

Abschlussbericht 05/2018

# Energieholzmarkt Bayern 2016

Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern  
hinsichtlich Aufkommen und Verbrauch

BAYERISCHE   
FORSTVERWALTUNG



# Impressum

## **Projektleitung**

### **Sebastian Gößwein**

*Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising

## **Projektbearbeitung**

### **Sebastian Gößwein**

*Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising

### **Sabine Hiendlmeier**

C.A.R.M.E.N. e.V.  
Centrales Agrar- Rohstoff- Marketing- und Energie- Netzwerk  
*Schulgasse 18*  
*94315 Straubing*

## **Herausgeber**

Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft  
Abteilung Forsttechnik, Betriebswirtschaft, Holz  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising

Freising, Mai 2018

Zitiervorschlag:

GÖßWEIN, S.; HIENDLMEIER, S.; BORCHERT, H. (2018): Energieholzmarkt 2016. Abschlussbericht. Freising.

# Inhalt

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>12</b>
1.1 Zielsetzung .....	13
1.2 Untersuchungsraum und -zeit.....	13
1.3 Umrechnungsfaktoren .....	13
<b>2 Ergebnisse .....</b>	<b>17</b>
2.1 Waldenergieholz .....	17
2.1.1 Methode.....	17
2.1.2 Holznutzungspotenziale .....	17
2.1.3 Rohholzaufkommen .....	18
2.1.4 Energieholzaufkommen aus dem Wald 2016 .....	21
2.1.5 Waldhackschnitzelaufkommen aus der Umfrage unter Hackerunternehmern .....	23
2.1.6 Preisentwicklung bei Scheitholz und Waldhackschnitzeln .....	24
2.1.7 Diskussion.....	26
2.1.8 Fazit und Trends.....	28
2.2 Nebenprodukte der Sägewerke .....	30
2.2.1 Methode.....	30
2.2.2 Darstellung der Befragungsergebnisse und Hochrechnungen .....	31
2.2.3 Aufkommen von Nebenprodukten in den Sägewerken.....	31
2.2.4 Verwendung Nebenprodukte .....	32
2.2.5 Struktur der Sägewerke in Bayern .....	34
2.2.6 Preisentwicklung bei den Nebenprodukten .....	37
2.2.7 Diskussion.....	37
2.3 Pelletproduktion und –verbrauch.....	40
2.3.1 Methodik.....	40
2.3.2 Pellethersteller und Pelletproduktion.....	40
2.3.3 Verwendung.....	42
2.3.4 Pelletpreise.....	43
2.3.5 Fazit und Trends.....	44
2.4 Altholz – Aufbereitung und Verwendung .....	47
2.4.1 Befragung der Altholzverwerter .....	47
2.4.2 Altholzaufkommen und Altholzverwendung .....	48
2.4.3 Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz .....	49
2.4.4 Entwicklung der Altholzpreise.....	49
2.4.5 Diskussion.....	50
2.5 Kurzumtriebsplantagen.....	51
2.5.1 Flächenbestand und Hackschnitzelaufkommen .....	51
2.5.2 Fazit und Trends.....	51

2.6 Energieholzverbrauch in Privathaushalten .....	53
2.6.1 Methode.....	53
2.6.2 Befragungsergebnisse .....	54
2.6.3 Energieholzverbrauch (Hochrechnung) .....	60
2.6.4 Entwicklung der Investitionen im Gebäudebestand .....	62
2.6.5 Witterung in Bayern.....	66
2.6.6 Diskussion.....	67
2.6.7 Fazit und Trends .....	69
2.7 Mittlere Holzfeuerungen und Biomasseheiz(kraft)werke .....	70
2.7.1 Methodik.....	70
2.7.2 Ergebnisse: Energieholzverbrauch Feuerungsanlagen > 50 kW .....	76
2.7.3 Diskussion.....	89
2.7.4 Fazit und Trends.....	91
2.8 Papier- und Zellstoffindustrie.....	94
2.8.1 Methode.....	94
2.8.2 Holzverbrauch der bayerischen Papierindustrie.....	94
2.8.3 Holzverbrauch der bayerischen Zellstoffindustrie .....	95
2.8.4 Aufkommen und Verbrauch von Altpapier .....	95
2.8.5 Fazit und Trends.....	96
2.9 Holzwerkstoffindustrie.....	97
2.9.1 Methode.....	97
2.9.2 Holzverbrauch der bayerischen Holzwerkstoffindustrie.....	97
2.9.3 Diskussion.....	98
2.9.4 Fazit und Trends.....	98
<b>3 Holzbilanz.....</b>	<b>99</b>
3.1 Aufkommen.....	99
3.2 Verbrauch.....	100
3.3 Außenhandel .....	101
3.4 Bilanzen .....	102
3.5 Klimaschutzbeitrag des Clusters Forst und Holz .....	107
3.6 Stoffstrommodell und Primärenergieverbrauch.....	109
3.7 Schlussfolgerungen .....	111
3.7.1 Ableitung von Maßnahmen und Empfehlungen.....	112
<b>4 Zusammenfassung .....</b>	<b>118</b>
<b>5 Literatur .....</b>	<b>121</b>



# Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: ZUSAMMENSETZUNG DER WALDFLÄCHE IN BAYERN 2012 NACH BAUMARTENGRUPPEN UND ALTER (QUELLE: <a href="https://bwi.info">HTTPS://BWI.INFO</a> ; 77Z1JI_L235OF_2012).....	18
ABBILDUNG 2: HOLZEINSCHLAGSMENGE IN BAYERN DER JAHRE 2006 BIS 2016. (QUELLE: STATISTISCHES BUNDESAMT 2017).....	19
ABBILDUNG 3: HOLZEINSCHLAG NACH WALDBESITZARTEN FÜR DIE JAHRE 2012 BIS 2016 (QUELLE: STATISTISCHES BUNDESAMT 2017).....	19
ABBILDUNG 4: HOLZEINSCHLAG NACH SORTIMENTEN OHNE DAS NICHT VERWERTETE HOLZ (QUELLE: STATISTISCHES BUNDESAMT UND BAYSF AÖR).....	20
ABBILDUNG 5: HOLZEINSCHLAG NACH SORTIMENTEN IM PRIVATWALD NACH BESITZGRÖßENKLASSEN OHNE DAS NICHT VERWERTETE HOLZ (QUELLE: LWF).....	21
ABBILDUNG 6: VERTEILUNG DER GENUTZTEN SORTIMENTE NACH BAUMART. DIE NADELHÖLZER WEISEN DEN GRÖßTEN ANTEIL IN DER STOFFLICHEN NUTZUNG AUF. NEBEN DEM HÖHEREN STAMMANTEIL DER NADELHÖLZER IST DER GRUND AUCH EINE TEILWEISE FEHLENDE STOFFLICHE VERWERTUNGSMÖGLICHKEIT DER LAUBHÖLZER. SONSTIGES LAUBHOLZ IST IN DER BAUMARTENGRUPPE BUCHE ENTHALTEN. ....	22
ABBILDUNG 7: DURCHSCHNITTSPREISE FÜR BAYERISCHES SCHEITHOLZ IN DEN HEIZPERIODEN VON 2007/08 BIS 2017/18 (BRUTTO). NACH STETIGEN PREISSTEIGERUNGEN BIS IN DEN WINTER 2014/15 STAGNIEREN DIE PREISE SEIT DEM (QUELLE: EIGENE ERHEBUNG).....	25
ABBILDUNG 8: DIE PREISE FÜR WALDHACKSCHNITZEL SIND VON 2008 BIS 2014 NAHEZU STETIG GESTIEGEN. DER PREISVERFALL SEIT 2015 DEUTET AUF EIN ÜBERANGEBOT HIN, DESSEN URSACHEN IM NIEDRIGEN BEDARF AUFGRUND DER WARMEN WINTER UND DER ZUSÄTZLICHEN MENGEN DURCH STURMSCHÄDEN UND DIE BORKENKÄFERMASSENVERMEHRUNG GESEHEN WIRD. INNERHALB VON ZWEI JAHREN WURDEN DIE PREISSTEIGERUNGEN DER VORHERIGEN JAHRE NAHEZU AUFGEZEHRT, SO DASS DAS NIVEAU VON 2008 FAST WIEDER ERREICHT IST (QUELLE: C.A.R.M.E.N. E. V.).....	26
ABBILDUNG 9: HEIZÖLPREIS FÜR 100 L HEIZÖL VON 2010 BIS 2017. BIS 2012 IST DER HEIZÖLPREIS GESTIEGEN. ZWISCHEN 2013 UND 2016 SANK ER UM MEHR ALS 50 % UND STIEG BIS 2017 NUR LEICHT AN. (QUELLE: BUNDESAMT FÜR STATISTIK).....	28
ABBILDUNG 10: NEBENPRODUKTE DER SÄGEWERKE. DEN GRÖßTEN ANTEIL HABEN DIE KLASSISCHEN SÄGENEBENPRODUKTE. HOBELSPÄNE FALLEN NUR SEHR WENIGE AN, DA VIELE SÄGEWERKE DAS SCHNITTHOLZ NICHT WEITER VERARBEITEN (QUELLE: EIGENE HOCHRECHNUNG).....	32
ABBILDUNG 11: ANZAHL DER SÄGEWERK IN DEN JEWEILIGEN GRÖßENKLASSEN EINGETEILT NACH DEM EINSCHNITT IM JAHR 2016. INSGESAMT SCHNEIDEN 85 % DER SÄGEWERKE IN BAYERN WENIGER ALS 10.000 FESTMETER EIN UND NUR 10 SÄGEWERKE HABEN EINEN EINSCHNITT ÜBER 200.000 FESTMETER. ....	35
ABBILDUNG 12: DIE MENGE DES EINGESCHNITTENEN RUNDHOLZES IM JAHR 2016 AUF DIE GRÖßENKLASSEN DER SÄGEWERKE VERTEILT. 37 % DER SÄGEWERKE SCHNEIDEN 1 % DES HOLZES EIN (BIS 1.000), DAGEGEN SCHNEIDEN IN DER GRÖßTEN KLASSE 2 % DER BETRIEBE 64 % DES HOLZES EIN. ....	35
ABBILDUNG 13: VERÄNDERUNG IN DER ANZAHL DER SÄGEWERKE IN DEN EINZELNEN GRÖßENKLASSEN VON 2014 ZU 2016. BETRIEBSAUFGABEN FANDEN IN DER ÜBERWIEGENDEN ZAHL DER FÄLLE IN DEN GRÖßENKLASSEN BIS 10.000 FESTMETER STATT. DIE ZUNAHME IN DEN MITTLEREN GRÖßENKLASSEN IST DURCH EINEN ERHÖHTEN EINSCHNITT UND DAMIT KLASSENWECHSEL ZU ERKLÄREN. ....	36
ABBILDUNG 14: PREISENTWICKLUNG VON SÄGENEBENPRODUKTEN ZWISCHEN 2013 UND ANFANG 2018. ZUM JAHRESANFANG 2014 WAR EIN STARKER PREISVERFALL ZU VERZEICHNEN, DER AUCH BIS INS JAHR 2017 NICHT AUSGEGLICHEN WERDEN KONNTE (QUELLE: EUWID 2018B).....	37
ABBILDUNG 15: KARTE DER PELLEETHERSTELLER IN BAYERN (STAND 2016).....	41

ABBILDUNG 16: PREISENTWICKLUNG FÜR HOLZPELLETS, HEIZÖL UND ERDGAS (BRUTTOPREISE; DATENQUELLEN: HOLZPELLETS: C.A.R.M.E.N. E.V.; HEIZÖL UND ERDGAS: STATISTISCHES BUNDESAMT).....	44
ABBILDUNG 17: DIE HOCHGERECHNETE MENGE UND DIE VERWERTUNG VON ALTHOLZ 2016. DER GROßTEIL DES ALTHOLZES MIT KNAPP 371.000 TONNEN WIRD THERMISCH VERWERTET. DIE STOFFLICHE VERWERTUNG STELLT HOHE ANSPRÜCHE AN DIE EIGENSCHAFTEN DES ALTHOLZES UND IST DESWEGEN NICHT BELIEBIG AUSWEITBAR. ....	48
ABBILDUNG 18: ALTHOLZPREISE 2010 BIS 2018 (QUELLE: EUWID) .....	50
ABBILDUNG 19: ANTEILE DER BEFRAGTEN HAUSHALTE IN BAYERN, DIE IM WINTER 2016/2017 NUR HOLZ, ZUM TEIL HOLZ ODER KEINE HOLZ ZUM HEIZEN BENUTZTEN.....	55
ABBILDUNG 20: INSTALLIERTE ANLAGENKOMBINATIONEN IN DEN BAYERISCHEN HAUSHALTEN, DIE HOLZ ALS BRENNSTOFF NUTZEN IM WINTER 2016/2017.....	56
ABBILDUNG 21: IN DEN PRIVATHAUSHALTEN GENUTZTE ENERGIEHOLZSORTIMENTE. MIT 26 % ANTEIL AN DEN GESAMTHAUSHALTEN DOMINIERT DAS SCHEITHOLZ. ....	57
ABBILDUNG 22: HERKUNFT DER VERWENDETEN SCHEITHOLZSORTIMENTE (MEHRFACHNENNUNGEN MÖGLICH). KNAPP 43 % DER HAUSHALTE BEZIEHEN IHR SCHEITHOLZ AUS DEM EIGENEN WALD ODER GARTEN UND SIND SOMIT (TEILWEISE) UNABHÄNGIG VOM SCHEITHOLZMARKT. DIREKT VOM WALDBESITZER ODER VON SPEZIALISIERTEN BRENNHOLZHÄNDLERN BEZIEHEN 59 % DER HAUSHALTE IHR SCHEITHOLZ. IN BAUMÄRKTEN VERSORGEN SICH NUR 4 % DER HAUSHALTE MIT SCHEITHOLZ. ....	58
ABBILDUNG 23: ANSCHAFFUNGEN UND STILLLEGUNGEN VON HOLZHEIZUNGEN SEIT DEM JAHR 2010 UND IN DEN NÄCHSTEN 5 JAHREN GEPLANTE NEUINVESTITIONEN IN EINE HOLZHEIZUNG. ETWA 14.000 HAUSHALTE HABEN AUFGRUND EINER GESETZLICHEN BESTIMMUNG SOWOHL EINE HOLZHEIZUNG STILLGELEGT UND WIEDER ANGESCHAFFT. VON DEN ANSCHAFFUNGEN WURDEN RUND 53.000 IN HÄUSERN GETÄTIGT, DIE ERST NACH 2010 ERRICHTET WURDEN; RUND 8.000 DAVON AUFGRUND GESETZLICHER BESTIMMUNG.....	63
ABBILDUNG 24: PRIMÄRE ENERGIETRÄGER IN NEUGEBAUTEN WOHNGEBÄUDEN IN DEN JAHREN 2011 BIS 2016 IN BAYERN. DER ANTEIL VON HOLZ ALS ENERGIETRÄGER BLEIBT NAHEZU KONSTANT. GROßE ZUWÄCHSE GAB ES BEI DER UMWELTHERMIE (WÄRMEPUMPEN). (QUELLE: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK). ....	64
ABBILDUNG 25: ANZAHL DER NEUGEBAUTEN WOHNGEBÄUDE IN BAYERN DER JAHRE 2003 BIS 2016. AUFGEZEIGT SIND AUCH DIE ANZAHL DER AUS HOLZ GEBAUTEN GEBÄUDE UND DER ANTEIL DES HOLZBAUS AM NEUBAU VON WOHNGEBÄUDEN(QUELLE: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK). ....	65
ABBILDUNG 26: SEKUNDÄRE ENERGIETRÄGER IN WOHNGEBÄUDEN. HOLZ ALS ENERGIETRÄGER ERREICHTE IN DIESEM SEGMENT EINEN STARKEN ZUWACHS. HOLZ WIRD HIER IN DER REGEL IN EINZELRAUMFEUERUNGEN EINGESETZT. NUR WENIGE HAUSHALTE BAUEN EINE ZENTRALHEIZUNG ALS SEKUNDÄRE HEIZANLAGE EIN. (QUELLE: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK). ....	65
ABBILDUNG 27: DIE ANHAND DER BEVÖLKERUNGSVERTEILUNG GEMITTELTEN HEIZGRADTAGE IN BAYERN. DIE ROTE LINIE STELLT DEN MITTELWERT ÜBER DIE GESAMTE PERIODE DAR. ES FÄLLT AUF, DASS DIE JAHRE 2013 BIS 2016 IM VERGLEICH RECHT MILDE WAREN UND DER WINTER 2016 / 2017 DER EINZIGE KALTE WINTER DER VERGANGENEN VIER JAHRE WAR (QUELLE IWU 2018 UND EIGENE BERECHNUNGEN). ....	66
ABBILDUNG 28: ANZAHL DER MIT STANDORT BEKANNTEN BIOMASSEHEIZ(KRAFT)WERKE, DER SCHRIFTLICH BEFRAGTEN ANLAGEN, SOWIE DIE BEFRAGUNGSBETEILIGUNG JEWEILS NACH ANLAGENART.....	74
ABBILDUNG 29: RÄUMLICHE VERTEILUNG DER MIT STANDORT BEKANNTER FEUEERUNGSANLAGEN > 100 KW IN BAYERN .....	76
ABBILDUNG 30: ANTEILE DER UNTERSCHIEDLICHEN LEISTUNGSKLASSEN AM ANLAGENBESTAND ALLER WÄRMEERZEUGER > 50 KW SOWIE DEREN ANTEIL AN DER INSTALLIERTEN THERMISCHEN LEISTUNG	

