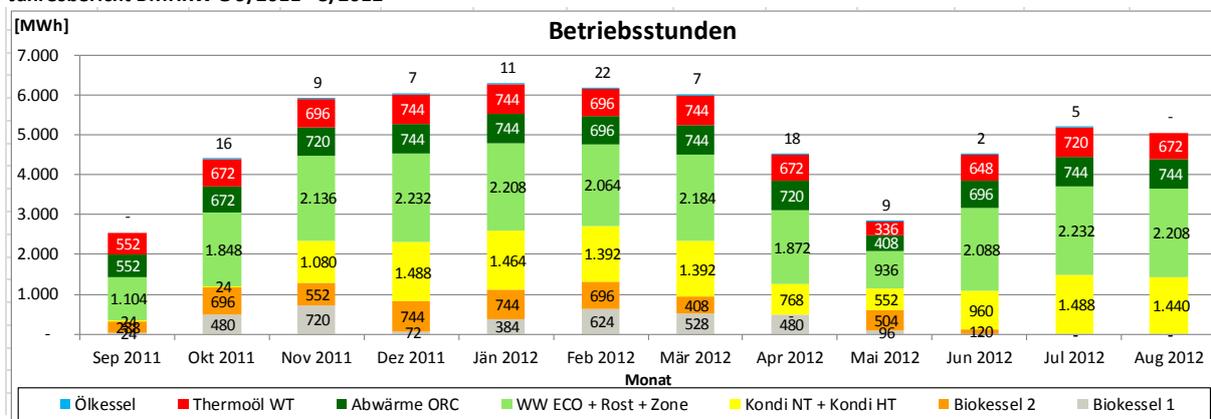
Abbildung 44: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Wärmeverkauf, Lagerstandsentwicklung und Wirkungsgrade (Quelle: Autor)

Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012



Monat	Rostasche [t]	E-Filterasche [t]	Abwasser [m3]
Sep 2011	7,2	-	-
Okt 2011	11,7	-	-
Nov 2011	121,3	-	104,0
Dez 2011	69,6	-	560,0
Jän 2012	31,5	-	563,0
Feb 2012	12,1	-	444,0
Mär 2012	-	-	405,0
Apr 2012	16,3	-	170,0
Mai 2012	30,8	-	112,0
Jun 2012	-	-	96,0
Jul 2012	-	-	371,0
Aug 2012	-	-	285,0
Summe	300,6	-	3.110,0

Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012



Betriebsstunden							
Monat	Biokessel 1	Biokessel 2	Kondi NT + Kondi HT	WW ECO + Rost + Zone	Abwärme ORC	Thermoöl WT	Ölkessel
Sep 2011	24	288	24	1.104	552	552	-
Okt 2011	480	696	24	1.848	672	672	16
Nov 2011	720	552	1.080	2.136	720	696	9
Dez 2011	72	744	1.488	2.232	744	744	7
Jän 2012	384	744	1.464	2.208	744	744	11
Feb 2012	624	696	1.392	2.064	696	696	22
Mär 2012	528	408	1.392	2.184	744	744	7
Apr 2012	480	-	768	1.872	720	672	18
Mai 2012	96	504	552	936	408	336	9
Jun 2012	-	120	960	2.088	696	648	2
Jul 2012	-	-	1.488	2.232	744	720	5
Aug 2012	-	-	1.440	2.208	744	672	-
Summe	3.408,0	4.752,0	12.072,0	23.112,0	8.184,0	7.896,0	105,9

Abbildung 45: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Ascheentsorgung, Abwasser und Betriebsstunden (Quelle: Autor)

Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012

Technische Kennzahlen (I)

