

Standorte der Holzwirtschaft
Holzrohstoffmonitoring

**Holzverwendung in
Müllverbrennungsanlagen,
Kohlekraftwerken und
Zementwerken im Jahr 2010**

**Udo Mantau
Dominik Jochem**



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

Zentrum Holzwirtschaft
Arbeitsbereich: Ökonomie der
Holz- und Forstwirtschaft

Juni 2012

Zitierweise:

MANTAU, U.; JOCHEM, D.: Standorte der Holzwirtschaft - Holzrohstoffmonitoring. Holzverwendung in Müllverbrennungsanlagen, Kohlekraftwerken und Zementwerken im Jahr 2010. Abschlussbericht. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft. Hamburg, 2012.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Zusammenfassung	4
3	Studie Müllverbrennungsanlagen	6
3.1	Durchführung der Datenerhebung	6
3.1.1	Vorbereitung und Durchführung der Befragung	6
3.1.2	Durchführung und Ergebnisse der Befragung	6
3.2	Erfasste Menge und Hochrechnung	7
3.3	Struktur und Holzverwertung in Müllverbrennungsanlagen	9
3.3.1	Holzverwertung nach Betriebsgrößenklassen	9
3.3.2	Struktur der Müllverbrennungsanlagen	10
3.4	Ersatzbrennstoff-Kraftwerke (EBS)	11
4	Studie Kohlekraftwerke	12
4.1	Durchführung der Datenerhebung	12
4.1.1	Vorbereitung und Durchführung der Befragung	12
4.1.2	Durchführung und Ergebnisse der Befragung	12
4.2	Erfasste Menge und Hochrechnung	13
4.3	Struktur der erfassten Kohlekraftwerke	15
5	Studie Zementklinkerwerke	17
5.1	Durchführung der Datenerhebung	17
5.1.1	Vorbereitung und Durchführung der Befragung	17
5.1.2	Durchführung und Ergebnisse der Befragung	17
5.2	Erfasste Menge und Hochrechnung	19
5.3	Struktur der erfassten Zementklinkerwerke	20
6	Literaturverzeichnis	22
7	Tabellenverzeichnis	23

1 Einführung

Der Rohstoff Holz wird immer begehrter. So wurden jüngst Pläne laut, die eine Umrüstung von Kohlekraftwerken zu Biomasseheizkraftwerken erwarten lassen. Die Bundesregierung plant vorerst keine Förderung von Biomasse-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken (EUWID 23/33.2011). Anfang Januar 2012 zieht RWE Anträge auf mehr Mitverbrennung zurück. Die niedrigen Preise für CO₂-Zertifikate und die steigenden Ersatzbrennstoffe legen den Schritt nahe (EUWID 9.2012). Diese Meldungen zeigen, dass an den Rändern des Holzmarktes neue, potenzielle Akteure jederzeit auftreten können. Im Rahmen des Rohstoffmonitorings sollen mit dieser Studie einige Verwendungssektoren erfasst werden, in denen Holz als Brennstoff eingesetzt sein könnte.

Zu den potenziellen Nutzern gehören auch Zementklinkerwerken, die Sekundärbrennstoffe (z.B. Altholz, Reifen, Altöl, Industrie- und Gewerbeabfälle, Tiermehle und -fette, Lösungsmittel und Klärschlämme) nutzen. Die Zementindustrie verarbeitet bereits Deinking-Rückstände, Faserfangstoffe, Schlämme im Umfang von etwa 133.000 (2010, Oerter, vdz), so dass eine erste Vernetzung zum Holzmarkt gegeben ist.

Der Sektor der Müllverbrennungsanlagen ist insofern von Interesse, da Holz immer noch ein Bestandteil des Abfalls ist. Da die eingebrachte Holzmenge die im Entsorgungssystem erfasste Holzmenge deutlich übersteigt, kann diese Studie Aufschluss über den Verbleib des Holzes geben.

Für diesen Sektor liegen keine Daten aus der amtlichen Statistik vor. Diese Studie soll die Relevanz für den Holzverbrauch näher bestimmen.

Die Studie ist eingegliedert in das Projekt „Standorte der Holzwirtschaft - Holzrohstoffmonitoring“ zur Erfassung der Holzrohstoffströme in Deutschland. Folgende Verbände haben sich an der Finanzierung des Projektes beteiligt:

- Arbeitsgemeinschaft Rohholzverbraucher e. V. (AGR)
- Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. (BDH)
- Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e. V. (BAV)
- Bundesverband Säge- und Holzindustrie Deutschland e. V. (BSHD)
- Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e. V. (DEPV)
- Gesamtverband Deutscher Holzhandel e. V. (GD-Holz)
- Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e. V. (HKI)
- Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e. V. (VHI)
- Verband der Deutschen Säge- und Holzindustrie e. V. (VDS)
- Verband Deutscher Papierfabriken e. V. (VDP)

Zudem hat sich der Bund über das Johann Heinrich von Thünen-Institut im Rahmen der Charta für Holz finanziell an dem Projekt beteiligt.

Lesehinweis: Die relevanten Ergebnisse zum Holzverbrauch finden sich in der Zusammenfassung (S. 4 und 5). Leser mit größerem Interesse an den jeweiligen Bereichen finden vertiefende Informationen in den Kapiteln 3 (Müllverbrennungsanlagen), 4 (Kohlekraftwerke) und 5 (Zementindustrie).

2 Zusammenfassung

Die Befragungen der Müllverbrennungsbetriebe, der Kohlekraftwerke und der Zementklinkerwerke führten jeweils zu sehr hohen Rücklaufquoten (vgl. Tabelle 1). Der Rücklauf bei den Müllverbrennungsanlagen liegt mit 78,4 % am höchsten, gefolgt von den Zementklinkerwerken mit einer Quote von 77,1 %. Bei den Kohlekraftwerken konnte eine Rücklaufquote von 70,6 % erreicht werden.

Tabelle 1 Erfasste Betriebe und Rücklaufquote

	Betriebe		Quote [%]	%
	nach Statistik	erfasst		
	N	N		
MVA	74	58	78,4	
KKW	68	48	70,6	
ZKW	35	27	77,1	

(MVA - Müllverbrennungsanlagen / KKW - Kohlekraftwerke / ZKW - Zementklinkerwerke)

Quelle: Angaben in den jeweiligen Teilbereichen

Tabelle 2 zeigt die jeweils durch die Befragung erfassten Kapazitäten im Verhältnis zu den nach amtlichen Statistiken bekannten Kapazitäten der jeweiligen Betriebsformen. Der Begriff Kapazität bezieht sich entsprechend der Ausrichtung der Anlage auf die Durchsatzmenge (MVA ohne EBS-Kraftwerke) oder die erzeugte Energie (KKW), bzw. die verbrauchte Energie (ZKW). Die Durchsatzmenge kann sowohl den Brennstoff als auch Abfälle beinhalten. Auf der Basis der bekannten Verhältnisse wurden jeweils Hochrechnungsfaktoren (HRF) gebildet.