UND DER ERZEUGTEN WÄRMEMENGE IN BAYERN IM JAHR 2016 (DATENGRUNDLAGE: ERHEBUNG UND HOCHRECHNUNG C.A.R.M.E.N. E.V, ZIV 2017, DBFZ 2017). .....	78
ABBILDUNG 31: HÄUFIGKEIT DER NENNUNGEN ZUR WÄRMENUTZUNG OHNE GEWICHTUNG DER GENUTZTEN WÄRMEMENGE, MEHRFACHNENNUNGEN MÖGLICH (C.A.R.M.E.N.-UMFRAGE 2017, WÄRMEERZEUGER N=524, HEIZKRAFTWERKE (DAMPF/ORC) N=52, HOLZGAS HEIZKRAFTWERK N=30) .....	79
ABBILDUNG 32: ART DER WÄRMENUTZUNG UND DEREN ANTEIL AN DER GENUTZTEN WÄRMEMENGE (C.A.R.M.E.N.-UMFRAGE 2017, WÄRMEERZEUGER N=524, HEIZKRAFTWERKE (DAMPF/ORC) N=52, HOLZGAS HEIZKRAFTWERK N=30) .....	80
ABBILDUNG 33: ANLAGENANZAHL UND INSTALLIERTE ELEKTRISCHE LEISTUNG DER IN BETRIEB BEFINDLICHEN BAYERISCHEN BIOMASSE(HEIZ)KRAFTWERKE.....	81
ABBILDUNG 34: ANTEIL DER UNTERSCHIEDLICHEN TECHNOLOGIEN ZUR STROMERZEUGUNG AUS FESTER BIOMASSE AM ANLAGENBESTAND SOWIE DEREN ANTEILE AN DER INSTALLIERTEN ELEKTRISCHEN LEISTUNG UND PRODUZIERTEN STROMMENGE IN BAYERN .....	83
ABBILDUNG 35: VERTEILUNG DER ELEKTRISCHEN NUTZUNGSGRADEN IN ABHÄNGIGKEIT DER INSTALLIERTEN LEISTUNG UND VERSTROMUNGSTECHNOLOGIE (C.A.R.M.E.N.-UMFRAGE 2017, N=81) .....	84
ABBILDUNG 36: VERTEILUNG DES WÄRMENUTZUNGSGRADEN BEI BIOMASSE(HEIZ)KRAFTWERKEN, UNGEWICHTET (C.A.R.M.E.N.-UMFRAGE 2017, HEIZKRAFTWERKE (DAMPF) N=22, HEIZKRAFTWERKE (ORC) N=26, HOLZGAS HEIZKRAFTWERK N=29) .....	85
ABBILDUNG 37: EINSATZ VON BRENNSTOFFEN NACH DEREN ANTEIL IM JAHR 2016 IN BAYERISCHEN BIOMASSE(HEIZ)KRAFTWERKEN, DIE STROM UND WÄRME PRODUZIEREN (HOCHGERECHNET) .....	87
ABBILDUNG 38: EINSATZ VON BRENNSTOFFEN NACH DEREN ANTEIL IM JAHR 2016 IN BAYERISCHEN BIOMASSEHEIZWERKEN ZUR REINEN WÄRMEPRODUKTION (HOCHGERECHNET) .....	88
ABBILDUNG 39: VERLAUF DER HEIZGRADTAGE (HEIZGRENZTEMPERATUR 15°C) DER ÜBER DIE BEVÖLKERUNGSVERTEILUNG GEMITTELTEN MESSWERTE BAYERISCHER WETTERSTATIONEN,, DER MITTLEREN ERZEUGTEN HOLZBASIERTE WÄRMEMENGE, SOWIE DER MITTLEREN WÄRMEABNAHME VON 82 GEFÖRDERTEN BIOMASSEHEIZWERKEN (QUELLE: IWU 2018, HIENDLMEIER 2018) .....	90
ABBILDUNG 40: PREISINDEX FÜR INDUSTRIEHOLZ BUCHE UND FICHTE VON 2007 BIS 2016. (QUELLE: STATISTISCHES BUNDESAMT) .....	95
ABBILDUNG 41: STANDORTE DER RUNDHOLZVERBRAUCHER IN BAYERN 2016.....	100
ABBILDUNG 42: AUßENHANDEL BAYERNS MIT RUNDHOLZ VON 2006 BIS 2016. 2006 WAR DER AUßENHANDEL GEPRÄGT VOM IMPORT. DOCH DAS ÄNDERTE SICH RASCH UND SEIT 2010 IST BAYERN NETTO EIN IMPORTEUR FÜR RUNDHOLZ. DER GROßTEIL DES GEHANDELTEN RUNDHOLZES IST NADELHOLZ. QUELLE: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK.....	101
ABBILDUNG 43: DIE STOFFSTRÖME DER STOFFLICHEN UND ENERGETISCHEN HOLZVERWENDUNG IN BAYERN 2016 IN MIO. FM M. R. BZW. M <sup>3</sup> IN EINER VEREINFACHTEN DARSTELLUNG .....	109
ABBILDUNG 44: PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH 2015 IN BAYERN NACH ENERGIETRÄGERN. DURCH ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER WURDEN 17,1 % DER PRIMÄRENERGIE ERBRACHT. HOLZ WAR MIT 6,0 % DER BEDEUTENDSTE ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER.....	110

# Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON T ATRO ZU FM M. R. BZW. M <sup>3</sup>	14
TABELLE 2: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON T ATRO ZU FM O. R. BZW. M <sup>3</sup>	14
TABELLE 3: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON T LUTRO ZU FM M. R. BZW. M <sup>3</sup>	15
TABELLE 4: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON RAUMMETER (RM) ZU FM O. R. BZW. M <sup>3</sup>	15
TABELLE 5: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON SCHÜTTTRAUMMETER (SRM) ZU FM O. R. BZW. M <sup>3</sup>	15
TABELLE 6: UMRECHNUNG ENERGIEINHALT T ATRO ZU GJ (AUCH MIO. T ATRO ZU PJ)	15
TABELLE 7: RAUMDICHTENACH KOLLMANN (1982) IN KG TROCKENMASSE PRO FESTMETER OHNE BERÜCKSICHTIGUNG VON TROCKENSCHWIND	16
TABELLE 8: RINDENZUSCHLAG DER HOLZARTEN ZUM EFM O. R.	16
TABELLE 9: GESAMTAUFKOMMEN AN SCHEITHOLZ, WALDHACKSCHNITZELN, INDUSTRIEHOLZ UND STAMMHOLZ IN BAYERN 2016. DIE SUMMEN GEHEN ALS AUFKOMMEN AN WALDHOLZ IN DIE HOLZBILANZ EIN.	22
TABELLE 10: HACKSCHNITZELAUFKOMMEN 2016 NACH ENTSTEHUNGORT	24
TABELLE 11: VERWERTUNG DER SÄGENEBENPRODUKTE ABSOLUT UND IN ANTEILEN DER KLEINEN UND MITTLEREN SÄGEWERKE (KL. SÄGER) UND GROßSÄGEWERKE. DIE VERARBEITUNG DER SÄGENEBENPRODUKTE ZU PELLETS FINDET NUR IN DEN GROßSÄGEWERKEN STATT. KLEINE UND MITTLERE SÄGEWERKE VERKAUFEN DEUTLICH MEHR SÄGENEBENPRODUKTE IN DEN HANDEL. DIE ENERGETISCHE VERWERTUNG IM EIGENEN WERK UND DER VERKAUF ZUR STOFFLICHEN NUTZUNG LIEGENBEI BEIDEN KOLLEKTIVEN AUF EINEM ÄHNLICH HOHEN NIVEAU.	33
TABELLE 12: VERWERTUNG DER RINDE ABSOLUT UND IN ANTEILEN DER KLEINEN UND MITTLEREN SÄGEWERKE (KL. SÄGER) UND GROßSÄGEWERKE. BEI DEN GROßSÄGEWERKEN ÜBERWIEGT DIE ENERGETISCHE VERWERTUNG IM EIGENEN WERK, WÄHREND DIE KLEINEN UND MITTLEREN SÄGER DIE RINDE ÜBERWIEGEND ALS RINDENMULCH VERKAUFEN. DER VERKAUF INSGESAMT NIMMT DORT EINEN ANTEIL VON 94 % EIN.	33
TABELLE 13: HOCHGERECHNETE ANZAHL UND EINSCHNITT DER KLEINEN UND MITTLEREN SÄGEWERKE IM JAHR 2016.	34
TABELLE 14: ANTEIL DER JEWEILIGEN GRÖßENKLASSEN AN DER GESAMTANZAHL UND AM -EINSCHNITT DER SÄGEWERKE IN BAYERN. ES GIBT IN BAYERN SEHR VIELE KLEINE SÄGEWERKE, DIE OFT AUCH IM NEBENERWERB GEFÜHRT WERDEN. SEHR WENIGE GROßE SÄGEWERKE DOMINIEREN DEN MARKT.	36
TABELLE 15: PRODUKTION, VERBRAUCH UND EXPORT VON PELLETS IN BAYERN 2016	43
TABELLE 16: ANTEILE DER HEIZUNGSKOMBINATIONEN IN DER HAUSHALTUMFRAGE VON 2016 UND DIE HOCHRECHNUNGEN AUF DIE ANZAHL DER HAUSHALTE IN BAYERN.	56
TABELLE 17: ENERGIEHOLZVERBRAUCH NACH HAUSHALTSGRÖßENKLASSEN IM JAHR 2016. HAUSHALTE MIT EINER ZENTRALHEIZUNG VERBRAUCHEN DAS 2,8 BIS 4,2-FACHE ENERGIEHOLZVOLUMEN WIE HAUSHALTE MIT EINZELRAUMFEUERUNGEN. UNTER ZENTRALHEIZUNGEN SIND AUCH DIE HAUSHALTE ENTHALTEN, DIE NEBEN DER ZENTRALHEIZUNG EINE EINZELRAUMFEUERUNG BESITZEN. UNTER EINZELRAUMFEUERUNG SIND DIE HAUSHALTE AUSGEWERTET, DIE NUR EINE EINZELRAUMFEUERUNG BESITZEN.	59
TABELLE 18: ENERGIEHOLZVERBRAUCH DER HAUSHALTE, DIE NUR MIT HOLZ HEIZEN. EINZELRAUMFEUERUNGEN, DIE NUR MIT HOLZ HEIZEN, VERBRAUCHEN DAS 1,7-FACHE ENERGIEHOLZVOLUMEN DES DURCHSCHNITTSVERBRAUCHS ÜBER ALLE EINZELRAUMFEUERUNGEN. BEI ZENTRALHEIZUNGEN BETRÄGT DIESER WERT NUR DAS 1,2-FACHE. UNTER ZENTRALHEIZUNGEN SIND AUCH DIE HAUSHALTE ENTHALTEN, DIE NEBEN DER ZENTRALHEIZUNG EINE EINZELRAUMFEUERUNG BESITZEN. UNTER EINZELRAUMFEUERUNG SIND DIE HAUSHALTE AUSGEWERTET, DIE NUR EINE EINZELRAUMFEUERUNG BESITZEN.	59
TABELLE 19: VERTEILUNGSMAßE DER ENERGIEHOLZSORTIMENTE AUS DER UMFRAGE 2016. FÜR DIE AUSWERTUNG WURDEN NUR DIE HAUSHALTE BERÜCKSICHTIGT, DIE DAS JEWEILIGE SORTIMENT	

VERWENDEN. DIESE ZAHLEN WURDEN NICHT FÜR DIE HOCHRECHNUNG DES GESAMTVERBRAUCHS GENUTZT, SONDERN SIND NUR NACHRICHTLICH ENTHALTEN.	60
TABELLE 20: ENERGIEHOLZVERBRAUCH PRO FLÄCHE. HAUSHALTE MIT ZENTRALHEIZUNGEN VERBRAUCHEN DIE 1,3 BIS 1,9-FACHE MENGE AN ENERGIEHOLZ PRO FLÄCHENEINHEIT DER HAUSHALTE MIT EINZELRAUMFEUERUNGEN. UNTER ZENTRALHEIZUNGEN SIND AUCH DIE HAUSHALTE ENTHALTEN, DIE NEBEN DER ZENTRALHEIZUNG EINE EINZELRAUMFEUERUNG BESITZEN. UNTER EINZELRAUMFEUERUNG SIND DIE HAUSHALTE AUSGEWERTET, DIE NUR EINE EINZELRAUMFEUERUNG BESITZEN.	60
TABELLE 21: VERBRAUCH DER EINZELNEN ENERGIEHOLZSORTIMENTE IN DEN BAYERISCHEN PRIVATHAUSHALTEN IN DER HEIZPERIODE 2016/2017.	62
TABELLE 22: ELASTIZITÄT DER VERBRAUCHSÄNDERUNG ZUR WITTERUNG. EIN WERT VON 1 BEDEUTET, DASS SICH DER VERBRAUCH IM GLEICHEN VERHÄLTNIS ZUR WITTERUNG ÄNDERT, EIN WERT DARUNTER, DASS DER WITTERUNGUNTERSCHIED GRÖßER IST ALS DER DES VERBRAUCHS PRO BEHEIZTER FLÄCHE.	67
TABELLE 23: BIOMASSEEINSATZ IN BAYERISCHEN HOLZFEUERUNGEN > 50KW FÜR DAS JAHR 2016 NACH ANLAGENART, DEREN ANTEIL AM VERBRAUCH SOWIE AN DER ANLAGENZAHL (HOCHGERECHNET UND GERUNDET)	77
TABELLE 24: ELEKTRISCHE LEISTUNGSBEREICHE VERSCHIEDENER TECHNOLOGIEN ZUR STROMERZEUGUNG AUS HOLZBRENNSTOFFEN IN BAYERN (C.A.R.M.E.N.-DATENBANK UND UNBEKANNTER ANLAGENBESTAND HOLZVERGASER GEMÄß HERSTELLERANGABEN, N=320)	83
TABELLE 25: ENERGIEHOLZVERBRAUCH IN BAYERISCHEN BIOMASSEHEIZ(KRAFT)WERKEN FÜR DAS JAHR 2016, (HOCHGERECHNET)	86
TABELLE 26: HOLZBILANZ FÜR BAYERN IN FESTMETERN MIT RINDE (FM M. R.) BZW. M <sup>3</sup> DER JAHRE 2012, 2014 UND 2016	104
TABELLE 27: HOLZBILANZ FÜR BAYERN IN TONNEN ABSOLUT TROCKEN (T ATRO) DER JAHRE 2012, 2014 UND 2016	105
TABELLE 28: HOLZBILANZ FÜR BAYERN IN PETAJOULE (PJ) DER JAHRE 2012, 2014 UND 2016	106
TABELLE 29: KLIMASCHUTZBEITRAG DES CLUSTERS FORST UND HOLZ IN BAYERN IN DEN JAHREN 2010, 2012, 2014 UND 2016 IM VERGLEICH.	108

# Abkürzungsverzeichnis

Altholzv	Altholzverordnung
atro	absolut trocken (Darrgewicht)
AÖR	Anstalt öffentlichen Rechts
BaySF	Bayerische Staatsforsten
BWI	Bundeswaldinventur
C.A.R.M.E.N. e. V.	Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Energie-Netzwerk e. V.
DBFZ	Deutsches Biomasse Forschungszentrum
DWD	Deutscher Wetterdienst
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
Efm o. R.	Erntefestmeter ohne Rinde
Fm	Festmeter
Fm m. R.	Festmeter mit Rinde
GW <sub>th</sub>	Gigawatt thermisch
ha	Hektar
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
KUP	Kurzumtriebsanlage
kW <sub>el</sub>	Kilowatt elektrisch
kW <sub>th</sub>	Kilowatt thermisch
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LIV	Landesinnungsverband des Bayerischen Kaminkehrerhandwerks
lutro	lufttrocken
LWF	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NGO	Non-governmental organization (Nichtregierungsorganisation)
MDF	mitteldichte Holzfasern
Mio.	Millionen
MJ	Megajoule
MWh	Megawattstunde
MW <sub>el</sub>	Megawatt elektrisch
MW <sub>th</sub>	Megawatt thermisch
N	Anzahl (statistisch)
ORC	Organic-Rankine-Cycle
OSB	oriented strand board
PJ	Petajoule
Rm	Raummeter
Srm	Schüttraummeter
StMELF	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

t	Tonne
TFZ	Technologie- und Förderzentrum Straubing im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
TMP	thermomechanischer Holzstoff zur Papiererzeugung
TWh	Terawattstunden
VDP	Verband Deutscher Papierfabriken
VBS	Verband der Bayerischen Entsorgungsunternehmen e.V.
WG	Wassergehalt
ZIV	Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsver- band



# 1 Einleitung

Das Ziel der Energiewende ist, das Zeitalter der erneuerbaren Energien so schnell wie möglich zu erreichen. Künftig werden die erneuerbaren Energien vor allem die Kernkraft und Kohle als Energieträger ersetzen. Die Energiewende soll auch über eine höhere Energieeffizienz erreicht werden. Hier gibt es vor allem beim Heizen von Wohnraum Möglichkeiten, Energie einzusparen. Die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger geht allerdings mit einem Strukturwandel einher:

- Es gibt mehr und kleinere Anlagen als bisher, welche dezentral über das ganze Land verstreut sind. Das Energiemanagement wird dadurch anspruchsvoller.
- „Sonne, Wind & Co. erzeugen Energie unbeständiger als fossile Großkraftwerke, weil die Produktion jeweils abhängig vom Wetter ist. Deshalb muss die Energie aus Spitzenzeiten geschickt verteilt und/oder gespeichert werden, um auch bei Flaute hinreichend Energie anbieten zu können. Speicher und intelligente Netze müssen dazu weiterentwickelt werden. Für dennoch ungedeckten Bedarf muss es flexible Kraftwerke geben, die schnell hochgefahren werden können“ (BUNDESREGIERUNG 2018).

