

Altholz – Quo vadis?

Abschlussbericht

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2017 bis 31.07.2019

Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie - BMWi

Kofinanzierer: Bundesverband Bioenergie (BBE e.V.); K LW Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft mbH; Holzenergie-Fachverband Baden-Württemberg e.V.; Biomasse-Heizkraftwerk Herbrechtingen GmbH; Heizkraftwerk Altstadt GmbH & Co. KG

Zuwendungsnehmer:

IZES gGmbH
Institut für ZukunftsEnergie-
und StoffstromSysteme gGmbH

Bernhard Wern
Altenkessler Str. 17
66115 Saarbrücken
Tel.: +49-(0)681-844 972-74
Fax: +49-(0)681-7617-999
E-Mail: wern@izes.de

STEAG New Energies GmbH
*Kompetenzzentrum Biomassebe-
schaffung und Stoffstrommanage-
ment*
Frank Scholl
St. Johanner Str. 101 - 105
66115 Saarbrücken
Tel.: +49-(0)681-9494-9410
Fax: +49-(0)681-94941043
E-Mail: frank.scholl@steag.com

Autoren:

IZES gGmbH: Cornelia Vogler, Bernhard Wern, Michael Porzig, Eva Hauser, Hermann Guss, Prof. Frank Baur

STEAG NEW GmbH: Frank Scholl, Andreas Böffel, Dino Mechenbier

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des BMWi unter dem Förderkennzeichen 03KB134 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Saarbrücken, den 30.06.2020

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung.....	1
1	Einleitung	4
1.1	Vorbemerkung	4
1.2	Forschungsfragen.....	7
1.3	Organisatorischer Rahmen.....	8
2	Europäische Dimension	9
2.1	Vorbemerkung.....	9
2.2	Rechtsrahmen in der EU 28	9
2.3	Altholzmarkt in ausgewählten EU Ländern und der EU 28.....	16
2.4	Zwischenfazit Europäische Dimension	24
3	Rechtsrahmen für Altholz in Deutschland	25
3.1	Abfallrecht.....	25
3.2	Förderrecht	28
3.3	Zwischenfazit deutsches Recht	30
4	Altholzmarkt in Deutschland.....	31
4.1	Methodik.....	31
4.2	Status Quo des Altholzmarktes	35
4.3	Altholzpreise	40
4.4	Zwischenfazit zum Altholzmarkt	41
5	Altholz Kraftwerkspark in Deutschland.....	44
5.1	Methodik.....	44
5.2	Anlagenüberblick Deutschland	46
5.3	Entwicklung des EEG-Altholz Kraftwerksparks.....	47
5.4	Entwicklung alternativer Verbrennungskapazitäten für Altholz	49
5.5	Zwischenfazit Kraftwerkspark.....	50
6	Wirtschaftlichkeit von Altholzkraftwerken in Deutschland.....	52
6.1	Methodik.....	52

6.2	Berechnung des Erlösbedarfes je Anlagencluster	57
6.3	Diskussion der Wirtschaftlichkeit von Altholzkraftwerken	60
6.4	Zwischenfazit zur Wirtschaftlichkeit von Altholzkraftwerken	64
7	Untersuchung technischer Optimierungspotenziale im Anlagenbestand .	65
7.1	Untersuchte Biomasse(-heiz)-kraftwerke.....	65
7.2	Technische Optimierung durch Kraft-Wärme-Kopplung	66
7.3	Technische Optimierung durch Einsatz alternativer Brennstoffe ...	69
7.4	Technische Optimierung Power-to-Gas.....	73
7.5	Zwischenfazit technische Optimierung der Versuchsanlagen.....	76
8	Geschäftsmodelle für den Post-EEG-Weiterbetrieb	83
8.1	Methodik.....	83
8.2	Geschäftsmodellansätze	85
8.3	Zwischenfazit der Geschäftsmodellansätze.....	96
9	Fazit	98
10	Literaturverzeichnis	103
11	Gesetze, Verordnungen und technische Regeln.....	117
12	Anhang.....	121
12.1	Markt und Recht in ausgewählten EU Ländern	121
12.2	Korrelationsanalysen Altholzmarkt	139
12.3	Altholz- Kraftwerkliste – Genese / Verifizierung	142
12.4	Altholz EEG-Kraftwerkliste.....	145
12.5	Zuordnung Anlagen nach BImSchV	146
12.6	Strommarkt - Anforderungen an Flexibilisierung von Altholzanlagen.....	147
12.7	Strompreisszenarien.....	149
12.8	Anforderungen und Entwicklung der Wärmemärkte in der Energiewende.....	153

12.9	Entwicklung Feuerungskapazitäten für Altholz in Müllverbrennungsanlagen (MVA) und Ersatzbrennstoff (EBS)-Kraftwerken sowie Sondermüllverbrennungsanlagen (SMVA)	154
12.10	Entwicklung Feuerungskapazitäten für Altholz in Zement- und Kohlekraftwerken mit Genehmigung der Abfallmitverbrennung...	156
12.11	Entwicklung Feuerungskapazitäten für Altholz in sonstigen Industriekraftwerken mit Genehmigung einer Abfallmitverbrennung.....	156
12.12	Exkurs: Verweilzeiten von Holz im Bausektor.....	157
12.13	Exkurs: Minderung von Treibhausgasemissionen	159

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern 2018, Quelle: (UBA 2019a)	5
Abbildung 2: Abfallhierarchie in der Kreislaufwirtschaft nach RL 2008/98 EG (UBA-Ö 2019).....	10
Abbildung 3: Vorgehensweise bei Einordnung von Altholzabfällen für Transnationalen Handel (Baehr 2017: 8)	12
Abbildung 4: Arten der monetären Unterstützung/ Vergütung der Biomasseverstromung Quelle: Darstellung IZES auf der Grundlage dieser Studie sowie von (RES LEGAL 2019).....	15
Abbildung 5: Stoffliche und energetische Verwertung von Altholz in der EU nach Hill 2017: 7	16
Abbildung 6: Entwicklung der ungefährlichen Altholzaufkommen in ausgewählten EU Staaten (in Tonnen) (IZES auf Basis Daten Eurostat) mit Vergleichslinie zur deutschen Abfallstatistik in Rot-Gestrichelt (IZES gemäß der Altholz-Quo Vadis Projektmethodik)	17
Abbildung 7: Altholzaufkommen (IZES auf Basis Daten Eurostat 2017) pro Einwohner im Jahr 2016.....	18
Abbildung 8 Transnationale Verbringung von gefährlichem Altholz (AVV 191206*) in Kilotonnen im Jahr 2016 (IEA Bioenergy 2019: 8) .	20
Abbildung 9: Transnationale Verbringung von ungefährlichem Altholz (AVV 191207) in Kilotonnen im Jahr 2016 (IEA Bioenergy 2019: 8)...	20
Abbildung 10: Übersicht zu Anteilen an Altholz in Spanplattenprodukten in der EU 2013 nach WBPI Online 2019a	21
Abbildung 11: Vereinfachte Gegenüberstellung von fixer EEG-Vergütung zu Marktprämienmodell (Eigene Darstellung)	29
Abbildung 12: Gesamtvolumen Altholz (Im- und Exportbereinigt) in 1000 t zwischen 2007 und 2016 (Eigene Darstellung auf Basis Destatis 2018d).....	35
Abbildung 13: Altholz-Input in Entsorgungsanlagen in 1.000 t je Abfallschlüsselkapitel (Eigene Darstellung auf Basis Destatis 2018d).....	36
Abbildung 14: Im- und Exportierte notifizierte Altholzmengen in 1.000t (Eigen Darstellung).....	37

Abbildung 15: Qualitätsannahmen in Altholzkategorien - Pauschal und nach EAV Schlüssel – Mittelwert der Jahre 2006 bis 2015 (in 1.000 t) (Eigene Darstellung).....	38
Abbildung 16: Trendlinie Altholzaufkommen in Abhängigkeit vom BIP.....	40
Abbildung 17: Altholzpreise 10/2003 – 04/2019 unterschiedlicher Sortimente (Eigene Darstellung nach EUWID).....	41
Abbildung 18: Zusammenstellung Aufkommen und Verbleib von Altholz Vergangenheit und Zukunft (Eigene Darstellung).....	43
Abbildung 19: Entwicklungsschema EEG-Altholzkraftwerksliste (vgl. Anhang Kapitel 12.3) (Eigene Darstellung).....	45
Abbildung 20: Holzbilanz Deutschland nach Holzverbrauch in t_{Iutro} pro Jahr (Eigene Darstellung basierend auf Mantau et. al 2018a/b und 2016, DBFZ et al. 2015, eigene Berechnungen).....	47
Abbildung 21: Auslaufelinie EEG-Altholzkraftwerke für die elektrische EEG-Bemessungsleistung (IZES Eigene Darstellung).....	48
Abbildung 22: Vorjahres-Handelsabschlüsse für eine Grundlastlieferung im Jahr 2020 (Eigene Darstellung basierend auf Marktdaten der EEX) .	56
Abbildung 23: Erlöszusammenhänge Strom und Brennstoffannahme, Leistungsklasse 5 MW _{el} (Eigene Darstellung).....	58
Abbildung 24: Erlöszusammenhänge je Anlagentyp und Leistungsklasse (Eigene Darstellung).....	60
<i>Abbildung 25: Gegenüberstellung von Stromgroßhandelspreisen und variablen Stromerzeugungskosten von Altholzanlagen 2017</i>	<i>63</i>
Abbildung 26: Erlösbedarfszusammenhänge BMKW 1 inkl. aller technischen Maßnahmen (Eigene Berechnungen und Darstellung).....	79
Abbildung 27: Erlösbedarfszusammenhänge BMHKW 2 inkl. aller technischen Maßnahmen (Eigene Berechnung und Darstellung).....	81
Abbildung 28: Erlösbedarfsveränderungen bei technischen Modifikationen der 2 Versuchsanlagen (in €/ MW _{el}).....	82
Abbildung 29: Aufkommen und Verbleib von Altholz Vergangenheit und Zukunft (Eigene Darstellung).....	99
Abbildung 30: Erlöszusammenhänge je Anlagentyp - Leistungsklasse 20 MW _{el} (Eigene Darstellung).....	100
Abbildung 31: gefährliches und ungefährliches Altholz (gem. Eurostat) für Luxemburg (Eigene Darstellung).....	131
Abbildung 32: energetische Abfallverwertung in Schweden (Sayegh 2017)...	136

Abbildung 33: Anteil der verschiedenen Energieträger an der Bereitstellung von Wärme in schwedischen (Nah)wärmenetzen (Werner 2017: 422)	137
Abbildung 34: Anlagenliste EEG-Altholzkraftwerke „Gesamt“ Stichtag 31.12.2018 (Eigene Darstellung).....	145
Abbildung 35: Überblick Genehmigungsarten nach BImSchV für Anlagen mit Brennstoff Altholz (Eigene Darstellung in Absprache mit Dr. Rainer Schrägle)	146
Abbildung 36: Jährliche Spannweiten zwischen den stündlichen Strompreisen der Börsen EEX und EPEX SPOT (Eigene Darstellung)	148
Abbildung 37: Jahresdurchschnitt der Vortagespreise an den Strombörsen EEX und EPEX SPOT (Eigene Darstellung)	149
Abbildung 38: Preisannahmen (real 2012) der Szenarienuntersuchung zur Stilllegung von Kohlekraftwerken (IZES 2015: 77 f.)	151
Abbildung 39: Durchschnittliche Stromgroßhandelspreise im Kohleausstiegs- und im Referenzszenario (IZES 2015: 32 f.)	152
Abbildung 40: Durchschnittliche Stromgroßhandelspreise im Szenario „BMW plus“ (links) und im „Ziel“-Szenario (rechts) (IZES 2015: 77/106)	152
Abbildung 41: Entwicklung der Börsenstrompreise im Vortageshandel 2005 bis 2018 und Annahmen für 2030 (Agora & Aurora 2018: 12)	153
Abbildung 42: In deutschen Kraftwerken zwischen 2012 und 2016 jährlich verbrannte Abfallmenge und die insgesamt verfügbare Verbrennungskapazität (Eigene Darstellung nach UBA 2018a)	155

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleichender Überblick zur Altholz-Gesetzgebung in ausgewählten EU-Ländern	14
Tabelle 2: Fiktive Hochrechnung (pro Einwohner) der mobilisierbaren Altholzmengen in Europa (verändert nach Eurostat 2017)	19
Tabelle 3: EEG Vergütungssätze für Altholzanlagen	30
Tabelle 4: KWK Bonus Vergütungssätze für Biomasseanlagen EEG 2008	30
Tabelle 5: Berücksichtigte Abfallschlüssel incl. Reduktionsfaktoren zur Ermittlung des Altholzanteils als Ansatz der Einschätzung des im Projekt ermittelten Altholzaufkommens	34
Tabelle 6: Aufteilung der Qualitäten je Abfallkategorie (IZES nach IE et al. 2007)	38
Tabelle 7: Aufteilung der Altholzqualitäten je Abfallschlüssel (IZES nach UBA 2019c: 46)	39
Tabelle 8: Gesamtübersicht EEG-Altholzkraftwerke 2018 (eigene Darstellung)	46
Tabelle 9: Bilanz der alternativen Verbrennungskapazitäten in Deutschland (Eigene Darstellung auf Basis UBA 2018a)	49
Tabelle 10: Variable und Fixe Kosten der Referenzanlagen in den Altholz-Anlagencluster	57
Tabelle 11: Beispielkalkulation Erlösbedarf 5 MWel Altholz-Bestandsanlage mit Wärmeauskopplung	57
Tabelle 12: Erlösbedarfe der Anlagencluster	59
Tabelle 13: Technische Daten der Biomasseheizkraftwerke BMKW 1 und BMHKW 2 (Eigene Daten STEAG New Energies)	66
Tabelle 14: Investitionskosten Wärmeauskopplung inkl. Engineering für BMKW 1	67
Tabelle 15: Jährliche Einsatzkosten BMKW 1	77
Tabelle 16: Erlösbedarfsrechnungen für das BMKW 1 und alle technischen Maßnahmen (Eigene Berechnung und Darstellung)	78
Tabelle 17: Erlösbedarfsrechnungen für das BMHKW 2 und alle technischen Maßnahmen (Eigene Berechnung und Darstellung)	80
Tabelle 18: Erlösbedarfsermittlung einer Megaanlage mit Wärmeauskopplung von 300.000 MWh _{th} /a	93
Tabelle 19: Altholzkategorien in UK (WPS 2017)	124
Tabelle 20: Korrelationsanalyse für die Jahre 2006 bis 2016	139

Tabelle 21: Korrelationsanalyse Im- und Export für die Jahre 2007 bis 2016.	141
Tabelle 22: Prioritätenliste	142
Tabelle 23: Vergleichende Darstellung Mantau et al. 2018a und Ergebnisse IZES gGmbH EEG-Altholzkraftwerksliste (theoretischer Altholzeinsatz) (Eigene Darstellung).....	143
Tabelle 24: Vergleichende Datengrundlagen (eigene Darstellung)	144
Tabelle 25: Schnittholz bzw. Bau- und Abbruchholzmengen in der Bundesrepublik Deutschland.....	157
Tabelle 26. Unstandardisierte und standardisierte Regressionskoeffizienten.	158
Tabelle 27: Spezifische THG-Emissionsfaktoren für Altholz (nach UBA 2010)	160

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AltholzV	Altholzverordnung
AT	Österreich
AVV	Abfall-Verzeichnis-Verordnung
BE	Belgien
BeNeLux	Belgien-Niederlande-Luxemburg
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BM(H)KW	Biomasse(Heiz-)Kraftwerk
BXL	Brüssel
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture and Utilization
CH ₄	Methan
ChemVerbotsV	Chemikalienverbotsverordnung
CI	Confidence Interval
CO ₂	Kohlendioxid
CO _{2e}	Kohlendioxid-Äquivalent
CZ	Tschechien
d.h.	das heißt
DE	Deutschland
€	Euro
EBS	Ersatzbrennstoff
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbares Energien Gesetz
EEX	European Energy Exchange
Einw.	Einwohner

EPEX Spot	European Power Exchange (kurzfristigen Stromgroßhandel)
EPF	European Panel Foundation
etc.	etcetera
EU	Europäische Union
FEE	Fluktuierende Erneuerbare Energien
FH	Fachhochschule
FLA	Flandern
FR	Frankreich
FWL	Feuerungswärmeleistung
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
GHD	Gewerbe-Handel-Dienstleistung
GJ	Gigajoule
GW _{th}	Gigawatt thermisch
H ₂	Wasserstoff
H ₂ O	Wasser
H _u	Heizwert
i.S.d.	im Sinne des
IED	Industrieemissionsdirektive
IT	Italien
IZES	Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme gGmbH
kg	Kilogramm
km	Kilometer
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
lutro	Lufttrocken
LUX	Luxemburg
MCP	Medium Combustion Plant
MDF	Mitteldichte Faserplatte

Mio.	Millionen
MVA	Müllverbrennungsanlage
MW _{el}	Megawatt elektrisch
MW _{th}	Megawatt thermisch
n.b.	nicht beziffert
NL	Niederlande
Nm ³	Normkubikmeter
O ₃	Ozon
OSB	Oriented Strength Board
ÖSG	österreichisches Ökostromgesetz
PCB	Polychloriertes Biphenyl
PCT	Polychloriertes Terphenyle
PKW	Privatkraftwagen
PPA	Power Purchase Agreement
PPP	Pulp-Paper-Power
PtG	Power to Gas
PVC	Poly-Vinyl-Chlorid
RAL	Reichsausschuss für Lieferbedingungen (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung)
RED	Renewable Energy Directive
SBS	Sekundärbrennstoff
SE	Schweden
SE	Standardfehler
SMVA	Sondermüllverbrennungsanlage
STEAG NE	STEAG New Energies GmbH
t	Tonne
TA	Technische Anweisung
THG	Treibhausgas
TS	Trockensubstanz
UBA	Umweltbundesamt
UK	United Kingdom

vgl.	vergleiche
VHI	Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V.
WAL	Wallonien
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

0 Zusammenfassung

Altholzheiz(kraft)anlagen waren die ersten energetischen Verwerter von Biomasse, die sich über das EEG anteilig refinanzierten. Im Zuge dieser Entwicklung hat sich eine weitgehende Erfassung der Altholz-Stoffströme in Deutschland und ein nachhaltiger Entsorgungsmarkt für Altholz etabliert. Die Refinanzierung über das EEG läuft – nach Beendigung des 20-jährigen Vergütungszeitraumes - in den 2020er Jahren aus. Eine EEG-Folgefinanzierung ist aufgrund des geänderten Rechtsrahmens nicht mehr möglich. Die Studie „Altholz quo vadis“ betrachtet in diesem Zusammenhang die Situation dieser Kraftwerke und die Situation der Altholzverwertung insgesamt in Deutschland und Europa. Sie ist weit mehr als eine Bestandsanalyse und erarbeitet konkrete Vorschläge für einen Übergang der EEG-finanzierten Nutzung von Altholz hin zu einer an verschiedenen Märkten refinanzierten energetischen Verwertungsoption. Dabei wird auch die Situation der stofflichen Nutzung in Deutschland mit betrachtet.

Das durch das BMWi im Rahmen des Programmes „Energetische Biomassenutzung“ geförderte Projekt wurde im Zeitraum 2017 bis 2019 in einer Zusammenarbeit zwischen der IZES gGmbH und der steag New Energies GmbH durchgeführt. Zusätzlich wurde die Studie teilfinanziert von dem Bundesverband Bioenergie (BBE e.V.), der K LW Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft mbH, dem Holzenergie-Fachverband Baden-Württemberg e.V., dem Biomasse-Heizkraftwerk Herbrechtingen GmbH und dem Heizkraftwerk Altstadt GmbH & Co. KG. Diese Organisationen konnten im Kontext ihrer praktischen Expertise über eine Projekt-begleitende Arbeitsgruppe immer wieder Rückmeldungen zu Methoden und Ergebnissen geben. Insbesondere bei der Zusammenstellung der Daten zur Wirtschaftlichkeit und der Erarbeitung von Fragestellungen bezüglich der Altholzmärkte war diese Herangehensweise sinnvoll, wie der ermutigende bundesweite Austausch mit anderen wissenschaftlichen Arbeitsgruppen zeigt. Zusätzlich wurden die Ergebnisse in einem Projektbeirat bestehend aus Ministerien, Landesämtern und Verbänden, Wissenschaft sowie Praktikern aus dem Kraftwerks-, Entsorgungs- und Aufbereitungssektor und der stofflichen Holznutzung diskutiert.

Der Bericht befasst sich zunächst mit der sehr heterogenen europäischen Situation der Altholznutzung (Kapitel 2 und 3 sowie im Anhang Kapitel 12.1). Es zeigt sich hier die Notwendigkeit einer europäischen Harmonisierung des Altholzmarktes.

Nach eingehenden Analysen, Berechnung von Korrelationen und dem Aufzeigen von Bezügen aus dem Wirtschaftsgeschehen der Vergangenheit wird in Kapitel 4 aufgezeigt, dass die zu erwartende Altholzmenge in Deutschland – auch angeregt durch politische Signale wie die Charta für Holz – in der Zukunft steigen wird. Die für 2016 anzusetzenden, knapp 10 Mio. Tonnen werden daher zukünftig weiterhin den Mindestumfang der verfügbaren Altholzmenge im Markt sein. Dieser Trend der Mengensteigerung gilt in weit umfangreicherem Maße für die zu mobilisierenden Altholzmenge in

ganz Europa. der – im Untersuchungszeitraum gelisteten - EU 28-Staaten das annähernd ähnliche Mobilisierungsniveau wie Deutschland erreichen, würden Altholzmengen von rd. 57 Mio. t. (Kapitel 2.3) in Europa marktverfügbar.

Dem Aufkommen gegenüber steht der Verbleib der mobilisierten Altholzmengen. Die EU schreibt für Siedlungsabfälle neue Recyclingquoten von 60% bis 2030 vor, die selbst in Deutschland – ausgehend von den bestehenden Kapazitäten der Holzwerkstoffindustrie – nicht erreicht werden können. Die Holzwerkstoffindustrie in Deutschland rechnet - auf der Grundlage der aktuellen Rahmenbedingungen – durch die Erhöhung der Altholzanteile in der Spanplatte und dem Beginn der Altholznutzung in der MDF Platte, nicht jedoch durch einen Kapazitätszubau – mittelfristig mit einem leicht steigenden Altholzverbrauch auf 2 Mio t/a, längerfristig evtl. auf 3 Mio t./a. Die Altholz-Recyclingquote kann daher - ausgehend von 10 Mio. t Gesamtaufkommen nach derzeitiger Einschätzung lediglich auf 20-30% im Sinne der EU-Richtlinie angehoben werden (vgl. Kapitel 4). Ein entsprechend den EU-Rahmenbedingungen geforderter hoher Zubau der Holzwerkstoffindustrie wird innerhalb Deutschlands aufgrund übergeordneter wirtschaftlicher Rahmenbedingungen (z.B. Lohnniveau) aktuell als wenig aussichtsreich eingeschätzt. Die Umsetzung europäischer Recyclingziele im Bereich „Altholz“ sind daher zu hinterfragen, denn die in Europa vorhandenen stofflichen Produktionskapazitäten würden dadurch um ein Vielfaches überschritten.

Die in EEG-Altholz-Kraftwerken verarbeitete Altholzmenge umfasste im Jahr 2016 nach den Ermittlungen der vorliegenden Studie 5,2 Mio. t (Kapitel 5). Der Betrieb dieser Anlagen ist wirtschaftlich unter geringen Anpassungen der rechtlichen Rahmenbedingungen und einer ausreichenden Wärmenutzung für einige Altanlagen und für ausgesuchte Neubauprojekte auch ohne EEG-Vergütung darstellbar (Kapitel 6). Altholz-Heizkraftwerke könnten daher – bei Anpassung weniger rechtlicher Rahmenbedingungen – die erste bislang über das EEG finanzierte biogene Energiequelle sein, die zukünftig ohne EEG betrieben werden kann. Die diesbezüglich relevanten Eckwerte und Rahmenbedingungen werden hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit im Kapitel 6 und bezüglich der erforderlichen Optimierung der Anlagen im Kapitel 7 dargestellt.

Wird die Altholzkaskade bildhaft vom Ende – d.h. von der energetischen Verwertung – her skizziert, und werden die Erfassungssysteme europaweit ausgebaut und damit der rege grenzüberschreitende Handel mit Altholzströmen eingedämmt, so ergeben sich am Ende der Kaskade zusätzliche Kraftwerkskapazitäten mit hohem Klimaschutzpotenzial ohne eine Verwendung von Geldern aus der EEG-Umlage.

Die Forderungen, die sich aus der vorliegenden Studie vor dem oben skizzierten Hintergrund ergeben (Kapitel 8), umfassen z.B. die Beibehaltung des Einspeisevorrangs für Altholzheizkraftwerke (auch nach ihrem Ausscheiden aus dem EEG-Regime), um Investitionssicherheit für Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen zu gewährleisten. Darüber hinaus schlägt die Studie - im Austausch mit dem projektbegleitenden Ausschuss und dem Projektbeirat – vor, den Unternehmen, die Altholzkraftwerke auf Basis der

EEG-Förderung betreiben, über eine kostenneutrale Streckung des EEG-Vergütungszeitraums und die Aussetzung des Ausschließlichkeitsprinzips Spielraum für die vollständige Marktintegration ihrer Anlagen zu schaffen. Diese Maßnahmen sind für den Bürger ohne wirtschaftliche Folgen. Sie würden vielmehr dazu führen, dass Energie dort erzeugt wird, wo sie benötigt wird und regionale Entsorgungskonzepte mit verschiedenen Brennstoffen erhalten und gesichert werden.

1 Einleitung

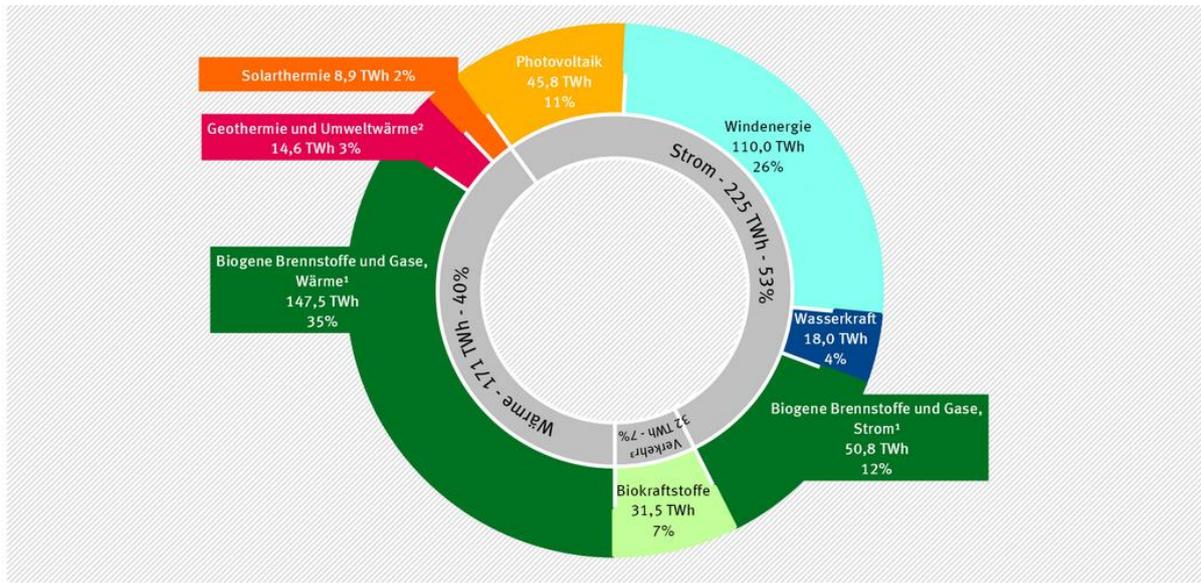
1.1 Vorbemerkung

Die Bundesregierung hat mit der Verabschiedung der „Nationalen Politikstrategie Bioökonomie“ (BMEL 2013) im Juli 2013 einen Weg hin zu einer modernen, nachhaltigen und bio-basierten Wirtschaft beschritten. Die Nutzung von Biomasse soll dabei aus Effizienzgründen möglichst in einer Kaskadennutzung stattfinden. Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2016), das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm II - ProgRes II (BMUB 2016a) sowie Aktionspläne zum EU Kreislaufwirtschaftspakt (KOM 2019/190), Dokumente der Europäischen Umweltagentur (EEA 2016) zur-EU Kreislaufwirtschaft und nicht zuletzt das KrWG, geben der stofflichen Nutzung von Reststoffen den Vorrang. Die energetische Nutzung soll – gemäß den einschlägigen Zielsetzungen - erst erfolgen, nachdem qualitativ-technische Aspekte, z.B. Schadstoffanreicherungen, Überschreitung von Grenzwerten oder eine Überschreitung der wirtschaftlichen Zumutbarkeit bzw. nicht vorhandene Absatzmärkte für die erzeugten Produkte eine stoffliche Nutzung unmöglich bzw. wenig sinnvoll machen. Energetische Nutzungstechniken sind daher ein elementarer Bestandteil von Kaskadenprozessen.

Im Holzbereich findet die energetische Nutzung u.a. in Altholzheizkraftwerken statt, deren Ausbau in der Vergangenheit über das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) gefördert wurde. Vor diesem Hintergrund hat sich in den letzten 15 Jahren eine Vielzahl von Kraftwerken etabliert, deren Kernaufgabe die Verwertung von Altholz ist. Der hier vorliegende Bericht geht diesbezüglich von einer Leistung zur biogenen Strom- und Wärmeerzeugung von 735 MW_{el} und 889 MW_{th} aus (vgl. Kapitel 5). Der Anteil der Stromproduktion der Altholzkraftwerke beträgt dabei 2 bis 3% der regenerativen Erzeugung. Die diesbezüglich anzusetzende Gesamtinvestition liegt bei etwa 2. Mrd. Euro.

Altholzkraftwerke haben somit in einem signifikanten Maße zur nach wie vor führenden Rolle der Biomasse im Bereich der regenerativen Energieträger beigetragen. Im Wärmesektor ist Bioenergie dabei der mit Abstand wichtigste erneuerbare Energieträger (siehe Abbildung 1).

Da Altholzkraftwerke im EEG – u.a. aufgrund der erfolgten Novellierung der Biomasseverordnung - seit 2012 keine Berücksichtigung mehr finden und dementsprechend auch eine Weiterfinanzierung der Bestandsanlagen über das EEG im Rahmen entsprechender Ausschreibungen nicht möglich ist, stellt sich die Frage, auf welcher ökonomischen sowie technischen Basis der Anlagenbestand erhalten werden kann bzw. soll und welche Effekte im Kontext potenzieller Bestandsentwicklungen/-veränderungen (Rückbau und Neubau) zu berücksichtigen sind.



¹ mit biogenem Anteil des Abfalls

² Stromerzeugung aus Geothermie etwa 0,2 TWh (nicht separat dargestellt)

³ Verbrauch von EE-Strom im Verkehr etwa 4,2 TWh

* vorläufige Werte / Abweichungen bedingt durch Rundungen

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) auf Basis AGEE-Stat
 Stand 08/2019

Abbildung 1: Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern 2018, Quelle: (UBA 2019a)

Die mit dem Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraums verbundenen Konsequenzen für den vorhandenen Anlagenpark sowie der daraus resultierende Handlungsbedarf wird im Kontext möglicher Handlungsoptionen im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchung analysiert. Dabei wird in folgende vier grundsätzliche Untersuchungsansätze differenziert:

Die stoffliche Dimension

Im Kontext der aus politischer Sicht prioritären stofflichen Abfall-/Reststoffnutzung sowie unter Berücksichtigung der Aussage des VHI e.V. für 2018, dass die Holzwerkstoffindustrie einen Stoffstrom von rund 1,5 Mio. t Altholz (Strohmeier 2019) aufnimmt, wird eine aktuelle Einschätzung des Marktvolumens vorgenommen. In Bezug auf die Bereitstellung und Kosten der Hölzer werden zukünftige abfallrechtliche Fragestellungen, auch in Bezug auf grenzüberschreitende Stoffströme bewertet.

Altholzkraftwerke werden dabei als wichtiger Bestandteil einer Biomasse-Kaskade interpretiert, deren Mechanismen bereits in verschiedenen Projekten analysiert wurden (u.a. Wern et al. 2014; UBA 2017). Die Untersuchungen bezogen sich jedoch meist nur auf den stofflichen Teil der Kaskade, die energetische Nutzung wurde lediglich vorausgesetzt. Hinsichtlich der Stoffstromverteilungen im Altholzmarkt liegen umfangreiche Untersuchungen u.a. von MANTAU et al. 2012, 2016, 2018a/b vor, welche die Historie der Altholznutzung beschreiben.

Die technische Dimension

Altholz(heiz)kraftwerke basieren auf einer grundsätzlich bekannten Technologie, die jedoch im Hinblick auf eine zukunftsfähige Einbindung in das Energiesystem gegebenenfalls eine Weiterentwicklung im Sinne der energiewirtschaftlichen Ziele der Bundesregierung erfahren muss. Aufgrund der bei der Inbetriebnahme der jeweiligen Anlagen vorherrschenden Fokusse auf der Erzeugung (EEG-geförderter) elektrischer Energie, wurde der deutsche Altholz-Kraftwerkspark insbesondere für eine konstante Stromproduktion ausgelegt. Heute haben sich die energiewirtschaftlichen Ziele bzw. bundespolitischen Vorgaben auf dem deutschen Strommarkt im Sinne einer eher bedarfsgerechten/flexiblen Bereitstellung im Hinblick auf eine optimierte Marktintegration gewandelt (AEE 2013). Zusätzlich sollen die Anlagen verstärkt Prozesswärme und Raumwärme bereitstellen. Bezogen auf diese technische Dimension der Untersuchung werden die möglichen/erforderlichen Maßnahmen für eine zukunftsorientierte Nutzung anhand bestehender (realer) Anlagen dargestellt und analysiert. Hierbei müssen sowohl bautechnische Bestandteile der Anlagen wie auch betriebstechnische Abläufe betrachtet werden.

Die gesellschaftspolitische Dimension

Gesellschaftspolitisches Ziel ist es, zukünftige Maßnahmen der energetischen Altholznutzung in Deutschland – auch im Hinblick auf die erforderliche Akzeptanz entsprechender Konzepte - am Ende eines Kaskadenprozesses kostengünstig und hochwertig zu gestalten. Dabei steht die Entsorgungsfunktion der Kraftwerke am Ende des Lebenszyklus der im Idealfall in mehrfachen Kreisläufen gefahrenen Produkte im Mittelpunkt. Zur Abschätzung der ökologischen Auswirkungen ist diesbezüglich eine Bestandsaufnahme des aktuellen Beitrages von Altholzheizkraftanlagen zum Klimaschutz insbesondere in Bezug auf den Wärmebereich notwendig. Zugleich gilt es auch, alternative Nutzungen von Altholz (Müllverbrennungsanlagen, Kohlekraftwerke, Bio-raffinerien, etc.) zu betrachten und diese in Bezug zu den bestehenden Altholzanlagen zu setzen.

Die energiewirtschaftliche Dimension

Mit dem EEG 2012 wurde die Möglichkeit zur Förderung neuer, bzw. des Weiterbetriebes¹ alter Altholzanlagen im Rahmen des EEG eingestellt, da die damaligen Altholz-Potenziale ausgeschöpft galten (DBFZ 2011). Bei den weiterhin zu erwartenden niedrigen Stromgroßhandelspreisen ist mit einem Weiterbetrieb der Anlagen nach Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes aus Branchensicht jedoch nicht in jedem Fall zu rechnen, insbesondere wenn diese für den wirtschaftlichen Weiterbetrieb Reinvestitionen vornehmen müssen (EUWID 2016a). Eine Kompensation der wegfallenden

¹ nach Auslaufen des 20jährigen Vergütungszeitraumes

EEG-Vergütung durch höhere Entsorgungspreise führt aus Branchensicht zu potenziellen Marktverzerrungen, da die Anlagen zu unterschiedlichen Zeiten aus dem EEG fallen.

Eine umfängliche Analyse hinsichtlich der aktuellen und zukünftig zu erwartenden Marktsituation am Altholzmarkt unter Berücksichtigung möglicher Refinanzierungsmechanismen ist bisher nicht bekannt. Hinsichtlich der Systemdienlichkeit und des Flexibilisierungspotenzials von Altholzkraftwerken liegen Versuchs- und Befragungsergebnisse vor, welche u.a. darauf hindeuten, dass nicht alle Anlagen in der Lage sein werden, ohne größere Maßnahmen Regelenergie anzubieten (Grundmann, 2014). Zudem kann ein flexibilisierter Anlagenbetrieb – zumindest partiell – zu Effizienzverlusten führen, was im Hinblick auf die Sinnhaftigkeit entsprechender Maßnahmen berücksichtigt werden muss.

Letztendlich soll im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchungen für die bestehenden Altholz-Anlagen im Hinblick auf eine optimierte Marktintegration die Frage beantwortet werden, welcher Markt in Zukunft unter welchen Voraussetzungen und mit welchem Geschäftsmodell bedient werden soll. Mögliche Ansätze sind dabei Prozesswärme, Raumwärme, Systemdienstleistungen im Strommarkt, Residualenergie, Grünstrom, etc..

1.2 Forschungsfragen

Die im Rahmen des Projektes zu beantwortenden Fragen bezogen sich – im Kontext der oben beschriebenen Hintergründe – auf die Zukunftsfähigkeit des – bisher u.a. EEG-refinanzierten – Anlagenbestandes an Altholz(heiz)kraftwerken.

Diesbezüglich wurden im Sinne einer Darstellungen der aktuellen Rahmenbedingungen, zunächst Grundlagenerhebungen in den Bereichen Markt, Recht, Stoffströme und Bestand an EEG-vergüteten Altholzkraftwerken durchgeführt.

Leitfragen waren dabei:

- Welche rechtlichen Rahmenbedingungen reglementieren das Marktgeschehen im Altholzsektor?
- Wie viele Anlagen betrifft das Auslaufen der EEG Förderung im Altholzbereich?
- Wieviel Altholz ist in Deutschland marktverfügbar und wie wird es zurzeit verwertet?

Aufbauend darauf erfolgte die Erhebung und Untersuchung realnaher Anlagendaten zur Darstellung der Wirtschaftlichkeit praktischer Anlagenkonzepte. Diese Informationen wurden gemeinsam mit dem Praxispartner STEAG New Energies GmbH (STEAG NE) zusammengestellt, analysiert und in Clustern abgebildet.

Aufgaben in dieser Projektphase waren:

- Anhand von zwei Beispielanlagen und drei Anlagenclustern die wirtschaftlichen und damit unternehmerischen Grundlagen darzulegen, in denen die Kraftwerke zurzeit agieren und potenziell in Zukunft agieren können.
- Die Erlösbedarfe verschiedener Anlagenkonzepte zu ermitteln.
- Technische Optionen für bestehende Anlagen zu eruieren, die wirtschaftlich tragfähig sind.

Auf der Basis dieser Vorarbeiten war abschließend einzuschätzen unter Nutzung welcher Geschäftsmodelle ein Weiterbetrieb der identifizierten und als tragfähig erachteten technischen Optionen möglich ist. Dies geschah weitestgehend in einem Prozess, welcher durch Diskussion bzw. Diskurs mit den einschlägigen Akteuren geprägt war und in dessen Rahmen Geschäftsmodellideen entwickelt und abgewogen sowie hinsichtlich potenzieller Hemmnisse und erforderlicher (ordnungsrechtlicher) Rahmenbedingungen bewertet wurden.

1.3 Organisatorischer Rahmen

Das vorliegende Projekt wurde federführend von den Mitarbeitern des Institutes für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme gGmbH (IZES) sowie der STEAG New Energies GmbH durchgeführt.

Darüber hinaus wurde für das Projekt und dessen fachliche Begleitung sowohl ein projektbegleitender Beirat als auch ein – in kürzeren Intervallen tagender - projektbegleitender Ausschuss gegründet. Der Beirat umfasste politische Vertreter aus Ministerien, Landesämtern und Verbänden, die Wissenschaft sowie Praktiker aus dem Kraftwerks-, Entsorgungs- und Aufbereitungssektor und der stofflichen Holznutzung. Der Beirat tagte während der Projektlaufzeit an zwei Terminen.

Der enger am Projekt agierende projektbegleitende Ausschuss mit dem Bundesverband Bioenergie (BBE e.V.), der K LW Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft mbH, dem Holzenergie-Fachverband Baden-Württemberg e.V., dem Biomasse-Heizkraftwerk Herbrechtingen GmbH und dem Heizkraftwerk Altstadt GmbH & Co. KG war ein Gremium, welches auch bei den kleineren Meilensteinen angehört wurde. Je nach Notwendigkeit fanden im Abstand von 3 bis 6 Monaten entsprechende Treffen statt, in deren Rahmen die erarbeiteten Inhalte, Ansätze, Ideen und Vorschläge kritisch durchleuchtet, analysiert und diskutiert wurden.

Es erfolgte zudem ein intensiver Austausch mit den Verfassern des parallel laufenden UBA-Vorhabens zur „Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung“ (UBA 2019c).

2 Europäische Dimension

2.1 Vorbemerkung

Den Ausarbeitungen zu dem deutschen Rechtsrahmen und Marktgeschehen vorangestellt wird folgendes Kapitel zu den entsprechenden Rahmenbedingungen innerhalb Europas. Diese Synopse aus marktbeeinflussenden Komponenten mit grenzüberschreitendem Einfluss innerhalb des europäischen Marktgefüges hilft im späteren Verlauf des Berichtes das deutsche Geschehen in den richtigen Rahmen zu setzen.

Alle Mitgliedsstaaten der EU sind dazu angehalten, Abfälle im Sinne des Kreislaufwirtschaftspaketes² von Ende Mai 2018 und insbesondere der Abfallrahmenrichtlinie RL 2008/98/EG als oberstem Regelwerk, unter Berücksichtigung der verankerten Abfallhierarchie zu verwerten. Während das Management von Altholzabfällen in den EU-Ländern auf Ebene der Mitgliedsstaaten individuell gesteuert wird, ist der grenzüberschreitende Verkehr von Altholz EU-weit einheitlich u.a. über die Abfallverbringungsverordnung VO 1013/2006/EG geregelt. Weitere, die Ressource Altholz betreffende, fachliche Regelungen sind vorrangig auf nationaler Ebene getroffen worden. Diese Regelungen haben gegebenenfalls einen indirekten Einfluss auf den EU-Altholzmarkt und werden daher vergleichend recherchiert, analysiert und in Kapitel 2.2 dargestellt.

Darüber hinaus werden die Anreizsysteme und Strategien im Bereich der stofflichen und energetischen Verwertung von Altholz untersucht. Dazu gehören jeweils die nationalen Vergütungs- und Anreizsysteme mit Bezug auf die Ressource Altholz, wie z.B. Einspeisetarife für die erzeugte Energie, Zertifikate, Auflagen, Verbote, etc., sowie etwaige Biomasse- und Energiestrategien. Diese werden z.T. im Anhang detailliert dargestellt.

2.2 Rechtsrahmen in der EU 28

In den folgenden Abschnitten werden die rechtlichen Rahmenbedingungen in ausgewählten EU-Ländern in Bezug auf die Ressource Altholz dargestellt. Der Fokus liegt auf der Identifikation der aktuellen Gesetzesgrundlagen und den Strategien zur Verwertung von Althölzern.

Im deutschsprachigen Raum sind als Begrifflichkeit „Altholz“ und im englischsprachigen Raum „waste wood“ oder „wood waste“ gängig. Im weiteren Verlauf wird der Begriff „Altholz“ als einheitliche Begrifflichkeit für Abfallhölzer verwendet.

Aufgrund des Anwendungsvorrangs des Unionrechts vor nationalen Regelungen sind entsprechende Rechtsgrundlagen mit Bezug auf Altholz, sofern auf EU-Ebene reguliert, bindend für die Mitgliedsstaaten.

² Gesetzespaket der EU zum Abfallrecht: <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>. Abgerufen am 01.02.2019

Die Abfallrahmenrichtlinie RL 2008/98/EG ist das wichtigste Regelwerk zum Entsorgungsmanagement von Abfallhölzern. Diese Abfallrahmenrichtlinie gilt nicht unmittelbar, sondern musste bis zum 12. Dezember 2010 (vgl. Art. 40 RL 2008/98/EG) in nationales Recht der Mitgliedstaaten überführt werden (z.B. KrWG).

Ergänzt durch das EU-Kreislaufwirtschaftspaket 2018 sind folgende abfallwirtschaftlichen Ziele zu konstatieren:

- Einhaltung der Abfallhierarchie (siehe Abbildung 2)
- EU weites Recyclingziel von mindestens 65% der Siedlungsabfälle bis 2035
- EU-weite verbindliche Reduktion der Deponierungsquote auf 10 % bis 2035
- EU-weites Deponierungsverbot für getrennt gesammelte Abfälle und Förderung von wirtschaftlichen Instrumenten zur Verringerung von Abfalldeponierungen (vgl. Deponie RL 1999/31/EG)
- Maßnahmen zur Förderung der Weiternutzung von Industrienebenprodukten
- Ökonomische Anreize zur Herstellung grüner Produkte unter Anwendung geeigneter Wiedergewinnungs- und Recyclingsysteme

Diese Ziele unterliegen einer permanenten Anpassung: So wird z.B. für Verpackungshölzer durch die EU Kommission vorgeschlagen, den Anteil an „vorbereiteten Verpackungshölzern zur Wiederverwertung oder Recycling“ auf 75% bis 2030 zu erhöhen (EPRS 2016: 7).

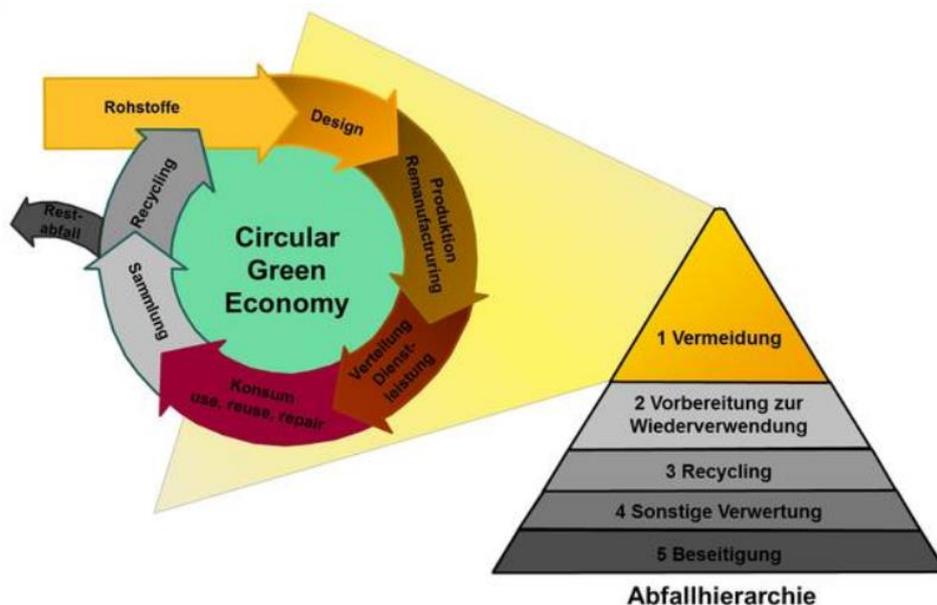


Abbildung 2: Abfallhierarchie in der Kreislaufwirtschaft nach RL 2008/98 EG (UBA-Ö 2019)

Im Rahmen der nationalen Gesetzgebungskompetenz können die Inhalte variiert werden, solange diese dem Sinn und Zweck der EU-Richtlinie nicht widerlaufen.

Mit Verweis auf die RL 2008/98/EG sind Artikel 3 bis 7 als einschlägig mit Bezug auf den Abfallstoff Altholz zu benennen. Artikel 3 definiert die Begrifflichkeiten von Abfall

und ebenfalls die Merkmale gefährlichen Abfalls mit Verweis auf Anhang III der Richtlinie. Die Abfallhierarchie (siehe Abbildung 2), definiert in Artikel 4, bildet das Fundament der europäischen Kreislaufwirtschaft. Im engeren Sinne kann somit die stoffliche Verwertung gegenüber einer energetischen Verwertung – allerdings unter Berücksichtigung der in Artikel 4, Absatz 2 angesprochenen Prüfkriterien³ - als höherwertiger betrachtet werden. Artikel 5 ist ausschlaggebend für Resthölzer aus der Holzbe- und -verarbeitenden Industrie. Diese „Industrieresthölzer“ werden allgemein als Nebenprodukte definiert, sofern sie den Anforderungen nach Absatz 1 a bis d in Artikel 5 entsprechen. Die Europäische Kommission hat mit ihrer Mitteilung (KOM 2007/59: 13) zumindest Reststoffe aus der Holzbearbeitung (u.a. Späne, Mehl, Rinde aus Frischholz) eindeutig als Nebenprodukte definiert. Aufgrund der Auswirkung der Legaldefinition „Nebenprodukte“ bleiben innerhalb eines Produktionsprozesses recycelte Produktionsreste (stofflich oder energetisch) hiervon unberührt, da dies unter der Begrifflichkeit der „Abfallvermeidung“ (vgl. Artikel 3 der RL 2008/98/EG) subsummiert ist. Gegebenenfalls ist aber für Nebenprodukte die REACH-VO (VO 1907/2006/EG) zu berücksichtigen, sofern die hierbei verwendeten bzw. produzierten Stoffe hinterlegt sind.

Ein weiterer Punkt ist das in Artikel 6 der RL 2008/98/EG genannte Ende der Abfalleigenschaft, welche aktuell keine Definition für Althölzer auf EU-Ebene vorhält. Mit Bezug auf Absatz 4 der RL 2008/98/EG erteilen Österreich und Großbritannien auf Antrag eine „End of Waste“-Genehmigung für Abfälle zur stofflichen Verwertung in der Holzwerkstoffindustrie (Österreich) oder auch für naturbelassene, unbehandelte Althölzer (Großbritannien). Nach Artikel 6 Abs. 1 ist für eine Aufhebung der Abfalleigenschaft ein vollständiges Durchlaufen eines Verwertungsverfahrens nach Anhang II der RL 2008/98/EG sowie die Erfüllung der Bedingungen gemäß den Absätzen 1 a bis d Voraussetzung. Artikel 7 definiert den Europäischen Abfallkatalog und verweist hierbei auf die aktuell gültige Fassung auf Basis der KOM 2000/532/EG zur RL 2008/98/EG. Der Abfallkatalog codiert Abfälle verbindlich und ist, zumindest im Datenaustausch, innerhalb der gesamten EU verbindlich (Ausnahmen in Österreich). Der Europäische Abfallkatalog konkretisiert die 16 Abfallgruppen des Anhangs I der RL 2008/98/EG mit 839 Abfallarten und 405 gefährlichen Abfallarten (Sternchen). Flankierend ist hier der Leitfaden zur Abfalleinstufung TL 2018/C124/01 EC zu nennen, der unterstützend herangezogen werden muss, um gegebenenfalls eine belastbare und rechtlich abgesicherte Identifikation und letztendlich korrekte Einordnung von Altholzabfällen vorzunehmen. Hierbei ist insbesondere die Frage der Gefährlichkeit des Abfalls von zentraler Bedeutung für die Offenhaltung eines stofflichen Recyclings. Unabhängig hiervon ist die Abfallstatistik VO 2150/2002/EG zu nennen, die Abfälle etwas abweichend codiert⁴. Holzabfälle werden danach mit dem Schlüssel 07.5 belegt und lediglich dreimal

³ Stichworte: Lebenszyklusdenken, Gesamtauswirkungen auf die Umwelt, technische Durchführbarkeit, wirtschaftliche Vertretbarkeit, Ressourcenschonung, etc.

⁴ Entsprechende Verschiebungen auf Grund unterschiedlicher Zuordnung zw. den beiden Legaldefinitionen sind nicht auszuschließen

unterteilt in „07.51 Holzverpackungen“, „07.52 Sägemehl- und Holzspäne“ sowie „07.53 andere Holzabfälle, Rinden und Korkabfälle“. In der methodischen Erklärung zum Vorgehen im vorliegenden Projekt wird evident, dass die deutsche Abfallstatistik dahingehend detaillierter ist (siehe Kapitel 4.1.1).

Altholz ist ein Handelsgut, welches auch importiert und exportiert wird. Altholz wird dabei je nach Qualität als notifizierungspflichtiger bzw. als nicht notifizierungspflichtiger Abfall eingeordnet. Maßgeblich dafür sind die Anhänge II bis IV der VO 1013/2006/EG über die Verbringung von Abfällen vom 12.06.2006. Eine flankierende Regelung ist die VO 1418/2007/EG mit Konkretisierung von Regelungen der Anhänge III und IIIA oben genannten VO 1013/2006/EG. Die Regelungen basieren auf dem international verbindlichen Basler Übereinkommen (UBA 1989) über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung und der Entsorgung von Abfällen.

Wie in der folgenden Abbildung 3 dargestellt, definiert die EU-Verordnung über die Verbringung von Abfällen die Zuordnung der Abfälle nach frei handelbaren Abfällen („notifizierungsfreie Verbringungen“) in der grünen Liste (Anhang III VO 1013/2006/EG) und beschränkten Abfällen, die dem Notifizierungsverfahren unterliegen. Hierbei gelten besondere Regelungen zur Genehmigung. Des Weiteren sind in der EU-Verordnung über die Verbringung von Abfällen Import- und Exportregelungen definiert, die u.a. den zuständigen Behörden erlaubt, im Sinne der Abfallhierarchie bzw. der Besicherung einer schadfreien Verbringung zu handeln⁵.

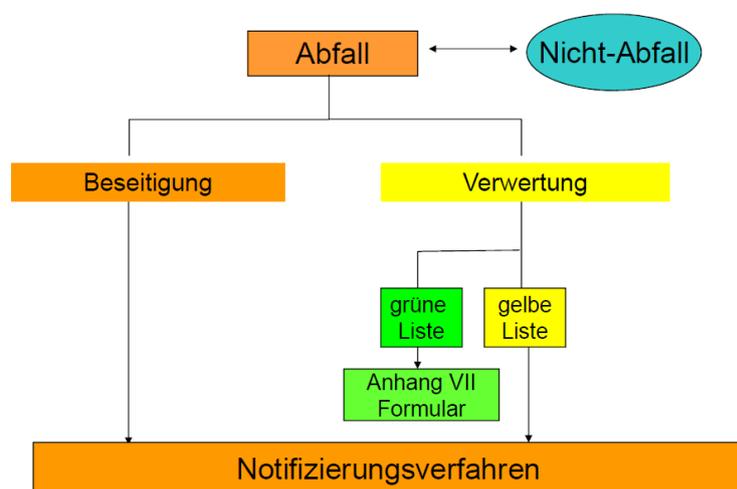


Abbildung 3: Vorgehensweise bei Einordnung von Altholzabfällen für Transnationalen Handel (Baehr 2017: 8)

⁵ Allgemein werden als nicht notifizierungspflichtiger Abfall („Grüne Liste“) unbelastete Althölzer (A I) mit dem Code B3050 und belastete Althölzer aus der „gelben Liste“ (A II bis A IV) mit dem Code AC170 als notifizierungspflichtig definiert. Für PCB-haltige Althölzer besteht ein de-facto Handelsverbot (Anhang V VO 1013/2006/EG). Nach einer Veröffentlichung der European Environment Agency aus dem Jahr 2013 dürfen nicht-gefährliche Abfälle („grüne Liste“) mit der Bestimmung einer Verwertung im Sinne der RL 2008/98/EG frei in der EU gehandelt bzw. in diese importiert werden.

Die Verwertungsströme in den EU-Ländern unterscheiden sich nicht grundsätzlich voneinander. Spezifische nationale Vorgaben und Anreizsysteme im Bereich der stofflichen und energetischen Verwertung sowie ein differierender Status hinsichtlich der jeweils national erfolgten Umsetzung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen führen jedoch zu einer unterschiedlichen Ausprägung bzw. Bedienung verschiedener Stoffströme.

Hierbei wird die stoffliche vor der energetischen Verwertung im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufführung als Zielweg definiert. Hintergrund ist die möglichst lange Nutzung des Rohstoffes Holz als stoffliche Ressource („Holzkaskaden“) und eine energetische Verwertung oder Beseitigung am Ende des Lebenszyklus, wenn:

- eine Akkumulation von Schadstoffen stattgefunden hat und der Stoffstrom Merkmale eines gefährlichen Abfalls („Hazards“ nach Anhang III RL 2008/98/EG) aufweist.
- keine geeignete Strukturgröße und -form für eine stoffliche Verwertung (hoher Feinanteil) mehr vorhanden ist
- kein weiteres stoffliches Recycling auf Grund mangelnder Wirtschaftlichkeit (hohe Transportkosten, wegbrechende bzw. nicht vorhandene Märkte für bestimmte Produkte der Holzwerkstoffindustrie) mehr möglich ist.

Weitere, für die Altholzverwertung relevante Richtlinien beziehen sich auf technische Anforderungen für die energetische Verwertung von Abfällen. Für die energetische Verwertung von Althölzern (abhängig von Menge und Schadstoffgehalt) sind nur Anlagen zulässig, die den Anforderungen der Industrieemissionsdirektive (IED) RL 2010/75/EU entsprechen. Eine weitere Richtlinie ist die Medium Combustion Plants⁶ (MCP)-RL 2015/2193/EU zur Begrenzung der Emissionen bestimmter Schadstoffe aus mittelgroßen Feuerungsanlagen in die Luft (1 bis 50 MW), die seit 2015 in Kraft ist und bis Ende 2017 in nationales Recht implementiert werden musste. In Deutschland wurde dies in der 4. BImSchV und TA-Luft realisiert. Emissionen aus Großfeuerungsanlagen > 50 MW, die vorrangig der Energieerzeugung dienen, sind für Deutschland in der 13. BImSchV geregelt.

Mit Hinblick auf die stoffliche Verwertung sind die Belange der Holzwerkstoffindustrie zu beachten. Vorbehaltlich einer EU-weiten Regelung gibt die European Panel Federation Grenzwerte für den Einsatz von Althölzern im Bereich der stofflichen Verwertung in der Holzwerkstoffindustrie (EPF 2018) vor.

Die detaillierten Erkenntnisse bzgl. des Marktes und des Rechtes aus den Ländern, die im Anhang 12.1 ausführlich dargestellt werden, fließen ein in die Überlegungen zur Veränderung im deutschen Markt (z.B. Stoffstromlenkung durch die Zuordnung der Kategorien zum Verwertungspfad wie in Großbritannien).

⁶ mittelgroße Feuerungsanlagen

Tabelle 1 zeigt zusammenfassend die rechtlichen Regelungen im Bereich Altholz innerhalb der EU sowie Anreiz- und Fördersysteme im Hinblick auf nationale Nutzungsstrategien.

Tabelle 1: Vergleichender Überblick zur Altholz-Gesetzgebung in ausgewählten EU-Ländern

Land	Bezugs-ebene	Einteilung Althölzer	Initiativen zur Ende der Abfalleigenschaft	Ziele der Legislative	Fördermechanismen zur Nutzung von Altholz
EU-Ebene	EU-Ebene	Herkunftsbereiche und 3 Arten: naturbelassen, behandelte Hölzer (ohne Halogene, Asbest, PCB, etc.), gefährliche Hölzer	Nein	Einhaltung der Stufen 3 und 4 der 5-stufigen Abfallhierarchie	Indirekt: Regelungen zum Depo- nieverbot von Organik, Recyc- lingziele im Bereich des Sied- lungsabfalls,
Deutschland	AVV	Herkunftsbereiche und 3 Arten: naturbelassen, behandelte Hölzer, gefährliche Hölzer	Nein	Besicherung von Quali- tätskriterien zur stoffli- chen und energeti- schen Verwertung	keine
	Nationale Verordnung - AltholzV	Ja, 5 Stufen, AI – natur- belassen, AI – Holzwerk- stoff, AIII – beschichtet, AIV – gefährlich, PCB - Altholz	Nein	AI/II(III ⁷) – stoffliche Verwertung AIV – energetische Ver- wertung	Direkt energetisch: EEG und Bio- masseV (Gebrauchtholz nur bis 2009) Stofflich: AltholzV für HOL- WERKSTOFFINDUSTRIE und thermochemische Verfahren HOLZWERKSTOFFINDUSTRIE : keine Anreize, marktbedingte Anreize zur Substitution von Frischholz gegeben
Österreich	Nationale Verordnung – Recycling- holzVO	Ja, 4 Stufen: naturbelas- sen, Holzwerkstoff/be- schichtet, gefährlich, PCB	Ja, für Althöl- zer zur stoffli- chen Verwer- tung	Naturbelassen und Holzwerkstoff: Stoffliche Verwertung Gefährlich – energeti- sche Verwertung	Energetisch: EEG Stofflich: Abfallende für Althölzer zur HOLZWERKSTOFFIN- DUSTRIE
UK	Nationale Norm – PAS 111:2012	Ja, 4 Stufen: naturbelas- sen, stoffliche Verwer- tung, energetische Ver- wertung, Beseitigung	JA, für naturbe- lassene Althöl- zer	Naturbelassen: Reuse oder Brennstoff (Substi- tution von Frischholz) Stoffliche und energeti- sche Verwertung Gefährliche Abfälle - Beseitigung	Energetisch:
BeNeLux	Keine	Herkunftsbereiche und 3 Arten: naturbelassen, behandelte Hölzer (ohne Halogene, Asbest, PCB, etc.), gefährliche Hölzer	Nein	Einhaltung der Stufen 3 und 4 der 5-stufigen Abfallhierarchie	Indirekt: Regelungen zum Depo- nieverbot von Organik, Recyc- lingziele im Bereich des Sied- lungsabfalls,
Schweden	Keine	Herkunftsbereiche und 3 Arten: naturbelassen, behandelte Hölzer (ohne Halogene, Asbest, PCB, etc.), gefährliche Hölzer	Nein	Einhaltung der Stufen 3 und 4 der 5-stufigen Abfallhierarchie	Indirekt: Regelungen zum Depo- nieverbot von Organik, Recyc- lingziele im Bereich des Sied- lungsabfalls,
Tschechien	keine	Herkunftsbereiche und 3 Arten: naturbelassen, behandelte Hölzer (ohne Halogene, Asbest, PCB, etc.), gefährliche Hölzer	Nein	Einhaltung der Stufen 3 und 4 der 5-stufigen Abfallhierarchie	Indirekt: Regelungen zum Depo- nieverbot von Organik, Recyc- lingziele im Bereich des Sied- lungsabfalls,

⁷ Ohne PVC Beschichtung

Auf Ebene der Europäischen Union gibt es für Altholzkraftwerke oder die stoffliche Verwertung von Altholz keinen einheitlichen Vergütungsrahmen. Die EU setzt dahingehend lediglich einen Rechtsrahmen in Form der Umwelt- und Energiebeihilfeleitlinien L 2014/C 200/01/EU. Das Beihilferecht hat vorwiegend zum Ziel den freien Markt in der EU zu sichern und eine Besserstellung einzelner Unternehmen vorzubeugen. In dem abschließenden Urteil des Europäischen Gerichtshofs vom 28. März 2019 (EuGH 2019) wurde bestätigt, dass das EEG in Deutschland keine Beihilfe darstellt.

Innerhalb Europas gibt es vielfältige Mechanismen, mittels denen Anlagen zur Nutzung fester Biomassen und von Altholz angereizt werden sollen. Abbildung 4 stellt die Typen der monetären Unterstützung von Biomasseverstromungsanlagen in den analysierten Ländern dar. In den Landesanalysen in Anhang 12.1 finden sich hierzu weitere Details.

untersuchte Staaten	Typen der monetären Unterstützung von Biomasseverstromung			
	Einspeisetarife	Marktprämien	Investitionsbeihilfen/ Mischformen/ Contracts for Difference	Quotensystem
AT	AT			
BE BXL WAL FLA			BE BXL WAL FLA	
CZ	CZ	CZ	CZ	
FR		FR		
DE	DE	DE		
UK			UK	UK
IT		IT	IT	
LUX	LUX			
NL		NL		
SE				SE
<u>Legende:</u>	Altregelung	(wesentl.) Regelung für Neuanlagen		

Abbildung 4: Arten der monetären Unterstützung/ Vergütung der Biomasseverstromung Quelle: Darstellung IZES auf der Grundlage dieser Studie sowie von (RES LEGAL 2019)

Es zeigt sich, dass in Bezug auf den Aufbau (oder gegebenenfalls auch den Rückbau) von Anlagen-Kapazitäten einerseits die Ausgestaltung des jeweiligen Vergütungsmechanismus und andererseits auch historische und geographische nationale Kontextfaktoren eine wichtige Rollen spielen können. Ein direkter Vergleich des Erfolgs verschiedener Vergütungsmechanismen und Kontextfaktoren ist hier aufgrund der sehr schlaglichtartigen Darstellung der einzelnen Länder nur bedingt möglich.

Das EEG hat z.B. in der Bundesrepublik Deutschland einen raschen Aufbau an Kapazitäten unterschiedlichster Technologien und auch deren technologische Entwicklung ermöglicht. Das Beispiel Schweden zeigt, dass insbesondere die Verlässlichkeit der Politik und die Planbarkeit für die investierenden Unternehmen von hoher Bedeutung

für die Investitions- und Innovationsfreudigkeit sind. Dies betrifft sowohl die direkte monetäre Unterstützung der Technologien als auch die nicht-monetäre bzw. regulatorische Flankierung und indirekte Mechanismen wie planbare Preise für Kohlenstoffemissionen.