Tabelle 2 Erfasste Kapazitäten und Hochrechnungsfaktoren

	Einheit	Kapazität		Quote [%]	HRF	%
		nach Statistik	erfasst			
MVA	[Mio. t]	18,854	15,903	84,3	1,186	
KKW	[MW]	65.800	41.264	62,7	1,595	
ZKW	[Mio. GJ]	88	74	84,4	1,185	

(HRF - Hochrechnungsfaktor)

Quelle: Angaben in den jeweiligen Teilbereichen

Mit Hilfe der jeweiligen Hochrechnungsfaktoren wird von den erfassten Holzmen gen auf die gesamten Holzmen gen geschlossen (vgl. Tabelle 3). Bei den Müllverbrennungsanlagen (MVA) wurde insgesamt ein Holzvolumen von 1,358 Mio. m³ erfasst. Durch die Daten des Umweltbundesamtes bezüglich des Gesamtdurchsatzes an Müll in Müllverbrennungsanlagen 2010 konnte auf den Gesamtmarkt hochgerechnet werden. Bekannt ist ein Durchsatz von ca. 18,854 Mio. Tonnen im Jahr 2010. So ergibt sich ein Hochrechnungsfaktor von 1,186. Im Jahr 2010 wurde somit ein Holzvolumen von etwa 1,610 Mio. m³ in Müllverbrennungsanlagen mit verbrannt. Dies entspricht etwa 1,030 Mio. t. Der durchschnittliche Holzanteil am Durchsatz 2010 in Müllverbrennungsanlagen beträgt 5,8 %.

Tabelle 3 Erfasste Betriebe mit Holzeinsatz und Holzmen gen

	Betriebe		Anteil [%]	Holz		
	erfasst N	mit Holzeinsatz N		erfasst [m ³]	HRF	Volumen HR [m ³]
MVA	58	58	100,0	1.358.000	1,186	1.609.994
KKW	48	3	6,3	127.197	1,595	202.830
ZKW	27	1	3,7	12.660	1,185	15.002
Summe	133	62	46,6	1.497.857		1.827.826

In Kohlekraftwerken (KKW) konnte insgesamt eine Holzmenge von etwa 127.197 m³ erfasst werden, die als Brennstoff eingesetzt wurde. Die Daten des Umweltbundesamtes bezüglich der Gesamtleistung deutscher Kohlekraftwerke im Jahr 2010 lassen eine Hochrechnung auf den Gesamtmarkt zu. Jedoch zeigt sich, dass nur drei Betriebe Holz als Brennstoff einsetzen. Es liegt keine kontinuierliche Verteilung vor, sodass eine Hochrechnung mit hoher Unsicherheit belastet und nur mit Einschränkung gültig ist. Bekannt ist eine Gesamtleistung von ca. 65.800 MW im Jahr 2010. Mit dem errechneten Hochrechnungsfaktor von 1,595 errechnet sich für das Jahr 2010 eine Holzmenge von etwa 129.769 t. Dies entspricht einem Holzvolumen von ca. 202.830 m³.

In der Befragung der Zementklinkerwerke (ZKW) konnte insgesamt eine Holzmenge von 8.100 t erfasst werden. Die Daten des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. bezüglich des Gesamtenergiebedarfs 2010 in Zementwerken lassen grundsätzlich eine Hochrechnung zu. Jedoch zeigt sich, dass nur ein Betrieb Holz als Brennstoff einsetzt. Auch hier ist die Hochrechnung somit problematisch und nur mit Einschränkung gültig. Bekannt ist ein Energieverbrauch von 88 Mio. GJ im Jahr 2010. So ergibt sich ein Hochrechnungsfaktor von 1,185. Danach wurde im Jahr 2010 eine Holzmenge von etwa 9.600 t in Zementklinkerwerken verbrannt.

3 Studie Müllverbrennungsanlagen

3.1 Durchführung der Datenerhebung

In diesem Abschnitt erfolgt eine Darstellung der Feldarbeit. Dies ist für die methodische Bewertung, aber auch die Relevanz der berechneten Daten eine wichtige Beurteilungsgrundlage. Der vorrangig an den Ergebnissen orientierte Leser kann direkt zu Kapitel 3.2 übergehen.

3.1.1 Vorbereitung und Durchführung der Befragung

Als Grundlage der Datenerhebung dient die Adressdatenbank, die im Rahmen der vorherigen Untersuchungen erstellt wurde (Bleek 2009). Dieser Bestand wurde durch eine umfassende Recherche aktualisiert, um neue Marktteilnehmer und neue Betriebsstätten zu ermitteln. Dabei konnte die Umweltfirmen-Datenbank der Industrie- und Handelskammern (umfis) für eine Abfrage nach entsprechenden Firmen genutzt werden. Weiterhin wurde über das Internetangebot der zuständigen regionalen Behörden (meist Umweltbehörden) Adresslisten der ansässigen Müllverbrennungsanlagen bezogen. Als dritte Quelle wurden Mitgliederlisten von Verbänden der Entsorgungsindustrie mit den bereits recherchierten Adressen verglichen. Einige wenige Adressen konnten zusätzlich über weitere Recherchen im Internet und in Printmedien ermittelt werden. Die nachstehende Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die Quellen der Adressdatenbank zu Beginn der Untersuchung. Nach Abschluss der Adressrecherche standen somit insgesamt 74 Adressen zur Verfügung.

3.1.2 Durchführung und Ergebnisse der Befragung

Die schriftliche Befragung der recherchierten Firmen begann im Juni 2011. Im Juli wurde mit einem Erinnerungsschreiben bei den noch nicht antwortenden Firmen nachgefasst. Im Anschluss an die schriftliche Befragung wurden die nicht antwortenden Firmen mittels eines Telefondienstes kontaktiert und um telefonische Beantwortung des Fragebogens gebeten. Die telefonische Befragung begann Ende August 2011 und wurde bis Mitte September 2011 fortgeführt.

Durch die schriftliche Befragung konnten insgesamt 35 Müllverbrennungsanlagen erfasst werden. Nach Abschluss der schriftlichen Befragung lagen noch 39 unbeantwortete Fragebögen für die telefonische Befragung vor. Durch die telefonische Befragung konnten die restlichen 39 offenen Fragebögen voll erfasst werden. Eine Übersicht zum Rücklauf der gesamten Befragung zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Rücklaufübersicht der gesamten Befragung

Betriebsbestimmung der gesamten Befragung	Schriftlich	Telefonisch	Gesamt	Quote [%]
	Betriebe N	Betriebe N	Betriebe N	
MVA mit Daten	32	26	58	78,4
Keine Beteiligung an Studie	1	13	14	18,9
Betrieb still gelegt	0	0	0	0,0
nicht Zustellbar	1	0	1	1,4
Adressdoppel	0	0	0	0,0
sonstiges	1	0	1	1,4
Summe	35	39	74	100

Nach Abschluss der gesamten Befragung liegen 78,4 % oder 58 der befragten Müllverbrennungsbetriebe mit Daten vor.

3.2 Erfasste Menge und Hochrechnung

Die folgende Tabelle 5 zeigt die Durchsatzmengen der erfassten Betriebe. In der Summe konnte eine Durchsatzmenge von 15,9 Mio. t erfasst werden.