In Bayern wurde der Umbau der Energieversorgung seit der Verabschiedung des Energiekonzeptes 2011 stark vorangetrieben. Beim Energieverbrauch zur Wärmebereitstellung und im Verkehr konnte der Anteil der erneuerbaren Energien im Zeitraum 2010 bis 2014 um rund 19,5 Prozent erhöht werden (STMWI 2016).

Biomasse ist im Gegensatz zu den wetterabhängigen Energiequellen, wie Wind und Sonne, als Primärenergieträger ohne weitere Umwandlung transportier- und speicherbar. Dadurch kann sie stets bedarfsgerecht, in fester und flüssiger Form oder als Gas, in zahlreichen Anwendungen eingesetzt werden. Bioenergie kann dadurch Schwankungen der volatilen erneuerbaren Energien ausgleichen und zur Versorgungssicherheit beitragen. Insbesondere im ländlichen Raum stärkt die Nutzung von Bioenergie die regionale Wirtschaftskraft (STMWI 2016).

Flexibilität wird als die wichtigste Eigenschaft im Strommarkt der Zukunft angesehen – sowohl auf der Erzeuger- als auch der Verbraucherseite (BMW 2017). Das Gesamtsystem muss sich somit an steigende Leistungsänderungen bei gleicher Dauer anpassen, um den zunehmenden Anteil erneuerbarer Energien effizient in die Strommärkte und in das Stromversorgungssystem zu integrieren und Versorgungssicherheit zu gewährleisten (BUNDESNETZAGENTUR 2017A). Die bisherige Förderung der erneuerbaren Energien – auch der Stromerzeugung in mit Biomasse betriebenen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen – wird dabei als Hemmnis gesehen, da eine starre Förderung die Preissignale des Marktes außer Kraft setzt und so die Flexibilität hemmt (BUNDESNETZAGENTUR 2017A). Hieraus entstehen neue Herausforderungen, denn bisherige Anlagenkonzepte sind vermutlich nicht mehr wirtschaftlich zu betreiben und müssen neu entwickelt werden (KRIZ 2015). Dadurch verändern sich Stoffströme in der Gesellschaft, wovon auch das Energieholz betroffen ist. Die fortwährende Beobachtung dieser Veränderungen ist Grundvoraussetzung um den Erfolg der Maßnahmen und Förderungen abschätzen zu können.

Der Energieholzmarkt wird seit 2010 in einem zweijährigen Turnus von der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und dem Centralen Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e. V. (C.A.R.M.E.N. e. V.) untersucht (FRIEDRICH ET AL. 2012; GAGGERMEIER ET AL. 2014; WEIDNER ET AL. 2016). Vorher wurde die Marktbetrachtung nur alle fünf Jahre durchgeführt

(WAGNER UND WITTKOPF 2000; BAUER ET AL. 2006). Die Ergebnisse für das Jahr 2016 werden im Folgenden beschrieben.

Der Abschlussbericht „Energieholzmarkt Bayern 2016“ gliedert sich wie folgt:

- In Kapitel zwei werden die Ergebnisse dargestellt.
- In Kapitel drei wird die Holzbilanz für das Jahr 2016 für Bayern aufgestellt. Darüber hinaus wird aus der Holzbilanz die Klimaschutzleistung des Clusters Forst und Holz in Bayern errechnet.
- Kapitel vier fasst den Bericht zusammen.

## 1.1 Zielsetzung

Ziel des Berichtes zum Energieholzmarkt Bayern 2016 ist die Bereitstellung von aktuellen Daten und Informationen zum Aufkommen und Verbrauch an Energieholzsortimenten, die in einem Bottom-up Verfahren von einzelnen Betrieben erhoben und aggregiert wurden. Weiterhin werden aktuelle Entwicklungen des Energieholzmarktes erfasst und ihre Auswirkungen beschrieben. Zielpublikum des Berichtes sind Politik, Wissenschaft aber auch die Marktteilnehmer selbst.

## 1.2 Untersuchungsraum und -zeit

Als Bezugszeitraum der Studie wurde das Kalenderjahr 2016 festgelegt. Nur für die Privathaushaltumfrage wurde der Zeitraum auf die Heizperiode im Winter 2016/17 verändert. Als Bezugsraum wurde das Bundesland Bayern gewählt. Die Datenerhebung wurde analog zu den Energieholzmarktberichten aus den Jahren 2010, 2012 und 2014 bei folgenden Kollektiven durchgeführt:

- 1.000 repräsentative Privathaushalte in Bayern (Telefoninterview)
- Schriftliche Befragung der bayerischen Sägewerke
- Literaturrecherche zur Papier- und Zellstoffindustrie
- Literaturrecherche zu Holzwerkstoffindustrie
- Schriftliche Befragung der Altholzaufbereiter
- Schriftliche Befragung der Hackerunternehmer
- Schriftliche Befragung der Hersteller von Pellets
- Schriftliche Befragung der Biomasseheiz(kraft)werke

## 1.3 Umrechnungsfaktoren

Die Energieholzsortimente werden in unterschiedlichen Einheiten gehandelt. Die Mengen wurden in den Abfragen in den gehandelten Einheiten erfasst, um die Fragestellungen einfach zu halten. Die Handelssortimente wurden anschließend in die Bezugseinheit Festmeter (Fm) umgerechnet. Der Begriff „Festmeter“ steht im Bericht für den Erntefestmeter ohne Rinde (Efm o. R.). Er umfasst damit nur die oberirdische Holzmasse, die größer 7 cm ist, also Derbholz. Sortimente, bei denen die Rinde mitverwendet wird, wie zum Beispiel Scheitholz oder Hackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen werden im Bericht in Festmeter mit Rinde (Fm m. R.) angegeben. Bei den Sortimenten Pellets, Briketts und Sägenebenprodukte steht der Kubikmeter für das

Rohholz, das für die Produktion benötigt wird. Das lose geschüttete oder geschichtete Verkaufssortiment ist für Pellets oder Sägenebenprodukte der Schüttraummeter und für Briketts der Raummeter, diese werden anhand der Lagerungsdichte in Rohholz umgerechnet. Beispielsweise liegt die mittlere Schüttdichte von Pellets bei 650 kg/srm (KALTSCHMITT ET AL. 2009), was dem absolut trocknen Gewicht von 1,7 Fm Fichtenholz (Raumdichte) entspricht.

Für die Gewichtseinheiten wurde die Raumdichte nach Kollmann (1982) verwendet, das bedeutet das die Trockenmasse je Festmeter ohne Trockenschwund angesetzt wurde. Für die Sägenebenprodukte und die Rinde wurde die Raumdichte der jeweiligen Baumart angesetzt. War bei einem Sortiment die Zusammensetzung der Holzart nicht bekannt, dann wurde mit der Raumdichte von Rohholz, welche nach der Baumartenzusammensetzung der Holzeinschlagsstatistik gewichtet wurde, umgerechnet. Zur Berechnung des Energieinhalts der Sortimente wurden die Angaben zum Heizwert aus KALTSCHMITT ET AL. (2009) übernommen. Für Nadelholz wurde der Wert von Fichte, für Laubholz der von Buche angesetzt. Konnten die Anteile nicht ermittelt werden, wurden zwei Drittel Nadelholz und ein Drittel Laubholz angenommen. Die Umrechnungsfaktoren zu den verschiedenen Sortimenten sind im Folgenden aufgeführt:

Tabelle 1: Umrechnungsfaktoren von t atro zu Fm m. R. bzw. m<sup>3</sup>

Sortiment	Faktor
Erntemasse Kurzumtriebsplantagen	2,832
Scheitholz (nach Baumartenzusammensetzung des Energieholzes in der Holzeinschlagsstatistik)	2,25
Flur- und Siedlungsholz (LPM)	2,3
Pellets	2,6
Briketts	2,6
Altholz	2,3
Hackschnitzel	2,5
Sägenebenprodukte	2,5
Rinde	2,5

Tabelle 2 Umrechnungsfaktoren von t atro zu Fm o. R. bzw. m<sup>3</sup>

Sortiment	Faktor
Nadelholz (Fichte)	2,6
Laubholz (Buche)	1,8
Rohholz	2,5
Fichte	2,6
Kiefer	2,3
Eiche	1,8
Buche	1,8
s. Laubholz	2,0

Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren von t lutro zu Fm m. R. bzw. m<sup>3</sup>

Sortiment	Faktor
Scheitholz (WG = 15 %)	1,9
Pellets (WG = 10 %)	2,4
Briketts (WG = 10 %)	2,4
Altholz (WG = 15 %)	1,9

Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren von Raummeter (Rm) zu Fm o. R. bzw. m<sup>3</sup>

Sortiment	Faktor
Scheitholz	0,7
Briketts	1,8
Altholz	0,7

Tabelle 5: Umrechnungsfaktoren von Schüttraummeter (Srm) zu Fm o. R. bzw. m<sup>3</sup>

Sortiment	Faktor
Scheitholz	0,5
Hackschnitzel	0,4
Sägenebenprodukte	0,4
Pellets	1,7

Tabelle 6: Umrechnung Energieinhalt t atro zu GJ (auch Mio. t atro zu PJ)

Sortiment	Faktor
Fichte (mit Rinde)	18,8
Buche (mit Rinde)	18,4
Mischung 2 /3 zu 1/3	18,67
Pappel (Kurzumtrieb)	18,5

Tabelle 7: Raumdichte nach Kollmann (1982) in kg Trockenmasse pro Festmeter ohne Berücksichtigung von Trockenschwind

Sortiment	Faktor
Fichte	379
Kiefer	431
Buche	558
Eiche	526
Sonstiges Laubholz	503 <sup>1</sup>

Tabelle 8: Rindenzuschlag der Holzarten zum Efm o. R.

Sortiment	Faktor
Fichte	11,1%
Kiefer	16,9%
Buche	4,7%
Eiche	21,6%
Sonstiges Laubholz	19,2%

Die Rindenanteile wurden aus den Daten der dritten Bundeswaldinventur (BWI) für den Vorrat des Hauptbestandes in Bayern abgeleitet. Als Ernteverlust wurde 10 % vom Vfm über alle Baumarten angenommen.

---

<sup>1</sup> Nach dem Baumartenvorrat aus der dritten Bundeswaldinventur gewichteter Mittelwert

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Waldenergieholz

2,6 Mio. ha Bayerns sind von Wald bedeckt. Kein anderes Bundesland verfügt über eine größere Waldfläche. Die Waldfläche gehört rund 700.000 natürlichen oder juristischen Personen. 2,1 % der Waldfläche gehört der Bundesrepublik Deutschland, 12,4 % den Kommunen und 29,8 % dem Freistaat Bayern. Im Privateigentum befindet sich 55,7 % der Waldfläche, wovon der größte Teil im Besitz von Klein- und Kleinstbetrieben ist. Der Holzvorrat beläuft sich auf 987 Mio. Vorratsfestmeter (Vfm) oder 396 Vorratsfestmeter pro Hektar (Vfm/ha) Wald. Auf 42 % der Waldfläche wächst die Fichte und die Kiefer steht auf 17%. Die häufigsten Laubbaumarten sind die Buche mit 14 % und die Eiche mit 7 %. Andere Laubhölzer mit hoher und mit niedriger Lebenserwartung bedecken 7 % bzw. 8 % (LWF 2014).

#### 2.1.1 Methode

Grundlage für die Frage nach dem Holzeinschlag ist das Agrarstatistikgesetz. Danach sind die Erzeugerbetriebe aller Besitzarten verpflichtet, jährlich Auskunft über die eingeschlagenen Holz mengen sowie über den Schadholzanteil und die Schadensursache zu geben. Seit 1999 führt die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten diese Erhebung durch. Dazu wurde ein mit dem Waldbesitzerverband und dem Bauernverband abgestimmtes Erhebungsverfahren mittels Fragebögen entwickelt. Grundlegender Unterschied zur Erhebung in den anderen Bundesländern ist, dass in Bayern die Teilnahme ausschließlich freiwillig erfolgt und die LWF auf die Unterstützung durch interessierte Waldeigentümer angewiesen ist. Das bedeutet: Kein Waldbesitzer ist verpflichtet, den Fragebogen auszufüllen. Dem Datenschutz wird dadurch Rechnung getragen, dass die erhobenen Daten anonym behandelt, keinem Dritten zugänglich gemacht oder für andere Zwecke verwendet werden. Im Januar jeden Jahres schicken Mitarbeiter der LWF die Fragebögen zum Holzeinschlag des Vorjahres an rund 1.250 Waldbesitzer. Der Teilnehmerkreis reicht dabei vom mehrjährig bei der Holznutzung aussetzenden Kleinprivatwald mit einer Eigentumsfläche von wenigen hundert Quadratmetern bis zum Großprivatwaldunternehmen mit über tausend Hektar. Nachdem die Daten aller rücklaufenden Fragebögen an der LWF zusammengefasst und berechnet wurden, wird das Ergebnis an das Bayerische Landesamt für Statistik weitergeleitet. Über das Landesamt gehen die Daten an das Statistische Bundesamt, wo die Ergebnisse aller Bundesländer zusammengeführt werden und letztendlich im Agrarbericht des Bundes erscheinen (STMELF 2017). 2016 nahmen rund 380 Körperschaftswaldbetriebe und 630 Privatwaldbetriebe an der Erhebung teil (HASTREITER 2018).

#### 2.1.2 Holznutzungspotenziale

Das jährliche Nutzungspotenzial in Bayern wurde auf der Datengrundlage der dritten Bundeswaldinventur hergeleitet und beträgt im Zeitraum 2013 bis 2027 insgesamt durchschnittlich 20,5 Mio. Efm o. R. bzw. 22,6 Mio. Efm m. R. (BORCHERT ET AL. 2016). Das daraus abgeleitete Energieholzpotenzial umfasst knapp 8,9 Mio. Efm m. R. pro Jahr (WEIDNER ET AL. 2016). Diesen Nutzungspotenzialen liegt ein Szenario zugrunde, nach dem die Holzvorräte auf dem bestehen-

den sehr hohen Niveau gehalten werden sollen. Aus Abbildung 1 ist ersichtlich, dass bei den Nadelbäumen viele Wälder bereits in einem Alter sind, in dem große Holzvorräte vorhanden sind. Vor allem bei der Fichte ist die Ernte in den alten Wäldern dringend, damit die Holzvorräte nicht weiter ansteigen und eine neue Generation von Bäumen entstehen kann. Die neue Waldgeneration soll aus Mischwäldern bestehen, die an die veränderten Klimabedingungen angepasst sind (Waldumbau). Ein längeres Warten bei der Verjüngung der Fichtenwälder erhöht das Risiko von Sturmwürfen und Borkenkäferschäden. Inzwischen haben BORCHERT UND RENNER (2018) das Holznutzungspotenzial für Bayern neu modelliert, wobei die Auswirkungen dieses konsequenten Waldumbaus abgebildet werden sollten. Danach könnten die Holznutzungen zunächst auf mehr als 26 Mio. Efm o. R. pro Jahr ansteigen, würden nach 20 Jahren auf etwa 16,5 Mio. Efm o. R. sinken und auf diesem Niveau schließlich stabil bleiben. Der in den Wäldern vorhandene lebende Holzvorrat würde vorübergehend etwas sinken, dann aber auf einem Niveau stabil bleiben, das immer noch höher ist, als zum Zeitpunkt der ersten Bundeswaldinventur (1987). Es wird gegenwärtig noch untersucht, wie sich dies Nutzungsszenario auf das Energieholzpotenzial auswirken könnte.

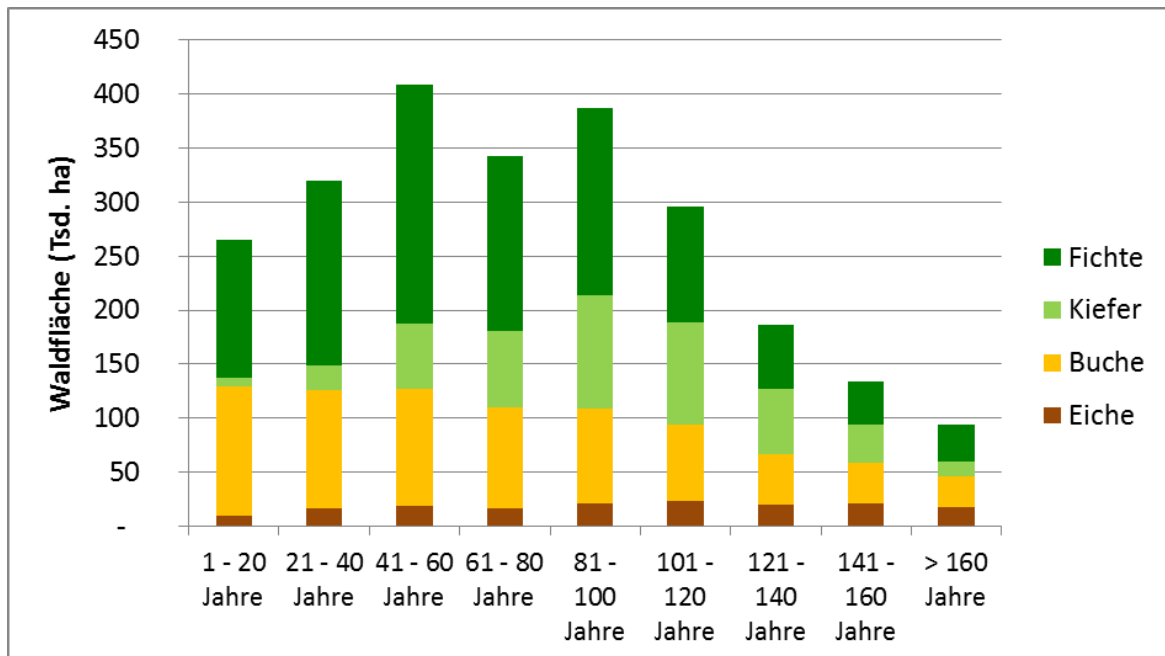


Abbildung 1: Zusammensetzung der Waldfläche in Bayern 2012 nach Baumartengruppen<sup>2</sup> und Alter (Quelle: [https://bwi.info; 77Z1JI\\_L235of\\_2012](https://bwi.info; 77Z1JI_L235of_2012)).