Neben Schweden ist in keinem anderen Land in Europa die energetische Verwertung von Altholz so stark ausgeprägt ist wie in Deutschland. In Ländern wie Belgien und Italien werden dagegen Althölzer primär stofflich verwertet.

2.3 Altholzmarkt in ausgewählten EU Ländern und der EU 28

Eine ausführliche Darstellung der Situation in den an Deutschland angrenzenden Ländern findet sich im Anhang in Kapitel 12.1. Im folgenden werden diese Erkenntnisse zusammenfassend diskutiert.

2.3.1 Ausgangssituation und Mengenansätze

Abbildung 5 zeigt die aktuelle Entwicklung der Altholzverwertung in der EU. Es ist ein Trend zur ansteigenden energetischen Verwertung abzuleiten. Die Kapazitäten der Holzwerkstoffindustrie sind im selben Zeitraum rückläufig gewesen, wodurch auch die Mengen zur stofflichen Verwertung abgenommen haben. In 2015 wurden nach Hill 2017 ca. 13,3 Mio. t Altholz energetisch verwertet. Da die Begrifflichkeiten des Altholzes nicht EU-weit standardisiert und abweichende Zuordnungen trotz eines EU-weiten einheitlichen Abfallkataloges möglich sind, sind diese Werte kritisch zu hinterfragen. Die Mengenzuwächse sind u.a. auch auf die bessere Erfassung des Altholzes im Rahmen der Umsetzung des Deponierungsverbotes eines Abfalls mit mehr als 5 % Organik (EU-weite Deponierichtlinie RL 1999/31/EG) zurückzuführen.

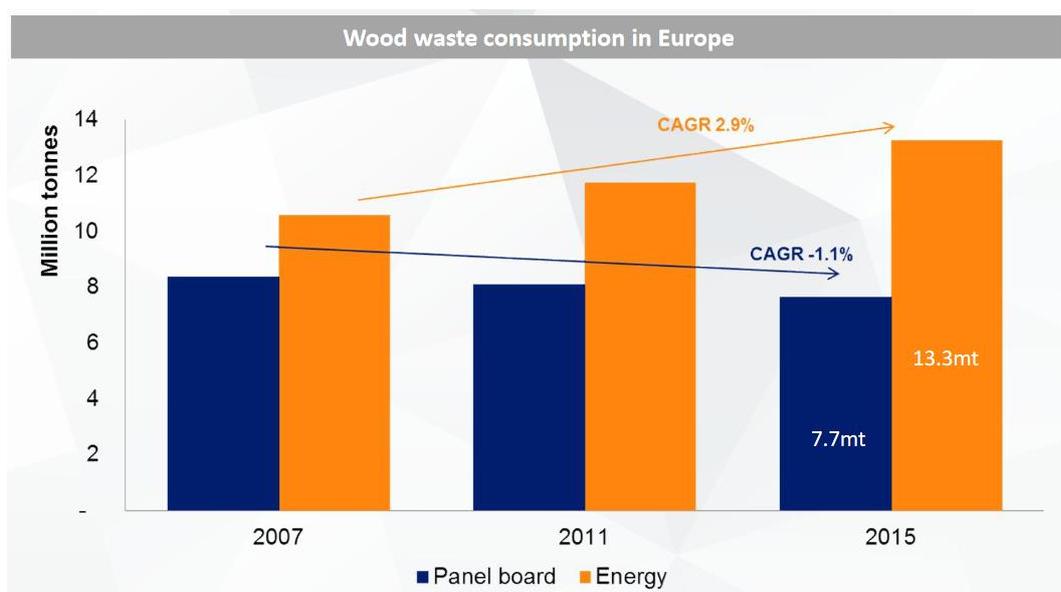


Abbildung 5: Stoffliche und energetische Verwertung von Altholz in der EU nach Hill 2017: 7

Um den Europäischen Markt abzubilden, wurde auf Zahlen von Eurostat⁸ zurückgegriffen. Abbildung 6 stellt die Kategorie „Entstehung ungefährlichen Altholzes“ (Generation of non-hazardous Waste Wood) nach der Europäischen Nomenklatur für ökonomische Aktivitäten (NACE Rev.2) und Haushalte dar. Der Code „W075 Wood wastes“, der in Abbildung 6 dargestellt ist, setzt sich aus den Schlüsselnummern der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) 030101, 030104*, 030105, 030301, 150103, 170201, 191206*, 191207, 200137* und 200138 zusammen. Hinsichtlich der AVV gibt es einige Verschiebungen gegenüber der innerdeutschen Betrachtung. Handlungsvolumina werden bei der Eurostat-Auswertung nicht mitbetrachtet. Darüber hinaus sind in der Projektmethodik der hier vorliegenden Untersuchung die AVV 19er Schlüsselnummern (außer bei der Außenhandelsbetrachtung) nicht eingeflossen. Andere Schlüsselnummern mit Holzbestandteilen wurden über realitätsnahe Reduktionsfaktoren berücksichtigt. Die Zahlenreihe des Altholz-Aufkommens an Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland ist in Abbildung 6 mit einer rot-gestrichelten Linie markiert.

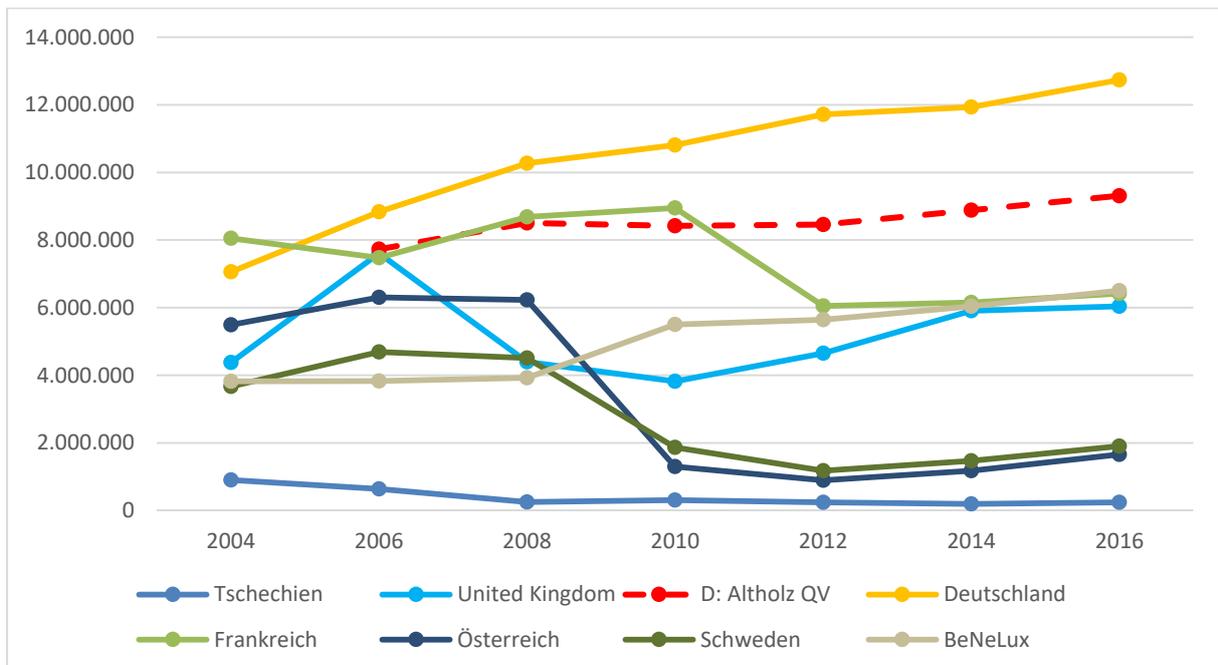


Abbildung 6: Entwicklung der ungefährlichen Altholzaufkommen in ausgewählten EU Staaten (in Tonnen) (IZES auf Basis Daten Eurostat) mit Vergleichslinie zur deutschen Abfallstatistik in Rot-Gestrichelt (IZES gemäß der Altholz-Quo Vadis Projektmethodik)

In der Detailbetrachtung, die im Rahmen des Projektes durchgeführt wurde, zeigt sich, dass die Zahlen von Eurostat sehr vorsichtig bewertet werden müssen. Ein Beispiel ist der Anteil an gefährlichem Altholz am Gesamaltholzaufkommen. Aus Deutschland, wo der Markt sehr gut bekannt ist, wissen wir, dass der entsprechende Anteil etwa bei 10 % von dem gesamten Altholzaufkommen liegt. Dieser Wert findet sich in Schweden,

⁸ <https://ec.europa.eu/eurostat/de/data/database>

wo auch eine sehr gute Marktkenntnis und – mobilisierung zu verzeichnen ist, bestätigt. In anderen Ländern wird der Anteil an gefährlichem Altholz jedoch zumeist mit 0,1 bis 3% sehr niedrig oder mit 66% in Luxemburg als sehr hoch angegeben. Teilweise sind die Ergebnisse auf Veränderungen der Aufnahmemethodik von Eurostat zurückzuführen. Im Rahmen des Projektes konnte dies jedoch nicht näher validiert werden.

Ähnliches zeigt sich, wenn die nationalen Altholzmengen ins Verhältnis zur Einwohnerzahl gesetzt werden. Es ergibt sich ein differenziertes Bild des Mobilisierungserfolges innerhalb der betrachteten Länder, jedoch auch der Zweifel an der Konsistenz der Zahlen von Eurostat. Ausgehend von der EU-Bevölkerungsstatistik aus dem Jahr 2016 ergibt sich für die betrachteten Länder das in der folgenden Abbildung 7 dargestellte, einwohnerspezifische Mengenaufkommen an Altholz.

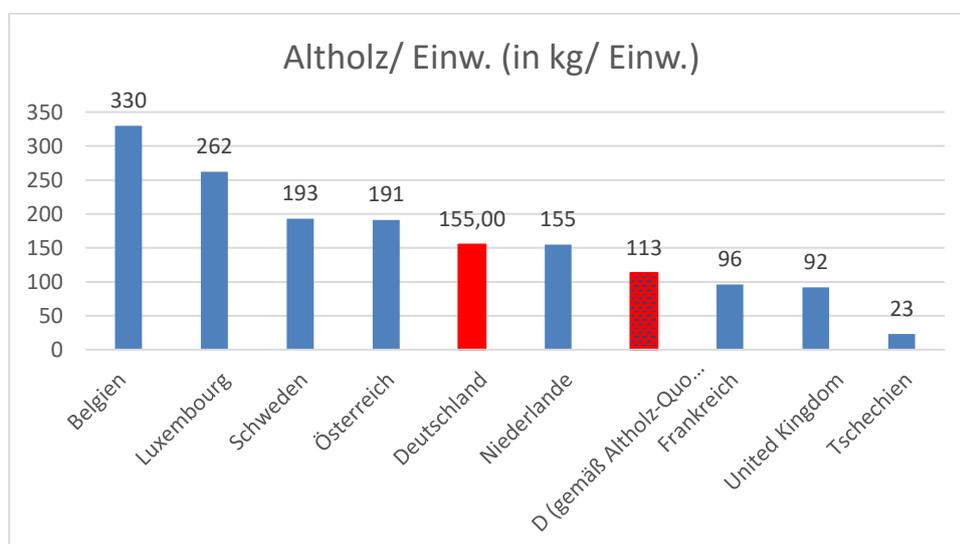


Abbildung 7: Altholzaufkommen (IZES auf Basis Daten Eurostat 2017) pro Einwohner im Jahr 2016

Eurostat weist für das Jahr 2016 für Deutschland 11,7 Mio. Tonnen unbelastetes und 1,04 Mio. Tonnen belastetes Altholzaufkommen auf (entsprechend 155 kg/E*a). Das gemäß der hier angewandten Projektmethodik mit Reduktionsfaktoren (ohne Importüberhang) ermittelte Altholzaufkommen liegt bei 9,3 Mio. Tonnen (entsprechend 113 kg/E*a).

Die Diskrepanz der Zahlen in Bezug auf Deutschland kann der abweichenden Erhebungsmethodik (Reduktionsfaktoren und Ausschluss der AVV 19er Schlüsselnummern) im vorliegenden Projektbericht zugeschrieben werden. Die Projektergebnisse des reinen Inlandaufkommens für Deutschland liegen bei 9,311 Mio. Tonnen Altholz (siehe hierzu Abbildung 12). Wird diese Zahl ins Verhältnis zu den 82,17 Mio. Einwohnern Deutschlands im Jahr 2016 gesetzt, ergibt sich – abweichend von den Eurostat Daten (Eurostat 2017), die in Abbildung 7 dargestellt sind - die mobilisierte Altholzmenge von 113 Kilogramm pro Einwohner und Jahr.

Würden die Zahlen aus Abbildung 7 auf die neun in der vorliegenden Studie betrachteten europäischen Länder projiziert (vgl. E 9 in Tabelle 2), so ergäben sich enorme Mobilisierungspotenziale. Die Eurostat-Zahlen von 2016 weisen im Schnitt aus, dass in den 9 Ländern 84 kg Altholz pro Einwohner und Jahr (mit einer Spanne von 23 kg bis 330 kg/E*a) mobilisiert wird. Werden die ermittelten spezifischen Aufkommen auf die neun betrachteten Länder übertragen, so ergäbe sich je nach Ansatz ein Potenzial-Korridor von 22,8 Mio. t/a (bei 84 kg/E*a) bis 30,8 Mio. t/a (bei 113 kg/E*a). Eine entsprechende Übertragung der spezifischen Ansätze auf die Einwohnerzahl der EU-28 (gemäß Eurostat 2017) führt zu einem Korridor zwischen 42,7 Mio. t/a und 57,7 Mio. t/a. Diese Zahlen zeigen, dass bei erfolgreicher Mobilisierung sowohl für die europäische stoffliche Nutzung im ersten und die energetische Nutzung im zweiten Schritt ausreichend Einsatzstoffe verfügbar sind, um die Kapazitäten auszulasten bzw. perspektivisch weitere Kapazitäten aufzubauen.

Die stofflichen Verwertungskapazitäten im Sektor der EU-Spanplattenwerke lassen aktuell jedoch – bei einem 100 %igen Altholzeinsatz – nur einen Mengenabfluss von ca. 12 Mio. t/a zu (umgerechnet nach Wijnendaele 2015), so dass energetische Verwertungskapazitäten im Bereich Altholz erforderlich und die EU-Zielsetzungen zum Altholz-Recycling zu hinterfragen sind. Diese Aussage gilt auch, wenn der Einsatz von Altholz auf andere Holzwerkstoffe – wie z.B. MDF-Platten – erweitert wird.

Tabelle 2: Fiktive Hochrechnung (pro Einwohner) der mobilisierbaren Altholzmengen in Europa (verändert nach Eurostat 2017)

	Menge spez. (in kg/ E*a)	Einwohner (in Mio. E)	Menge absolut (in t)
EU 9 (AHQV) 2016	84	272	22.767.980
EU 9 (AHQV) Fiktiv Zukunft	113	272	30.763.120
EU 28 Fiktiv 2016	84	510	42.652.328
EU 28 Fiktiv Zukunft	113	510	57.661.493

Das realistische, regionale Mobilisierungspotenzial hängt davon ab, wie sich die Landesstrukturen, Bauformen und der Umgang mit Gebrauchthölzern traditionell entwickelt haben und wie die jeweilige Außengrenzlage der Region ist. Die Aktivitäten im europäischen Kontext sollten unabhängig von der landesspezifischen Verfügbarkeit in Richtung Mobilisierung von Altholz intensiviert werden, um Biomasse für die stoffliche Nutzung und die CO₂-neutrale Energiegewinnung verfügbar zu machen.

Die nachfolgenden Abbildungen 8 und 9 veranschaulichen die aktuellen grenzüberschreitenden Stoffstromverlagerungen im europäischen Altholzmarkt mit Bezug auf Deutschland.



Abbildung 8 Transnationale Verbringung von gefährlichem Altholz (AVV 191206*) in Kilotonnen im Jahr 2016 (IEA Bioenergy 2019: 8)

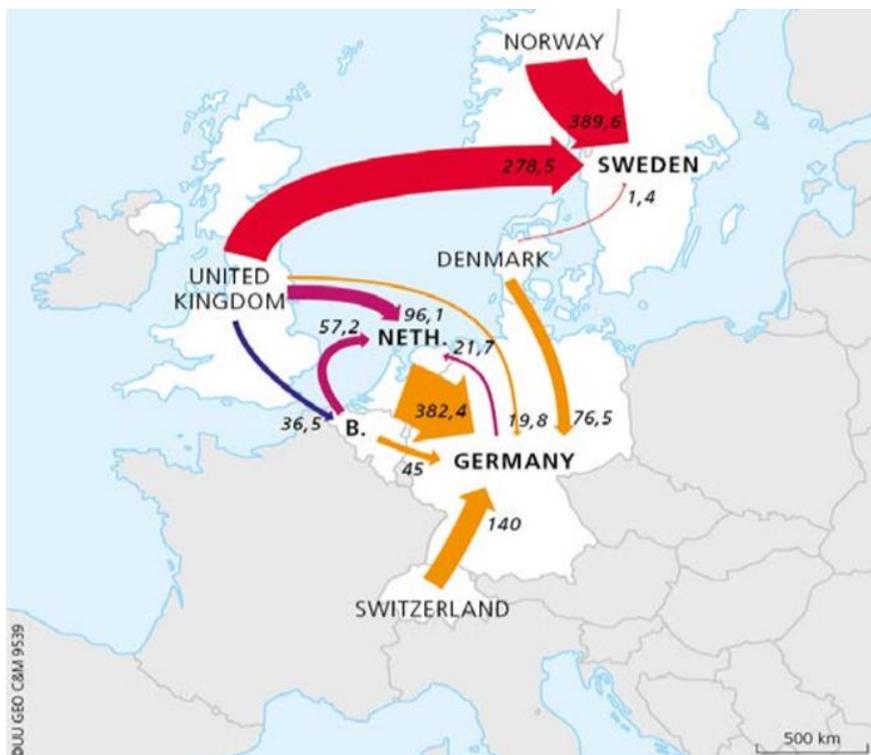


Abbildung 9: Transnationale Verbringung von ungefährlichem Altholz (AVV 191207) in Kilotonnen im Jahr 2016 (IEA Bioenergy 2019: 8)

2.3.2 Altholz zur stofflichen Verwertung in der EU

Die stoffliche Verwertung von Altholz erfolgt in der Holzwerkstoffindustrie, und hier bisher nahezu ausschließlich im Rahmen der Produktion von Spanplatten. Der Einsatz von Altholz in der MDF-Produktion ist für die Zukunft ebenfalls geplant, hat sich aber noch nicht am Markt durchgesetzt. Diesbezügliche Mengeneinsätze sind derzeit also vernachlässigbar.

Die holzbe- und verarbeitende Industrie ist in der Lage eigene Nebenprodukte sowohl stofflich als auch energetisch zu nutzen und somit im Sinne der Kreislaufwirtschaft zu agieren.

Deutschland und Frankreich sind 2013 in der EU Marktführer im Bereich der Produktion von Spanplatten und besichern ihre Produktion mit entsprechenden Lieferketten für Frisch- und Althölzern (vergleiche Abbildung 10). Italien setzt zu 95% Altholz in der Holzwerkstoffindustrie ein und fragt mit 2,2 Mio t/a dadurch mehr Altholz - vorrangig aus Frankreich - nach, als Deutschland und Frankreich zusammen auf nationaler Ebene einsetzen (ca. 2,1 Mio. t/a). Aufgrund von Rohstoffmangel bei Frischholz in Norditalien ist die traditionell starke Spanplattenindustrie dort auf Importe angewiesen. Da Altholz günstiger ist als Frischholz, wird dieses bevorzugt. Begünstigender Faktor ist hierbei die gute Anbindung über das Schienennetz an Frankreich.

Land	Spanplatten- produktion 2013	Anteil Altholz im Rohmaterialeinsatz	Nationaler Verbrauch von Altholz in der HWI
	in 1.000 m ³	in %	in 1.000 Tonnen
Deutschland	5.600	30	1400
Frankreich	3.811	22	680
Italien	2.652	95	2150
Großbritannien	2.012	52	890
Österreich	1.840	35	550
Spanien	1.465	32	390
Belgien	1.250	70	850
Schweden	600	-	-
Portugal	590	25	130
Schweiz	370	-	-
Dänemark	316	67	180

Tonnen wie angeliefert mit typischem Wassergehalt von 20-25%

Abbildung 10: Übersicht zu Anteilen an Altholz in Spanplattenprodukten in der EU 2013 nach WBPI Online 2019a

Der bisher relativ geringe Anteil von Altholz in der Holzwerkstoffindustrie Deutschlands ist vorwiegend auf die Bedenken zur Produktqualität (Schadstoffakkumulation) zurückzuführen. Die Spanplattenwerke müssen aus Wettbewerbsgründen jedoch in den letzten Jahren den Altholzanteil erhöhen, da die deutschen Platten auf dem Weltmarkt sonst auf Grund der Rosthoffkosten nicht mehr wettbewerbsfähig sind. Zusätzlich sind

Energie und Arbeit in Osteuropa und Fernost deutlich günstiger, was steigende Anteile an günstigem Altholz in der deutschen Spanplatte befördert. Frankreich hat nur einen Anteil von ca. 20% Altholz in den Holzwerkstoffen und ist gleichzeitig Hauptexporteur für Altholz zur stofflichen Verwertung nach Belgien und Italien geworden (WBPI Online 2019b), die auf Grund ihrer Anteile von 70% bzw. 95% Altholz in Holzwerkstoffen große Mengen an Altholz nachfragen (siehe Abbildung 10). Diese Länder haben zudem kaum nennenswerte Möglichkeiten zur energetischen Verwertung von Altholz, so dass Exporte erforderlich werden, seitdem eine Deponierung nicht mehr zulässig ist.

Obwohl laut dem Marktbericht eines führenden Marktakteures im Bereich der Spanplattenanlagentechnik die Produktionskapazität der Spanplattenindustrie in Europa stagniert, könnten die Anteile und daher die nachgefragten Altholz-Mengen für die Holzwerkstoffindustrie – rein aus wirtschaftlicher Sicht - steigen. Der zusätzliche Altholzbedarf z.B. für die Holzwerkstoffindustrie in Deutschland wird diesbezüglich auf 0,5 Mio. t/a bis 2035 eingeschätzt (Strohmeier 2019). Kann diesbezüglich kein korrelierender Anstieg des Marktvolumens generiert werden, wird dadurch potenziell Frischholz verdrängt, welches dann ggf. einen Absatz im Energiemarkt findet.

Diese Einschätzung liefert einen Hinweis darauf, dass der Holzmarkt mit seiner Stoffstromverteilung ganzheitlich zu bewerten ist und segmentierte Analysen z.B. nur für den Altholzsektor ggf. zu kurz greifen. Des Weiteren ist auch auf europäischer Ebene ein Diskurs hinsichtlich der Zuordnung von Stoffströmen zu den jeweiligen Verwertungspfaden im Kontext einer schadlosen Verwertung/Entsorgung zu führen.

2.3.3 Altholz zur energetischen Verwertung in der EU

Für die energetische Verwertung sind alle Verbrennungsanlagen potenzielle Nachfrager von Altholz, sofern dieser Brennstoff für die Verwertungsanlage rechtlich zulässig ist (BlmSchV-Genehmigung). Hierbei gelten aufgrund vorgeschalteter Aufbereitungstechnologien, gesetzlicher Auflagen sowie entsprechender Maßnahmen zur Emissionsminderung gegebenenfalls geringere Anforderungen an die Input-Qualität als in der Spanplattenindustrie.

Generell unterliegt Altholz als Abfall den Belangen der Kreislaufwirtschaft. Mit Bezug auf die Abfallhierarchie und den dort genannten Prüfkriterien z.B. hinsichtlich der Gesamtauswirkungen auf die Umwelt sowie hinsichtlich des in Europa nicht überall vollständig umgesetzten Deponierungsverbots von Organik ist eine energetische Verwertung ein notwendiger und unumgänglicher Bestandteil der schadfrienen Verwertung von solchen Althölzern, die nicht stofflich in der Holzwerkstoffindustrie eingesetzt werden können.

Der auf EU-Ebene nicht harmonisierte Kapazitätszubau hinsichtlich der Verwertungspfade, führte zu einem uneinheitlichen Zubau von Verbrennungskapazitäten mit entsprechender Getrennterfassung, Mobilisierung und Mengensteigerung von Biomasse auf EU-Ebene. Deutschland - insbesondere angereizt durch das EEG 2000 sowie

durch den flächendeckenden Ausstieg aus der Deponierung organischer Abfälle - und Schweden sind Hauptabnehmer für Altholz mit dem Ziel der energetischen Verwertung innerhalb der EU (WBPI Online 2019c, IEA Bioenergy 2019: 8). Deutschland ist dabei mit Blick auf die ausgebaute energetische Verwertungskapazität Vorreiter vor allen anderen Ländern der EU und setzt daher auch wichtige Impulse hinsichtlich der Mobilisierung der Inlands-Altholzmengen.

2.3.4 Zukünftige Entwicklungen mit Einfluss auf den Altholzhandel in der EU

Altholz wird als Sekundärrohstoff für die energetische und stoffliche Verwertung EU-weit verbraucht. Die EU-Verordnung VO 1013/2006/EG auf Basis des Basler Übereinkommens (UBA 1989) stellt entsprechende Regeln für den grenzüberschreitenden Handel und die Verwertung von Abfällen auf. Die EU-Mitgliedsstaaten sind diesbezüglich verpflichtet die europäischen Regelungen einzuhalten. Ihre jeweils verfügbaren nationalen Verwertungsoptionen und Preisbildungsmechanismen wirken sich dabei auf die länderspezifische Marktsituation für Altholz in Europa aus.

Wichtig bei der Durchführung der Im- und Exporte sind die rechtlichen „Regularien“ für Abfälle, die im EU-weiteren Handel gültig sind. Zum einem ist Abfall kein freies Handelsgut. Die Verbringung von Abfällen über die Ländergrenzen ist anzeigepflichtig. Zugelassene Abfälle werden über die Grüne und Gelbe Liste der VO 1013/2006/EG geregelt.

Zukünftig könnten folgende EU-weit gültigen Empfehlungen (Falkenberg 2017) entscheidenden Einfluss auf die verfügbaren Altholzmengen und deren Verwertung haben:

- EU-weite Einführung einer Getrennsammlung für Altholz
- EU-weit einheitliche hohe Standards für chemische Grenzwerte bei Spanplatten am Beispiel Deutschland und Österreich
- EU-weit einheitliche Definition der Abfallende-Kriterien für Holz
- EU-weit verbindliche und einheitliche Standards für Altholzkategorien

Problematisch erscheint eine sektoral für Altholz eingeforderte Umsetzung der für Siedlungsabfall EU-weit festgelegten Recyclingquote von 65 % im Jahr 2035. Dies hätte eine drastische Erhöhung der stofflichen Verwertung um 50%-Punkte (von 15% auf 65% bis 2035) zur Konsequenz. Die Kapazitäten zur entsprechenden Erhöhung der stofflichen Verwertungsquote (je nach Mobilisierungsmenge bis zu 25 Mio. t/a) sind zurzeit in Europa weder vorhanden noch seitens der Nachfrage nach Spanplatten realistisch darstellbar.

Ergänzend sei an dieser Stelle nochmals auf potenzielle Mengenstromverlagerungseffekte hingewiesen, die sich aus den in Kapitel 2.2 genannten Zielsetzungen des EU-Kreislaufwirtschaftspaketes (hier: Ausstieg aus der Deponierung organischer Abfälle, Verpflichtung zur Getrennthaltung, etc.) ergeben können.

Diese Entwicklungen werden im Arbeitspaket „Post-EEG-Geschäftsmodellentwicklung“ mitbetrachtet und in die Entwicklung von Handlungsempfehlungen integriert (Kapitel 8).

2.4 Zwischenfazit Europäische Dimension

Altholz ist ein Abfall, der grundsätzlich in allen Ländern Europas anfällt und dessen Entsorgung entsprechend zu organisieren ist. Allerdings sind sowohl die Erfassung von Altholz, als auch seine Verwertung im Kontext der jeweiligen Preisbildungsmechanismen und Standards länderspezifisch sehr unterschiedlich. Differierende Entsorgungsstrukturen mit teilweise noch sehr hohen Deponierungsquoten, abweichenden Finanzierungs- und Anreizsystemen sowie uneinheitlichen technischen Standards und Kontrollmechanismen führen dabei insgesamt zu einer sehr heterogenen Situation im europäischen Altholz-Entsorgungsmarkt. In den Ländern, in denen ein weitest gehender Ausstieg aus der Deponierung organischer Abfälle bereits vollzogen ist, sind in diesem Zusammenhang – teilweise unterstützt durch Anreizsysteme zur Nutzung erneuerbarer Energien – tendenziell tragfähigere Systeme zur Altholz-Verwertung etabliert, als in denjenigen in denen das Altholz neben dem Siedlungsabfall und anderen biologisch abbaubaren Reststoffen weiterhin auf Deponien abgelagert wird oder eine Verwertung über nicht transparente Wege stattfindet (KOM 2019).

Länder wie insbesondere Spanien, Italien, Polen und Tschechien importieren teilweise Altholz, um es dort in der Spanplattenproduktion einzusetzen. Nach Branchenangaben sind die Ansprüche an die eingesetzten Altholzqualitäten hier allerdings unterhalb denjenigen des deutschen Niveaus.⁹ Eine energetische Verwertung von Altholz in Biomasseheiz-/ kraftwerken findet hier so gut wie nicht statt.

Vor diesem Hintergrund erscheint eine Harmonisierung der europäischen Rahmenbedingungen zur Altholz-Verwertung und -Entsorgung dringend angeraten. Neben der bereits verfügbaren Reduktion der Abfalldeponierung sollten hier tragfähige Recyclingquoten im Kontext der verfügbaren bzw. ausbaubaren Märkte sowie verträglicher Standards für Inputmaterialien stofflicher und energetischer Verwertungsketten im Hinblick auf abgesicherte Produktqualitäten und ein umweltverträgliches Emissionsverhalten europaweit festgelegt werden. Im Bereich der energetischen Verwertung ist in diesem Zusammenhang auf eine effiziente Nutzung des Stoffstroms Altholz zu achten. Auch ist bei der Ausgestaltung des Abfallrechtes im Hinblick auf Kaskadennutzungen zu beachten, dass die stoffliche Industrie alleine nicht das gesamte in der EU anfallende Altholz verwerten kann und somit die energetische Nutzung des Altholzes mitgedacht werden muss.

⁹ FVH im BBE, 2018

3 Rechtsrahmen für Altholz in Deutschland

Im folgenden Kapitel werden die fach- und förderrechtlichen Rahmenbedingungen in Deutschland mit Bezug auf Altholz dargestellt. Dieses Kapitel wird methodisch durch eine Desktoprecherche relevanter Gesetzestexte gestützt.

3.1 Abfallrecht

In Deutschland bildet das **Kreislaufwirtschaftsgesetz** (KrWG) mit Inkrafttreten am 01.06.2012 die konkretisierte nationale Rechtsgrundlage für die RL 2008/98/EG. Hierbei wurde die Abfallhierarchie (vgl. § 6 KrWG) definiert, nach der ein Vorrang der stofflichen vor der energetischen Verwertung festgelegt wurde. Während Paragraph 6 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes die energetische Nutzung gegenüber der stofflichen als nachrangig erklärt, definiert Paragraph 4 der (in 2019 noch) aktuellen Altholzverordnung deren Gleichrangigkeit. Davon unberührt bleiben die Vorgaben einer hochwertigen und für Mensch und Umwelt bestmöglichen Schutz bietenden Art der Verwertung im Kontext der unter § 6 Abs. 2 KrWG definierten Prüfkriterien (u.a. Emissionen, Ressourcenschonung, Schadstoffanreicherung in Erzeugnissen). Im Einzelfall muss hier geprüft werden, inwieweit stoffliche oder direkte energetische Verwertungsprozesse diese Vorgaben erfüllen.

Flankierend ist zudem die EU-weite Deponierichtlinie RL 1999/31/EG zu nennen, die neben anderen Regelwerken in der zusammenführenden **Deponieverordnung** (DepV) 2017 in Deutschland die Rechtsgrundlage für die Beseitigung von Abfällen darstellt. Mit Relevanz zur Entsorgung von Altholz ist die Begrenzung des organischen Anteils, in Abhängigkeit von der Deponieklasse, auf max. 5 Masseprozent (hier gemessen als Glühverlust für DK II) zu berücksichtigen, so dass eine entsprechende Vorbehandlung (= Inertisierung) des organischen Anteils erfolgen muss. Die energetische Verwertung erfüllt diese Anforderung (= Asche zur Deponierung) und wirkt ebenfalls im Sinne der Abfallhierarchie (energetische Verwertung vor Beseitigung).

Als Konkretisierung der abfallrechtlichen Vorschriften im Altholzsektor wurde 2002 die **Altholzverordnung (AltholzV)** eingeführt, gültig in ihrer letzten Änderung vom 29.03.2017. Ursächlich hierzu waren die Anforderungen der Chemikalienverbotsverordnung (ChemVerbotsV) sowie der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und Überlegungen zur Harmonisierung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) sowie die Notwendigkeit der Einführung von Qualitätskriterien (konkretisiert in der Definition von Altholzkategorien) mit Bezug auf den innereuropäischen Warenhandel¹⁰.

Die AltholzV definiert fünf Altholzkategorien (vgl. §2 Nr. 4 & 5 AltholzV):

¹⁰ <http://www.boxer99.de/Global/Download/%7BBIDMITPBDBW-51420100747-UMUQUTIDLR%7D.pdf>

- **Altholzkategorie A I:** naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde,
- **Altholzkategorie A II:** verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel,
- **Altholzkategorie A III:** Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel,
- **Altholzkategorie A IV:** mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, Rebpfähle, sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien A I, A II oder A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz;
- **PCB-Altholz:** Altholz, das PCB im Sinne der PCB/PCT-Abfallverordnung enthält und nach deren Vorschriften zu entsorgen ist, insbesondere Dämm- und Schallschutzplatten, die mit Mitteln behandelt wurden, die polychlorierte Biphenyle enthalten;

Des Weiteren wird als wichtige Begrifflichkeit zwischen Gebraucht- und Industrierestholz unterschieden. Im Englischen wird auch der Begriff „Post-consumer wood“ für Gebrauchtholz verwendet.

Industrieresthölzer gelten im Sinne des § 4 KrWG als Nebenprodukte (Regelvermutung) und fallen somit nicht unter den Abfallbegriff. Sollte aber ein Entledigungswille nach § 3 KrWG vorliegen sowie die Bedingungen des § 4 KrWG „Nebenprodukte“ nicht erfüllt sein, fallen diese Hölzer unter den Begriff „Altholz“ im Sinne des § 2 Nr. 1 AltholzV und werden in den Altholz-Kreislaufwirtschaftsprozess integriert. Diese definitiven Fragen haben u.a. Auswirkungen auf die Förderfähigkeit der energetischen Altholzverwertung auf der Basis energiewirtschaftlicher Anreizsysteme (siehe hierzu auch Kapitel 3.2. Im ersten Fall (Industrieresthölzer) sind die Hölzer noch anerkannte Biomasse i.S. von § 2 der aktuellen BiomasseV 2016, im zweiten Fall (gleiches Material aber mit Entledigungswille) fallen – gemäß der projektinternen Lesart¹¹ - die Hölzer trotz gegenteiliger Nennung in § 3 BiomasseV aufgrund des Entledigungswillens nicht mehr unter die anerkannte Biomasse und sind damit nicht mehr EEG-förderfähig. Bei Altanlagen gilt die BiomasseV 2001 bis zum Förderende. Zur fachgerechten Interpretation des Gesetzestextes sollte eine Anfrage bei der Clearingstelle gestellt werden.

In Deutschland ist die stoffliche Altholz-Nutzung durch die AltholzV explizit auf nationaler Ebene verbindlich mittels Grenzwerten (vgl. Anhang II AltholzV) geregelt, um

¹¹ Anmerkung: die damit verbundene Fragestellung war Bestandteil eines Diskurses im Rahmen der Beiratssitzungen des Vorhabens. Die darauf aufbauende projektinterne Interpretation bezieht sich danach auf folgende Sichtweise: Industrierestholz, welches an den Produktionsstandorten der Sägeholz- bzw. Holzwerkstoffindustrie im Rahmen interner Prozesse energetisch genutzt wird, ist Nebenprodukt i.S. von § 4 KrWG sowie anerkannte Biomasse i.S. von § 2 BiomasseV und dementsprechend EEG-förderfähig; dies gilt nicht für Industrierestholz, welches den Produktionsstandort verlässt und i.S. eines Entledigungswillens als Abfall entsorgt wird; unisono wird diesbezüglich allerdings aufgrund der unscharfen Auslegungsmöglichkeiten ein Regelungsbedarf im Sinne einer Konkretisierung der Schnittstelle zwischen abfall- und energierechtlichen Festlegungen gefordert).

eine bestmögliche Verwertung im Sinne der Abfallhierarchie sowie der damit verbundenen Prüfkriterien sicherzustellen. § 4 der aktuell gültigen AltholzV definiert diesbezüglich die energetische und die stoffliche Verwertung als gleich hochwertig im Sinne der Abfallhierarchie (vergleiche § 6 KrWG).

Gemischte Altholzhäufungen können unter Umständen unentdeckte Anteile gefährlicher Abfälle enthalten, die auch auf Basis einer Sichtprüfung nach § 5 AltholzV durch ein Altholzaufbereitungsunternehmen nicht ausgeschlossen werden können. Hierbei sind Vermischungen und somit Schadstoffverschleppungen möglich. Die Einhaltung von Grenzwerten nach Anhang II AltholzV ist dadurch eventuell nicht gegeben und die Charge kann unter Umständen nicht einer stofflichen Verwertung zugeführt und muss energetisch verwertet werden. Verantwortung für die Vermeidung bzw. Feststellung von Kontaminationen (d.h. Feststellung gefahrenrelevanter Merkmale „Hazards“ nach § 3 Abs. 2 AVV) trägt der Abfallerzeuger. Nach § 6 Abs. 5 AltholzV *„gilt für die Einstufung von Altholz als gefährlicher Abfall die AVV. Als Regelvermutung können die Hinweise auf den Abfallschlüssel in Anhang III herangezogen werden. Enthält ein Altholzmisch Altholz, welches als gefährlicher Abfall einzustufen ist, so ist das gesamte Gemisch als gefährlicher Abfall einzustufen.“* Somit besteht für diese Gemische ein faktische Verbot der stofflichen Verwertung in der Holzwerkstoffindustrie.

Mit Hinblick auf die gesicherte stoffliche Verwertung, vorrangig im Bereich der Holzwerkstoffindustrie, wurden mit dem RAL-Gütezeichen 428 (RAL-GZ 428) die Qualitäten für Recycling- und Altholz verbindlich festgelegt. Die Vorgaben des Gütezeichens beziehen sich vorrangig auf die Vorgaben der Altholzverordnung. Das Gütezeichen hat allerdings praktisch wenig Relevanz.

Weitere Regularien, insbesondere mit Bezug auf den internationalen Handel mit Abfällen, bilden das deutsche **Abfallverbringungsgesetz** (AbfVerbrG) vom 28.07.2007 in Verbindung mit der unmittelbar geltenden europäischen VO 1013/2006/EG über die Verbringung von Abfällen. Eine grenzüberschreitende Verbringung von Abfällen, die nicht auf der "Grünen Liste" gemäß Anhang III der Richtlinie 91/689/EWG aufgeführt sind, unterliegt dem Notifizierungsverfahren. Bei einem Notifizierungsverfahren müssen Abfälle vor Beginn der Abfallverbringungen und für jeden Abfalltransport vorkontrolliert werden. Die geplante Verbringung von Abfällen muss vom Exporteur mittels Notifizierungs- und Begleitformular bei der zuständigen Behörde im Heimatland beantragt werden. Grenzüberschreitende Abfallverbringungen sind nur dann zulässig, wenn vorher die zuständigen Behörden am Versandort (Exportstaat) und am Bestimmungsort (Importstaat) schriftlich zugestimmt haben.

Abfälle werden für den praktischen Vollzug im Sinne des Europäischen Abfallkatalogs in der **Abfallverzeichnisverordnung** (AVV) für Deutschland nach Herkunftsbereichen in 6-stellige Schlüsselnummern mit Anfangsziffern zwischen 0 – 20 eingeteilt. Hierbei werden die Abfälle in 3 Kategorien unterschieden: Abfälle ohne Gefährlichkeitsmerkmale, Abfälle mit Gefährlichkeitsmerkmalen mit Sternchen (XX XX XX*) und Abfälle

(„Spiegeleinträge“) die nicht einheitlich als gefährlich oder nicht-gefährlich unterschieden werden und durch eine Schlüsselnummer ohne und mit Sternchen dargestellt werden. Grundlage der Beurteilung der Gefährlichkeitsmerkmale bildet Anhang III der RL 2008/98/EG. Für Deutschland sind entsprechende Vollzugshilfen zur AVV durch die LAGA 2018 und BMU 2001 definiert. Auf Ebene der EU ist der Leitfaden TL 2018/C 124/01 zu Gefährdungsbeurteilung von Abfällen zu nennen.

Ein weiterer wichtiger Diskussionspunkt im Rahmen der Projektbearbeitung ergab sich hinsichtlich der Frage zum „**Ende der Abfalleigenschaft**“ bei Altholz. Eine Aufbereitung zum Holzhackschnitzel reicht diesbezüglich nicht aus. Gemäß den unter BMU-Beteiligung geführten Gesprächen im Rahmen des Projektbeirates endet die Abfalleigenschaft von Altholz mit dem Einsatz in der Plattenherstellung (Einbringung in den Prozess) bzw. in alternativen Verwertungsprodukten und nicht bereits mit der Aufbereitung zu Hackschnitzeln mit Vermarktungsintention¹². Bezüglich der definierten **Altholzqualitäten** (Grenzwerte) für stoffliche und energetische Nutzungspfade finden sich im Hinblick auf die relevanten Parameter sowie die korrespondierenden Methoden zur Probenahme entsprechende Regelungen in der Altholzverordnung. Diese befindet sich zum Redaktionsschluss noch im Novellierungsprozess. Entsprechende Untersuchungen zu diesem Thema waren nicht Gegenstand des hier vorliegenden Vorhabens, welches sich insofern auf den diesbezüglich anzusetzenden ‚Status quo‘ bezieht. Im Hinblick auf die Analyse potenzieller neuer Regelungsansätze wird auf das parallel gelaufene Projekt der FH Münster verwiesen (Flamme et al. 2019).

3.2 Förderrecht

Die Refinanzierung von Altholzanlagen zur energetischen Biomasse-Verwertung wurden erstmalig im Jahr 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2000) geregelt. Das wesentliche und quantifizierte Ziel des Gesetzes war es, den Anteil der erneuerbaren Energien (EE) an der Stromerzeugung deutlich zu erhöhen (§1 EEG 2000). Die Nutzung der Biomasse stellte ein bis dahin unzureichend erschlossenes Potenzial für eine klimaschonende Energieversorgung dar, welches gleichzeitig zusätzliche Perspektiven für die einheimische Land- und Forstwirtschaft bot (Deutscher Bundestag 1999: 9). Für die Einspeisung erneuerbaren Stromes wurden eine entsprechende Vergütung und das Recht zur vorrangigen Einspeisung festgelegt. Mit dieser Einspeisevergütung sollte der rationelle Betrieb von optimierten Anlagen zur Erzeugung von erneuerbarem Strom wirtschaftlich ermöglicht werden, ohne die üblichen unternehmerischen Risiken der Anlagenbetreiber im Strommarkt zu übernehmen (Deutscher Bundestag 1999: 7). Im Fazit bedeutete dies, dass über das EEG das Abnahme- und Strompreisrisiko (Einspeisevorrang und Vergütung) abgedeckt wurde, das Risiko

¹² Radde, A., persönliche Auskunft im Rahmen der 1. Sitzung des Projektbeirates vom 20.02.2018

für Anlagenbetrieb bzw. die Stromerzeugung jedoch im Zuständigkeitsbereich des Anlagenbetreibers verblieb. Hierbei ist es für den Anlagenbetreiber rational, die Stromerzeugung zu maximieren, was auch im Sinne des Gesetzes war.

Im Jahr 2012 wurde über eine Änderung in der Biomasseverordnung (BiomasseV 2012) die EEG-Förderung für neue Altholzanlagen eingestellt. Grund hierfür waren, gemäß der Untersuchung zum Erfahrungsbericht des EEGs (DBFZ 2011: 101) ausgeschöpfte Altholzpoteziale in Deutschland, weshalb – nicht zuletzt auch durch die Intervention von Akteuren der stofflichen Altholznutzung - keine zusätzlichen Anreize für eine energetische Altholznutzung mehr gesetzt werden sollten. Im Hinblick auf die unterschiedlichen Regelungen zu den Stoffströmen „Gebrauchtholz“ und „Industrierestholz“ wird auf Kap. 3.1 verwiesen.

Die Weiterentwicklungen des EEGs ermöglichen den bestehenden Altholzanlagen optional den erzeugten Strom selbst zu vermarkten. Bei der Direktvermarktung über das Marktprämienmodell des EEGs 2012 wird der Unterschied zwischen den Börsenpreisen aus dem Vortageshandel der Strombörse EPEX SPOT¹³ und alternativen fixen Einspeisevergütung über die Marktprämie ausgeglichen. Mit einer optimierten Vermarktung, z. B. durch das zusätzliche Angebot von Regelenergie, können prinzipiell zusätzliche Einnahmen generiert werden; allerdings trägt das Risiko der Vermarkter (siehe Abbildung 11).

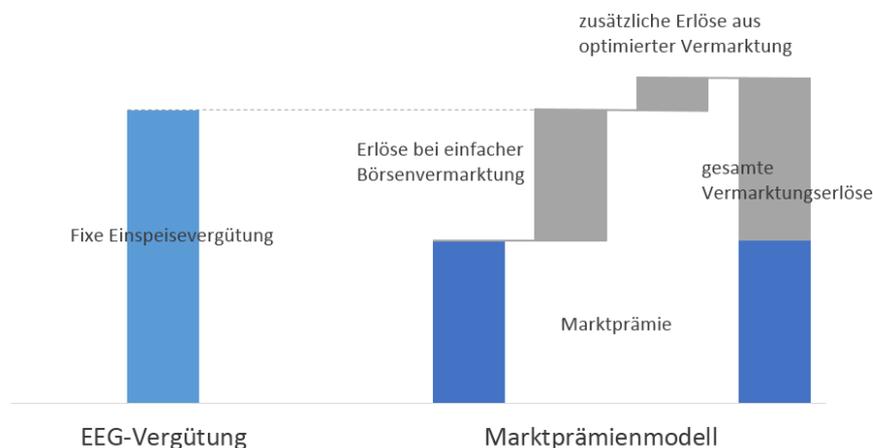


Abbildung 11: Vereinfachte Gegenüberstellung von fixer EEG-Vergütung zu Marktprämienmodell (Eigene Darstellung)

Im aktuellen EEG (EEG 2017) existiert im Unterschied zu Industrierestholzanlagen keine Anschlussregelung für Altholzanlagen, welche deren Betrieb über die primär geförderten 20 Jahre hinaus verlängern kann. Erste Altholz(heiz)kraftanlagen, die demnächst aus der EEG-Vergütung fallen, müssen daher den erzeugten Strom selbständig vermarkten. Eine weitere Vergütung ist nicht vorgesehen.

¹³ <https://www.epexspot.com/de/>

Im Rahmen der Wirtschaftsplanung der Altholzkraftwerke in Deutschland waren in der Vergangenheit die Einnahmen aus der EEG Umlage die wichtigste Umsatzgröße. Die EEG-Vergütungssätze der unterschiedlichen EEG Jahrgänge sind exemplarisch in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: EEG Vergütungssätze für Altholzanlagen

Bezeichnung und elektrische Nennleistung	EEG 2000	EEG 2003	EEG 2004
	Vergütungssatz in ct. / kWh _{el}	Vergütungssatz in ct. / kWh _{el}	Vergütungssatz in ct. / kWh _{el}
Grundvergütung, ≤ 150 kW	11,67	11,67	11,67
Grundvergütung, 150-500 kW	10,10	10,00	9,90
Grundvergütung, 500-5.000 kW	9,10	9,00	8,90
Grundvergütung, 5.000-20.000 kW	8,60	5,80	8,40

Darüber hinaus werden für die Kraftwerksleistung und die ausgekoppelte Wärme KWK Boni nach EEG 2008 (vgl. Tabelle 4) gezahlt, die in den durchschnittlichen Vergütungssatz kumulativ einfließen.

Tabelle 4: KWK Bonus Vergütungssätze für Biomasseanlagen EEG 2008

Bezeichnung und elektrische Nennleistung	Vergütungssatz in ct. / kWh _{el}
KWK-Bonus, 0 - 500 kW	3,00
KWK-Bonus, 500-5.000 kW	2,00

3.3 Zwischenfazit deutsches Recht

Das deutsche Recht wird derzeit sowohl bzgl. der Altholzverordnung als auch bzgl. möglicher Vergütungen reformiert. Hierfür gibt es eigene Vorhaben (Flamme 2019) bzw. laufende Evaluierungsprozesse (EEG). Bzgl. des Abfallrechtes zeigt sich aus der Analyse heraus, dass eine europäische Angleichung der verschiedenen nationalen Rechte von hoher Priorität bzgl. eines gleichen level playing fields im Bereich Altholz ist. Nachfolgend werden wichtige Erkenntnisse beschrieben, die v.a. in Kapitel 8 zu Überlegungen neuer Refinanzierungsmechanismen führen.

4 Altholzmarkt in Deutschland

In dem folgenden Teil werden die Entwicklungen des Altholzaufkommens und der Marktpreise beschrieben, hierzu gehören eine segmentspezifische Aufschlüsselung der Massenströme sowie die Recherche entsprechender Marktpreise. Es werden die Entwicklungen des Altholzmarktes in der Vergangenheit analysiert, um zukünftig mögliche Trends ableiten zu können. Diese Trends können bei der Entscheidung über den Weiterbetrieb, die Anpassung oder die Schließung bestehender, EEG-geförderter Altholzkraftwerke unterstützen. Ergänzende Kapitel sind im Anhang 12.2 und 12.12 hinterlegt.

4.1 Methodik

4.1.1 Erhebung des innerdeutschen Aufkommens

Um den deutschen Altholzmarkt abzubilden gibt es methodisch zwei bisher in der Wissenschaft genutzte Wege:

- Auswertung statistischer Ist-Daten aus Destatis und Eurostat
- Umfragen bei Altholzverwertern (z.B. Studien der INFRO-Informationssysteme für Rohstoffe unter Leitung von Prof. Dr. Udo Mantau).

In dem hier vorliegenden Projekt wurde die statistische Herangehensweise gewählt. Dazu wurde das Statistische Bundesamt (Destatis) mit einer Sonderauswertung relevanter Abfallschlüssel je Bundesland beauftragt.

Grundlage der erhobenen Informationen im Rahmen der Sonderauswertung sind die Ergebnisse aus der Fachserie 19, Reihe 1 „Abfallentsorgung“ von Destatis (Destatis 2017). „*Inhaltlich werden die Erhebungsmerkmale in den §§ 3 bis 5 Umweltstatistikgesetz (UStatG) und die Auswahl der Befragten entsprechend § 14 UStatG angeordnet. Die Auskunftspflicht ergibt sich aus § 14 UStatG in Verbindung mit § 15 BStatG.*“ (Destatis 2017: 5)

Basis der Sonderauswertung bei Destatis sind die Abfallschlüssel nach der AVV. Die in Tabelle 5 dargestellten Schlüsselnummern wurden diesbezüglich für jedes deutsche Bundesland angefragt. Dabei sei darauf hingewiesen, dass diese Ermittlung des Marktvolumens auch Althölzer umfasst, die gemäß AltholzV aufgrund der Mengenbegrenzung (>50% Holzanteil) aus der Erhebung fallen würden.

Die im Abfallverzeichnis mit einem Sternchen (*) versehenen Abfallarten sind gefährliche Abfälle im Sinne des § 48 des KrWG. Die Schlüsselnummern zu „Abfällen aus Abfallbehandlungsanlagen“ (19er Schlüsselnummer) wurden im Rahmen der Destatis Sonderauswertung mit abgefragt und liegen auf Bundeslandebene vor. Da es sich dabei um aufbereitete Althölzer aus Abfallentsorgungsanlagen handelt, wurden die Abfallschlüssel 19 12 06* und 19 12 07 bei den innerdeutschen Stoffstrombetrachtungen aus Gründen der Doppelzählung außer Acht gelassen. Anders verhält es sich bei den

grenzüberschreitenden Stoffstrombetrachtungen. Dort sind insbesondere diese Schlüsselnummern betrachtet worden, da nach Expertenmeinung aus dem projektbegleitenden Ausschuss und dem Beirat diese Handelswege vorwiegend aufbereitet bedient werden.

4.1.2 Erhebung Im- und Export

Neben der Erhebung des innerdeutschen Aufkommens galt es die Im- und Exportbewegungen von Altholz zu erfassen, um das außenhandelsbereinigte Altholzaufkommen auf dem deutschen Markt abzubilden. Die ins Ausland exportierten notifizierungspflichtigen Abfälle (siehe Kapitel 3.1) sowie die entsprechenden nach Deutschland importierten Mengen sind in Destatis 2017 nicht enthalten. Diese Mengen werden nach dem Basler Übereinkommen (UBA 1989) überwacht und für Deutschland vom Umweltbundesamt statistisch ausgewertet. Die hier verwendeten Zahlen stammen daher vom UBA¹⁴, das die aktuellen Zahlenreihen zu notifizierungspflichtigen Abfällen in Jahresberichten veröffentlicht. Diese Zahlenreihen (UBA 2018b/c) fließen in die Aufkommensdarstellung als bereinigende Faktoren ein. Hierzu wurden aus den Zahlenreihen die oben genannten und für das Projekt relevanten Abfallschlüssel für die Jahre 2007 bis 2016 zusammengetragen. Die nicht-notifizierungspflichtigen Altholzmengen können im Rahmen des Projektes nicht fehlerfrei erhoben werden, da sie ohne öffentliche Genehmigung über die Grenzen verbracht werden dürfen und durch das UBA nicht nach Abfallschlüssel sondern nur nach Warengruppen (u.a. Holzabfälle) erfasst werden.

Final wurde im Auftrag der des Projektkonsortiums der Input ausgewählter Abfallarten in Abfallentsorgungsanlagen zu den oben genannten Abfallschlüsseln für die Jahre 2006 bis 2016 für alle Bundesländer durch Destatis (auf Basis der Destatis Fachserie 19, Reihe 1) zusammengestellt und mit den Im- und Exportzahlen zu notifizierungspflichtigen Mengen auf Basis der Zeitreihen des UBA für den gleichen Zeitraum ergänzt.

4.1.3 Annahmen zur Ermittlung des Altholzanteils im Abfallstrom

Würden die einzelnen Stoffströme je Schlüsselnummern in Gänze in die projektimmanente Statistik eingerechnet, würde das realistisch annehmbare Abfallaufkommen deutlich überschätzt werden. Daher wurde je Schlüsselnummer mit einem Reduktionsfaktor gearbeitet, der den Altholzanteil widerspiegelt. Hierzu wurden im ersten Schritt Literaturangaben von Studien mit gleichem Vorgehen verglichen. Folgende Studien haben diesbezüglich prinzipiell eine vergleichbare Methode zur Aufkommensabschätzung von Altholz angewandt:

- IE et. al. 2007 im Rahmen des Monitorings zur Biomasseverordnung

¹⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/grenzueberschreitende-abfallverbringung/grenzueberschreitende-abfallstatistik>

- Mantau&Bilitewski 2005 und 2010 im Rahmen des Stoffstrommodells Holz für den Verband deutscher Papierfabriken e.V. sowie
- UBA 2019b zum Projekt „ReSek - Ressourcenschonung durch eine stoffstromorientierte Sekundärrohstoffwirtschaft“.

Die verwendeten Reduktionsfaktoren stellen den Altholzanteil in der jeweiligen Schlüsselnummer dar. Zu diskutieren und sicherlich auch regional unterschiedlich ist der erschließbare Altholzanteil im Vergleich zum tatsächlichen Altholzanteil. Am Beispiel Sperrmüll (AVV 20 03 07) sei die Problematik dargestellt und erläutert.

Sperrmüll ist sperriger Müll, der aufgrund seiner Größe und Beschaffenheit nicht in den Abfallbehälter passt und daher separat entsorgt werden muss. Der Sperrmüll verfügt über einen hohen Holzanteil. In einer Sperrmüllanalyse des Landes Luxemburg (ECO-Conseil 2016: 41) wurde der Gewichtsanteil von Holz am Sperrmüll im Jahr 2016 auf 38,5 % beziffert. Diese Annahme wurde auch auf die Sperrmüll-Zahlen des vorliegenden Projektes übertragen. Gemäß der oben zitierten luxemburgischen Studie sind Schränke und Regale aus Holz relativ einfach zu trennen und der Altholzverwertung zuzuführen. Andererseits gibt es in diesem Gemenge auch Holz mengen, die z.B. in Polstermöbeln verbaut sind und deren Trennung und Aufbereitung aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht möglich ist. Hierin liegen Unschärfen des Modells, da nicht alle Mengen über die Reduktionsfaktoren richtig zugeteilt werden können, andere Mengen nicht getrennt vorliegen und daher immer Interpretationsspielraum bleibt.

Die in Tabelle 5 dargestellten Reduktionsfaktoren wurden auf die Destatis Zahlen angewendet. Zur Verifizierung wurden diese Faktoren als variable Größe mit Projektpartnern, Beiratsmitgliedern und Praktikern diskutiert und festgelegt. Mit der Übertragung dieser Faktoren auf die gesamte, von Destatis für das Projekt erhobene Datenbasis ergibt sich ein umfassendes Bild des im Projekt ermittelten Altholzaufkommens in Deutschland. Die Im- und Exportzahlen für die verfügbaren Jahre wurden bei diesen Ergebnislisten ergänzt, so dass sich im Ergebnis annähernd ganzheitliche Werte des Altholzaufkommens für die Jahre 2007 bis 2016 ergeben.

4.1.4 Weitere Analyseschritte

Nach der Datenaufbereitung wurden – im Hinblick auf die Ableitung möglicher Trends - Korrelationsanalysen zwischen Abfallschlüssel und dem Bruttoinlandsprodukt, den Holzeinschlagsmengen, den Altholzpreisen sowie dem Abfallaufkommen je Einwohner erstellt. Der Korrelationskoeffizient (r) beschreibt das Maß für die Stärke einer linearen Korrelation zwischen zwei Variablen. Grundsätzlich gilt, dass bei $r = +1$ ein maximal starker, gleichgerichteter Zusammenhang vorliegt. Dies bedeutet, dass die Punkte der zwei Variablen auf einer Geraden liegen. Bei $r = -1$ liegt ein maximal starker, gegenläufiger Zusammenhang vor. Bei $r = 0$ liegt kein Zusammenhang vor. Bei der Erhebung ist festzustellen, dass es Korrelationen unterschiedlicher Güte zwischen einzelnen Datenreihen gibt. Folgende Faustregel für die Interpretation des Zusammenhangs wurde angewendet:

- Starker Zusammenhang: $r = 0,7$ bis $1,0$ bzw. $-0,7$ bis $-1,0$
- Mittlerer Zusammenhang: $r = 0,4$ bis $0,7$ bzw. $-0,4$ bis $-0,7$
- Schwacher Zusammenhang: $r = 0,0$ bis $0,4$ bzw. $0,0$ bis $-0,4$

Untersucht wurden Korrelationen zwischen den Altholzmengen und

- dem Bruttoinlandsprodukt - BIP (Destatis 2018a) und den Einwohnerzahlen (Destatis 2018b)
- den Altholzpreisen gemäß EUWID, Fachmagazin für Abfallwirtschaft und Recycling, die seit 2001 Preise für Altholz erheben und
- der Holzeinschlagsstatistik, Destatis Fachserie 3 Reihe 3.3.1 (Destatis 2018c).

Tabelle 5: Berücksichtigte Abfallschlüssel incl. Reduktionsfaktoren zur Ermittlung des Altholzanteils als Ansatz der Einschätzung des im Projekt ermittelten Altholzaufkommens

Abfallbezeichnung	EAV	Annahmen Alt-/Holzanteil	Beschreibung
Abfälle der Holzbearbeitung und Herstellung von Platten, Möbeln, Zellstoff, Papier und Pappe	03 01 01	95%	Rinden- und Korkabfälle
	03 01 04*	100%	Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere, die gefährliche Stoffe enthalten
	03 01 05	100%	Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere, mit der Ausnahme derjenigen, die unter 030104* fallen
	03 03 01	100%	Rinden- und Holzabfälle
Verpackungsabfall	15 01 03	100%	Verpackungen aus Holz
	15 01 10*	25%	Verpackungen, die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt wurden
Bau- und Abbruchabfälle	17 02 01	100%	Holz
	17 02 04*	90%	Glas, Kunststoff und Holz, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen ¹⁵	19 12 06*	0%	Holz, das gefährliche Stoffe enthält
	19 12 07	0%	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 191206 fällt
Siedlungsabfälle	20 01 37*	100%	Holz, das gefährliche Stoffe enthält
	20 01 38	100%	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 200137 fällt
	20 03 07	38%	Spermmüll

¹⁵ 19er Schlüsselnummern spielen nur bei der Im- und Exportbetrachtung eine Rolle, bei der innerdeutschen Betrachtung werden sie zur Vermeidung von Doppelzählungen außer Acht gelassen, daher 0% Anteil Holz. Beim Im- und Export fließen diese Werte gänzlich ein.

4.2 Status Quo des Altholzmarktes

Auf Grundlage der projektbezogenen Sonderauswertung von Destatis (Destatis 2018d) wurden für das Projekt die Abfallzahlen mit der in Kapitel 4.1 beschriebenen Methodik für die Jahre 2007 bis 2016 für die Bundesländer analysiert. Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen werden ausführlich im Anhang (Kapitel 12.2) beschrieben.

Auf die umfangreichen Datenlisten wurden in einem ersten Schritt die in Kapitel 4.1.3 erläuterten Reduktionsfaktoren angewendet. Die Im- und Exportzahlen für die verfügbaren Jahre wurden im Saldo dem Inlandsaufkommen hinzugefügt.

4.2.1 Gesamtübersicht

Im- und Exportbereinigt weist der deutsche Altholzmarkt ausgehend von den projektimmanenten Annahmen über die Jahre 2007 bis 2016 eine stetig steigende Altholzmenge auf (Abbildung 12). Lediglich die Jahre 2009 und 2012 weichen von der Regressionslinie nach unten ab.