Tabelle 5 Durchsatzmengen der erfassten Betriebe

Größenklasse (Durchsatz 1000 t)	Betriebe		Durchsatz			%	□ Betriebe	■ Summe
	N	[%]	Summe [1000 t]	Mittel [1000 t]	Mittel [%]			
0-99	5	8,6	324	65	2,0			
100-199	15	25,9	2.163	144	13,6			
200-299	18	31,0	4.241	236	26,7			
300-399	7	12,1	2.293	328	14,4			
400-499	5	8,6	2.161	432	13,6			
500-599	4	6,9	2.090	523	13,1			
600-699	4	6,9	2.631	658	16,5			
Summe	58	100,0	15.903		100,0			

Durch die 58 Müllverbrennungsunternehmen, die Daten zur Verfügung stellten, konnte insgesamt ein Holzvolumen von 1,358 Mio. m³ erfasst werden (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6 Erfasste Betriebe und Mengen

Größenklasse (Durchsatz 1000 t)	Betriebe N	Holzeinsatz			Betriebe	
		Summe [1.000 t]	Summe * [1.000 m ³]	Mittel [1.000 m ³]	□ Betriebe	■ Durchschnittlicher Holzeinsatz [1000 m ³]
0-99	5	20,6	32,2	6,4		
100-199	15	143,1	223,6	14,9		
200-299	18	201,9	315,5	17,5		
300-399	7	145,6	227,5	32,5		
400-499	5	94,3	147,3	29,5		
500-599	4	125,5	196,1	49,0		
600-699	4	137,9	215,4	53,9		
Summe	58	868,9	1.357,7			

* Umrechnungsfaktor von [t] zu [m³] = 1,563

Anhand des bekannten Durchsatzes von 18,854 Mio. t im Jahr 2010 (UBA) können die erfassten Werte entsprechend hochgerechnet werden. Der Hochrechnungsfaktor beträgt somit: 1,186. Alternativ wurde ein Hochrechnungsfaktor nach der Anzahl der Adressen gebildet, der aber weniger zutreffen dürfte.

Tabelle 7 Hochrechnung der erfassten Werte

	HR Faktor	Holz	
		[1.000 t]	[1.000 m ³]
Erfasste Werte	1	869	1.358
HR (Basis bekannte Durchsatzmenge)	1,186	1.030	1.610
HR (Basis bekannte Adresszahl)	1,276	1.109	1.732

* Umrechnungsfaktor von [t] zu [m³] = 1,563

Ausgehend von der erfassten Menge kann angenommen werden, dass im Jahr 2010 eine Holzmenge von etwa 1,030 Mio. t in Müllverbrennungsanlagen verbrannt wurde. Ersatzbrennstoff-Kraftwerke sind dabei nicht berücksichtigt. Dies entspricht einem Holzvolumen von etwa 1,610 Mio. m³. Der durchschnittliche Holzanteil am Durchsatz 2010 beträgt 5,8 %.

3.3 Struktur und Holzverwertung in Müllverbrennungsanlagen

3.3.1 Holzverwertung nach Betriebsgrößenklassen

Bei der Betrachtung des prozentualen Holzanteils am Durchsatz der Müllverbrennungsanlagen 2010 gegliedert nach Größenklassen ergibt sich erwartungsgemäß, dass die Anteile relativ gleich sind. Der prozentuale Holzanteil am Durchsatz liegt im Durchschnitt bei 5,8 %.

Tabelle 8 Betriebsgrößenklasse in Bezug zum prozentualen Holzanteil am Durchsatz

Größenklasse (Durchsatz 1000 t)	Betriebe		Durchschnitt %- Holz	
	N	[%]	[%]	[%]
0-99	5	10,6	6,3	15,7
100-199	12	25,5	7,2	18,0
200-299	16	34,0	4,8	11,8
300-399	5	10,6	6,7	16,6
400-499	3	6,4	3,9	9,6
500-599	3	6,4	6,1	15,2
600-699	3	6,4	5,2	13,0
Summe	47	100,0	5,8	100,0

Bei der Gegenüberstellung von Betriebsgrößenklasse zur absolut eingesetzten Holzmenge zeigt sich wie erwartet, dass die eingesetzten absoluten Summen proportional zur Größenklasse steigen.

Tabelle 9 Betriebsgrößenklasse in Bezug zur absoluten Holzdurchsatzmenge

Größenklasse (Durchsatz 1000 t)	Betriebe		Durchschnitt m³ Holz	
	N	[%]	[1.000 m³]	[%]
0-99	5	10,6	6,4	3,1
100-199	12	25,5	15,9	7,6
200-299	16	34,0	17,4	8,4
300-399	5	10,6	35,5	17,1
400-499	3	6,4	26,6	12,8
500-599	3	6,4	51,4	24,7
600-699	3	6,4	54,9	26,4
Summe	47	100,0	22,9	100,0

3.3.2 Struktur der Müllverbrennungsanlagen

Die Anzahl der Beschäftigten wurde nur in der schriftlichen Befragung erfasst, sodass diese Angaben nur in sehr begrenzter Anzahl vorliegen. Aussagen in Bezug auf die Größenklassen sind deshalb nur bedingt möglich. Anhand der vorliegenden Daten kann jedoch angenommen werden, dass der durchschnittliche Durchsatz tendenziell zur Anzahl der Beschäftigten steigt.

Tabelle 10 Betriebsgrößenklasse in Bezug zum Durchsatz

Größenklasse	Betriebe		Durchsatz		%	□ Betriebe	■ Mittel				
	Anzahl	Beschäftigte	Mittel								
	N	[%]	[1.000 t]	[%]	0	10	20	30	40	50	60
0-50	6	18,8	239,2	16,3							
51-100	17	53,1	220,9	15,1							
101-150	5	15,6	367,2	25,0							
151-200	2	6,3	238,5	16,2							
201-250	2	6,3	402,0	27,4							
Summe	32	100,0	274,2	100,0							

Es wurde versucht die in der telefonischen Befragung fehlenden Angaben zur Mitarbeiterzahl durch berechnete zu ersetzen. Berechnungsgrundlage hierfür wäre das aus der schriftlichen Befragung bekannte Verhältnis von Mitarbeiterzahl zur Durchsatzmenge. Es zeigt sich jedoch, dass das Verhältnis von Mitarbeitern zur Durchsatzmenge große Unterschiede aufweist, so dass der Weg nicht weiter verfolgt wurde.

Die Durchsatzmenge der Müllverbrennungsanlagen hängt offensichtlich vom Baujahr ab. Sieht man von der ersten Anlage ab, so zeigt sich, dass der durchschnittliche Durchsatz pro Müllverbrennungsanlage mit dem Baujahr nach 1990 etwa 80.000 Tonnen unter dem durchschnittlichen Durchsatz der Müllverbrennungsanlagen mit einem Baujahr vor 1990 liegt (Tabelle 11).