### 2.1.3 Rohholzaufkommen

Die offizielle Holzeinschlagsmenge für das Jahr 2016 beträgt 15,65 Mio. Festmeter o. R. und liegt damit deutlich unter den 18,57 Mio. Festmetern o. R. aus dem Jahr 2015. Die Einschlagsmengen der Jahre 2006 bis 2016 sind in Abbildung 2 dargestellt. Im Vergleich der aufgeführten Jahre ist der Einschlag auf einem unterdurchschnittlichen Niveau. Nur 2012 wurde weniger

<sup>2</sup> Baumartengruppen: Fichte (Fichte, Tanne und Douglasie), Kiefer (Kiefer und Lärche), Eiche, Buche (Buche und sonstige Laubbäume).



eingeschlagen. Abbildung 3 zeigt die Einschlagsverteilung der Besitzarten in den Jahren 2012 bis 2016.

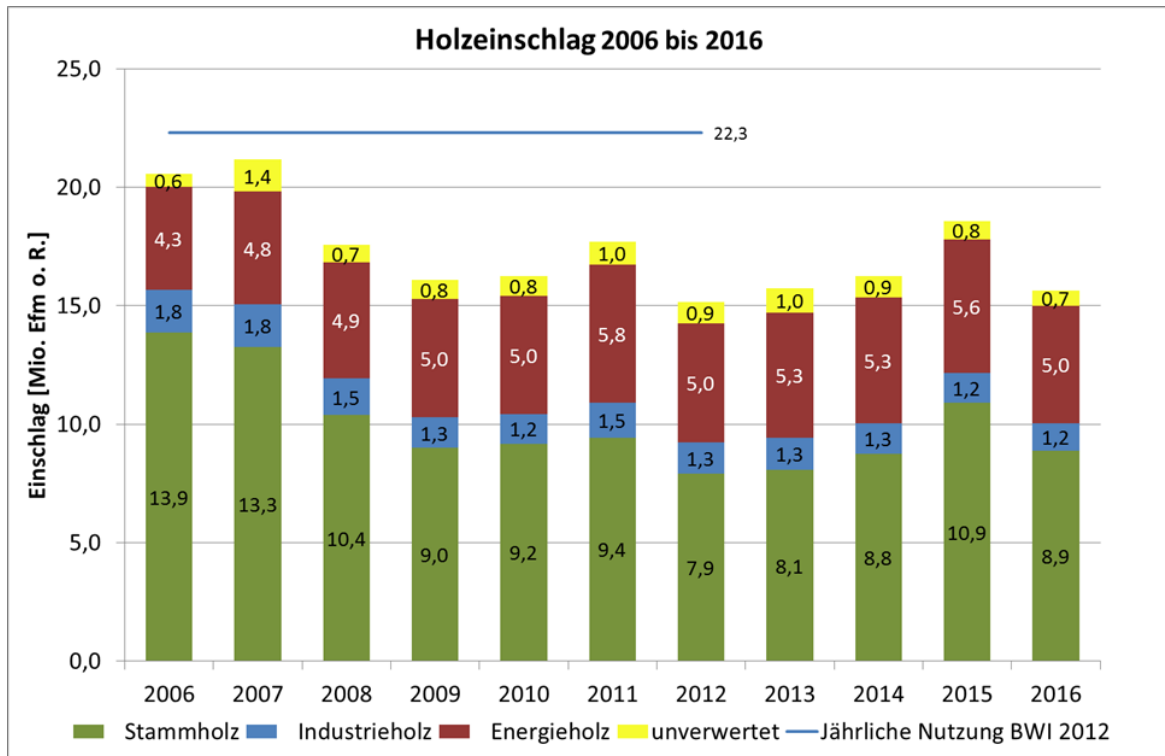


Abbildung 2: Holzeinschlagsmenge in Bayern der Jahre 2006 bis 2016. (Quelle: Statistisches Bundesamt 2017)

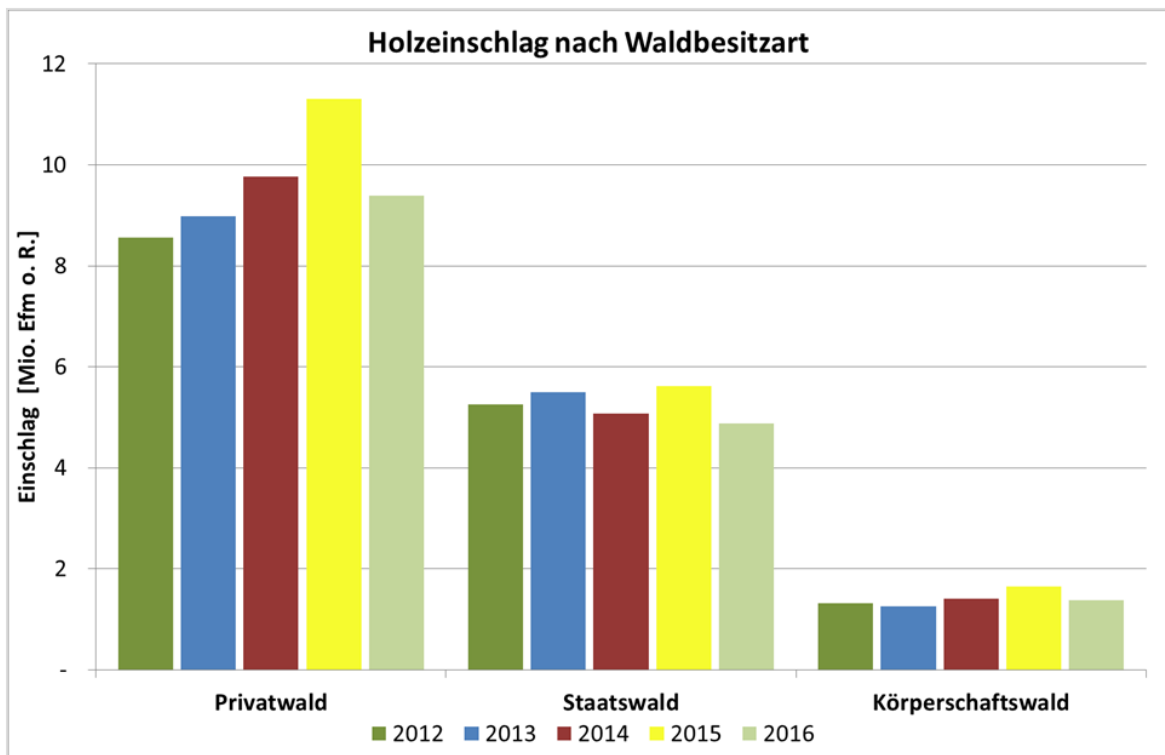


Abbildung 3: Holzeinschlag nach Waldbesitzarten für die Jahre 2012 bis 2016 (Quelle: Statistisches Bundesamt 2017).

Die Veränderungen der Holzeinschlagsmengen sind vornehmlich auf das Einschlagsverhalten der Privatwaldbesitzer zurückzuführen. Von 2012 bis 2014 stieg die Einschlagsmenge um insgesamt ca. 1,1 Mio. Efm o. R. 2015 erhöhte sich diese Menge nochmal um 1,5 Mio. Efm o. R., um

dann 2016 wieder um 1,9 Mio. Efm o. R. zu sinken. Auffallend ist die große Einschlagsmenge des Privatwaldes im Jahr 2015, das auch im Staats- und Kommunalwald höhere Einschlagsmengen zeigt. Ursache hierfür war das Sturmtief Niklas, das Ende März 2015 knapp 4 Mio. Festmeter Sturmholz verursachte, dem dann noch eine Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer folgte, die bis ins Jahr 2017 anhielt.

Die prozentuale Sortimentsbereitstellung getrennt nach den Waldbesitzarten ist in Abbildung 4 dargestellt. Es wird deutlich mehr Stammholz und damit weniger Energieholz im Körperschafts- und Staatswald in Bayern ausgehalten. Allerdings ist die Verteilung innerhalb des Privatwaldes deutlich unterschiedlich. Deswegen wurde dieselbe Betrachtung für verschiedene Besitzgrößen des Privatwaldes in Abbildung 5 dargestellt.

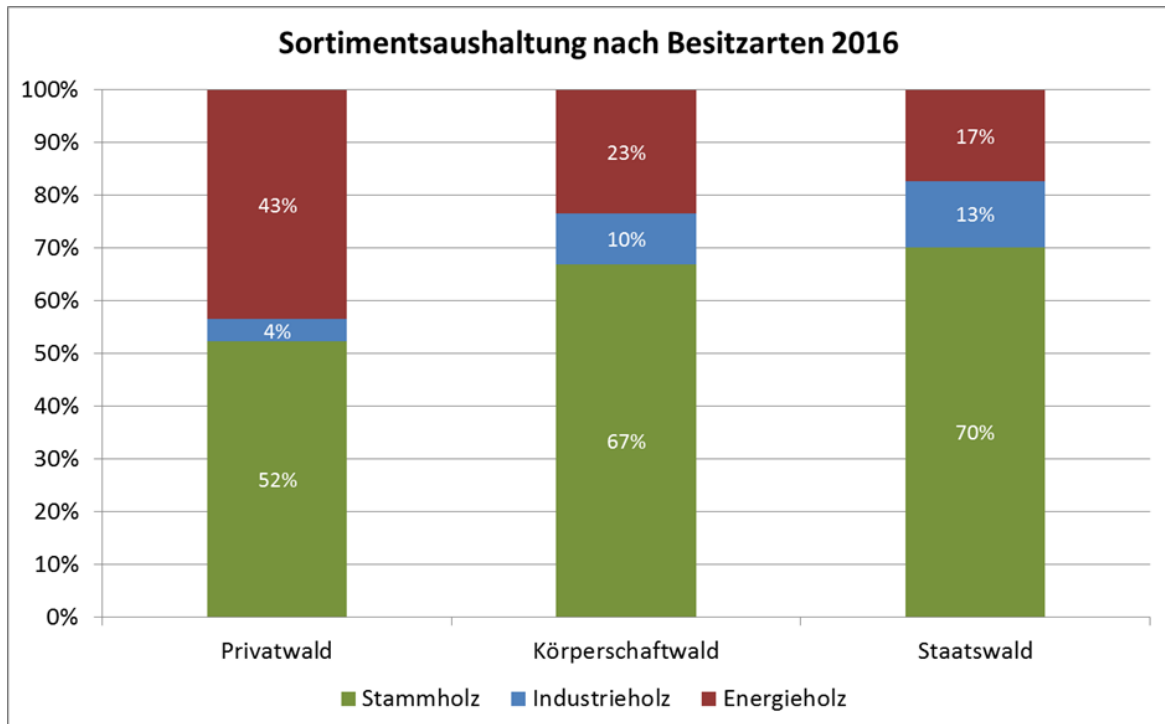


Abbildung 4: Holzeinschlag nach Sortimenten ohne das nicht verwertete Holz (Quelle: Statistisches Bundesamt und BaySF AÖR).

Die Menge des bereitgestellten Stammholzes nimmt mit der Betriebsgröße zu. Walbesitzer mit über 100 ha halten über 74 % des verkauften Holzes als Stammholz und nur knapp 15 % als Energieholz aus. Die Waldbesitzer mit weniger als 20 ha dagegen halten nur knapp 46 % als Stammholz und fast 51 % als Energieholz aus. Da letztere Gruppe knapp 65 % der bayerischen Privatwaldfläche bewirtschaftet, ist der Einfluss auf das Gesamtergebnis dementsprechend groß.

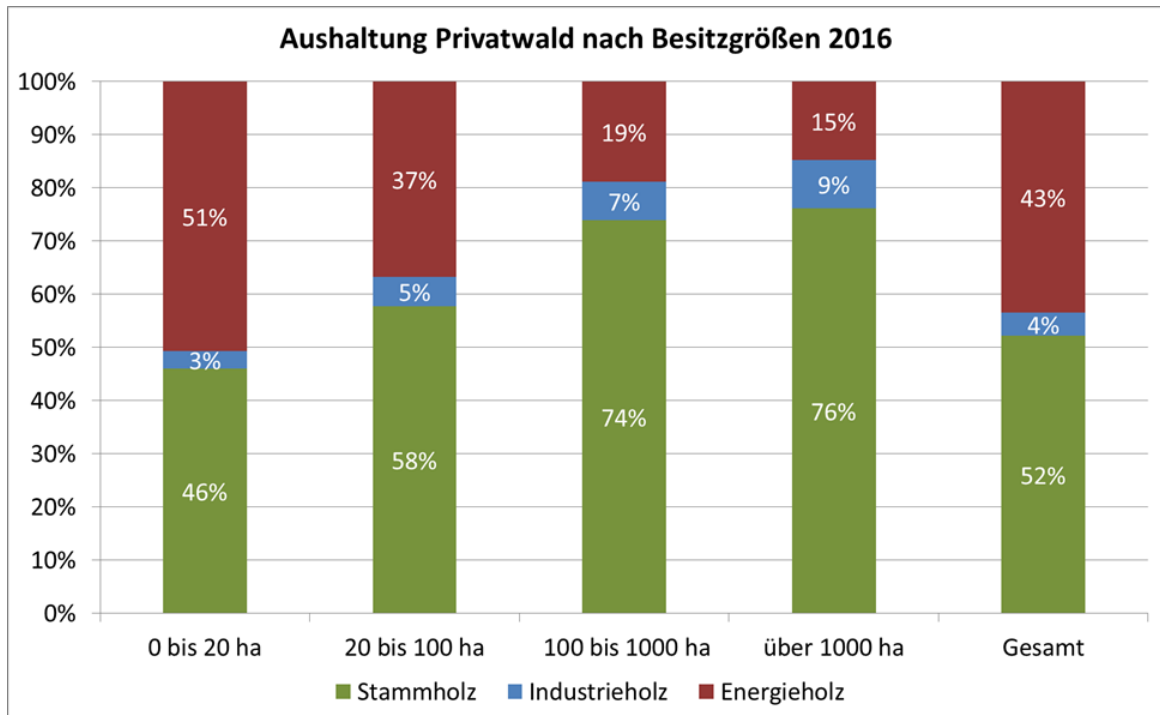


Abbildung 5: Holzeinschlag nach Sortimenten im Privatwald nach Besitzgrößenklassen ohne das nicht verwertete Holz (Quelle: LWF).

#### 2.1.4 Energieholzaufkommen aus dem Wald 2016

Im Jahr 2016 wurde insgesamt 5,16 Mio. Festmeter o. R. als Energieholz genutzt. Das entspricht 33 % des Gesamteinschlags von 15,66 Mio. Festmetern o. R. Dieser Wert wurde aus den Daten des Statistischen Bundesamtes für den Privat-, Kommunal-, und Bundeswald entnommen, für den Staatswald Bayerns aus der Holzverkaufstatistik der Bayerischen Staatsforsten<sup>3</sup>.

Diese Menge wird noch um die Rinde erhöht, weil das Rohholz in der Regel mitsamt der Rinde aus den Wäldern transportiert wird<sup>4</sup>. Daraus ergibt sich ein endgültiges Energieholzangebot aus dem Wald von 5,75 Mio. Festmetern mit Rinde. Das Energieholz wird zu 63 % als Scheitholz und zu 37 % als Hackschnitzel vermarktet (Tabelle 9).

<sup>3</sup> Die Bayerischen Staatsforsten verbuchen in der Holzeinschlagsstatistik Derbholz, das auf dem Schlag liegen bleibt, als nicht verwertetes Holz (NH). Ein Teil dieser Mengen wird später doch noch verwertet, z. B. durch Selbstwerber, also Personen, die aus dem Waldrestholz noch Brennholz aufarbeiten. Diese Mengen werden in der Holzverkaufstatistik erfasst, weshalb diese Statistik die verwerteten Holz mengen damit vollständiger abbildet.

<sup>4</sup> Die Differenz zwischen dem Vorratsfestmeter mit Rinde und dem Erntefestmeter ohne Rinde getrennt nach den Baumarten wurde aus den Daten der dritten Bundeswaldinventur für den Vorrat des Hauptbestandes in Bayern abgeleitet. Es wurde angenommen, dass 10 % der Differenz auf den Stock, den Verschnitt und die Maßverluste entfallen und die Rinde den Rest ausmacht.