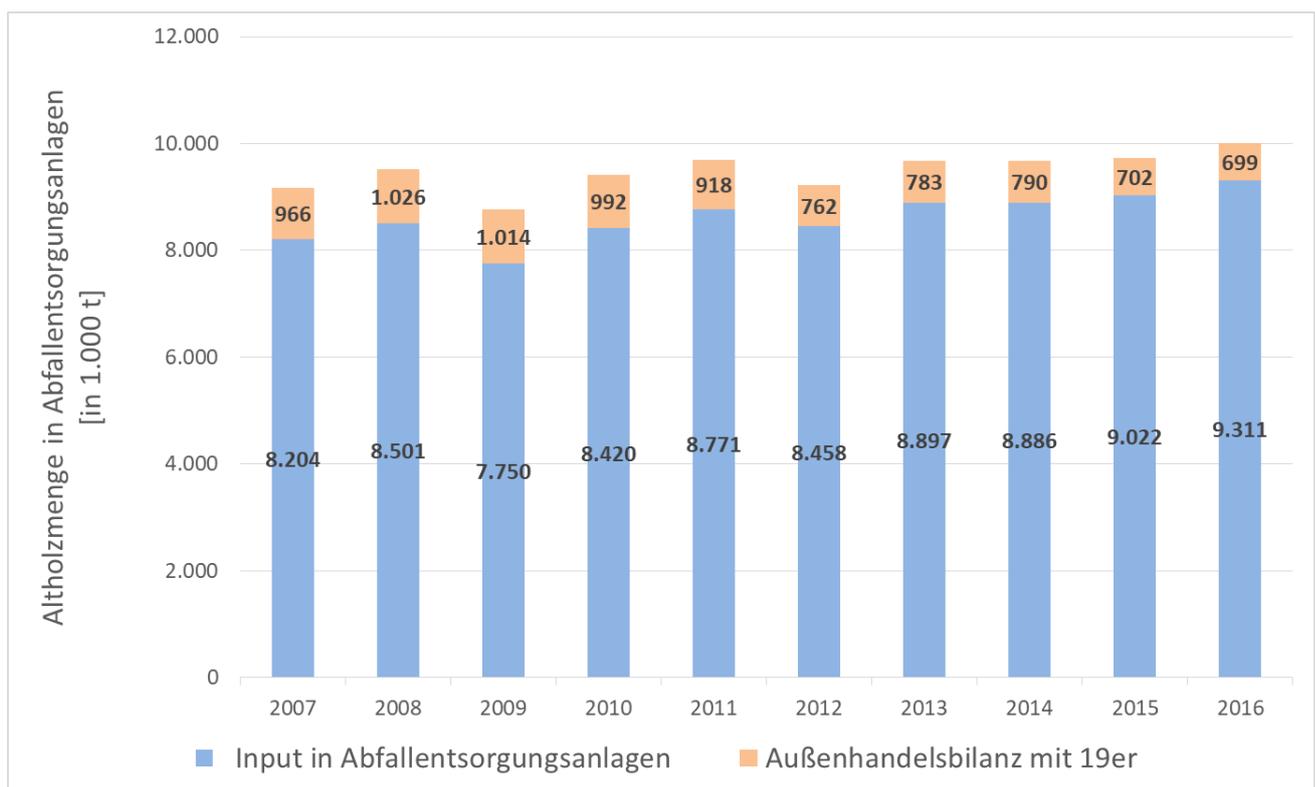


Abbildung 12: Gesamtvolumen Altholz (Im- und Exportbereinigt) in 1000 t zwischen 2007 und 2016 (Eigene Darstellung auf Basis Destatis 2018d)

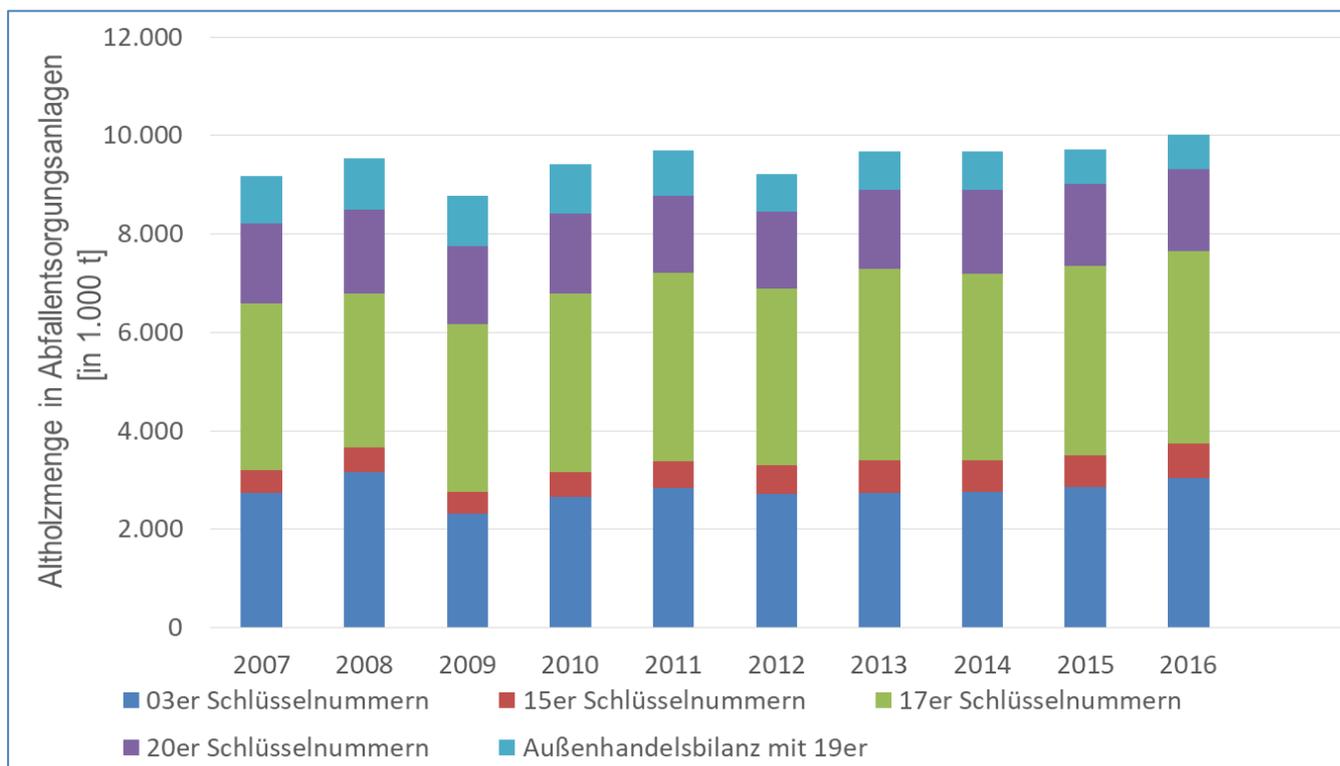


Abbildung 13: Altholz-Input in Entsorgungsanlagen in 1.000 t je Abfallschlüsselkapitel (Eigene Darstellung auf Basis Destatis 2018d)

Der aus den Daten zu extrahierende Altholz – Input in Entsorgungsanlagen generiert sich aus vier Abfallschlüsselkapitel. Abbildung 13 stellt die Ergebnisse für diese vier Kategorien zwischen 2007 und 2016 dar.

- Die 03-er Abfallschlüsselkapitel sind Altholz aus der Holzbearbeitung und Herstellung von Platten, Möbeln, Zellstoff, Papier und Pappe
- Die 15-er Abfallschlüsselkapitel sind Altholz aus Verpackungsabfall
- Die 17-er Abfallschlüsselkapitel sind Althölzer aus Bau- und Abbruchabfälle
- Die 20-er Abfallschlüsselkapitel subsumieren Althölzer aus Siedlungsabfällen

Es wurden Bestimmtheitsmaße als einfache lineare Regressionsanalysen der Zeitreihen ermittelt, die den Trend und das Maß der Streuung und damit Ungenauigkeit der Trends widerspiegeln. Es zeigt sich für den Input in Abfallentsorgungsanlagen eine leicht zunehmende Tendenz, mit einem mittleren Bestimmtheitsmaß von 0,6 über die zehn betrachteten Jahre. Der Export hat ein Bestimmtheitsmaß nahe Null, was auf einen geringen Zusammenhang hindeutet. Der Importtrend ist leicht steigend über die Jahre, das Bestimmtheitsmaß jedoch lediglich bei 0,5. Die Entwicklung der einzelnen Kategorien ist über die betrachteten Jahre unterschiedlich. So ist das Bestimmtheitsmaß, das Gütemaß der linearen Regression, bei den 15er und 17er Schlüsselnummern mit 0,9 und 0,75 sehr hoch, bei den 03er und 20er Schlüsselnummern hingegen mit 0,05 und 0,1 recht klein.

4.2.2 Außenhandelsbilanz Deutschland

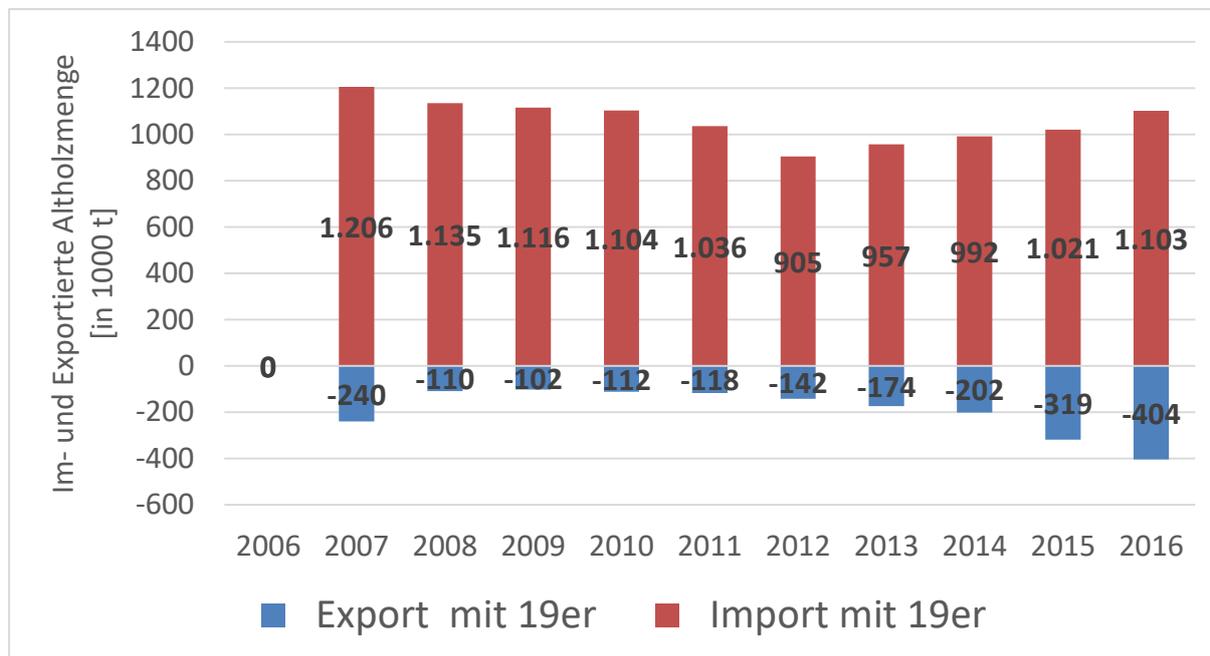


Abbildung 14: Im- und Exportierte notifizierte Altholz mengen in 1.000t (Eigen Darstellung)

In der Außenhandelsbilanz (Abbildung 14) ist über die Jahre 2007 bis 2016 immer ein Importüberhang (Import plus abfließenden Export) zu konstatieren, der zwischen maximal 1.025.000 t (im Jahr 2008) und minimal 699.000 t (im Jahr 2016) liegt. Seit 2009 steigen die Exportzahlen von notifiziertem Altholz stetig an. Der Import sank zwischen 2007 und 2012. Seither ist der Import wieder zunehmend, hat jedoch noch nicht das Niveau von 2007 erreicht.

4.2.3 Altholzkategorien

Die Qualität von Altholz wird in Deutschland gemäß § 2 Abs. 4 AltholzV in vier Kategorien bemessen (vergleiche hierzu Kapitel 3.1). Zum Mengenanfall je Kategorie gibt es keine aktuellen Erhebungen. Je nach Projekt und Untersuchung wird ein Pauschalansatz über alle Schlüsselnummern gewählt, der die Mengen in folgender Verteilung annimmt (IE et al. 2007):

- 36% Kategorie A I
- 45% Kategorie A II
- 6% Kategorie A III
- 13% Kategorie A IV

Ein anderer Ansatz ist die prozentuale Verteilung auf die Kategorien je Abfallschlüsselkapitel, wie in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Aufteilung der Qualitäten je Abfallkategorie (IZES nach IE et al. 2007)

	Anteil A I	Anteil A II	Anteil A III	Anteil A IV
Abfälle der Holzbearbeitung (EAV ¹⁶ 03)	70%	30%		
Verpackungsabfall (EAV 15)	70%	20%	10%	
Bau- und Abbruchabfälle (EAV 17)		70%		30%
Siedlungsabfälle insg. (EAV 20)	20%		80%	
Gefährliche Abfälle				100%

Beide Herangehensweisen kommen auf etwas unterschiedliche Ergebnisse, welche die Realität höchst wahrscheinlich - aufgrund der in der Praxis oftmals in Mischform vorliegenden Altholzsortimente - auch nicht exakt abbilden. Abbildung 15 stellt die Ergebnisse im Mittelwert der Jahre 2006 bis 2016 vergleichend dar. Die Altholzmengen in der Kategorie A I und A II werden in dem Pauschalansatz höher eingeschätzt und liegen jeweils etwa 400.000 t über dem Ansatz zur Ermittlung der Mengen je Qualität und Abfallkategorie. Die Altholzkategorie A III wird hingegen deutlich niedriger eingeschätzt, wenn der Pauschalansatz gewählt wird. Bei der Altholzkategorie A IV ist kaum ein Unterschied zwischen den Methoden erkennbar.

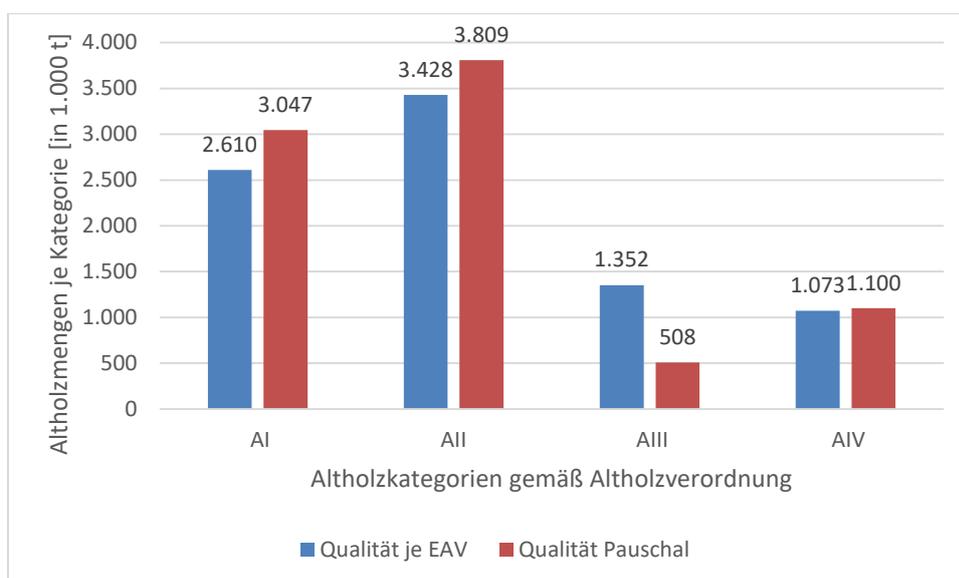


Abbildung 15: Qualitätsannahmen in Altholzkategorien - Pauschal und nach EAV Schlüssel – Mittelwert der Jahre 2006 bis 2015 (in 1.000 t) (Eigene Darstellung)

In verschiedenen Gremien (Projektbegleitender Ausschuss und Beirat zu „Altholz Quo Vadis“) wurden die Qualitätsannahmen diskutiert und es entstand ein heterogenes Bild der Praxis. Eine belastbare Aussage zu Qualitäten der Altholzmengen kann daher nicht vorgenommen werden. Im dem parallel gelaufenen Projekt des Institutes IWARU

¹⁶ EAV Nummer = Europäisches Abfallverzeichnis

(UBA 2019c: 46) wurde folgende Verteilung der Qualitäten angenommen (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Aufteilung der Altholzqualitäten je Abfallschlüssel (IZES nach UBA 2019c: 46)

	Anteil A I	Anteil A II	Anteil A III	Anteil A IV
Abfälle der Holzbearbeitung (EAV 03)	72%	28%		
Verpackungsabfall (EAV 15)	74%	25%		zzgl. geringe Menge A IV Holz (<1%)
Bau- und Abbruchabfälle (EAV 17)	17%	67%		16%
Siedlungsabfälle - Sperrmüll (EAV 20)	n.b.	81%	5%	n.b.
Siedlungsabfälle - sonstige (EAV 20)	n.b.	80%	9%	n.b.

Dabei ist neben Nuancenabweichungen ein wichtiger Punkt zu konstatieren. Bei der IWARU Studie (UBA 2019c) wurde die Regelvermutung zu Sperrmüll in die Kategorie A III übergegangen und diese Mengen komplett als A II deklariert. Auch im Bereich der Verpackungshölzer wurde die Kategorie A III unbeachtet gelassen. Durch diese Annahmen, die sich in den in der Studie genannten Quellen (UBA 2019b: 284f) nicht wiederfinden, wird die Altholzkategorie A III mit 1 Masse-% marginalisiert. Allerdings widerspricht dieses Vorgehen den rechtlichen Vorgaben der aktuell gültigen Altholzverordnung, nach der Gemische immer in die höhere Kategorie eingruppiert werden müssen und der Intention weiterhin vier Qualitätskategorien zu erhalten.

4.2.4 Korrelationsanalysen

Die aus der Anwendung entsprechender Kenngrößen resultierenden, teilweise sehr heterogenen Korrelationen (siehe Anhang 12.2) bedürfen größtenteils einer weitergehenden Interpretation und sind in der vorliegenden Form nicht in allen Fällen geeignet, entsprechende Schlüsse zu ziehen. Aus der jeweils resultierenden Kennzahl selbst kann dabei nicht abgelesen werden, was Ursache und was Wirkung ist. Um dennoch die festgestellten Datenzusammenhänge im Folgenden dazu verwenden zu können, den Trend des zukünftigen Altholzaufkommens – orientiert an den Zahlen der Vergangenheit – zu modellieren, eignet sich daher nach Abwägung im Projektteam einzig das Bruttoinlandsprodukt.

Aufbauend auf den Korrelationsanalysen wurde das Bruttoinlandsprodukt in Deutschland als wichtigste korrelierende Größe festgelegt, da es hierzu auch gesicherte Trendaussagen für die zu betrachtende Zukunft gibt. In der Folge wurde daher das BIP in Korrelation mit dem Altholzaufkommen der Vergangenheit gesetzt und mit der daraus entstehenden Regressionslinie eine Fortschreibung hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen abgeleitet. Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist dabei das Gütemaß der linearen Regression. Wird der Korrelationskoeffizient zwischen „Alle Abfallschlüssel“ und „BIP“ aus Tabelle 21 (0,807) im Anhang 12.2 quadriert, so ergibt sich das Bestimmtheitsmaß von 0,651. Dies entspricht der Darstellung in Abbildung 16. Aus dieser Regressionsanalyse in Kombination mit Prognosen über das BIP in Deutschland (Destatis 2018a),

ergibt sich ein Orientierung für die Ermittlung des zukünftigen Altholzaufkommens, wie es in Kapitel 4.4 dargestellt wird.

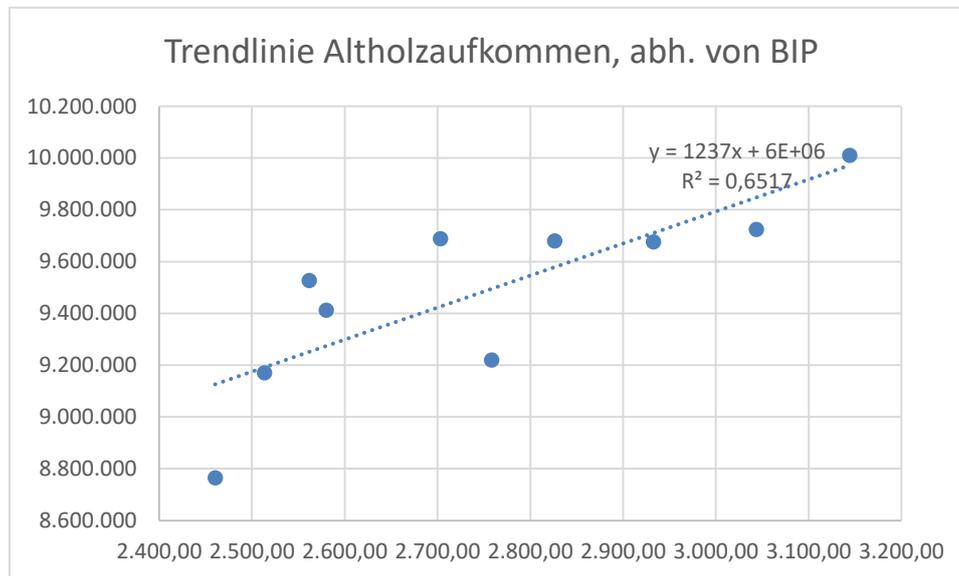


Abbildung 16: Trendlinie Altholzaufkommen in Abhängigkeit vom BIP

Alle anderen Korrelationen (siehe Anhang 12.2) werden aufgrund der Unsicherheiten in der Vorhersage außer Acht gelassen. Mit dem BIP wurde ein solider, branchenunabhängiger Index gefunden, der die Erstellung einer entsprechenden Trendlinie zulässt. Im Rahmen weiterer tiefergehenden Untersuchungen könnten jedoch Zusammenhänge zwischen dem Holzgebrauch und dem Altholzanfall untersucht werden.

4.3 Altholzpreise

Seit Jahren werden die Altholzpreise unterschiedlicher Sortimente in dem Fachjournal EUWID Recycling und Entsorgung veröffentlicht. Die verfügbare Zahlenreihe wurde im Rahmen des Projektes recherchiert und in Abbildung 17 auf einer 16 jährigen Zeitachse (2003 bis 2019) dargestellt. Die Preise spiegeln eine übliche Sortierung bei den Aufbereitungsunternehmen von Altholz wider: A I als unbehandeltes Hackschnitzel, A II und A III als behandeltes Altholz und A IV als kontaminierte Ware.

Bis zum Jahr 2015/2016 sind die Preise vergleichsweise stabil, reagieren selbstverständlich je nach Einfluss der Wirtschaft auf äußere Einflüssen, folgen relativ geordnet dem Marktgeschehen. Im Jahr 2015/ 2016 ist ein starker Einbruch der Preise über alle Sortimente zu verzeichnen. Im April 2016 analysierte EUWID 2016a die Situation folgendermaßen: „Selbst kleinere Stillstände von Verbrennungsanlagen führten „zu einem Aufschrei“ seitens der Aufbereiter, weil üblicherweise Material nur noch von Bestandskunden angenommen wird und Mengen, die über die vertraglich vereinbarten Kontingente hinausgehen, konsequent abgewiesen werden. In der Regel sei die Entsorgungsnot inzwischen so groß, dass Verbrenner sich im steten Abwehrmodus sähen.“

Diese Aussage zeugen von einem sehr ausgewogenen Markt, bei dem kleinste Veränderung des Angebotes oder der Nachfrage größere Preisausschläge zur Folge haben.

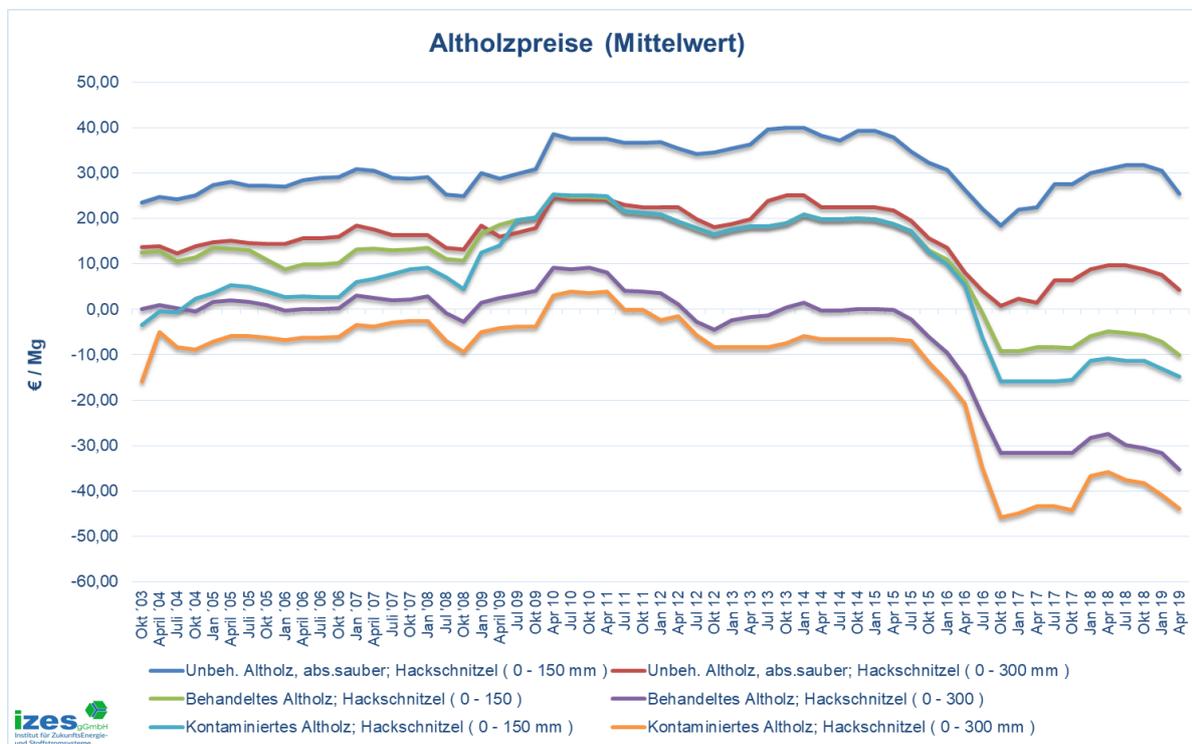


Abbildung 17: Altholzpreise 10/2003 – 04/2019 unterschiedlicher Sortimenten (Eigene Darstellung nach EUWID)

Negative Preise entstehen zumeist bei den belasteten Sortimenten. Dort muss der Erzeuger dem Verwerter oder Aufbereitungsunternehmen Geld für die Entsorgung des Materials zahlen. EUWID veröffentlicht die Preise frei Hoftor beim Endverwerter. Selbst wenn der Endverwerter noch 20 €/t bezahlt, kann das beim Aufbereitungsunternehmen noch einen negativen Preis bedeuten.

Nach Auskunft der Redaktion des EUWID (EUWID 2018a) entspricht kontaminiertes Altholz in dieser Marktübersicht immer der rechtlich fixierten Kategorie IV der Altholzverordnung, behandeltes Altholz ist – angelehnt an die Praxis - eine Mischungsfraction aus A I bis A III, bei manchen Aufbereitungsunternehmen auch A II bis A III mit sehr geringen Anteilen A IV. Weiterhin wird aufgeführt, das häufig fertig gemischte Fraction vermarktet werden, insbesondere wenn an Anlagen nach 17. BImSchV geliefert wird.

4.4 Zwischenfazit zum Altholzmarkt

Kern dieses Kapitels ist die Zusammenführung des ermittelten Altholzaufkommens mit einer Trendanalyse sowie der Untersuchung der bisherigen und zukünftig möglichen Zuordnung der Altholzmengen zu Verwertungs-/Entsorgungspfaden im Rahmen einer Darstellung der resultierenden Einschätzungen auf dem Zeitstrahl. Für die Vergangenheit – d.h. bis einschließlich 2016 - konnten das Altholzaufkommen valide recherchiert

werden. Für die Erstellung einer Trendlinie in die Zukunft wurden die Korrelationsanalysen (vergleiche hierzu Kapitel 4.2.4) zur Hilfe genommen. Abbildung 18 stellt die Ergebnisse graphisch dar. Neben der oberen roten Linie, die das Gesamtaufkommen repräsentiert, ist der Verbleib der Mengen ausgewiesen.

Für die stoffliche Nutzung wurde nach Auskunft des VHI angenommen, dass aktuell 1,5 Mio. Tonnen Altholz eingesetzt werden (violetter Querbalken) und dass im Kontext der aktuellen Rahmenbedingungen eine weitere Aufnahmekapazität von 0,5 Mio. Tonnen Altholz (violett-gestreifter Balken) darstellbar ist (eingerechnet bis zum Jahr 2035) (Strohmeier 2019). Wenn neuere Innovationen es ermöglichen, z.B. im Bereich OSB- und MDF-Platten höhere Mengen an Altholz einzusetzen, dann könnte sich die Gesamtaufnahmekapazität laut VHI auch auf etwa 3,0 Mio. Tonnen Altholz erhöhen. Aus diesem Grund ist die in der folgenden Abbildung vorgenommene Abschätzung bezüglich der stofflichen Nutzungsanteile im Jahr 2035 von 2,0 Mio. t nicht als Fixgröße zu sehen, sondern kann je nach technischer Innovation und Marktlage auch etwas höher ausfallen.

Daneben wurden die bestehenden EEG-Altholzkraftwerke (siehe folgendes Kapitel 5) als Abnehmer von derzeit 5,14 Mio. Tonnen – in Korrelation zu den auslaufenden EEG-Vergütungszeiträumen mit verringerten Tonnagen bis 2030 - in die Übersicht aufgenommen. Unter Bezugnahme auf den insgesamt vorhandenen Einsatz von Altholz in der energetischen Verwertung von 7,4 Mio. t (vgl. Abbildung 20) gemäß Mantau et al. 2018a,b und 2016 können die verbrauchten Altholzmengen außerhalb des EEGs auf knapp 2,25 Mio. Tonnen im Jahr 2018 beziffert werden. Einschränkend müssen hierbei die unterschiedlichen Bemessungsjahre der Mantau-Studien berücksichtigt werden, so dass vereinfacht mit einer außerhalb des EEG energetisch verwerteten Menge von **2 Mio. Tonnen** gerechnet wird. Dieser Wert wurde in der Zeitschiene als konstant beibehalten um darzustellen, dass weitere Mengen im Markt auch außerhalb des EEG, z.B. in reinen Altholzheizwerken platziert sind. Werden die derzeit noch im EEG platzierten Kraftwerke nach Auslaufen der jeweiligen Vergütungszeiträume weiter betrieben, steigt diese Menge zukünftig an.

Als weiterer Abnehmer von Altholzmengen – teilweise als Bestandteil von Mischfraktionen - wurden Müllverbrennungs- und EBS- Anlagen identifiziert. Diese besitzen nach (Mantau et. al. 2018a) eine Aufnahmekapazität von maximal 1,3 Mio. Tonnen.

Die verbleibende grau schraffierte Fläche veranschaulicht die im Rückblick darstellbaren und zukünftig – als worst case – möglichen Altholzmengen ohne Markt- bzw. Abnahmezuordnung. Die zurückliegenden und aktuellen Mengen, wie sie aus den Destatis Zahlen ermittelt wurden, beinhalten dabei auch schwer erschließbare Altholzmengen, die wahrscheinlich gar nicht auf dem Markt als Handelsgut erscheinen, da sie in Produkten wie Sofas oder anderen Verbundmaterialien anfallen, deren Trennung nicht wirtschaftlich ist.

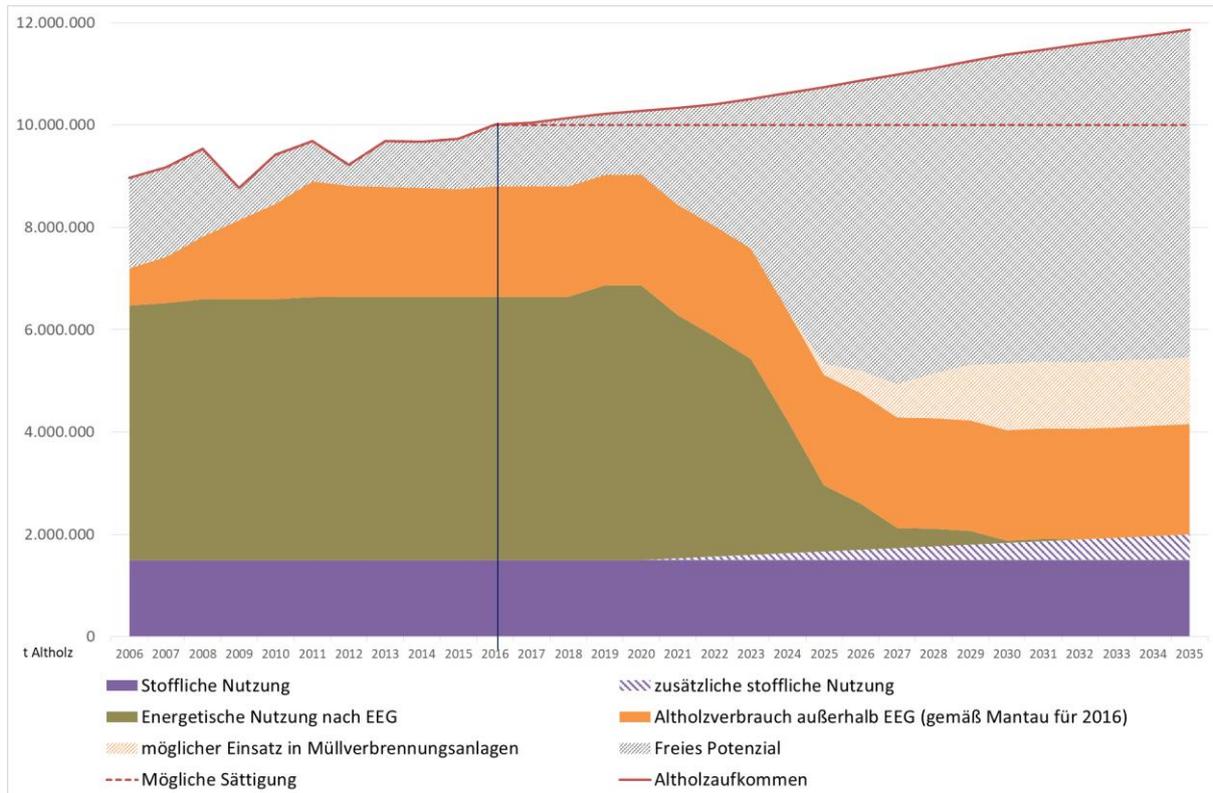


Abbildung 18: Zusammenstellung Aufkommen und Verbleib von Altholz Vergangenheit und Zukunft (Eigene Darstellung)

Die zentrale Aussage aus der Abbildung 18 ist, dass die Menge des nicht am Markt platzierten Altholzes unter der theoretischen Annahme eines Wegfalls der EEG-Altholzverbrennungsanlagen deutlich zunehmen würde. Sollten daher die EEG-Anlagen – nach Wegfall der EEG-Vergütung – nicht mehr weiter betrieben werden, entsteht potenziell ein Entsorgungsproblem in Deutschland.

Hinsichtlich der Frage, wie die Lücke zwischen Aufkommen und Verwertung in Zukunft gefüllt werden kann, werden entsprechende Ansätze in Kapitel 8 dargelegt und diskutiert.

5 Altholz Kraftwerkspark in Deutschland

Das vorliegende Projekt fokussiert Kraftwerke, die Merkmale der thermischen Verwertung von Althölzern im Sinne der AltholzV zur Erzeugung von Strom und gegebenenfalls Wärme im Kontext einer Vergütung des erzeugten Stroms¹⁷ im Rahmen des EEG vereinen. Um in den nachfolgenden Schritten Optimierungs- und Refinanzierungsoptionen zu definieren, werden daher ausschließlich Kraftwerke betrachtet, die einer Finanzierung über das EEG unterliegen, sowie ihren Brennstoffbedarf entweder anteilig (Misch) oder bis zu 100% (Mono) durch Altholz decken.

Der Großteil der Anlagen, insbesondere diejenigen mit den Inbetriebnahmejahren 2000 bis 2006 (DBFZ et al. 2015), sind im Kontext des Ausstiegs aus der Deponierung biogener Abfälle in Verbindung mit der Umsetzung der Abfallhierarchie gemäß den §§ 4 und 6 des KrW-/AbfG sowie durch die Finanzierungsanreize aus dem EEG entstanden.

Abfallrechtlich sind die Kraftwerke heute dem Verwertungsverfahren „Hauptverwendung als Brennstoff oder als anderes Mittel der Energieerzeugung“ (R1) nach Anhang 3 KrWG zugeordnet.

Aus der aktuellen Fassung der BiomasseV lässt sich ableiten, dass Altholz aus Industrierestholz auch weiterhin Biomasse im Sinne des EEG 2017 ist, dementsprechend können entsprechende Anlagen, die dieses Material einsetzen, an Ausschreibungen teilnehmen und nach EEG gefördert werden. Insbesondere Betriebe der Holzbe- und -verarbeitung (u.a. Papier- & Zellstoffindustrie, Sägeindustrie, Holzwerkstoffindustrie, Möbelindustrie) setzen Produktionsreste zur Energiegewinnung ein und profitieren somit von der EEG-Vergütung. Es ist hier anzumerken, dass diese Hölzer qualitativ zu meist für eine stoffliche Nutzung geeignet wären. Im Rahmen des Projektes „Altholz-Quo Vadis“ werden die Kraftwerke auf Basis der Industrieresthölzer nur am Rande mitbetrachtet. Zur Rolle der Industrierestholzanlagen gibt es eine Interpretationsdiskussion im EEG. Dies müsste abschließend von der Clearingstelle EEG geklärt werden.

Kapitel 12.4 und 12.5 sowie 12.8 bis 12.11 bieten einen ausführlichen Blick auf die Methode und die Ergebnisse.

5.1 Methodik

Grundlage der nachfolgend aufgestellten Kraftwerkliste ist Datenmaterial, das auf Informationen seitens der Marktteilnehmer beruht. Diese Informationen wurden systematisiert, auf Aktualität nachrecherchiert und um fehlende Daten erweitert. Hierbei wurden die Anlagen einem EEG-Schlüssel zugewiesen. Nicht-EEG Anlagen wurden

¹⁷ bis 20 MWel

aus der Liste exkludiert. Parallel wurde an Hand der EEG-Anlagenstammdaten, die über die Plattform www.marktstammdatenregister.de¹⁸ verfügbar sind, und den Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber - bereitgestellt über die Plattform www.transnetbw.de¹⁹ - herausgefiltert, welche weiteren Anlagen mit Altholzeinsatz zu identifizieren sind.

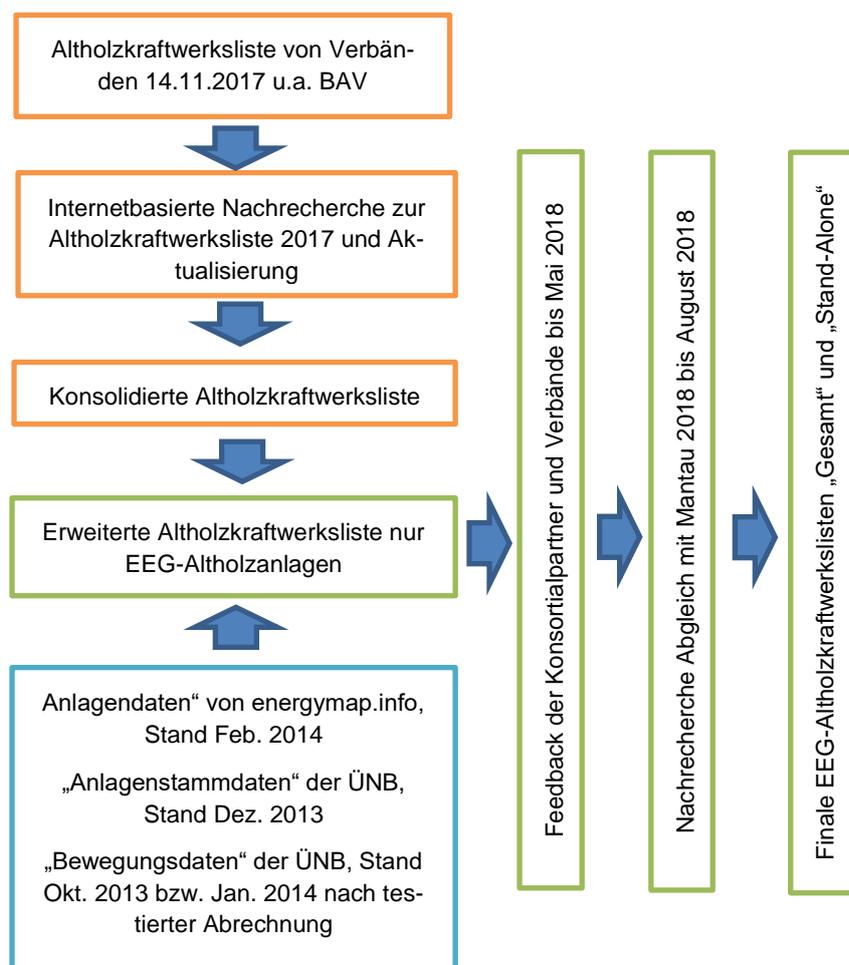


Abbildung 19: Entwicklungsschema EEG-Altholzkraftwerksliste (vgl. Anhang Kapitel 12.3) (Eigene Darstellung)

Aus den Daten von [energymap.info](http://www.energymap.info)²⁰ wurden teilweise die Klassifizierungen nach Einsatzstoffen entnommen. Die Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber enthalten alle an die jeweiligen Anlagen gezahlten Vergütungen und Boni, welche nach den sogenannten „Umsetzungshilfen“ kodiert sind. Die Zahlungsströme jeder Anlage wurden hinsichtlich der erhaltenen Boni unabhängig von deren Höhe analysiert. Hat eine Anlage einen bestimmten Bonus erhalten, so gilt die Kategorie grundsätzlich als erfüllt. In Anlage 12.3 wird diese Methodik detaillierter ausgeführt.

¹⁸ <https://www.marktstammdatenregister.de/>; Zugriff 12/2018

¹⁹ <https://www.transnetbw.de/>; Zugriff 12/2018

²⁰ <http://www.energymap.info/>; Zugriff 12/2018

5.2 Anlagenüberblick Deutschland

Auf der Basis der oben dargestellten Methodik konnten zum 31.12.2018 66 EEG-Alt-holz-kraftwerke mit einer installierten Feuerungswärmeleistung von ca. 3,15 GW_{FWL} und einem Holz-Brennstoffverbrauch von ca. 6,2 Mio. t/a ermittelt werden, wovon ca. 5,14 Mio. t/a Altholz sind (Komplette Liste der Altholz-kraftwerke im Anhang 12.4).

Tabelle 8: Gesamtübersicht EEG-Altholz-kraftwerke 2018 (eigene Darstellung)

Genehmigung nach BImSchV	Altholz-kategorien	Anlagen-anzahl	MW _{el}	MW _{th}	Holzein-satz in Mio. t/a	Möglichkeit zur Wärmeaus-kopplung
4. BImSchV + TA-Luft	A I – A II	17	108 ⊗ 6,3	130 ⊗ 7,6	1,0	94 %
4. BImSchV + 17. BImSchV	A I – A III	10	90 ⊗ 9,0	124 ⊗ 12,4	0,8	80 %
4. BImSchV + 17. BImSchV	A I – A IV	39	537 ⊗ 13,8	635 ⊗ 16,3	4,4	72 %
Gesamt	A I – A IV	66	735 ⊗ 11,1	889 ⊗ 13,5	6,2	79 %

Wie Tabelle 8 zeigt, besitzen die identifizierten Kraftwerke eine installierte elektrische Leistung von 735 MW_{el} und eine theoretische thermische Leistung von 889 MW_{th}²¹.

- Von den 66 Anlagen könnten 54 Anlagen (ca. 80%) Wärme in unterschiedlichen Anteilen für externe Nutzungen auskoppeln.
- In 40 Kraftwerken, mit einer installierten Leistung von ca. 1,8 GW_{FWL} und 0,45 GW_{el}, wird ausschließlich Altholz (ca. 3,7 Mio. t/a) als Brennstoff eingesetzt. Von diesen Anlagen betreiben 28 Anlagen (70%) Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).
- 49 Kraftwerke mit 626 MW_{el} sind Anlagen mit einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung nach 17. BImSchV und dürfen neben AI und AII Althölzern (unter lokalspezifischen Einschränkungen) ebenfalls belastete Hölzer der Kategorien AIII / AIV (aktuell ca. 4,4 Mio. t/a aller Kategorien) verwerten.
- Die restlichen 17 Anlagen (108 MW_{el}) sind nach TA-Luft genehmigt und dürfen unbelastete Hölzer der Kategorien AI und AII verfeuern (ca. 0,75 Mio. t/a).
- 79% der in (Tabelle 8) dargestellten Altholz(heiz)kraftwerke sind technisch mit der Möglichkeit einer Wärmeaukopplung ausgestattet. In allen anderen Fällen kann die Stromerzeugung nicht in Kraft- Wärme-Kopplung stattfinden. Auf Grund mangelnder Anschlussmöglichkeiten bzw. fehlender Abnehmer wird die

²¹ Angabe Betreiber, sofern MW_{th} angegeben

Möglichkeit zur Wärmeauskopplung in einigen Fällen jedoch nicht oder in nur sehr geringem Umfang realisiert. Informationen hierzu stehen nicht zur Verfügung. Über eine eine Betreiberbefragung wäre eine Annäherung möglich.

- Insbesondere Kraftwerke mit 17. BImSchV und Monoverbrennung (100% Altholz) haben mit 65% den geringsten Anteil an KWK Nutzungen. Anlagen nach TA-Luft (AI und AII) hingegen koppeln nach Betreiberangaben fallweise bis zu 90% Wärme für externe Nutzungen aus. Diese Anlagen sind zu 95% im Leistungsbereich <50 MW_{FWL} angesiedelt.
- Die theoretische thermische Anschlussleistung (60% der Feuerungswärmeleistung als Annahme) kann mit ca. 2 GW_{th} abgeschätzt werden. Die thermische Leistung von 0,89 GW_{th} beruht auf Angaben der Betreiber²², konnte aber nicht für alle Kraftwerke abschließend ermittelt werden.

Ein zusammenfassender Überblick und die Verifizierung der Angaben auf der Basis einer Literaturrecherche wird im Anhang 12.3 gegeben.

Zusammenfassend zeigen die erhobenen und analysierten Daten ein kohärentes Bild und können durch Abbildung 20 bilanziell dargestellt werden:



Abbildung 20: Holzbilanz Deutschland nach Holzverbrauch in t_{ultro} pro Jahr (Eigene Darstellung basierend auf Mantau et. al 2018a/b und 2016, DBFZ et al. 2015, eigene Berechnungen)

5.3 Entwicklung des EEG-Altholz Kraftwerksparks

In Abbildung 21 ist die Auslauflinie der EEG-Vergütungszeiträume für die betrachteten EEG-Altholz-Kraftwerke auf Basis der elektrischen EEG-Bemessungsleistung dargestellt.

²² Vorrangig Internetrecherche, Umfang persönliche Interviews mit beteiligten Kraftwerken und Verbänden

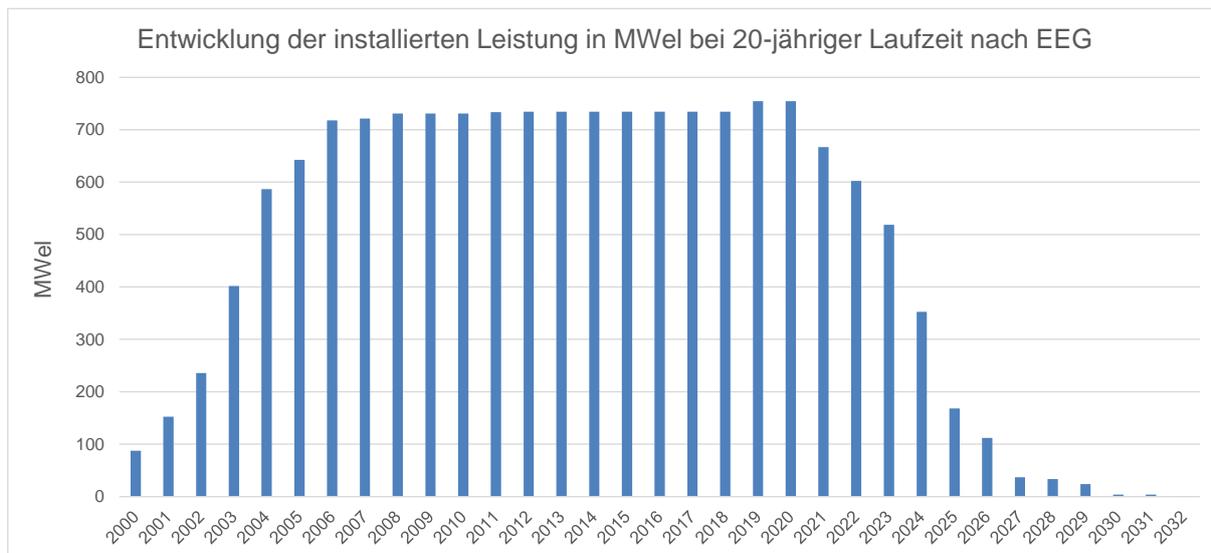


Abbildung 21: Auslauflinie EEG-Altholzkraftwerke für die elektrische EEG-Bemessungsleistung (IZES Eigene Darstellung)

Ab 2027 würden – unter der theoretischen Annahme, dass die hier betrachteten Kraftwerke nach Ende des 20jährigen EEG-Vergütungszeitraumes außer Betrieb gesetzt werden – nur noch geringfügige Altholz-Feuerungskapazitäten zur Verfügung stehen, welche auf drei Altholzkraftwerke mit einer installierten Leistung von 150 MW_{FWL} und einer Feuerungskapazität von ca. 0,31 Mio. t/a Holz verteilt wären.

Bei diesem – als „worst-case-Szenario“ zu interpretierenden - Wegfall der Feuerungskapazitäten müssten Alternativen für die Aufrechterhaltung der erforderlichen thermischen Entsorgung der Altholz-Abfallmengen und der Versorgung der derzeit mit Altholz befeuerten Wärmenetze etabliert werden. Mit Bezug auf letzteres sind entsprechende alternative Brennstoffe, deren Marktpreise und Auswirkungen auf das Klima zu berücksichtigen. Die bei dem obigen theoretischen Ansatz im Jahr 2027 wegfallenden Energiemengen müssten potenziell durch Wind und Sonne überkompensiert werden, um die Ausbauziele im Rahmen des EEG zu erreichen.

Nach IEE (2018) werden folgende Entwicklungstendenzen für bestehende Altholz-kraftwerke festgestellt:

- Altholzmengen werden stabil bleiben und evtl. leicht steigen
- Sinkende Altholzpreise und Auslaufen der EEG-Förderung werden einen marktberreinigenden Charakter haben.
- Bestehende Entsorgungsaufgaben müssen gesichert werden und verringerte Kapazitäten könnten zu steigenden Preisen für die Altholzabnahme führen.
- Bestandsanlagen werden sich an den Ausschreibungen (nur mit Industrierestholz und Frischholz zulässig!) beteiligen, da sie günstig anbieten können oder auf andere – kostengünstigere – Brennstoffe ausweichen. Klärungsbedarf besteht weiterhin bezüglich notwendiger Änderungen der Betriebsgenehmigung und dem Weiterbestand des Einspeisevorrangs.

- Eventuell führt diese Situation zu Innovations- und Investitionsabbremungen, da kaum noch Neuanlagen errichtet werden.

U.a. diese Aussagen werden im Kapitel 5.5 geprüft, diskutiert und gegebenenfalls aktualisiert sowie angepasst.

5.4 Entwicklung alternativer Verbrennungskapazitäten für Altholz

Alternative Feuerungskapazitäten könnten durch Müllverbrennungsanlagen (MVA), oder durch Zement-, Kohle- oder Ersatzbrennstoff (EBS²³)- Kraftwerke bereitgestellt werden. Diese Anlagen besitzen teilweise ebenfalls eine Genehmigung zur Verbrennung bzw. Mitverbrennung von Abfällen und unterliegen entsprechenden immissionsrechtlichen Anforderungen. So können diese Feuerungsanlagen je nach Genehmigungslage auch AI bis AIV Althölzer als Brennstoff einsetzen. Gegebenenfalls sind auf Grund genehmigungsrechtlicher bzw. technischer Auflagen (z.B. Einsatzstoffe, Wirkungsgrad, Wartungskosten, etc.) lediglich die jährlichen Abfall-Beimischungsmengen begrenzt.

Neben den Kapazitäten in anderen Verbrennungseinrichtungen könnten mittelfristig an guten Wärmesenken – neue Altholzkraftwerke errichtet werden. Erste Planungen neuer Anlagenkonzepte - ohne EEG - laufen bereits.

Tabelle 9: Bilanz der alternativen Verbrennungskapazitäten in Deutschland (Eigene Darstellung auf Basis UBA 2018a)

Anlagen mit Abfallverbrennung	Anlagenanzahl	Brennstoffkapazität in Mio. t/a	Brennstoffeinsatz in Mio. t/a	Davon Altholz in Mio. t/a	Freie Kapazität in Mio. t/a
MVA/EBS Kraftwerke	88	26,9	26,0 ²⁴	unbekannt	0,9 ²⁵
Zement- und Kalkwerke	36	6,8	4,4 ²⁶	< 0,001 ²⁷	2,4 ²⁸
Kohlekraftwerke	22	3,3 ²⁹	1,5 ³⁰	unbekannt	1,8 ³¹
Summe	146	37	31,9	unbekannt	5,1

²³ Definition nach Pacher 2016: 198 „EBS: Auch Sekundärbrennstoff (SBS) genannt. Durch Sortierung und Trocknung erzeugte schadstoffarme Abfallfraktion mit hohem Heizwert. EBS hat seine juristische Abfalleigenschaft verloren, aber nicht seinen physikalisch - praktischen Charakter nach Art und Herkunft. Deshalb muss er einer Verbrennung zugeführt werden.“

²⁴ 100% Abfälle

²⁵ UBA 2018a

²⁶ Anteil Abfall (65%), Rest ist Stein- und Braunkohle

²⁷ VDZ 2017:11

²⁸ Substitutionspotenzial für fossile Brennstoffe, sofern Brennstoffeigenschaften den Produkthanforderungen entsprechen

²⁹ Wert beschreibt nur die genehmigte Abfallmengen für Co-Firing

³⁰ Aktuell eingesetzte Abfallmengen

³¹ Substitutionspotenzial für fossile Brennstoffe, sofern Brennstoffeigenschaften den Prozessanforderungen entsprechen

Vorhandene ungenutzte Feuerungskapazitäten (Tabelle 9) sind sehr begrenzt verfügbar und bedürfen der Genehmigung zur Mitverbrennung von Abfall. Bezüglich der Anlagen zur Abfall-(Mit)Verbrennung (Zement, Kohle, MVA/EBS) liegen laut UBA 2018a keine Erkenntnisse für geplante Zubauten vor.

Infolge des politisch gewollten Kohleausstiegs werden mittelfristig die deutschen Kohlekraftwerke vom Netz gehen. Die aus der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken frei werdenden Abfallmengen von 1,5 Mio. t/a müssten dann zukünftig anderen Verwertungsstandorten zugeführt werden. Diese würde bereits die freien Kapazitäten der MVA und EBS-Kraftwerke um 0,6 Mio. t/a übersteigen. Die Zement- und Kalkindustrie fordert gezielte Brennstoffqualitäten um die gewünschte Produktqualität der Minerale zu gewährleisten. Entsprechend sind die freien Kapazitäten in Bezug auf Altholz ein theoretisches Potenzial.

Kapitel 4.3 beschreibt die Folgen dieser Entwicklung in der Hinsicht, dass auf Grund geringer Schwankungen im Angebots/Nachfragegleichgewicht hohe Preisdifferenzen entstehen können. Es drohen somit höhere Entsorgungsgebühren von Altholz für den Bürger.

Bezüglich alternativer thermischer Verfahren sieht UBA 2018a in absehbarer Zeit aufgrund des erforderlichen investiven und operativen Aufwandes sowie negativer Erfahrungen in der Vergangenheit keine alternativen thermischen Prozesse auf dem deutschen Markt. Grundsätzlich wird auf die politischen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel die Höhe von stofflichen Rückgewinnungs- und Recyclingquoten, verwiesen. Sofern eine Erhöhung dieser Quoten realisiert wird, könnte dies die Anwendung neuer Technologien, vorrangig der stofflichen und nicht der thermischen Verwertung, erforderlich machen. Die UBA 2018a Studie sieht bis zum Jahr 2030 jedoch keine Relevanz neuartiger Verfahren zur thermischen Abfallverwertung.

Insgesamt sind somit gemäß den obigen Ausführungen - bei Wegfall von Altholzkraftwerken - kaum alternative energetische Verwertungs-/Entsorgungspfade darstellbar.

5.5 Zwischenfazit Kraftwerkspark

Es wurde eine installierte elektrische Leistung von 735 MW und eine theoretisch mögliche thermische Auskopplung von 889 MW_{th} ermittelt.

Die vorstehenden Ausführungen zu den Altholz-Verwertungskapazitäten unterstreichen nochmals die Relevanz der Entsorgungsfunktion von Altholzkraftwerken. Sie sind ein wesentlicher Bestandteil des Kreislaufwirtschaftssystems und entsprechender Holzkaskadenprozesse. MVA's und EBS-Anlagen sind weitestgehend ausgelastet und alternative Verwertungskapazitäten sind rückläufig. Die ökologisch wichtige energetische Verwertung von Altholz am Ende einer Nutzungskette ist deshalb langfristig nur durch die Vorhaltung einer ausreichenden Kapazität in Altholzkraftwerken gesichert.

Aktuell sind die Kapazitäten der Altholzkraftwerke ausgelastet. Die 6,3 Mio. t Holzeinsatz (vgl. Tabelle 8) entsprechen einer durchschnittlichen Betriebsdauer von 7.500 Vollbenutzungsstunden (VBH) pro Jahr. Bei einer theoretischen Betriebsdauer von 8.000 VBH/a könnten maximal weitere 0,4 Mio. t/a Holz verwertet werden. Weitere möglicherweise freien Feuerungskapazitäten in Wärmeerzeugungsanlagen oder nicht-EEG Anlagen sind dieser Menge hinzurechnen. Die in Tabelle 9 dargestellten „freien Kapazitäten“ alternativer thermischer Anlagen sind theoretische Potenziale deren Aktivierung vom Marktpreis und von der Brennstoffqualität (hier insbesondere bei der Baustoffproduktion) abhängen. Hierzu kann keine pauschalisierte Aussage getroffen werden. Es müsste eine anlagenbezogene Analyse hinsichtlich Einsatzmöglichkeiten für Altholz durchgeführt werden. Mittel- bis langfristig sind diese Kapazitäten zudem durch den Ausstieg aus der Kohleverstromung rückläufig.

Mit Bezug auf die CO₂-Bilanz, ermöglicht der aktuell vorhandene Kraftwerkspark für den Stromsektor auf Basis der Werte in Tabelle 27 in Anhang 12.13 eine Einsparung zwischen 4,8 Mio. t CO₂-eq/a und 5,9 Mio. t CO₂-eq/a je nach Szenario aus UBA (2010).

6 Wirtschaftlichkeit von Altholzkraftwerken in Deutschland

Die Kostenstruktur und damit die Wirtschaftlichkeit von Altholz-Energieerzeugungsanlagen ändern sich in der Lebenszeit der Anlage. Während in der Anfangsphase kapitalgebundene Kosten einen wesentlichen Bestandteil der Gesamtkosten bilden, treten gegen Ende der Abschreibungsperiode Ersatzinvestitionen und Reparaturkosten in den Vordergrund. Im Folgenden wird ein Einblick in die Kostenstruktur altholzgefeuerter Biomasse-Energieanlagen zum buchhalterischen Ende der Laufzeit gegeben.

Der Wirtschaftspartner STEAG New Energies legt diesbezüglich, ausgehend von eigen-betriebenen Anlagen, Kostenstrukturen für altholzgefeuerte Biomasse-Energieanlagen in Form repräsentativer Cluster im Rahmen des vorliegenden Projektes offen. Zur Verifizierung wurden diese Richtwerte mit weiteren Anlagenbetreibern diskutiert und im projektbegleitenden Ausschuss sowie im Projektbeirat abgestimmt.

Im Ergebnis werden Aussagen zu den charakteristischen, wirtschaftlichen Parametern der Anlagen getroffen, insbesondere zu deren Stromerzeugungskosten. Anhand der ausgewählten Anlagen sollen konkrete Anhaltspunkte zur Übertragung der jeweiligen Erfahrungen auf andere Anlagen dargestellt werden.

6.1 Methodik

6.1.1 Verifizierung der Daten

Die wirtschaftlichen Annahmen und Analysen dieses Kapitels beruhen auf bekannten Erlös- und Kostengrößen des Projektnehmers STEAG New Energies GmbH. Deutschlandweit hat die STEAG New Energies 2016 unter Anwendung unterschiedlicher Erzeugungskonzepte (u.a. Grubengas, Fernwärme, Geothermie, Biomasse, Wind) im regenerativen Anlagenbereich 625 MW elektrische und 1.738 MW thermische Leistung bereitgestellt. Seit 2002 engagiert sich STEAG New Energies im Bereich der Biomasse und ist aktuell mit 52 MW elektrischer Leistung und einem Anschlusswert von 115 MW thermischer Leistung einer der größten Biomassekraftwerksbetreiber in Deutschland. Jährlich verarbeitet die STEAG New Energies GmbH rund 400.000 Tonnen Altholz, 25.000 Tonnen Sägerestholz und 30.000 Tonnen NaWaRo Holz in 9 Biomasseanlagen.

Die Kennzahlen, die in den Anlagenclustern als gemittelte Annahmen hinterlegt sind, basieren auf Erfahrungswerten der STEAG New Energies GmbH. Aus Gründen des Kartellrechts wird in diesem Kapitel jedoch nicht mit Realzahlen für einzelne Anlagen gearbeitet.

Die wirtschaftlichen Eingangsgrößen wurden zur weiteren Absicherung in den Fachgremien folgender Verbände und Institutionen präsentiert und abgestimmt:

- BBE e.V.: Bundesverband Bioenergie, Fachverband Holzenergie, Bonn
- BAV e.V.: Bundesverband der Altholzaufbereiter, Berlin
- HEF e.V.: Holzenergiefachverband Baden Württemberg, Rottenburg
- Fraunhofer IEE, Kassel

Mit dieser Vorgehensweise konnte sichergestellt werden, dass der weitaus größte Teil der in Deutschland betriebenen Altholzkraftwerke fachlich über die jeweiligen Gremien in die Abstimmung eingebunden war.

6.1.2 Technische Parameter der Anlagencluster

Die in Deutschland betriebenen Altholzkraftwerke sind standortabhängig sehr unterschiedlich konzipiert. Es gibt keine typischen Kraftwerke, die repräsentativ für die Gesamtheit der bestehenden Altholzkraftwerke stehen können.

Um dennoch Aussagen zur Kosten- und Erlösstruktur treffen zu können, werden im Rahmen des Projektes „Altholz Quo Vadis“ Anlagencluster gebildet, die Richtwerte der wirtschaftlichen Kennzahlen bestehender Anlagen abbilden. In drei Leistungsklassen (5, 10, 20 MW_{el}) werden die wirtschaftlichen Kennwerte für Bestands- und Neuanlagen für folgende Grundkonzeptionen ermittelt:

- nur Stromerzeugung
- Strom- und Wärmeerzeugung
- Strom- und Prozessdampferzeugung.

Im Vergleich zu Naturholzanlagen wurde die Mehrzahl der Altholzanlagen in deutlich höheren Leistungsklassen errichtet. Deshalb liegt der Fokus der Untersuchung bei Anlagen ab einer Leistung von 5 MW_{el}. Da sich mit zunehmender Leistungsgröße die spezifischen Kosten reduzieren (z.B. Personal) wurden auch Anlagen der Leistung von 10 MW_{el} und 20 MW_{el} als Musteranlagen analysiert.

Die in Deutschland betriebenen 66 Altholzkraftwerke (vgl. Kapitel 12.4 und 5.2) verteilen sich wie folgt auf die Leistungsklassen:

- | | |
|------------------------------|--------------|
| - 1 bis 5 MW _{el} | = 9 Anlagen |
| - 5 bis 10 MW _{el} | = 27 Anlagen |
| - 10 bis 20 MW _{el} | = 30 Anlagen |

Viele Bestandsanlagen befinden sich mittlerweile am Ende des 20-jährigen EEG-Ver-gütungszeitraumes, in dem die Biomasseanlagen abgeschrieben wurden. Daher werden bei den „Post-EEG“ Berechnungen der Bestandsanlagen grundsätzlich keine Abschreibungen auf die Kraftwerksinvestition veranschlagt. Für die Investitionen im Bereich der Wärme- und Dampfauskopplungen wurden jedoch Abschreibungen angesetzt und in die Rechnungen integriert.

Aufgrund des Alters der Anlagen sind bei einem Weiterbetrieb höhere Reparatur-/Instandhaltungskosten zu erwarten. Diese werden auf Grundlage unternehmensinterner Abschätzungen der STEAG New Energies auf 15 % der Ursprungsinvestition in die Biomasseanlage angesetzt. Sollten darüber hinaus im „Post-EEG“-Zeitraum derzeit nicht abschätzbare weitere Investitionen anfallen, sind diese aus dem kalkulatorisch unterstellten Wagniszuschlag von 5% der ursprünglichen Investitionssumme zu bedienen.

Die Investitionen in die vorhandenen Bestandsanlagen wurden vorwiegend im Zeitraum bis 2005 getätigt. Aufgrund der seither stattgefundenen Preisentwicklung sind bei heutigen Neuprojekten Investitionen zu tätigen, die 30% über denen der Bestandsanlagen liegen. Die Kapitalkosten der Neuanlagen betragen je nach Größe und Anlagentyp etwa 30% der jährlichen Anlagenkosten.

In den Rechnungen wurden für alle Anlagenkonfigurationen 7.500 Betriebsstunden pro Jahr angesetzt. Die Stromerzeugung bei Wärme- respektive Dampferzeugung in den drei Leistungsklassen wurde ermittelt über die Multiplikation von Leistungsklasse mit den Betriebsstunden von 7.500 Stunden pro Jahr, abzüglich der Wärme- respektive Dampferzeugung. Im Falle einer Wärme- respektive Dampfauskopplung reduziert sich entsprechend der ausgekoppelten thermischen Menge die Stromerzeugung um ein Viertel. D.h. bei einer jährlichen Wärmeauskopplung von ca. 40.000 MWh reduziert sich die Stromerzeugung um 10.000 MWh. Es wurde bei Wärme- und Dampferzeugung dabei der gleiche Stromverlust angenommen, um eine bessere Vergleichbarkeit der Rechnungen zu gewährleisten.

Die Untersuchung des Anlagenparks hat gezeigt, dass die Anlagen mit Wärmeauskopplung in den kleineren Leistungsklassen häufiger vertreten sind als in den größeren Leistungsklassen. Allerdings konstatiert STEAG New Energies, dass die Höhe der ausgekoppelten Wärme über alle Leistungsklassen – größtenteils aufgrund der im Anlagenumfeld verfügbaren Wärmesenken - nicht stark variiert. Die Wärmeauskopplung wird daher methodisch auf 40.000 MWh_{th} pro Jahr in allen drei Leistungsklassen angenommen.

Auch die Auskopplung von Dampf wird über alle Leistungsklassen von dem Technikpartner STEAG New Energies eingeschätzt und liegt bei 40.000 MWh_{th} jährlich über alle Leistungsklassen. Auch hier wird methodisch eine Annahme hingenommen, um vergleichbare Werte zu erreichen.

6.1.3 Wirtschaftliche Parameter der Altholzanlagen

Um die Kosten- und Erlösstrukturen unterschiedlicher Anlagenkonzepte zu ermitteln, wurden neben den Leistungsklassen und Erzeugungsgrößen weitere Annahmen getroffen. Es wurde je Anlagenkonzeption innerhalb der Cluster eine Vollkostenrechnung angestrebt, deren Ergebnis darstellt, wieviel Erlöse der Anlagenbetreiber aus dem Ver-

kauf seiner Produkte: Strom, Fernwärme respektive Prozessdampf und der Entsorgung von Altholz oder anderen Brennstoffen generieren muss, um die Anlage wirtschaftlich zu betreiben (Erlösbedarf). Im Rahmen des Projektes wird der Begriff „Erlösbedarf“ anstelle des zu erzielenden „Deckungsbeitrages“ verwendet, da sich diese Kenngröße im Kraftwerksbetrieb für langfristige Entscheidungen sehr aussagekräftig erwiesen hat.