Art der Kennzahl	Formel	Werte	Einheit	ÖKL Nr. 67 1999 ; 2009	9/2011 - 8/2012	9/2010 - 8/2011	9/2009 - 8/2010	Sys.analyse S. 255
Jahresnutzungsgrad (allgemein)	$\frac{\text{produzierte Gesamtenergie p.a.}}{\text{zugeführte Energie p.a.}}$	$\frac{37.291}{43.002}$	%	> 85%; > 80	86,7%	84,1%	72,0%	
Jahresnutzungsgrad Kessel	$\frac{\text{produzierte Energie Kessel p.a.}}{\text{zugeführte Brennstoffwärme (Hu) p.a.}}$	$\frac{37.065}{42.750}$	%	> 80%	86,7%	84,1%	72,0%	> 85%
Jahresnutzungsgrad Gesamtanlage	$\frac{\text{verkaufte Energie+Trocknung eigen p.a.}}{\text{Brennstoffeinsatz (Hu) p.a.}}$	$\frac{30.074}{43.002}$	%	> 75%	69,9%	68,8%	58,3%	
Kesselvolllaststunden	$\frac{\text{produzierte Energie Kesselanlage p.a.}}{\text{Kesselennennleistung}}$	$\frac{33.514}{8,1}$	h/a	> 3000	4.138	3.689	3.697	
spezifischer Stromverbrauch	$\frac{\text{elektr. Stromverbrauch Heizwerk p.a.}}{\text{produzierte Gesamtenergie p.a.}}$	$\frac{1.054.524}{37.291}$	kWh/MWh	< 15 ; < 20	28,28	30,70	30,48	
Abnehmervollbezugsstunden	$\frac{\text{verkaufte Wärme Abnehmer p.a.}}{\text{Abnehmer Nennanschlussleistung}}$	$\frac{23.030}{17.907}$	h/a		1.286	1.231	1.175	> 1.500
mittlere Nennanschlussleistung	$\frac{\text{Abnehmer Nennanschlussleistung}}{\text{Abnehmeranzahl}}$	$\frac{17.907}{270}$	kW/Abn.		66,3	66,3	66,3	> 50
Netzbelegung (Abnehmerleistung)	$\frac{\text{Abnehmer Nennanschlussleistung}}{\text{Trassenlänge Netz}}$	$\frac{17.907}{13.980}$	kW/lfm		1,28	1,28	1,28	> 1,25
Wärmebelegung Netz (Anschlussdichte)	$\frac{\text{verkaufte Wärme Netz + Netz Süd p.a.}}{\text{Trassenlänge Netz}}$	$\frac{23.030}{13.980}$	MWh/lfm	> 1,2 ; > 1,5	1,65	1,58	1,51	
spezifischer Wärmeverlust Netz	$\frac{\text{Wärmeverluste Netz p.a.}}{\text{Trassenlänge Netz}}$	$\frac{11.282}{13.980}$	MWh/lfm		0,807	0,695	0,588	< 0,3
Jahresnutzungsgrad Netz	$\frac{\text{verkaufte Wärme Abnehmer p.a.}}{\text{Wärmeabgabe Abnehmer}}$	$\frac{23.030}{26.922}$	%	> 75% ;	85,5%	85,8%	85,3%	
Wirkungsgrad Netz	$\frac{\text{verkaufte Wärme Netz}}{\text{Wärmeabgabe Netz}}$	$\frac{17.420}{20.980}$	%	> 75% ; > 76%	83,0%	83,0%	82,6%	
ORC Wirkungsgrad	$\frac{\text{Stromerzeugung}}{\text{Abwärme ORC}}$	$\frac{3.551}{18.021}$	%		19,7%	18,4%	18,8%	
Wirkungsgrad Öl	$\frac{\text{Energieerz. aus Öl}}{\text{Öleinsatz}}$	$\frac{226}{252}$	%		89,5%	90,9%	90,9%	