Tabelle 11 Baujahr in Bezug auf Durchsatz

Baujahr	Betriebe		Durchsatz	Baujahr	Betriebe		Durchsatz
	N	[%]	Mittel		N	[%]	Mittel
			[1.000 t]				[1.000 t]
1950-1959	1	1,7	64	1960-1989	29	50,9	318
1960-1969	9	15,5	376	nach 1990	28	49,1	237
1970-1979	13	22,4	252	Summe	57	100,0	
1980-1989	7	12,1	364				
1990-1999	13	22,4	231				
2000-2009	15	25,9	241				
Summe	58	100,0					

3.4 Ersatzbrennstoff-Kraftwerke (EBS)

„Neben den klassischen Abfallverbrennungsanlagen (MVA) werden in Deutschland sogenannte Ersatzbrennstoff-Kraftwerke betrieben. Ersatzbrennstoffe (EBS) sind in der Regel mittel- bis hochkalorische Abfallfraktionen, die in vorgeschalteten Aufbereitungsanlagen behandelt und zu Einsatz als „Brennstoff“ konfektioniert werden. Derzeit sind 30 Anlagen mit einer mittleren Jahreskapazität von insgesamt ca. 4,5 Tg in Betrieb (Stand: Ende 2011). Weitere EBS-Kraftwerke befinden derzeit im Bau, so dass bis Ende 2012 voraussichtlich eine Jahreskapazität dieser Anlagen von etwa 5,4 Tg zur Verfügung stehen wird.“ (Umweltbundesamt 2012; Zugriff 13.06.2012)

EBS-Kraftwerke gingen in diese Untersuchung nicht mit ein. Im Jahr 2010 kamen Sie auf eine Kapazität von 3,833 Tg oder Mio. t_{utro} . Bei gleichem Altholzanteil wie in Müllverbrennungsanlagen (5,8%) entspräche dies einer Menge von 222.314 t_{utro} Altholz, die 2010 in EBS-Kraftwerken verbrannt wurden. Wegen der Vorsortierung erreichen Ersatzbrennstoffe nicht nur einen deutlich höher liegenden Heizwert, sondern es ist auch von einem deutlich höheren Altholzanteil gegenüber dem eingesetzten Brennstoff in MVA auszugehen.

Zu den eingesetzten Abfallarten gehören u.a. Holz (17 02 01) und gemischte Bau- und Abbruchabfälle, die keine gefährlichen Stoffe enthalten (17 09 04). BILITEWSKI (2010) geht für den Abfallschlüssel 170201 von 100% Holzanteil aus und für den Abfallschlüssel 170904 von 22,2% aus. „Der Sperrmüll wird unter der Abfallschlüsselnummer 20 03 07 separat geführt. Der Sperrmüll stellt ein Gemisch aus einer Vielzahl von Stoffen dar. Auf der Basis eigener Untersuchungen [INTECUS, 2004-08] sowie Literaturwerten [IFEU, 2007], [UBA, 2010] wurde ein durchschnittlicher Holzanteil im Sperrmüll von 43,8% ermittelt und für die Berechnungen zugrunde gelegt (MANTAU/BILITEWSKI 2010). Eine Untersuchungen (FUHRMANN/WAGNER 2005) im Raum Dresden kam auf Altholzanteilen im Sperrmüll, die über 50% liegen. Darüber hinaus bilden eine Vielzahl von gemischten Gewerbeabfällen die Rohstoffbasis für EBS, die sich nicht näher in Ihrer Zusammensetzung qualifizieren lassen.

Es spricht somit Vieles dafür, dass der Altholzanteil in EBS-Anlagen 10% übersteigt und damit im Jahr 2010 mindestens 0,4 Mio. t überschreitet und in der Tendenz steigend ist. Künftige Untersuchungen sollten dieses Segment in die Betrachtung mit einbeziehen.

4 Studie Kohlekraftwerke

4.1 Durchführung der Datenerhebung

In diesem Abschnitt erfolgt eine Darstellung der Feldarbeit. Dies ist für die methodische Bewertung, aber auch die Relevanz der berechneten Daten eine wichtige Beurteilungsgrundlage. Der vorrangig an den Ergebnissen orientierte Leser kann direkt zu Kapitel 4.2 übergehen.

4.1.1 Vorbereitung und Durchführung der Befragung

Als Grundlage der Datenerhebung dient die Adressdatenbank, die im Rahmen der vorherigen Untersuchungen erstellt wurde (Bleek 2009). Dieser Bestand wurde durch eine umfassende Recherche aktualisiert, um neue Marktteilnehmer und neue Betriebsstätten zu ermitteln. Weiterhin wurde über das Internetangebot der zuständigen regionalen Behörden (meist Umweltbehörden) Adresslisten der ansässigen Kohlekraftwerke bezogen und mit dem Adressbestand aus vorherigen Untersuchungen abgeglichen. Einige weitere Adressen konnten zusätzlich über weitere Recherchen im Internet und in Printmedien ermittelt werden. Die nachstehende Tabelle 12 gibt eine Übersicht über die Quellen der Adressdatenbank zu Beginn der Untersuchung. Nach Abschluss der Adressrecherche standen somit insgesamt 78 Adressen zur Verfügung.

Tabelle 12: Adressquellen

Quelle	Anzahl	[%]
Adressbestand aus vorherigen Untersuchungen	59	75,6
Internet/Printmedien	19	24,3
Summe	78	100

4.1.2 Durchführung und Ergebnisse der Befragung

Die schriftliche Befragung der recherchierten Firmen begann im Juni 2011. Im Juli wurde mit einem Erinnerungsschreiben bei den noch nicht antwortenden Firmen nachgefasst. Im Anschluss an die schriftliche Befragung wurden die nicht antwortenden Firmen mittels eines Telefondienstes kontaktiert und um telefonische Beantwortung des Fragebogens gebeten. Die telefonische Befragung begann Ende August 2011 und wurde bis Mitte September 2011 fortgeführt.

Durch die schriftliche Befragung konnten insgesamt 32 Adressen erfasst werden. Da die Daten anonym erhoben wurden, kommt es in der telefonischen Nacherfassung teilweise zur doppelten Erfassung. Sofern es sich um ausgefüllte Fragebögen handelt, können diese durch einen Abgleich untereinander eindeutig den Kohlekraftwerken zugeordnet werden. Handelt es sich um Rückläufer ohne Daten, so ist eine eindeutige Zuordnung nicht mehr möglich. Eine Überprüfung der Daten zeigt, dass die erwähnten doppelten Erfassungen nicht bei den 48 Kohlekraftwerken anzusetzen sind. In der Summe inklusive doppelter Erfassung konnten durch die

telefonische Befragung weitere 50 Adressen befragt werden. Eine Übersicht zum Rücklauf der Befragung zeigt Tabelle 13.