6.1.3.1 Erlösseitige Kenngrößen

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Altholzanlagen nach Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes werden erlösrelevante Kenngrößen benötigt. In den folgenden Darstellungen werden von den drei führenden Erlösbestandteilen Strom, Brennstoffannahme und Wärme respektive Dampf, die ersten beiden Komponenten als variable Größen behandelt. Die Erlöse aus Wärme- respektive Dampfauskopplung stellen in dieser Kalkulation eine fixe Erlösbestandteil dar.

Die Altholzanlagen werden i.d.R. außerhalb von Städten und großen Wohn- und Industriegebieten betrieben. Der jährliche Absatz von 40.000 MWh_{th} hat sich daher – wie bereits ausgeführt - unabhängig von der Größe und Leistungsfähigkeit des Altholzkraftwerkes als marktnaher Mittelwert für die Berechnung erwiesen und wird in den Beispielrechnungen angewendet. Viele Altholzanlagen liegen deutlich unterhalb dieses Wertes; in wenigen Einzelfällen können andererseits annähernd 60.000 MWh_{th} am Markt platziert werden.

Der Absatzpreis für Wärme aus Altholzanlagen wird in den Rechnungen mit 50 €/MWh_{th} angesetzt. Der Absatzpreis für Dampf mit 30 €/MWh_{th}. Diese Preise sind nur bei Direktabsatz an die Wärmeverbraucher bzw. Industriekunden repräsentativ. In diesem Fall muss das Verteilnetz zusätzlich mit kalkuliert werden, was hier nicht mit einberechnet wurde.

Die Erlössituation bei der Annahme von Altholz zur thermischen Verwertung ist im Kapitel 4 Altholzmarkt beschrieben. Die – aus Sicht des Entsorgers – Preise oder – aus Sicht des Kraftwerkes – Erlöse für die Entsorgung dieses Abfalls variieren sehr stark je nach Qualität, Marktangebot und Nachfrage im stofflichen und thermischen Bereich und nach regionalem Standort (z.B. Nord- oder Süddeutschland). Die Erlöse, oder im - für das Kraftwerk - ungünstigen Fall Zuzahlung – für die Annahme von Brennstoff wird daher als variabler Erlösblock geführt.

Die Erlössituation für den Verkauf von Strom ist börsenabhängig und damit nicht durch das Management des Altholzkraftwerkes beeinflussbar. Abbildung 22 stellt die Strompreise an der European Energy Exchange (EEX) für die Zukunft dar. Im Durchschnitt liegen die Vorjahres-Handelsabschlüsse für eine Grundlastlieferung im Jahr 2020 mit 48 €/MWh_{el} deutlich über dem Durchschnittspreis von 44 €/MWh_{el} im Jahr 2019 und von 35 €/MWh_{el} (EEX 2019) im Jahr 2018.

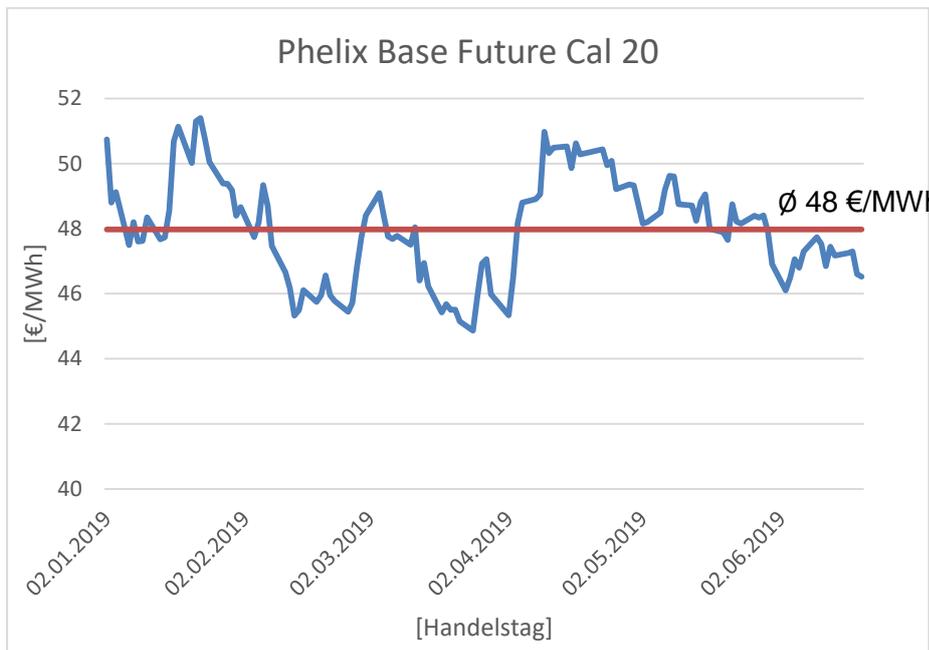


Abbildung 22: Vorjahres-Handelsabschlüsse für eine Grundlastlieferung im Jahr 2020 (Eigene Darstellung basierend auf Marktdaten der EEX)

6.1.3.2 Kostenseitige Kenngrößen

Kostenseitig gibt es eine Vielzahl an Rahmenparameter, die in die Berechnungen einfließen.

Die Einsatzkosten beinhalten alle variablen Kosten für die Erzeugung von Energie. Hierunter fallen im Wesentlichen die Kosten für Strom, Wasser, Entsorgung und Chemikalien. Die spezifischen Erzeugungskosten je Betriebsstunde hierfür sind je nach Anlagengröße degressiv und variieren bei reinem Kondensationsbetrieb zwischen 20 €/MWh_{el} bei einer 5 MW_{el} Anlage und 15 €/MWh_{el} bei einer 20 MW_{el} Anlage. Bei Wärme- und Dampfauskopplung erhöhen sich diese Kosten im Verhältnis zur MWh elektrisch erzeugter Energie, da die Erzeugung von Wärme- und Dampf in Relation zur Wärmeauskopplung mit grob 25 % Stromverlust einhergeht. Tabelle 10 stellt die variablen und fixen Kosten der Referenzanlagen in den Anlagencluster je MWh_{el} dar.

Altholz- bzw. Brennstoffpreise werden im ersten Schritt nicht mitbetrachtet, da dies ein variabler Kostenfaktor mit besonderer Dynamik (siehe auch Erlösponente Altholzannahme in Kapitel 6.1.3.1) ist, der bei der Erlösbedarfsermittlung eine zentrale Rolle spielt. Dem Brennstoffpreis wird deshalb im späteren Verlauf dieses Kapitels eine besondere Bedeutung zugemessen.

Die Sachkosten sind im Wesentlichen unabhängig von der jeweiligen Erzeugung des Kraftwerkes und deshalb als fixe Kosten anzusehen. Dies sind insbesondere die Kosten für Personal, Reparatur, Kapitaleinsatz, Mieten, Verwaltung, Versicherung und Gebühren. Auch die Sachkosten sind entsprechend der Größe des Altholzkraftwerkes spezifisch degressiv anzusehen.

Tabelle 10: Variable und Fixe Kosten der Referenzanlagen in den Altholz-Anlagencluster

Variable Kosten		5 MW _{el}	10 MW _{el}	20 MW _{el}
reine Stromerzeugung	€/MWh _{el}	20,00	18,00	15,00
mit Wärmeauskopplung	€/MWh _{el}	30,91	22,31	16,79
mit Dampfauskopplung	€/MWh _{el}	30,91	22,31	16,79
Fixe Kosten ³²				
reine Stromerzeugung - Bestand	€/MWh _{el}	58,40	49,17	45,13
mit Wärmeauskopplung - Bestand	€/MWh _{el}	93,82	62,73	49,50
mit Dampfauskopplung - Bestand	€/MWh _{el}	85,45	59,19	49,50
reine Stromerzeugung - Neu	€/MWh _{el}	85,87	76,63	72,60
mit Wärmeauskopplung - Neu	€/MWh _{el}	133,02	95,16	80,91
mit Dampfauskopplung - Neu	€/MWh _{el}	123,13	90,98	78,97

6.2 Berechnung des Erlösbedarfes je Anlagencluster

6.2.1 Beispielkalkulation 5 MW_{el} mit Wärmeauskopplung

An der Beispielkalkulation einer Bestands-Altholzanlage mit einer Leistung von 5 MW_{el} und einer Wärmeauskopplung von 40.000 MWh_{th} p.a. an den Endkunden soll die Kalkulation verdeutlicht werden (Tabelle 11). Die Summe der Erlöse aus dem Wärmeabsatz beläuft sich auf 2 Mio. €/a (vgl. Kapitel 6.1.3.1). Die Summe der Kosten auf 3,4°Mio. €/a. Die Differenz ist der zu deckende Erlösbedarf aus Strom und Brennstoffannahme. Diese Anlage hat einen spezifischen Erlösbedarf von 52 €/MWh_{el}.

Tabelle 11: Beispielkalkulation Erlösbedarf 5 MW_{el} Altholz-Bestandsanlage mit Wärmeauskopplung

Wärmeerlöse	€/a	2.000.000
Summe Wärmeerlös	€/a	2.000.000
Einsatzkosten (variable Kosten)	€/a	850.000
Sachkosten (fixe Betriebskosten)	€/a	1.720.000
Abschreibung	€/a	160.000
Risikoaufschlag (Fixkosten)	€/a	700.000
Summe Kosten	€/a	3.430.000
Erlösbedarf (\sum Erlöse - \sum Kosten*-1)	€/a	1.430.000
Stromerzeugung bei Wärmeauskopplung	MWh _{el} /a	27.500
Erlösbedarf/ MWh _{el}	€/MWh _{el} *a	52,0

³² Bei – über alle Cluster einheitlich – angesetzten 7.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr

Um alle Kosten des Anlagenbetriebs zu decken und die Anlage wirtschaftlich zu betreiben, müssen Erlöse aus Stromverkauf und Brennstoffannahme in gleicher Größenordnung wie der Erlösbedarf (Wertepaar) gehoben werden. Wenn die jährliche Stromerzeugung der Anlage zu einem durchschnittlichen Preis von rund 30 €/MWh_{el} verkauft wird, ergibt sich ein weiterer Erlösbedarf aus der Brennstoffannahme von 22 €/t, welcher zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit gedeckt werden muss. Liegen die Stromerlöse höher, z.B. 50 €/MWh_{el} wird eine Wirtschaftlichkeit bereits bei Erlösen aus der Brennstoffannahme von 2 €/t erreicht. Diesen Zusammenhang stellt Abbildung 23 für die hier betrachtete 5 MW_{el}-Anlage mit Wärmeauskopplung grafisch dar.

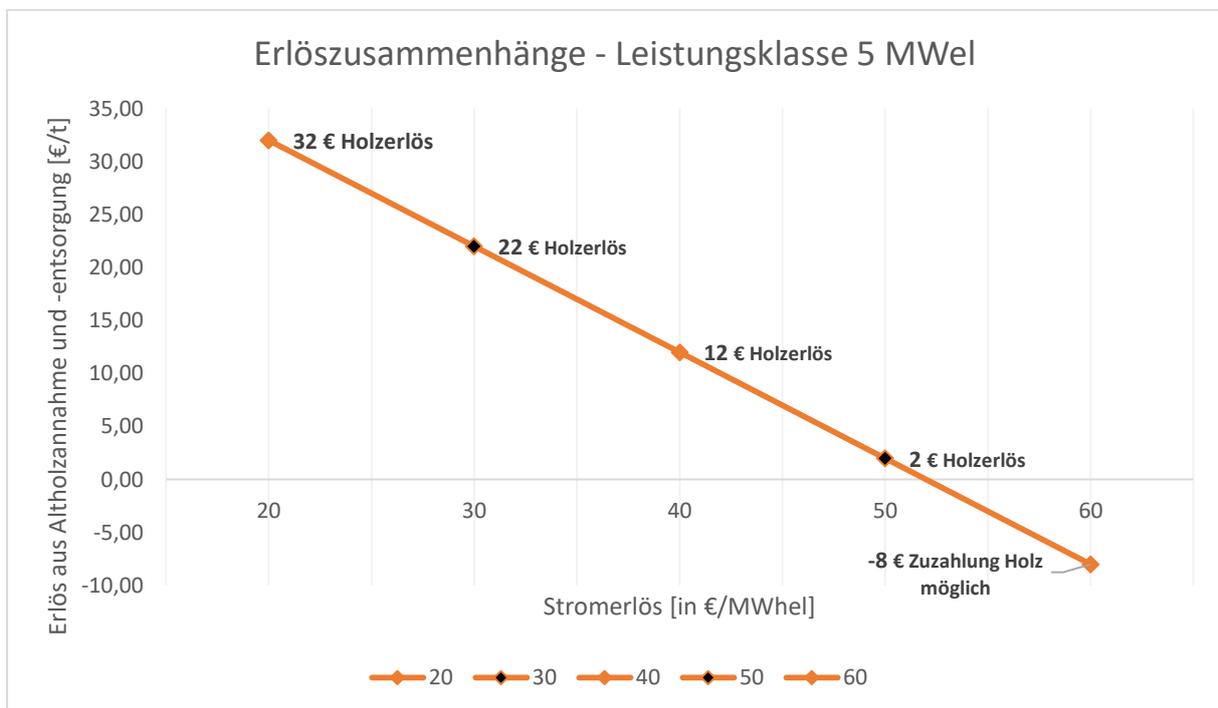


Abbildung 23: Erlöszusammenhänge Strom und Brennstoffannahme, Leistungsklasse 5 MW_{el} (Eigene Darstellung)

6.2.2 Erlösbedarfe je Anlagencluster

Bei allen durchgeführten Rechnungen wird beim Altholzeinsatz folgender Umrechnungsfaktor festgesetzt: für die Erzeugung von 1 MW elektrischer, respektive 4 MW thermischer Energie wird etwa eine Tonne luftgetrocknetes Altholz benötigt. Dies ist ein Erfahrungswert der STEAG New Energies, der in den Rechnungen angewandt wurde.

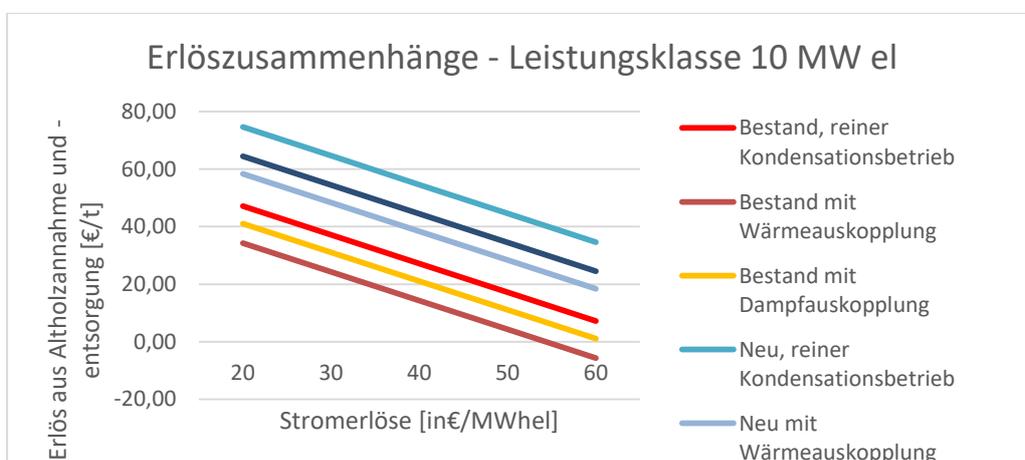
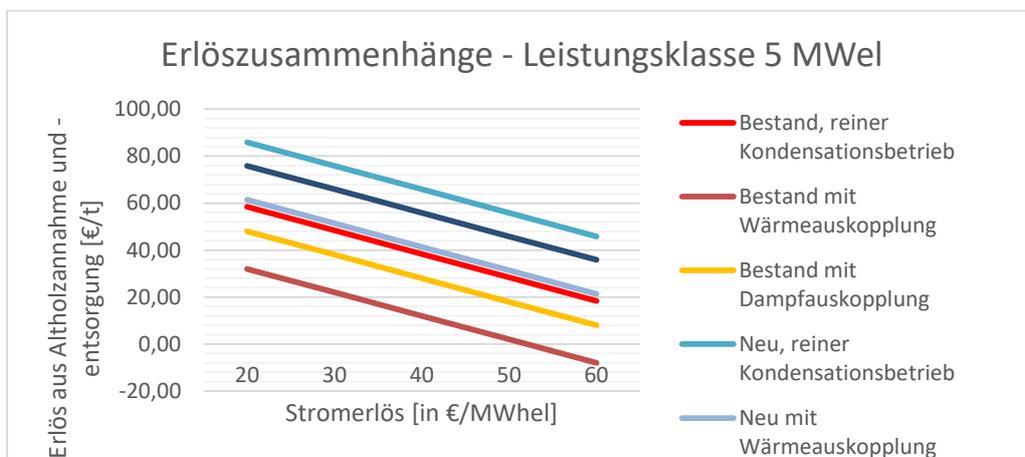
Der erforderliche Erlösbedarf aus Strom und Brennstoffannahme gestaltet sich in den verschiedenen betrachteten Anlagenkonfigurationen und -größenordnungen unter Berücksichtigung der oben dargestellten Kalkulationsparameter und -ansätze wie in Tabelle 12 dokumentiert.

Tabelle 12: Erlösbedarfe der Anlagencluster

		5 MW _{el}	10 MW _{el}	20 MW _{el}
Bestand, reiner Kondensationsbetrieb	€/MWh _{el}	78	67	60
Neu, reiner Kondensationsbetrieb	€/MWh _{el}	106	95	88
Bestand mit Wärmeauskopplung	€/MWh _{el}	52	54	54
Neu mit Wärmeauskopplung	€/MWh _{el}	81	78	76
Bestand mit Dampfauskopplung	€/MWh _{el}	68	61	57
Neu mit Dampfauskopplung	€/MWh _{el}	96	85	79

Der Erlösbedarf errechnet sich aus den Wärme- (50 €/MWh_{th}) respektive Dampferlösen (30 €/MWh_{th}) abzüglich aller Einsatz- und Sachkosten je Anlagenkonfiguration. Der Erlösbedarf stellt damit den Fehlbetrag dar, der über Brennstoff- und Stromerlöse am Markt – nach Wegfall der EEG-Vergütung – generiert werden muss.

Die nachfolgenden Grafiken (Abbildung 24) zeigen diesen Zusammenhang anschaulich für mögliche Preisszenarien in den betrachteten drei Anlagencluster auf.



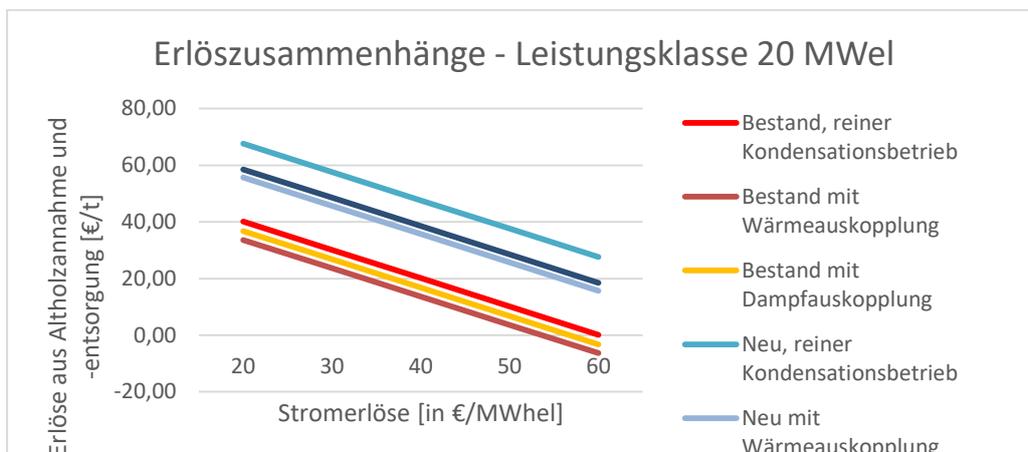


Abbildung 24: Erlözzusammenhänge je Anlagentyp und Leistungsklasse (Eigene Darstellung)

In den Abbildungen ist erkennbar, dass die Bestandsanlagen (orange bis gelb) in allen drei Leistungsklassen – aufgrund der fehlenden Abschreibung für das Kraftwerk (jedoch inklusive der Abschreibung für das Wärmenetz bei Wärmenutzung) und der geringeren ursprünglichen Investitionskosten – eine bessere Marktposition bzw. Ausgangslage haben. Neuanlagen haben andererseits - abweichend von den getroffenen Annahmen, die zur Vergleichbarkeit identisch geblieben sind – im Hinblick auf einen optimierten Wärme- bzw. Dampfabsatz die Möglichkeit, eine langfristig bessere Standortwahl zu treffen.

6.3 Diskussion der Wirtschaftlichkeit von Altholzkraftwerken

Die Darstellung der Erlösbedarfe unterschiedlicher Kraftwerkskonfigurationen, berechnet unter vorgenannten Annahmen, jedoch ohne Renditeaufschlag, stellen die Mindestanforderungen dar, die der Strom- und Brennstoffmarkt zur Refinanzierung bereitstellen muss.

Es ist davon auszugehen, dass es Anlagen gibt, die sich wirtschaftlich zum Beispiel auf Grund eines besonders hohen Wärmeabsatzes und -erlöses besser darstellen. Aber die Vergangenheit hat auch gezeigt, dass einige Anlage selbst mit EEG-Vergütung nicht wirtschaftlich betrieben werden können. Insgesamt ist davon auszugehen, dass die hier gezeigten Werte für die Mehrzahl der in Deutschland betriebenen Altholzheizkraftwerke einen annähernd realistischen Zahlenüberblick geben.

Wie die oben gezeigten Tabellen und Grafiken darlegen, haben auch die wirtschaftlichsten Anlagen nach Wegfall der EEG-Vergütung einen spezifischen Erlösbedarf für die Erzeugung von elektrischer Energie, der mindestens bei ca. 50 €/MWh_{el} liegt. Die aktuellen Preise am Strom- und Entsorgungsmarkt (siehe Abbildung 22) sind damit lediglich für die günstigsten Anlagen auskömmlich. D.h. ausgehend von den aktuellen Marktgegebenheiten und der individuellen Performance der Kraftwerke müssen für einen dauerhaften Fortbestand der Anlagen aus Sicht der Kraftwerke positive Preisent-

wicklungen an den jeweiligen Märkten greifen oder es müssen sich wirtschaftliche Vorteile aus einer Optimierung der Anlagen oder einem geänderten Anlagenbetrieb ergeben.

6.3.1 Neuanlagen versus Bestandsanlagen

Da keine Kapitalkosten anfallen, sind Bestandsanlagen gemäß den dargestellten Kalkulationsansätzen grundsätzlich wirtschaftlicher als Neuanlagen. Dieser wirtschaftliche Nachteil kann bei möglichen Neuanlagen nur durch einen verbesserten Wärmeabsatz (Standortwahl) im Vergleich zur Altanlage ausgeglichen werden.

Investitionen in Neuanlagen – egal ob reine Stromerzeugung oder gekoppelte Strom- und Wärme-, respektive Dampfauskopplung - sind unter den angenommenen Bedingungen und Strompreisen erschwert wirtschaftlich. Die Abschreibungen für Neuanlagen liegen pro MWh Stromerzeugung zwischen 24 bis 34 €/MWh (mit Dampfauskopplung), mit Wärmenetz sogar bei 41 €/MWh³³. Diese Kosten müssten zusätzlich mit den gleichen Erlösströmen gedeckt werden wie bei den Bestandsanlagen. Der Kostenvorteil der Neuanlagen bei den Wartungs- und Reparaturkosten in Höhe von 15 % liegt deutlich unter den Abschreibungskosten dieser Anlagen, die ja für die Bestandsanlagen nicht mehr anfallen. In der bisherigen Betrachtung wurde von einem maximalen Wärmeabsatz von 40.000 MWh ausgegangen, eine deutliche Erhöhung des Wärmeabsatzes (wie z.B. in aktuellen Projektideen diskutiert) würde die wirtschaftliche Situation deutlich verbessern. Eine Anbindung an bisher über Kohlekraftwerke bediente Fernwärmeschienen könnte hier zu interessanten Anlagenkonzepten führen.

6.3.2 Rein stromerzeugende Anlagenkonzepte

Im Folgenden werden einige kurze Ausführungen zum Strommarkt gemacht. In Kapitel 12.6 und in Kapitel 12.7 werden im Anhang ausführlichere Analysen bzgl. der Strommarkt seitigen Erlöse angeboten.

Rein stromerzeugende Altholzanlagen werden – außerhalb des EEG - wirtschaftliche Probleme bekommen. Bei einem Strompreis von 50 €/MWh_{el} können diese Anlagen unter Berücksichtigung der angegebenen Annahmen ihre Erlösbedarfe schon ohne Renditeforderungen nicht decken. Referenzpreis für den Stromgroßhandel ist der Preis am Vortageshandel der EPEX SPOT Strombörse in Paris (siehe Abbildung 22). Dabei können marktabhängig verschiedene Aspekte die Strompreisbildung beeinflussen (z. B. Flexibilitätsanforderungen oder Zugangsvoraussetzungen). Ein „Post-EEG“ Weiterbetrieb von rein stromerzeugenden Altholzanlagen ist stark abhängig von den erzielbaren Strom- und Brennstofflöhnen und den Renditeerwartungen der Betreiber.

³³ 24 €/MWh_{el} für die rein Strom erzeugenden Anlagen. Für kleinere Anlagen mit Wärmeauskopplung (5 MW) steigen die relativen Kosten auf 41 €/MWh_{el} an. Die Investitionskosten sind hier für beide Fälle identisch angenommen, diese werden aber aufgrund der geringeren Stromauskopplung zu Gunsten der Wärmeauskopplung auf weniger Megawattstunden umgelegt. Bei einer Standortbetrachtung inklusive Wärmenetz würden für die 5 MW-Anlage 42 €/MWh_{el} relative Abschreibungen anfallen.

Tendenziell ist davon auszugehen, dass lediglich größere Anlagen einen wirtschaftlichen Betrieb ohne EEG-Vergütung durchführen können. Es stellt sich die Frage, ob eine flexible, strompreisorientierte Fahrweise den Anlagen deutliche Zugewinne in Erlösen ermöglichen könnte.

Durch den Abbau von Überkapazitäten (insbesondere fossiler Kraftwerke mit hohen Treibhausgasemissionen) am Strommarkt sowie durch die Reform des Emissionshandels sollen mittel- bis langfristig die Stromgroßhandelspreise steigen. Weiterhin sollen laut Leitstudie Strommarkt (BMWi 2015) gezielt Preisspitzen in Knappheitssituationen ermöglicht werden, die zukünftig zur Refinanzierung der nötigen Stromerzeugungseinheiten dienen sollen.

Im Marktdesign des Vortageshandels werden Stromerzeuger dazu angehalten, ihren Strom zu den Grenzkosten anzubieten (Ockenfels et al. 2008: 17f und Hirschhausen et al. 2007: 10f). Bieten Stromerzeuger über ihren Grenzkosten an, so laufen diese Gefahr, dass diese Mengen nicht abgerufen bzw. nachgefragt werden.

In der folgenden Abbildung 25 sind die variablen Stromerzeugungskosten den Stromgroßhandelspreisen aus dem Jahr 2017 gegenübergestellt. Die graue Linie zeigt die nach Höhe geordneten stündlichen Strompreise an der Strombörse EPEX SPOT (Preisdauerlinie) im Jahr 2017, die rote Linie den daraus gebildeten durchschnittlichen Strompreis von 34 €/MWh_{el} des gleichen Jahres. Die Bandbreite der variablen Stromgestehungskosten der Altholzmusteranlagen ist als blaues Band bzw. Fläche eingezeichnet, die Kosten bei reiner Stromerzeugung als schräg schraffierte Fläche sowie die Kosten bei einer Wärmeauskopplung als gepunktete Fläche.

In der Abbildung 25 sind für die rein stromerzeugenden Altholzanlagen zwischen 470 und 900 Stunden im Jahr markiert (rechter Bildrand), in denen eine Produktionszurückhaltung theoretisch zu einem höheren erzielbaren durchschnittlichen Strompreis geführt hätte³⁴. Für den 900-Stunden-Fall (5 MW Anlagen) könnte hierdurch der durchschnittliche Strompreis für das Beispieljahr 2017 von 34 €/MWh_{el} theoretisch auf 37 €/MWh_{el} erhöht werden. Dies führt zu einer Steigerung des Strompreises um nahezu 9 %. Bezogen auf einen Weiterbetrieb der Mehrzahl der Altholzanlagen hat dies aber wenig Einfluss. 3 €/MWh_{el} mehr, sind im Vergleich zur oben dargestellten Lücke bei den Erlösbedarfen der 5 MW Anlagen langfristig nicht entscheidend. Das grundsätzliche Strompreisniveau und eine wirtschaftliche Wärmeauskopplung hat einen größeren Einfluss auf den Weiterbestand von Altholzanlagen. Zudem geht eine Anlagenflexibilisierung bei thermischen Kraftwerken tendenziell mit einer Effizienzminderung einher, so dass dieser potenzielle Wirtschaftlichkeitsfaktor auch aus diesem Blickwinkel kritisch diskutiert werden muss.

³⁴ Allerdings ist dies hier eine theoretische Betrachtung, da die Stunden mit den niedrigen Strompreisen nicht am Stück stattfanden, wie in der Dauerlinie dargestellt, sondern diese sind über verschiedene Tage verteilt und die An- und Abfahrkosten für die Altholzanlagen können höher sein als die zu erzielenden Mehreinnahmen durch Abregeln.

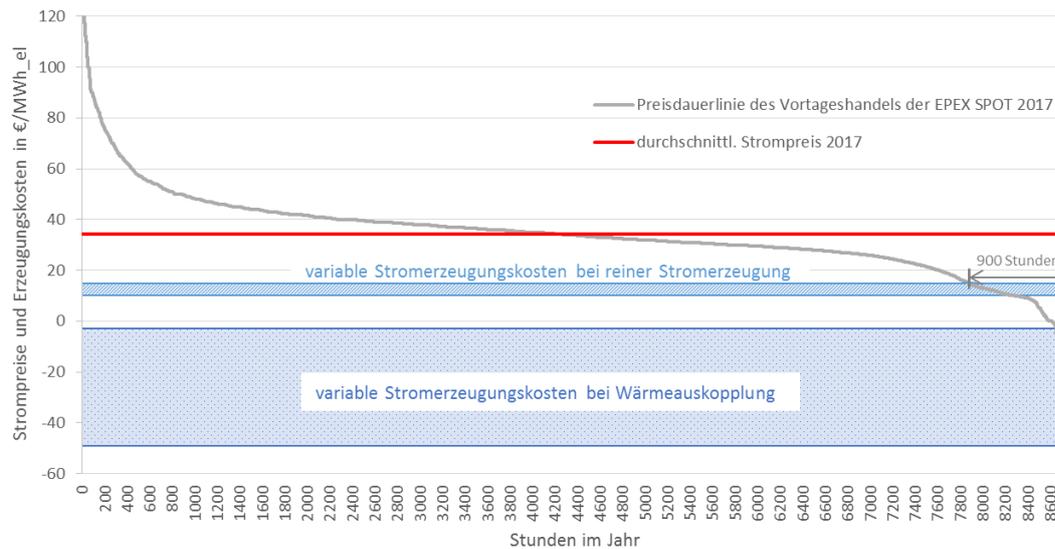


Abbildung 25: Gegenüberstellung von Stromgroßhandelspreisen und variablen Stromerzeugungskosten von Altholzanlagen 2017³⁵

6.3.3 Anlagenkonzepte mit Kraft-Wärme/Dampf-Kopplung

Generell haben Altholzanlagen mit Wärmeauskopplung (hier: 40.000 MWh/a) einen spezifischen Kostenvorteil bei der Erzeugung von Strom in Höhe von 5 bis 20 €/MWh_{el} gegenüber Anlagen, die keine Wärme auskoppeln.

Anlagen mit Fernwärmeauskopplung erwirtschaften ab einem Strom- und Wärmeerlös von ca. 50 €/MWh_{el} eine ausreichende Bedarfsdeckung. Bei niedrigeren Strompreisen, wie beispielsweise im Jahr 2017 (34 €/MWh_{el}), könnten diese nur durch Ausweitung des Wärmeabsatzes, bzw. durch höhere Erlöse aus der Altholzannahme/-entsorgung wirtschaftlich betrieben werden. Der Wärmeabsatz ist neben den Brennstoffkosten somit eine entscheidende Stellschraube für einen Weiterbetrieb von Altholzanlagen nach Auslaufen der EEG-Vergütung.

Auf Grund der oben beschriebenen Wärme-/ Dampfauskopplung von 40.000 MWh_{th} p.a. für Anlagen aller Größen ist dieser wirtschaftliche Effekt bei kleineren Anlagen stärker ausgeprägt. Würde die Wärmeauskopplung anteilig mit dem Leistungsanstieg erhöht, würden die Erlösbedarfe proportional sinken.

Bei der Prozesswärmeauskopplung, die insgesamt geringer vergütet wird (30 €/MWh_{th}) als die Fernwärmeauskopplung (50 €/MWh_{th}) muss immer auch die Gefahr mit kalkuliert werden, dass ein einzelner Industriekunde ausfallen kann und damit die Wirtschaftlichkeit des Kraftwerks vulnerabel ist.

³⁵ Die Extremwerte der Preisdauerlinie sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt (Max: 164 €/MWh; Min: -83 €/MWh). Die große Bandbreite von variablen Stromerzeugungskosten mit Wärmeauskopplung basiert auf der Annahme, dass die Musteranlagen unabhängig von ihrer Leistungsklasse (5 – 20 MW) aufgrund von Restriktionen in der Wärmeabgabe eine identische Wärmemenge auskoppeln.

Die Wärmeauskopplung stellt letztendlich einen zentralen Faktor für einen „Post-EEG“-Weiterbetrieb der Altholzanlagen, aber auch für zukünftig tragfähige Geschäftsmodelle im Altholzbereich dar.

6.4 Zwischenfazit zur Wirtschaftlichkeit von Altholzwerkwerken

Die vorstehenden Ausführungen geben einen grundsätzlichen Einblick in die Kostenstruktur von Altholz(heiz)kraftwerken. Zu unterstreichen ist, dass die hier gezeigten Kenngrößen nicht in jedem Fall für jedes Kraftwerk zutreffend sind. Aber sie zeigen tendenziell die Wertansätze für die Wirtschaftlichkeit von Altholz(heiz)kraftwerken in der „Post-EEG“-Zeit auf.

Darüber hinaus unterliegen diese Werte im Zeitverlauf einer dynamischen Entwicklung auf der Erlös- und Kostenseite, die so in den Betrachtungen nicht umfänglich berücksichtigt wurden. Dies ist aber auch nicht erforderlich, da im Ergebnis eine Momentaufnahme ausreichend ist, um zu zeigen, dass Altholzwerkwerke auch ohne Förderung des EEG grundsätzlich wirtschaftlich betrieben werden können. Wesentlich hierfür ist die konsequente Verfolgung der Klimaschutzziele die auch zu entsprechenden Effekten am Strom- und Wärmemarkt führen wird. So ist z.B. bei konsequenter Verfolgung der Klimaschutzziele ein höheres Strompreisniveau zu erwarten. Entscheidende Maßnahmen auf diesem Weg sind die Verknappung der CO₂-Zertifikate und die Stilllegung von Kohlekraftwerken. Neue Altholzanlagen sind ohne eine zusätzliche Förderung oder eine deutlich gesteigerte Wärmeauskopplung nicht denkbar. Eine Ausweitung der Wärmeerzeugung wird im nächsten Kapitel weiterbetrachtet.

Die Betrachtungen in den Clustern haben gezeigt, dass die wirtschaftlich stärksten Anlagen, die Altholzwerkwerke mit intensiver Wärmeauskopplung sind. Dies war zu vermuten, unterstützt aber auch die Ziele einer ökologischen Wärmewende. Neue Altholzanlagen haben in den gezeigten Dimensionen wirtschaftliche Nachteile gegenüber Bestandsanlagen. Ursächlich hierfür sind die höheren Investitionskosten gegenüber den Bestandsanlagen (+ 30% auf Grund der zeitlichen Entwicklung) als auch der anfallende Kapitaldienst, der so bei den Bestandsanlagen nach 20 Jahren nicht mehr anfällt.

Die Perspektive für neue Altholzanlagen liegt insbesondere im Bereich großer Wärmesenken. Hierauf wird später in diesem Bericht nochmals in dem Kapitel 8 eingegangen.

Die Flexibilisierung der Anlagen kann zwar zu einer wirtschaftlichen Besserstellung in geringem Umfang führen, jedoch kann sie die fehlenden Erlösbedarfe nicht decken. Daher ist die Flexibilisierung für den Betrieb eine Option, jedoch kein Entscheidungskriterium zum Weiterbetrieb einer Anlage zumal mit einer Flexibilisierung gegebenenfalls auch Effizienzverluste einhergehen.

7 Untersuchung technischer Optimierungspotenziale im Anlagenbestand

7.1 Untersuchte Biomasse(-heiz)-kraftwerke

Die Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Biomasse-Brennstoffen in Energieanlagen kann – neben ökonomischen Maßnahmen - durch technische oder Stoffstrom-bezogene Maßnahmen potenziell verbessert werden. Die Anwendbarkeit einer oder mehrerer Optionen richtet sich nach dem jeweiligen Einsatzzweck und dem technischen Umfeld der Anlage einschließlich des jeweiligen Anlagenkonzeptes, ist also standort- und technologiespezifisch. Im Rahmen des Projektes „Altholz-Quo Vadis“ wurden neben der Betrachtung des gesamten deutschen Kraftwerksparkes – in enger Zusammenarbeit mit dem Wirtschaftspartner STEAG New Energies – auch zwei konkrete Biomassekraftwerke als Referenzanlagen betrachtet.

Die beiden Anlagen sind sich im Hinblick auf die eingesetzte Technik sehr ähnlich. Sie bieten sich daher für eine vergleichende Untersuchung hinsichtlich der Anwendbarkeit verschiedener Maßnahmen zur Anlagenoptimierung an. Die zwei Versuchs-Anlagen werden im Folgenden in einer anonymisierten Form zunächst vorgestellt, bevor die Optionen zur Anlagenoptimierung hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit berechnet werden.

Die in diesem Kapitel dargestellten Wirtschaftlichkeitsberechnungen beruhen also auf Werten und Kalkulationsgrundlagen der STEAG NE GmbH, welche in einem Review-Prozess sowohl intern, als auch im Rahmen des Projekt-begleitenden Beirates validiert wurden. Auf eine Ausweisung der Kapitalverzinsung wurde im Kontext der unternehmensinternen Kalkulationspraxis sowie der hier vorliegenden Grobanalyse verzichtet.

Folgenden Maßnahmen wurden für die zwei Anlagen dabei analysiert:

- Umbau zur KWK-Anlage und Einbindung in ein Fernwärmesystem
- Einsatz alternativer Brennstoffe (Klärschlamm, unsortierter Sperrmüll)
- Nutzung von Power-to-Gas

Die Flexibilisierung wird nicht betrachtet, da Anlagen sich nicht über eine Flexibilisierung refinanzieren können (vgl. Kapitel 6.3.2).

In Tabelle 13 werden die wichtigsten technischen Daten der beiden untersuchten Biomasse-(Heiz) Kraftwerke dargestellt. Die erste Anlage hat eine Feuerungswärmeleistung von 29 MW, die zweite Anlage von 27 MW.

Im BMKW 1 werden Althölzer der Kategorie A I bis A IV energetisch verwertet. Der maximale Lagervorrat der Anlage reicht für ca. 30 Tage Volllastbetrieb. Aktuell wird der erzeugte Strom im Rahmen des EEG in das Netz des vorgelagerten Netzbetreibers eingespeist. Die vorhandene Wärmeauskopplung dient lediglich zur Deckung des Ei-

genbedarfs am Standort. Ursprünglich war am Standort des BMKW 1 die externe Auskopplung von Wärme gegeben, dies wurde jedoch durch die Insolvenz des Wärmeabnehmers gestoppt. Grundsätzlich besteht daher die Möglichkeit, Wärme verstärkt auszukoppeln. Jedoch hat sich diesbezüglich trotz Interesse des Anlagenbetreibers am Standort bisher keine wirtschaftliche Lösung ergeben. Die Rauchgase werden durch eine Reinigungsanlage aufbereitet, die gemäß den Anforderungen zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte der 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung errichtet ist.

Das BMHKW 2 ist ähnlich wie das BMKW 1 konzipiert, jedoch wird hier seit Inbetriebnahme im Jahr 2004 intensiv Wärme (35.000 MWh_{th}) ausgekoppelt. Diese wird in ein Fernwärmenetz eingespeist und mit durchschnittlich 55 €/MWh_{th} vergütet. Zudem besitzt das BMHKW 2 eine Genehmigung zur energetischen Verwertung von Bahnschwellen.

Tabelle 13: Technische Daten der Biomasseheizkraftwerke BMKW 1 und BMHKW 2 (Eigene Daten STEAG New Energies)

Anlage	BMKW 1	BMHKW 2
Kesselhersteller	Fa. Kablitz, Lauda-Königshofen	Fa. Kablitz, Lauda-Königshofen
Kesselbauart	3-Zug-Wasserrohrkessel	3-Zug-Wasserrohrkessel
Brennstoff	Altholzklassen AI-AIV, ohne Bahnschwellen	Altholzklassen AI-AIV, mit Bahnschwellen
Brennstoffdurchsatz	ca. 58.000 t/a	ca. 57.000 t/a
Feuerungswärmeleistung	29,7 MW	ca. 27 MW
maximale Frischdampfmenge	35 t/h	30 t/h
durchschnittliche reale Frischdampfmenge	29 t/h	29 t/h
Dampfparameter	425°C, 65 bara	425°C, 65 bara
maximale elektrische Leistung	7,5 MW _{el}	7,2 MW _{el}
relative maximale elektrische Leistung	6,6 MW _{el} bei Kondensation Turbine: Alstrom	6,5 MW _{el} bei Kondensation Turbine: Alstrom
Reduktionsmittel	45%ige Harnstofflösung	45%ige Harnstofflösung
SNCR Anlage	Fa. Bischl, Trägermedium: ursprünglich Dampf	Fa. Mehldau und Steinfath, Trägermedium: Luft und Verdünnung mit Wasser

7.2 Technische Optimierung durch Kraft-Wärme-Kopplung

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung, kurz KWK, spricht man von der gleichzeitigen Gewinnung von elektrischer Energie und nutzbarer Wärme für Heizzwecke oder Prozesswärme in einem gemeinsamen thermodynamischen Prozess. Die Auslegung der KWK-Anlage kann daher entweder nach dem Strom- oder Wärmebedarf erfolgen. Eine

stromgeführte Anlage optimiert den Strom- und wärmegeführte Anlagen den Wärme-ertrag. Bei dem Prinzip der KWK handelt es sich somit um ein flexibles technisches System, welches vielseitig einsetzbar ist.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die KWK-Anlage z.B. im Sommer stromgeführt und im Winter wärmegeführt zu betreiben. Bei stromgeführter Fahrweise wird ein größerer Anteil des Dampfes nach der Turbine im Luftkondensator kondensiert, wodurch sich die Brennstoffnutzung im Sinne einer verminderten Gesamteffizienz reduziert.

Da das BMHKW 2 bereits eine Wärmeauskopplung besitzt, wird lediglich das BMKW 1 im Hinblick auf eine Nachrüstung mit Wärmeauskopplung betrachtet.

Im Hinblick auf eine grob übertragbare Betrachtung wird von einem jährlichen Wärmeabsatz von 40.000 MWh_{th} ausgegangen, welcher für ein Fernwärmenetz mit einem Leistungsbedarf von ca. 30 bis 35 MW_{th} gemäß den derzeit vorliegenden Erfahrungen zu erwarten ist. Technisch könnte das BMKW 1 jedoch auch eine größere Wärmemenge auskoppeln.

7.2.1 Umbau und Investition

Zum Betrieb als KWK-Anlage ist eine Turbine erforderlich, die entweder im Gegen-druck gefahren werden kann, oder über eine Entnahme und Anzapfung verfügt. In welchem Umfang ein Umbau der Turbine erforderlich ist, hängt vom Turbinentyp ab. Bei dem betrachteten BMKW 1 ist eine ausreichende Entnahme an der Turbine vorhanden. Die Anlagenteile der Wärmeauskopplung bestehend aus Heizkondensator, Rohrleitungen und baulichen Anpassungen sind neu zu errichten (siehe Kostenaufstellung in Tabelle 14). Es werden bei den Bestandsanlagen zusätzliche Abschreibungen von 41.580 € für die KWK Anlage eingerechnet. Die Reparaturkosten der KWK Anlagen belaufen sich auf 17.000 €/Jahr.

Tabelle 14: Investitionskosten Wärmeauskopplung inkl. Engineering für BMKW 1

Position	Wert	Einheit
Heizkondensator	80.000	€
Kondensationsablaufstrecke	40.000	€
Anbindung Dampfleistung	150.000	€
Armaturen	40.000	€
MSR Ausrüstung und Anbindung	60.000	€
Fernwärmeanbindung	100.000	€
Baunebenkosten (inkl. Fundamente)	300.000	€
Turbine	0	€
Summe Investitionskosten	770.000	€
Engineering (8%)	61.600	€
Summe Investitionskosten inkl. Engineering	831.600	€
Nutzungsdauer	20	a
Abschreibung	41.580	€/a

Darüber hinaus ist an dem Standort des BMKW 1 – unter Berücksichtigung der spezifischen Ausgangssituation - eine neun Kilometer lange Wärmetrasse zur Anbindung der Wärmesenken notwendig. Die Kosten für das eigentliche Fernwärmenetz wurden auf 800 € pro Meter Trassenlänge bei einer Abschreibungsdauer von 25 Jahren festgelegt. Die Zuleitung zu den Wärmesenken beläuft sich am Standort auf 3 Kilometer, das erforderliche Netz umfasst 6 Kilometer Länge. Daraus ergeben sich 7,2 Mio. € Investitionssumme zur Gewährleistung der Wärmebereitstellung. Bei einer Abschreibung über 25 Jahre belaufen sich die jährlichen Abschreibungen sich auf 288.000 €. Reparaturen an der Fernwärmeschiene von 100.000 €/Jahr werden in die Kalkulation integriert.

Darüber hinaus sind die zusätzlichen Einsatzkosten der KWK-Anlage von 50.000 €/a, die sich im Wesentlichen aus dem Strombezug für den Betrieb der Umwälzpumpen ergeben, sowie die Abschreibungs- und Reparaturkosten der Aggregate zu berücksichtigen. Die zusätzlichen Versicherungskosten belaufen sich auf 66.096 €/Jahr, die zusätzlichen Personalkosten auf 128.200 €/Jahr.

Im Vergleich zur Ausgangsbetrachtung ohne KWK wird davon ausgegangen, dass pro MWh_{th} Wärme ein Erlös von 50 €, bzw. insgesamt ein jährlicher Umsatz von 2.000.000 € generiert wird.

7.2.2 Bewertung

Die Optimierung eines Bestands-Altholzkraftwerkes durch Einbindung einer Kraft-Wärme-Kopplung impliziert die Verfügbarkeit eines Fernwärmenetzes. Beim BMKW 1 müsste diesbezüglich ein Neubau vorgenommen werden, so dass die Optimierung der Anlage durch Kraft-Wärme-Kopplung am Standort mit der Erforderlichkeit eines Netzneubaus betrachtet wird.

Die statische Analyse geht dabei von einem bereits akquirierten Kundenstamm aus, der insgesamt 40.000 MWh_{th} pro Jahr benötigt. In der Praxis ist dieser Absatz ohne vorhandenes Fernwärmenetz nur in Ausnahmefällen innerhalb kurzer Zeit zu erreichen.

Der absolute Erlösbedarf wird jeweils in Relation zur Bruttostromauskopplung gesetzt. In der Referenzrechnung aus dem Jahr 2016 und der Berechnung ohne Abschreibung (Post EEG) liegt diese bei 52.330 MWh_{el}, mit Wärme-Auskopplung reduziert sich die Bruttostromauskopplung auf 49.789 MWh_{el} pro Jahr.

Unter Berücksichtigung der obigen Ansätze der Kraft-Wärme-Kopplung mit Bau eines Fernwärmenetzes reduziert sich der Erlösbedarf des BMKW 1 auf 43,9 €/MWh_{el}. Der Erlösbedarf der Anlage BMKW 1 in der Ausgangssituation und die Erlösbedarfe der durch KWK optimierten Anlage werden in Tabelle 16 und Abbildung 26 in einer Zusammenschau dargelegt und diskutiert (Kapitel 7.5.1). Weitere Ausführungen zum Thema Wärme finden sich im Anhang in Kapitel 12.8.

7.3 Technische Optimierung durch Einsatz alternativer Brennstoffe

Im Hinblick auf einen auch zukünftig wirtschaftlichen Weiterbetrieb der Anlagen, wurde als weitere Option der Einsatz alternativer Brennstoffe in Ergänzung eines Brennstoffsortiments aus Holz gemäß Altholzverordnung untersucht. Siebüberlauf, der beispielsweise bei der Kompostierung von Grünschnitt aus der Landschaftspflege anfällt, wurde dabei nicht betrachtet, da er heute schon in vielen Anlagen anteilig eingesetzt wird.

Untersucht wurden die Einsatzmöglichkeiten von Klärschlamm und von grob sortiertem Sperrmüll in Ergänzung definierter Altholzmengen.

7.3.1 Klärschlamm

Mit der Novelle der Klärschlammverordnung vom 03.10.2017 (AbfKlärV) wurden einige Regelungen im Umgang mit Klärschlamm verändert. Danach wird primär die direkte Ausbringung zu Düngezwecken eingeschränkt bzw. terminiert beendet. Darüber hinaus wird für Phosphor und andere Nährstoffe eine Rückgewinnung festgeschrieben. Entsprechende Strategien und Konzepte zur energetischen Klärschlammverwertung müssen daher die Prämisse zur Gewährleistung von Nährstoffkreisläufen berücksichtigen.

Klärschlamm weicht in seinen Eigenschaften stark von Altholz ab. Zur Verbrennung eines hohen Anteils von Klärschlamm sind daher in jedem Fall Investitionen in die Anlagentechnik notwendig. Kleinere Anteile von Klärschlamm könnten jedoch ohne Investitionen dem Brennstoff beigemischt werden, solange die Mischung innerhalb der zulässigen Toleranz der Brennstoffeigenschaften zum Betrieb der Kesselanlage liegt. Für die betrachteten Anlagen wurde ein Vergleich zwischen der Brennstoffeigenschaft einer Mischung aus Klärschlamm und Altholz und der gemäß Spezifikation geforderten Eigenschaft gemacht. Hieraus ergibt sich, dass ein Anteil von 12 Masse-% Klärschlamm (bezogen auf die Frischmasse) am Brennstoffmix verwendet werden könnte. Diese Begrenzung resultiert vor allem aus den Feuchte- und Aschegehalten, die im Hinblick auf die vorhandene Technik bei Klärschlamm deutlich ungünstiger als bei Altholz sind. Bei einem entsprechenden Brennstoffmix ergibt sich gemäß unternehmensinternen Analysen der STEAG New Energies GmbH ein mittlerer Gesamtheizwert H_u von 3,52 kWh/kg_{luro}.

Der Wassergehalt bei Klärschlamm könnte durch eine vorgeschaltete Trocknung gesenkt werden. Dazu wäre aber zusätzliche Anlagentechnik mit den entsprechenden Investitionen erforderlich, die bei der nachfolgenden groben Kostendarstellung jedoch keine Berücksichtigung finden.

Kostenseitig wäre zudem – aus der Sicht des Klärschlammproduzenten - die Einbindung eines Nährstoffkreislaufes zu berücksichtigen. Bei einem Anteil von 12 Masse-%

Klärschlamm (bezogen auf die Frischmasse) am Brennstoffmix, würde gemäß der unternehmensinternen Analysen nach der Verbrennung ein Anteil der Klärschlamm-Asche am gesamten Ascheaufkommen von ca. 45 % resultieren. Die Nährstoffkonzentration reduziert sich demgemäß im Vergleich zu einer Asche aus einer Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage. Insofern wäre zu prüfen, wo die Extraktionsverfahren zur Nährstoffrückgewinnung aus wirtschaftlicher Sicht platziert werden (vor der Verbrennung im Kontext einer Behandlung von Klärschlamm, oder nachher bezogen auf die Asche). Entsprechende Untersuchungen waren nicht Gegenstand dieser Studie und sind mögliche weitere Forschungsansätze.

7.3.1.1 Umbau und Investition

Der höchste Kostenanteil für die Klärschlamm-Mitverbrennung entfällt gemäß unternehmensinternen Analysen auf die Bereiche Lagerung und Förderungstechnik. Die entsprechenden Investitionen wurden auf der Grundlage von unternehmensinternen Kostenaufstellungen der STEAG NE GmbH auf ca. 500.000 €/a geschätzt. Bei der Rauchgasreinigung wird ein höherer Einsatz der Sorptionsmittel erwartet, der eine Anpassung der Zuführeinrichtungen erforderlich macht. Aufgrund des höheren Ascheaustrages ist zudem ein zusätzliches Aschesilo für die Lagerung bis zum Abtransport erforderlich. Die Elektro- und Leittechnik ist anzupassen und entsprechend der neuen Anlagenteile zu erweitern. Es ergibt sich ein abschätzbares Gesamtinvestment von 1.134.000 €, bzw. eine jährliche Abschreibung von 56.700 € bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren.

Die variablen Einsatzkosten steigen bei einer Mitverbrennung von Klärschlamm durch den Anstieg der Betriebskosten und den Ascheaustrag um 263.000 €/Jahr im BMKW 1 resp. 256.000 €/Jahr im BMHKW 2 an.

7.3.1.2 Wirtschaftliche Auswirkungen

Erlöse durch die Annahme von Klärschlamm werden mit 75 € pro Tonne Originalsubstanz kalkuliert. Das BMKW 1 verbrennt kalkulatorisch 6.936 t Klärschlamm pro Jahr, das BMHKW 2 verbrennt 6.840 t Klärschlamm pro Jahr. Der Referenzpreis für die Monoverbrennung liegt gemäß UBA (2018d) zwischen 280 und 480 €/t TM. Nach Umrechnung der Tonne Originalsubstrat auf die Tonne TM bewegt sich die vorliegende Rechnung bei 300 €/t TM.

Beim BMKW 1 reduziert sich entsprechend der Erlösbedarf gegenüber dem Status Quo bei anteiliger Klärschlammverbrennung auf 64 €/MWh_{el}.

Für die Anlage BMHKW 2 wird bei gleichem Vorgehen ein Erlösbedarf bei anteiligem Einsatz von Klärschlamm in Höhe von 31,9 €/MWh_{el} ermittelt. Die entspricht bei beiden Anlagen einer Verbesserung von etwa 2,8 €/MWh_{el} gegenüber der Post-EEG Ausgangssituation.

Die Erlösbedarfsberechnungen und die entsprechenden Zusammenhänge für die anteilige Klärschlamm-Mitverbrennung werden in Kapitel 7.5 dargestellt.

7.3.1.3 Bewertung

Aus den Betrachtungen auf Basis der Anlagen BMKW 1 und BMHKW 2 ergibt sich, dass sich durch die anteilige Mitverbrennung von Klärschlamm nur ein minimaler wirtschaftlicher Vorteil gegenüber der Ausgangssituation einstellt. Es ist daher eine unternehmerische Entscheidung, ob der geringfügig verringerte Erlösbedarf den zusätzlichen Aufwand und die schwer einschätzbaren Langzeitfolgen (z.B. Korrosion der Kessel) rechtfertigt.

Sowohl bezüglich der Mitverbrennung von Klärschlamm als auch im Hinblick auf die nachfolgend analysierte Mitverbrennung von Sperrmüll (siehe Kapitel 7.3.2) können noch keine Aussagen über potenzielle Schäden an den Anlagen (insbesondere Kessel und Ascheförderung) getroffen werden, die über längere Betriebszeit entstehen.

Zudem kann bei hohen Anteilen an Klärschlamm das Problem entstehen, dass dieser aufgrund seines Feuchtegehaltes nicht vollständig verbrannt wird. Ein weiterer offener Punkt bei der Mitverbrennung von Klärschlamm ist die Tatsache, dass Klärschlamm seit der Novelle der Abfallrahmenrichtlinie RL 2008/99/EG auf europäischer Ebene nicht mehr unter den Begriff Siedlungsabfälle fällt. Daher könnte die Klärschlammverbrennung ab 2021 zudem emissionshandlungspflichtig werden und ab 2029 aufgrund der verpflichtenden Phosphorrückgewinnung nicht mehr möglich sein (EUWID 2018b). Alternativ wären im Hinblick auf die erforderlichen Nährstoffkreisläufe Verfahren zur vorgeschalteten Extraktion zu untersuchen.

7.3.2 Mitverbrennung von unsortiertem Sperrmüll

Bei der Mitverbrennung von Sperrmüll gilt es zu beachten, dass die Sicherstellung der einzuhaltenden Brennstoffqualität eine große Herausforderung darstellt. Ein hoher Anteil an Fremd- und Störstoffen belastet die Anlage und erhöht über eine längere Betriebszeit den Verschleiß. Der Anteil an Holz im gemischten Sperrmüll ist im Durchschnitt relativ hoch, was jedoch einzelne schlechte Chargen nicht ausschließt.

Um die Einflussnahme der Mitverbrennung von Sperrmüll auf den Anlagenbetrieb zu überprüfen, wurden im Rahmen der Studie Versuche mit diesem Brennstoff durchgeführt. Der in den Versuchen verwendete Sperrmüll ist – aufgrund seines überwiegenden Holzanteils - dem üblichen Anlagen-Brennstoff sehr ähnlich. Er enthält jedoch einen höheren Anteil an Fremdstoffen, vor allem in Form von Textilien, Füllmaterialien der Polsterung, Papier und Kunststoff. Weiterhin ist – im Vergleich zu Altholz - mit einem höheren Anteil an – nicht brennbaren - Störstoffen in Form von Glas, Keramik, Metall und Steinen zu rechnen. Der Heizwert von Sperrmüll liegt gemäß Steag interner Analysen an den Heizkraftwerken mit durchschnittlich 16 - 18 MJ/kg für das Originalsubstrat leicht über dem von Altholz (13 - 15 MJ/kg_{luto}). Zudem weist Sperrmüll einen um circa 25 Prozent höheren Aschegehalt auf. Zwischen den einzelnen Lieferungen sind größere Abweichungen hinsichtlich der Brennstoff-Qualitäten möglich.

Bei den Versuchen zur Sperrmüll-Mitverbrennung ergaben sich folgende Auswirkungen auf den Betrieb: Die Fördereinrichtungen der Altholzkraftwerke sind nur bedingt in der Lage das Sperrmüllmaterial störungsfrei zu fördern. Einige Störstoffe (Metallfedern von Matratzen, lange Stoffbahnen, Schaumgummi) führen zu Verstopfungen, die manuell beseitigt werden mussten. Im Rahmen der Versuche konnte das Problem durch eine bessere Durchmischung der Anteile an Altholz und Sperrmüll gemindert werden. Dennoch ist weiterhin mit Störungen auf dem Förderweg zu rechnen.

Sowohl bei der Verbrennung im Kessel als auch bei der Rauchgasreinigung traten keine Probleme auf. Der NO_x-Gehalt im Abgas ist allerdings gestiegen bzw. erfordert einen höheren Einsatz an Betriebsmitteln (Harnstoff).

Nachträglich war festzustellen, dass die Beläge im Kessel eine veränderte Konsistenz hatten und der Reststoff zur Verstopfung beim Abtransport aus dem Kessel führte. Dies hatte seine Ursache in unbrennbaren, faserigen Störstoffen.

Die Versuche zeigen, dass eine Brennstoffstoffzusammensetzung mit einem Sperrmüll-Anteil von 25 bis 30% ohne Anpassungen möglich ist. Bei höheren Anteilen ist ein Umbau der Anlagen erforderlich.

7.3.2.1 Umbau und Investition

Bei einer Begrenzung auf einen Sperrmüll-Anteil von 25% sind keine Umbaumaßnahmen erforderlich. Bei einer Ausweitung des Mengeneinsatzes von Sperrmüll ist die Investition in eine Sperrmüllschere (analog zu MVAs) empfehlenswert, die im Rahmen dieses Projektes nicht mit einkalkuliert wurde.

7.3.2.2 Wirtschaftliche Auswirkungen

In der Erlösbedarfsrechnung werden die Annahmeerlöse mit 43,0 €/t Sperrmüll angesetzt. Dies entspricht dem Durchschnittswert der letzten Jahre an dieser Anlage. In diesem Erlös sind die Kosten für den zusätzlichen Aufwand auf dem Brennstoffplatz durch den Umschlag des Sperrmülls berücksichtigt. Im BMKW 1 werden insgesamt 57.803 t Altholz pro Jahr eingesetzt, im BMHKW 257.000 t/a. Werden davon 25% durch unsortierten Sperrmüll ersetzt, besteht ein Brennstoffbedarf an unsortiertem Sperrmüll von 14.451 t pro Jahr im BMKW 1 und 14.250 t pro Jahr im BMHKW 2.

Neben den zusätzlichen Erlösen sind gegenüber der Ausgangsbetrachtung höhere Einsatzkosten für die Aschenentsorgung durch den höheren Ascheanteil von 50.780 €/Jahr im BMKW 1 und 20.144 €/Jahr im BMHKW 2 einkalkuliert. Die unterschiedlichen Preise begründen sich auf regional unterschiedliche Entsorgungskosten der verschiedenen Anlagen. Diese Werte zeigen eindrücklich, dass die Anlagen immer individuell berechnet werden müssen. Darüber hinaus fällt bei beiden Anlagen ein erhöhter Betriebs- und Reparaturaufwand von 40.000 €/Jahr durch den höheren Verschleiß sowie durch mögliche Verstopfungen aufgrund der Stör- und Fremdstoffe an.

7.3.2.3 Bewertung

Die Erlösbedarfsberechnungen und die zugehörigen Zusammenhänge für die anteilige Mitverbrennung von 25 % unsortiertem Sperrmüll sind für das BMKW 1 in Kapitel 7.5.1 (Tabelle 16 und Abbildung 26) umfänglich dargestellt. Entsprechende Aussagen für das BMHKW 2 finden sich in Kapitel 7.5.2 (Tabelle 17 und Abbildung 27).

Aus den durchgeführten Untersuchungen ergibt sich, dass durch die anteilige (25%) Mitverbrennung von unsortiertem Sperrmüll im Hinblick auf den Erlösbedarf ein deutlicher Vorteil gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2016 erreicht werden kann. Dieser Vorteil äußert sich in einem Erlösbedarf von etwa 13,7 €/MWh_{el} beim BMKW 1 und 29,1 €/MWh_{el} beim BMHKW 2. Im Vergleich zu den Post-EEG Berechnungen ohne Mitverbrennung verbessert sich der Erlösbedarf damit um 10,1 €/MWh_{el} beim BMKW 1 und um 12,6 €/MWh_{el} beim BMHKW 2 (vergleiche Tabelle 16 und Tabelle 17).

Aufgrund der höheren Anteile an Stör- und Fremdstoffen müssen die Brennstoffförderung und die Ascheentsorgung für den vorgesehenen Anteil geeignet sein.

Bei der Mitverbrennung von 25 % unsortiertem Sperrmüll können – ähnlich der Mitverbrennung von Klärschlamm - keine Aussagen über Langzeitschäden an den Anlagen (insbesondere Kessel und Ascheförderung) getroffen werden, die über längere Betriebszeit entstehen.

7.4 Technische Optimierung Power-to-Gas

„Power-to-Gas“ (PtG) beinhaltet die Umwandlung von elektrischer in chemische Energie (energiereiche Gase). Bei dem PtG-Konzept wird mittels Strom und Wasserelektrolyse Wasserstoff (H₂) hergestellt. Optional kann anschließend eine Methanisierung vollzogen werden, wobei das synthetische Gas Methan (CH₄) erzeugt wird. Somit wird der elektrische Strom in Form von Gas speicherbar gemacht. Das synthetische Gas kann dann zur bedarfsorientierten Strom- und Wärmeerzeugung, oder für die Mobilitätsanwendung genutzt werden. Das Gas ist – im Fall einer Methanisierung - kompatibel zum Erdgas, so dass bestehende Speicherkapazitäten und die Infrastruktur des Erdgasnetzes genutzt werden können.

In der Regel kommt Wasserstoff ausschließlich in chemischer gebundener Form vor z.B. als Wasser (H₂O). Allerdings kann Wasserstoff unter Einsatz von Energie freigesetzt und dadurch zu einem Speicher für Energie werden (Energieträger). Die diesbezüglich zunächst erforderliche Elektrolyse beinhaltet die elektrochemische Zerlegung einer Substanz – hier: Wasser - durch Stromzufuhr.

In einem zweiten Schritt kann der elektrolytisch erzeugte Wasserstoff unter Zugabe von Kohlendioxid bzw. -monoxid in einer exothermen Reaktion zu Methan (CH₄) verarbeitet werden. Für die Methanisierung gibt es zwei mögliche Verfahren: die chemische und die biologische Methanisierung. Durch freiwerdende Wärme in exothermen

Prozessen kommt es zu einem Energieverlust, falls diese Wärme ungenutzt bleibt. Bei der Methanisierung sind dabei Umwandlungsverluste von bis zu 20 Prozent bekannt. Weiterhin wird Energie zum Betrieb der mechanischen Anlagenteile benötigt.