Jahresbericht BMHKW G 9/2011 - 8/2012

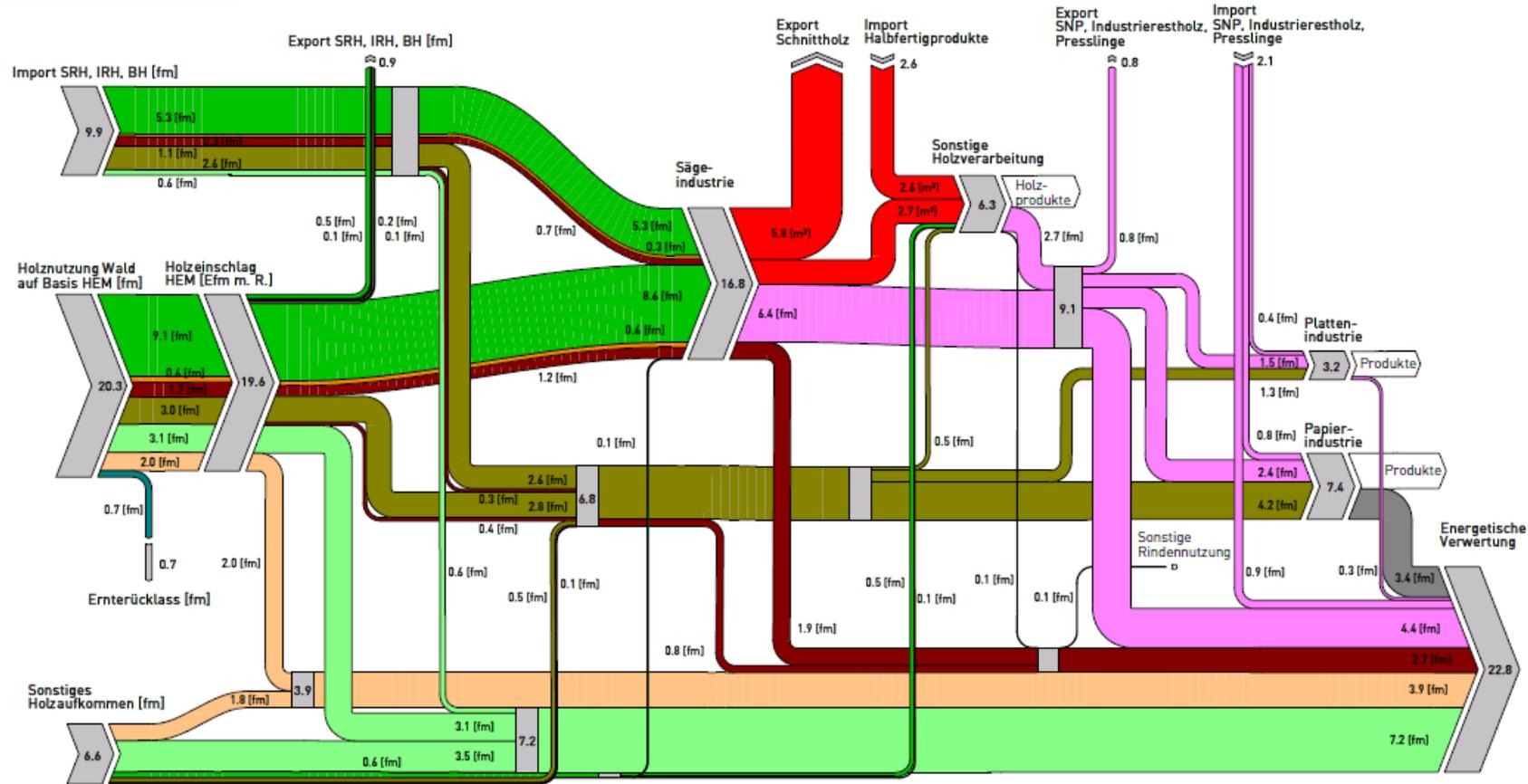
Technische Kennzahlen (II)