Tabelle 13: Rücklaufübersicht der gesamten Befragung

Betriebsbestimmung der gesamten Befragung	Schriftlich Betriebe N	Telefonisch Betriebe N	Gesamt Betriebe N
Kohlekraftwerk	23	25	48
keine Antwortbereitschaft	-	7 *	7
Betrieb kein Kohlekraftwerk	2	2	4
nicht zustellbar/nicht erreicht	5	13 *	18
Adressdoppel	0	2	2
sonstiges	2	1 *	3
Summe	32	50	82

**doppelte Erfassung aus schriftlicher und telefonischer Befragung möglich*

Recherchen beim Umweltbundesamt haben ergeben, dass es in Deutschland 68 Kraftwerke mit dem Hauptbrennstoff Steinkohle oder Braunkohle gibt. Somit sind vermutlich 10 der 78 recherchierten Adressen nicht relevant. Durch die Befragung wurden 48 der 68 Kohlekraftwerke erfasst, was einer Erfassungsquote von ca. 70 % entspricht (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14 Erfassungsquote in Bezug zur Grundgesamtheit

	KKW*		%
	N	[%]	
erfasst	48	70,6	
nicht erfasst	20	29,4	
Grundgesamtheit (UBA)	68	100,0	

* Kohlekraftwerke

4.2 Erfasste Menge und Hochrechnung

In 48 Kohlekraftwerken konnte insgesamt eine Holzmenge von 81.380 t erfasst werden. Zur Berechnung des gesamten Holzaufkommens in Kohlekraftwerken in Deutschland müssen aus den zur Verfügung stehenden Angaben Schätzwerte abgeleitet werden und daraus das Verbrauchsvolumen berechnet werden.

Tabelle 15 Erfasste Betriebe, Leistung und Wirkungsgrad

		Leistung 2010 [MW]		WG*
		Summe	Mittel	[%]
schriftlich	23	18.221	801	37,1
telefonisch	25	23.043	922	38,6
Total	48	41.264	865	37,9

* Wirkungsgrad

Tabelle 15 zeigt, dass es bezüglich des Wirkungsgrades keinen wesentlichen Unterschied zwischen schriftlichem und telefonischem Rücklauf gibt. Somit muss in der Hochrechnung nicht weiter differenziert werden.

Tabelle 16 Erfasste Betriebe und Holzmenngen

	AS*	Betriebe mit Holzeinsatz	Altholz	Pellets	Sonst.
	[%]	[N]	[t]	[t]	[t]
schriftlich	3,13	2	80.000	1300	0
telefonisch	2,11	1	64	0	16
Total	2,71	3	80.064	1.300	16

* Anteil Sekundärbrennstoffe

Tabelle 16 zeigt, dass nur ein Bruchteil der Betriebe Holz als Sekundärbrennstoff einsetzen. Es liegt somit keine kontinuierliche Verteilung vor, sodass eine Hochrechnung problematisch ist und die folgende Hochrechnung nur mit Einschränkung gültig ist.

Es wurden zwei Hochrechnungen (HR) angefertigt. Eine anhand der bekannten Kapazität (bekannte Leistung der Kohlekraftwerke in Deutschland = 65.800 MW) und eine anhand der bekannten Adresszahl (68 nach Umweltbundesamt). Es ist anzunehmen, dass die Hochrechnung nach der Kapazität die zutreffendere ist, sodass diese in den folgenden Betrachtungen als Basis dient.

Tabelle 17 Hochrechnung der erfassten Werte

	HR Faktor	Altholz	Pellets	Sonst.	Summe	
		[t]	[t]	[t]	[t]	[m ³]*
Erfasste Werte	1	80.064	1.300	16	81.380	127.197
HR (Basis bekannte Kapazität)	1,595	127.671	2.073	26	129.769	202.830
HR (Basis bekannte Adresszahl)	1,417	113.424	1.842	23	115.288	180.196

* Umrechnungsfaktor 1,563

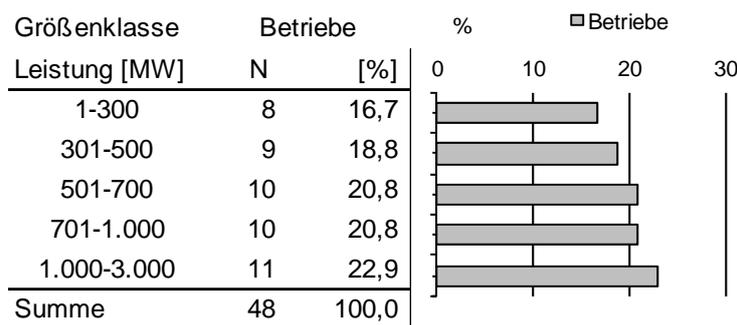
Nach der Hochrechnung auf Basis der Kapazität kann mit den erwähnten Einschränkungen angenommen werden, dass im Jahr 2010 in der Summe ein Holzvolumen zwischen 180.196 m³ und 202.830 m³ in Kohlekraftwerken verbrannt

wurde. Lediglich 3 der Kohlekraftwerke setzen Holz als Sekundärbrennstoff ein. Der Altholzanteil bei diesen Kraftwerken beträgt über 98 %. Der Einsatz von Holzpellets ist derzeit noch sehr gering.

4.3 Struktur der erfassten Kohlekraftwerke

Tabelle 18 zeigt eine Einteilung der erfassten Betriebe in verschiedene Größenklassen nach Leistung in MW.

Tabelle 18 Einteilung in Größenklassen (Leistung)



Bei der Betrachtung der durchschnittlichen Leistung (MW) im Bezug zur Betriebsgrößenklasse (Mitarbeiteranzahl), zeigt sich der zu erwartende Trend (vgl. Tabelle 18 und Tabelle 19). Die durchschnittliche Leistung steigt mit der Anzahl der Mitarbeiter.

Die Anzahl der Beschäftigten wurde nur in der schriftlichen Befragung erfasst, sodass diese Angaben nur in sehr begrenzter Anzahl vorliegen. Aussagen in Bezug auf die Größenklassen sind deshalb nur bedingt möglich.

Tabelle 19 Betriebsgrößenklasse in Bezug zur durchschnittlichen Leistung

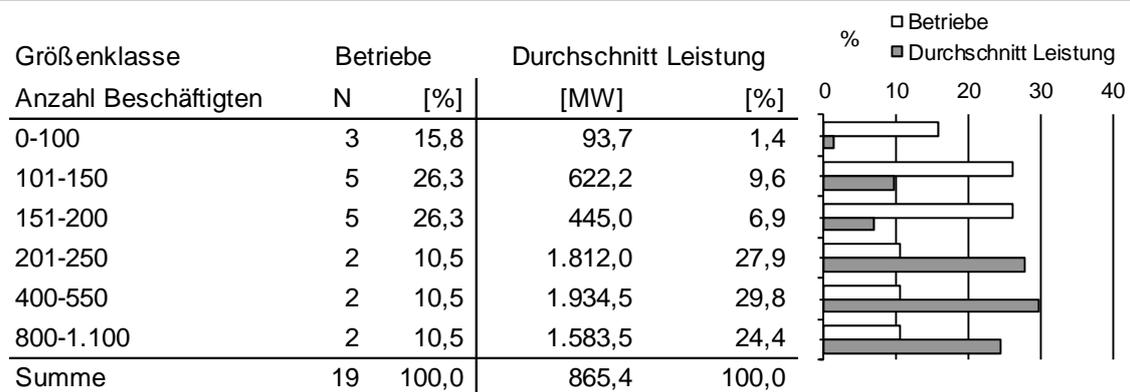
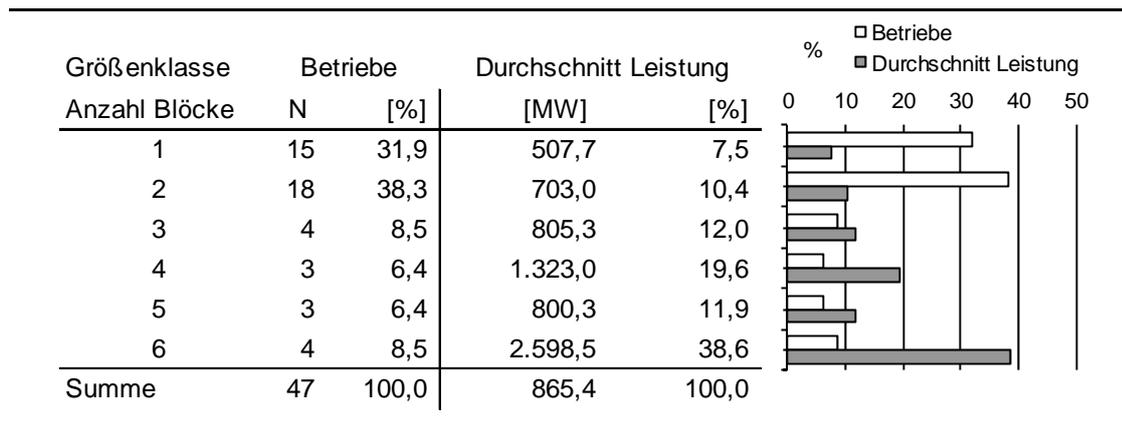