Durch die Methanisierung kann das synthetische Gas leichter gespeichert, transportiert und anschließend am Bestimmungsort genutzt werden (Ghaib 2017, Sterner/Stadler 2014, Zapf 2017).

Altholz zählt nach der aktuellen Biomasseverordnung nicht mehr zu den erneuerbaren Energieträgern im Sinne des EEG. Es besteht daher derzeit in der Branche eine Rechtsunsicherheit inwieweit das in diesen Anlagen erzeugte Methan als regeneratives Methan (Biomethan) im Sinne des EEG angesehen werden kann. Es wurde daher unterstellt, dass das Gas nur zum Marktpreis für Erdgas vermarktet werden kann. Der Marktpreis kann derzeit jedoch die Kosten der Methanisierung in Altholzanlagen nicht decken, so dass nachfolgend nur die Wasserstoffherzeugung und -vermarktung betrachtet wird³⁶.

7.4.1 Umbau und Investitionen

Da beim Verkauf von Wasserstoff an Tankstellen höhere Erlöse als bei Industrieanwendungen generiert werden können, beruht das den nachfolgenden Berechnungen zugrunde gelegte Konzept auf einer Produktion von Wasserstoff für den Mobilitätssektor. Hierzu werden am Altholz-Anlagenstandort eine PEM-Elektrolyseanlage sowie eine Wasserstofftankstelle für Busse und andere Fahrzeuge errichtet. Hauptabnehmer könnte der öffentliche Personennahverkehr an dem stadtnahen Standort des BMHKW 2 sein.

Eine Elektrolyseanlage, die in der Lage ist, ca. 320 Nm³ Wasserstoff pro Stunde zu erzeugen, ist als Containeranlage anschlussfertig am Markt verfügbar. Die Elektrolysestacks, in welchen das hochreine Wasser durch das Anlegen einer Spannung zu Wasserstoff und Sauerstoff reagiert, unterliegen erfahrungsgemäß einem Alterungsprozess. Im Betrachtungszeitraum von 20 Jahren wird daher nach 80.000 Betriebsstunden der vom Hersteller angegebene spezifische Energieverbrauch des Systems von 5,3 kWh/Nm³ auf 6,0 kWh/Nm³ erhöht. Diese Anlage könnte bei den maximal möglichen 8.760 Betriebsstunden pro Jahr die Versorgung von 39 Brennstoffzellenbussen, welche als Mittelwert 10 kg H₂ auf 100 km verbrauchen, darstellen.

Wasserstofftankstellen können derzeit im Gegensatz zu Elektrolyseanlagen nicht als fertiges System beschafft werden, sondern müssen standortspezifisch aus Komponenten zusammengestellt werden. Die Investitionen für die Tankstelle werden auf Grundlage betriebsinterner Kalkulationen bei der STEAG New Energies GmbH auf ca.

³⁶ Dies sind Analyseergebnisse aus der Bachelorarbeit von Lea-Aline Bohr: „Konzeptentwicklungen für einen ökonomischen Weiterbetrieb von thermischen Verwertungsanlagen für Altholz unter den Rahmenbedingungen der post-EEG-Ära“, unveröffentlicht, über STEAG New Energies zu beziehen

3.000.000 € geschätzt. Die Aufteilung der Investitionen basiert auf einer Kostenverteilung, die für eine PKW-Wasserstofftankstelle erstellt wurde.

Die gesamten Investitionen für das Konzept (Wasserstofftankstelle und Elektrolyse) betragen 6.210.000 €. Bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren entspricht dies einer jährlichen Abschreibung in Höhe von 310.500 €.

7.4.2 Wirtschaftliche Auswirkungen

Die Erlöse aus dem Wasserstoffverkauf ergeben sich aus der jährlich erzeugten Wasserstoffmenge (~236 t) mit einem Wasserstoffpreis von 6.500 €/t. Derzeit liegt der Preis an Wasserstofftankstellen bei 9.500 €/t³⁷ inklusive Mehrwertsteuer. Im Hinblick auf die erwarteten Weiterentwicklungen des Marktes wird jedoch mittel- bis langfristig von einem niedrigeren Erlös im Post-EEG Zeitraum ausgegangen.

Die Einsatzkosten ergeben sich aus dem Wasser, das zur Elektrolyse und dem Strom, der bei Stillstand des BMHKW benötigt wird. Abzüglich des Strombedarfes der PtG-Anlage mit einer Wasserstoffproduktion von ca. 320 Nm³/h verbleiben noch 36.284 MWh_{el} Bruttostromerzeugung bei dem BMKW 1 und 27.753 MWh_{el} beim BMHKW 2, die weiter vermarktet werden können. Die Sachkosten sind um die zusätzlichen Abschreibungs-, Wartungs-, Reparatur- und Versicherungskosten zu erhöhen (siehe für BMKW 1 Tabelle 16 und für BMHKW 2 Tabelle 17 im Kapitel 7.5).

Es ergibt sich für das BMKW 1 aus der Berechnung der Variante PtG ein Erlösbedarf von 74,64 €/MWh_{el} für den Betrieb der Anlage. Gegenüber der Ausgangssituation 2016 ist dies eine Verschlechterung um 4,2 €/MWh_{el}, im Vergleich zur Post-EEG Situation eine Verschlechterung um 7,8 €/MWh_{el}.

Führt man die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit anlog für den Standort BMHKW 2 durch, so ergibt sich ein Erlösbedarf in Höhe von 26,17 €/MWh_{el}. Damit liegt der Erlösbedarf deutlich (8,5 €/MWh_{el}) unter dem Erlösbedarf von 34,67 €/MWh_{el} in der Post-EEG Situation. Das im Vergleich zur Anlage BMKW 1 günstigere Ergebnis ergibt sich zum einen daraus, dass ein Teil der standortspezifischen Kosten geringer ist. Wesentlich ist aber, dass der Strom, der zum Betrieb der PtG Anlage benötigt wird, im KWK-Betrieb erzeugt wird und somit auch anteilig Wärmeerlöse generiert.

Nicht in diese Rechnung inkludiert ist ein möglicher Erlös aus der Biokraftstoffquote (vgl. hierzu Müller-Langer 2019). Dies konnte im Rahmen des Projektes nicht geprüft und beziffert werden.

7.4.3 Bewertung

Die Erlösbedarfsberechnungen und die zugehörigen Zusammenhänge für die Investition in eine PtG Anlage sind für das BMKW 1 in Kapitel 7.5.1 (Tabelle 16 und Abbildung

³⁷ Preisabfrage über <https://www.shell.de/energie-und-innovation/mobilitaet/wasserstoff.html> oder <https://h2.live/h2mobility>

26) dargestellt. Entsprechende Aussagen für das BMHKW 2 finden sich in Kapitel 7.5.2 (Tabelle 17 und Abbildung 27).

Aus den Betrachtungen auf Basis der Anlagen BMKW 1 und BMHKW 2 ergibt sich, dass die Wirtschaftlichkeit der Kombination einer Altholzanlage mit einer PtG Anlage von der günstigen Erzeugung des zur Elektrolyse benötigten Stroms bestimmt wird. Für eine KWK-Anlage könnte daher eine PtG-Anlage ein zusätzlicher Weg zur Vermarktung des erzeugten Stroms sein.

Wird ein BMHKW durch eine Anlage zur Wasserstofferzeugung und eine Tankstelle zum Wasserstoffabsatz erweitert, sind hohe Produktionsmengen möglich. Aktuell sind diese jedoch – z.B. aufgrund mangelnder H₂-Fahrzeuge/Fuhrparks - nicht absetzbar. In den kommenden Jahren bis 2024 könnte sich das ändern. Hinsichtlich der Erlöse ist jedoch durch den geplanten Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur mit einer höheren Zahl an Marktteilnehmern zu rechnen. Dies kann zu sinkenden Preisen führen (Bettinger 2018). Um die vorab angegebene Menge abzusetzen, ist der wirtschaftliche Durchbruch von Wasserstoff als Kraftstoff bzw. im Bereich industrieller Anwendungen notwendig. Hinzu kommt, dass Genehmigungsprozesse im Hinblick auf die Etablierung einer Wasserstoffinfrastruktur, sich – gemäß den aktuellen Erfahrungen - sowohl langwierig als auch komplex erweisen und sicherlich nicht alle Standorte von Altholzkraftwerken in Deutschland genehmigungswürdig sind.

Generell ist zudem die Frage anzumerken, ob „grundlastfähiger“ regenerativer Strom aus Altholzkraftwerken nicht einen entsprechenden Vorzug genießen und die Konversion zu Wasserstoff eher den Überschussstrom aus fluktuierender Erneuerbarer Energie fokussieren sollte.

7.5 Zwischenfazit technische Optimierung der Versuchsanlagen

7.5.1 Erlösbedarf BMKW 1 inkl. aller technischer Optionen

In nachfolgender Tabelle 16 wird auf der Grundlage der Einsatzkosten gemäß Tabelle 17 der Erlösbedarf des BMKW 1 vor sowie nach dem Ende des EEG-Förderzeitraumes dargestellt und mit den obigen Optionen zur möglichen Optimierung verglichen.

Unter der Berücksichtigung von Revisionen von Kessel und Turbine sowie von Störungen mit Stillstand wird konservativ eine durchschnittliche Betriebsdauer von 7.810 Stunden pro Jahr angenommen. Die durchschnittliche Leistung beträgt gemäß der Betriebserfahrung 6,7 MW_{el}. Somit ergibt sich eine Brutto-Stromerzeugung von rund 52.330 MWh_{el}. Die Betrachtung der Kosten erfolgt auf der Datenbasis im Jahr 2016.

Die variablen Einsatzkosten setzen sich aus den Ausgaben für leichtes Heizöl (Stützfeuerung gemäß 17. BImSchV), Strom, Wasser, Chemikalien und sonstigen Einsatzkosten zusammen und sind in Tabelle 15 zusammengestellt.

Tabelle 15: Jährliche Einsatzkosten BMKW 1

Heizöl leicht	61.000 €
Strom	51.000 €
Wasser	63.000 €
Chemikalien und sonstige Hilfsstoffe	300.000 €
Betriebsstoffe	300.000 €
sonstige Einsatzkosten	375.000 €
Summe der Einsatzkosten	1.150.000 €

Die Ergebnisse aller Rechnungen sind ohne Gewinn- bzw. Risikozuschläge.

Es ergibt sich für das Jahr 2016 ein Erlösbedarf in Höhe von 70,41 €/MWh_{el}. Unter der Vorgabe, dass das BMKW 1 nach Auslauf der 20-jährigen EEG-Vergütung abgeschrieben ist, sind in der Post-EEG Betrachtung keine Abschreibungen mehr berücksichtigt. Allerdings wird angenommen, dass die Reparaturen aufgrund des Alters der Anlage um 15% steigen. Hieraus errechnet sich nach dem Ende des EEG-Förderzeitraumes ein Erlösbedarf von 66,84 €/MWh_{el}.

Um bei den ermittelten Erlösbedarfen das Zusammenwirken von Strom- und Holzpreis aufzuzeigen, wurden diese beiden Erlösgrößen variabel betrachtet und in Abbildung 26 grafisch dargestellt. Mit Beginn der Post-EEG Fahrweise des Kraftwerks sinkt durch die reduzierte Abschreibung der Erlösbedarf.

Aus der Abbildung 26 ergibt sich, dass für einen wirtschaftlichen Betrieb des BMKW 1 ein Erlöswertepaar aus Strom und Brennstoffaufnahme erreicht werden muss, das unter aktuellen Marktgegebenheiten schwer erreicht werden kann.

Wird von einem Erlös aus der Annahme von Altholz auf der Basis eines aktuellen Holzpreises im Jahr 2019 von etwa 15 €/t³⁸ ausgegangen, muss diese Anlage einen Strompreis von knapp 52 €/MWh_{el} erwirtschaften.

³⁸ Wertansatz der STEAG New Energies

Tabelle 16: Erlösbedarfsrechnungen für das BMKW 1 und alle technischen Maßnahmen (Eigene Berechnung und Darstellung)

		2016	Post EEG	mit KWK Auskopplun g	mit Klärschlamm mverbrennu ng	mit 25% Sperrmüll- verbrennun g	mit P-t-Gas
Erlöse	Stromerlöse	0	0				
	PtG Erlöse						1.532.375
	Brennstofflerlöse	0	0		520.200	621.393	
	Wärmeerlöse	0	0	2.000.000			
	Summe Erlöse	0	0	2.000.000	520.200	621.393	1.532.375
Einsatzkosten		1.150.000	1.150.000	1.150.000	1.150.000	1.150.000	1.150.000
Sachkosten	Abschreibung Kraftwerk	311.726	0	0	0	0	0
	Reparatur Kraftwerk	833.000	957.950	957.950	957.950	957.950	957.950
	Mieten/ Pachten/ Konzession	269.000	269.000	269.000	269.000	269.000	269.000
	Verwaltung und Sonstiges	310.000	310.000	310.000	310.000	310.000	310.000
	Versicherung	170.000	170.000	170.000	170.000	170.000	170.000
	Summe Sachkosten	1.893.726	1.706.950	1.706.950	1.706.950	1.706.950	1.706.950
Personalkosten		641.000	641.000	641.000	641.000	641.000	641.000
KWK Auskopplung	Abschreibung Fernwärmenetz			288.000			
	Abschreibung Invest KWK Anlagentechnik			41.580			
	Reparatur KWK			17.000			
	Reparatur FW			100.000			
	Vers. KWK und FW			66.096			
	Personal			128.200			
	Einsatzkosten			50.000			
	Summe KWK			690.876			
Klärschlamm	Abschreibung Invest				56.700		
	Einsatzkosten				263.957		
	Reparatur				50000		
	Summe KS				370.657		
Unsort. Sperrmüll	Einsatzkosten (Asche)					50.780	
	Reparatur					40.000	
	Summe unsort. Sperrmüll					90.780	
PtG	Abschreibung						310.500
	Einsatzkosten						156.230
	Reparatur und Wartung						210.000
	Versicherung						34.000
	Personal						32.050
	Summe PtG						742.780
Erlösbedarf absolut	Euro	3.684.726	3.497.950	2.188.826	3.348.407	2.967.337	2.708.355
Bruttostromerzeugung	MWh _{el}	52.330	52.330	49.789	52.330	52.330	36.284
Erlösbedarf relativ	Euro/ MWh _{el}	70,41	66,84	43,96	63,99	56,70	74,64

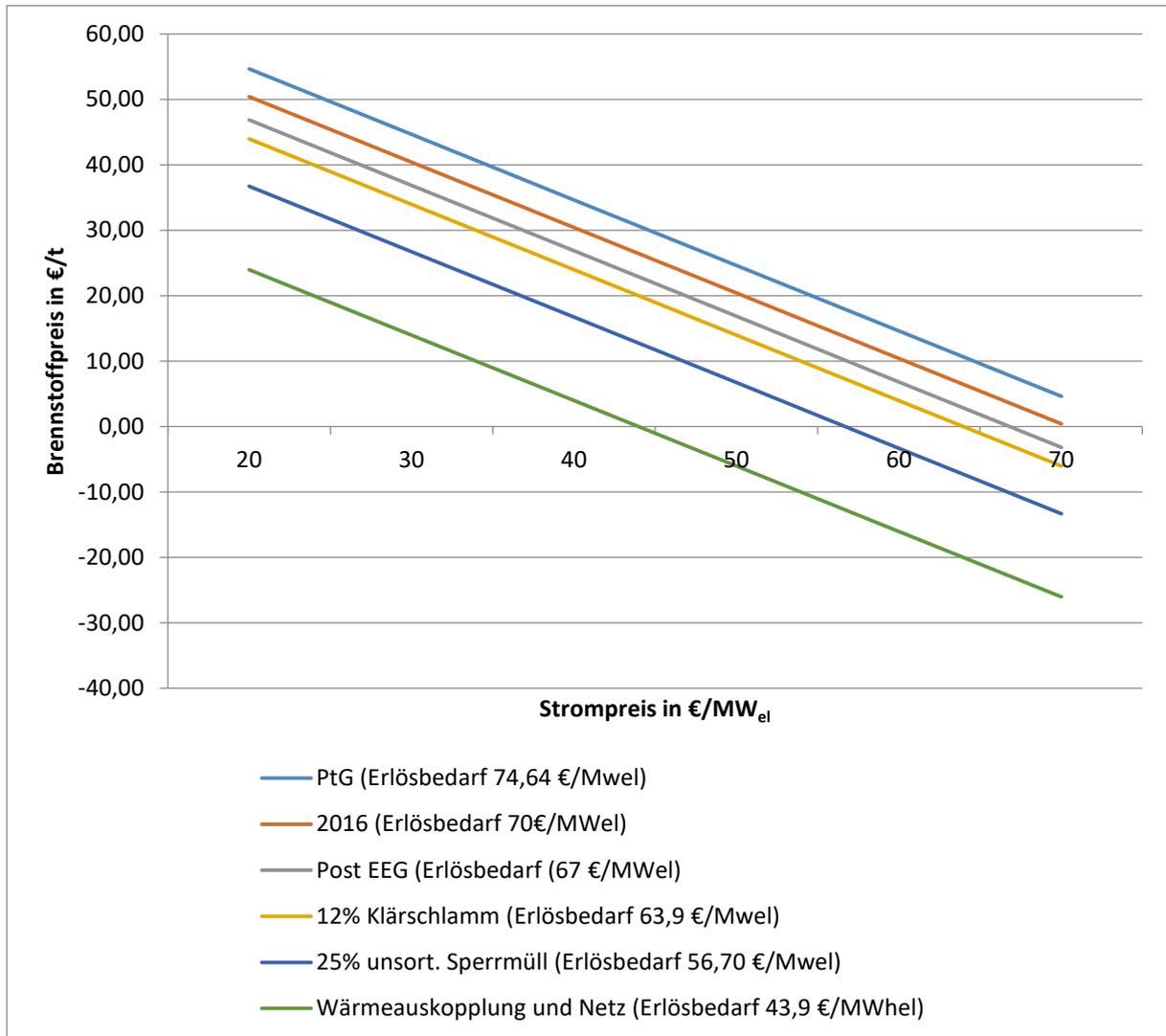


Abbildung 26: Erlösbedarfszusammenhänge BMKW 1 inkl. aller technischen Maßnahmen (Eigene Berechnungen und Darstellung)

7.5.2 Erlösbedarf BMHKW 2 inkl. aller technischer Optionen

Bei der Aufstellung der Erlösbedarfsrechnung des aktuellen Standes und der Situation nach Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes im Jahr 2024 muss am Standort BMHKW 2 beachtet werden, dass die Anlage bereits über eine Wärmeauskopplung verfügt und somit brutto nur 48.300 MWh_{el} Strom erzeugt. Die bestehenden Erlöse durch den Wärmeverkauf und die Reparaturkosten für die Wärmeauskopplung und den Wärmenetzbetrieb sind eingerechnet. Hier ist zu berücksichtigen, dass Wärmeenergie in Höhe von 55 €/MWh_{th} (Arbeitspreis und Leistungspreis) realisiert werden.

Für das Jahr 2016 ergibt sich für das BMHKW 2 ein Erlösbedarf von 51,18 €/MWh_{el}. Aufgrund des Wegfalls der Abschreibungen nach dem Laufzeitende der EEG-Förderung reduziert sich der Erlösbedarf unter gleichzeitiger Beachtung steigender Reparaturkosten auf 34,67 €/MWh_{el}.

Tabelle 17: Erlösbedarfsrechnungen für das BMHKW 2 und alle technischen Maßnahmen (Eigene Berechnung und Darstellung)

		2016	Post EEG	mit Klärschlammverbrennung	mit Sperrmüllverbrennung	mit P-t-Gas
Erlöse	Stromerlöse					
	P-t-G Erlöse					1.532.375
	Brennstofflerlöse			513.000	612.750	
	Wärmeerlöse	1.934.800	1.934.800	1.934.800	1.934.800	1.934.800
	Summe Erlöse	1.934.800	1.934.800	2.447.800	2.547.550	3.467.175
Einsatzkosten		1.117.400	1.117.400	1.117.400	1.117.400	1.117.400
Sachkosten	Abschreibung Kraftwerk	805.802				
	Abschreibung Wärmenetz	42.449				
	Reparatur Kraftwerk	788.000	906.200	906.200	906.200	906.200
	Reparatur Wärmenetz	47.000	54.050	54.050	54.050	54.050
	Mieten/ Pachten/ Konzession	49.000	49.000	49.000	49.000	49.000
	Verwaltung und Sonstiges	233.000	233.000	233.000	233.000	233.000
	Versicherung	141.800	141.800	141.800	141.800	141.800
	Summe Sachkosten	2.107.051	1.384.050	1.384.050	1.384.050	1.384.050
Personalkosten		952.000	952.000	952.000	952.000	952.000
Klärschlamm	Abschreibung Invest			56.700		
	Reparatur			50.000		
	Einsatzkosten (Asche)			256.219		
	Versicherung			28.360		
	Summe			391.279		
unsort. Sperrmüll 25%	Reparatur				40.000	
	Einsatzkosten (Asche)				20.144	
	Summe unsort. Sperrmüll				60.144	
P-t-Gas	Abschreibung Invest					310.500
	Reparatur und Wartung					210.000
	Einsatzkosten PtG					154.633
	Versicherung					28.360
	Personal					36.615
Summe P-t-Gas					740.108	
Erlösbedarf absolut	Euro	2.241.651	1.518.650	1.396.929	966.044	726.383
Bruttostromerzeugung	MWh _{el}	43.800	43.800	43.800	43.800	27.753
Erlösbedarf relativ	Euro/ MWh _{el}	51,18	34,67	31,89	22,06	26,17

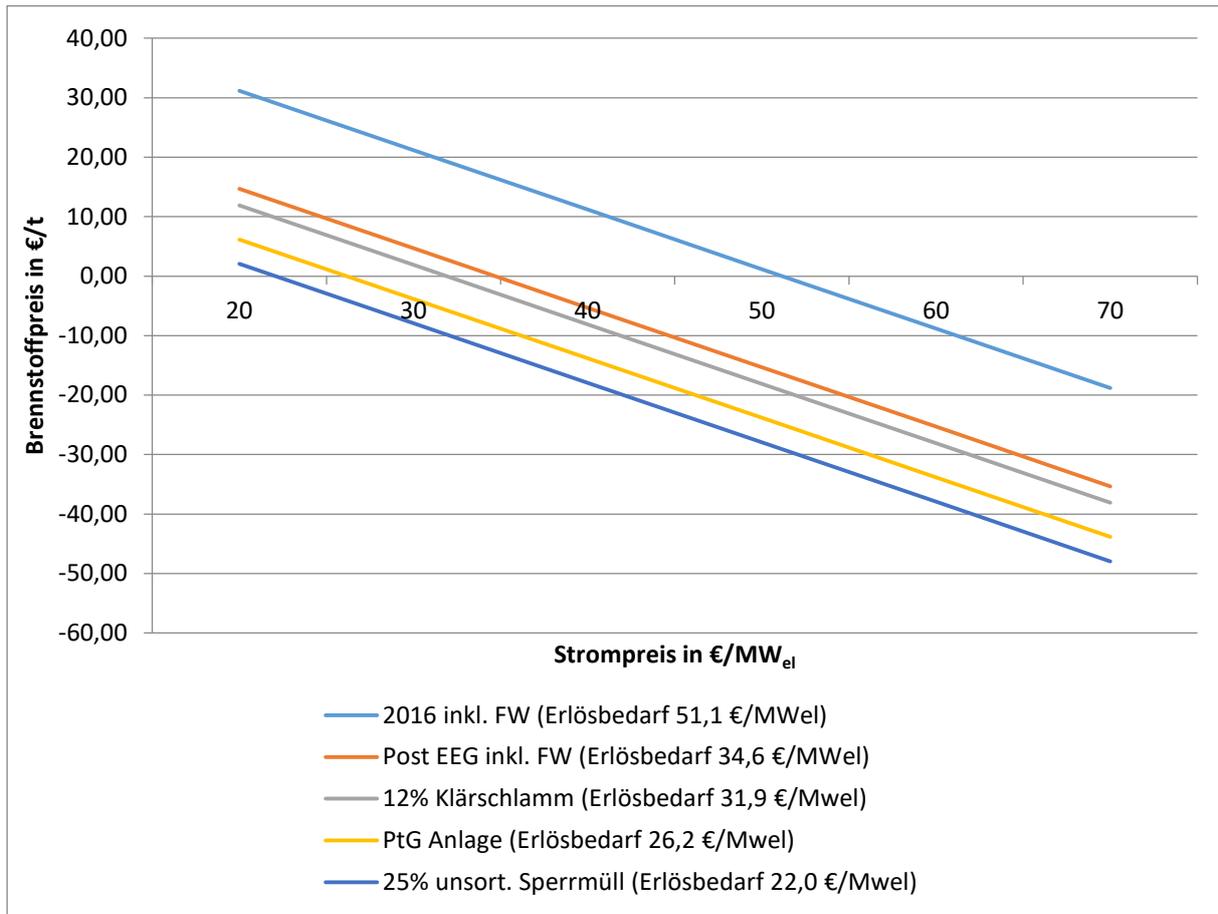


Abbildung 27: Erlösbedarfszusammenhänge BMHKW 2 inkl. aller technischen Maßnahmen (Eigene Berechnung und Darstellung)

7.5.3 Vergleich BMKW 1 und BMHKW 2

Auf der Basis der Herleitungen in den vorangegangenen Kapiteln 7.5.1 und 7.5.2 werden in Abbildung 28 die Erlösbedarfsveränderungen aller technischen Modifikationen gegenübergestellt. Grundsätzlich stellt sich das BMHKW 2 insgesamt an dem individuellen Standort wirtschaftlich deutlich besser dar, als das BMKW 1. Die Wärmeauskopplung ist demnach der Kern der Wirtschaftlichkeit einer Anlage.

Darüber hinaus ist erkennbar, dass alle Modifikationen – außer der PtG-Lösung beim BMKW 1 – zu einer Verbesserung der wirtschaftlichen Situation des Kraftwerkes führen.

PtG Erfolge lassen sich nur stark Standort-bezogen realisieren, wenn entsprechende Abnehmerstrukturen gewährleistet sind. Ist dies nicht der Fall, ist diese aufwändige Anlagen-Modifikation wirtschaftlich nicht tragfähig.

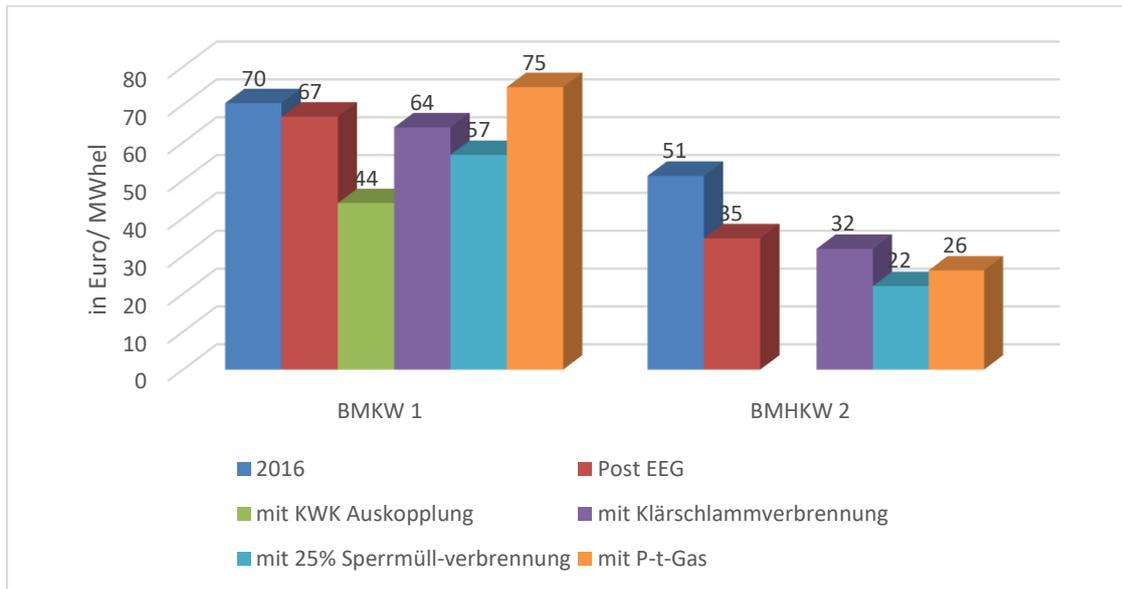


Abbildung 28: Erlösbedarfsveränderungen bei technischen Modifikationen der 2 Versuchsanlagen (in €/MWhel)

8 Geschäftsmodelle für den Post-EEG-Weiterbetrieb

8.1 Methodik

Nach der Erhebung und Recherche der rechtlichen, wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen für den Weiterbetrieb des Altholz-Kraftwerksparkes wurden im Rahmen der Treffen des Projektkonsortiums, des projektbegleitenden Ausschusses und des Projektbeirates Ideen für zukünftige Geschäftsmodelle entwickelt.

8.1.1 Vorgehen

Auf der Grundlage der Datenaufnahme und den Analysen zu den bereits in den vorangegangenen Kapiteln ausgeführten Sachverhalten, wie Kraftwerkspark (Kapitel 5), Recht (Kapitel 2), Altholzmarkt (Kapitel 4), Kostenstruktur (Kapitel 6) sowie Optionen für den Weiterbetrieb (Kapitel 7), erarbeitete das Projektkonsortium Ideen zum wirtschaftlichen Post-EEG Weiterbetrieb der Altholz(heiz)kraftwerke in Deutschland im Sinne angepasster Geschäftsmodelle. Der Bezugszeitraum für die diesbezüglich zugrunde zu legenden Rahmenbedingungen lag dabei im 4. Quartal 2018 und im 1. Quartal 2019.

Am 31. Januar 2019 fand ein ganztägiger Workshop mit dem projektbegleitenden Ausschuss, bestehend aus Praxisvertretern, Verbandsvertretern und Institutsvertretern statt, bei dem nach einer umfassenden Diskussion der bisherigen Projektergebnisse erste Lösungsansätze für die Zukunft vorgestellt und diskutiert wurden.

Anschließend fand eine weitere Ausarbeitung dieser Ideen mit dem Ziel einer Vorstellung der letztendlichen Resultate vor dem Projektbeirat am 27. März 2019 statt. Bei dieser Beiratssitzung, in der neben dem projektbegleitenden Ausschuss auch Vertreter*innen von Ministerien und Bundesämtern sowie Vertreter*innen der Säge- und Holzwerkstoffindustrie anwesend waren, wurden die Projektergebnisse inklusive der wichtigsten ausgearbeiteten Geschäftsmodellideen zur Diskussion gestellt.

Dieses mehrstufige Vorgehen bei der Ideengenerierung gewährleistet, dass alle im Projekt integrierten Stakeholder Möglichkeit zur Stellungnahme erhalten hatten und die Ideen zunehmend geschärft werden konnten.

8.1.2 Prämissen

Vor Beginn der Diskussionen wurden einige Prämissen der Ideengenerierung festgehalten, die Eingang in die Überlegungen fanden.

Hervorgegangen aus der Konstellation innerhalb des Projektkonsortiums und bereits in der Antragstellung verbalisiert ist die **unternehmerische Dimension** der Überlegungen. Ziel der Geschäftsmodellideen ist demnach ein wirtschaftlicher Weiterbetrieb der Altholz(heiz)kraftwerke unter der Prämisse des Erhalts des Anlagenparks, einer

effizienten Brennstoffausnutzung und der Integration in den Strommarkt in Deutschland. Dabei ist festzuhalten, dass das Konsortium eine Konsolidierung des Anlagenparks, insbesondere im Hinblick auf bereits während der EEG-Laufzeit unwirtschaftliche Anlagen, in die Zukunftsvorstellung mit einfließen lässt. Davon losgelöst muss sich jeder Anlagenbetreiber mit Auslauf der EEG-Vergütung mit der Frage konfrontieren, ob der Standort unter den individuellen Voraussetzungen zukunftsweisend ist, der Standort um- oder ausgebaut werden kann, oder ob es keine wirtschaftliche Option für das Kraftwerk gibt. Zu Teilen bestehen auch Wärmelieferverträge über den EEG-Zeitraum hinaus, die eine Entscheidung zu einer möglichen Abwicklung des Standortes erschweren. Daneben lässt das Projektkonsortium auch Ideen zu Neubauprojekten an Standorten mit großer Wärmeauskopplung zu und sieht diese im Gesamtsystem als wichtige Ansätze, da sie - im Vergleich zu Bestandsanlagen – ausschließlich an Standorten geplant werden, wo eine umfangreiche Wärmeauskopplung stattfinden kann. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auf die Notwendigkeit zur regenerativen Wärmebereitstellung bei bislang Kohle-versorgten Fernwärmenetzen hinzuweisen.

Bei Reinvestitionen in den Bestand und Investitionen in Neuanlagen muss der Unternehmer gesicherte Erlöse im Rahmen seines unternehmerischen Handelns haben. Zum einen wird dies gewährleistet durch Einnahmen aus dem Rohstoffhandel. Hier ist es unerlässlich dass der Unternehmer vor der Investitionsentscheidung eine Risikoanalyse vornimmt, die beachtet, welche anderen Nachfrager in einem 200 km Umkreis um den Standort liegen und welcher potentielle Altholzfall dort zu sehen ist. Zum anderen muss der Unternehmer politische Entscheidungen bzgl. der Altholzverordnung und der Stromeinspeisereglung beobachten. Hier ist primär die Sicherung des Einspeisevorrangs als unerlässliches Instrument zur Zukunftsfähigkeit neuer Altholzheizkraftanlagen zu nennen (siehe politische Dimension).

Neben der unternehmerischen Dimension spielt die **politische Dimension** eine große Rolle bei den Überlegungen zur zukunftsweisenden Gestaltung des altholzbetriebenen Kraftwerksparks. Dabei wird einerseits das Gespräch in den verschiedenen Projektgremien mit Vertretern der politischen Organe gesucht, aber auch über die Verbände und unterschiedliche Veröffentlichungen ein Stimmungsbild generiert. Seitens der Politik gibt es Überlegungen zum ausgleichenden Umgang mit dem Stoffstrom Altholz sowohl als Ressource für energetische als auch für stoffliche Zwecke. Daneben ist die Politik im Rahmen der Daseinsvorsorge bemüht, die Entsorgungsfragen und die Energieversorgung zukunftsweisend zu gestalten und die Kosten für die Bürger niedrig zu halten. Im Bereich der Entsorgung besteht durch die verstärkte Mobilisierung von Altholz seit 2002 und das Deponierungsverbot von 2005 mittlerweile ein hoher Entsorgungsbedarf von Altholz. Hinsichtlich einer alternativen Entsorgung von stofflich nicht verwertbaren Altholzmengen in Müllverbrennungsanlagen ist zu berücksichtigen, dass diese nach Einschätzung des Branchenverbandes ITAD „mehr als gut ausgelastet“ sind. U.a. der Wegfall von Kapazitäten zur Mitverbrennung von Abfällen in Kohlekraftwerken verschärft dabei die Situation (EUWID 38.2019). Es wird daher angestrebt, die

Entsorgungskapazitäten – trotz Auslaufen des EEG Vergütungszeitraumes – weiter zu erhalten. Energie- und klimapolitische Zielsetzungen der Bundesregierung spielen in den Überlegungen zur Ausgestaltung weiterhin eine große Rolle. Sollten die erneuerbaren Kraftwerkskapazitäten des Altholz-Kraftwerksparks wegfallen, werden insbesondere energiepolitische Zielsetzungen schwer erreichbar sein. Zusätzlich besteht die Gefahr einer Erhöhung der Entsorgungskosten, wenn Altholzkontingente den tendenziell kostenintensiveren Müllverbrennungsanlagen angedient werden müssen.

Es ergibt sich eine weitere Notwendigkeit zum Handeln, da mittlerweile die Handelswege für Altholz über die Ländergrenzen Deutschlands hinausgehen. Altholz wird über weite Strecken durch Europa transportiert, anstatt die Ressourcennutzung im jeweiligen Inland zu forcieren. Dies hat wiederum eine **europäische Dimension**, in der es um die Harmonisierung der Gesetzgebung, aber auch Qualitätsanforderungen für die Verbringung eingefordert werden muss, um dem Abfalltourismus gemäß der Abfallrahmenrichtlinie Einhalt zu gebieten, bzw. ihn in sinnvolle nachhaltige Bahnen zu lenken.

8.2 Geschäftsmodellansätze

8.2.1 Voraussetzung: Einspeisevorrang bleibt erhalten

8.2.1.1 Sachverhalt

Allen nachstehend genannten Geschäftsmodellideen unterliegt die Voraussetzung, dass der Einspeisevorrang für die Stromeinspeisung aus Kraftwerken auf Altholzbasis im Sinne des EEG bestehen bleibt, auch wenn diese nicht mehr im EEG Regime betrieben werden.

Gemäß EU Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien - RED II (RL 2018/2001/EU) - soll der Einspeisevorrang der erneuerbaren Energien innerhalb der EU mittelfristig aufgehoben werden. Der Hintergrund hierzu ist, dass in einer „Erneuerbaren Welt“ langfristig kein Vorrang einzelner Technologien mehr notwendig ist. Dies hätte zum jetzigen Zeitpunkt eine gravierende Benachteiligung der Altholz(heiz-)kraftwerke zur Folge, da den Kraftwerken jegliche Planungssicherheit auch für mögliche Neubauprojekte an geeigneten Standorten wie an den Fernwärmeschienen entzogen würde. Altholz(heiz)kraftanlagen müssten mit Erdgas GuD oder Kohle(heiz)kraftanlagen konkurrieren. Wenn der Einspeisevorrang auch für bestehende Anlagen fällt, wäre gar das gesamte Strom- und Wärmeerzeugungssystem auf Altholzbasis in Gefahr, da der Kraftwerksbetrieb und dessen Risiko - inklusive der gekoppelten Wärmeproduktion - dem Fremdregime der Übertragungsnetzbetreiber unterstellt wird. Ein wirtschaftliches Agieren mit diesem Kalkulationsrisiko und den hohen Investitionen ist unter diesen Vorzeichen unmöglich. Vor diesem Hintergrund sowie im Kontext der novellierten Biomasse-Verordnung, nach der Altholz keine Biomasse mehr im Sinne des EEG ist, kam in der Branche während des Projektverlaufes eine Unsicherheit auf, inwieweit neben der EEG-Vergütung zukünftig auch der Einspeisevorrang gemäß EEG wegbricht.

Eine entsprechende Regelung bzw. Klarstellung bis zum Erreichen der „Erneuerbaren Welt“ ist daher aus Sicht des Projektkonsortiums und des -beirates unumgänglich, um die Kraftwerkskapazitäten zu sichern

8.2.1.2 Diskussion

Nach Sötebier (2019) bleiben ausgeförderte erneuerbare Energien Anlagen und der daraus gewonnene Strom erneuerbarer Energien Strom. Danach genießt bei der physikalischen Abnahme der Einspeisevorrang weiterhin Bestandsschutz. Der Anspruch auf kaufmännische Abnahme – im Sinne einer Einspeisevergütung - erlischt jedoch mit Förderende. Die Rechte und Pflichten des Einspeisemanagements bleiben bestehen, u.a. mit der Verstoßfolge des Verlustes der Einspeisevorranges und der entschädigungslosen Abregelung der Anlagen bei Nichterfüllung.

Das Ausschließlichkeitsprinzip – nach dem die Mitbenutzung alternativer Brennstoffe grundsätzlich ausgeschlossen ist - bleibt jedoch weiterhin bestehen, wonach bei einer Änderung des Brennstoff-Inputs kein Vorrang mehr für bei einer partiell konventionellen Einspeisung gewährleistet wird. Dies könnte für einige der im Folgenden ausgeführten Geschäftsmodelle bei einem veränderten Brennstoffmix sowie bei Neuanlagen mit breitem Brennstoffband ein operatives Problem darstellen.

Inwieweit der Einspeisevorrang nicht nur bei ausgeförderten, sondern auch bei Neuanlagen gilt, konnte im Rahmen des Projektes im Kontext der damit verbundenen Rahmenbedingungen nicht abschließend rechtssicher geklärt werden.

8.2.2 Weitergabe der Kosten der Altholzverwertung an Erzeuger

8.2.2.1 Sachverhalt

Bei diesem Ideenansatz wird die Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes durch gesteigerte Erlöse aus der Brennstoffannahme verbessert. Der Mindererlös aus dem EEG wird – unter Anrechnung des marktgetriebenen Strompreises (Vergleiche hierzu den Zusammenhang zwischen Brennstoffpreis und Strompreis bei der Erlösbedarfsermittlung in Kapitel 6.2) - durch höhere Entsorgungskosten für Althölzer an den Abfallerzeuger weitergegeben. Somit zahlt der Bürger bzw. Unternehmer direkt für die Abnahme des Altholzes.

Bei diesem Vorgehen orientieren sich die Stromerlöse am Marktpreis, während die Wärmeerlöse die Wirtschaftlichkeit stabilisieren und die Entsorgungskosten für das Altholz beim Erzeuger senken. Aus politischer Förderperspektive werden bei diesem Weg keine zusätzlichen Mittel notwendig.

8.2.2.2 Diskussion

Nach Einschätzung der Branche regelt der Markt die Altholzentsorgung zurzeit sehr gut und in der jüngsten Vergangenheit bestand selten ein Engpass bei der Altholzentsorgung. Der Markt ist aktuell in einer guten Balance zwischen Angebot und Nachfrage. Marktverschiebungen um wenige 100.000 t werden jedoch bereits registriert und

haben Preisveränderungen zur Folge. Dies ist einerseits ein positives Signal, jedoch weißt es auch darauf hin, dass es sich um ein fragiles Gleichgewicht handelt.

Das Risiko der Kraftwerksschließung bei nicht-auskömmlichen Erlösen und damit ein Entsorgungsnotstand bei der Entsorgung des Altholzes ist daher trotz der aktuellen Marktlage eine drohende Gefahr. Dabei werden Kraftwerke, die als erstes vom EEG profitiert haben, nach Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes potenziell auch früher den Markt verlassen, bzw. zu anderen Entsorgungspreisen anbieten müssen, als die Kraftwerke die noch im EEG-Regime verbleiben. Dies führt zu Marktverzerrungen zwischen einzelnen Kraftwerken.

8.2.3 CO₂ Bepreisung als übergreifendes Instrument des Klimaschutzes

8.2.3.1 Sachverhalt

Als genereller Vorschlag zur Begegnung des Marktversagens beim Klimaschutz ist die Einführung einer CO₂ Bepreisung in den Wärmemärkten zu nennen. Für die Altholz(Heiz-) Kraftwerke führt dies – bei entsprechender Ausgestaltung - zu einem Wettbewerbsvorteil gegenüber den fossilen Energieträgern, z.B. bei konkurrierenden Angeboten in Fern- und Nahwärmenetzen.

Politisch ist dieser Weg – im Kontext einer wirksamen Umsetzung - die aufwändigste und innenpolitisch kritischste Lösung. Andererseits ist es eine mittlerweile auch von den Industrieverbänden unterstützte einheitliche Herangehensweise an das Klimadilemma mit einer langfristigen Wirksamkeit.

8.2.3.2 Diskussion

Detaillierte Ausführungsvorschläge zur CO₂ Bepreisung werden im Rahmen des Projektes nicht angestellt, da dies ein komplexer politischer Aushandlungsprozess ist, der auf anderer Ebene geführt wird (vgl. Agora 2018). Jedoch wurde in den Beratungen der unterschiedlichen Projektgremien die Anrechnung von Technologien mit besserer CO₂ Bilanz als fossile Brennstoffe im Rahmen von Ausschreibungen als Vorläufermodell einer ausgereiften, branchenübergreifenden CO₂ Bepreisung angesehen.

Die Bewertung der CO₂ Wirksamkeit (in CO₂ Äquivalent) jeglicher Erzeugungsalternativen von Energie wird vom Projektkonsortium als wichtiges Kriterium der Umweltverträglichkeit eingeschätzt. Bereits aktuell bestehen Beschaffungsrichtlinien im öffentlichen Sektor, wonach die verschiedenen Energieträger bei Wärmeausschreibungen unterschiedlich bewertet werden.

Nachfolgend sind die THG-bezogenen Ansätze einer anonymisierten Ausschreibung für die Wärmeversorgung einer Einrichtung des Bundes dargestellt, die in die Bewertung der Alternativangebote einfließen:

- Heizöl 374 kg CO₂Äquivalent /MWh
- Erdgas 289 kg CO₂Äquivalent /MWh

- Elektro – mix 622 kg CO₂Äquivalent /MWh
- Fernwärme 260 kg CO₂Äquivalent /MWh
- Holz-Hackschnitzel-Wald 26 kg CO₂Äquivalent /MWh

Altholz war in dieser Auflistung nicht enthalten, wurde aber nachträglich mit einem Gutachten belegt und auf 18 kg CO₂Äquivalent /MWh festgelegt. Dieses Beispiel zeigt die relevante Auswirkung einer Vergleichbarkeit der Brennstoffe bereits in Ausschreibungsverfahren und könnte Beispiel für viele öffentliche Ausschreibungen sein und ein Einstieg in die CO₂ Bepreisung.

8.2.4 Stärkung der Bioenergie in Wärmenetzen über Primärenergiefaktoren

8.2.4.1 Sachverhalt

Eine – ähnlich der CO₂ Äquivalent-Bewertung gelagerte - nicht nur Altholz(Heiz-) Kraftwerke betreffende Aufwertung der Bioenergie könnte über veränderte Voraussetzungen der Förderung in Nah- und Fernwärmenetzen erfolgen. Würden die – bei Holz und Altholz – niedrigen Primärenergiefaktoren eine höhere Beachtung finden, würde dies zu einer Aufwertung der Bioenergie in den Wärmenetzen führen. Wirtschaftlich wäre dies durch höhere Wärmepreise an den Kraftwerken spürbar und würde zu einem Wettbewerbsvorteil der Bioenergie im Vergleich zu fossilen Energien führen.

Wird dieser Ansatz stringent verfolgt, könnte eine Erneuerbare Energie-Quote in Nah- und Fernwärmenetzen den Anschluss von Biomasseanlagen und damit auch Altholzheizkraftwerken zur Folge haben.

8.2.4.2 Diskussion

Im neuen Gebäude-Energiegesetz (GEG) wird hinsichtlich der Wärmebereitstellung für Holz ein Primärenergiefaktor von 0,2 und für Siedlungsabfall von 0 angesetzt. Hintergrund ist, dass der Primärenergiefaktor für Holz von der Bewertung von Holzpellets ohne weitere Differenzierung stammt. Eine weitere Differenzierung hätte in diesem Fall politische Lenkungswirkung, auch vor dem Hintergrund der aus ökologischer Sicht gegenüber der Frischholznutzung vorteilhaftere Altholznutzung (Wern et al. 2014).

Eine Schlussfolgerung dieser Bewertungsansätze könnte sein, dass Altholz als Entsorgungsgut analog zu Siedlungsabfall (20er Schlüsselnummern) eingestuft wird und damit einen Primärenergiefaktor von 0 aufweist. Es bleibt die Prämisse, dass weiterhin Hochwertigkeitskriterien zu beachten sind.

8.2.5 Zeitliche Streckung der EEG Vergütung

Zwei der im Projekt am intensivsten diskutierten Kernideen der Geschäftsmodellentwicklung beschäftigen sich mit der Streckung des EEG-Vergütungszeitraumes bei den Bestandsanlagen zur Absicherung unternehmerischen Handelns vor Ablauf der EEG-Förderfrist. Hintergrund dieser Vorschläge ist, dass die Kraftwerke sukzessive auf die

Marktveränderungen vorbereitet werden sollen. Es gilt in diesem Prozess neue Handelsbeziehungen aufzubauen, neue Rohstoffe und Vermarktungswege auszuprobieren, darüber jedoch nicht den Anspruch auf EEG-Vergütung in der verbleibenden Restlaufzeit zu verlieren.

Dabei wurden insbesondere zwei Formen der Streckung diskutiert und vom projektbegleitenden Ausschuss und dem Projektkonsortium als pragmatisch bewertet. Beide Formen zielen auf einen sukzessiven Markteintritt der Erneuerbaren Energien aus Altholz.

- A) Streckung durch Erweiterung des Brennstoffmixes mit einem Nachweis über das Einsatzstofftagebuch.
- B) Streckung durch den Aufbau neuer Geschäftsbeziehungen und die Direkt-Vermarktung von Grünstrom an Unternehmen zur Einsparung der EEG-Umlage.

8.2.5.1 A) Quotaler Brennstoffeinsatz und Streckung der EEG-Vergütung

8.2.5.1.1 Sachverhalt

Eine Verbesserung der Erlössituation der Kraftwerke ist durch den Einsatz alternativer Brennstoffe (siehe hierzu auch Kapitel 7) grundsätzlich möglich. Im Rahmen der EEG-Vergütungsmodelle können jedoch nicht uneingeschränkt Brennstoffe erprobt werden, ohne den Vergütungsanspruch zu gefährden (Ausschließlichkeitsprinzip). Der Modellansatz des „Quotalen Brennstoffeinsatzes“ könnte die Phase des Auslaufens des EEG-Vergütungszeitraumes für die Kraftwerke verlängern, indem neben Altholz andere Brennstoffe erprobt und die Anlagentechnik entsprechend angepasst werden können. Bei diesem Ansatz würden die Altholz-Kraftwerksbetreiber unter Wahrung genehmigungsrechtlicher und technischer Rahmenbedingungen das bisherige biogene Brennstoffband um regional verfügbare, CO₂-neutrale Brennstoffe erweitern.

Die EEG-Vergütung würde entsprechend des veränderten Brennstoffmixes auf das Jahre gesehen reduziert, jedoch in der zeitlichen Dimension um die „eingesparten“ EEG-Vergütungen gestreckt.

Förderpolitisch wäre damit zwar eine Streckung, jedoch nicht eine Erhöhung der EEG-Vergütung notwendig. Dies ermöglicht ein sukzessives Umstellen der Anlagen auf eine breitere Brennstoffbasis und damit eine breitere Verteilung des unternehmerischen Risikos nach endgültigem Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes.

8.2.5.1.2 Diskussion

Neben den inhaltlichen Vorteilen birgt dieser Vorschlag die Gefahr der Eröffnung einer grundlegenden EEG-Debatte über die Ausschließlichkeit der Einsatzstoffe und über den Anlagenbegriff.

Inhaltlich wurden im Rahmen der Diskussionen im Hinblick auf den Brennstoffmix folgende zusätzliche Brennstoffe thematisiert: „andere Biomassen gemäß europäischem Biomasseverständnis“, „technisch mögliche Fraktionen“ und „CO₂-Neutrale Brennstoffe“ (z.B. EBS, Tiermehl, Papier, Siebüberläufe, Sperrmüll mit geringer Sortiertiefe).

Bei der Umstellung der Kraftwerke auf andere Einsatzstoffe müssten die Genehmigung nach BImSchV - und damit eine eventuell notwendige neue Genehmigung der Anlage - sowie die notwendige Öffnung der Prinzipien der BiomasseV und des EEGs Berücksichtigung finden. In der Diskussion um dieses Geschäftsmodell wurde der Geltungsbereich lediglich auf EEG-Bestandsanlagen und nicht auf eine allgemeingültige Außerkraftsetzung des Ausschließlichkeitsprinzips reduziert.

Neben dieser kritischen Würdigung könnte dieses Verfahren auch mit folgenden Präzedenzfällen aus der EEG-, bzw. KWKG–Systematik verglichen werden:

- Aussetzung der tagesgenauen Güllebonuserhebung in Sperrgebieten der Afrikanischen Schweinepest
- Stilllegung ganzer Anlagen wegen Substratlenkung in den Tierfuttersektor, wenn wegen Trockenheit Ernteausschlag zu verzeichnen ist, oder auch
- die Streckung der Vollbenutzungsstunden im KWKG, deren Systematik gleichlautend mit diesem Vorschlag der Streckung der EEG-Umlagezeit ist.

8.2.5.2 B) Power Purchase Agreements unter der Prämisse einer Streckung des EEG

8.2.5.2.1 Sachverhalt

Um bestehende Altholz(Heiz)Kraftwerke nach dem Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes weiter zu betreiben, ließen sich – wo nicht bereits geschehen – angrenzende Gewerbe- und Industriegebiete mit Strom (und Wärme) versorgen. Zudem wäre es ein denkbares Geschäftsmodell das Handeln gegebenenfalls mit „gepoolten“ Strommengen der Altholzkraftwerke auszubauen. Dies auch vor dem Hintergrund der Erweiterung des Angebots der Grünstromerzeugung und um als Partner auf Augenhöhe im Markt zwischen den großen Stromversorgern agieren zu können. Diesbezüglich bestehen potenziell Hürden, die das mögliche Ende des Einspeisevorrangs (siehe Kapitel 8.2.1) und den Strommarktzugang betreffen.

Unternehmerisch könnte sich das Power Purchase Agreement (PPA) zu einer EEG-unabhängigen Einnahmequelle entwickeln. Bei einem PPA wird Kraftwerksleistung an Unternehmen veräußert, die „Grün-Strom“ erwerben wollen. Der Unterschied zur „Direktvermarktung“ ist die Geldquelle. Bei PPA ist der Geldfluss zwischen den Vertragspartnern. Bei Direktvermarktung wird das notwendige Kapital im Umlageverfahren bereitgestellt.

8.2.5.2.2 Diskussion

Der entwickelte Geschäftsmodellentwurf im Rahmen des Projektes „Altholz-Quo Vadis“ sieht eine direkte Umsetzung dieser PPA-Geschäftsmodellidee bei gleichzeitiger Sicherung der Rückfalloption ins EEG für die Restlaufzeit (Unterbrechung der EEG-Zahlung) bei Vertragsende vor. Dieser Ansatz befördert die Grünstromvermarktungsinitiative und hat das Marktprämienmodell innerhalb und die Direktvermarktung (Direkt Börse) außerhalb des EEG als Basis.

Ein Anreiz für die Unternehmen, sich in dieser Hinsicht zu entwickeln, könnte eine Befreiung von der EEG-Umlage für den Direktverkauf von Altholz-Strom sein.

Die Aussicht auf eine Streckung des EEG-Vergütungszeitraumes (maximal um die Restlaufzeit bis zum ursprünglichen Ende des Förderzeitraumes) bedeutet für die Unternehmen Investitionssicherheit für Ersatz- und Zusatzinvestitionen (z.B. in Filtertechnik oder Steigerung der Effizienz) im Sinne der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit. Für die politischen Entscheidungsträger ergibt sich der Vorteil, dass der Anlagenpark weiterbetrieben wird, ohne Belastung durch weitere zusätzliche Finanzmittel im Rahmen des EEG oder im Rahmen anderer Refinanzierungsmaßnahmen.

8.2.6 Konzept des Marktintegrationsmodells des BAV e.V.

8.2.6.1 Sachverhalt

Das Konzept des Marktintegrationsmodells des BAV e.V. (BAV 2018) schließt die wirtschaftliche Lücke zwischen den – nach Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes - nicht mehr verfügbaren EEG-Erlösen und dem zukünftig prognostizierten Anstieg des Marktpreises für Altholz (Deckung bei 35 €/t) mit jährlicher Degression und zeitlicher Begrenzung. Das Marktintegrationsmodell ist auf 5 Jahre bis zum Ausscheiden des letzten EEG-Kraftwerkes aus der Vergütung (2021 bis 2026) angelegt. Unternehmerisches und politisches Ziel ist danach die Sicherung des Anlagenparks. Unternehmerisch ist dieser Ansatz interessant, da damit der Austritt aus dem EEG verzögert wird. Politisch stößt der Vorschlag des BAV e.V. auf Interesse, da eine Anlagensicherung mit überschaubarer Finanzierung realisiert werden kann. Allerdings beinhaltet der Ansatz eine Ausweitung des EEG über den eigentlichen Förderzeitraum hinaus und einen damit einhergehenden Bedarf an zusätzlichen Geldern aus dem EEG.

8.2.6.2 Diskussion

Das Marktintegrationsmodell des BAV e.V. reduziert verschlechterte Wettbewerbsbedingungen, sobald erste Anlagen aus dem EEG ausscheiden, während andere im EEG-Regime weiterlaufen. Es ist unternehmerisch und politisch langfristig interessant, wenn bei der Implementierung hinterlegt wird, dass die Kraftwerke sich einer neuen Betriebssituation anpassen (z.B. Umrüstung der Anlagen und Anpassung der Genehmigungssituation für weitere CO₂-neutrale Einsatzstoffe). Andererseits findet eine Ungleichbehandlung der Kraftwerk statt: Kraftwerke, die früh ins EEG gestartet sind, haben dabei Vorteile einer längeren EEG Laufzeit.

Als weiterer Nachteil wird gewertet, dass diese anlagenspezifischen Diskussionen einhergehen werden mit der Diskussion um die Ausweitung des EEG, denn letztlich erfordert dieser Verbandsvorschlag zusätzliche Finanzmittel.

8.2.7 Power to Hydrogen: Wasserstoffproduktion

8.2.7.1 Sachverhalt

Mittels Elektrolyse-Anlagen kann Strom aus Altholzanlagen in speicherbaren grünen Wasserstoff gewandelt werden, der z.B. im Mobilitätssektor oder in der Industrie genutzt werden kann.

Zudem können Elektrolyse-Anlagen auch am Regelenergiemarkt teilnehmen und so für eine Stabilisierung der Stromnetze sorgen. Regenerativer Strom kann also für Zeiten mit geringerer EE-Einspeisung gespeichert oder direkt für industrielle Prozesse bzw. als Kraftstoff verwendet werden.

Die im Rahmen des Projektes durchgeführten, sehr standortbezogenen Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (siehe Berechnungen zum Erlösbedarf bei der Wasserstoffproduktion in Kapitel 7.4) und die starke Marktabhängigkeit des zukünftigen Wasserstoffabsatzes grenzen die Investitionsbereitschaft zurzeit ein.

8.2.7.2 Diskussion

Da Altholz an sich schon ein speicherfähiges Gut ist, ist ein weiterer (teurer) Schritt der Zwischenspeicherung kritisch zu prüfen, bevor eine Investition getätigt wird.

Im Rahmen einer energiewirtschaftlichen Betrachtung würde die Wasserstoffproduktion unter Nutzung von Strom aus Altholzkraftwerken aufgrund der Effizienzverluste dabei – im Vergleich zum Einsatz bei fluktuierenden EE (Wind, Sonne) - eher eine negative Bewertung erfahren.

Aus betriebswirtschaftlicher Sichtweise könnte eine ergänzende Wasserstoffproduktion je nach zukünftigen Rahmenbedingungen, Standort und Anlagenkonfiguration jedoch eine neue Erlösoption für das Kraftwerk darstellen und damit den Kraftwerksbetrieb zukunftsfähig sichern. Auf die Kostenanalysen in Kapitel 7.4.1 wird in diesem Zusammenhang verwiesen.

Carbon Capture Storage (CCS) sowie Carbon Capture Utilization (CCU) sind dabei weitere perspektivische Optionen für einen entsprechenden Anlagenbetrieb.

8.2.8 Investitionszuschuss für innovative Neubauprojekte

8.2.8.1 Sachverhalt

Sollten mit dem Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes für Altholz(Heiz-)Kraftwerke Anlagenbetreiber die unternehmerische Entscheidung treffen, unwirtschaftliche Kraftwerke zu schließen, könnte ein Entsorgungsnotstand entstehen.

Um dann sowohl Bürgern, dem Handwerk und der Industrie weiterhin – im Rahmen der Daseinsvorsorge – Entsorgungskapazitäten anbieten zu können, wäre die Errichtung neuer Altholzwerkwerke an verbesserten Standorten mit umfangreicher Wärmeauskopplung sinnvoll. Diese innovativen Neubauprojekte könnten vor dem Hintergrund politisch erwünschter Systemdienstleistungen im Sinne eines direkten Investitionszuschuss unterstützt werden. Die Prämisse bei solchen Projekten ist eine stabile, eigenständige Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebes, der durch umfassende Wärmenutzung und/oder andere Geschäftsmodelle gestützt wird.

8.2.8.2 Diskussion

Grundsätzlich ist das Projektkonsortium mit allen beratenden Gremien einig darin, dass Neuprojekte sich selbst tragen und keine weitergehende Förderung benötigen sollten. Bei entsprechenden Rahmenbedingungen (Brennstoff- und Wärmeerlös) ist dies auch möglich, eine KWK-Förderung ist hingegen eingerechnet für maximal 30.000 Volllaststunden. Es gibt bereits heute konkrete Projektansätze für neue Großanlagen auf Altholzbasis. Da sie eine wirtschaftlich interessante Alternative darstellen, hat sich das Projektkonsortium mit den Zahlen einer solchen Megaanlage beschäftigt. Sie werden aktuell auch in entsprechenden Projekte an verschiedenen Standorten Deutschlands – Braunschweig, Dinslaken, Nürnberg – geprüft. Die Wirtschaftlichkeit dieser Projekte liegt insbesondere darin, dass sie sehr groß sind und große Wärmemengen – ca. 300.000 MWh_{th} - in Wärmenetzen bereitstellen. Im Vergleich dazu wurden bei den Cluster-Anlagen des hier vorliegenden Projektes 40.000 MWh_{th} Wärmeauskopplung p.a. unterstellt, was für Bestandsanlagen einen realistischen Wert darstellt.

Nachfolgende Kalkulation einer Musteranlage mit einer Wärmeauskopplung von 300.000 MWh_{th} p.a. verdeutlicht bei gleichen Kostenansätzen die Unterschiede im wirtschaftlichen Erfolge der Anlagen (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Erlösbedarfsermittlung einer Megaanlage mit Wärmeauskopplung von 300.000 MWh_{th}/a

		25 MW_{el}
Wärmeerlöse	€	15.000.000
KWK Förderung		1.350.000
Summe Erlös	€	16.350.000
Einsatzkosten (variable Betriebskosten)	€	3.375.000
Sachkosten (fixe Betriebskosten)	€	6.310.000
Abschreibung	€	6.110.000
Risikoaufschlag (Fixkosten)	€	4.550.000
Summe Kosten	€	20.345.000,0
Erlösbedarf Strom ($\sum \text{Erlöse} - \sum \text{Kosten} \cdot -1$)	€	3.995.000
Stromerzeugung bei Wärmeauskopplung		112.500
Erlösbedarf Strom	€/MWh _{el}	35,5

Die Aufstellung gemäß der Berechnungsmethoden in Kapitel 6.1 den Erlösbedarf verschiedener Anlagenkonzepte auf, der aus Strom- und Brennstoffenergien gedeckt werden muss. Dieser Erlösbedarf sinkt – gemäß den Herleitungen nach Tabelle 18 - bei einer wärmegeführten 25 MW_{el} Anlage um mehr als die Hälfte gegenüber einer nicht wärmegeführten 20 MW_{el} Anlage auf rund 35 €/MWh_{el}. Sie ist damit voll am Markt etablierbar.

Vor dem Hintergrund der neuen Förderung im Rahmen des KfW 295 zur Energieeffizienz in der Wirtschaft könnten die Kraftwerke damit ein wirtschaftlich interessantes und politisch gewünschtes Angebot an die Industrie formulieren und entsprechende Investitionszuschüsse zum Ausbau der Wärmeauskopplung generieren. Auch kleinere Anlagen, die einige zusätzliche Investitionen in technische Details zur Prozesswärmeauskopplung tätigen, könnten dieses Förderprogramm nutzen.

Im Rahmen des Projektes wurde diesbezüglich u.a. auf Anregung aus dem Projektkonsortium eine Fußnote, die den Einsatz von Althölzern untersagt, erfolgreich aus dem Merkblatt zum KfW 295 gelöscht. In dieser Fußnote wurden ursprünglich Biomassen ausgeschlossen, die einen Abfallschlüssel tragen. Eine Streichung dieser Fußnote eröffnet Optionen ohne weitreichende politische Implikationen.

8.2.9 Getrennterfassung Altholz

8.2.9.1 Sachverhalt

Rohstoffseitig besteht in Deutschland Konkurrenz um günstige Altholzmengen für die stoffliche und die energetische Nutzung. In Großbritannien wird diesbezüglich den einzelnen qualitativen Altholzsortimenten unmittelbar ein Verwertungsweg zugeordnet (Kapitel 12.1.2 und insbesondere Tabelle 19), um die Konkurrenz um den Rohstoff zu vermeiden. Es geht dabei um die Schaffung von zwei getrennten Märkten - dem stofflichen und dem energetischen. Zur stringenten Umsetzung müsste in der Folge ein Qualitätsüberwachungssystem implementiert werden, um die stimmige Umsetzung in den Marktsegmenten zu gewährleisten. Ziel dieser Trennung in Marktsegmente ist, dass aus der Gesamtmenge Altholz die „richtigen“ Mengen in die entsprechenden Kanäle gelenkt werden. Hintergrund sind die in den Projektbeiräten geäußerten Befürchtungen bzgl. stofflicher Verwerter, die aus Kostengründen stärker auf billige, aber schadstoffbelastete Altholzsortiment zurückgreifen anstatt unbehandeltes Altholz oder Frischholz einzusetzen. Dies gilt es mit der neuen, novellierten AltholzV zu unterbinden und klar zu stellen. Eine entsprechende Vorgehensweise sichert den Kraftwerken langfristig angemessene Preise für die energetisch einzusetzenden Stoffströme und gleichzeitig den stofflichen Verwertern nicht belastete Althölzer zur stofflichen Nutzung.