Tabelle 9: Gesamtaufkommen an Scheitholz, Waldhackschnitzeln, Industrieholz und Stammholz in Bayern 2016. Die Summen gehen als Aufkommen an Waldholz in die Holzbilanz ein.

Wald- besitzart	Stamm- holz	Scheit- holz	Hack- schnittel	Industrie- holz	Nicht verwertet	Gesamt
	[Mio. Efm m. R.]					
Privatwald	5,43	3,00	1,56	0,45	0,10	10,53
Körperschaftwald	1,01	0,24	0,11	0,15	0,11	1,62
Staatwald, Land	3,42	0,37	0,44	0,68	0,19	5,10
Staatwald, Bund	0,07	0,03	0,01	0,02	0,01	0,14
Summe	9,93	3,63	2,12	1,29	0,41	17,38

Die Menge des Energieholzes 2016 ist um 9 % geringer als die Menge im Jahr 2014. Insgesamt ist die Menge an Scheitholz gesunken, während die Menge der Hackschnitzel im gleichen Zeitraum gestiegen ist. Der Privatwald ist mit 78 % weiterhin der mengenmäßig wichtigste Bereitsteller von Waldenergieholz. Scheitholz ist weiterhin das wichtigste Energieholzsortiment im Privatwald, wenngleich dessen Anteil am Energieholz seit 2014 um 5 %-Punkte auf 66 % gefallen ist. Beim Scheitholz wird gut 48 % der Menge aus der Fichte gewonnen und bei den Hackschnitzeln sogar 72 %. Die Aufteilung der Energieholzsortimente nach Baumarten ist in Abbildung 6 aufgezeigt.

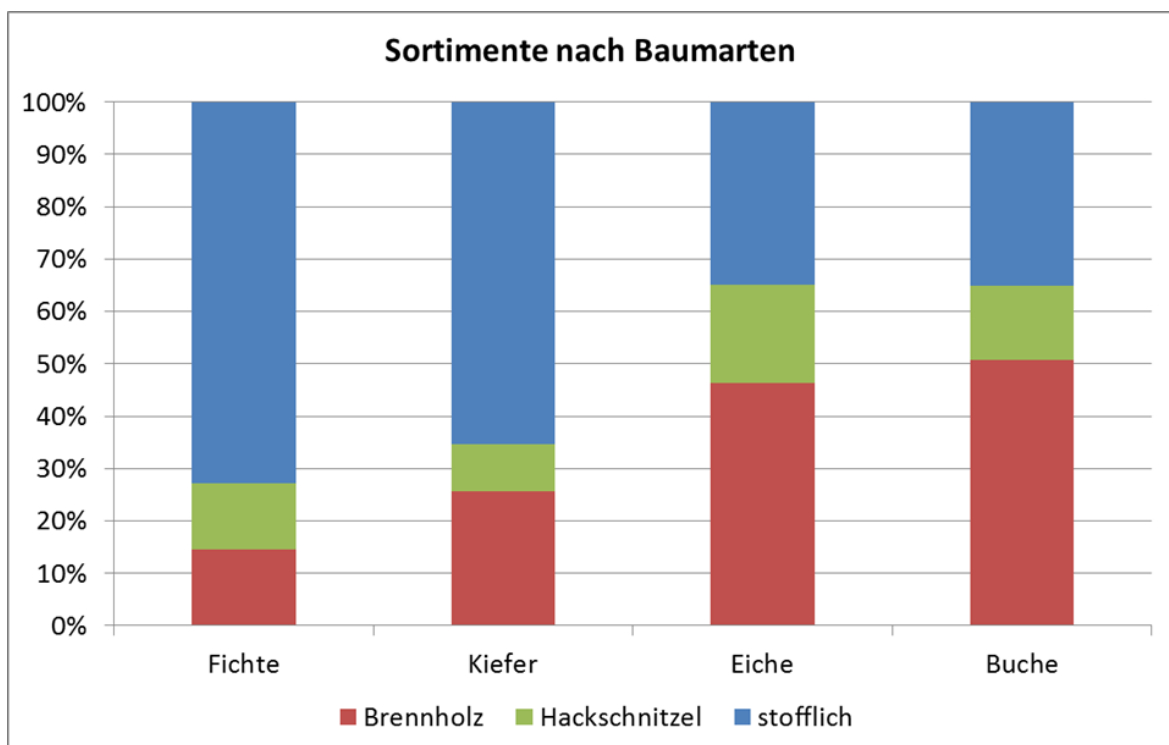


Abbildung 6: Verteilung der genutzten Sortimente nach Baumart. Die Nadelhölzer weisen den größten Anteil in der stofflichen Nutzung auf. Neben dem höheren Stammanteil der Nadelhölzer ist der Grund auch eine teilweise fehlende stoffliche Verwertungsmöglichkeit der Laubhölzer. Sonstiges Laubholz ist in der Baumartengruppe Buche enthalten.

### 2.1.5 Waldhackschnitzelaufkommen aus der Umfrage unter Hackerunternehmen

Es wurde eine Umfrage unter forstlichen Dienstleistern durchgeführt, in der nach dem Aufkommen von Hackschnitzeln aus Wald, Flur und Siedlung (auch Verkehrswegepflege) und aus Kurzumtriebsplantagen gefragt wurde.

#### *Methode*

Die in Bayern tätigen Hackerunternehmen wurden in die Untersuchung einbezogen, um deren Angaben zum Aufkommen von Hackschnitzeln aus dem Wald und der Flur mit denen des Waldbesitzes abzugleichen. Aus der gewonnenen Stichprobe wird auf die Gesamtmenge der von professionellen Hackerunternehmen produzierten Hackschnitzel hochgerechnet. Die forstliche Unternehmerdatenbank der LWF diente dabei als Basis. Zusätzlich wurden noch weitere Unternehmen der Liste angefügt, die der LWF aus anderen Projekten bekannt waren. Insgesamt wurden 133 Unternehmen angeschrieben. Zwei Unternehmen hatten ihren Betrieb eingestellt und bei weiteren 16 wurde festgestellt, dass sie keinen eigenen Hacker besitzen und nur als Dienstleister arbeiten. Somit umfasste der Bestand an Adressen 119 Unternehmen, die das Hacken von Holz anbieten. Es wurde angenommen, dass diese Zahl der Grundgesamtheit entspricht. 26 Unternehmen beantworteten den Fragebogen. Damit beträgt die Rücklaufquote 22 %. Soweit Unternehmen als Subunternehmer tätig waren, wurden diese Mengen nicht in die Auswertung einbezogen.

Bei der Umfrage wurden auch die verwendeten Hackertypen mit Antriebsleistung erhoben. Die Antriebsleistung der Hackmaschinen je Unternehmen wurden aufsummiert, um diese nach Größe gruppieren zu können. Die Größenstruktur der Branche wurde aus der Unternehmerdatenbank der LWF entnommen. Es wurden drei Unternehmensgruppen gebildet: bis 300 kW, bis 600 kW und mehr als 600 kW Antriebsleistung pro Unternehmen. In den Gruppen wurden die arithmetischen Mittelwerte der gehackten Mengen für die einzelnen Sortimente gebildet und auf die Grundgesamtheit hochgerechnet.

#### *Ergebnisse*

Von den 26 Betrieben wurden Mengen von insgesamt 699.000 Fm m. R. nachgewiesen, von denen sie 644.000 Fm m. R. selbst aufgearbeitet haben. Von der selbst aufgearbeiteten Menge stammt 77,4 % aus dem Wald, 22,2 % aus Flur und Siedlung und 0,4 % aus Kurzumtriebsplantagen. Die hochgerechneten Mengen, die im Wald gewonnen wurden, wurden zu 77 % aus Waldrestholz, Gipfeln und Vollbäumen gewonnen und zu 23 % aus Energierundholz. Energierundholz sind Stammstück und grob entastete Gipfelstücke, bei denen die nährstoffreichen Nadeln und kleinen Äste im Wald verbleiben. Dies bringt Vorteile, denn Hackschnitzel aus Energierundholz besitzen eine höhere Qualität, da nicht so viel Fein- und Grünanteile enthalten sind, und die Nährstoffnachhaltigkeit wird gewahrt. Die mittlere Antriebsleistung der von den teilnehmenden Unternehmen eingesetzten Hacker lag bei 379 kW.

#### *Hochrechnung*

Das Hackschnitzelaufkommen in Bayern beträgt 2,82 Mio. Fm m. R. (siehe Tabelle 10). Davon wurden 2,14 Mio. Fm m. R. aus dem Wald, 0,02 Mio. Fm m. R. aus Kurzumtriebsplantagen und 0,66 Mio. Fm m. R. aus der Verkehrswegepflege oder Flur und Siedlungen gewonnen.

Tabelle 10: Hackschnitzelaufkommen 2016 nach Entstehungsort

Herkunft der Hackschnitzel	Menge (Fm m. R.)
Waldholz	2.137.000
Holz aus Beerntung von Kurzumtriebsplantagen	17.000
Holz aus Verkehrswegepflege, Flur und Siedlungen	661.000
<b>Summe</b>	<b>2.815.000</b>

Die Menge an Hackschnitzeln ist gegenüber dem Jahr 2014 deutlich gestiegen. Damals wurden 2,38 Mio. Fm m. R. erfasst. Die mengenmäßig größte Änderung ergab sich bei den Hackschnitzeln, die im Wald erzeugt wurden. Die Menge war 2014 mit 1,74 Mio. Fm m. R. um 0,40 Mio. Fm m. R. geringer. Diese Entwicklung ist angesichts der Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer, die seit dem Trockensommer 2015 in Bayern im Gange ist (LEMME & GÖßWEIN 2017), nicht verwunderlich. Aber nicht nur die Fichte war von einem erhöhten Schädlingsbefall betroffen, sondern auch die Kiefern hatten Probleme mit einem Prachtkäfer (GÖßWEIN ET AL. 2017). So stiegen die Schadholzmengen in 2015 bereits um 176 % gegenüber dem Vorjahr (Hastreiter 2017) und 2016 nochmals um 191 % auf dann insgesamt 3,45 Mio. Fm o. R. (DESTATIS 2017A). Die erhöhten Schadholzmengen bedingen durch die notwendige saubere Waldwirtschaft ein erhöhtes Aufkommen an Hackholz, insofern ist die größere Menge gegenüber 2014 plausibel. Vom Waldholz war ein Anteil von 77 % oder 1,62 Mio. Fm m. R. Waldrestholz und 23 % oder 0,49 Mio. Fm m. R. Energierundholz. Erstaunlicherweise ist der Anteil des Waldrestholzes gegenüber 2014 in den hochgerechneten Mengen um 8 %-Punkte gesunken. Eventuell wollen einige Unternehmen oder Waldbesitzer aufgrund der gesunkenen Hackschnitzelpreise den Hackschnitzelmarkt entlasten oder legen mehr Wert auf die Erzeugung von qualitativ hochwertigen Hackschnitzeln und lassen die Gipfel deswegen grob entasten. Das Aufkommen an Waldhackschnitzeln stimmt mit der Menge, die in der Holzeinschlagstatistik erfasst ist, überein. Insofern kann davon ausgegangen werden, dass die Umfrage den Unternehmerbestand in Bayern, die Hacken als Dienstleistung für Waldbesitzer anbieten, gut abdeckt.

#### *Herausforderungen für die Betriebe*

Auf dem Fragebogen konnten die Unternehmen die Herausforderungen der Branche benennen. Diese Möglichkeit haben 24 Betriebe genutzt. Bei den Bemerkungen war der Preisverfall der Hackschnitzel allgegenwärtig. Einige Betriebe bemängelten, dass mit der reinen Hack-Dienstleistung kein Geld mehr zu verdienen sei und nur die Veredelung durch Siebung und Trocknung noch eine Wertschöpfung ermöglicht. Weiterhin wurde genannt, dass es zu wenige Heizwerke gäbe und dass durch Förderung mehr Absatzmöglichkeiten für Waldrestholz und Energiholzsortimente geschaffen werden sollen. Diese Förderung solle regional und dezentral Absatz schaffen. Ein Unternehmen bemerkte, dass Heizwerke ihr Heizmaterial teilweise über sehr große Entfernungen beziehen und so regional anfallende Brennstoffe ungenutzt bleiben.

### 2.1.6 Preisentwicklung bei Scheitholz und Waldhackschnitzeln

#### *Scheitholz*

Die LWF erhebt seit der Heizperiode 2007/08 jährlich die Scheitholzpreise in Bayern. Dabei werden sowohl veröffentlichte Angebote von professionellen Brennholzhändlern, Biomasse-

höfen und Kleinanbieter aus Bayern ausgewertet als auch Befragungen durchgeführt. Die erhobenen Preise beziehen sich auf gespaltenes, luftgetrocknetes Scheitholz mit einem Wassergehalt von 10-20 % ab Betriebshof inklusive Mehrwertsteuer.

Im Beobachtungszeitraum sind die Preise für Scheitholz gestiegen (Abbildung 7). Ein Raummeter ofenfertiges Hartholz verteuerte sich von 2007/08 zu 2016/17 um 31 %, Weichholz sogar um 36 %. Die Preise erhöhten sich im Zeitraum bis 2012/13 stärker, danach nur noch moderat oder stagnierten. Seit dem Energieholzmarktbericht 2014 stieg der Raummeter Hartholz um 1 % und der Raummeter Weichholz um 3 %.

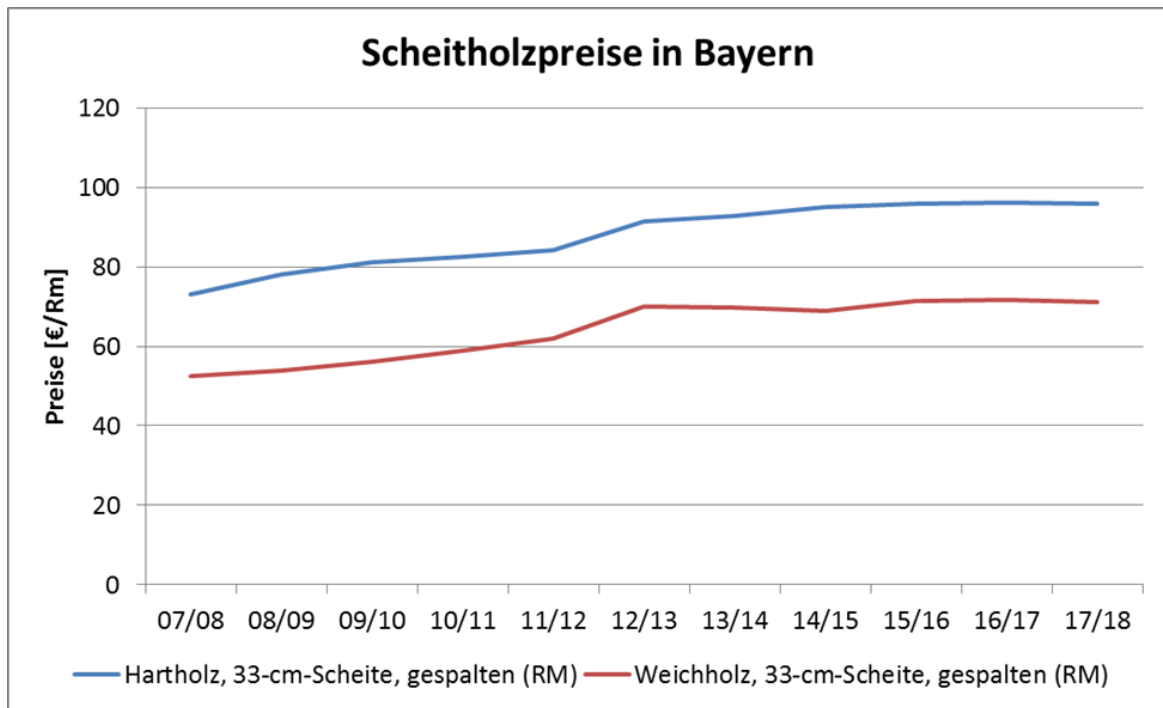


Abbildung 7: Durchschnittspreise für bayerisches Scheitholz in den Heizperioden von 2007/08 bis 2017/18 (brutto). Nach stetigen Preissteigerungen bis in den Winter 2014/15 stagnieren die Preise seit dem (Quelle: Eigene Erhebung).

Die Preise unterscheiden sich zwischen den Anbietern ganz erheblich. Für Hartholz 33 cm gespalten wurden im Winter 2017/18 zwischen 70 €/Rm und 135 €/Rm verlangt.

#### *Waldhackschnitzel*

Die Preisentwicklung für Waldhackschnitzel ist seit 2015 durch einen starken Preisverfall bestimmt (siehe Abbildung 8). 2014 hatten die Waldhackschnitzel im süddeutschen Raum ihren Höchststand mit 98,32 €/t lutro im Jahresschnitt erreicht. 2015 war nur ein leichter Rückgang um 1,64 €/t lutro zu verzeichnen, aber schon im Jahr 2016 gab der Preis um weitere 11 % auf nur noch 85,91 €/t lutro nach. 2017 war eine weitere Preissenkung um 6 % auf 80,50 €/t lutro zu verzeichnen.