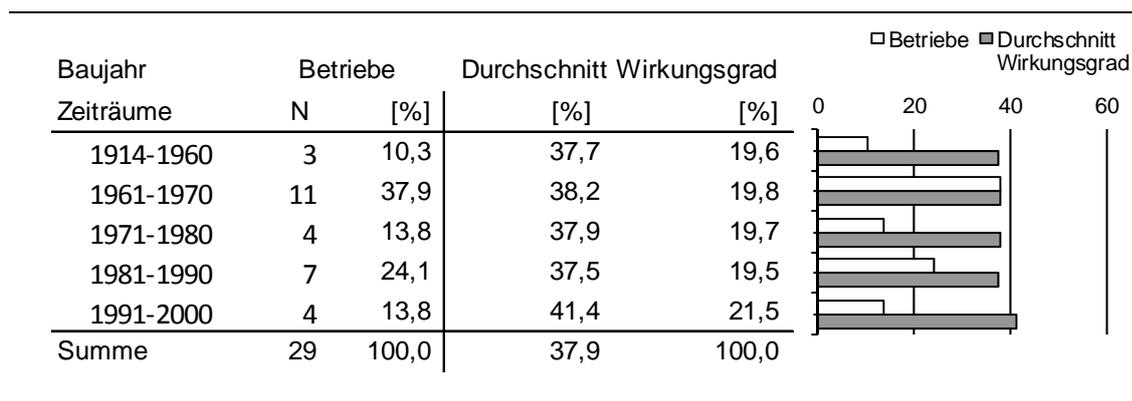
Tabelle 20 zeigt eine Aufstellung der Daten nach Anzahl der Blöcke in den Kohlekraftwerken. Es zeigt sich, dass ca. 70 % der erfassten Betriebe ein oder zwei Blöcke zur Verfügung haben.

Tabelle 20 Betriebsgrößenklasse in Bezug zur durchschnittlichen Leistung



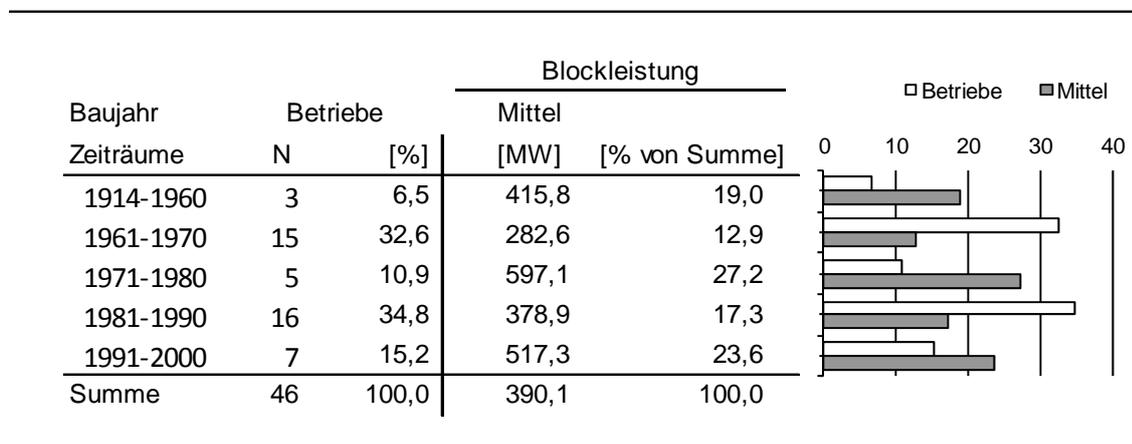
Neben den dargestellten Zusammenhängen zwischen Größenklasse und durchschnittlichen Leistung kann ein weiterer Zusammenhang zwischen dem Baujahr der Kohlekraftwerke und dem durchschnittlichen Wirkungsgrad beobachtet werden (vgl. Tabelle 21). Der Wirkungsgrad liegt über die erfassten Baujahre nahezu konstant bei ca. 38 %. Ab dem Jahr 1991 steigt der Wirkungsgrad auf ca. 41,4 %.

Tabelle 21 Baujahr in Bezug zum durchschnittlichen Wirkungsgrad



Bei der Betrachtung des Baujahrs in Bezug zur durchschnittlichen Blockleistung zeigt sich kein eindeutiger Zusammenhang (vgl. Tabelle 22).

Tabelle 22 Baujahr in Bezug zur durchschnittlichen Blockleistung



5 Studie Zementklinkerwerke

5.1 Durchführung der Datenerhebung

In diesem Abschnitt erfolgt eine Darstellung der Feldarbeit. Dies ist für die methodische Bewertung, aber auch die Relevanz der berechneten Daten eine wichtige Beurteilungsgrundlage. Der vorrangig an den Ergebnissen orientierte Leser kann direkt zu Kapitel 5.2 übergehen.

5.1.1 Vorbereitung und Durchführung der Befragung

Als Grundlage der Datenerhebung dient die Adressdatenbank, die im Rahmen der vorherigen Untersuchungen erstellt wurde (Bleek 2009). Dieser Bestand wurde durch eine umfassende Recherche aktualisiert, um neue Marktteilnehmer und neue Betriebsstätten zu ermitteln. Weiterhin wurde über das Internetangebot der zuständigen regionalen Behörden (meist Umweltbehörden) Adresslisten der ansässigen Zementwerke bezogen. Als dritte Quelle wurden Mitgliederlisten von Verbänden der Entsorgungsindustrie mit den bereits recherchierten Adressen verglichen. Einige wenige Adressen konnten zusätzlich über weitere Recherchen im Internet und in Printmedien ermittelt werden. Die nachstehende Tabelle 23 gibt eine Übersicht über die Quellen der Adressdatenbank zu Beginn der Untersuchung. Nach Abschluss der Adressrecherche standen somit insgesamt 52 Adressen zur Verfügung.