Seitens der im Rahmen des Projektes angehört Altholzaufbereiter wurde zudem das Anliegen geäußert, wonach eine strikte Trennung von Bau- und Abbruchholz in der Altholzverordnung geregelt werden sollte. Dies ergibt sich aus den unterschiedlichen

Schadstofffrachten, die im Bauholzbereich niedrig und im Abbruchholzbereich hoch sind.

8.2.9.2 Diskussion

Im Rahmen der Evaluation der Altholzverordnung und der Planung der Novelle wird nach Aussage der Projektverantwortlichen des UBA Projektes „Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung“ (Flamme et. al. 2019) zu dieser Thematik eine Trennung der Rohstoffpfade zur Marktentzerrung diskutiert, das Ergebnis ist jedoch bisher nicht absehbar.

Nach Meinung der Entsorgungs- und Aufbereitungsfachbetriebe aus den Reihen des Projekt begleitenden Ausschusses und des Beirates wäre es wünschenswert eine Hierarchie der stofflichen und energetischen Nutzung bzgl. des Altholzfalls (Marktsegmentierung) zu formulieren, damit sich ein neues Preisgefüge differenzieren kann. Ein entsprechend hierarchischer Ansatz hat – wie z.B. in Belgien - zur Konsequenz, dass energetische Verwerter gegenüber den stofflichen Marktteilnehmern Mengen für die energetische Nutzung „freizeichnen“ müssen. Umgekehrt sollte dies dann jedoch genau so gelten.

Unumstritten in den Projekt begleitenden Gremien war, dass die Altholzverordnung unter Beachtung der Verschränkungen mit der Abfallrahmenrichtlinie sowie dem Kreislaufwirtschaftsgesetz novelliert werden muss. Als wünschens- und empfehlenswerter Ansatz sollte die grenzüberschreitende Verbringung eingegrenzt werden, wenn eine Differenzierung nach Marktsegmenten erfolgt ist. Dies ist für den Vollzug der novellierten Altholzverordnung eine große Herausforderung, da hierbei bereits zum jetzigen Zeitpunkt Defizite bestehen.

Die Detektion von farblosen Holzschutzmitteln muss darüber hinaus neu geregelt werden. Bisher werden entsprechend behandelte Hölzer von den Sortieranlagen nicht erkannt. Es werden Ideen diskutiert, nach denen (Infrarot-) erkennbare Marker in farblosen Holzschutzmitteln integriert werden, um einen Ausschluss in der Sortierung zu gewährleisten. Marker sollten über das Produktrecht für Holzschutzmittel in die Altholzverordnung aufgenommen werden. Letztlich ist zu gewährleisten, dass vom Bläueschutz im Wald bis hin zu optisch nicht wahrnehmbaren Holzschutzmitteln alle Behandlungswege von den Sortiereinrichtungen erkannt und aussortiert werden.

Hinsichtlich der Getrennterfassung am Anfallort kann zurzeit konstatiert werden, dass die Bereitstellung von Altholz an den Baustellen, beim Rückbau sowie in Industrie- und Gewerbebetrieben oft gut getrennt und sortenrein vorliegt. Bei kommunalen Mengen kann hingegen eine starke Durchmischung der Kategorien AI bis AIII (Chaoshaufen) festgestellt werden.

Erst bei der Aufbereitung werden häufig Problemqualitäten geschaffen (hier: Feinanteil = Regelvermutung A IV). Insgesamt kann nach Marktteilnehmern der Projekt Ausschüsse auf den Holzplätzen festgestellt werden, dass gute A I-Qualitäten teilweise in

die energetische und schlechtere A II-Qualitäten teilweise in die stoffliche Nutzung gehen (vgl. hierzu auch Fellner 2017). Daher wird eine Notwendigkeit zur Verbesserung der Getrennthaltung und Stoffstromlenkung im Kontext der Umsetzung der Abfallhierarchie (Verweis: Flamme et al. 2019) gesehen. Die fehlende einheitliche Gesetzeslage zum Umgang mit Altholz in Europa birgt Gefahren der Stoffstromverlagerungen ins Ausland.

8.3 Zwischenfazit der Geschäftsmodellansätze

Zur Sicherung der aktuell vorhandenen Kraftwerks- und einer damit einhergehenden Sicherung der Entsorgungskapazitäten für Altholz sollten einerseits lenkende Rahmenbedingungen angepasst, als auch neue unternehmerische Aktivitäten angeschoben werden. Ziel ist eine möglichst effiziente Nutzung des Brennstoffs Altholz, was – im Hinblick auf die erforderliche Wärmeauskopplung – im Kontext eines, nach Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes nicht mehr wirtschaftlichen, da rein Strom-basierenden Anlagenbetriebes, auch die Abschaltung von Anlagen in Verbindung mit einem dann effizienten Anlagenneubau zur Konsequenz haben kann.

Diesbezüglich wurden im Rahmen des Projektes „Altholz-Quo Vadis“ im Diskurs Geschäftsmodellideen entwickelt, die die unternehmerischen, politischen sowie ökologischen Wegmarken, an denen das Projekt aufgehängt war, Beachtung schenken.

Aus unternehmerischem Blickwinkel bestehen die Bereitschaft und das Interesse einer weitergehenden Investition in den Bereich der Altholzkraftwerke, soweit diese auskömmlich betrieben werden können. Hierbei liegt der Aktionsbereich zwischen Reinvestitionen in bestehende Kraftwerksstandorte (so sie über eine Möglichkeit zur Wärmeauskopplung verfügen) und der Investition in Neuanlagen. Die – meist sehr großen – Neuanlagen sind gemäß den aktuellen Planungsansätzen an Fernwärmeleitungen oder größere Abnehmer industrieller Prozeßwärme angebunden, sollen ein breites Brennstoffband einsetzen können und hocheffizient Strom und Wärme erzeugen. Diese Anlagen können zumeist bereits heute ohne Förderung aus dem EEG wirtschaftlich betrieben werden und sind damit die ersten biogenen Energieanlagen, die dieses Ziel der Marktintegration schaffen. Es müssen jedoch rechtliche Rahmenbedingungen angepasst werden, die ohne zusätzliche finanzielle Mittel auskommen.

Aus dem politischen Blickwinkel ist die Zielsetzung die Anlagen nach 20-jähriger EEG-Förderung in den Markt zu entlassen. Andererseits ist es jedoch wichtig, einen Kraftwerkspark zu sichern, um die Entsorgungskapazitäten für Altholz am Ende einer Holz-Kaskadennutzung zu erhalten. Es gibt nicht genügend stoffliche Verwerter, die Altholz aufnehmen und für die wegfallenden energetischen Holzverwerter einspringen könnten. Aus ökologischer Sicht ist ein weiteres Argument zum Erhalt der Kraftwerke, dass in einem Land mit geringen eigenen Energieressourcen, die möglichen regenerativen

energetischen Potenziale (und damit die potenzielle THG-Minderung) im Inland gesichert werden sollten. Eine Stoffstromverlagerung in das Ausland sollte daher vermieden werden.

Die im Hinblick auf den Fortbestand der Kraftwerkskapazitäten im Diskurs entwickelten Geschäftsmodellideen umfassen zum einen rahmensetzende Vorschläge, die auf der Metaebene einen Wettbewerbsvorteil für die biogenen Brennstoffe allgemein (z.B. Stärkung der Bioenergie über die Primärenergiefaktoren), oder aller erneuerbaren Energieträger (CO₂-Bepreisung) zur Folge hätten.

Darüber hinaus wurden Vorschläge erarbeitet, die eine lenkende Wirkung ohne zusätzliche finanzielle Verpflichtungen z.B. im Sinne einer Ausweitung des EEG hätten. Hierzu zählt insbesondere die kostenneutrale Streckung des EEG-Vergütungszeitraumes, um den Kraftwerksbetreibern Zeit zur Marktintegration zu geben und den Übergang in die Post-EEG-Phase fließend zu gestalten. Hierzu wurden sowohl die Veränderung des Brennstoffbandes, als auch der Abschluss von Power Purchase Agreements mit Unternehmen (hier: Rückfalloption in das EEG) thematisiert. Um dies zu ermöglichen, bedarf es einerseits der weiteren Sicherung des Einspeisevorrangs, aber auch einer Öffnung des Ausschließlichkeitsprinzips.

Rein praktische Geschäftsmodelle beziehen sich auf technische Optionen, die je nach individueller Anlagenkonzeption durchkalkuliert werden und zu einem positiven wirtschaftlichen Beitrag des Kraftwerkes führen können. Zu nennen ist diesbezüglich z.B. die Produktion von Wasserstoff, wie auch bereits in Kapitel 6 und Kapitel 7.4 ausführlich beschrieben.

Ergänzend ist die Lenkungswirkung zu nennen, welche die Novelle der Altholzverordnung in Deutschland auf die Rohstoffverfügbarkeit haben kann. Bezug nehmend auf das parallel laufende UFO Plan Vorhaben zur „Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung“ (Flamme et al. 2019) wird eine stärkere, an Qualitätsvorgaben orientierte Trennung der stofflichen und energetischen Verwertungswege zur Etablierung getrennter Markt-/Preisgefüge als sinnvoll erachtet. Dieser Vorschlag ist angelehnt an ein Vorgehen, wie es z.B. in Großbritannien praktiziert wird. Mit einer entsprechenden Marktentwicklung könnte – in Kombination mit einer weiteren hohen Verfügbarkeit von Altholz – keine verstärkte Konkurrenz um den Rohstoff sondern eine Marktberuhigung einhergehen.

Letztendlich gilt es in den nächsten Jahren von der Politik aktiv einen Übergang zu gestalten, welcher Marktverzerrungen zwischen den noch im EEG laufenden und den bereits aus dem EEG gefallen Anlagen im Sinne des Gesamtsystems vermeidet. Ab einem Zeitraum 2025/2026 (siehe Abbildung 21) nach dem die meisten derzeitigen EEG-Altholzkraftwerke keine EEG-Vergütung mehr bekommen, wird die Wirtschaftlichkeit im Kontext einer bis dann wahrscheinlich wirksamen CO₂-Bepreisung – unabhängig von sonstigen Fördermechanismen - über die Strom- und Wärmeerlöse sowie den Altholz-Entsorgungspreis definiert.

9 Fazit

Die energetischen Verwertungsanlagen von Altholz sind ein Erfolgsmodell, das eine hohe Mobilisierung von Altholz durch eine entsprechende Nachfrage ermöglicht hat. Dies ermöglichte auch eine verstärkte stoffliche Nutzung von Altholz im Sinne der Kaskadennutzung. Dadurch ist Deutschland in Europa Vorreiter im Aufbau nachhaltiger Altholzverwertungskonzepte. Durch das Auslaufen der anteiligen Refinanzierung der Altholzkraftwerke über das EEG ab 2020 muss sich ein Großteil der energetischen Verwerter jedoch nach neuen Geschäftsmodellen umschauen. Dabei gibt es Herausforderungen im Zusammenhang mit dem europäischen Recht und den europäischen Altholzverwertungsstrategien, der Entwicklung des Altholzmarktes in Deutschland, der Struktur der Wirtschaftlichkeit von Anlagen, der Optimierungsansätze von Anlagen sowie der Gestaltung des Förderrahmens.

So ist die Erfassung und die Verwertung von Altholz im Kontext der jeweiligen Preisbildungsmechanismen und Standards europaweit sehr unterschiedlich. Differierende Entsorgungsstrukturen mit teilweise noch sehr hohen Deponierungsquoten, abweichenden Finanzierungs- und Anreizsystemen sowie uneinheitlichen technischen Standards und Kontrollmechanismen führen dabei insgesamt zu einer sehr heterogenen Situation im europäischen Altholz-Entsorgungsmarkt. In den Ländern, in denen ein weitestgehender Ausstieg aus der Deponierung organischer Abfälle bereits vollzogen ist, sind in diesem Zusammenhang – teilweise unterstützt durch Anreizsysteme zur Nutzung erneuerbarer Energien – tendenziell tragfähigere Systeme zur Altholz-Verwertung etabliert, als in denjenigen in denen das Altholz neben dem Siedlungsabfall und anderen biologisch abbaubaren Reststoffen – zumindest anteilig - weiterhin auf Deponien abgelagert wird oder eine Verwertung über nicht transparente Wege stattfindet (KOM 2019). Es gibt dabei Länder, in denen besonders die stoffliche Nutzung etabliert ist (Italien) und solche, in denen stärker die energetische Nutzung vorherrscht (Schweden). Vor diesem Hintergrund erscheint eine Harmonisierung der europäischen Rahmenbedingungen zur Altholz-Verwertung und -Entsorgung dringend angeraten. Der deutsche Gesetzgeber hat einen Änderungsbedarf der nationalen Altholzverordnung erkannt und Reformierungsschritte eingeleitet. Als eine Erkenntnis des Projektes sollte sich Deutschland jedoch auch verstärkt um europäische Regelungen kümmern, die der Marktrealität Rechnung tragen. So sieht die europäische Rechtslage eine starke Förderung der stofflichen Nutzung vor, obwohl es gar nicht genug stoffliche Altholzverwerter gibt, um alle Stoffströme aufzunehmen. Die EU schreibt dabei für Siedlungsabfälle bis 2030 Recyclingquoten von 60% vor, die – ausgehend von den bestehenden Kapazitäten der Holzwerkstoffindustrie – nicht erreicht werden können.

Dies zeigt sich gerade in Deutschland, wo auf Grund der auslaufenden EEG-Vergütungen – zumindest potenziell - ein Rückgang der energetischen VerwertungsKapazitäten zu befürchten ist. Die in Kapitel 4.4 hergeleitete Entwicklung des Angebotes und der Nachfrage für Deutschland wird nochmals in Abbildung 29 dargestellt. Die in

Deutschland unter den derzeitigen Möglichkeiten ermittelte stoffliche Nutzung macht etwa 20 % des gesamten Altholzangebotes aus (violette Fläche). Die grau schraffierte Fläche veranschaulicht die im Rückblick darstellbaren und zukünftig – als worst case – möglichen Altholzmengen, die aus heutiger Sicht über keine Markt- bzw. Abnahmezuordnung verfügen.

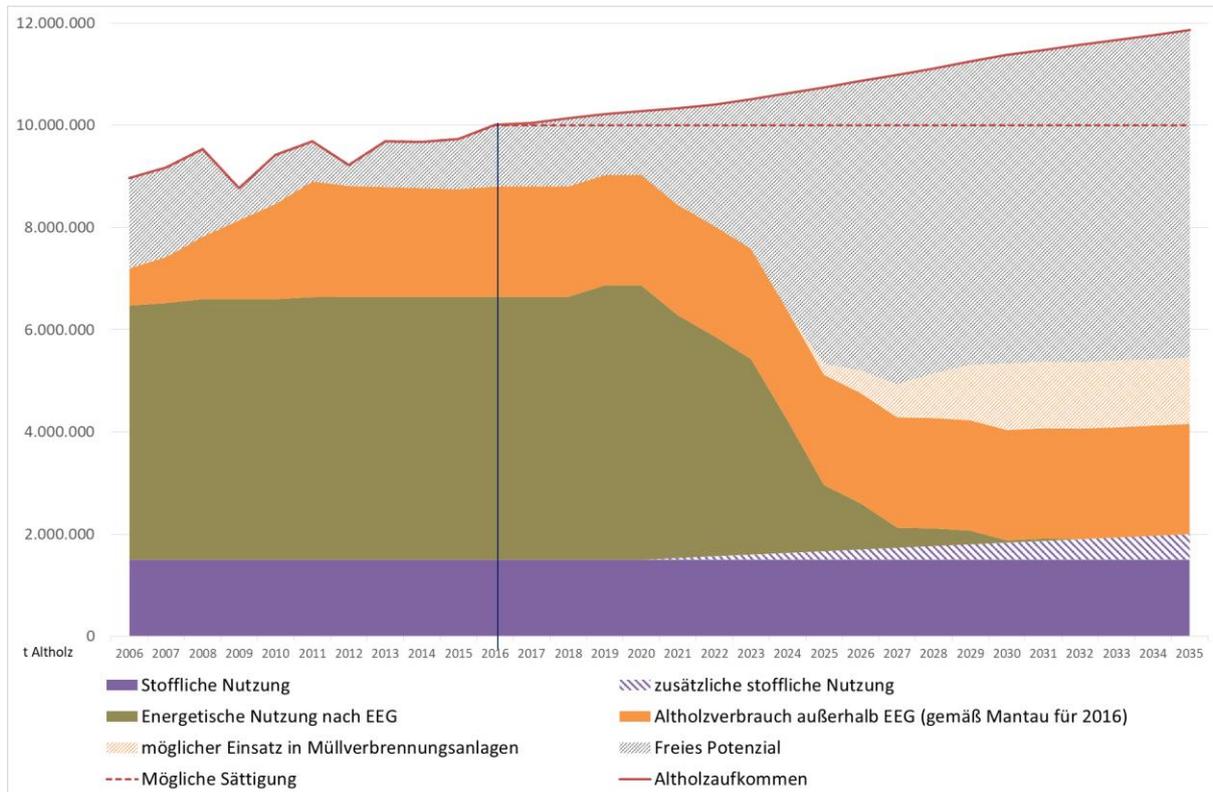


Abbildung 29: Aufkommen und Verbleib von Altholz Vergangenheit und Zukunft (Eigene Darstellung)

Die Menge des nicht am Markt platzierten Altholzes wird unter der theoretischen Annahme eines Wegfalls der EEG-Altholzverbrennungsanlagen deutlich zunehmen. Sollten daher die EEG-Anlagen – nach Wegfall der EEG-Vergütung – nicht mehr weiter betrieben werden, entsteht potenziell ein Entsorgungsproblem in Deutschland.

Derzeit wurde bezüglich der energetischen Altholz-Verwertungsanlagen eine installierte elektrische Leistung von 735 MW und eine theoretisch mögliche thermische Auskopplung von 889 MW ermittelt. Nach dem Auslaufen der Refinanzierung durch das EEG haben diese Anlagen Erlösmöglichkeiten durch (i) den Wärmeverkauf, (ii) den Stromverkauf und (iii) durch Einnahmen aus der Altholzannahme. Erlösmöglichkeiten aus der Strommarktflexibilisierung sind für Altholz(heiz)kraftwerke marginal. Abbildung 30 zeigt dabei die Zusammenhänge der benötigten Stromerlöse und der Altholzeinnahmen durch die Anlagen beispielhaft für eine 20 MW Anlage. Nur bei einer sehr guten Wärmeauskopplung und auskömmlichen Holzerlösen von über 20 €/t ist der restliche Refinanzierungsbedarf – insbesondere bei Neuanlagen - am „energy only“

Markt darstellbar. Bei Altanlagen wiederum hängt die Wirtschaftlichkeit v.a. an einer existierenden Wärmeauskopplung.

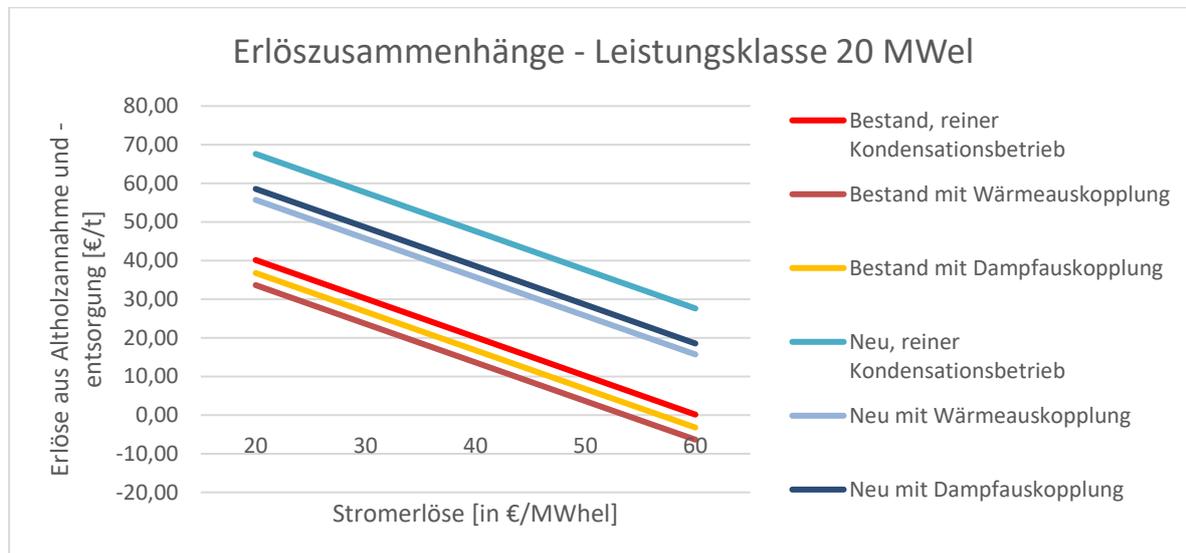


Abbildung 30: Erlöszusammenhänge je Anlagentyp - Leistungsklasse 20 MW_{el} (Eigene Darstellung)

Technische Optimierungen der Anlagen - sei es eine verbesserte Wärmenutzung, eine Nutzung von Ersatzbrennstoffen oder Power-to-Gas Optionen - sind sehr individuell pro Anlage zu bewerten. Es zeigt sich jedoch, dass nur die ausgeprägte Nutzung von Wärme und die Nutzung von Ersatzbrennstoffen zusätzliche Einkommensmöglichkeiten bieten. Power-to-Gas Optionen sind für Altholzanlagen nach Bewertung der hier verwendeten Beispiele keine Optionen.

Zur Sicherung der aktuell vorhandenen Kraftwerks- und einer damit einhergehenden Sicherung der Entsorgungskapazitäten für Altholz sollten lenkende Rahmenbedingungen angepasst und neue unternehmerische Aktivitäten angeschoben werden. Ziel ist eine möglichst effiziente Nutzung des Brennstoffs Altholz, was – im Hinblick auf die erforderliche Wärmeauskopplung – im Kontext eines, nach Auslaufen des EEG-Vergütungszeitraumes nicht mehr wirtschaftlichen, da rein Strom-basierten Anlagenbetriebes, auch die Abschaltung von Anlagen in Verbindung mit einem dann effizienten Anlagenneubau zur Konsequenz haben kann.

Die – meist sehr großen – aktuellen Projektierungen sind gemäß den aktuellen Planungsansätzen an Fernwärmenetze oder größere Abnehmer industrieller Prozesswärme angebunden. Diese Anlagen könnten zumeist bereits heute ohne Förderung aus dem EEG wirtschaftlich betrieben werden. Sie wären damit die ersten biogenen Energieanlagen, die dieses Ziel der Marktintegration schaffen. Dafür müssen jedoch rechtliche Rahmenbedingungen wie zum Beispiel die Garantie des Einspeisevorrangs geschaffen werden. Die im Projekt vorgeschlagenen Maßnahmen und Geschäftsmodelle kommen ohne zusätzliche finanzielle Mittel aus, wie die folgenden Abschnitte zeigen.

Aus dem politischen Blickwinkel ist die Zielsetzung, die Anlagen nach 20-jähriger EEG-Förderung in den Markt zu entlassen. Andererseits ist es jedoch wichtig, einen Kraftwerkspark zu sichern, um die Entsorgungskapazitäten für Altholz am Ende einer Holz-Kaskadennutzung zu erhalten. Es gibt nicht genügend Kapazitäten stofflicher Verwerter, die Altholz aufnehmen und für die wegfallenden energetischen Holzverwerter einspringen könnten. Aus ökologischer Sicht ist ein weiteres Argument zum Erhalt der Kraftwerke, dass in einem Land mit geringen eigenen Energieressourcen, die möglichen regenerativen energetischen Potenziale (und damit die potenzielle THG-Minderung) im Inland gesichert werden sollten. Eine Stoffstromverlagerung in das Ausland sollte daher vermieden werden.

Die im Hinblick auf den Fortbestand der Kraftwerkskapazitäten im Diskurs entwickelten Geschäftsmodellideen umfassen zum einen rahmensetzende Vorschläge, die auf der Metaebene einen Wettbewerbsvorteil für die regenerativen Brennstoffe allgemein (z.B. Stärkung der Bioenergie über die Primärenergiefaktoren), oder aller erneuerbaren Energieträger (CO₂-Bepreisung) zur Folge hätten.

Darüber hinaus wurden Vorschläge erarbeitet, die eine lenkende Wirkung ohne zusätzliche finanzielle Verpflichtungen z.B. im Sinne einer Ausweitung des EEG hätten. Hierzu zählt insbesondere die kostenneutrale Streckung des EEG-Vergütungszeitraumes, um den Kraftwerksbetreibern Zeit zur Marktintegration zu geben und den Übergang in die Post-EEG-Phase fließend zu gestalten. Hierzu wurden sowohl die Veränderung des Brennstoffbandes, als auch der Abschluss von Power Purchase Agreements mit Unternehmen (hier: Rückfalloption in das EEG) thematisiert. Um dies zu ermöglichen, bedarf es einerseits der weiteren Sicherung des Einspeisevorrangs, aber auch einer Öffnung des Ausschließlichkeitsprinzips.

Ergänzend ist die Lenkungswirkung zu nennen, welche die Novelle der Altholzverordnung in Deutschland auf die Rohstoffverfügbarkeit haben kann. Bezug nehmend auf das parallel laufende Vorhaben zur „Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung“ (Flamme et al. 2019) wird eine stärkere, an Qualitätsvorgaben orientierte Trennung der stofflichen und energetischen Verwertungswege zur Etablierung getrennter Markt-/Preisgefüge als sinnvoll erachtet. Dieser Vorschlag ist angelehnt an ein Vorgehen, wie es z.B. in Großbritannien praktiziert wird. Mit einer entsprechenden Marktentwicklung könnte – in Kombination mit einer weiteren hohen Verfügbarkeit von Altholz – keine verstärkte Konkurrenz um den Rohstoff sondern eine Marktberuhigung einhergehen.

Letztendlich gilt es in den nächsten Jahren von der Politik aktiv einen Übergang zu gestalten, welcher Marktverzerrungen zwischen den noch im EEG laufenden und den bereits aus dem EEG gefallen Anlagen im Sinne des Gesamtsystems vermeidet. Ab einem Zeitraum 2025/2026 (siehe Kapitel 5.3, Abbildung 21) - nach dem die meisten derzeitigen EEG-Altholzkraftwerke keine EEG-Vergütung mehr bekommen - wird die

Wirtschaftlichkeit im Kontext einer bis dann wahrscheinlich wirksamen CO₂-Bepreisung – unabhängig von sonstigen Fördermechanismen - über die Strom- und Wärmeerlöse sowie den Altholz-Entsorgungspreis definiert.

10 Literaturverzeichnis

- ADEME (2008) Referentiels combustibles bois energie definition et exigences. Référentiels combustibles bois énergie – Définition et exigences – Convention 0601C0005: ADEME – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- ADEME (2015) Evaluation du gisement ed de bechets bois et son positionnement dans la filiere bois/bois energie: ADEME – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.
- ADEME (2017) Cette édition 2017 du Panorama vous propose un état des lieux des filières à responsabilité élargie du producteur (REP) basée sur des données 2015 et leur principe de mise en oeuvre en France: ISBN 10-297-0750-6: ADEME – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.
- AEA; EEG (2015) International biomass trade of Austria – Deliverable 2.1 of the project BioTransform.at - Using domestic land and biomass resources to facilitate a transformation towards a low-carbon society in Austria: AEA – Austrian Energy Agency, EEG – Energy Economics Group.
- AEE (2013) Erneuerbare Energie im Strommarkt, Neue Anforderungen an das Marktdesign im Zuge der Energiewende: Renew's Kompakt 17.12.2013: Agentur für Erneuerbare Energie.
- Agethen, U.; Frahm K.-J.; Renze, K.;Thees, E.-P. (2008) Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte, Essen: Bund Technischer Experten e.V.
- AGL (2014) Production de'electricite basee sur les sources d'energie renouvelables – Règlement grand-ducal du 1er août 2014 relatif à la production d'électricité basée sur les sources d'énergie renouvelables et modifiant: 1. le règlement grand-ducal du 31 mars 2010 relatif au mécanisme de compensation dans le cadre de l'organisation du marché de l'électricité; 2. Le règlement grand-ducal du 15 décembre 2011 relatif à la production, la rémunération et la commercialisation de biogaz: AGL – Amtsblatt des Großherzogtums Luxemburg.
- Agora (2018) Eine Neuordnung der Abgaben und Umlagen auf Strom, Wärme, Verkehr. Optionen für eine aufkommensneutrale CO₂-Bepreisung, Berlin: Agora Energiewende.
- Agora; Aurora (2018) 65 Prozent Erneuerbare bis 2030 und ein schrittweiser Kohleausstieg. Auswirkungen der Vorgaben des Koalitionsvertrags auf Strompreise, CO₂ -Emissionen und Stromhandel, Berlin: Agora Energiewende / Aurora Energy Research

- Agora; Öko-Institut (2018) Vom Wasserbett zur Badewanne. Die Auswirkungen der EU-Emissionshandelsreform 2018 auf CO₂-Preis, Kohleausstieg und den Ausbau der Erneuerbaren, Berlin: Agora Energiewende, Öko-Institut
- Amos, C. (2017) Altholzmarkt in Großbritannien: BAV Altholztag 28. September 2017: BAV – Bundesverband der Altholzaufbereiter und –verwerter e.V.
- Avfall Sverige (2018) Swedisch Waste Management 2018, Malmö: Avfall Sverige AB.
- Baehr, T. (2017) Althollexport – Entsorgung gefährlicher Abfälle und Nachweispflicht, Stadt Hamburg: BAV-Altholztag 28. September 2017: BAV – Bundesverband der Altholzaufbereiter und –verwerter e.V. BAV (2017a) Kraftwerkliste Altholzkraftwerke: MS-Excel-Datei mit Stand vom 20.11.2015: BAV – Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V.
- BAV (2017b) Presentation of EFO's perspective on the Swedish RWW market: BAV-Altholztag 28. September 2017: BAV – Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V.
- BAV (2018) Marktintegrationsmodell für Altholzkraftwerke – Vorschlag vom 12.11.2018, Berlin: BAV – Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V.
- BEIS (2017) Contracts for Difference – Government response to the consultation on changes to the CFD contract and CFD regulations, London: BEIS – Department for Business, Energy & Industrial Strategy.
- BEIS (2019) Contracts for Difference (CfD) – Allocation Round 3 – Documents and guidance related to the Contracts for Difference third allocation round (AR3): <https://www.gov.uk/government/collections/contracts-for-difference-cfd-third-allocation-round>: BEIS – Department of Business, Energy and Industrial Strategy UK.
- Bettinger, J. (2018) „Post EEG“ – Rahmenbedingungen und (technische) Optimierungspotenziale für einen ökonomischen Weiterbetrieb von Biomassebestandsanlagen in sich wandelnden Märkten. Bachelorarbeit am Umweltcampus Birkenfeld, Institut für Betriebs- und Technologiemanagement (IBT).
- BMEL (2013) Nationale Politikstrategie Bioökonomie – Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie, Berlin: BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.

- BMNT (2011) Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Band 1 und Band 2, Wien: BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.
- BMNT (2017) Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017, Teil 1 und Teil 2, Wien: BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.
- BMU (2001) Hinweise zur Anwendung der Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001: BGBl. I S. 3379: BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BMUB (2016a) Deutsches Ressourceneffizienz-Programm II. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, Berlin: BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- BMUB (2016b) Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, Berlin: BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- BMWi (2015) Ein Strommarkt für die Energiewende. Ergebnispapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Weißbuch), Berlin: BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft.
- BMWi (2018) Energiedaten: Gesamtausgabe, Stand Oktober 2019, Berlin: BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft.
- BNetzA (2017) Flexibilität im Stromversorgungssystem. Bestandsaufnahme, Hemmnisse und Ansätze zur verbesserten Erschließung von Flexibilität: Diskussionspapier: BNetzA – Bundesnetzagentur.
- BSI (2012) PAS 111:2012 – Specification for the requirements and test methods for processing waste wood: ISBN 978 0 580 69643 5: BSI – British Standards Institution.
- Bundesregierung (2016) Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Neuauflage 2016, Berlin: Deutsche Bundesregierung.
- BVSE (2019) Anforderungen an Ersatzbrennstoffe: <https://www.bvse.de/themen-altholz-ersatzbrennstoffe-bioabfall/ersatzbrennstoffe-verwertung/anforderungen-an-ersatzbrennstoffe.html>: Abgerufen am 25.10.2019: BVSE – Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.
- CRE (2019) Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir de biomasse: CRE - Commission de régulation de l'énergie.

- DBFZ (2011) Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG, Vorhaben Ila Endbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Leipzig: DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH.
- DBFZ; IWES; INL; B&P; UFZ (2015) Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse) Zwischenbericht Mai 2015: FKZ 03MAP250: DBFZ - Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, IWES - Fraunhofer – Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, INL – Privates Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung GmbH, UFZ – Helmholtzgesellschaft Zentrum für Umweltforschung.
- DECC (2013) Domestic Renewable Heat Incentive - the first step towards transforming the way we heat our homes: DECC - Department of Energy and Climate Change UK.
- Defra (2011) Government Review of Waste Policy in England 2011: Defra - Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Defra (2013) Revention is better than cure The role of waste prevention in moving to a more resource efficient economy: The Waste Prevention Team: Defra - Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Deloitte (2015) Screening template for Construction and Demolition Waste management in Belgium V2 – September 2015: Deloitte Touche Tohmatsu Limited/The Deloitte Network.
- Destatis (2017) Umwelt – Abfallentsorgung 2015: Fachserie 19, Reihe 1: Destatis – Statistisches Bundesamt.
- Destatis (2018a) Bruttoinlandsprodukt – in jeweiligen Preisen – in Deutschland nach Bundesländern: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder: Destatis – Statistisches Bundesamt.
- Destatis (2018b) Einwohner in Deutschland nach Bundesländern: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder: Destatis – Statistisches Bundesamt
- Destatis (2018c) Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Forstwirtschaftliche Bodennutzung – Holzeinschlagsstatistik 2017: Fachserie 3, Reihe 3.3.1: Destatis – Statistisches Bundesamt.
- Destatis (2018d) Destatis Sonderauswertung im Auftrag der IZES gGmbH.
- Destatis (2019) Umwelt – Abfallentsorgung 2017: Fachserie 19, Reihe 1: Destatis – Statistisches Bundesamt.
- Deutscher Bundestag (1999) Entwurf eines Gesetzes zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz –

- EEG) sowie zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes: Drucksache 14/2341.
- ECO-Conseil (2016) Abfallwirtschaft im Großherzogtum Luxemburg – Sperrmüllanalyse 2015 im Großherzogtum Luxemburg. Administration de l'environnement – Division des Déchets: ECO-Conseil S.à r.l.
- EEA (2016) Circular economy in Europe Developing the knowledge base – EEA Report 2/2016: ISBN 978-92-9213-719-9: EEA – European Environmental Agency.
- EEX (2019) Phelix D/AT Future Baseload Cal 20: <https://www.eex.com/de/marktdaten/strom/futures/phelix-deat-futures>: Abgerufen am 01.02.2019: EEX - European Energy Exchange AG.
- EPF (2018) EPF STANDARD FOR DELIVERY CONDITIONS OF RECYCLED WOOD: EPF – European Panel Association.
- EPRS (2016) Circular economy package - Four legislative proposals on waste: Briefing - EU Legislation in Progress: EPRS – European Parliamentary Research Service.
- EuGH (2019) Urteil in der Rechtssache C-405/16 P Deutschland / Kommission: Pressemitteilung 44/19: EuGH – Gerichtshof der Europäischen Union .
- Euroobserver (2017) Baromètre Biomasse Solide Decembre 2017: The EuroObserver barometer supported by the European Commission and ADEME.
- EUROSTAT (2017) Erste Bevölkerungsschätzungen – EU-Bevölkerung zum 1. Januar 2017 auf knapp 512 Millionen gestiegen: Pressemitteilung Nr. 110/2017: EUROSTAT – Statistische Amt der Europäischen Union.
- EUWID (2016a) Altholzpreise sinken bundesweit: EUWID Recycling und Entsorgung 18/2016: EUWID – Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH.
- EUWID (2016b) Deutsche Zementwerke verbrennen immer mehr Klärschlamm und Lösungsmittel – 20.12.2016: <https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/deutsche-zementwerke-verbrennen-immer-mehr-klaerschlamm-und-loesungsmittel.html>, abgerufen am 01.02.2019: EUWID - Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH.
- EUWID (2018a) Persönliche Email von Ralf Armbruster, Redaktion EUWID Recycling & Entsorgung vom 21.09.2018: EUWID – Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH.
- EUWID (2018b) Klärschlammverbrennung droht Teilnahme am Emissionshandel: EUWID Recycling und Entsorgung 48/2018 vom 27. November 2018: EUWID – Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH.

- Falkenberg, M. (2017): Europäische Entwicklungen im Bereich Altholz. Präsentation, BDE Altholztag 2017, Hamburg, gehalten von Mathias Falkenberg, Referent Umwelt und Abfall, BDE, Büro Brüssel
- Fellner, H. (2017): Altholzverordnung: vollziehen oder novellieren? Holz-Zentralblatt, HZB Nr. 20/2017, S. 462 - 463
- Flamme, S.; Hams, S.; Bischof, J. (2019) Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung: FKZ 3717 35 340 0: https://www.fh-muenster.de/forschung/forschungsprofil/projekt.php?anzeige=projekt&pr_id=939, abgerufen am 01.02.2019.
- Ghaib, K. (2017) Das Power-to-Methane-Konzept – Von den Grundlagen zum gesamten System: 1. Auflage: ISBN 978-3-658-19725-4: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature.
- Gouvernement de la Région de Bruxelles (2018) Plan de Gestion des Ressources et des Dechets – Pour une consommation durable, sobre, locale et circulaire – Pour une société zéro déchet: Gouvernement de la Région de Bruxelles.
- Grundmann, J. (2014) Bericht über Versuche zur Flexibilisierung von Bestands-BMKW und Ergebnisse der DGAW/BBE-Branchenbefragung zu Flexibilisierungspotenzial: 14. Internationaler BBE-Fachkongress für Holzenergie: Augsburg.
- Hauser, E.; Weber, A.; Zipp, A.; Leprich, U. (2014) Bewertung von Ausschreibungsverfahren als Finanzierungsmodell für Anlagen erneuerbarer Energienutzung. Endbericht: Bundesverband Erneuerbare Energien e.V.
- Hill, A. (2017) WRA – Developments in UK Wood Recycling: 12. CIBE Kolloquium 20.11.2017 in Le Havre: WRA – Wood Recycler Association UK, CIBE – Comité Interprofessionnel du Bois-Energie.
- Hirschhausen C. v.; Weigt, H.; Zachmann, G. (2007) Preisbildung und Marktmacht auf den Elektrizitätsmärkten in Deutschland – Grundlegende Mechanismen und empirische Evidenz, Dresden.
- IE; IZES; Öko-Institut (2007) Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung. Endbericht: FKZ 204 41 133: IE – Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, IZES – Institut für ZukunftsEnergieSysteme.
- IEA Bioenergy (2019) Transboundary flows of woody biomass waste streams in Europe: IEA - International Energy Agency.
- IEE (2018) Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz Teilvorhaben II a: Biomasse – Zwischenbericht: Fraunhofer IEE – Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik.

- ILR (2019) Système de support par rachat garanti: <https://web.ilr.lu/FR/Professionnels/Electricite/Acteurs/Energie-renouvelable-et-Cogeneration-a-haut-rendement/Systeme-de-support-par-rachat-garanti/Pages/default.aspx>: Abgerufen am 01.02.2019: ILR - Institut Luxembourgeois de Régulation.
- IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva: IPCC – International Panel on Climate Change.
- IWES; Bioenergie Wächtersbach; Next Kraftwerke; Seeger (2016) FLEXHKW – Flexibilisierung des Betriebes von Heizkraftwerken – Endbericht: FKZ: 03KB092A: IWES – Fraunhofer Institut für Windenergiesysteme, Bioenergie Wächtersbach GmbH, Next Kraftwerke GmbH, Seeger Engineering GmbH.
- IZES (2017): Systemintegration Erneuerbarer Energien durch Marktakteure. (SEEMA), Saarbrücken: IZES – Institut für ZukunftsEnergiesysteme gGmbH.
- IZES (2015) Kraftwerks-Stilllegungen zur Emissionsreduzierung und Flexibilisierung des deutschen Kraftwerksparks: Möglichkeiten und Auswirkungen. Enbericht, Saarbrücken: Ministeriums für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz: IZES – Institut für ZukunftsEnergiesysteme gGmbH.
- Journal (2018) Bald 200 Millionen Euro investiert: Letzeburger Journal, Ausgabe 09.05.2018: <https://www.journal.lu/article/bald-200-millionen-euro-investiert/>, abgerufen am 01.02.2019.
- KfW (2019) Anlage zum Merkblatt Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Kredit 295: Stand: 15.07.2019: Bestellnummer: 600 0004390: KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau.
- Knapek, J. (2017) Potential of biomass for energy production, the perspective of biomass in Europe: The Second Bioeconomy Course University of South Bohemia, May 2017.
- KOM (2019) The costs of not implementing EU environmental law – Final Report: European Commission – Directorate-General for Environment Directorate E Unit E.2 – Environmental Implementation.
- KSA (2017) Ein Kraftwerk wird recycelt: Kölner Stadtanzeiger – Rhein-Erft Samstag/Sonntag, 16./17. September 2017, S. 36.
- LAGA (2018) Technische Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit: Abfalltechnik-Ausschusses der LAGA: AGA – Landesarbeitsgemeinschaft Abfall.

- Laurent, S. (2018) Altholzmarkt in Frankreich: BAV-Altholztag 29. Oktober 2018: BAV – Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V.
- Legifrance (2019) Code de l'environnement: L'ordonnance n° 2000-914 du 18 septembre 2000 relative à la partie Législative du code de l'environnement est à l'origine du code de l'environnement. Les livres I^{er}, III, IV et V de la partie réglementaire du code de l'environnement ont été publiés par le décret n° 2005-935 du 2 août 2005 relatif à la partie réglementaire du code de l'environnement et les livres II et VI l'ont été par le décret n° 2007-397 du 22 mars 2007.
- Letsrecycle (2016) Waste wood market 'less reliant on Sweden': <https://www.letsrecycle.com/news/latest-news/waste-wood-market-less-reliant-on-sweden/>, abgerufen am 01.02.2019: Letsrecycle.com - Environment Media Group Ltd.
- Letsrecycle (2018) Waste wood exports 'halved in 2017': <https://www.letsrecycle.com/news/latest-news/waste-wood-exports-2017/>, abgerufen am 01.02.2019: Letsrecycle.com - Environment Media Group Ltd.
- Mantau U.; Jochem, D.; Möller, B. (2012) Standorte der Holzwirtschaft - Holzrohstoffmonitoring. Die energetische Nutzung von Holz in Biomasseanlagen unter 1 MW im Jahr 2010. Abschlussbericht. Hamburg: Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft.
- Mantau, U.; Döring, P.; Weimar, H. (2016) Rohstoffmonitoring Holz. Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2014. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente – Abschlussbericht. Hamburg: Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft.
- Mantau, U.; Bilitewski, B. (2005) Stoffstrom-Modell-Holz. Bestimmung des Aufkommens, der Verwendung und des Verbleibs von Holzprodukten. Abschlussbericht, Studie im Auftrag des Verbandes Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP): Celle.
- 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 .
- Mantau, U.; Döring, P.; Weimar, H. (2018a) Rohstoffmonitoring Holz – Einsatz von Holz in Biomasse - Großfeuerungsanlagen 2016. Teilbericht, Hamburg: Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft.

- Mantau, U.; Glasenap, S.; Döring, P.; Weimar, H. (2018b) Rohstoffmonito-
ring Holz. Die energetische Nutzung von Holz in Biomassefeuerungsanla-
gen unter 1 MW in Nichthaushalten im Jahr 2016 – Teilbericht. Hamburg:
Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der
Holz- und Forstwirtschaft.
- MDDI (2010) Rohstoff Abfall – Vorkommen und Erschließung in Luxemburg:
MDDI – Ministère du Développement Durable et des Infrastructures.
- MdT (2019) Stratégie française pour l'énergie et le climat - Programmation plu-
riannuelle de l'énergie (PPE) 2019 - 2023 et 2024 - 2028: MdT – Ministère
de la Transitions France.
- MoA (2012) Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020: MZ – Ministry
of Agriculture Czech Republic.
- MoE (2014) Waste Management Plan of the Czech Republic for the period
2015 – 2024: MoE - Ministry of Environment Czech Republic.
- Mol (2016) The Strategic Framework for the development of public admin-
istration in the Czech Republic for the period 2014-2020: Mol – Ministry of
Interior Czech Republic.
- MoIT (2014a) Politika druhotných surovin České republiky. Samostatná část
Surovinové politiky České republiky: MoIT – Ministry of Trade and Industry
Czech Republic.
- MoIT (2014b) Návrh vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a
klimatu: MoIT – Ministry of Trade and Industry Czech Republic.
- MoIT (2018) Návrh vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a
klimatu: MoIT – Ministry of Trade and Industry Czech Republic.
- Müller-Langer, F.; Meisel, K.; Naumann, K. (2019): Importance of biofuels within
the Renewable Energy Directive (RED II) as a contribution to climate pro-
tection in transport. 16th International Conference on Renewable Mobility,
21.01.2019, CityCube Berlin
- NL Agency (2013) Competition in wood waste: Inventory of policies and mar-
kets: Netherlands Programme for Sustainable Biomass: NL Agency –
Netherlands Enterprise Agency.
- NL Agency (2018) SDE+ Autumn 2018 - Instructions on how to apply for a sub-
sidy for the production of renewable energy – Opening period: 2 October –
8 November 2018: NL Agency – Netherlands Enterprise Agency.
- ÖBV (2017) Strom aus Biomasse: [https://www.biomasseverband.at/energie-
aus-biomasse/strom/](https://www.biomasseverband.at/energie-
aus-biomasse/strom/), abgerufen am 01.02.2019: ÖBV – Österreichischer
Biomasseverband e.V.

- Ockenfels A.; Grimm, V.; Zoettel, G. (2008) Strommarktdesign Preisbildungsmechanismus im Auktionsverfahren für Stromstundenkontrakte an der EEX Gutachten Im Auftrag der European Energy Exchange AG zur Vorlage an die Sächsische Börsenaufsicht, Köln.
- ofgem (2016) Renewables Obligations – FAQ: ofgem e-serve – Office of Gas and Electricity Markets United Kingdom.
- ofgem (2018) Renewables Obligation – Closure Scheme for England, Scotland and Wales: ofgem e-serve – Office of Gas and Electricity Markets United Kingdom.
- ofgem (2019) Feed-in Tariffs: Essential Guide to Closure of the Scheme Guide to Closure: ofgem e-serve - Office of Gas and Electricity Markets United Kingdom.
- Öko Institut e.V./Fraunhofer ISI (2015) Klimaschutzszenario 2050 – 2. Endbericht. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Berlin, Karlsruhe.
- ÖSG (2012) Bundesgesetz über die Förderung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern (Ökostromgesetz): Ö-BGBl. I Nr. 75/2011: Fassung vom 10.10.2019.
- Pacher, C. (2016) Nutzung der flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls zur Umsetzung von Reduktionsmaßnahmen klimarelevanter Treibhausgasemissionen in Müllverbrennungsanlagen – Doktorarbeit: Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.
- Resch, G. (2017) 100 % erneuerbarer Strom in Österreich – so geht's – Extrakt: Die Stromzukunft Österreich 2030 – Analyse der Erfordernisse und Konsequenzen eines ambitionierten Ausbaus erneuerbarer Energien, TU-Wien.
- Res-Legal (2019) Renewable energy policy database and support: Initiative of the European Commission: <http://www.res-legal.eu/home/>: Abgerufen am 01.02.2019.
- Res-Legal B (2019) Belgium – Overall Summary: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/belgium>; abgerufen am 01.02.2019.
- Res-Legal CZ (2019a) Feed-in tariff (State-purchasing Price): <http://www.res-legal.eu/search-by-country/czech-republic/single/s/res-e/t/promotion/aid/feed-in-tariff-act-on-the-promotion-of-the-use-of-res/lastp/119/>, abgerufen am 01.02.2019.

- Res-Legal CZ (2019b) Subsidy I (Operational Programme Entrepreneurship and Innovation for Competitiveness 2014-2020 – OP PIK): <http://www.res-legal.eu/search-by-country/czech-republic/single/s/res-e/t/promotion/aid/subsidy-i-operational-programme-business-and-innovation-for-competitiveness-oppik/lastp/119/>: Abgerufen am 01.02.2019.
- Res-Legal S (2019) Quota System: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/sweden/single/s/res-e/t/promotion/aid/quota-system-1/lastp/199/>, abgerufen am 01.02.2019.
- Resource (2017) Waste wood classification change could be ‘catastrophic’ for UK recycling: <https://resource.co/article/waste-wood-classification-change-could-be-catastrophic-uk-recycling-12072>, abgerufen am 01.02.2019: Resource Media Limited
- ROD (2019) SDE+ voorjaar 2019 - Zo vraagt u subsidie aan voor de productie van duurzame energie - Openstelling: 12 maart – 4 april 2019: ROD – Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Sayegh, P. el (2017) Sweden waste to energy: Bio-ressources: le blog: <http://blog.bio-ressources.com/2017/05/17/sweden-waste-to-energy/>: Abgerufen am 01.02.2019.
- SEA (2017) The Electricity Certificate System: <https://www.energimyn-digheten.se/en/Sustainability/The-electricity-certificate-system/>, abgerufen am 01.02.2019.
- Sötebier, J. (2019) Ausgeförderte EE- und KWK-Anlagen aus Sicht der Bundesnetzagentur: Fachgespräch Clearingstelle EEG/KWKG Berlin, 28. Februar 2019.
- Sterner M.; Stadler, I. (2014) Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration: 1. Auflage: ISBN 978-3-642-37380-0: Springer Vieweg.
- Strohmeyer, A. (2019) Persönliche Email von Anemone Strohmeyer, Geschäftsführerin Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V. (VHI) vom 23.10.2019.
- UBA (1989) Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung: Fassung vom 22. März 1989: UBA – Umweltbundesamt.
- UBA (2010) Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz- FKZ 3708 31 302: UBA Texte 06/2010: UBA – Umweltbundesamt.
- UBA (2011) Nutzung der Potenziale des biogenen Anteils im Abfall zur Energieerzeugung - FKZ 3707 33 303: UBA Texte 33/2011, Berlin: UBA – Umweltbundesamt.

- UBA (2017) BIOMASSEKASKADEN - Mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis – Endbericht FKZ:3713 44 100: UBA Texte 53/2017: UBA – Umweltbundesamt.
- UBA (2018a) Energieerzeugung aus Abfällen - Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030: Projektnummer: 75778: Texte 51/2018: UBA – Umweltbundesamt.
- UBA (2018b) Grenzüberschreitende Verbringung von zustimmungspflichtigen Abfällen - Zeitreihe Export nach Abfallarten 2008 – 2017: UBA – Umweltbundesamt.
- UBA (2018c) Grenzüberschreitende Verbringung von zustimmungspflichtigen Abfällen - Zeitreihe Import nach Abfallarten 2008 – 2017: UBA – Umweltbundesamt.
- UBA (2018d): Klärschlammentsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau, ISSN (Print) 2363-831
- UBA (2019a) Abbildung: Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#textpart-1>: Abgerufen am 01.02.2019: UBA – Umweltbundesamt.
- UBA (2019c) Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung - Arbeitsstand 28.06.2019 - FKZ 3717 35 340 0: UBA Texte 06/2019: UBA – Umweltbundesamt.
- UBA (2019b) Stoffstromorientierte Ermittlung des Beitrags der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Schonung von Primärrohstoffen und Steigerung der Ressourcenproduktivität – Abschlussbericht - FKZ 3714 93 330 0: UBA Texte 34/2019: UBA – Umweltbundesamt.
- UBA-Ö (2014) Effiziente Nutzung von Holz - Kaskade versus Verbrennung – Report REP-0493: UBA-Ö – Umweltbundesamt Österreich.
- UBA-Ö (2019) Abbildung: Abfallhierarchie: <https://www.umweltbundesamt.at/typo3temp/pics/2cb5ac6908.jpg>, abgerufen am 01.02.2019: UBA-Ö – Umweltbundesamt Österreich.
- ÜNB (2014) Szenariorahmen für die Netzentwicklungspläne Strom 2015 - Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber: ÜNB – Übertragungsnetzbetreiber.
- UNECE (2016) Wood energy sector and data collection in the Czech Republic: UNECE Workshop on Bioenergy from the Forest Sector - Capacity Building for Information: Budapest 6th to 8th December 2016: UNECE – United Nations Economic Commission for Europe.

- UNECE (2017) Market Statement 2017 Sweden: UNECE Timber Committee Market Discussion October 2017 Warsaw: UNECE – United Nations Economic Commission for Europe.
- VDZ (2017) Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2016: VDZ– Verein Deutscher Zementwerke e.V.
- Walloon (2017) Walloon Waste-Resources Plan - Non-technical summary of the draft plan: Public enquiry from May 8, 2017 to June 21, 2017.
- Walloon (2018) Plan wallon des Déchets-Ressources (PWD) adopté par le gouvernement wallon le 22 mars 2018.
- WBPI Online (2019a): Wood waste trade: A European perspective – Wood Waste Consumption in Panel Board Production: <http://www.wbpionline.com/features/wood-waste-trade-a-european-perspective-4639077/image/wood-waste-trade-a-european-perspective-4639077-469145.html>, abgerufen am 01.02.2019: WBPI - Wood Based Panels International.
- WBPI Online (2019b) Wood waste trade: A European perspective – Wood waste trade flow for panel production: <http://www.wbpionline.com/features/wood-waste-trade-a-european-perspective-4639077/image/wood-waste-trade-a-european-perspective-4639077-469146.html>, abgerufen am 01.02.2019: WBPI - Wood Based Panels International.
- WBPI Online (2019c) Wood waste trade: A European perspective – Wood waste trade flow for energy production: <http://www.wbpionline.com/features/wood-waste-trade-a-european-perspective-4639077/image/wood-waste-trade-a-european-perspective-4639077-469147.html>, abgerufen am 01.02.2019: WBPI - Wood Based Panels International.
- Wentura, D.; Pospeschill, M. (2015) Multivariate Datenanalyse – Eine kompakte Einführung, 1. Auflage, ISBN 978-3-531-17118-0, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Wern, B.; Kay, S.; Vogler, C.; Baur, F.; Gärtner, S.; Hienz, S.; Keller, H.; Müller-Lindenlauf, M.; Stockmann, F.; Wenzelides, M.; Hagemann, H.; Schulte, A. (2014): Regionale Konzepte zum Ausbau der Bioenergieerzeugung aus Holz – nachhaltige und energieeffiziente Strategieentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Holzkaskadennutzung – Endbericht: FKZ:03KB016A: IZES – Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme gGmbH, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Internationales Institut für Wald und Holz NRW e.V.; DOI:10.13140/RG.2.2.28750.61764
- Werner, S. (2017) District heating and cooling in Sweden: Energy 126 (2017) S. 419 - 429.

- Wijnendaele, K. (2015) Overview of the European Wood-Based Panels market with a focus on wood availability & recycling. Contribution to the European Recycling Workshop, LIGNA, Hannover, 13.05.2015, European Panel Federation
- WPS (2017) Environment Agency Considering Reclassifying Wood Wastes As Hazardous: <https://www.wasteplansolutions.co.uk/news/environment-agency-considering-reclassifying-wood-wastes-hazardous>: Abgerufen am 01.02.2019: WPS– WPS Compliance Consulting Ltd.
- WRAP (2009) Wood Waste Market in the UK 2009 – Summary Report Project code: MKN022: WRAP – Waste and Resource Action Programm UK.
- Zapf, M. (2017) Stromspeicher und Power-to-Gas im deutschen Energiesystem – Rahmenbedingungen, Bedarf und Einsatzmöglichkeiten: 1. Auflage: ISBN 978-3-658-15072-3: Springer Vieweg

11 Gesetze, Verordnungen und technische Regeln

- AbfKlärV (2017) Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost: Klärschlammverordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465), die zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist.
- AbfVerbrG (2016) Gesetz zur Ausführung der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2006 über die Verbringung von Abfällen 1 und des Basler Übereinkommens vom 22. März 1989 über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung 2: Abfallverbringungsgesetz vom 19. Juli 2007 (BGBl. I S. 1462), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 1. November 2016 (BGBl. I S. 2452) geändert worden ist.
- AltholzV (2017) Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz: Altholzverordnung vom 15. August 2002 (BGBl. I S. 3302), die zuletzt durch Artikel 62 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist.
- AVV (2017) Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis: Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2644) geändert worden ist.
- AVVO (2019) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Österreich über ein Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung): Ö-BGBl. II Nr. 570/2003: Fassung vom 10.10.2019.
- BlmSchG (2019) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge: Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432) geändert worden ist.
- BiomasseV (2012) Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse: Biomasseverordnung vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 10 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.

BiomasseV (2016)	Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse: Biomasseverordnung vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234), die zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 13. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2258) geändert worden ist.
ChemVerbotsV (2017)	Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens und über die Abgabe bestimmter Stoffe, Gemische und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz: Chemikalien-Verbotsverordnung vom 20. Januar 2017 (BGBl. I S. 94; 2018 I S. 1389), die zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2774) geändert worden ist.
DepV (2017)	Verordnung über Deponien und Langzeitlager: Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist.
EEG (2000)	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien: Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 31. März 2000 (BGBl. I S. 305).
EEG (2004)	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien: Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2004 (BGBl. I S. 1918).
EEG (2008)	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien: Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074).
EEG (2012)	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien: Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. August 2012 (BGBl. I S. 1754) geändert worden ist.
EEG (2017)	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien: Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist.
GefStoffV (2017)	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen: Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), die zuletzt durch Artikel 148 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist.
KOM 2000/252/EG	Entscheidung der Kommission vom 3. Mai 2000 zur Ersetzung der Entscheidung 94/3/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß Artikel 1 Buchstabe a) der Richtlinie 75/442/EWG des Rates über Abfälle und der Entscheidung 94/904/EG des Rates über ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle im Sinne von Artikel 1 Absatz 4 der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle: Aktenzeichen K(2000) 1147: KOM – Europäische Kommission.

KOM 2007/59	Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament zur Mitteilung zu Auslegungsfragen betreffend Abfall und Nebenprodukte: KOM(2007) 59 endgültig/2: KOM – Europäische Kommission.
KOM 2019/90	Bericht der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über die Umsetzung des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft: SWD(2019) 90 final: KOM – Europäische Kommission.
KrWG (2017)	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen: Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist.
L 2014/C 200/01	Mitteilungen der Orange, Einrichtungen und sonstigen Stellen der Europäischen Union – Europäische Kommission, Mitteilung der Kommission: Leitlinien für staatliche Umweltschutz- und Energiebeihilfen 2014-2020: 2014/C 200/01.
RAL-GZ 428 2003	Recyclingholz – Gütesicherung – Technische Regel RAL-Gü-tezeichen Nummer 428, Ausgabe 2003-10: RAL – Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.
RecyclingholzV (2012)	Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Recycling von Altholz in der Holzwerkstoffindustrie (RecyclingholzV): Ö-BGBl. II Nr. 160/2012.
RL 1999/31/EG	Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien.
RL 2008/98/EG	Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien.
RL 2010/75/EU	Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) – Neufassung.
RL 2015/2193/EU	Richtlinie (EU) 2015/2193 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2015 zur Begrenzung der Emissionen bestimmter Schadstoffe aus mittelgroßen Feuerungsanlagen in die Luft.

RL 2018/2001/EU	Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen – Neufassung.
TA Luft (2002)	Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes–Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Fassung vom 24. Juli 2002.
TL 2018/C 124/01	Bekanntmachung zum Technischen Leitfaden zu bestimmten Aspekten der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle und zur Entscheidung 2000/532/EG der Kommission über ein Abfallverzeichnis in den 2014 und 2017 geänderten Fassungen: Europäische Kommission.
UStatG (2017)	Umweltstatistikgesetz vom 16. August 2005 (BGBl. I S. 2446), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 5 des Gesetzes vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2234) geändert worden ist.
VO 1013/2006/EG	Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom (14. Juni 2006) über die Verbringung von Abfällen.
VO 1418/207/EG	Verordnung (EG) Nr. 1418/2007 der Kommission vom 29. November 2007 über die Ausfuhr von bestimmten in Anhang III oder IIIA der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates aufgeführten Abfällen, die zur Verwertung bestimmt sind, in bestimmte Staaten, für die der OECD-Beschluss über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen nicht gilt.
VO 1907/2006/EG	Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission.
VO 2150/2002/EG	Verordnung (EG) Nr. 2150 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2002 zur Abfallstatistik.

12 Anhang

12.1 Markt und Recht in ausgewählten EU Ländern

12.1.1 Frankreich

12.1.1.1 Fachrecht

Frankreich hat Altholz-betreffende Richtlinien der EU (insbesondere RL 2008/98/EG) ins nationale Recht implementiert. In Frankreich wurden diese durch die Gesetze im Rahmen des „Grenelle de l'Environnement“ (Legifrance 2019) umgesetzt und im Sinne einer Hinwendung zu einem „grünen Wachstum“ weiterentwickelt. Hierfür wurden vor allem verstärkte Maßnahmen, mit denen die Produzenten stärker für die Verwertung ihrer nicht mehr genutzten Produkte zur Verantwortung gezogen werden sollten, erarbeitet. Dabei wurden die sogenannten Branchen bzw. „filières REP « („à responsabilité élargie du producteur“) ergänzt bzw. deren Regeln verschärft, wovon auch die Altholzverwendung betroffen ist. Für diese Branchen werden, auf der Basis des Verursacherprinzips, konkrete Recyclingquoten definiert und die Hersteller von Produkten verpflichtet, Recycling- und Abfallmanagementpläne für ihre Produkte aufzustellen, die auf den Prinzipien der Abfallhierarchie aufgebaut sind:

- Möbelhersteller sind zur Sicherstellung einer gefahrlosen Entsorgung ihrer Produkte nach Ende des Lebenszyklus verpflichtet (Produkthaftung)
- Ab 2012 sollen 75% der Verpackungsabfälle recycelt werden.

Insbesondere der Bau- und Abbruchsektor soll (gemäß Art. 11, Nr. 2 b der Abfallrahmenrichtlinie RL 2008/98/EG der EU) bis 2020 70% seiner Abfälle wiederbenutzen oder einem Recycling zuführen. Des Weiteren sollen 60% der Straßenbaumaterialien aus Recyclingbaustoffen, insbesondere aus dem Abbruchsektor, bestehen.

In der Praxis werden drei Arten von Althölzern unterschieden (ADEME 2015):

- Klasse A Hölzer: unbehandelte und naturbelassene Hölzer
- Klasse B Hölzer: behandelte Hölzer (ohne Holzschutzmittel) mit Lack- und Farbhaftungen, ohne PVC, Holzprodukte der HOLZWERKSTOFFINDUSTRIE für den Innenbereich (z.B. Spanplatten)
- Klasse C Hölzer: behandelte und gefährliche Hölzer, vorrangig für den Außenbereich mit Holzschutzmitteln (z.B. Bahnschwellen)

Genaue Festlegungen bzgl. der Nutzbarkeit von Altholz (oder als Ersatzbrennstoff) definieren die Référentiels Combustibles Bois Énergies vom 25.04.2008 (ADEME 2008).

12.1.1.2 Förderrecht

Bezüglich der energetischen Nutzung von Altholz und seiner Vergütung gibt es keine spezifischen rechtlichen Regelungen in Frankreich. Sofern Altholz in Frankreich als „Combustible Bois Énergie“ eingestuft ist, gelten die Regeln der Ausschreibungen

(CRE 2019) für Biomasseanlagen zur hocheffizienten KWK-Stromerzeugung mit einem Gesamtwirkungsgrad von mindestens 75 %. Hierzu besteht aktuell eine Ausschreibung über drei Jahre, bei der die ausgeschriebene Referenzvergütung (im Rahmen einer gleitenden Marktprämie) 155€/ MWh nicht überschreiten darf und gleichzeitig eine Mindestreferenzvergütung von 50€/ MWh vorgegeben wird.

Bislang besteht noch keine Fortsetzung für diese Form der Ausschreibungen. Mittelfristig sieht die französische Energieplanung („Programmation Pluriannuelle de l'Énergie) eine Priorisierung der Wärmenutzung (in Wärmenetzen bzw. der Industrie) aus hölzerner Biomasse gegenüber der Nutzung in KWK vor (MdT 2019: 180f).

12.1.1.3 Altholzmarkt Frankreich

In dem betrachteten Zeitfenster beläuft sich die Altholzmenge in Frankreich (wie in Abbildung 6 ersichtlich) zwischen 2006 und 2012 auf einem annähernd konstanten Niveau von 8 Mio. t (entspricht 119 kg/Einwohner) und sinkt dann drastisch zwischen 2014 und 2016 auf ein niedrigeres Niveau von etwa 6,4 Mio. Tonnen (entspricht 96 Kilogramm/ Einwohner).

Bei einem Vortrag der French Recycling Federation (FEDEREC) anlässlich des Altholztages des BAV e.V. in Frankfurt im Jahr 2018 wurde – aufbauend auf einer Verbandsumfrage aus dem Jahr 2016 – die Menge des gesammelten Altholzes in Frankreich auf 6,05 Mio. t (entspricht 90 Kilogramm/ Einwohner) beziffert. Dieser Wert weicht von den Ergebnissen gemäß EUROSTAT (siehe Abbildung 6) ab. Von dieser Menge werden gemäß Herrn Laurent-Sylvain von FEDEREC 69% wiederverwertet und 31 % nicht wiederverwertet. Die Quelle des Altholzes konnte in der FEDEREC National Survey, 2016 folgendermaßen zugeordnet werden: 36 % Industrieabfall aus Bau- und Abbruch; 27% aus den Privathaushalten und Kommunalen Sammlung; 23 % aus Industrietätigkeit und 14% aus dem Verpackungsbereich (Laurent 2018).