Art der Kennzahl	Formel	Werte	Einheit	ÖKL Nr. 67 1999 ; 2009	9/2011 - 8/2012	9/2010 - 8/2011	9/2009 - 8/2010	Sys.analyse S. 255
Gleichzeitigkeitsfaktor	$\frac{\text{effektive Wärmehöchstlast FW-Netz}}{\text{Abnehmer Nennanschlussleistung}}$	$\frac{12.300}{17.907}$			0,69	0,69	0,69	0,60
spezifische Lagerkapazität	$\frac{\text{Brennstoff-Lagerkapazität [m}^3\text{]}}{\text{Jahres Brennstoffverbrauch [m}^3\text{]}}$	$\frac{12.000}{53.438}$	%	< 10% ;	22%	24%	21%	< 5%
spezifische Investitionskosten (Abnehmer)	$\frac{\text{Investitionskosten Gesamtanlage}}{\text{Abnehmer Nennanschlussleistung}}$	$\frac{13.000.000}{17.907}$	€/kW	< 519	726	726	726	
spezifische Investitionskosten (Energie)	$\frac{\text{Investitionskosten Gesamtanlage}}{\text{verkaufte Energie}}$	$\frac{13.000.000}{26.581.240}$	€/kWh		0,49	0,52	0,54	
spezifische Investitionskosten (Kessel)	$\frac{\text{Investitionskosten Gesamtanlage}}{\text{Nennleistung Biomassekessel}}$	$\frac{13.000.000}{8.100}$	€/kW		1.605	1.605	1.605	
spezifische Investitionskosten (Netz) **	$\frac{\text{Investitionskosten Netz}}{\text{verkaufte Wärmemenge p.a.}}$	$\frac{0}{23.030}$	€/MWh	< 241	0,00	0,00	0,00	
Wärmeerzeugungskosten	$\frac{\text{(Kapitalkosten + Auszahlungen) p.a.}}{\text{verkaufte Energie p.a.}}$	$\frac{1.788.738}{26.581}$	€/MWh		67,29	64,68	67,71	
mittlerer Wärmeverkaufspreis	$\frac{\text{Einzahlungen Wärmeverkauf p.a.}}{\text{verkaufte Wärmemenge p.a.}}$	$\frac{1.797.823}{23.030}$	€/MWh		78,07	73,52	70,46	
Brennstoffpreis	$\frac{\text{Ausgaben Brennstoff p.a.}}{\text{zugeführte Brennstoffwärme (Hu) p.a.}}$	$\frac{903.363}{42.750}$	€/MWh	; 22	21,13	21,87	19,08	
Energieinhalt Erzeugung	$\frac{\text{prod. Energie Kessel}}{\text{Srm Einsatz}}$	$\frac{37.065.460}{53.438}$	kWh/Srm		694	673	576	
Nutzenergie Verkauf	$\frac{\text{verkaufte Energie}}{\text{Srm Einsatz}}$	$\frac{26.581.240}{53.438}$	kWh/Srm		497	513	421	
Stromaufwand pro verkaufter MWh	$\frac{\text{Stromaufwand Heizwerk [kWh]}}{\text{verkaufte Energie [MWh]}}$	$\frac{1.054.524}{26.581}$	kWh/MWh		39,67	40,56	0,00	

Abbildung 47: Jahresbericht Heizkraftwerk G - Technische Kennzahlen (Quelle: Autor)



Holzströme in Österreich 2009



LEGENDE [Alle Werte in Mio. Erntefestmeter [Efm], Festmeter [fm], Kubikmeter [m³] angegeben; Ströme < 0.1 Mio. fm sind nicht dargestellt]

- Sägerundholz (SRH) ■ Industrierundholz (IRH) ■ Brennholz (BH) m. R. ■ Ernterücklass ■ Rinde ■ Sägebenebenprodukte (SNP), Industriestholz, Presslinge
- Kapp- u. Manipulationsholz, Rundungsabgleich ■ Hackgut ■ Lauge ■ Schnittholz und Halbfertigprodukte