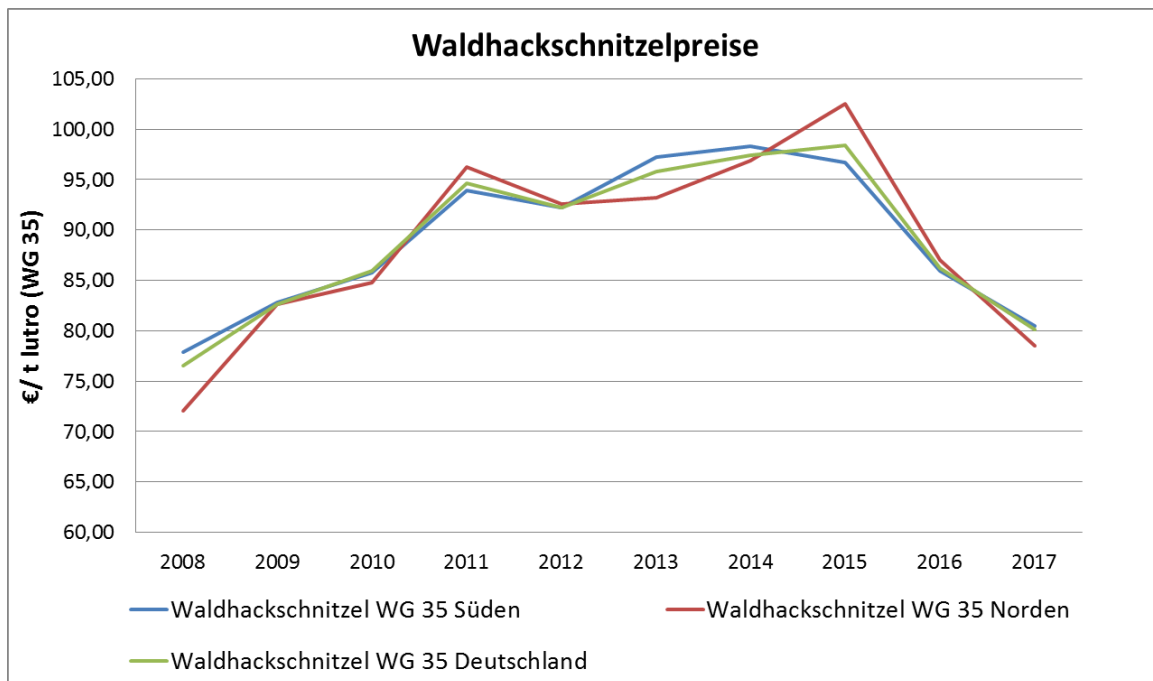


Abbildung 8: Die Preise für Waldhackschnitzel sind von 2008 bis 2014 nahezu stetig gestiegen. Der Preisverfall seit 2015 deutet auf ein Überangebot hin, dessen Ursachen im niedrigen Bedarf aufgrund der warmen Winter und der zusätzlichen Mengen durch Sturmschäden und die Borkenkäfermassenvermehrung gesehen wird. Innerhalb von zwei Jahren wurden die Preissteigerungen der vorherigen Jahre nahezu aufgezehrt, so dass das Niveau von 2008 fast wieder erreicht ist (Quelle: C.A.R.M.E.N. e. V.).

## 2.1.7 Diskussion

### *Nachhaltigkeit*

Der Holzeinschlag 2016 scheint das Nutzungspotenzial von 20,5 Mio. Festmeter pro Jahr bei weitem nicht auszuschöpfen. Allerdings erfasst die Holzeinschlagsstatistik den tatsächlichen Holzeinschlag nur unvollständig. Darauf deutet ein Vergleich der Nutzungsmengen zwischen 2003 und 2012 nach den Ergebnissen der BWI mit den in der Holzeinschlagsstatistik ausgewiesenen Mengen hin. Inzwischen wurden die Erhebungen zum Holzeinschlag weiter verbessert. Ob und in welchem Umfang Holzmengen weiterhin statistisch nicht erfasst werden, lässt sich gegenwärtig nicht abschätzen. Wären die Abweichungen zwischen dem statistisch erfassten und dem realen Holzeinschlag immer noch so groß, wie in der vergangenen Periode der Bundeswaldinventur, wäre selbst das Nutzungspotenzial von 20,5 Mio. Festmeter im Jahr 2016 nicht ausgeschöpft worden. Von dem Nutzungspotenzial von 26 Mio. Festmeter, das bei einem konsequenten Waldumbau möglich wäre, waren die Nutzungen 2016 äußerst weit entfernt. Neben dieser rein naturalen Betrachtung zur Nachhaltigkeit der Holznutzungen, gilt es auch die qualitativen Auswirkungen der Energieholznutzung zu beachten. Vor allem wenn Waldrestholz zu Hackschnitzeln aufbereitet wird, werden oft beachtliche Mengen an Ästen, Feinreisig und Nadeln mit entnommen. Diese Baumteile enthalten überproportional viele Nährstoffe. Bei nachhaltiger Bewirtschaftung sollte dieser Nährstoffexport langfristig die Nachlieferung am Standort durch Deposition und Mineralverwitterung nicht übersteigen. Das Hauptmotiv für das Hacken von Waldrestholz ist meist die Absicht, möglichst kein Brutmaterial für Borkenkäfer anfallen zu lassen. Eine Möglichkeit, beide Ziele zu erreichen, ist das grobe Entasten der Baumgipfel und die Nutzung lediglich der Spindel für die Hackschnitzelproduktion. Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft untersucht in einem Forschungsprojekt die Auswirkungen der Nutzung dieses sogenannten Energierundholzes anstelle von Waldrestholz. Dabei

werden die Veränderungen im Mengenanfall und in der Hackschnitzelqualität sowie die Effekte auf die Nährstoffbilanz betrachtet. In einem weiteren Projekt entwickelt die Landesanstalt Planungshilfen für die Forstbetriebe, mit deren Hilfe sich die Nährstoffbilanz am jeweiligen Standort für unterschiedliche Nutzungsintensitäten abschätzen lässt. Auf dieser Grundlage lässt sich dann auch das nachhaltige Nutzungspotenzial von Biomasse unterhalb der Derbholzgrenze (< 7 cm Durchmesser) berechnen.

#### *Energieholzaufkommen*

Der Holzeinschlag ist 2016 gegenüber den Vorjahren deutlich gesunken. 2014 lag der Holzeinschlag um 0,69 Mio. Efm o. R. und 2015 sogar um 2,01 Mio. Efm o. R. höher. Mit der eingeschlagenen Holzmenge sank auch die Bereitstellung von Energieholz. Während der Gesamteinschlag von 2014 zu 2016 um 4 % sank, verringerte sich die Energieholzmenge um 8 %. Die Energieholzmenge verringerte sich demnach stärker als der Einschlag. Die Menge an Hackschnitzeln hat im Vergleich zu 2014 allerdings sogar zugenommen, was an der Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer in Bayern liegen dürfte (LEMME & GÖßWEIN 2017). Wegen dieser Massenvermehrung und dem Sturmholzanfall im Jahr 2015 wurde nur zurückhaltend Frischholzeinschlag im Privatwald getätigt (STMELF 2016A, 2016B).

Von den Holzmenen, die 2015 durch Niklas geworfen wurden, lagerten die Bayerischen Staatsforsten knapp 300.000 Fm in Nasslager ein und verkauften dieses Holz erst im Jahr 2016 (BAYSF 2016). Dieses Holz erhöht die Holzbilanz auf der Verbrauchsseite, ohne dass es im Einschlag auf der Aufkommenseite ausgewiesen wird. Ein ähnlicher Effekt dürfte gerade im Privatwald beim Scheitholz eingetreten sein. Denn Niklas verursachte im März, einem Zeitpunkt an dem der Wintereinschlag weitestgehend erledigt ist, einen hohen Sturmholzanfall. Deswegen dürfte einiges Scheitholz zum Lageraufbau verwendet worden sein. Infolgedessen ist mit einem sinkenden Einschlag in 2016 zu rechnen. In der Holzeinschlagsstatistik hat sich auch wirklich der Einschlag von Scheitholz von 2015 zu 2016 um 0,7 Mio. Fm verringert. Die genauen Auswirkungen von Niklas auf die Lagerhaltung kann nicht seriös geschätzt werden.

Im Privatwald mit Eigentumsgrößen bis 20 ha wird mehr als die Hälfte der eingeschlagenen Holzmenge zu Energieholz aufbereitet. In privaten Forstbetrieben über 1.000 ha dagegen 85 % stofflich verwendet. Der große Energieholzanteil in den kleinen Betrieben ist sicher auf den hohen Eigenbedarf der Waldbesitzer zurückzuführen und nicht auf eine schlechtere Holzqualität. Es muss davon ausgegangen werden, dass erhebliche derzeit als Energieholz genutzte Mengen auch stofflich verwendet werden könnten, was eine größere Wertschöpfung verspricht. Der stofflichen Holznutzung wird außerdem eine größere Beschäftigungswirkung zugesprochen. FRÜHWALD UND KNAUF (2013) kalkulierten für den Nordschwarzwald, dass 3 Arbeitsplätze auf 1.000 Fm energetische Holznutzung und 8 – 17 Arbeitsplätze auf 1.000 Fm stoffliche Nutzung kommen. Auch Szenario-Analysen von Weber-Blaschke und Friedrich (2015) ergaben einen Beschäftigungsrückgang bei einer Verschiebung von der stofflichen zur energetischen Holznutzung. Allerdings war die durchschnittliche jährliche Holznutzung im Privatwald bis 20 ha zwischen 2003 und 2012 nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventur um die Hälfte größer als in der Periode davor. Dieser enorme Anstieg dürfte unter anderem auf die Renaissance der Brennholznutzung zurückzuführen sein. Der Eigenbedarf an Energieholz mag im Kleinprivatwald in vielen Fällen das Motiv gewesen sein, überhaupt Holz einzuschlagen. Im Zuge dessen ist dann vermutlich auch mehr Stammholz für die stoffliche Holzverwendung bereitgestellt worden.

#### *Energieholzpreise*

Die Preise für Scheitholz stagnieren seit 2013. Heizöl ist seit dem allerdings deutlich günstiger geworden (Abbildung 9). Der Jahresdurchschnittspreis für 100 l lag 2013 bei 70,36 € und sank

bis 2016 auf 40,94 € um rund 57 %. Bestände eine Kreuzpreiselastizität hätte zunächst die Absatzmenge von Scheitholz und dann durch die geringere Nachfrage der Preis für Scheitholz seit dem nachgeben müssen. Offenbar hängt der Absatz von Scheitholz nicht so stark an den Ölpreisen, als vielmehr an der Strenge der Winter. Die Ergebnisse der wiederholten Haushaltsumfrage zum Energieholzverbrauch (Kapitel 2.6.6) unterstützen ebenfalls diesen Schluss. Während viele Scheitholznutzer die Möglichkeit haben, auf andere Energieträger auszuweichen, ist dies bei Nutzern von Hackschnitzeln in der Regel nicht der Fall, denn sie nutzen Hackschnitzel meist als primäre Wärmequelle und heizen ausschließlich mit Holz. Eine Einflussnahme des Heizölpreises ist hier noch weniger anzunehmen. Als Gründe für den starken Preisverfall seit 2015 werden gesehen: (1) drei sehr milde Winter (2013 bis 2016) in Folge und (2) die Windwürfe in Bayern durch Niklas 2015 mit der anschließenden (3) Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer, die bis ins laufende Jahr andauert.

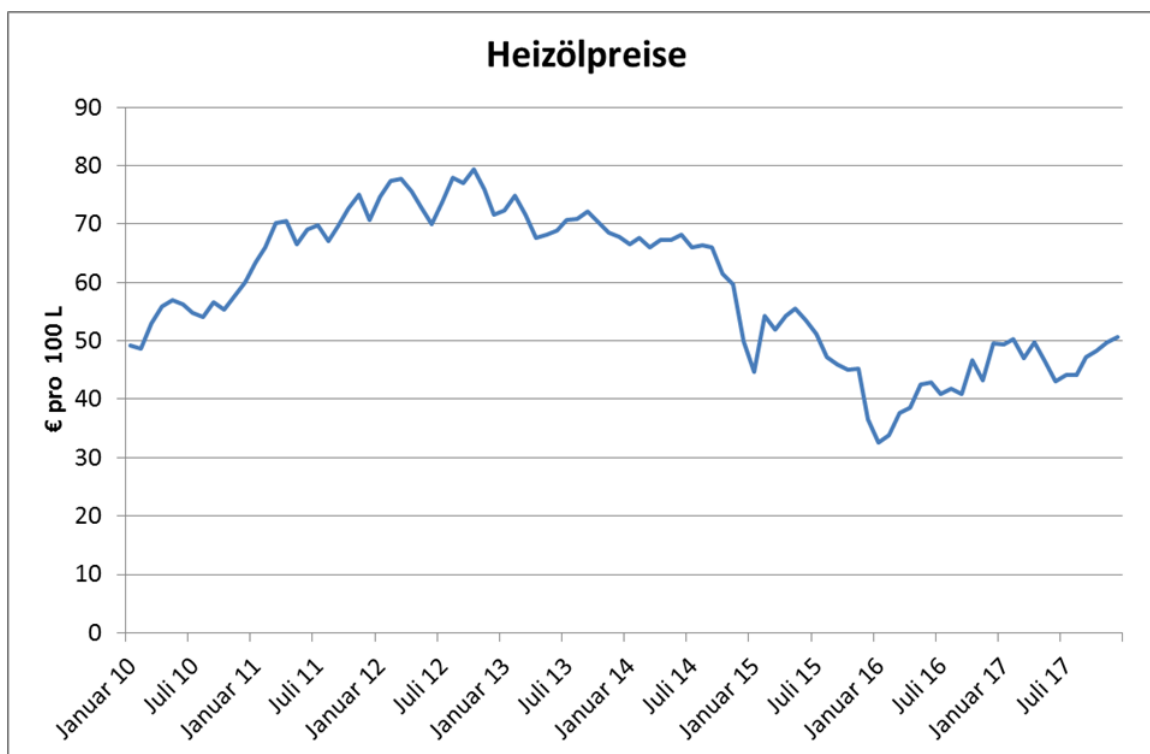


Abbildung 9: Heizölpreis für 100 L Heizöl von 2010 bis 2017. Bis 2012 ist der Heizölpreis gestiegen. Zwischen 2013 und 2016 sank er um mehr als 50 % und stieg bis 2017 nur leicht an. (Quelle: Bundesamt für Statistik)

### 2.1.8 Fazit und Trends

Der Verbrauch von Energieholzsortimenten hängt maßgeblich mit der Witterung im jeweiligen Winter zusammen. Da Energieholz in der Regel ein Produkt ist, das beim Einschlag von Stammholz mit anfällt, ist nicht mit einer großen Elastizität des Angebots zu rechnen. Das Hauptprodukt Stammholz wird im Wirtschaftskreislauf benötigt, unabhängig davon wie die Witterung im Winter ist. Somit ist, wenn weiterhin viele warme Winter auftreten, mit einem Rückgang der Energieholzpreise zu rechnen, falls keine neuen Nachfrager auf dem Markt auftreten. Zudem wird das Holzaufkommen im Wald in hohem Maße durch zufällige Ereignisse wie Sturm- und Insektenkalamitäten bestimmt. Bei Waldhackschnitzeln ist dadurch ein temporäres Überangebot entstanden, was durch den starken Preisverfall sichtbar wird. Die Forstbetriebe könnten den Mengenanfall reduzieren, wenn sie die Baumgipfel grob entasten und nur die Spindeln hacken, also Hackschnitzel aus Energierundholz produzieren. Für die Eindämmung des Buchdru-

ckers reicht diese Maßnahme aus. Ein Sinken der Energieholzpreise macht die Verwertung als Stammholz vorteilhafter, sofern das Holz dafür geeignet ist. Gerade im Kleinprivatwald könnte das zu einem Anstieg in der Aushaltung von Stammholz führen.

## 2.2 Nebenprodukte der Sägewerke

Die Sägewerke haben im Cluster Forst und Holz eine Schlüsselstellung inne. Das produzierte Schnittholz, aber auch die Sägenebenprodukte sind Grundlage für einen Großteil der nachfolgenden Weiterverarbeitung von Holz. Sägespäne, Hackschnitzel, Schwarten, Spreißel und Kapphölzer sind die klassischen Sägenebenprodukte. Hobelspäne dagegen fallen in der weiteren Veredelung der Produkte an. Die Sägenebenprodukte sind ein wichtiger Rohstoff für die Holzwerkstoffindustrie, werden aber auch zu Pellets oder Briketts gepresst oder direkt energetisch verwertet. Die in den Sägewerken anfallende Rinde wird teils energetisch verwertet, aber auch als Rindenmulch im Garten- und Landschaftsbau oder als Einstreu bei der Tierhaltung verwendet.

### 2.2.1 Methode

An alle bayerischen Sägewerke wurde ein Fragebogen versendet, um den Einschnitt nach Baumartengruppen, die Menge der Industrieresthölzer im Betrieb und die Verwendung der Rinde und der Sägenebenprodukte zu erfragen. Die Adressliste war aus der Befragung 2014 vorhanden. Die Adressdatei wurde aktualisiert und bereits bekannte Betriebsaufgaben gelöscht, so dass 672 Sägewerke in Bayern angeschrieben wurden. Aus den unzustellbaren Rückläufern der Sendungen ergaben sich nach der Kontrolle weitere 36 Betriebsaufgaben. Insgesamt arbeiteten in Bayern 2016 637 Sägewerke, wovon sich eines im Wiederaufbau befand. Von den Sägewerken sind 25 Großsägewerke, die mehr als 50.000 Festmeter Nadelholz oder mehr als 20.000 Festmeter Laubholz einsägen.