French Environment and Energy Management Agency (ADEME 2017) beziffert den Export von Altholz aus Frankreich von ca. 1,2 Mio. t/a zum Zwecke des stofflichen und energetischen Recyclings. Auf nationaler Ebene wurden nach den Ausführungen der ADEME 1,6 Mio. t/a energetisch sowie ca. 0,9 Mio. t/a in der Holzwerkstoffindustrie stofflich verwertet. Die stoffliche Verwertung wird hierbei als stark zunehmend in den letzten Jahren beschrieben. Weitere 1,5 Mio. t/a wurden anderen stofflichen Verwertungen (z.B. Strukturmaterial) zugeführt.

12.1.1.4 Bewertung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Frankreich neben Deutschland in dem betrachteten Länderrahmen über die umfangreichste stoffliche Verwertung verfügt. Allerdings ist die energetische Verwertung von Altholz in Biomasse(heiz)kraftwerken noch schwach ausgeprägt. Auch unter Berücksichtigung, dass Altholz exportiert wird, können letztendlich nicht alle erfassten Mengen verwertet werden.

12.1.2 Vereinigtes Königreich (United Kingdom)

12.1.2.1 Fachrecht

Die EU-Abfallrahmenrichtlinie RL 2008/98/EG wurde 2011 für das Vereinigte Königreich in nationales Recht (nur rechtsgültig in England und Wales) übernommen (Defra 2011) und durch das Abfallvermeidungsprogramm für England 2013 operationalisiert (Defra 2013). Schottland und Nordirland sind in der rechtlichen Betrachtung nicht integriert, da diese nur geringfügig zum Altholzaufkommen beitragen (Defra 2011). Analog zur EU-Direktive wurde die Abfallhierarchie integriert, welche ebenfalls die energetische Nutzung vor der Beseitigung vorsieht. Darüber hinaus ist auch in UK ein Depositionsverbot für Althölzer gültig.

Aktuell ist der Altholzsektor im gesamten Vereinigten Königreich auf Grund einer fehlenden nationalen Gesetzgebung nicht einheitlich und rechtsverbindlich organisiert. Insbesondere bei der Identifizierung der Altholzkategorien gab es regulatorische Defizite sowie Probleme bei der Trennung nach Abfallqualitäten am Erzeugungsort (WPS 2017). Mit der PAS 111:2012 (BSI 2012) wurde auf der rechtlichen Ebene einer nationalen Norm (British Standard = BS) eine einheitliche Testmethode zur Bestimmung der Zulässigkeit von Althölzern für die stoffliche Verwertung unter Anwendung von Grenzwerten für spezifische chemische Parameter und eine konkretisierende Definition der Altholzkategorien unter Benennung von Eigenschaften und Herkunftsbereichen eingeführt. Das britische System unterscheidet vier Holzkategorien („Grade“, ähnlich der AltholzV) und definiert hierzu empfohlene Verwertungs- und Beseitigungsoptionen (vgl. Tabelle 19). Ziel dieser Regelung ist eine klare Zuordnung der Stoffströme und der gewünschten Zielnutzung. Im Vergleich zur AltholzV werden damit bereits bei der Einsortierung Marktsignale gesetzt und festgelegt, welche Nutzung für welches Material geeignet ist. In Deutschland ist dies über die gesetzliche verankerte Nachrangigkeit und über den Markt geregelt, während in UK diese Art der Rohstoffkonkurrenz ausgeschlossen ist.

Für Grade A Abfälle ist eine Zulassung als Produkt möglich und auf Antrag kann diese Kategorie aus dem Abfallrecht auf Antrag entlassen werden („Ende der Abfalleigenschaft“). Eine ähnliche Regulierung wendet Österreich ebenfalls an (siehe Kapitel 12.1.6.2). Im Vergleich zu Deutschland erfolgt im UK keine Unterscheidung von gefährlichen Abfällen zur Verwertung (R-Verfahren, AIV) und zur Beseitigung (D-Verfahren, PCB-Hölzer), welches die Vergleichbarkeit der Holzqualitäten erschwert.

Tabelle 19: Altholzkategorien in UK (WPS 2017)

Grade	Beschreibung	Herkunftsbereiche	Empfohlene Verwertung
Grade A „clean“ recycle wood (D: AI)	100% unbehandeltes und naturbelassenes Vollholz, geringfügige Verunreinigungen wie Metalle, Farbanhaftungen sind zulässig, 0% Anteile von Grade B - D	Holzverpackungen, Holzarbeitungsreste, Kabeltrommeln, etc.	Brennstoffpellets und HHS,), Mulch und Einstreu, energetische Verwertung ausschließlich nicht Abfallbehandlungsanlagen
Grade B – industrial feedstock (D: AII)	< 60% Grade A Wood, Vollholzgebrauchthölzer, Anteile von 5-10% HOLZWERKSTOFFINDUSTRIE -Produkte zulässig, geringfügige Verunreinigungen wie Metalle, Farbanhaftungen sind zulässig, 0% Anteile von Grade C-D	Siehe Grad A + Sperrmüll, Bau- und Abbruchabfälle aus dem Innenbereich (0% Anteil Grade C - D), Begrenzung auf max. 5-10% Anteile von HOLZWERKSTOFFINDUSTRIE -Produkten durch stofflichen Verwerter	Stoffliche Nutzung in der HOLZWERKSTOFFINDUSTRIE (Spanplatte, MDF, HDF),
Grade C –Fuel (D: AIII)	behandeltes und beschichtetes Altholz, hoher Anteil von HOLZWERKSTOFFINDUSTRIE Produkten, Verunreinigungen wie Metalle, Farbanhaftungen sind begrenzt zulässig	Holz aus Innenbereichen, Bau- und Abbruchholz aus dem Innenbereich, hoher bis 100% Anteil HOLZWERKSTOFFINDUSTRIE -Produkte	Energetische Nutzung ausschließlich in Abfallbehandlungsanlagen für nicht-gefährliche Abfälle
Grade D – Hazardous Waste (D: AIII, AIV, PCB-Holz)	Gefährlicher Abfall zur Beseitigung (behandelt und beschichtet): teer und starkschwermetallbelaste Hölzer, Verunreinigungen wie Metalle, Farbanhaftungen sind unbegrenzt zulässig (vorrangig Kupfer, Chrom, Arsen), PCB Hölzer	Holz aus Außenbereichen, Bau- und Abbruchholz aus dem Außenbereich, Holzfenster Bahnschwellen, Telegrafmasten, Kühltürme, etc.	Deponie oder Abfallbehandlungsanlage für gefährliche Abfälle

12.1.2.2 Förderrecht

In Großbritannien werden seit 2014 Erneuerbare Energien Vergütungen zunehmend über ein Ausschreibungs- und Zuschlagverfahren versteigert; dieses auf sog. „Contracts for difference“ basierende System hat seit April 2017 das vorher bestehende System der Renewables' Obligations für Neuanlagen vollständig abgelöst; Altanlagen können Ausnahmegenehmigungen bekommen (ofgem 2016). Die für eine Dauer von 15 Jahren geltenden „Contracts for difference“ bedeuten, dass ein Energieerzeuger einen „Zuschlagspreis“ („Strike-Price“) erhält. Dieser wird in einer sogenannten „reverse auction“ ermittelt, bei der nach Beendigung der Auktion ein sogenannter „pay-as-clear-Preis“ (in Höhe des höchsten noch akzeptierten Gebots) an die Bieter des gleichen Technologiesegments ausgezahlt wird (BEIS 2017). Wenn die Börsenpreise unter dem Zuschlagspreis liegen, wird die Differenz zwischen dem Marktpreis und dem Zuschlagspreis ausgezahlt. Sollte der Marktpreis höher als der Zuschlagspreis sein, muss diese Differenz durch den Energieerzeuger beglichen werden. Ungleich den Erneuerbaren Energien Auktionen in der Bundesrepublik, bei denen die Erreichung eines Erneuerbaren Energien Zielkorridors maßgeblich ist und dementsprechend mittelfristig die Menge an ausgeschriebener Leistung fixiert ist, wird im Vereinigten Königreich ein gewisser Geldbetrag vorgegeben, der im Rahmen einer gesamten Ausschreibungsrunde zur Verfügung gestellt wird. Weiterhin bestehen keine technologiespezifischen Auktionen; stattdessen werden gegenwärtig mehrere (im britischen Maßstab) als weniger etabliert geltende Technologien gemeinsam im sogenannten „Pot 2“ auktioniert: Dazu gehören Biomasse mit „Advanced Conversion Technologies“, anaerobe Fermentation, spezifische Biomassen mit Kraft-Wärme Kopplung,

Geothermie, Wind Offshore, Remote Island Wind, Gezeiten- und Wellenkraftwerke. Diese stehen damit gemeinsam im Wettbewerb um die vorhandenen Gelder (BEIS 2017). In jeder Auktion werden dabei technologiespezifische Höchstpreise festgelegt, die erzielten Auktionsergebnisse liegen zumeist darunter und variieren je nach Technologie und geplantem Inbetriebnahmejahr. Aktuelle wurde in 2019 die 3. Ausschreibungsrunde abgeschlossen (vgl. BEIS 2019)

Damit löst das „CfD-Scheme“ die bis 2017 bestandenen „Renewables Obligations“ ab (ofgem 2018), die Energieerzeuger verpflichtete, einen definierten Anteil der elektrischen Energie (mit jährlicher Regression), erneuerbar zu erzeugen. Dies erfolgte über ROC (Renewable Obligation Certificates), welche Energieerzeuger beim nachgewiesenen Einsatz von Erneuerbaren Energien erhielten und am Markt handeln konnten. Sofern der verpflichtende Anteil an Erneuerbaren Energien nicht erreicht wurde, mussten entsprechende Zertifikate vom Staat gekauft werden („buy-out price“).

Weitere Initiativen zur Stimulierung des Einsatzes von erneuerbaren Energien beziehen sich auf Investitionszuschüsse für klimafreundliche Stromerzeugungstechnologien (Electricity Market Reform) sowie die Einführung eines Einspeisetarifs in 2010 für Kleinerzeuger bis 5 MW der zum 01.04.2019 auslief (ofgem 2019). Mit dem Einspeisetarif verbundene Investitionszuschüsse und eine Besteuerung fossiler Energieträger durch den Climate Change Levy liefen bereits 2015 für Erneuerbare Energien aus (ofgem 2016). Investitionszuschüsse für Pelletheizungen und andere Energieträger zur Wärmeerzeugung im Rahmen des Renewable Heat Incentive - RHI (DECC 2013) Plans tragen ebenfalls zur erweiterten Nutzung biogener Brennstoffe bei.

12.1.2.3 Altholzmarkt UK

Die im Hauptteil dargestellte Abbildung 6 zeigt für Großbritannien einen Verlauf der Altholzentstehung, die über die Jahre eine große Dynamik aufweist. Ausgehend von einem hohen Niveau im Jahr 2008 von annähernd 7,6 Mio. t (entspricht 116 Kilogramm/ Einwohner) Altholz sinkt die Altholzmenge laut Eurostat Erhebung auf 3,8 Mio. t im Jahr 2010 (entspricht knapp 60 Kilogramm/ Einwohner) bevor sie ab 2010 wieder konstant zunimmt auf ein Niveau von 6 Mio. t im Jahr 2016 (entspricht 92 Kilogramm/ Einwohner).

In 2016 wurden 3,6 Mio. t/a genutzt (Hill 2017): hiervon 1,4 Mio. t/a energetisch (auch MVA), 1,6 Mio. t/a stofflich in der Holzwerkstoffindustrie sowie 0,6 Mio. t/a wurden exportiert. Die verbleibende Menge wird deponiert oder in nicht-erfassten Wegen geleitet. Für die Zukunft wird ein Potenzial von 6 (Amos 2017) bis zu 10 Mio. t/a (Letsrecycle 2018) erwartet. Für Grade D wird ein Anteil von 0,5% (d.h. 25.000 t/a) angenommen (Resource 2017).

Aktuell ist eine Zunahme der energetischen Verwertungskapazitäten von 112 MW_{el} (reine Altholzanlagen für Grade C) in 2008 auf bis zu 300 MW_{el} im Jahr 2019 zu beobachten (WRAP 2009: 28). Einige Anlagen mit einer Leistung von 1,6 bis 1,8 Mio. t/a sind mit Stand 2017 noch in der Projektierungs- und Bauphase (Hill 2017). Es kann daher angenommen werden, dass auch die aktuell ungenutzten Mengen von 1,4 Mio.

t/a (siehe oben) zukünftig vorrangig einer energetischen Nutzung zugeführt werden können, da die projektierte Anlagenleistung mit der Verbrennungskapazität von ca. 2,4 Mio. t/a Altholz korrespondiert (2008 = 0,8 Mio. t/a). Der britische Abfallrecyclingverband (WRA) erwartet ein entsprechendes Nachfragewachstum für heimische Holzabfälle in naher Zukunft und erwartet sogar einen Import von Abfallhölzern aus Europa in Höhe von ca. 0,5 Mio. t/a (Hill 2017), bis die Mobilisierung im eigenen Land verbessert wurde.

12.1.2.4 Bewertung

Ähnlich wie für Frankreich gilt auch für UK, dass auch unter Berücksichtigung geplanter energetischer Verwertungskapazitäten in UK nicht alle Altholzmengen verwertet werden können. Inwieweit die angestrebten Ziele zur energetischen Verwertung letztendlich umgesetzt werden können, bleibt abzuwarten.

12.1.3 Belgien

12.1.3.1 Fachrecht

Belgien ist traditionell in die Verwaltungseinheiten Flandern, Wallonien und Brüssel unterteilt. Entsprechend ist die Gesetzgebung in Belgien nicht einheitlich und unterliegt regionalen Rechtsprechungen. Übergeordnete EU-Gesetzgebung, insbesondere die RL 2008/98/EG wird in allen Landesteilen umgesetzt.

Die **Hauptstadtregion Brüssel** hat mit dem Abfallwirtschaftsplan 2018 (Gouvernement de la Région de Bruxelles 2018) keine eigenen Ziele zum Umgang mit Abfällen aus Holz benannt, die über die allgemeinen Anforderungen an die Kreislaufwirtschaft nach EU-Recht hinausgehen. So wird z.B. auf die EU-Recyclingquote für Holzabfälle nach RL 2004/12/EG mit 15% verwiesen.

Neben eines allgemeinen Kreislaufwirtschaftsplans mit Benennung von Zielen der Kreislaufwirtschaft, konkretisiert **die Region Flandern** in der Verordnung zur Abfallvermeidung und Management (VLAREA) die Vorgaben des (gesamt-) belgischen Abfallgesetzes (NL Agency 2013). Hierbei wird auf den Holzimplementierungsplan verwiesen, der die folgenden Altholzsortimente definiert:

- Altholz, geeignet zur stofflichen Verwertung in der Holzwerkstoffindustrie, u. a. Altholz aus der Holzbe- und -verarbeitenden Industrie, außer Sägenebenprodukte vom Frischholz wie Rinde, Sägespäne, Sägemehl (kein Abfall da Nebenprodukt)
- Altholz vorrangig zur energetischen Verwertung, z.B. Altholz aus dem gewerblichen Bereich, wie Bau- und Abbruchholz, Verpackungen, Möbel und Altholz aus dem nicht-gewerblichen Bereich, wie Bau- und Abbruchholz, Verpackungen, Möbel, Gartenabfälle, Einzäunungen und Gartenhäuser
- Althölzer zur Beseitigung, wie z.B. Bahnschwellen

Prinzipiell sind Holzabfälle vorrangig stofflich zu verwerten. Der Vorrang kann zugunsten einer energetischen Verwertung aufgegeben werden, sofern Holzabfälle einen Heizwert von mindestens 11,5 MJ/kg aufweisen.

Die **Region Wallonien** hat mit dem Abfallwirtschaftsplan 2018 (Walloon 2018) die Kreislaufwirtschaftsziele der Europäischen Kommission übernommen und konkrete Ziele und Maßnahmen erarbeitet. Hierbei werden konkrete Maßnahmen mit Bezug auf Altholz im Haushalts- und Industriesektor definiert. Der Entwurf zum Abfallwirtschaftsplan (Walloon 2017) definiert für den Haushaltsbereich bis 2025 eine Recyclingquote von 100% für Althölzer, die in Recyclingzentren (Belgien: „Containerpark“) gesammelt werden (Ziel 25). Für Althölzer ist eines der Ziele die Festlegung verbindliche Kategorien zu schaffen (Ziel 29), die in „Holz zur stofflichen Verwertung“, „Holz zur energetischen Verwertung“ und „Holz zur Beseitigung“ gegliedert werden sollen. Ziel 14 im Entwurf beinhaltet die Errichtung von Anlagen zum Recycling von Altholz der Kategorie B und die Entwicklung von Anlagen zur Verwertung von Holz der Kategorie A, ohne diese Kategorien näher zu benennen.

12.1.3.2 Förderrecht

Ähnlich wie die deutsche Biomasseverordnung erlaubt das belgische Grünstromgesetz die Nutzung zugelassener Biomasse zur Stromgewinnung. Dies erfolgt über „Grünzertifikate“, welche für die Beantragung von Subventionen benötigt werden. Hierdurch können wirtschaftliche Vorteile durch die Nutzung von Biomasse erlangt werden. Generell erhalten Althölzer keine Grünzertifikate, wenn diese auch als Inputmaterial für die stoffliche Nutzung dienen könnten. Organische Siedlungsabfälle mit Holzanteilen sind hingegen für Grünzertifikate qualifiziert, sofern die Verwertungsanlage 35% der Energie thermisch auskoppelt (RES-Legal B 2019).

12.1.3.1 Altholzmarkt Belgien

Die Erzeugung von gefährlichem und ungefährlichem Altholz entwickelt sich in Belgien seit 2010 stetig progressiv und liegt 2016 laut Eurostat bei 3,7 Mio. Tonnen.

Für die Region Flandern konnten Zahlen von 2006 recherchiert werden. Damals betrug das heimische Altholzaufkommen noch ca. 1,28 Mio. t/a hiervon ca. 0,25 Mio. t/a aus dem Haushaltsbereich (Gebrauchtholz). Von diesen Althölzern wurden ca. 0,18 Mio. t/a einer energetischen und 0,6 Mio. t/a einer stofflichen Verwertung zugeführt. 0,5 Mio. t/a wurden aufbereitet, dies kann u.a. auf den Einsatz in Pulp-, Paper-, Packaging- (PPP-) Industrie oder zur Herstellung von Pellets gerichtet sein (NL Agency 2013).

Für die Holzwerkstoffindustrie liegen Zahlen von 2008 vor, welche ca. 52% Altholz in der Spanplatte einsetzen. Dieser Anteil ist in der Vergangenheit kontinuierlich gestiegen, während die Produktionskapazitäten der Holzwerkstoffindustrie stabil blieben.

Aktuell importiert Belgien Althölzer, hiervon wurden auch gefährliche Althölzer (2008: ca. 0,006 Mio. t/a nach NL Agency 2013) zwecks energetischer Verwertung in entsprechend genehmigten Anlagen importiert (Deloitte 2015). Es werden auch Althölzer (2008: ca. 0,15 Mio. t/a nach NL Agency 2013) zu stofflichen Verwertung importiert.

12.1.3.2 Bewertung

Die Verwertung von Altholz ist in Belgien relativ stark ausgeprägt. Auch der Anteil des Altholzes in der Spanplattenproduktion ist mit 70% fast auf dem Niveau wie in Italien

und liegt deutlich als in den anderen betrachteten Ländern. Eine energetische Verwertung findet hingegen kaum statt. Letztendlich fehlen auch in Belgien die Verwertungs-kapazitäten für Altholz.

12.1.4 Niederlande

12.1.4.1 Fachrecht

Der nationale Abfallplan der Niederlande (LAP) beschreibt die Abfallbehandlungsoptionen. Kapitel 36 des LAP beschreibt den Altholzsektor. Hierin wird Altholz in drei Altholzkategorien unterschieden:

- A-Holz: naturbelassenes und unbehandeltes Holz (Vollholz)
- B-Holz: Holzwerkstoffindustrie-Hölzer, lackierte Hölzer, beschichtete Hölzer und sonstige Hölzer außer A- und C-Holz
- C-Holz: gefährliche Abfälle, behandelte Hölzer, Hölzer aus dem Außenbereich

Industrierestholz aus Frischhölzern wie Sägereste, -Mehl oder Rinde gelten nicht als Abfälle und sind nicht als Althölzer erfasst.

Der LAP definiert keinen Vorrang bei A- und B-Hölzern bzgl. einer stofflichen oder energetischen Verwertung (Anlagen anerkannt nach als R1-Verfahren und Zulassung zur Verbrennung der Abfälle). C-Hölzer sind einer energetischen Verwertung oder Beseitigung zuzuführen (NL Agency 2013). Für Industrieresthölzer aus Frischholz wird die stoffliche Nutzung als Mulch, in der Holzwerkstoffindustrie sowie als Holzpellets angestrebt.

12.1.4.2 Förderrecht

Das SDE+ (für „Stimulering Duurzame Energieproductie“; Renewable Energy Production Subsidy Scheme) ist der Nachfolger des ersten SDE-Programmes und ist seit dem 1. Juli 2011 in Kraft. Das SDE+ besitzt die folgenden, wesentlichen Charakteristika (Hauser et al 2014):

- Es wird ein fixes Jahresbudget für alle erneuerbare Energieformen der Bereiche Stromproduktion, Wärmebereitstellung bzw. Kraft-Wärme-Kopplung und Biomethan festgelegt. Die jährliche Summe stellt stets die umfassende Budgetobergrenze für alle erneuerbaren Energieerzeuger dar.
- Die Ausschreibungen verlaufen sequentiell in mehreren Runden, sogenannten „Phasen“, in denen jeweils alle Bieter, die eine gewisse Preisgrenze unterschreiten, gegeneinander antreten. In der Regel finden pro Jahr zwei Ausschreibungsrunden (Frühjahr und Herbst) mit mehreren Gebotsterminen statt; dabei werden die Regeln jeweils vor Beginn der den Ausschreibungsrunden angepasst und veröffentlicht.
- Es kommt ein striktes ‚first-come-first-serve-Prinzip‘ zur Anwendung.
- Der ausgezahlte Betrag in Eurocent/kWh setzt sich aus einem ‚Basisbetrag‘ und einem vorläufigen ‚Korrekturbetrag‘ zusammen, was im Prinzip einer ex-post bestimmten, gleitenden Marktprämie entspricht
- Es besteht eine Staffelung der Auszahlungsdauer nach Technologien und nach

Vollbenutzungsstunden.

Im Frühjahr 2019 gab es drei Gebotstermine im Monat März, bei denen die ‚Basisbeträge‘ zwischen 3 – 6,5 Eurocent/ kWh und die vorläufigen ‚Korrekturbeträge‘ zwischen 1,4 – 1,9 Eurocent/ kWh lagen. Die niedrigsten Beträge in dieser Auktionsrunde gelten jeweils für das sogenannte B-Holz, d. h. behandelte, ungefährliche Hölzer, wo für gegenüber 2018 eine eigene Vergütungsklasse geschaffen wurde (NL Agency 2018), wohingegen A-Hölzer in die höheren Vergütungsstufen fallen (vergleiche Abschnitt 12.1.3.2). Die auktionierte Marktprämie wird über einen Zeitraum von 12 Jahren gezahlt. Die Anlagen müssen binnen vier Jahren nach der Auktion in Betrieb genommen werden (ROD 2019). Eine Verlängerung der Laufzeit bestehender Anlagen wird aktuell nicht mehr mittels Auktionen angereizt, was möglicherweise dazu führen soll, mehr neue Erneuerbare Energien Anlagen im Bioenergiebereich aufzubauen statt die Mitverbrennung von biogenen Abfällen zu vergüten.

12.1.4.3 Altholzmarkt Niederlande

Seit 2010 verharrt die Erzeugung von ungefährlichem Altholz in den Niederlanden – gemäß Eurostat – auf nahezu gleichem Niveau von 2,5 Mio. Tonnen. Die Erzeugung von gefährlichem Altholz stieg nach langjähriger Konstanz erst 2016 von +/- 60.000 Tonnen auf 95.000 Tonnen an.

Einer Studie von NL Agency mit dem Titel „Competition in wood waste: inventory of policies and markets“ (April 2013) zur Folge betrug das darin ermittelte und verfügbare Altholzaufkommen 2011 lediglich ca. 2 Mio. t/a, davon ca. 1,5 Mio. t/a Gebrauchtholz der Kategorien A bis C und ca. 0,5 Mio. t/a Industrieresthölzer. Weitere Mengen von ca. 0,4 Mio. t/a wurden 2011 importiert. Dies ist eine Verringerung um 60% von 1,2 Mio. t/a in 2007. Diese Althölzer wurden vorrangig in der Industrie eingesetzt (48% in PPP, 38% energetisch und 16% stofflich in der Holzwerkstoffindustrie). Die Exporte sanken ebenfalls, wenn auch weniger stark von 1,5 auf 1,2 Mio. t/a. Hauptabnehmer ist Deutschland (NL Agency 2013).

Hinsichtlich der stofflichen Nutzung von Althölzern in der Holzwerkstoffindustrie, erfolgt diese zu 100% außerhalb der Niederlande, während die energetische Nutzung sowohl im In- als auch im Ausland erfolgt. Aktuell hat sich der Anteil der heimischen energetischen Nutzung, insbesondere in Form von Holzpellets³⁹ (Steigende Importe auf Grund steigender Nachfrage: 2005: 0,6 Mio. t/a, 2010: 1 Mio. t/a) stark erhöht, welches mit den gesunkenen Exporten (zwecks Herstellung heimischer Energieträger) korrespondiert.

12.1.4.4 Bewertung

Auch in den Niederlanden können die erfassten Altholzmengen nicht in vollem Umfang verwertet werden. Eine stoffliche Verwertung findet nicht statt. Allerdings wird Holz/Alt-

³⁹Hierbei ist zu beachten, dass Pellets aus naturbelassenen Althölzern das Ende der Abfalleigenschaft erreicht haben und entsprechende Importe/Exporte nicht in der Abfallstatistik erfasst werden.

holz in einigen größeren Biomassekraftwerken, oft auch in Kombination des Brennstoffes, verwertet. Trotzdem sind auch die Niederlande auf einen Export von Altholz angewiesen.

12.1.5 Luxemburg

12.1.5.1 Fachrecht

Luxemburg hat mit Bezug auf Abfall entsprechende europäische Richtlinien (insbesondere RL 2008/98/EC) implementiert. Spezifische rechtliche Anforderungen oder Initiativen mit Bezug auf die Sammlung und Verwertung von Altholz zu stofflichen Verwertung sind nicht vorhanden. Entsprechend werden Holzabfälle vorrangig stofflich sowie energetisch unter anderem in der Holzwerkstoffindustrie (Kronospan Sanem) und im Energiesektor (Luxenergie, Kilowatt) eingesetzt.

12.1.5.2 Förderrecht

Für Biomasseanlagen, die entweder nur Altholz oder eine Mischung aus Altholz und weiteren Festbiomassen zur Stromerzeugung nutzen, erhalten in Luxemburg je nach Inbetriebnahmejahr eine Festvergütung bzw. seit 2016 eine gleitende Marktprämie, sofern ihre elektrische Nennleistung 500 kW übersteigt (ILR 2019). Diese lag im Jahr 2014 bei 138€/ MWh für Anlagen zwischen 1-10 MW und bei 118€/ MWh für Anlagen über 10 MW elektrische Nennleistung (vgl. Art. 23 in AGL 2014: 2387). Die nominale Vergütungshöhe wurde jährlich um ein Viertelprozent gesenkt. Eine Gesetzesänderung im April 2019 hat die Vergütung für den Energieträger Altholz und Mischungen von Altholz mit festen Biomassen in Anlagen über 10 MW elektrische Nennleistung wiederum gesenkt: Diese erhalten nun 90€/ MWh bei einer Inbetriebnahme im Jahr 2019; in jedem Folgejahr wird die nominale Vergütung wiederum um ein Viertelprozent gesenkt. Zusätzlich können diese Anlagen eine Wärmeprämie erhalten, die je nach Jahr der Inbetriebnahme und Anteil der verkauften Wärme an der gesamten Wärmeproduktion variieren kann. Diese liegt entweder bei 15 oder bei 30€/ MWh_{th} (vgl. Art. 25 in AGL 2014: 2388).

12.1.5.3 Altholzmarkt Luxemburg

Nach einer Veröffentlichung des Umweltministerium in Luxemburg (MDDI 2010), „wurden 2008 insgesamt 11.767 t Holzabfälle über öffentliche Erfassungssysteme separat eingesammelt. Diese Menge übersteigt bei weitem die Menge, die laut den Ergebnissen der jüngsten Restabfallanalyse noch im Hausabfall und hausabfallähnlichem Abfall enthalten ist. Im Sperrmüll aus den Gemeinden wird der Anteil der Holzabfälle auf ca. 44 % geschätzt. Hinzu kommen hier noch Polstermöbel (20 Gew.-%), die meistens zu einem großen Teil aus Holz bestehen. Da etliche Gemeinden die sperrigen Abfälle nachsortieren lassen und das enthaltene Holz heraussortiert und anschließend thermisch verwertet wird, liegen die separat behandelten Abfallholzmengen aus allen öffentlichen Sammlungen höher als die Mengen aus der getrennten Holzsammlung. Un-

ter Einbeziehung des von den Gewerbebetrieben und der Holzindustrie erfassten Altholzes ergibt sich für Luxemburg eine Gesamtmenge an Altholz von über 100.000 Tonnen jährlich.“ Diese Zahlen korrespondieren nicht umfänglich mit den Daten von Eurostat, die in Abbildung 31 dargestellt werden.

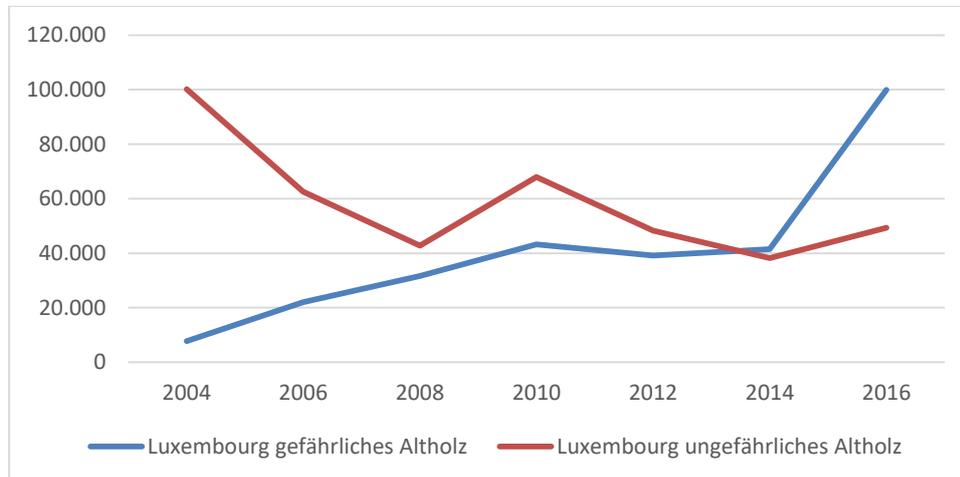


Abbildung 31: gefährliches und ungefährliches Altholz (gem. Eurostat) für Luxemburg (Eigene Darstellung)

Danach sank der Anteil ungefährlichen Altholzes in Luxemburg von einem hohen Niveau im Jahr 2004 von 100.000 t/ Jahr (entspricht 175 Kilogramm/ Einwohner) auf etwa 40.000 t/ Jahr im Jahr 2008 und 2014. Zusammen mit dem gefährlichen Altholz – das statistisch betrachtet weit über den prozentualen Mengen aller Vergleichsländer liegt – entspricht der Altholzanteil je Einwohner in Luxemburg demnach im Jahr 2016 260 Kilogramm je Einwohner (mit 2/3 Anteil gefährlichem Altholz). Diese Werte lassen sich projektimmanent nicht erklären. Daher werden die im ersten Abschnitt genannten Zahlen des Umweltministeriums des Großherzogtums als belastbarer eingestuft.

In Luxemburg entstand in den Jahren 2018/ 2019 ein großes Industriewerk der Holzwerkstoffindustrie, welches absehbar in den nächsten Jahren große Mengen Holz, aber auch Altholz für die Produktion von Spanplatten und OSB Platten aber auch zur energetischen Verwertung aufnehmen wird. Kronospan Luxemburg beispielsweise setzt zwischen 15 und 30% Altholz (Recyclingholz) in Holzwerkstoffen ein. Die Einsatzmenge variiert hierbei preisbedingt (Journal 2018).

12.1.5.4 Bewertung

Der Bedarf von Altholz in Luxemburg liegt deutlich über den im Land selbst erfassten Altholz mengen. Luxemburg ist auf erhebliche Altholzimporte aus den Nachbarländern angewiesen. Die Verwertung findet mit steigender Tendenz in Spanplattenwerken sowohl energetisch als auch stofflich statt.

12.1.6 Tschechische Republik

12.1.6.1 Fachrecht

Die Tschechische Republik unterliegt als Mitgliedsstaat der Europäischen Union deren abfallrechtlichen Bestimmungen und Regelungen. Entsprechend sind die Regelungen

in nationale Gesetze zu implementieren. Hierzu wurden die folgende nationalen Rechtsgrundlagen und Strategien ausgearbeitet:

- Nationaler Abfallmanagementplan 2015 bis 2024 (MoE 2014) mit Zielen und Maßnahmen im Bereich der Kreislaufwirtschaft basierend auf der 5-stufigen Europäischen Abfallhierarchie: Vermeidung, Wiederbenutzung (Vorbereitung zur Wiederbenutzung), stoffliches Recycling, weiteres (energetisches) Recycling, Beseitigung.
- Die Rohstoffstrategie der Tschechischen Republik 2012 bis 2032 (MoIT 2014a) definiert Maßnahmen zur Besicherung wichtiger strategischer Rohstoffe für die Tschechische Republik.
- Die Anhänge zur Rohstoffstrategie der Tschechischen Republik (MoIT 2014b) fokussieren auf Maßnahmen zur verstärkten Verwertung von Sekundärrohstoffen und Rückgewinnung wichtiger, vorrangig natürlicher (Primär-)Rohstoffe aus Abfällen. Der Fokus liegt hierbei auf Abfällen aus Produktion und Gebrauch. Bei der Produktion geht es vorrangig um Verminderung des stofflichen und energetischen Primärrohstoffeinsatzes.
- Der Biomasseaktionsplan der Tschechischen Republik 2012 bis 2020 (MoA 2012) definiert Maßnahmen zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse unter Berücksichtigung der Belange des Landwirtschafts- und Energiesektors.
- Die Nationale Energie- und Umweltstrategie der Tschechischen Republik 2012 bis 2040 (MoIT 2018) definiert Ziele im Bereich der nationalen Energieversorgung unter Berücksichtigung der Interessen von Wirtschaft-, Umwelt- und Sozialpolitik sowie der regionalen Bedürfnisse durch Entwicklung regionaler Energiekonzepte.
- Regionalentwicklungsstrategie der Tschechischen Republik 2014 - 2020 (MoI 2016)

12.1.6.2 Förderrecht

In der Tschechischen Republik bestand bis Januar 2014 für Erzeuger von Strom aus erneuerbaren Energien die Wahlmöglichkeit zwischen einem festen Einspeisetarif und einer Marktprämie (Res-Legal CZ 2019a). Seit Januar 2014 wurde an dessen Stelle das Programm "Entrepreneurship and Innovation for Competitiveness" (OP PIK) eingeführt, welches – neben anderen Fördermaßnahmen auch den Bau von Anlagen zur Erzeugung von Strom oder Wärme aus erneuerbaren Energien finanziert. Dazu gehören auch Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Biomasse, bevorzugt als KWK-Strom. Im Rahmen dieses Programms können Unternehmen Investitionsförderungen auf einen individuellen Antrag hin für den Bau von EE-Anlagen erhalten. Diese sind – je nach Unternehmensgröße, bemessen an der Zahl der Angestellten – gestaffelt: bis zu 49 Angestellten werden 80 %, zwischen 50 und 249 Angestellten 70 % und über 250 % werden 60 % der förderfähigen Ausgaben vom OP PIK übernommen (Res-Legal CZ 2019b).

12.1.6.3 Altholzmarkt Tschechische Republik

Aus Abbildung 6 ist der Verlauf der Mobilisierung von Altholz in der Tschechischen Republik erkennbar. 2004 beziffert Eurostat das Aufkommen von Altholz in Tschechien auf über 900.000 t (entspricht 85 Kilogramm/ Einwohner). Dieses Aufkommen reduzierte sich bis 2006 auf 250.000 t Altholz (entspricht 23 Kilogramm/ Einwohner) und 2014 sogar auf nur 200.000 t Altholz (entspricht 18 Kilogramm/ Einwohner). Davon abweichend wurden nach einer UNECE Veröffentlichung 2014 in der Tschechischen Republik ca. 300.000 t/a Holzabfälle in der Statistik erfasst, von denen 280.000 t/a stofflich und 20.000 t/a energetisch verwertet wurden (UNECE 2016). Insgesamt wurden 2014 ca. 2,2 Mio. t/a Holzabfälle (Industrierestholz und Gebrauchtholz) für die energetische Verwertung genutzt. Zu beachten ist hier der abfallrechtliche Ausschluss von Nebenprodukten (z.B. Sägenebenrest) aus der Abfallstatistik.

Gemäß des nationalen Abfallmanagementplans ist für die Periode 2015 bis 2024 (MoE 2014) bzgl. biogener Siedlungsabfällen, zu denen auch Holz zugerechnet wird, eine Verringerungen der thermischen Verwertung von 200.000 t/a in 2015 auf 20.000 t/a in 2024 angestrebt. Gleichzeitig soll die stoffliche Verwertung von 920.000 t/a in 2015 auf 1,24 Mio. t/a in 2024 steigen und parallel hierzu die deponierte Menge um 70% im Vergleich zu 2015 auf 230.000 t/a in 2024 sinken.

Die Tschechische Republik besitzt keine auf Altholz spezialisierten Kraftwerke. 2013 wurden ca. 2,1 Mio. t Abfallhölzer (2014: 2,2 Mio. t/a siehe oben) energetisch genutzt, hiervon 0,9 Mio. t zur Strom- und 1,3 Mio. t zur Wärmeerzeugung. Hierbei handelt es sich vorrangig um Mitverbrennungsanlagen sowie Anlagen der Holzbe- und -verarbeitenden Industrie. Insgesamt wurde ein Zuwachs im Bioenergiesektor von 300 GWh im Jahr 2000 auf ca. 2.000 GWh im Jahr 2013 verzeichnet (Knappek 2017). Seit 2016 sind nur noch staatliche Förderungen für hocheffiziente Feuerungssystem mit einem Energienutzungsgrad von mindestens 70% zulässig.

12.1.6.4 Bewertung

Die Verwertung von Altholz findet in Tschechien überwiegend im Bereich der stofflichen Industrie statt. Auf Grund nicht konsequenter Erfassung der Altholzströme im Inland, muss Altholz, insbesondere aus Deutschland für die tschechische Spanplattenproduktion importiert werden. Die energetische Verwertung findet wenn überhaupt durch Mitverbrennung statt. Auffallend ist, dass auch unklare Zahlenangaben/ Abgrenzungen zu den Erfassungsmengen von Altholz vorliegen. Dies könnten auch Hinweise auf eine weiterhin ungeordnete Entsorgung von Altholz sein. Dies ist besonders im Hinblick darauf, dass Tschechien in nennenswertem Umfang Altholz importieren muss, kritisch zu hinterfragen.

12.1.7 Österreich

12.1.7.1 Fachrecht

Österreich hat analog zu Deutschland eine Verordnung zur Verwertung von Althölzern - die Recyclingholzverordnung (RecyclingholzV) - in der 2018 gültigen Fassung. Diese Verordnung zielt vorrangig auf die Nutzung von Althölzern in der Holzwerkstoffindustrie ab und besichert rechtliche Standards für den Einsatz von Althölzern. Diese Standards sind in den Anhängen definiert und beziehen sich hauptsächlich auf Holzarten und Herkunftsbereiche sowie die einzuhaltenden Grenzwerte für den stofflichen Einsatz in der Holzwerkstoffindustrie.

Das österreichische Gesetz unterteilt nicht in AltholzKategorien. Der Anhang 1 der RecyclingholzVO benennt Herkunftsbereiche und Eigenschaften, codiert diese aber nicht mit den Abfallschlüsseln der österreichischen Abfallverzeichnisverordnung (AVVO).

12.1.7.2 Förderrecht

In Österreich bestehen zum heutigen Zeitpunkt (April 2019) festgelegte Einspeisetarife gemäß dem österreichischen Ökostromgesetz (ÖSG) für Anlagen, die aus festen Biomassen Strom erzeugen. Diese gehören zum Typ der „rohstoffabhängigen Anlagen, die in § 7 des ÖSG definiert werden. Dazu gehören Anlagen mit ausschließlicher Nutzung von Biomasse, Mischfeuerungsanlagen und sogenannte Hybridanlagen. Biomasse selbst wird in § 5 Abs. 1 Zeile 7 des ÖSG definiert und in dessen Anlage 1 wiederum näher präzisiert. Zu den vergütungsfähigen Stoffen zählen danach auch „Abfälle mit hohem biogenen Anteil“, zu denen auch einige Holzabfälle gezählt werden. Die „rohstoffabhängigen Anlagen“ können eine Vergütung über einen Zeitraum von 15° Jahren erhalten. Das ÖSG legt nicht explizit die Höhe der Vergütungen fest; stattdessen enthält es in § 19 eine Verordnungsermächtigung, mittels derer die fachlich relevanten Bundesministerien die Höhe der Vergütungssätze festlegen können. Diese Tarife sind grundsätzlich pro Kalenderjahr gesondert zu bestimmen, können aber auch über einen Zeitraum von mehreren Kalenderjahren festgelegt werden, wobei gegebenenfalls je nach Kostenentwicklung ein Abschlag vorzusehen ist. Das ÖSG gestattet hierbei explizit auch unterjährige Anpassungen der Tarife (vergleiche § 19, Abs.2 ÖSG).

Die Vergütung für feste Biomassen wird vom österreichischen Biomasseverband mit 13,3 €/ct/ kWh angegeben (ÖBV 2017). Als kritisch wird im ÖSG die Tatsache angesehen, dass die Vergütung nicht die technische Lebensdauer der Anlagen abdeckt und somit – mangels einer Novellierung des ÖSG – eine massive Außerbetriebnahme bestehender Erzeugungskapazitäten erfolgen könnte (Resch 2017: 1).

12.1.7.3 Altholzmarkt Österreich

Die Eurostat Statistik (Abbildung 6) weist für Österreich Werte für die Erzeugung von gefährlichem und ungefährlichem Altholz mit einem deutlichen Bruch auf. Von 2004 bis 2008 steigen die Mengen doppeljährlich deutlich an und liegen auf einem absoluten Niveau über 6 Mio. Tonnen, was unrealistischen 690 Kilogramm/ Einwohner entspricht. Ab 2010 bis 2014 liegt die Erzeugungsmenge bei rund 1 Mio. Tonnen (entspricht 115 Kilogramm/ Einwohner) und liegt damit in vergleichbaren Größenordnungen der Vergleichsländer. 2016 liegt die Erzeugung von Altholz in Österreich bei 1,7 Mio. t. und entspricht damit einer hohen Menge von 195 Kilogramm pro Einwohner.

Die landeseigenen Analysen weisen diesen Bruch nicht auf. So fielen in Österreich gemäß einer Studie des Ministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus ca. 4,6 Mio. t/a (BMNT 2017) (entspricht 530 Kilogramm/ Einwohner) in 2015 und 5 Mio. t/a (entspricht 575 Kilogramm/ Einwohner) Altholz in 2009 (BMNT 2011) an, von denen ca. 1% als gefährlicher Abfall eingestuft wird. Von diesen 1% (ca. 50.000 t/a) wurden 84% 2009 (BMNT 2011) exportiert.

Darüber hinaus importiert Österreich Frisch- und Resthölzer (2012 ca. 4,5 Mio. t/a Frischhölzer zur stofflichen Nutzung in der Holzbe- und -verarbeitenden Industrie sowie ca. 2 Mio. t/a Energiehölzer und naturbelassenes Altholz in loser und gebundener Form (Pellets, HHS, etc.) nach AEA/EEG 2015). Entsprechend trägt die Recyclingholzverordnung zu einem erhöhten Einsatz heimischer Althölzer, was ihrem ursprünglichen Zweck entspricht und sich in den sinkenden Exporten, insbesondere naturbelassener Industrieresthölzer widerspiegelt (2007 ca. 2,4 Mio. t/a und 2012 ca. 1,2 Mio. t/a). Das österreichische Umweltbundesamt hat weitere Zahlen für das Bezugsjahr 2014 in UBA-Ö 2014 zusammengetragen. Nach UBA-Ö 2014 besteht bei Sägenebenprodukten ein unmittelbares Konkurrenzverhältnis zwischen stofflicher und energetischer Verwendung. Unabhängig davon wird Industrierundholz zunehmend direkt energetisch verwendet und Sägespäne werden zur Produktion von Pellets eingesetzt. Bedarfslücken mussten durch Importe gedeckt werden. Während die Importe von Sägerundholz um 36% abnahmen (ausgehend von 7 Mio. FM in 2004), erhöhten sich die Importe von Sägenebenprodukten (keine Abfälle da Nebenprodukte nach §4 KrWG) um 150% (ausgehend von 1 Mio. FM in 2004). Diese Nebenprodukte fließen vorrangig in die österreichische Zellstoff- und Papierindustrie, so dass seit dem Jahr 2005 ein insgesamt steigender Trend zu verzeichnen ist. Die österreichische Zellstoff- und Papierindustrie importierte 2013 mit 1,09 Mio. Festmeter mehr als 250% wie 2000, die Importquote lag im Jahr 2013 bei 40,6 % (z.B. Austropapier).

12.1.7.4 Bewertung

Traditionell spielt die Holzwirtschaft in Österreich eine zentrale Rolle. Altholz wird in Österreich zunehmend stofflich verwertet. Auf Grund der aktuellen Gesetzeslage muss sogar im Falle einer energetischen Verwertung nachgewiesen werden, warum eine stoffliche Verwertung nicht möglich war. Österreich setzt ähnlich wie in Tschechien auch minderwertige Altholzqualitäten in der Spanplattenproduktion ein. Umgekehrt

werden in Österreich überwiegend Frischhölzer energetisch verwertet. Dieser Umstand ist auch aus ökologischen Gesichtspunkten kritisch zu würdigen. Auch kritisch zu hinterfragen sind die abfallwirtschaftlich dargestellten Altholzmengen. Hier sind die veröffentlichten Zahlen wie dargestellt nicht nachvollziehbar.

12.1.8 Schweden

12.1.8.1 Fachrecht

Schweden setzt aktuell kein Altholz in der Holzwerkstoffindustrie ein. Hinsichtlich der Entsorgung von Holzabfällen gibt es keine gesonderte Regelung im Sinne der deutschen AltholzV.

12.1.8.2 Förderrecht

Schweden hat sich ehrgeizige Ziele bei der Erreichung einer Null-Emissions- Energieversorgung auf Basis von 100% EE bis 2040 gesetzt (UNECE 2017). Wie in Abbildung 32 ersichtlich, steigt die energetische Abfallverwertung in Schweden an. Dies ist neben rechtlichen Rahmenbedingungen mit Bezug auf Klimaschutz und Erneuerbaren Energien auf die Existenz engmaschiger Nahwärmenetze zurückzuführen, deren Implementierung in Schweden verpflichtend ist. 100% der Kraftwerke unterhalten eine Wärmenutzung.

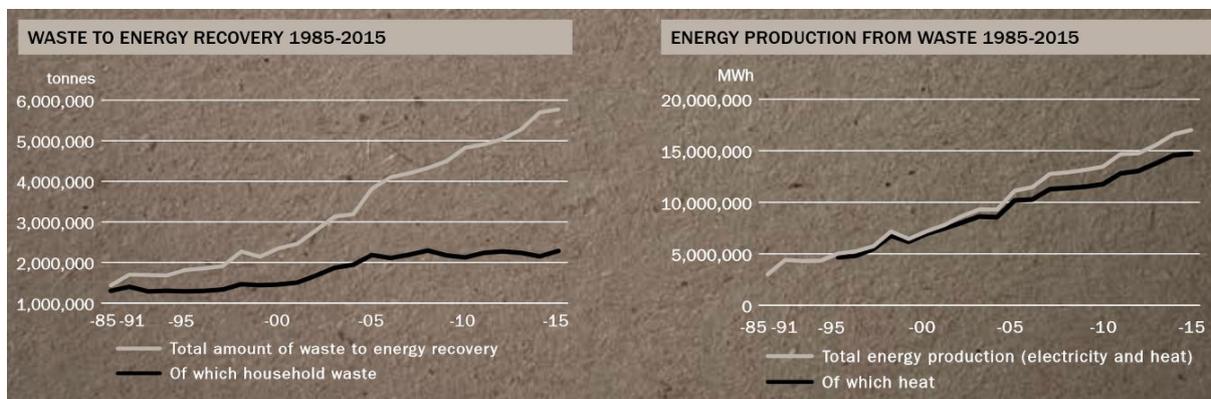


Abbildung 32: energetische Abfallverwertung in Schweden (Sayegh 2017)

Des Weiteren gibt es im Bereich der Energieversorgung mit Strom ein Quotensystem (Res-Legal S 2019). Dieses System umfasst seit dem Jahr 2012 Schweden und Norwegen und erlaubt es, Zertifikate für Strom aus erneuerbaren Energien zu erwerben oder zu veräußern. Dabei erhält jeder Erzeuger von erneuerbarem Strom ein Zertifikat pro MWh erzeugten Stroms. Diese kann an die Stromversorger bzw. die Industriekunden, die eine Quotenverpflichtung erfüllen müssen, weiterverkauft werden. Diese müssen einen - gegenwärtig bis 2045 - im Voraus festgelegten Anteil an erneuerbarem Strom pro MWh verkauften Stroms erwerben. Da die Zertifikate binnen Jahresfrist verfallen, müssen die Elektrizitätslieferanten jedes Jahr neue Zertifikate kaufen, so dass

die Nachfrage aufrechterhalten bleibt und erneuerbare Stromerzeuger zumindest theoretisch auf dies Nachfrage bauen können. Die Zertifikate werden unabhängig von der Technologie zu gleichen Preisen gehandelt, weswegen prinzipiell Erneuerbare Energien Technologien mit niedrigen Gestehungskosten im Vorteil sind (SEA 2017).

In Schweden führten allerdings noch weitere Voraussetzungen dazu, dass Bioenergie und die Abfallverbrennung eine herausragende Stellung als Energieträger (Euroserver 2017) – insbesondere mittels Wärmenetzen – genießt. Abbildung 33 zeigt, dass Biomasse mit 46% im Jahr 2015 vor der Abfallverbrennung (24%) die bedeutendste Wärmequelle in schwedischen Wärmenetzen darstellte.

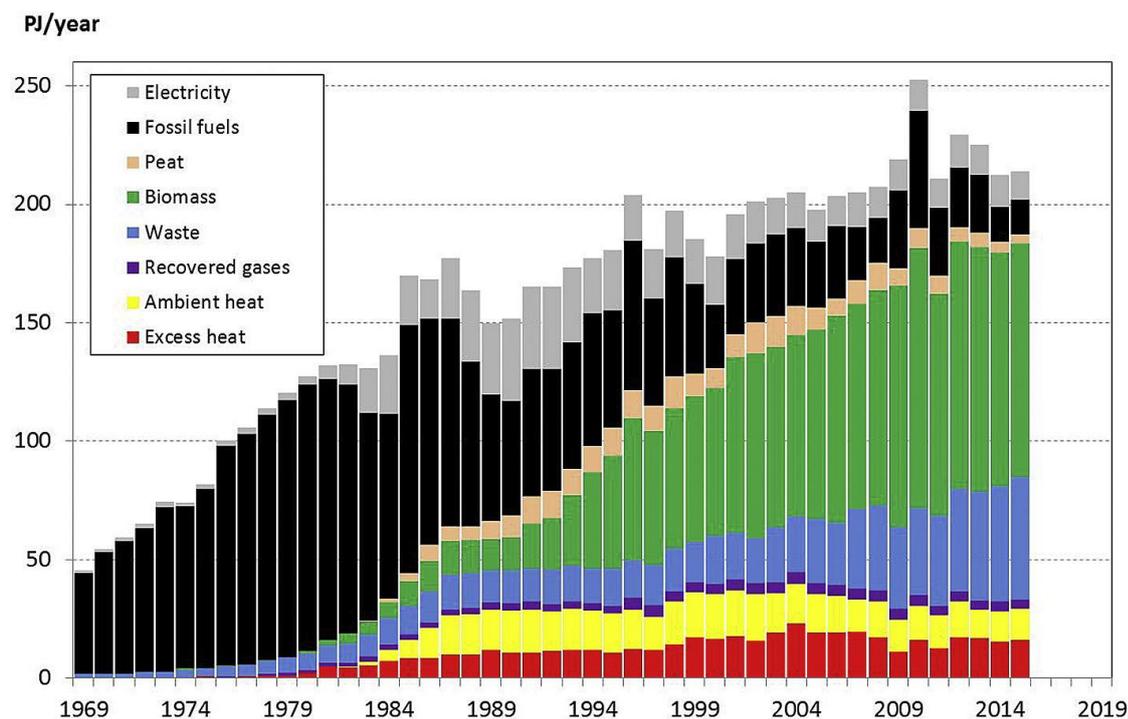


Abbildung 33: Anteil der verschiedenen Energieträger an der Bereitstellung von Wärme in schwedischen (Nah)wärmenetzen (Werner 2017: 422)

Für diese herausragende Stellung beider Energieträger macht Werner (2017) die folgenden Faktoren verantwortlich:

- Die Biomasse verdankt ihre bedeutende Stellung der starken Forstindustrie („extensive forestry industry“) aufgrund der dort anfallenden Holzabfälle aus der Bewirtschaftung.
- Die hohe Verbreitung von Wärmenetzen in Schweden (93% der Mehrfamilienhäuser, 17% der Einfamilienhäuser und 80 % der Gewerbe-Handel-Dienstleistungs Gebäude sind an Wärmenetze angeschlossen) wird insbesondere mit vier wesentlichen Motiven begründet:
 - Das Interesse von Stadtwerken in den 1950er- und 1960er-Jahren an der Möglichkeit zur eigenen Stromproduktion

- Zwischen 1965 bis 1974 wurden ungefähr eine Million neue Wohnungen und Häuser gebaut; Stadtwerke waren für Energieversorgung zuständig und besaßen gleichzeitig die Wohnungs(bau)gesellschaften.
- Die Ölkrise führte ab der 1980er-Jahre dazu, dass die Regierung das Öl als Brennstoff substituieren wollte und hierfür u.a. zwei Förderprogramme für Bioenergie-KWK schuf.
- Seit 1991 besteht in Schweden aus Klimaschutzgründen eine Kohlendioxidsteuer. Diese ist von ~ 25 € im Jahr 1991 auf ~ 110€/Tonne CO₂ angehoben worden.

Dies zeigt, dass neben den „reinen“ Vergütungsmechanismen auch andere – teils geographische – aber auch politische, historische und ökonomische Faktoren dazu führen können, dass Biomasse und/ oder Althölzer eine bedeutende Rolle im Energiesektor eines Landes spielen können. Dabei spielt auch die Verlässlichkeit und Langfristigkeit der Regelungen eine nicht unbeträchtliche Rolle, wie das Beispiel der früh eingeführten und konstant angehobenen CO₂-Steuer in Schweden zeigt.

12.1.8.3 Altholzmarkt Schweden

Auch in der schwedischen Erzeugung von Altholz ist eine Verringerung im Zeitverlauf festzustellen. Das Niveau lag 2004 bis 2008 zwischen 3,6 (entspricht 365 Kilogramm/ Einwohner) und 4,6 Mio. (entspricht 467 Kilogramm/ Einwohner) Tonnen und sank in den nachfolgenden Jahren – gemäß Eurostat Statistik auf etwa 1,7 Mio. Tonnen (entspricht 172 Kilogramm/ Einwohner) mit einem Tiefstwert im Jahr 2012 von etwas über 1 Mio. Tonnen (entspricht 100 Kilogramm/ Einwohner) an. Der Anteil von gefährlichem Altholz steigt über die Jahre deutlich an.

Der Altholzmarkt in Schweden wird als saisonal schwankend beschrieben (Letsrecycle 2016) Abfälle aus Bau und Konstruktion fallen voranging im Sommer an, während der Bedarf an Wärme vorrangig in den Wintermonaten dominiert. Dies beeinflusst die Annahmegebühren der Recyclingunternehmen die tendenziell höhere Gebühren im Sommer verlangen. Für die Zukunft erwartet BAV (2017b) eine Zunahme des Altholzverbrauchs in Schweden, von 1,7 Mio. t/a in 2017 auf ca. 2 Mio. t/a in 2020. Der Bedarf soll zu ca. 50% durch Importe abgedeckt werden.

12.1.8.4 Bewertung

Die energetische Verwertung von Holz, so auch von Altholz, ist in Schweden sehr stark ausgeprägt. Allerdings wird dieses Holz primär für Wärmeherzeugung in Wärmnetzen genutzt. Auf Grund des hohen Bedarfes ist Schweden deshalb auch auf Altholzimporte, insbesondere aus UK, angewiesen. Eine stoffliche Verwertung von Altholz findet in Schweden nicht statt.

12.2 Korrelationsanalysen Altholzmarkt

In einem weiteren Arbeitsschritt wurden die Datenreihen der Altholz mengen auf eine Korrelation zu potenziell marktbeeinflussenden Faktoren (BIP, Holzpreis, Holzeinschlag, etc.) untersucht. Hintergrund dieses Analyseschrittes ist der im Projektverlauf zu erstellende Trend zur zukünftigen Entwicklung des Altholzmarktes.

Tabelle 20: Korrelationsanalyse für die Jahre 2006 bis 2016

2006 bis 2016 Im- und Export)	(ohne	Menge 03er Ab- fall- schlüssel (in t)	Menge 15er Ab- fall- schlüssel (in t)	Menge 17er Ab- fall- schlüssel (in t)	Menge 20er Ab- fall- schlüssel (in t)
BIP (in Mrd. Euro)		0,530	0,967	0,820	0,476
Einwohner in BRD (in 10.000 Pers.)		0,399	0,446	0,263	0,437
Holzeinschlag Insgesamt (in 1.000 m ³)		0,059	-0,333	-0,328	-0,054
Holzeinschlag NH (in 1.000 m ³)		-0,018	-0,443	-0,427	-0,063
Holzeinschlag LH (in 1.000 m ³)		0,521	0,749	0,672	0,062
Preis für unbeh. Altholz, absolut sauber; Hackschnitzel (0-150 mm) (in Euro/t)		-0,218	0,334	0,533	-0,101
Preis für behandeltes Altholz; Hack- schnitzel (0-150 mm) (in Euro/t)		-0,134	-0,069	0,175	-0,186
Preis für kontaminiertes Altholz; Hackschnitzel (0-150 mm) (in Euro/t)		-0,296	0,133	0,356	-0,125

2006 bis 2016 (ohne Im- und Export)	Menge 03er Abfall- schlüssel (in t)	Menge 15er Abfall- schlüssel (in t)	Menge 17er Abfall- schlüssel (in t)	Menge 20er Abfall- schlüssel (in t)
BIP (in Mrd. Euro)	0,530	0,967	0,820	0,476
Einwohner in BRD (in 10.000 Pers.)	0,399	0,446	0,263	0,437
Holzeinschlag Insgesamt (in 1.000 m ³)	0,059	-0,333	-0,328	-0,054
Holzeinschlag NH (in 1.000 m ³)	-0,018	-0,443	-0,427	-0,063
Holzeinschlag LH (in 1.000 m ³)	0,521	0,749	0,672	0,062
Preis für unbeh. Altholz, absolut sauber; Hackschnitzel (0-150 mm) (in Euro/t)	-0,218	0,334	0,533	-0,101
Preis für behandeltes Altholz; Hackschnitzel (0-150 mm) (in Euro/t)	-0,134	-0,069	0,175	-0,186
Preis für kontaminiertes Altholz; Hackschnitzel (0-150 mm) (in Euro/t)	-0,296	0,133	0,356	-0,125

Ein starker Zusammenhang (grüne Markierung in Tabelle 20) konnte festgestellt werden

- zwischen den 15er (Verpackungsalthölzer) und den 17er Schlüsselnummern (Bau- und Abrissalthölzer) zu dem BIP in Deutschland, sowie
- zwischen den 15er Schlüsselnummern und dem Holzeinschlag im Laubholz (LH).

Ein positiver mittlerer Zusammenhang (gelbe Markierung in Tabelle 20) konnte festgestellt werden

- zwischen den 03er (Altholz aus der Holzbe- und –verarbeitenden Industrie) und den 20er (Altholz aus den Siedlungsabfällen) Schlüsselnummern sowie dem BIP in Deutschland,
- zwischen den 15er (Verpackungsalthölzer) sowie den 20er (Altholz aus den Siedlungsabfällen) Schlüsselnummern und den Einwohnern in Deutschland,
- zwischen den 03er und 17er Schlüsselnummern und dem Holzeinschlag im Laubholz sowie
- zwischen den 17er Althölzern und dem Preis für unbehandeltes Altholz

Ein mittlerer negativer und damit gegenläufiger Zusammenhang besteht zwischen den 15er und 17er Schlüsselnummern sowie dem Nadelholzeinschlag in Deutschland.

Tabelle 21: Korrelationsanalyse Im- und Export für die Jahre 2007 bis 2016

2007-2016	Import notifiziert (in t)	Export notifiziert (in t)	Alle Altholz Abfall-schlüssel (in t)
BIP (in Mrd. Euro)	-0,456	0,790	0,807
Einwohner in BRD (in 10.000 Pers.)	0,170	0,961	0,573
Holzeinschlag Insgesamt (in 1.000 m ³)	0,537	0,242	-0,063
Holzeinschlag NH (in 1.000 m ³)	0,624	0,176	-0,178
Holzeinschlag LH (in 1.000 m ³)	-0,550	0,444	0,752
Preis für unbeh. Altholz, absolut sauber; Hackschnitzel (0 - 150 mm)(in €/t)	-0,637	-0,333	0,067
Preis für behandeltes Altholz; Hackschnitzel (0 – 150 mm)(in €/t)	-0,353	-0,706	-0,349
Preis für kontaminiertes Altholz; Hackschnitzel (0 - 150 mm)(in €/t)	-0,500	-0,614	-0,221

Die Korrelationsanalyse bei den Im- und Exportzahlen (Tabelle 21) weist einen starken Zusammenhang zwischen dem BIP und den Einwohnern sowie den notifizierten Exportmengen auf. Darüber hinaus besteht eine starke Korrelation zwischen der gesamten Altholz-Abfallmenge und dem BIP sowie dem Laubholzeinschlag in Deutschland. Ein starker negativer und damit gegenläufiger Zusammenhang besteht zwischen den notifizierten Exportmengen und den Preisen für behandeltes Altholz.

Ein mittlerer Zusammenhang, z.T. negativ, kann festgestellt werden zwischen dem notifizierten Import sowie

- dem BIP in Deutschland (negativ),
- dem Holzeinschlag insgesamt,
- dem Holzeinschlag Nadelholz und dem Holzeinschlag Laubholz (negativ) und
- dem Preis für unbehandeltes Altholz (negativ) sowie dem Preis für kontaminiertes Altholz (negativ)

Ein mittlerer Zusammenhang besteht darüber hinaus zwischen dem notifizierten Export und

- dem Laubholzeinschlag sowie
- dem Preis für kontaminiertes Altholz (negativ)

12.3 Altholz- Kraftwerksliste – Genese / Verifizierung

12.3.1 Kraftwerksliste - Genese

Aus den – methodisch in Kapitel 5 beschriebenen - Informationen für jede Anlage wurde eine Prioritätenliste erstellt (siehe Tabelle 22 unten) und die Urliste aller Anlagen, die 2012 eine Zahlung erhalten haben, entsprechend der Prioritätenliste bereinigt. Erhält eine Anlage beispielsweise einen Bonus der „*Priorität 2: Altholz*“, so wird die gesamte Anlage als Altholzanlage klassifiziert und aus der Urliste gestrichen. Sind alle Anlagen einer Leistungsklasse „aussortiert“ wurde geprüft, welche Anlagen der nachfolgenden Leistungsklasse entsprechen und die Liste um diese Anlagen entsprechend bereinigt.

Tabelle 22: Prioritätenliste

Priorität	Einsatzstoff	Datenbasis	
		energymap.info	Bewegungsdaten 2012 (2011)
1	Biotreibstoffe	x	
2	Altholz	x	x
3	Holz (natur)	x	
4	Rindenbonus		x
5	Gülle / Mistbonus		x
6	Nawaro-Bonus		x
7	Bioabfall 27a		x
8	Landschaftspflegebonus, ESVK I, ESVK II		x
9	t3 Technologiebonus		x
10	Biogasanlagen	x	x
11	Restmenge anhand Bewegungsdaten 2011 analog (2-10)		x

So wurden bspw. in der „*Priorität 9: t3-Technologiebonus*“ nur noch solche Anlagen berücksichtigt, die diesen Bonus bekommen, jedoch keinen Bonus der Stufen 1-8, da diese bereits aussortiert wurden. Anhand dieser Vorgehensweise konnten bis auf 497 Anlagen alle Anlagen (mehr oder weniger) eindeutig dem Einsatzstoff zugeordnet werden. Nach diesen Reduzierungen verblieben noch 420 Anlagen in der Urliste, die nicht anhand der obigen Kriterien zugeordnet werden konnten. Ein Abgleich mit der Kraftwerksliste, die aus Daten der BNetzA gewonnen wurde, reduzierte die nicht zuzuordnenden Kraftwerke in der Liste auf 398 Anlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 551 MW. Von diesen Anlagen wurden die Anlagen größer 5 MW händisch recherchiert. Übrig bleibt eine nicht zugeordnete Restmenge von 355 Anlagen mit insgesamt 153,542 MW Leistung (<3% der Gesamtleistung der Urliste).