Tabelle 23 Adressquellen

Quelle	Anzahl	[%]
Adressbestand aus vorherigen Untersuchungen	1	2
Verbände	49	94
Internet/Printmedien	2	4
Summe	52	100

5.1.2 Durchführung und Ergebnisse der Befragung

Die schriftliche Befragung der recherchierten Firmen begann im Juni 2011. Im Juli wurde mit einem Erinnerungsschreiben bei den noch nicht antwortenden Firmen nachgefasst. Im Anschluss an die schriftliche Befragung wurden die nicht antwortenden Firmen mittels eines Telefondienstes kontaktiert und um telefonische Beantwortung des Fragebogens gebeten. Die telefonische Befragung begann Ende August 2011 und wurde bis Mitte September 2011 fortgeführt.

Durch die schriftliche Befragung konnten insgesamt 25 Adressen erfasst werden. Da die Daten anonym erhoben wurden, kommt es in der telefonischen Nacherfassung teilweise zu Dopplungen. Sofern es sich um ausgefüllte Fragebögen handelt, können diese durch einen Abgleich untereinander eindeutig den Zement- und Zementklinkerwerken zugeordnet werden. Handelt es sich um Rückläufer ohne Daten, so ist eine eindeutige Zuordnung nicht mehr möglich. Eine Überprüfung der Daten zeigt, dass die erwähnten Dopplungen nicht bei den 27 Zementklinkerwerken und den 2 Zementwerken anzusetzen sind. In der Summe inklusive Dopplungen konnten durch die telefonische Befragung weitere 33 Adressen identifiziert werden. Eine Übersicht zum Rücklauf der Befragung zeigt Tabelle 24.

Tabelle 24: Rücklaufübersicht der gesamten Befragung

Betriebsbestimmung der gesamten Befragung	Schriftlich Betriebe N	Telefonisch Betriebe N	Gesamt Betriebe N
Zementklinkerwerk	14	13	27
Zementwerk ohne Klinkerprod.	1	1	2
Keine Antwortbereitschaft	2	16*	18
Kein Zementwerk	7	0	7
nicht Zustellbar / nicht erreicht	0	2	2
Adressdoppel	1	0	1
sonstiges	0	1	1
Summe	25	33	58

**Dopplungen aus schriftlicher und telefonischer Befragung möglich*

Recherchen beim Verein Deutscher Zementwerke e.V. haben ergeben, dass es in Deutschland 35 Zementklinkerwerke gibt. Diese stellen die Grundgesamtheit der folgenden Hochrechnung dar. Bei den restlichen Zementwerken handelt es sich z.B. um Zementmahlwerke u. Ä. Die Auswertung der Daten zeigt, dass 27 der 35 Zementklinkerwerke durch die Befragung im Rahmen dieser Studie erfasst worden sind. Die Erfassungsquote liegt somit bei über 77 % (vgl. Tabelle 25).

Tabelle 25 Erfassungsquote Zementklinkerwerke

	Zementklinkerwerke		%
	N	[%]	
erfasst	27	77,1	
nicht erfasst	8	22,9	
Grundgesamtheit (UBA)	35	100,0	

5.2 Erfasste Menge und Hochrechnung

Durch die 27 Zementklinkerwerke, die Daten zur Verfügung stellten, konnte eine Holzmenge von 8.100 t erfasst werden. Wie die Tabelle 26 zeigt, ist die Verwendung von Holz in Zementklinkerwerken nach wie vor eine Ausnahme.

Tabelle 26 Erfasste Betriebe und Holzmengen

Energiebedarf [GJ/a]	Betriebe		AS* [%]	Betriebe	Summe
	N	[%]		mit Holz N	Altholz [t]
1,0 Mio - 1,9 Mio	3	20,0	79	0	0
2,0 Mio - 2,9 Mio	8	53,3	64	1	8.100
3,0 Mio - 5,9 Mio	2	13,3	59	0	0
6,0 Mio - 7,9 Mio	2	13,3	70	0	0
Summe	15	100,0		1	8.100

* Anteil Sekundärbrennstoffe

Tabelle 26 zeigt, dass nur ein Bruchteil der Betriebe Holz als Sekundärbrennstoff einsetzen. Es liegt somit eine sehr ungleiche Verteilung vor, sodass eine Hochrechnung problematisch ist und die folgende Hochrechnung nur mit Einschränkung gültig ist.

Anhand des bekannten thermischen Energiebedarfes (88 Mio. GJ/a) im Jahr 2010 (VDZ) können die erfassten Werte entsprechend hochgerechnet werden. Der Hochrechnungsfaktor beträgt: 1,185. Anhand der bekannten Adresszahl ergibt sich ein Hochrechnungsfaktor von 1,296.

Tabelle 27 Hochrechnung der erfassten Werte

	HR Faktor	Altholz	
		[t]	[m ³]
Erfasste Werte	1	8.100	12.660
HR (Basis bekannte Kapazität)	1,185	9.598	15.002
HR (Basis bekannte Adresszahl)	1,296	10.500	16.412

Die Hochrechnung kann sowohl anhand der bekannten Kapazität als auch anhand der bekannten Adresszahl vorgenommen werden. Es ist anzunehmen, dass die Hochrechnung nach Kapazität die zutreffendere ist, sodass für das Jahr 2010 ein Altholzverbrauch von ca. 15.000 m³ in Zementklinkerwerken anzunehmen ist. Lediglich 3,7 % der Zementklinkerwerke setzen Holz als Sekundärbrennstoff ein.

5.3 Struktur der erfassten Zementklinkerwerke

Bei der Betrachtung des jährlichen Energiebedarfs im Bezug zur Betriebsgrößenklasse (Mitarbeiteranzahl), kann ein eindeutiger Trend identifiziert werden. Der jährliche Energiebedarf steigt mit der Anzahl der Mitarbeiter.

Die Anzahl der Beschäftigten wurde nur in der schriftlichen Befragung erfasst, sodass diese Angaben nur in sehr begrenzter Anzahl vorliegen. Aussagen in Bezug auf die Größenklassen sind deshalb nur bedingt möglich.

Tabelle 28 Betriebsgrößenklasse in Bezug zum jährlichen Energiebedarf

Größenklasse (Anzahl Mitarbeiter)	Betriebe		Energiebedarf		%
	N	[%]	[GJ/a]	[%]	
0-100	2	14,3	1.400.000	13,0	
101-150	8	57,1	2.134.329	19,8	
151-200	2	14,3	3.383.500	31,4	
201-250	2	14,3	3.850.000	35,8	
Summe	14	100,0		100,0	

Bei der Gegenüberstellung von Energiebedarf zum Anteil der Sekundärbrennstoffe zeigt sich, dass diese beiden Größen unabhängig zueinander sind. Der durchschnittliche Anteil der Sekundärbrennstoffe aus der gesamten Befragung liegt bei knapp 60 %.