Insgesamt haben 85 Sägewerke den Fragebogen beantwortet, davon waren 76 kleine und mittlere Sägewerke und 11 Großsägewerke. Der Einschnitt von weiteren 6 Großsägewerken wurde aus der Fachpresse entnommen (HOLZKURIER 2017) und mit dem Datenbestand von 2014 vervollständigt. Weitere 8 Großsäger wurden aus dem Datenbestand von 2014 fortgeschrieben.

Für die Hochrechnung des Einschnitts der kleinen und mittleren Sägewerke wurden die Sägewerke in drei Gruppen eingeteilt. In die Gruppe der Nadelholzsägewerke wurden diejenigen eingruppiert, die höchsten ( $\leq$ ) 10 % Anteil Laubholz am Gesamteinschnitt aufwiesen. Dementsprechend wurden alle Sägewerke die höchstens ( $\leq$ ) 10 % Nadelholzanteile am Gesamteinschnitt aufwiesen als Laubholzsägewerke eingestuft. Der Rest wurde in die Gruppe der Mischsägewerke zugeschlagen. Anschließend wurden die Sägewerke in 4 Größenklassen unterteilt.

Die Größenstruktur der Sägewerke in Bayern wurde auf Grundlage der 2014 telefonisch ermittelten Daten errechnet, wobei neuere Daten zu Betriebsaufgaben und Einschnitt – sofern vorhanden – genutzt wurden. Somit konnte die Größenstruktur der Sägewerke anhand von 330 Sägewerken abgeschätzt werden. Anhand der Struktur und des arithmetischen Mittelwerts des Einschnitts in den einzelnen Größenklassen wurde dann der Gesamteinschnitt hochgerechnet.

Das Aufkommen der Sägenebenprodukte wurde anhand der gemeldeten Schnittholzausbeute und des gemeldeten Einschnitts errechnet. Die Rindenmenge wurde anhand der Faktoren für die Umrechnung von Festmeter ohne Rinde zu Festmeter mit Rinde geschätzt. Berechnungsgrundlage war der Einschnitt 2016. Weiterhin wurde angenommen, dass 15 % der Rindenmen-

ge von der Fällung bis zum Werk verloren gehen und somit 85 % der Rinde im Sägewerk ankommt.

## 2.2.2 Darstellung der Befragungsergebnisse und Hochrechnungen

### *Rundholzeinschnitt*

2016 wurden insgesamt von den bayerischen Sägewerken 11,18 Mio. Fm o. R. oder 12,49 Mio. Fm m. R. eingeschnitten. Davon wurden 74 % in den Großsägewerken und 26 % in den kleinen und mittleren Sägewerken eingeschnitten. Aus dem Rundholz wurde mit einer durchschnittlichen Ausbeute von 60,3 % insgesamt 6,74 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz erzeugt. Davon waren 6,04 Mio. m<sup>3</sup> Nadel schnittholz und 0,70 Mio. m<sup>3</sup> Laub schnittholz. Die durchschnittliche Schnittholzausbeute in den Großsägewerken, die hauptsächlich mit der Profilerspaner-Technologie arbeiten, liegt bei 59 %. Bei den Werken mit mehr als 200.000 Festmetern Einschnitt sinkt sie sogar auf nur 58 %. Die kleinen und mittelgroßen Sägewerke setzten häufiger Sägegatter und Bandsägen ein, die zwar langsamer arbeiten, dafür aber eine deutlich höhere Ausbeute ermöglichen. Für die 2016 befragten kleinen und mittelgroßen Betriebe errechnete sich eine durchschnittliche Ausbeute an Schnittholz von 65 %.

90 % oder 10,12 Mio. Fm o. R. des eingeschnittenen Holzes war Nadelholz. Laubholz wurde dem entsprechend zu 10 % oder 1,07 Mio. Fm o. R. eingeschnitten.

## 2.2.3 Aufkommen von Nebenprodukten in den Sägewerken

Angaben zu Aufkommen an Sägenebenprodukten sind von 18 von 25 der Großsägewerke bekannt und wurden von knapp 11% der kleinen und mittelgroßen Sägewerke gemacht. Beim Einschnitt des Rundholzes und in der ersten Stufe der Weiterverarbeitung des Schnittholzes fielen hochgerechnet knapp 5,71 Mio. m<sup>3</sup> Sägenebenprodukte, Rinde und Hobelspäne an. Abbildung 10 stellt die anfallenden Sortimente in ihren Anteilen dar. Von den Nebenprodukten fallen 4,43 Mio. m<sup>3</sup> in den Großsägewerken und 1,11 Mio. m<sup>3</sup> in den kleinen und mittleren Sägewerken an.

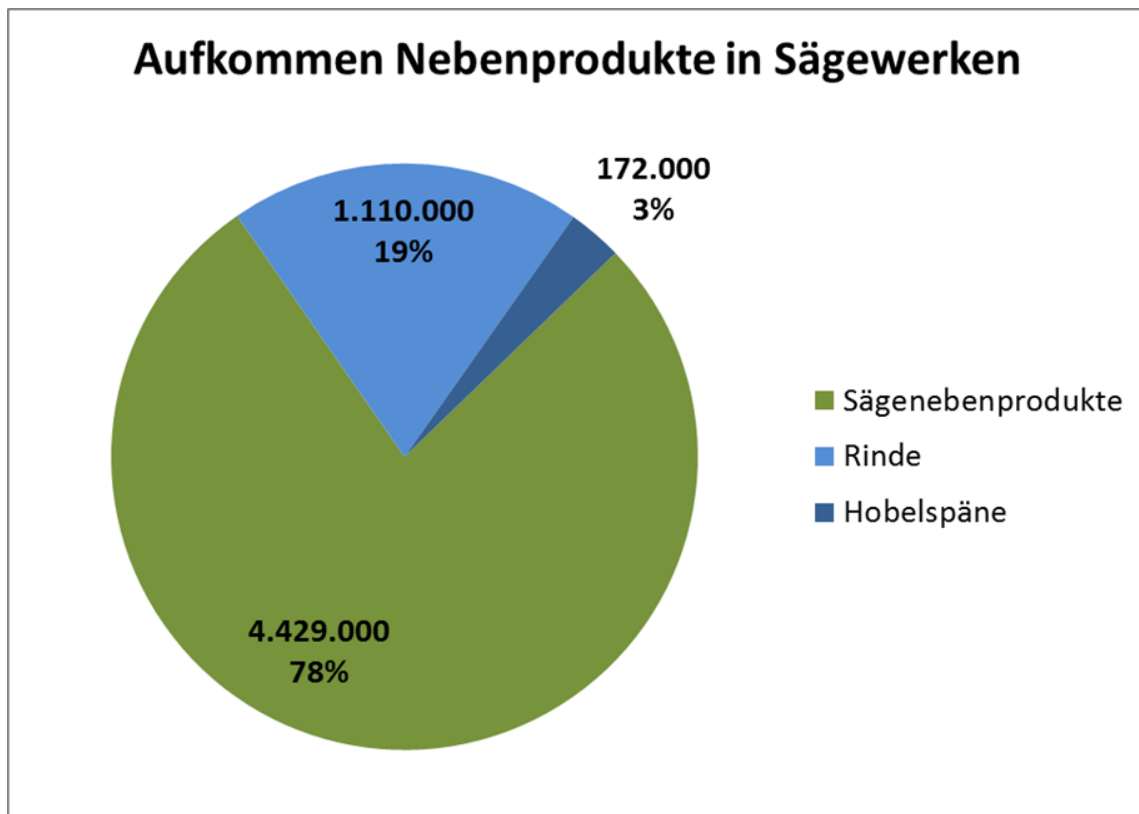


Abbildung 10: Nebenprodukte der Sägewerke. Den größten Anteil haben die klassischen Sägenebenprodukte. Hobelspäne fallen nur sehr wenige an, da viele Sägewerke das Schnittholz nicht weiter verarbeiten (Quelle: eigene Hochrechnung).

Aus der Erhebung zum Energieholzmarkt 2014 (Weidner et al. 2016) lässt sich die Verteilung auf einzelne Sortimenten ableiten. Kleine und mittelgroße Sägewerke produzieren weniger Hackschnittsel und deutlich mehr Schwarten und Spreißel. Der Grund hierfür liegt in den Sägegattern und Bandsägen, die in den kleinen und mittleren Werken deutlich weiter verbreitet sind. Aufgrund der höheren Schnittholzausbeute in den kleinen und mittleren Sägewerken produzieren sie aus einem Festmeter Rundholz 6 % weniger Sägenebenprodukte. Hobelspäne zählen nicht zu den Sägenebenprodukten, sondern zu den Industrieresthölzern, da sie in der zweiten Verarbeitungsstufe anfallen. Allerdings stellt das Ergebnis der Umfrage nicht das gesamte Aufkommen an Industrieresthölzern dar, weil nur ein Teil der Weiterverarbeitungskette von Schnittholz befragt wurde. Deswegen wird die Menge der Hobelspäne nur nachrichtlich erwähnt und geht nicht in die Holzbilanz ein. Als Rindenaufkommen wurde eine Menge von 1,11 Mio. m<sup>3</sup> errechnet.

#### 2.2.4 Verwendung Nebenprodukte

Im Fragebogen wurde die Verwendung der angefallenen Sägenebenprodukte und Rinde getrennt abgefragt. Die Mengen und die jeweilige Verteilung bei den kleinen und mittleren Sägewerken (kl. Säger in der Tabelle) und der Großsäger sind aufgeteilt nach der Verwendungsart für die Sägenebenprodukte in Tabelle 11 und für die Rinde in Tabelle 12 dargestellt. 39 % der Sägenebenprodukte werden zur stofflichen Weiterverarbeitung an die Holzwerkstoff- und Papierindustrie verkauft. Diese Verwendung hat bei beiden Sägewerksgruppen den größten Anteil. Aus Weidner et al. (2016) ist bekannt, dass die kleinen und mittleren Sägewerke einen höheren Anteil an die Holzwerkstoffindustrie liefern, dafür die Großsäger höhere Anteile zu den



Papierwerken liefern. Der zweitgrößte Posten ist die Weiterverarbeitung zu Pellets im eigenen Sägewerk. Dies wird nahezu alleine von den Großsägewerken genutzt. Die energetische Verwertung im eigenen Werk wird von beiden Sägewerksgruppen im ähnlichen Umfang genutzt. Darin wird die Bedeutung der technischen Trocknung des Schnittholzes deutlich. Nicht nur Großsägewerke bieten technisch getrocknetes Schnittholz an, sondern auch immer mehr mittlere Sägewerke. Die stoffliche Weiterverarbeitung der Sägenebenprodukte spielt bei beiden Sägewerksgruppen nur eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 11: Verwertung der Sägenebenprodukte absolut und in Anteilen der kleinen und mittleren Sägewerke (kl. Säger) und Großsägewerke. Die Verarbeitung der Sägenebenprodukte zu Pellets findet nur in den Großsägewerken statt. Kleine und mittlere Sägewerke verkaufen deutlich mehr Sägenebenprodukte in den Handel. Die energetische Verwertung im eigenen Werk und der Verkauf zur stofflichen Nutzung liegen bei beiden Kollektiven auf einem ähnlich hohen Niveau.

Verwertung Sägenebenprodukte	eigene energ. Verwertung	Verarbeitung stofflich	Verarbeitung Pellets	Verkauf energetisch	Verkauf stofflich	Verkauf Handel	Summe
Menge [m <sup>3</sup> ]	715.000	258.000	1.050.000	330.000	1.565.000	511.000	4.429.000
Anteil kl. Säger	15%	2%	0%	19%	34%	30%	100%
Anteil Großsäger	16%	7%	31%	4%	36%	6%	100%

Die Rinde wird zu 51 % energetisch im eigenen Werk genutzt, wobei hier die Großsägewerke mit 67 % deutlich mehr als die Hälfte der anfallenden Rinde energetisch verwerten. Kleine und mittlere Sägewerke verkaufen knapp 94 % der Rinde, wobei der Großteil stofflich zum Beispiel als Rindenmulch genutzt wird.

Tabelle 12: Verwertung der Rinde absolut und in Anteilen der kleinen und mittleren Sägewerke (kl. Säger) und Großsägewerke. Bei den Großsägewerken überwiegt die energetische Verwertung im eigenen Werk, während die kleinen und mittleren Säger die Rinde überwiegend als Rindenmulch verkaufen. Der Verkauf insgesamt nimmt dort einen Anteil von 94 % ein.

Verwertung Rinde	eigene energetische Verwertung	Verkauf energetisch	Verkauf stofflich	Verkauf Handel	Summe
Menge [m <sup>3</sup> ]	564.000	99.000	333.000	115.000	1.111.000
Anteil kl. Säger	6%	19%	47%	28%	100%
Anteil Großsäger	67%	5%	24%	4%	100%

### Ergebnisse Großsägewerke

Die 25 bayerischen Großsägewerke haben 2016 ca. 8,32 Mio. Fm o. R. oder 9,28 Mio. Fm m. R. Rundholz eingeschnitten. Hauptsortiment mit knapp 6,55 Mio. Fm o. R. war die Baumartengruppe Fichte (mit etwas Tanne und Douglasie). An Kiefer und Lärche wurden etwa 1,13 Mio. Fm o. R. verarbeitet. An Laubrundholz wurde eine Menge von knapp 646.000 Fm o. R. verarbeitet. Mit 90 % liegt der Hauptanteil bei der Buche. Die durchschnittliche Schnittholzausbeute

betrug mengengewichtet 59 %. Demnach produzierten die bayerischen Großsäger 2016 4,9 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz. Die Auslastung der Großsäger lag dabei bei knapp 85 %.

#### *Ergebnisse für kleine und mittelgroße Sägewerke*

612 kleine und mittlere Sägewerke waren 2016 noch in Betrieb. Davon haben 76 Sägewerke Daten geliefert. Die Sägewerke, die gemeldet haben, schnitten knapp 560.000 Fm o. R. ein, davon waren rund 480.000 Fm Nadelholz und 80.000 Fm Laubholz. Die Schnittholzausbeute bei den Werken lag bei rund 65 %.

#### *Hochrechnung für kleine und mittelgroße Sägewerke*

Die kleinen und mittleren Sägewerke verarbeiteten 2,86 Mio. Fm o. R. Rundholz zu 1,85 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz (Tabelle 13). Mit 81 % wurde der Großteil des Einschnitts in Nadelholz-Sägewerken realisiert.

Tabelle 13: Hochgerechnete Anzahl und Einschnitt der kleinen und mittleren Sägewerke im Jahr 2016.

Art des Sägewerks	Anzahl	Rundholzeinschnitt	
		Fm o. R.	%
Nadelholz-Sägewerk	510	2.306.000	81%
Laubholz-Sägewerk	45	305.000	11%
Misch-Sägewerk	57	252.000	9%
Summe	612	2.863.000	100%

## 2.2.5 Struktur der Sägewerke in Bayern

Die Anzahl aller Sägewerke in den jeweiligen Größenklassen ist in Abbildung 11 aufgezeigt. In Abbildung 12 ist der Einschnitt 2016 in den jeweiligen Größenklassen dargestellt. Die Veränderung der Anzahl der Sägewerke zwischen 2014 und 2016 ist in Abbildung 13 dargestellt. Insgesamt schnitten 2016 10 Sägewerke mehr als 200.000 Festmeter ein. Auf diese 10 Sägewerke entfiel rund 64 % des Gesamteinschnitts in Bayern. 85 % der Sägewerke schneiden jeweils unter 10.000 Festmeter ein und realisieren knapp 13 % des Gesamteinschnitts.

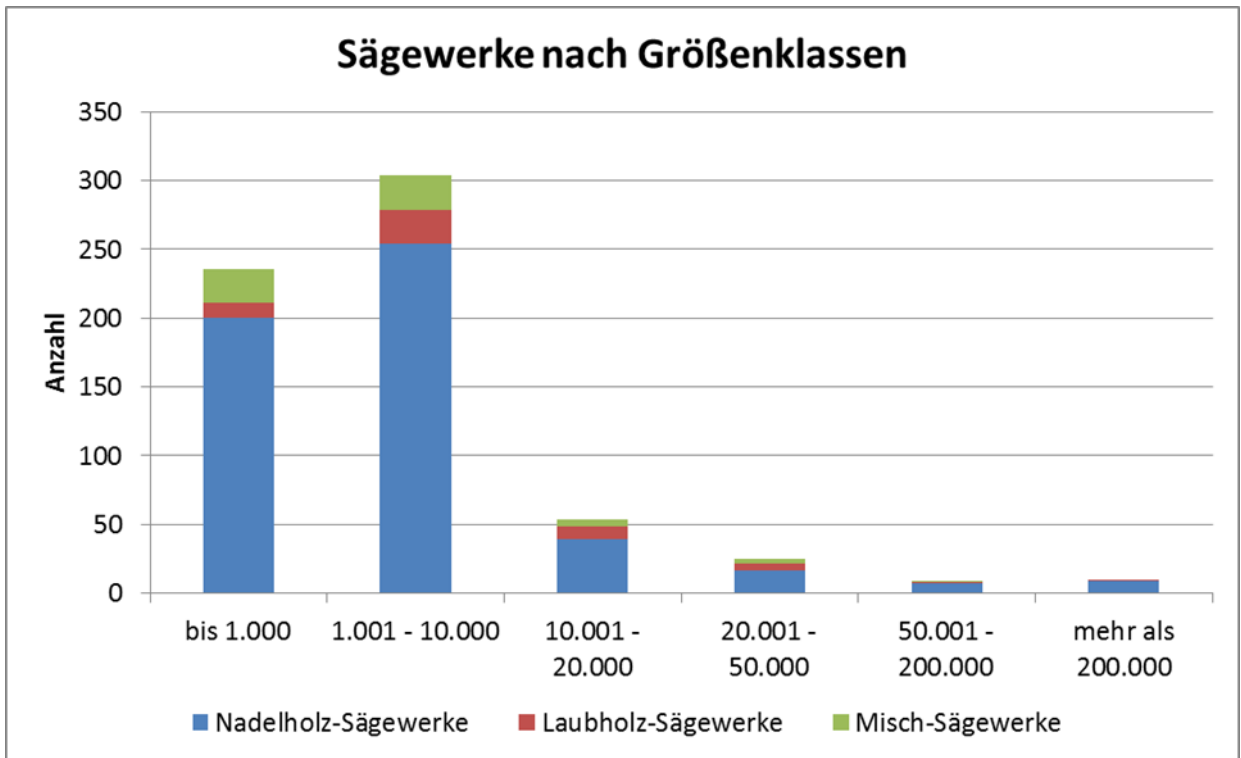


Abbildung 11: Anzahl der Sägewerke in den jeweiligen Größenklassen eingeteilt nach dem Einschnitt im Jahr 2016. Insgesamt schneiden 85 % der Sägewerke in Bayern weniger als 10.000 Festmeter ein und nur 10 Sägewerke haben einen Einschnitt über 200.000 Festmeter.