Stand: November 2011

Das Diagramm wurde auf Basis des aktuellen Informations- und Erkenntnisstandes nach bestem Wissen und Gewissen erstellt, Fehler können aber dennoch nicht ausgeschlossen werden. Die Autoren übernehmen keine Haftung und behalten sich vor, neue Erkenntnisse einzuarbeiten.
 Erstellt von Bernhard Lang, Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency, DI Kasimir Nemesothy, Landwirtschaftskammer Österreich
 Copyright: klima:aktiv energieholz / Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency, FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier

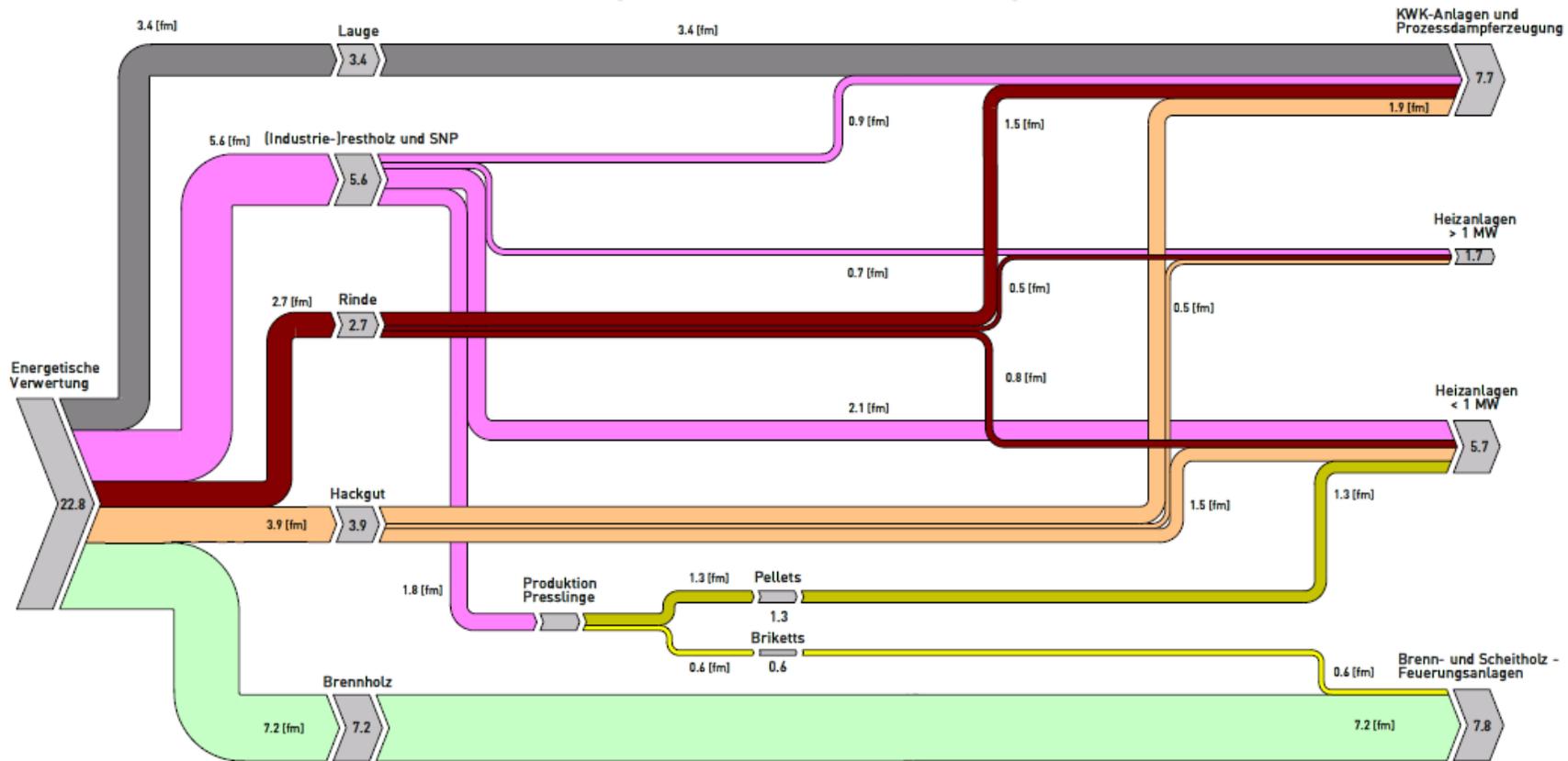


Abbildung 48: Holzströme in Österreich 2009 (Quelle: klima:aktiv)



Holzströme in Österreich 2009

Energetische Verwertung



LEGENDE (Alle Werte in Mio. [Efm], [fm], [m³] angegeben; Ströme < 0.1 Mio. fm sind nicht dargestellt)

- Lauge ■ Briketts ■ Pellets ■ Brennholz m. R.
- Rinde ■ Hackgut ■ (Industrie-)restholz und Sägenebenprodukte (SNP)

Stand: November 2011

Das Diagramm wurde auf Basis des aktuellen Informations- und Erkenntnisstandes nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Fehler können aber dennoch nicht ausgeschlossen werden. Die Autoren übernehmen keine Haftung und behalten sich vor, neue Erkenntnisse einzuarbeiten.
 Erstellt von Bernhard Lang, Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency, DI Kasimir Nemestothy, Landwirtschaftskammer Österreich
 Copyright: klima:aktiv energieholz / Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency, FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier



Abbildung 49: Holzströme in Österreich 2009 - Energetische Verwertung (Quelle: klima:aktiv)

Anonymisierte Betriebsdaten beispielhafter Biomassenahwärmelanlagen

Auswertung qm heizwerke Datebank am 28.11.2012 (Alexandra Malik)