Tabelle 29 Betriebsgrößenklasse in Bezug zum Anteil der Sekundärbrennstoffe

Energiebedarf [GJ/a]	Betriebe		AS*	%
	N	[%]		
1,0 Mio - 2,9 Mio	11	73,3	68	
3,0 Mio - 5,9 Mio	2	13,3	59	
6,0 Mio - 7,9 Mio	2	13,3	70	
Summe	15	100,0		

*Anteil Sekundärbrennstoffe

Auch das Baujahr der Zementklinkerwerke nimmt auf den jährlichen Energiebedarf Einfluss. Es zeigt sich, dass der jährliche Energiebedarf tendenziell sinkt je neuer das Werk ist. Ab 1930 zeigt sich ein deutlicher Rückgang im durchschnittlichen Energiebedarf. Dies kann durch die Größen der Zementklinkerwerke, also die Produktionsleistung als auch durch eine Verbesserung der Wirkungsgrade bedingt sein.

Tabelle 30 Baujahr in Bezug zum Energiebedarf

Baujahr	Betriebe		Energiebedarf		%	□ Baujahr	■ Energiebedarf
	N	[%]	Mittel [GJ/a]	[%]			
1863-1900	3	21,4	3.713.732	24,1			
1901-1930	3	21,4	4.566.667	29,6			
1931-1960	1	7,1	2.200.000	14,3			
1961-1990	6	42,9	2.032.733	13,2			
1992	1	7,1	2.900.000	18,8			
Summe	14	100,0		100,0			

Bei der Betrachtung des Baujahrs in Bezug zum Anteil der Sekundärbrennstoffe zeigt sich kein eindeutiger Zusammenhang. Der Anteil der Sekundärbrennstoffe könnte von der regionalen Verfügbarkeit abhängen. Andere Sekundärbrennstoffe sind z.B. Reifen, Altöl, Industrie- und Gewerbeabfälle, Tiermehle und -fette, Lösungsmittel und Klärschlämme.

Tabelle 31 Baujahr in Bezug zum Anteil der Sekundärbrennstoffe

Baujahr	Betriebe		Anteil Sekundärbrennst.		%	□ Baujahr	■ Anteil Sekundärbrennst.
	N	[%]	[%]	[%]			
1863-1900	3	21,4	64	19,2			
1901-1930	3	21,4	67	20,0			
1931-1960	1	7,1	42	12,6			
1961-1990	6	42,9	71	21,3			
1992	1	7,1	90	26,9			
Summe	14	100,0	334	100,0			

6 Literaturverzeichnis

Bleek, O.: Energetische Holzverwendung in Kohlekraftwerken, Zementwerken und Müllverbrennungsanlagen. Pilotstudie zur Erfassung der Grundgesamtheit und Erhebungskonzept. Diplomarbeit im Zentrum Holzwirtschaft, Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft (Prof. Mantau), Hamburg 2009, 71 Seiten.

Kraftwerkliste Bundesnetzagentur, Stand 14.11.2011, http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetGas/Sonderthemen/Kraftwerkliste/VeroeffKraftwerkliste_node.html

Der Kohlenbergbau in der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2009, Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., HERNE und KÖLN, November 2010

Datenbank „Kraftwerke in Deutschland“, Stand 08.04.2011, Umwelt Bundes Amt

Auflistung der thermischen Abfallbehandlungsanlagen mit dem hauptsächlichen

Einsatzstoff Siedlungsabfall, Umwelt Bundes Amt, [http://www.umweltbundesamt-daten-zur-](http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do;jsessionid=0E7840867166114478CA8243F30AC3E4?ident=22301)

[umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do;jsessionid=0E7840867166114478CA8243F30AC3E4?ident=22301](http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do;jsessionid=0E7840867166114478CA8243F30AC3E4?ident=22301)

FUHRMANN, R., WAGNER, J. R. (2005): Die getrennte Sperrmüll- und Altholzsammlung in: Hösel /Schenkel /Bilitewski /Schnurer (Hrsg.): Müllhandbuch, KZ 2981 Erich Schmidt Verlag Januar 2005, 9 Seiten

MANTAU, U., BILITEWSKI, B. (2010): Stoffstrom-Modell- Holz 2007, Rohstoffströme und CO₂-Speicherung in der Holzverwendung, Forschungsbericht für das Kuratorium für Forschung und Technik des Verbandes der Deutschen Papierfabriken e.V. (VDP), Celle 2010, 75 S.

NABU – Studie, Abfallkapazitäten in Deutschland, März 2009, Naturschutzbund Deutschland e.V., Berlin

Umweltbundesamt (2012) <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=2307>

Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Zement-Jahresbericht 2010-2011, Berlin, Verlag Bau+Technik GmbH Düsseldorf

Verein Deutscher Zementwerke e.V., Forschungsinstitut der Zementindustrie, Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2009, Düsseldorf

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Erfasste Betriebe und Rücklaufquote.....	4
Tabelle 2 Erfasste Kapazitäten und Hochrechnungsfaktoren	4
Tabelle 3 Erfasste Betriebe mit Holzeinsatz und Holzmenen	5
Tabelle 4: Rücklaufübersicht der gesamten Befragung	7
Tabelle 5 Durchsatzmengen der erfassten Betriebe.....	7
Tabelle 6 Erfasste Betriebe und Mengen	8
Tabelle 7 Hochrechnung der erfassten Werte	8
Tabelle 8 Betriebsgrößenklasse in Bezug zum prozentualen Holzanteil am Durchsatz	9
Tabelle 9 Betriebsgrößenklasse in Bezug zur absoluten Holzdurchsatzmenge	9
Tabelle 10 Betriebsgrößenklasse in Bezug zum Durchsatz.....	10
Tabelle 11 Baujahr in Bezug auf Durchsatz.....	10
Tabelle 12: Adressquellen	12
Tabelle 13: Rücklaufübersicht der gesamten Befragung	13
Tabelle 14 Erfassungsquote in Bezug zur Grundgesamtheit.....	13
Tabelle 15 Erfasste Betriebe, Leistung und Wirkungsgrad.....	14
Tabelle 16 Erfasste Betriebe und Holzmenen	14
Tabelle 17 Hochrechnung der erfassten Werte	14
Tabelle 18 Einteilung in Größenklassen (Leistung)	15
Tabelle 19 Betriebsgrößenklasse in Bezug zur durchschnittlichen Leistung	15
Tabelle 20 Betriebsgrößenklasse in Bezug zur durchschnittlichen Leistung	16
Tabelle 21 Baujahr in Bezug zum durchschnittlichen Wirkungsgrad	16
Tabelle 22 Baujahr in Bezug zur durchschnittlichen Blockleistung	16
Tabelle 23 Adressquellen	17
Tabelle 24: Rücklaufübersicht der gesamten Befragung	18
Tabelle 25 Erfassungsquote Zementklinkerwerke	18
Tabelle 26 Erfasste Betriebe und Holzmenen	19
Tabelle 27 Hochrechnung der erfassten Werte	19
Tabelle 28 Betriebsgrößenklasse in Bezug zum jährlichen Energiebedarf	20
Tabelle 29 Betriebsgrößenklasse in Bezug zum Anteil der Sekundärbrennstoffe	20
Tabelle 30 Baujahr in Bezug zum Energiebedarf	21
Tabelle 31 Baujahr in Bezug zum Anteil der Sekundärbrennstoffe.....	21