12.3.2 Kraftwerksliste - Verifizierung

Hinsichtlich der Verifizierung der Daten wurde die Grundgesamtheit an Holzfeuerungsanlagen im Allgemeinen und der EEG-Anlagen im Speziellen recherchiert. Bzgl. aller

Anlagen mit Holzfeuerung in Deutschland benennt Mantau et. al. 2018a 504 Großfeuerungsanlagen⁴⁰ (Heizwerke und Heizkraftwerke) über 1 MW_{FWL} und Mantau et. al. 2018b 36.572 Kleinfeuerungsanlagen mit einem Holzverbrauch von ca. 19,77 Mio. t/a. Hinzu kommen nach Mantau et al. 2016 ca. 1,182 Mio. Kleinfeuerungsanlagen im Haushaltsbereich, die 21,42 Mio. t Holz pro Jahr verfeuern. In Summe werden somit ca. 41 Mio. t Holz pro Jahr für Feuerungszwecke eingesetzt. Hiervon benennen die drei Studien von Mantau et. al. ca. 7,2 Mio. t/a Altholzeinsatz. In 204 Großfeuerungsanlagen < 1 MW_{FWL} werden hiervon 6,45 Mio. t/a Altholz eingesetzt, von denen 91% (6,23 Mio. t/a) in Anlagen ab 20 MW_{FWL} verfeuert werden (Mantau et al. 2018a). Hierzu zählen 44 Großfeuerungsanlagen, von denen 38 ausschließlich Altholz (Monofeuerung) als Brennstoff einsetzen. Mantau et al. umfasst alle Anlagen unabhängig von der Nutzung zur Erzeugung von Strom und/ oder Wärme sowie Refinanzierung durch das KWKG oder EEG. Ein vergleichender Überblick ist in Tabelle 23 gegeben.

Das DBFZ benennt im EEG Biomasse Monitoring-Bericht von 2015 (DBFZ et. al. 2015) 706 Biomassefeuerungsanlagen (hiervon 10 Anlagen teilweise außerhalb des EEG) mit einer installierte EEG-geförderten elektrischen Leistung von 1.635 MW_{el}. Mithilfe eigener Berechnungen lassen sich aus den DBFZ-Daten eine installierte FWL von ca. 7,2 GW_{FWL} und einen Brennstoffverbrauch von ca. 13,9 Mio. t/a ableiten. Hierbei muss aber der Einsatz weiterer Biomassen (wie z. B. Schwarzlauge) angenommen werden. Entsprechend wurden nur die eingesetzten Holzmengen der Anlagen mit einer Leistung von 1.511 MW_{el} angesetzt. In DBFZ et al. 2015 wurde hierbei ein Brennstoffeinsatz von nahezu 100% Holz ermittelt. Entsprechend wurden 12,8 Mio. t/a Holzeinsatz ermittelt.

Tabelle 23: Vergleichende Darstellung Mantau et al. 2018a und Ergebnisse IZES gGmbH EEG-Altholzkraftwerksliste (theoretischer Altholzeinsatz) (Eigene Darstellung)

Quelle	Feuerungswärmeleistung in MW ->	1 - 5 MW	5 - 10 MW	10 - 20 MW	20 - 50 MW	50 - 100 MW	> 100 MW	Gesamt MW
Mantau et. al. 2018a	Anzahl Anlagen mit 100% Altholzeinsatz (Monosortiment)	6	1	3	23	12	3	48
	Anzahl Anlagen mit Altholzeinsatz (Mischsortiment)	83	7	22	25	14	5	156
	Durchschn. Altholzeinsatz in 1.000 t/a pro Anlage (Alle)	0	1	7	46	108	152	32
	Gesamtverbrauch Altholz in 1.000 t/a	39	7	173	2.208	2.814	1.212	6.453
EEG-Altholzkraftwerke (IZES gGmbH)	Anzahl Anlagen mit 100% Altholzeinsatz (Monosortiment)		1	0	22	17	0	40
	Anzahl Anlagen mit Altholzeinsatz (Mischsortiment)			4	10	8	4	26
	Durchschn. Altholzeinsatz in 1000 t/a pro Anlage (Alle)			15	55	108	154	78
	Gesamtverbrauch Altholz in 1.000 t/a		6	61	1.752	2.709	614	5.142

⁴⁰ Ohne Anlagen mit Holzmitverbrennung: MVA, EBS-Kraftwerke, Zementindustrie, Kohlekraftwerke

Als weitere Vergleichsdaten konnten UBA 2018a und Angaben des BAV e.V. aus IEE 2018 herangezogen werden. Der BAV benennt aktuell 75 Kraftwerke mit einer installierten Leistung ca. 800 MW_{el} (BAV 2017a). UBA 2018a benennt hierzu ebenfalls ca. 800 MW_{el} mit einer installierten Feuerungswärmeleistung von ca. 3 GW_{FWL} und einem Holzverbrauch (Verbrennungskapazität) von 6,58 Mio. t/a. Die ermittelten Werte sind kohärent. Unterschiede in den Daten sind auf folgende methodischen Ansätze zurückzuführen und auszugsweise für Mantau et. al. 2018a/b und 2016 sowie DBFZ et. al. 2015 in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Vergleichende Datengrundlagen (eigene Darstellung)

Analysegrundlagen	Mantau et. al. 2016, 2018a&b	DBFZ et al. 2015	EEG- Altholz- kraftwerksliste
Berücksichtigung Anlagen mit KWK und/oder „Nur-Strom“ <20 MW _{el}	JA	JA	JA, 2000 - 2011
Anlagen mit KWK und/oder „Nur-Strom“ > 20 MW _{el}	JA	JA, Anteilig EEG	JA, 2000 - 2011
Anlagen mit Holzmitverbrennung (Kohle, Zement, MVA)	NEIN	NEIN	NEIN
Benennung der installierten MW _{FWL}	JA	NEIN	JA
Benennung der installierten MW _{el}	NEIN	JA	JA
Benennung der installierten MW _{th}	NEIN	NEIN	JA
Berücksichtigung Anlagen mit „Nur Wärme“	JA	NEIN	NEIN
Benennung der Immissionsschutzrechtlichen Genehmigung	NEIN	NEIN	JA
Berücksichtigung Anlagen mit nicht-holzartigen Biomassen als Brennstoffe	NEIN	JA	NEIN
Berücksichtigung Anlagen ohne Altholzeinsatz	JA	JA	NEIN
Benennung der Altholzanteil am Brennstoff	JA	NEIN	50% ⁴¹ -100%
Benennung der Art des Altholzes (Gebrauchtholz/Industrierestholz)	NEIN	NEIN	JA
Benennung der Herkunft des Altholzes (Aufbereiter, Direkt, Entfernung)	NEIN	NEIN	NEIN
Benennung der Altholzkategorien	NEIN	NEIN	AI – AIV

⁴¹ 50% Altholzanteil als Schätzung, da keine Daten vorlagen

12.4 Altholz EEG-Kraftwerkliste

PLZ	Standort/Ortschaft	Straße	Betreiber	EEG seit	Hauptprodukt	1/6 Gesamt	davon 1/6 Altholz	in FW nach Mantel w ent unbekannt	Brennstoff davon 1/6 Altholz (60% der Gesamtmenge)	Qualität/Kategorie	MWFW	Strömungszug	MWSt	Wärmeleistung
D-66453	Geislar (Kreis Albstadt)	Ackerstr. 28	SPV GmbH Fachbereichsleiter der RAG	2002	Beraps	40.900	40.900	52.000	52.000	Al-AII	21,0	5,1	5,1	0,0
D-67613	Südrhein (Kreis Albstadt)	D-Marktweg, Straße 119	Pharmax Neue Energie AG	2007	Beraps	50.000	50.000	52.000	52.000	Al-AII	28,4	5,8	5,8	3,0
D-40699	Stadtwald (Kreis Albstadt)	Frankfurter Straße 208	Stadtwald Energie AG	2007	Beraps	76.000	76.000	75.000	75.000	Al-AII	49,0	9,5	9,5	10,0
D-34117	Kassel	Kempner 3-13	Städtische Wärme Energie - Wärme GmbH	2008	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AII	40,0	9,5	9,5	10,0
D-37130	Melrose	Monterstraße 17	BSENERGY Wärme und Schmelztechnik	2008	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AII	40,0	9,5	9,5	10,0
D-37130	Melrose	Monterstraße 17	BSENERGY Wärme und Schmelztechnik	2008	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AII	40,0	9,5	9,5	10,0
D-47884	Hückelhoven	Brennenerstraße 5	B EB Bio Energie Baden GmbH (RWE-Ennogy)	2011	Beraps	40.000	40.000	40.000	40.000	Al-AII	21,3	2,9	2,9	0,0
D-41838	Hückelhoven	Sophienstr. 2	VER Wärme, Energie- und Rohstoffe GmbH	2004	Beraps	64.000	64.000	64.000	64.000	Al-AII	38,6	5,3	5,3	0,0
D-41838	Hückelhoven	Sophienstr. 2	VER Wärme, Energie- und Rohstoffe GmbH	2004	Beraps	64.000	64.000	64.000	64.000	Al-AII	38,6	5,3	5,3	0,0
D-66343	Bilstein/Walder	Straßenweg 65	Brennener Energie (M&V Energie)	2003	Beraps	120.000	120.000	120.000	120.000	Al-AII	15,0	15,0	15,0	0,0
D-66375	Neulathen	Lufthafenstraße 4/3	Siesse New Energies GmbH	2003	Beraps	35.000	35.000	35.000	35.000	Al-AII	21,0	5,5	5,5	10,0
D-48824	Einhorn	Neuestr. 8	BEB Holzwerkstoffe Erleichen GmbH	2006	Beraps	180.000	180.000	180.000	180.000	Al-AII	67,0	20,0	20,0	12,0
D-48824	Einhorn	Neuestr. 8	BEB Holzwerkstoffe Erleichen GmbH	2006	Beraps	180.000	180.000	180.000	180.000	Al-AII	67,0	20,0	20,0	12,0
D-67227	Friedrichsdorf	Hörsingstraße 200	Bov Biomasse Holzwerkstoffe (100%) RAG	2002	Beraps	35.000	35.000	35.000	35.000	Al-AII	21,1	2,8	2,8	18,0
D-67227	Friedrichsdorf	Hörsingstraße 200	Bov Biomasse Holzwerkstoffe (100%) RAG	2002	Beraps	35.000	35.000	35.000	35.000	Al-AII	21,1	2,8	2,8	18,0
D-67175	Prüfzenheim	Hörnweg 15	HVV Holzwerkstoffe Rognitz GmbH	2004	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AII	45,0	13,3	13,3	25,0
D-65203	Wiesbaden	Kaiserstraße 45	Fraser & Neave GmbH	2003	Beraps	60.000	60.000	60.000	60.000	Al-AII	50,0	7,0	7,0	35,0
D-65203	Wiesbaden	Kaiserstraße 45	Fraser & Neave GmbH	2003	Beraps	60.000	60.000	60.000	60.000	Al-AII	50,0	7,0	7,0	35,0
D-65262	Novwed	Stahlerstr. 24-26	BHKW Röhrl (85 % Bio-SNG) GmbH	2005	Beraps	62.000	62.000	62.000	62.000	Al-AII	30,0	7,8	7,8	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie-Hannin GmbH	2002	Beraps	100.000	100.000	100.000	100.000	Al-AIV	62,0	18,0	18,0	0,0
D-31789	Hannin	Hennrich-Schroonemann-Weg 1	Energie											

12.6 Strommarkt - Anforderungen an Flexibilisierung von Altholzanlagen

Metaanalysen langfristiger Klimaschutzszenarien zeigen, dass die zukünftige Stromerzeugung maßgeblich durch fluktuierende erneuerbaren Energien (FEE), also Wind- und Sonnenenergie, geleistet wird. Dieser hohe variable Anteil der Stromerzeugung erfordert eine hohe Flexibilität des Stromsystems. Diese kann sich aus verschiedenen Flexibilitätsoptionen zusammensetzen (IZES 2017: 22ff):

- Transferkapazitäten zu den Nachbarstaaten
- Verbraucher mit kurzfristigen Transferkapazitäten
- Sektorkopplung
- Stromspeicher
- optimiert ausgebaute nationale Netzinfrastruktur
- flexibel regelbaren Stromerzeugungsanlagen

Zur Erreichung eines durch FEE geprägten Stromsystems müssen verschiedene wirtschaftliche, gesellschaftliche und regulatorische Voraussetzungen geschaffen werden. Bezogen auf die nötigen Flexibilitätsoptionen sind dies:

- Verlässliche Bedingungen zur Refinanzierung der Flexibilitätsoptionen
- Anpassung der Organisation des Stromhandels und der Beschaffung von Systemdienstleistungen
- Schaffung einer kurzfristig preiselastischen Stromnachfrage
- Stärkung des europäischen Strombinnenmarktes
- Umfassende Internalisierung externer Effekte
- Sozial und wirtschaftlich verträgliche Verteilung der Kosten

Im Weißbuch des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi) wurden Ansätze zur Sektorkopplung, zum europäischen Binnenmarkt sowie zur Flexibilisierung des Kraftwerksparks und der Nachfrage getroffen (BMWi 2015) Unter dem Titel Strommarkt 2.0 soll ein fairer Wettbewerb unter den Flexibilitätsoptionen geschaffen werden, in dem sich die flexiblen Kapazitäten über den Markt finanzieren können (BMWi 2015: 3). Auch wenn von „dem Markt“ oder von „dem Strommarkt 2.0“ gesprochen wird, handelt es sich nicht um einen einzelnen Markt. Vielmehr handelt es sich um einen Ansatz der Refinanzierung der zukünftig nötigen Stromerzeugungskapazitäten über die bestehenden Teilmärkte des Stromsektors, der ohne die Einführung eines neuen Kapazitätsmarktes, an dem Leistung explizit vergütet wird (vgl. BMWi 2015: 22), auskommt

Aus technischer Sicht bestehen ausreichend Flexibilitätsoptionen, die nach dem Wunsch der Konsultationsteilnehmer im Weißbuch-Prozess über einen technologie-neutralen Wettbewerb mobilisiert werden sollen (BMWi 2015: 13f). Hierfür wird ein „unverzerrtes“ Preissignal angestrebt. Dieser Wunsch spiegelt sich in den im Kapitel 5

des Weißbuchs beschriebenen Umsetzungsmaßnahmen wider (siehe BMWi 2015: 59f). Für Altholzanlagen bedeutet dies, dass sie sich dem Wettbewerb mit allen bestehenden Flexibilitätsoptionen an den Strommärkten stellen müssen.

Die Erzeugung der Altholzanlagen soll sich somit an die Einspeisung der FEE anpassen, analog zu den anderen Flexibilitätsoptionen. Diese Anpassung soll über „das Preissignal“ an den Strommärkten in Form hoher Preisschwankungen, die den Einsatz der Flexibilitätsoptionen rentabel machen sollen, sichergestellt werden. Dieses Preissignal ist derzeit nicht sichtbar: Entgegen den bisherigen Erwartungen, dass die Strompreise aufgrund des Ausbaus der FEE stärker variieren, sinkt seit Jahren die Spannweite der jährlichen Strompreise (siehe Abbildung 36, vgl. BNetzA 2017: 7f). Die bestehenden Flexibilitätsoptionen können die steigende Stromerzeugung aus FEE bisher ausgleichen. Ob und wann sich dies ändern könnte, ist ungewiss. Für den Bestand an Altholzanlagen bedeutet dies, auf jährlicher Basis die Situation an den Strommärkten neu zu bewerten und entsprechend neu über einen Weiterbetrieb zu entscheiden.

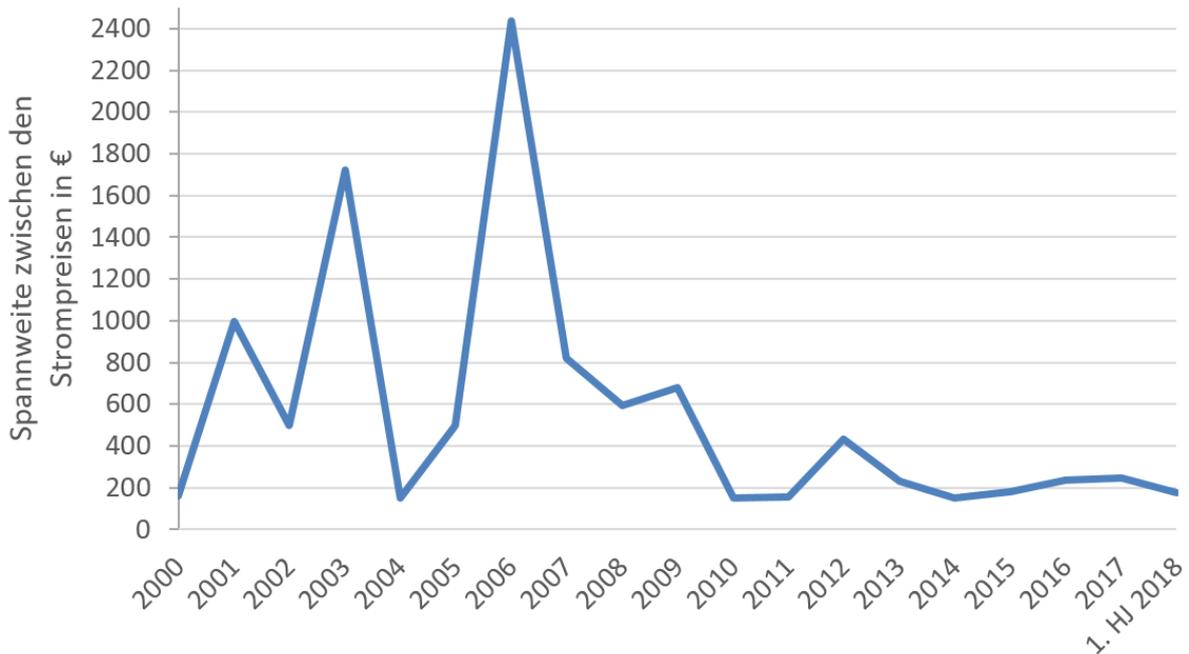


Abbildung 36: Jährliche Spannweiten zwischen den stündlichen Strompreisen der Börsen EEX und EPEX SPOT (Eigene Darstellung)

12.7 Strompreisszenarien

Die Stromgroßhandelspreise sind ein entscheidendes Kriterium für einen wirtschaftlichen Post-EEG-Betrieb von Altholzanlagen. Seit der Einführung des Vortageshandels der Strombörsen EEX (Leipzig) und EPEX SPOT (Paris) im Jahr 2000 hat der Strompreis unterschiedliche Entwicklungen durchgemacht. Das Spektrum der jährlichen Durchschnittspreise reichte dabei von 19 €/MWh_{el} bis 66 €/MWh_{el} (siehe Abbildung 37). Zwischen den Jahren 2011 bis 2016 waren sinkende Preise zu beobachten. Gründe für das langfristige Absinken der Strompreise waren neben sinkenden Brennstoffpreisen (Steinkohle, Erdgas) der Ausbau der Erneuerbaren Energien sowie eine steigende Marktkopplung Deutschlands mit dessen Nachbarländern. Parallel dazu waren die CO₂-Zertifikatspreise auf einem konstant niedrigen Niveau. Seit 2016 steigen die Preise an den Strombörsen wieder. Dies geht zum einen auf steigende Brennstoffpreise zurück, zum anderen auf steigende CO₂-Preise. Die CO₂-Preise sind zuletzt in 2017 von rund 5 €/tCO₂ auf über 20 €/tCO₂ im August 2018 gestiegen. Der Anstieg ist auf die aktuelle Reform des EU-Emissionshandels zurückzuführen, durch die eine stärkere Senkung der Emissionsobergrenze nach 2021 beschlossen wurde sowie Teile der bestehenden Überschussmengen aus den Markt genommen werden (Agora & Öko-Institut 2018: 7). Es existieren Erwartungen, dass es sich um eine kurzfristige Knappheitssituation handelt und Anfang der 2020er Jahre die CO₂-Preise wieder nachgeben könnten (Agora & Öko-Institut 2018: 22f).

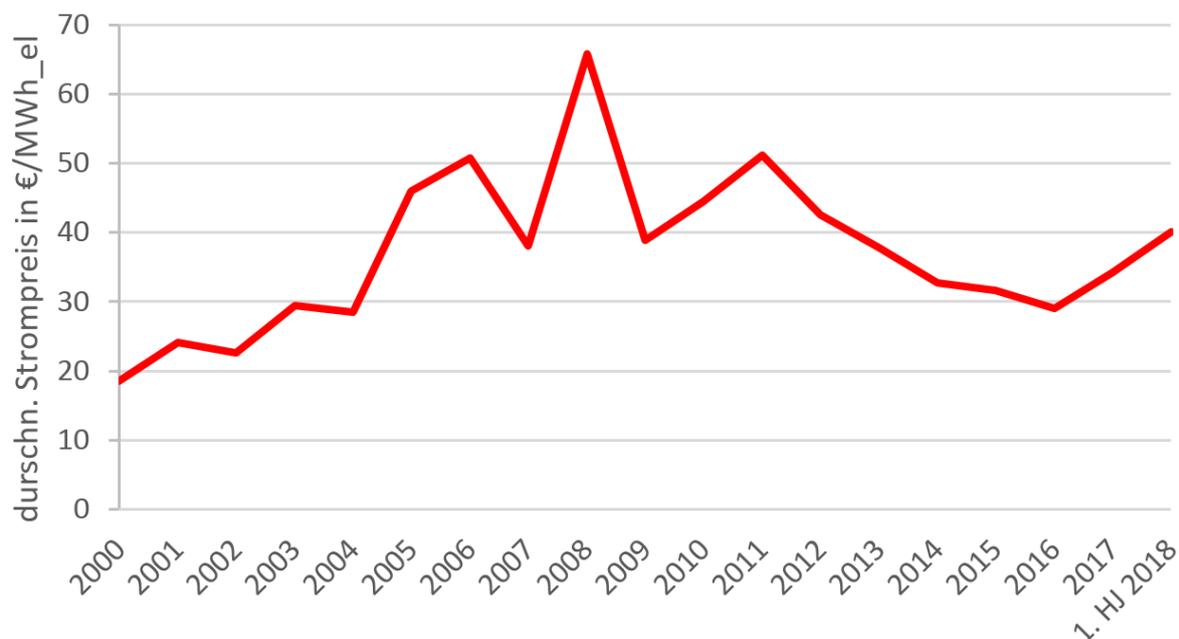


Abbildung 37: Jahresdurchschnitt der Vortagespreise an den Strombörsen EEX und EPEX SPOT (Eigene Darstellung)

Der historische Verlauf der Vortageshandelspreise und der starke Einfluss politischer Entscheidungen, bestehender (z. B. Emissionshandelsreform) und zu erwartender Rahmenbedingungen (z.B. mögliche Stilllegungen von Kohlekraftwerken zum Erreichen der Klimaziele) auf diesen zeigen, dass es schwierig ist, aussagekräftige längerfristige Prognosen zu erstellen. Dies gilt insbesondere für Prognosen, die auf historischen Daten basieren. Im Rahmen der Energiewende bzw. des Klimaschutzes ist es notwendig, längerfristige Zeiträume in der Zukunft zu betrachten. Das Ziel für Deutschland ist, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 1990 um 80 bis 95 % zu senken. Über Szenarien werden verschiedene mögliche Wege zur Zielerreichung erarbeitet. Um Aussagen über einen Weiterbetrieb von Altholzanlagen treffen zu können, werden nachfolgend verschiedene Szenarien einer bestehenden Untersuchung zur Stilllegung von Kohlekraftwerken zum Erreichen der Klimaziele verwendet (IZES 2015). Abhängig von den politischen Entscheidungen ergeben sich verschiedene Preisentwicklungen an den Strommärkten, die maßgeblichen Einfluss auf einen Post-EEG-Betrieb von Altholzanlagen haben. Es handelt sich um die folgenden Szenarien:

- Referenzszenario: Im Referenzszenario werden die Annahmen der Übertragungsnetzbetreiber aus dem Szenariorahmen für die Netzentwicklungspläne Strom 2015 übernommen (ÜNB 2014). Das Szenario sieht keine Maßnahmen vor, um das politisch gesetzte Ziel einer Treibhausreduktion um 40 % bis 2020 zu erreichen.
- „BMW plus“-Szenario: Im Szenario „BMW plus“ werden die im Jahr 2014 beschlossenen und bereits angedachten Maßnahmen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie zur Reduktionszielerreichung berücksichtigt, wobei die verbleibende Reduktionslücke durch Abschaltungen von Kohlekraftwerken erfolgt. Emissionsminderungsziel ist 40 % bis 2020.
- Zielszenario: Im Zielszenario wird über das Emissionsminderungsziel von 40 % bis 2020 hinaus das Minderungsziel von 55 % bis 2030 berücksichtigt, welches zusätzliche Stilllegungen von Kohlekraftwerkskapazitäten bedingt.
- Kohleausstiegsszenario: Im Kohleausstiegsszenario wurde, über die politischen Zielsetzungen hinaus, ein kompletter Ausstieg aus der Kohlestromerzeugung bis 2040 untersucht.

Für alle Szenarien wurden identische Brennstoffpreisannahmen basierend auf den Annahmen aus dem Szenariorahmen der Netzentwicklungspläne Strom 2015 unterstellt. Dabei wurden nahezu gleichbleibende Brennstoffpreise bis 2030 angenommen. Die Preise für Erdgas steigen geringfügig an, die Preise für Steinkohle fallen geringfügig (Abbildung 38). Für die CO₂-Preise wurden drei verschiedene Szenarien untersucht. Die Verläufe für die unterschiedlichen CO₂-Preisszenarien sind in der folgenden Abbildung 38 dargestellt (linke Achse), neben den Erdgas- und Steinkohlepreisen der Szenarien (rechte Achse):

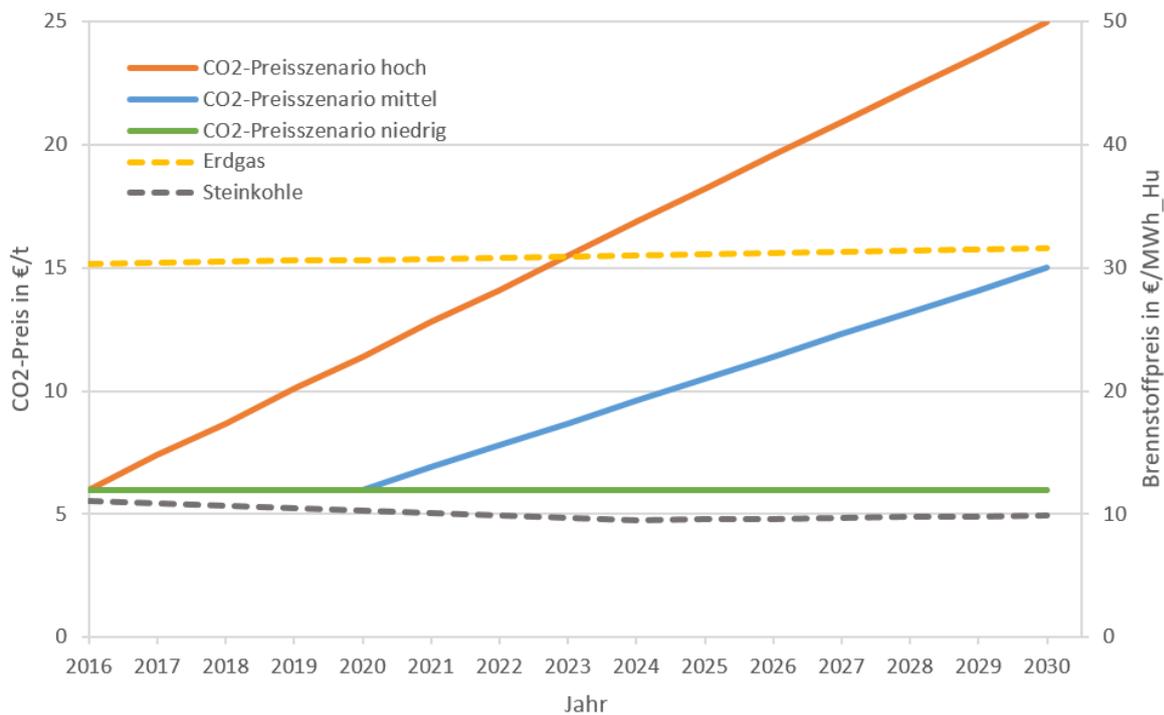


Abbildung 38: Preisannahmen (real 2012) der Szenarienuntersuchung zur Stilllegung von Kohlekraftwerken (IZES 2015: 77 f.)

In Abbildung 39 sind die Ergebnisse auf den Stromgroßhandelspreis in den Extremszenarien (Referenzszenario und Kohleausstiegsszenario) gemeinsam dargestellt. Die Darstellung deckt das größte Spektrum der resultierenden Großhandelspreise ab. Darunter in Abbildung 40 sind zur Vollständigkeit und besseren Erläuterung die Szenarien „BMW plus“ und das politische Zielszenario abgebildet. Im Ergebnis haben eine Stilllegungen von Kohlekraftwerken und ein Anstieg der CO₂-Preise einen deutlichen Einfluss auf die Stromgroßhandelspreise. Durch die Stilllegung von Kohlekraftwerken nehmen die Zeiten, an denen teure Gaskraftwerke die Stromerzeugung übernehmen, zu, was sich in hohen Stromgroßhandelspreisen niederschlägt (siehe Ausstiegsszenario in Abbildung 39 und das Zielszenario in der rechten Abbildung 40, im Vergleich zum Referenz- und „BMW plus“-Szenario). Bei einem höheren Einsatz von Gaskraftwerken nimmt durch deren relativ geringeren CO₂-Ausstoß der Einfluss höherer CO₂-Preise ab.

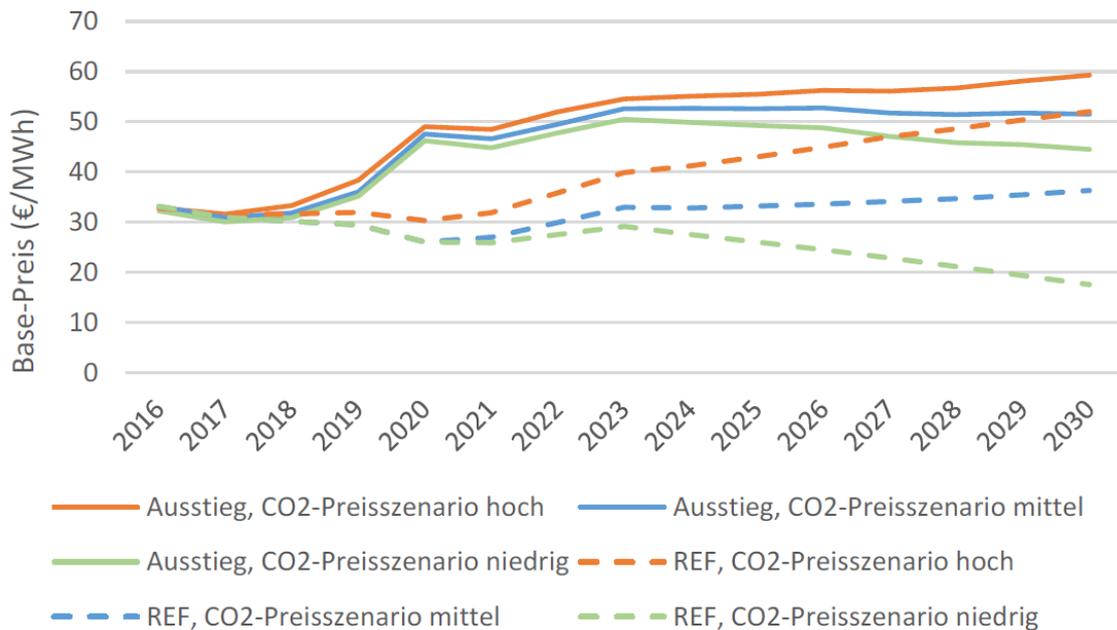


Abbildung 39: Durchschnittliche Stromgroßhandelspreise im Kohleausstiegs- und im Referenzszenario (IZES 2015: 32 f.)

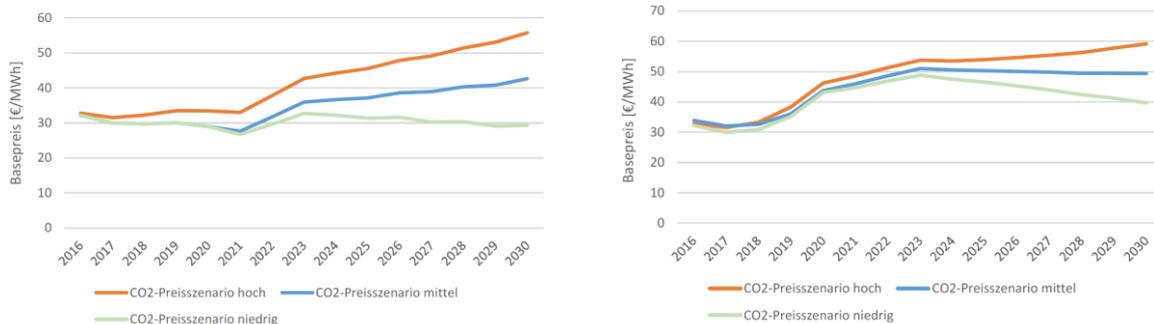
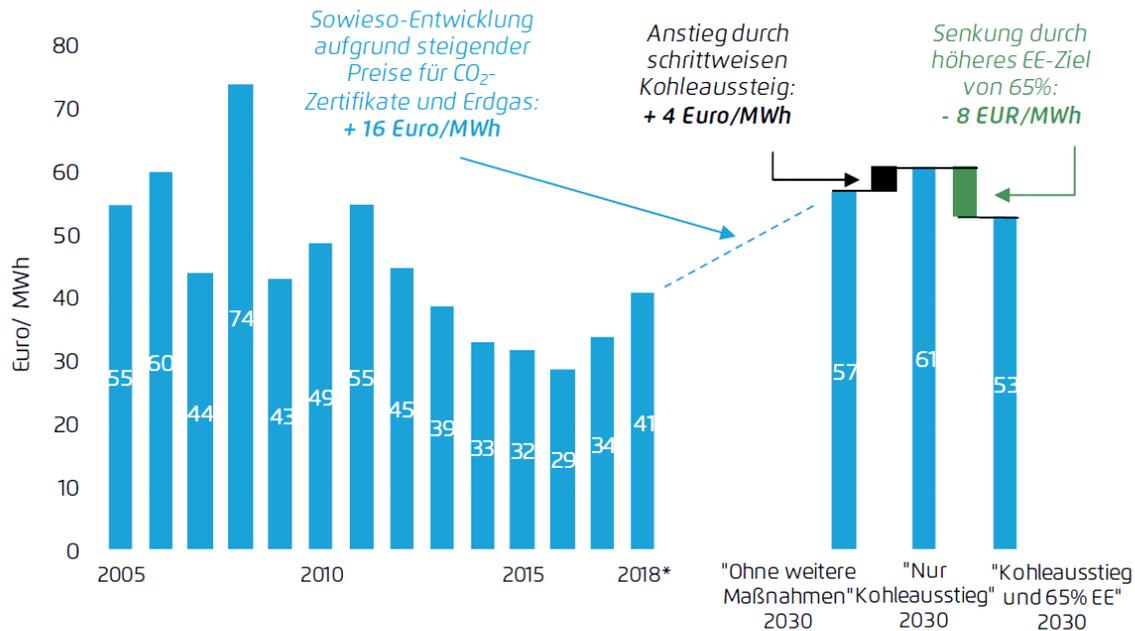


Abbildung 40: Durchschnittliche Stromgroßhandelspreise im Szenario „BMW plus“ (links) und im „Ziel“-Szenario (rechts) (IZES 2015: 77/106)

Eine aktuelle Untersuchung für Agora Energiewende zeigt ein vergleichbares Ergebnis (siehe Abbildung 41). Hier wurde darüber hinaus die Zielsetzung für den Ausbau der Erneuerbaren Energien von 65 % am Bruttostromverbrauch bis 2030 untersucht (Agora & Aurora 2018): Durch den verstärkt angenommenen Ausbau der Erneuerbaren Energien wird ein Strompreisanstieg durch Stilllegungen von Kohlekraftwerken ausgeglichen. Es werden ebenso Teile des aktuellen Preisanstiegs der CO₂-Zertifikate durch die EU-Reform hierdurch ausgeglichen. In Summe wird mit einem Strompreisniveau von 53 €/MWh_{el} im Jahr 2030 gerechnet.



Aurora Energy Research, EPEX Spot

* bisheriger Jahresdurchschnitt Januar bis August

Abbildung 41: Entwicklung der Börsenstrompreise im Vortageshandel 2005 bis 2018 und Annahmen für 2030 (Agora & Aurora 2018: 12)

Für Altholzanlagen bedeutet dies, dass nötige Klimaschutzmaßnahmen, wie die Stilllegung von Kohlekraftwerken sowie höhere CO₂-Preise positiv zu bewerten sind. Durch Weiterverfolgung der Klimaziele werden Altholzanlagen somit indirekt unterstützt. Der für die zuvor aufgezeigte Agora-Studie unterstellte Szenariorahmen basiert auf den Vorgaben des Koalitionsvertrages vom März 2018 der Bundesregierung der 19. Legislaturperiode. In Kombination mit den aktuell in der Studie unterstellten Brennstoffpreisannahmen wird für das Jahr 2030 ein Strompreis ermittelt, der mit 53 €/MWh_{el} einen Post-EEG-Weiterbetrieb von Altholzanlagen mit Wärmeauskopplung ermöglichen würde.

12.8 Anforderungen und Entwicklung der Wärmemärkte in der Energiewende

Mit über 50 % des Endenergieverbrauchs ist Wärme insgesamt die größte Energieanwendung in Deutschland (BMWi 2018) Ihr Spektrum reicht von Prozesswärme, über Raumwärme bis hin zu Warmwasser, wobei industrielle Prozesse verschiedenste Temperaturniveaus benötigen. Unter anderem im Klimaschutzplan 2050 (BMUB 2016b) finden sich Maßnahmen zur Wärmeerzeugung in verschiedensten Kapiteln, wie beispielsweise Energiewirtschaft, Gebäudebereich sowie Industrie und Wirtschaft. Daneben wird häufig zwischen den Bereichen private Haushalte, GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) und Industrie unterschieden. Entsprechend komplex und inhomogen sind die Vorstellungen bzgl. der Weiterentwicklung des „Wärmesektors“.

Langfristig sind jedoch zwei zentrale Herangehensweisen für die Wärme in den Zielszenarien zu beobachten. Zum einen eine verstärkte Nutzung von biogener Wärme und zum anderen eine Ausweitung von Stromwärme über Wärmepumpen (Öko-Institut/ISI 2015: 122f,162f, 462f). Aufgrund der beschränkten nachhaltigen Biomassepotenziale geht mit dem Ansteigen biogener Wärme eine Verringerung der Stromerzeugung aus Biomasse einher. Aufgrund der höheren Umwandlungsverluste in der Stromerzeugung (60 bis 80 %) wird es langfristig günstiger sein, Biomasse für Wärmeanwendungen direkt zu nutzen.

Für die kurzfristige Betrachtung eines Weiterbetriebes von Altholzbestandsanlagen hat dies keinen direkten Einfluss. Langfristig könnte aber aufgrund der Nachfrage nach erneuerbarer Wärme aus Biomasse die reine Wärmeerzeugung aus Altholz profitabler werden. Eine Ausweitung der Wärmeauskopplung an den heutigen Standorten der Altholzkraftwerke kann als zweckdienliche Maßnahme zur Dekarbonisierung des Wärmesektors gelten. Ob und wann eine reine Wärmeproduktion aus Biomasse gegenüber der gekoppelten Erzeugung mit Strom attraktiver wird, hängt stark vom Ausgang der aktuellen Diskussionen zur CO₂-Bepreisung bzw. -Besteuerung ab (vgl. Agora 2018 : 11 f.).

12.9 Entwicklung Feuerungskapazitäten für Altholz in Müllverbrennungsanlagen (MVA) und Ersatzbrennstoff (EBS)-Kraftwerken sowie Sondermüllverbrennungsanlagen (SMVA)

Auf Grund der Unschärfe in der Definition werden MVA und EBS Kraftwerkstypen zusammen betrachtet. Beide Kraftwerkstypen unterscheiden in der Art des Brennstoffs, der in klassischen MVA sehr heterogen und in geringer Dichte auftritt. EBS-Brennstoffe (BVSE 2019) sind hingegen normiert und weisen homogene Eigenschaften bzgl. Dichte und Heizwert auf. In beiden Anlagen können Althölzer mitverbrannt werden, welche entweder über Sperrmüll- und Siedlungs- bzw. Gewerbeabfallsammlungen als Mischsortiment in den Verwertungskreislauf gelangen oder auf Grund mangelnder Alternativen in MVA verwertet werden. MVA müssen auf Grund ihrer originären Funktion als Entsorger (Minimierung von Abfallmengen) die Mindestanforderungen an die energetische Effizienz nach R1 Fußnote 1 der Anlage 2 KrWG einhalten. Sondermüllverbrennungsanlagen hingegen sind Beseitigungsanlagen (D10 Kriterium nach Anlage 1 KrWG) und unterliegen, auf Grund des vorrangigen Zieles, gefährliche Abfälle umweltgerecht zu beseitigen, keiner Mindestanforderungen an die Energieeffizienz.

Laut UBA 2018a existieren in Deutschland 66 MVA und 32 EBS-Kraftwerke mit einer Verbrennungskapazität von ca. 20,6 Mio. t/a (MVA) und 6,3 Mio. t/a (EBS-Kraftwerke). Aktuell sind die Kapazitäten bei MVA bereits zu 98% und in EBS-Kraftwerken zu 92% ausgeschöpft. Laut UBA 2018 sind minimale Zubauten für MVA mit 0,02 Mio. t/a und EBS-Kraftwerke mit 0,3 Mio. t/a geplant. Zusätzlich sind 31 SMVA mit einer Verbrennungskapazität von 1,6 Mio. t/a in Deutschland in Betrieb. Diese Kapazitäten werden mit 1,3 Mio. t/a bereits zu 82% genutzt. Aktuelle stehen somit noch Kapazitäten zur

Beseitigung von ca. 0,3 Mio. t/a gefährlicher Abfälle zur Verfügung. Diesen Anlagen sollen ausschließlich nach Anhang III AltholzV PCB-belastete Althölzer zugeführt werden. Entsprechend sind diese Kapazitäten für die Fragestellung des Projektes nicht relevant.

Verbleibende Feuerungskapazitäten in deutschen Abfallverbrennungsanlagen für Althölzer der Kategorien A I bis A IV können somit in Summe mit ca. 1,0 bis 1,3 Mio. t/a angegeben werden und könnten für Althölzer zur Verfügung stehen, sofern eine stabiles Aufkommen an Siedlungs- und Gewerbeabfällen (inkl. gefährlichen Abfällen) zu erwarten ist.

Entsprechend könnte ab 2020 der Wegfall von Feuerungskapazitäten durch die Stilllegung von Altholzkraftwerken, abhängig von den regionalen Marktstrukturen, zu einem generellen Entsorgungsproblem für Holzabfälle führen. Regional haben bereits heute Unter- bzw. Überkapazitäten an Verbrennungskapazitäten Auswirkungen auf die Altholzpreise. Gegebenenfalls lohnt dann sogar ein weiter Transportweg, induziert aber unerwünschten Schwerlastverkehr mit entsprechenden THG Emissionen, sofern eine Option per Bahn nicht gegeben ist. Weitere mögliche Reaktionen wären kurzfristig die Ausweitung der Verwertungsoptionen hinsichtlich Zement- und Kohlekraftwerken sowie mittelfristig Innovationsschübe für Entwicklungen in alternativen stofflichen Verwertungsoptionen in der biochemischen Industrie.

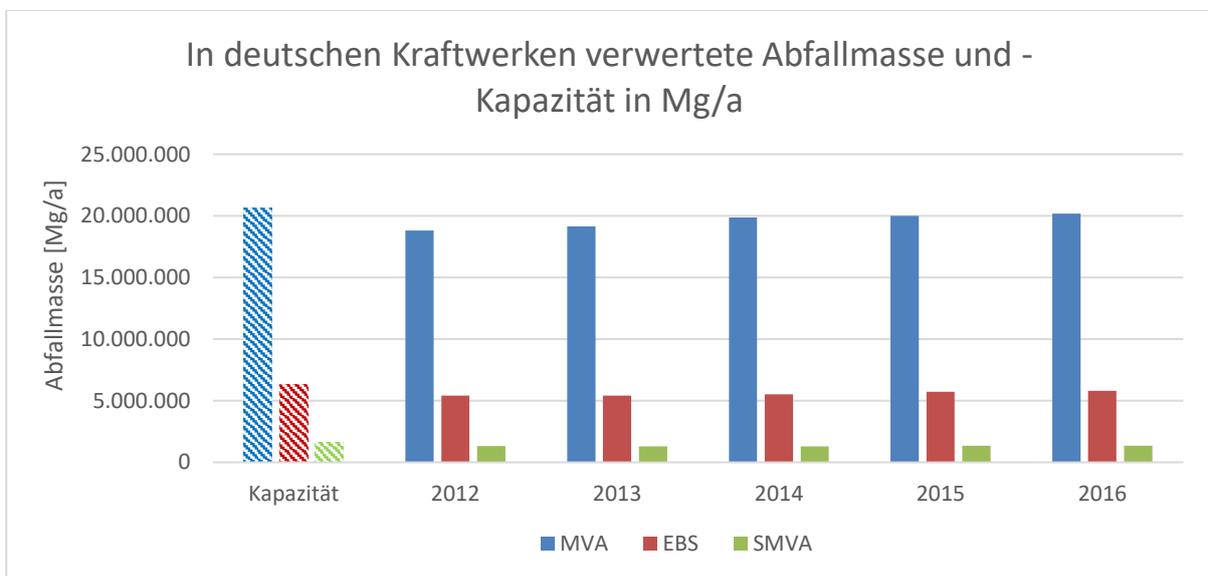


Abbildung 42: In deutschen Kraftwerken zwischen 2012 und 2016 jährlich verbrannte Abfallmenge und die insgesamt verfügbare Verbrennungskapazität (Eigene Darstellung nach UBA 2018a)

12.10 Entwicklung Feuerungskapazitäten für Altholz in Zement- und Kohlekraftwerken mit Genehmigung der Abfallmitverbrennung

Nach UBA 2018a sind in Deutschland 34 Zement- und 2 Kalkwerke in Betrieb, welche eine Genehmigung zur Abfallverbrennung vorweisen können. In diesen Anlagen wurden zwischen 2011 und 2015 ca. 3 bis 3,2 Mio. t/a Abfälle (UBA 2018a: 87) mitverbrannt. Von diesen Abfällen waren ca. 1,5 Mio. t/a Sekundärbrennstoffe (SBS) resp. Ersatzbrennstoffe (EBS) aus Gewerbe-, Siedlungs- und Sperrmüllsammlung, welche einen hohen Heizwert und normierte Zusammensetzung aufweisen. Hierbei können ebenfalls Altholzbestandteile als Mischfraktion enthalten sein. Die gesamte Feuerungskapazität ist nicht angegeben. Im Prinzip können die Zementwerke bis zu 100 % Abfälle als Brennstoff einsetzen, sofern Art und Anteil der Mineralien im Brennstoff mit dem produzierten Zementklinker kompatibel sind.

EUWID 2016b benennt für 2015 einen Gesamtbrennstoffbedarf von 90,1 Mio. GJ/a, von denen 58,3 Mio. GJ/a (ca. 65%) durch alternative Brennstoffe erzeugt wurden. Die verbleibende Energie wird durch fossile Brennstoffe, wie Braun- und Steinkohle bereitgestellt. Umgerechnet auf Holzmengen ergeben 90,1 Mio. GJ ca. 6,7 Mio. t Holz⁴³, was ungefähr den Feuerungskapazitäten aller EEG-Altholzkraftwerke entsprechen würde. Während in den Jahren 2013 und 2014 noch 3.000 t bzw. 11.000 t Altholz eingesetzt wurden, sind 2015 keine Althölzer mehr in der Zementindustrie als Brennstoff eingesetzt worden.

Nach UBA 2018a sind 22 Kohle- und Steinkohlekraftwerke in Deutschland mit der Erlaubnis zur Abfallmitverbrennung in Betrieb. Diese haben eine genehmigte Abfallmenge von ca. 3,3 Mio. t/a, von denen aktuell 1,5 Mio. t/a genutzt werden.

12.11 Entwicklung Feuerungskapazitäten für Altholz in sonstigen Industriekraftwerken mit Genehmigung einer Abfallmitverbrennung

UBA 2018a benennt 31 Anlagen mit einer installierten Feuerungswärmeleistung von 2,3 GW_{FWL}. Nicht in die Betrachtung von UBA 2018 eingeflossen sind Heizwerke, die Altholz als Brennstoff nutzen. Diese Anlagen erweitern die installierte Feuerungswärmeleistung. Weitere Eigenrecherchen ergaben für einige Anlagen aus UBA 2018a den Einsatz von Altholz als Brennstoff. Sofern diese Anlagen den Projektkriterien entsprechen, sind diese in der EEG-Altholzkraftwerksliste integriert. Nach Projektrecherchen setzen Anlagen der Papierindustrie und der Holzwerkstoffindustrie Althölzer ein. Hierbei kommen vorrangig AI bis AII Althölzer zum Einsatz (vgl. Anhang Kapitel 12.5).

⁴³ unter Annahme eines Heizwertes von durchschnittlich 3,7 MWh_{Hu}/t Holz

12.12 Exkurs: Verweilzeiten von Holz im Bausektor

Um die Entwicklung des Altholzaufkommens bis zum Jahr 2050 einzuschätzen wurden im Rahmen des Projektes neben den Korrelationsanalysen Wege gesucht, Altholz-mengen zu antizipieren. Eine Analyse wurde vorangetrieben, deren Hypothese besagt, dass bestimmte Anteile des Altholzvolumens vor Jahrzehnten bereits als Bauholz bzw. Möbelholz auf den Markt kamen.

Wird heute Bauholz benutzt, wird es nach Ende der Nutzung Abbruchholz (ca. 30-35% Bau- und Abbruchhölzer nach Destatis Analysen). In diesem Unterkapitel der Studie werden die statistischen Daten zur Schnittholzproduktion benutzt, um abzuschätzen, wie viel Altholz im Jahr 2050 anfällt.

Die Lebensdauer eines Gebäudes hängt von verschiedenen Faktoren ab, wobei die wirtschaftliche Nutzungsdauer wesentlich kürzer als die technische Lebensdauer sein kann, da sich die Nutzungsansprüche an Gebäude etwa alle 20 bis 30 Jahre ändern. Die technische Lebensdauer ist der Zeitraum, an dem die Nutzbarkeit und die vorge-sehene Funktion des Bauteils nicht mehr erfüllt werden. Die wirtschaftliche Lebens-dauer ist dagegen von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der Mode abhängig. Die Gesamtlebensdauer eines Gebäudes hängt von der Lebensdauer der Bauteile ab und wird je nach Wertigkeit und Nutzung in der Regel mit 40 bis 100 Jahren angenom-men. Verschiedene Bauteile aus Holz haben Lebensdauern von ca. 30 bis über 50 Jahre (Agethen et al. 2008). In diesem Exkurs wird von einer Lebensdauer eines Ge-bäudes von 50 Jahren ausgegangen.

Eine Regressionsanalyse wurde durchgeführt, um zu untersuchen ob und wie die Schnittholz-mengen der Vergangenheit und die Menge an Bau- und Abbruchhölzern 50 Jahre später zusammenhängen. Für die Analyse wurden die statistischen Daten zur Schnittholzproduktion in den Jahren 1958 bis 1965⁴⁴ und die Bau- und Abbruch-holz-mengen in den Jahren 2008 bis 2015⁴⁵ entsprechend der Lebensdauer von 50 Jahren (Tabelle 25) zusammengetragen.

Tabelle 25: Schnittholz bzw. Bau- und Abbruchholzmengen in der Bundesrepublik Deutschland

Schnittholz (1 m ³ entspricht 0,5 t)		Bau- und Abbruchholz (Westdeutsche Länder)	
Bezugsjahr	Menge, 1.000 m ³	Bezugsjahr + 50 Jahre	Menge, 1.000 t
1958	3.301,50	2008	1.852,2
1959	3.415,00	2009	1.979,3
1960	3.823,50	2010	2.265,4
1961	4.134,50	2011	2.479,2

⁴⁴ Direktkontakt BMEL 2018

⁴⁵ Direktkontakt Destatis 2018

1962	4.235,50	2012	2.361,1
1963	4.035,50	2013	2.513,0
1964	4.347,50	2014	2.452,9
1965	4.441,35	2015	2.488,1

Eine Anwendungsvoraussetzung für eine Regression ist u.a. die Normalverteilung der Fehlerwerte (Wentura & Pospeschill 2015). Dies wurde mittels des Shapiro-Wilk Test in RStudio geprüft. Für Schnittholz und Bau- und Abbruchholz ergaben sich Signifikanzwerte über 0,05 und zeigen, dass eine Normalverteilung vorliegt

Tabelle 26. Unstandardisierte und standardisierte Regressionskoeffizienten

Variable	unstandardisiertes <i>B</i>	<i>SE</i>	standardisiertes β [95 %- CI]
Konstante	101,63	367,02	0 [-796,44 - 999,69]
Schnittholzmenge	0,55	0,9	0,93 [0,33 - 0,78]

*Anmerkungen. *SE*: Standardfehler. *CI*: Confidence Interval.

Bei den Berechnungen zeigt sich ein signifikantes Regressionsmodell vor ($F(1,6) = 36.20, p = .001$). Der Regressionskoeffizient für die Variable Schnittholz zeigt, dass dieser ein signifikanter Prädiktor der Bau- und Altholzmenge ist ($t = 6,02, p = 0,001$), siehe (Tabelle 26).

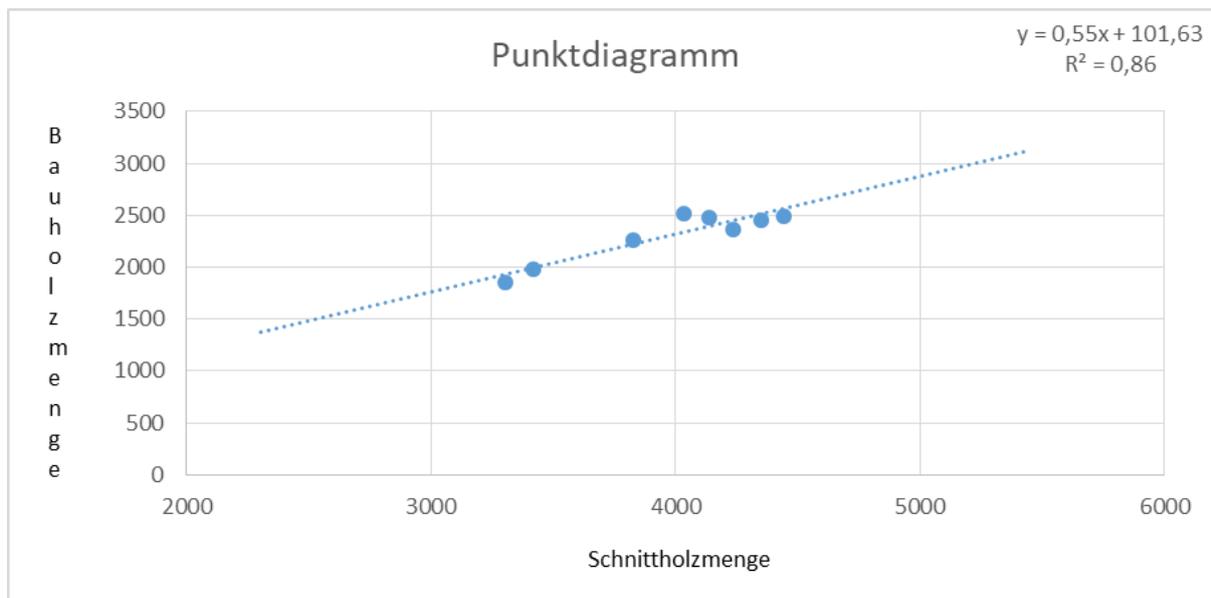
Das Ergebnis der Regressionsanalyse zeigt, dass ein Zusammenhang zwischen den Schnittholzmengen in den Jahren 1958 bis 1965 und den Bau- und Abbruchhölzern in den Jahren 2008 bis 2015 besteht. Die Modellgüte beträgt 0,86 und zeigt, dass 86% der Varianz der Bau- und Altholzmengen durch das Regressionsmodell, also die Menge an Schnittholz 50 Jahre zuvor erklärt werden können. Aus der Regressionsanalyse kann eine Formel für die Voraussage über die Bau- und Altholzmengen auf der Basis Schnittholzmengen abgeleitet werden:

$$\text{Bau- und Abbruchholzmenge} = 0,55 \cdot \text{Schnittholzmenge} + 101,63$$

Dies bedeutet: Wenn Schnittholz um eine Einheit (1.000 t) steigt, so steigt die Bau- und Altholzmenge um 0,55 Einheiten (1.000 t) + 101,63 t.

Beispiel: Schnittholzmenge 1.500 t im Jahr x sind gleich: Bauholzmenge 50 Jahr später

$1.500 \text{ t} \cdot 0,55 + 101,63 \text{ t} = 926,63 \text{ t}$
--



Diese Formel ist trotz der Feststellung eines Zusammenhangs bei der Vorausschau der Altholzmengen nicht in die weitergehende Analyse des Projektes Altholz - Quo vadis eingeflossen. Für eine verlässliche Aussage, müssten deutlich mehr Daten vorhanden sein. Acht Datenpunkte sind im besten Fall ein Indiz, aber keine „Beweis“ für einen Zusammenhang. Hier könnte ein zukünftiger Projektansatz anknüpfen

12.13 Exkurs: Minderung von Treibhausgasemissionen

Zu den Treibhausgasen (THG) gehören sowohl natürliche gasförmige Bestandteile in der Atmosphäre als auch diejenigen anthropogenen Ursprungs, die thermische Infrarotstrahlung absorbieren und wieder ausstrahlen, so dass der Treibhauseffekt entsteht. Die Haupttreibhausgase in der Atmosphäre sind Wasserdampf (H₂O), Kohlendioxid (CO₂), Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) und Ozon (O₃). Darüber hinaus gibt es andere ausschließlich durch menschliche Aktivitäten produzierte THG, wie die Halogenkohlenwasserstoffe und andere chlor- und bromhaltige Substanzen. Durch chemische Eigenschaften wirken sich diese THG unterschiedlich stark auf den Treibhauseffekt aus. Um bessere Vergleichbarkeit der THG-Emissionen zu gewährleisten, werden Emissionen anderer THG als Kohlendioxid entsprechend ihrem globalen Erwärmungspotenzial in CO₂-Äquivalente (CO_{2e}) umgerechnet. Dabei entspricht CO₂ einem CO_{2e}, CH₄ entspricht 28 CO_{2e} und N₂O entspricht 265 CO_{2e} (IPCC 2014: 87). Das bedeutet, dass ein Kilogramm Methan nach der Freisetzung 28-mal so stark zum Treibhauseffekt beiträgt wie ein Kilogramm CO₂.

Klimarelevante CO₂-Emissionen treten in den deutschen Altholzverbrennungsanlagen nur aufgrund einer Erdölverbrennung zur Stützfeuerung auf. Die Entstickung von Rauchgasen erfolgt bei der Verbrennung direkt im Feuerraum (SNCR-Technik) ohne Einsetzung von Katalysatoren, so dass eine Rauchgasaufheizung und ein damit verbundener Primärenergieverbrauch nicht notwendig sind.

Die UBA Studie „Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft“ (UBA 2010) betrachtet vier Szenarien in der Abfallwirtschaft bzw. in der Altholzverwertung und liefert folgende Werte der THG-Emissionen (Tabelle 27). Die Berechnung erfolgt nach der sogenannten Gutschrift-Methode. Bei dieser Methode werden die CO_{2e}-Emissionen des Substitutionsprozesses den freigesetzten, klimarelevanten CO_{2e}-Emissionen der Altholzverbrennung als Gutschrift gegenübergestellt und der Betrag der Bilanzergebnisse des entsprechenden Äquivalenzprozesses wird von den Bilanzergebnissen der Altholzverbrennung abgezogen.

Tabelle 27: Spezifische THG-Emissionsfaktoren für Altholz (nach UBA 2010)

Anteile	THG spezifisch			
	kg CO ₂ -äquivalent/t Altholz			
	2006	2020 T	2020 A	2020 AT
Sammlung und Transport	6,9	6,9	6,7	6,7
Stofflich	-3,7	-3,7	-3,5	-3,5
Betrieb Verbrennung	41,6	41,6	42,5	42,5
Strom	-504,9	-454,4	-516,1	-464,5
Wärme	-190,0	-380,0	-194,2	-388,5
Holz-Gutschrift	-292,3	-354,9	-278,3	-337,9
Emissionsfaktor Altholz	-942,4	-1.144,5	-943,0	-1.145,2

Beschreibung der Szenarien:

2006 (Ist): Bilanzierung des Ist-Zustandes. Altholzverbrennung erfolgt in Anlagen mit einem Bruttostromwirkungsgrad von 24%, der Eigenbedarf wird mit 4% (nach STEAG New Energies Angaben müsste dieser Wert höher, etwa bei 10% liegen) angesetzt, damit beträgt der Nettowirkungsgrad 20%. Wärme wird mit einem Nettowirkungsgrad von 20% ausgekoppelt. Diese Wirkungsgrade bilden den Mix aus den häufig ohne Wärmeauskopplung betriebenen Großanlagen für Altholz der Kategorien A III und A IV, mit Stromwirkungsgraden bis zu 27% und den häufig auf Wärmenutzung optimierten kleineren Anlagen für Altholz Kategorien A I und A II ab.

2020 T (Technik): Die Verbesserungen der technischen Standards der einzelnen Behandlungs- und Recyclingtechniken werden bilanziert und das Altholz wird in energieeffizienten Anlagen mit einer gesteigerten Wärmeauskopplung genutzt. Die Nettowirkungsgrade sind damit 18% für den Strom und 40% für die Wärme.

2020 A (Abfallströme): dieses Szenario bildet die abfallwirtschaftlichen Stoffstromänderungen durch die zusätzliche getrennte Erfassung ab. Änderungen bezüglich der eingesetzten Technik bleiben unberücksichtigt, und der Nettowirkungsgrad der Altholzverbrennungsanlagen wird wie im Szenario 2006 mit 20% für den Strom und 20% für die Wärme angesetzt.

2020 AT (Abfallströme und Technik) ist die Kombination der Szenarien 2020 T und 2020 A. Dabei wird das Altholz in energieeffizienten Anlagen mit Nettowirkungsgraden 18% für den Strom und 40% für die Wärme genutzt.

Angelehnt an das Globale Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) ermittelte die Studie „Nutzung der Potenziale des biogenen Anteils im Abfall zur Energieerzeugung“ (UBA 2011) mit dem CO_{2e}-Emissionsfaktor für Öl von 0,268 Mg CO₂/MWh Emissionen für das Jahr 2006 von etwa 5.000 Mg CO_{2e}. In dieser Bilanzierung wurden allerdings die Kohlenstoffanteile der Verschmutzungen des Altholzes durch Lackierung oder Fremdstoffe nicht berücksichtigt. Die klimarelevanten Emissionen infolge einer Stützfeuerung mit Erdöl sollen sich auf 0,8% der Feuerungswärmeleistung belaufen.

UBA 2011 verwendet ebenfalls die Gutschrift-Bilanzierungsmethodik, wobei die vermiedenen CO_{2e}-Emissionen durch eine Substitution der Primärenergiebereitstellung in Form einer Gutschrift berücksichtigt werden. In den drei Szenarien wurden folgende Annahmen der Substitution einer sich unterscheidenden Strombereitstellung getroffen: Substitution eines Strommixes (basierend auf einer Stromerzeugung aus Abfall unter Annahme einer Substitution von 30% Braunkohle, 60% Steinkohle, 10% Gas) mit einem Emissionsfaktor von 0,886 kg CO_{2e}/kWh (Szenario 1); Substitution des Strommixes mit einem Emissionsfaktor von 0,596 kg CO_{2e}/kWh (Szenario 2) und Substitution vom Strom bereitgestellt durch Braunkohlekraftwerke mit einem Emissionsfaktor von 1,088 kg CO_{2e}/kWh (Szenario 3).

Die Berechnung der eingesparten CO_{2e}-Emissionen erfolgt durch die Multiplikation der freigesetzten Energiemengen mit den CO₂-Substitutionsfaktoren der drei Szenarien. Die Nettoemissionen durch Altholzverbrennung betragen (abzüglich der etwa 5.000 Mg CO_{2e}-Emissionen/a durch die Verbrennung von Erdöl zur Stützfeuerung) -0,386 Mio. Mg CO_{2e}/a im Szenario 1, -0,258 Mio. Mg CO_{2e}/a im Szenario 2 und -0,475 Mg CO_{2e}/a im Szenario 3.