	Projekt 1	Projekt 2	Projekt 3	Projekt 4	Projekt 5	Projekt 6	Projekt 7
Allgemeines							
Baubeginn	2009	2009/2010	2008/2009	2007/2008	2007/2008	2007/2008	2008/2009
Ausstattung Kesselhaus	Biomassekessel 600 kW, 48 m ³ Speicher, 2 Ölkessel á 200 kW, Multizyklon	Biomassekessel 900 kW, 47 m ³ Speicher, Ölkessel 1750 kW	Biomassekessel 800 kW, Biomassekessel 870 kW Multizyklon, , Speicher 30 m ³	Biomassekessel (1 MW), Speicher 45 m ³	Biomassekessel (1 MW), Biomassekessel (2,5MW), Rauchgaskondensator (600kW), Ölkessel (4,8 MW), E-Filter	Biomassekessel (800 kW), Speicher 27 m ³ , Multizyklon	2 Biomassekessel á 4 MW, Rauchgaskondensator 850 kW, Speicher 34 m ³
Abnehmer							
Anzahl der Abnehmer	37	41	18	38	192	55	39
Anschlussleistung Abnehmer [kW]	1302	2204	2100	2360	8250	1874	12563
verkaufte Wärmemenge [MWh/a]	1950	2460	2854	1999	13925	1767	14553
erzeugte Wärmemenge							
Kessel 1 [MWh/a]	Biomassekessel (600 kW): 2100	Biomassekessel (900 kW): 2831	Biomassekessel (800 kW): 2400	Biomassekessel (1 MW): 2566	BM (1MW): 3653	BM (800 kW): 2411	BM (4 MW): 7814
Kessel 2 [MWh/a]	Ölkessel 1 (200 kW): 50	Ölkessel (1750 kW): 64	Biomassekessel (870 kW): 1315	-	BM (2,5 MW): 10760	-	BMK (4MW): 8930
Kessel 3 [MWh/a]	Ölkessel 2 (200 kW): 50	-	-	-	RG (600kW): 1792	-	Rauchgaskondensator: 663
Kessel 4 [MWh/a]	-	-	-	-	Ölkessel (4,8MW): 60	-	-
Stromverbrauch							
Gesamtanlage[kWh/a]	30896	-	47563	39280	295120	27849	338846
Netzpumpe [kWh/a]	-	16150	24560	-	75927	5508	-
Kessel [kWh/a]	-	32960	23003	-	131665	22341	-
E-Filter [kWh/a]	-	-	-	-	42287	-	-
Stromkosten [€/kWh]	0,15	0,15	0,15	0,14	0,13	0,16	0,18
Investitionskosten [€] - Netto							
Hochbau (inkl. Lager)	297.290 €	348.400 €	377.090 €	260.000 €	1.405.000 €	305.990 €	563.000 €
Wärmeerzeugung	158.440 €	260.200 €	559.370 €	270.000 €	718.000 €	157.860 €	1.174.430 €

Netz	510.400 €	663.600 €	685.650 €	484.500 €	2.900.000 €	856.980 €	2.996.460 €
Übergabestation	117.650 €	169.900 €	118.060 €	154.500 €	760.525 €	159.670 €	181.380 €
Hydraulik, Elektroinstallation, MSR	209.340 €	277.200 €	163.730 €	195.000 €	430.200 €	113.440 €	448.550 €
Planung, QM Kosten	42.980 €	77.200 €	32.940 €	116.000 €	318.245 €	38.824 €	486.760 €
Sonstige Kosten	74.630 €	0 €	0 €	20.000 €	192.100 €	0 €	141.880 €

Brennstoffeinsatz Biomasse

Art	Waldhackgut (P45, W50, vorwiegend Weichholz)	Waldhackgut und Sägerestholz (P100, W50)	Waldhackgut und Sägerestholz (P45, W50)	Waldhackgut Weichholz (P45, W35) vorwiegend Weichholz	Wald- und Sägerestholz: zu 50% P100, W50; zu 50% P45, W50	Waldhackgut Weichholz (P45, W35) vorwiegend Weichholz	Waldhackgut (P45, W35), 50% HH, 50% WH
Menge [Srm/a]	3000	5601	5800	3350 17 für WH, 22 für HH	14338 (Waldhackgut WH), 7200 (Sägenebenprodukte) 17 für WH, 14 Sägenebenpr.	?	29319
Preis [€/Srm]	15	16,5	18			15	15,8

Brennstoffeinsatz fossil

Art	Heizöl	Heizöl	-	-	Heizöl	-	-
Menge [Srm/a]	1100 Liter	7943 Liter	-	-	7500 Liter	-	-
Preis	0,7 €/Liter	0,6 €/Liter	-	-	0,52 €/l	-	-

Wärmepreise (im Mittel über alle Kunden) - Netto

Grundpreis [€/kW]	14	20	23,7	20	12	19	26
Messpreis [€/a]	100	104,8	160	130	75	96	250
Arbeitspreis [€/kWh]	58	60	64	59,4	56	50	53,3
durchschnittlicher Wärmepreis [€/MWh]	68,7	75,61	76	71	61,1	66,67	64,04

Wärmenetz

Trassenlänge [m]	2277	3441	2509	3073	10585	3354	7514
eingespeiste Wärmemenge [MWh/a]	2200	3571	3436	2467	16260	2411	16557

andere Kosten

Personalkosten	7,7 €/MWh verkauft	2 €/MWh verkauft	1,5 €/MWh verkauft	2 €/MWh verkauft	1,74 €/MWh verkauft	1 €/MWh verkauft	4,2 €/MWh verkauft
Jährlicher Anteil sonstiger Kosten in % der Gesamtinvestitionen (z.B. Versicherungen)	0,5%/a	0,2%/a	0,2%/a	0,2%/a	0,58%/a	0,2%/a	0,5%/a

Tabelle 18: Anonymisiert Betriebsdaten beispielhafter Biomassenahwärmeeanlagen (Quelle: LEV)