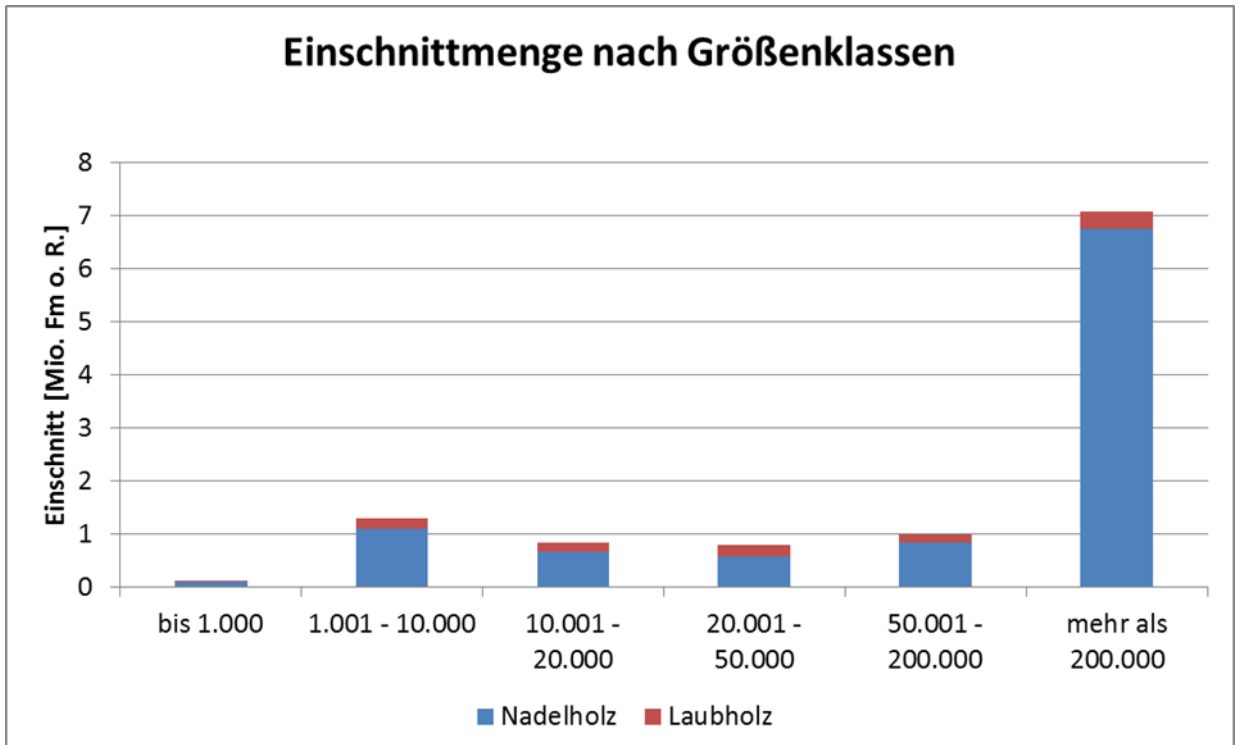


Abbildung 12: Die Menge des eingeschnittenen Rundholzes im Jahr 2016 auf die Größenklassen der Sägewerke verteilt. 37 % der Sägewerke schneiden 1 % des Holzes ein (bis 1.000), dagegen schneiden in der größten Klasse 2 % der Betriebe 64 % des Holzes ein.

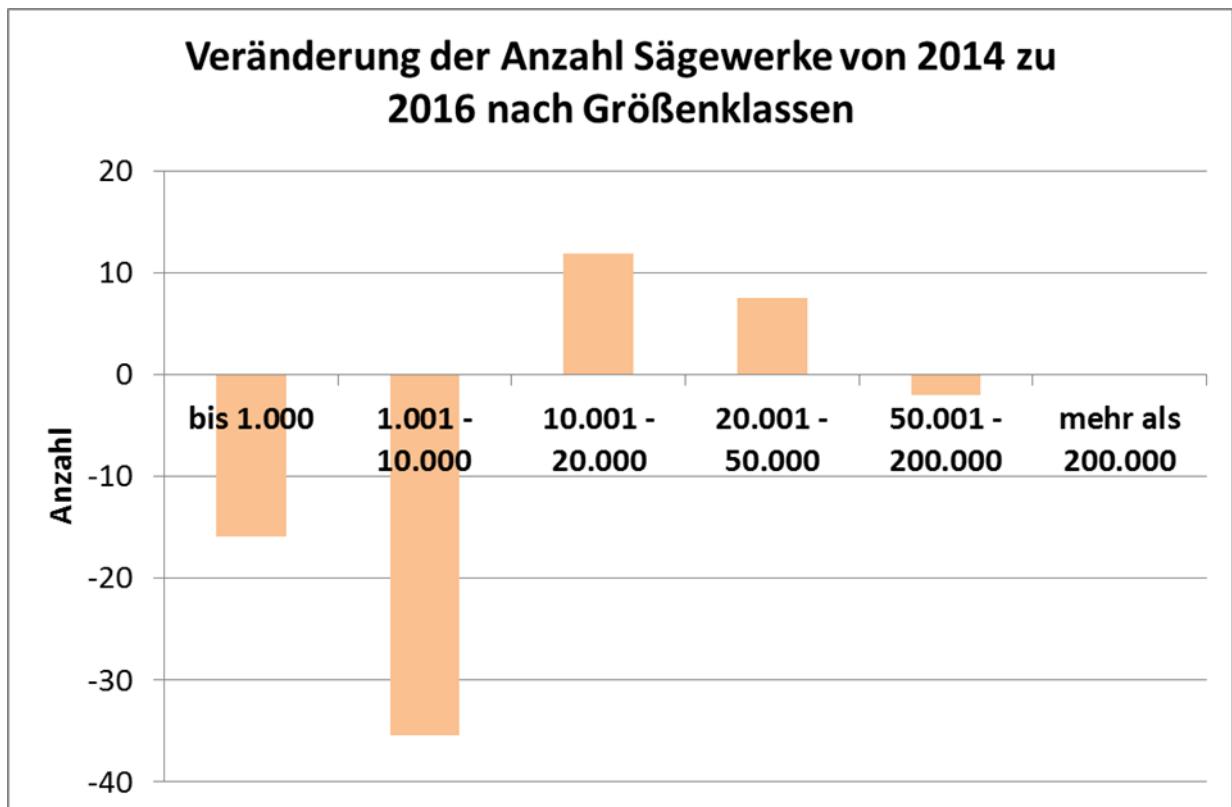


Abbildung 13: Veränderung in der Anzahl der Sägewerke in den einzelnen Größenklassen von 2014 zu 2016. Betriebsaufgaben fanden in der überwiegenden Zahl der Fälle in den Größenklassen bis 10.000 Festmeter statt. Die Zunahme in den mittleren Größenklassen ist durch einen erhöhten Einschnitt und damit Klassenwechsel zu erklären.

Bei den Sägewerken schreitet der Konzentrationsprozess voran. Die Ergebnisse zeigen, dass die Betriebsaufgaben vor allem in den beiden kleinsten Größenklassen stattfanden. Bei den größeren Sägewerken sind bis 2017 zwei Meldungen zu verzeichnen. Die Holzwerke Pröbstl verkauften die Starkholz-Einschnittlinie mit einer Einschnittkapazität von rund 90.000 Festmetern (EUWID 51 2016A), nachdem bereits 2012 die Schwachholzlinie mit einer Einschnittkapazität von 800.000 Festmetern abgebrannt war (EUWID 43 2016). Im Oktober 2017 wurde die für das folgende Jahr geplante Werkschließung vom Laubholzsägewerk Hamberger Hardwood GmbH in Kleinostheim bekanntgegeben.

Tabelle 14: Anteil der jeweiligen Größenklassen an der Gesamtanzahl und am -einschnitt der Sägewerke in Bayern. Es gibt in Bayern sehr viele kleine Sägewerke, die oft auch im Nebenerwerb geführt werden. Sehr wenige große Sägewerke dominieren den Markt.

Größenklasse	Anteil	Einschnitt
bis 1.000	37%	1%
1.001 - 10.000	48%	12%
10.001 - 20.000	8%	8%
20.001 - 50.000	4%	7%
50.001 - 200.000	1%	9%
mehr als 200.000	2%	64%

## 2.2.6 Preisentwicklung bei den Nebenprodukten

Ende 2013 befanden sich die Preise für die Sägenebenprodukte (s. Abbildung 14) auf einem hohen Stand. Ab dem zweiten Quartal 2014 gerieten sie deutlich unter Druck. Preisreduzierungen von 17 % bis 30 % waren bei Hackschnitzeln und Sägespänen zu verzeichnen. Ende 2014 trat eine leichte Erholung ein, die aber 2015 von den Märkten wieder zurückgenommen wurde. Anfang bis Mitte 2016 gerieten die Preise für die Sägenebenprodukte dann nochmals unter Druck und konnten sich ab Mitte 2016 leicht erholen. Hackschnitzel lagen 2016 mit 12,50 € pro Srm auf knapp 64 % des Preises von 2013. Sägespäne waren von 2013 auf 2016 um knapp 40 % auf 10,50 € pro Srm gefallen (EUWID 2017). Die Sägewerke dehnten ihren Einschnitt von 2014 an leicht aus, so dass sich das Angebot an Sägenebenprodukten vergrößerte. In der Papierindustrie waren von 2014 bis 2016 keine großen Änderungen bekannt, so dass hier die Nachfrage für diesen Zeitraum als konstant angesehen werden muss. Erst zum Ende 2016 war eine deutlich reduzierte Nachfrage in der Papierindustrie zu spüren. Die Holzwerkstoffindustrie in Bayern produziert auf leicht steigendem Niveau. Die Witterung in den Wintern 2013/14 bis 2015/16 war ungewöhnlich mild (siehe Kapitel 2.6.5), da gerade Sägespäne der Hauptrohstoff für die Herstellung von Pellets sind, wird hierin der auslösende Faktor für den Preisverfall vermutet.

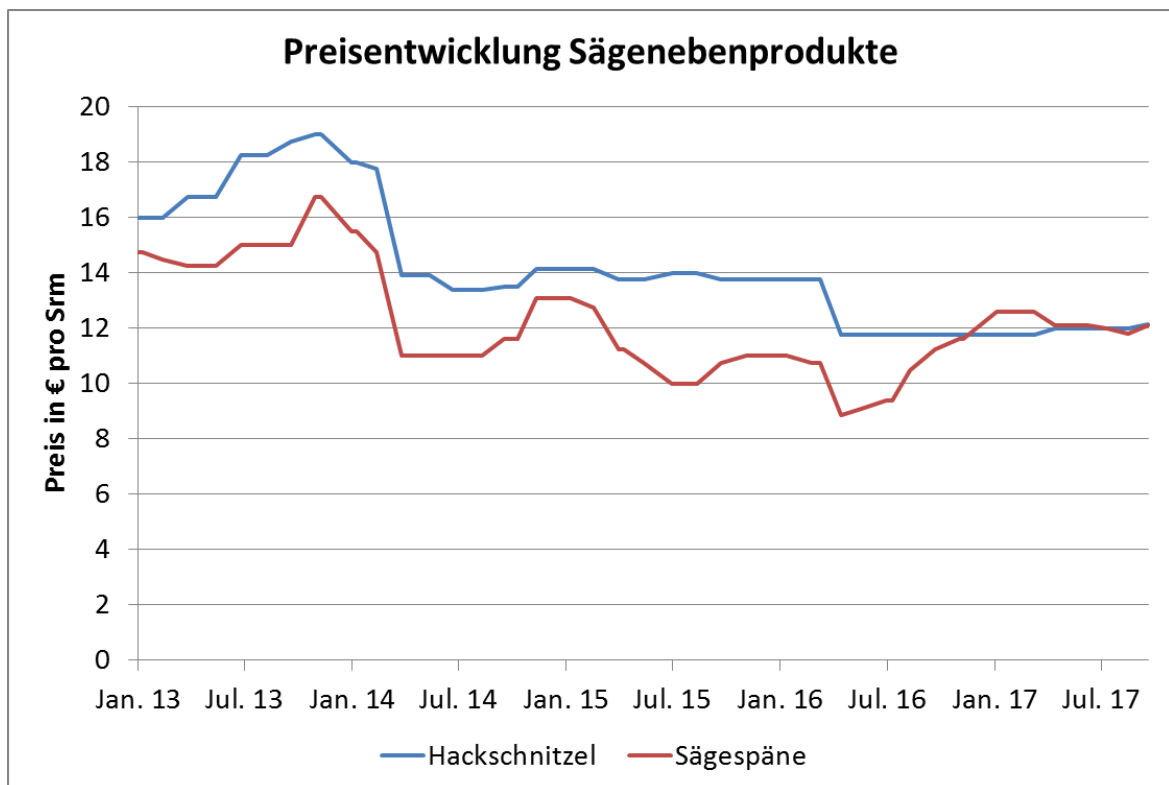


Abbildung 14: Preisentwicklung von Sägenebenprodukten zwischen 2013 und Anfang 2018. Zum Jahresanfang 2014 war ein starker Preisverfall zu verzeichnen, der auch bis ins Jahr 2017 nicht ausgeglichen werden konnte (Quelle: EUWID 2018b).

## 2.2.7 Diskussion

Die Sägewerksbranche befindet sich in Bayern in einer Konsolidierungsphase. Insgesamt scheint sich die Expertenmeinung aus der Clusterstudie Forst, Holz und Papier 2015 zu bestätigen (KNAUF ET AL. 2015). Dort wurde eine Konsolidierung durch die Betriebsaufgabe in kleinen und mittleren Sägewerken prognostiziert, so dass sich zwar die Anzahl stark verringert, die Ein-

schnittkapazität aber annähernd gleich bleibt. Werden die Betriebsaufgaben mit den Ergebnissen von DÖRING ET AL. (2017B) verglichen, dann findet sich dort in den Größenklassen bis 10.000 eine netto Abnahme um 38 Betriebe. Dies stimmt mit der Anzahl der Betriebsaufgaben in dieser Arbeit auf den ersten Blick gut überein. Allerdings ist der Betrachtungszeitraum deutlich unterschiedlich. Während in dieser Arbeit zwei Jahre betrachtet wurden, werden bei DÖRING ET AL. (2017B) fünf Jahre betrachtet. Deshalb erscheint die Zahl bei Döring et al. (2017b) als gering. Bei der Struktur der Sägewerks-Größenklassen gibt es eine gute Übereinstimmung. Auch bei Döring et al. (2017b) sind 85 % der Sägewerke zu den Sägewerks-Größenklassen bis 10.000 Festmetern zugehörig.

Die Hochrechnung der Einschnittmenge ergab 11,18 Mio. Fm o. Rinde. Aus den bayerischen Wäldern wurden laut Holzeinschlagstatistik 8,9 Mio. Fm Stammholz geliefert. Hinzu kommen noch Mengen aus dem Außenhandel. 2016 gab es einen Einfuhrüberschuss an Rundholz von 0,6 Mio. Fm. Wird dieser komplett dem Stammholz zugerechnet, dann ergibt sich eine Menge von 9,5 Mio. Fm, die den Sägewerken zu Verfügung stand. Über die Bezugsmengen der bayerischen Sägewerke aus anderen Bundesländern liegen uns keine Informationen vor, es ist aber anzunehmen, dass gerade grenznahe Sägewerke beiderseits der Grenze größere Mengen aus dem jeweils anderen Bundesland beziehen. Weitere mögliche Erklärungen sind der von der Holzeinschlagstatistik nicht erfassten Holzeinschlag und Informationslücken in der Struktur der Sägewerke. Einen großen Teil der Differenzmenge zwischen dem Stammholzaufkommen und –verbrauch könnte der Abbau von Lagerbeständen aus 2015 in den Sägewerken ausmachen. Durch den Orkan Niklas im Frühjahr 2015 waren vor allem im Süden Bayerns große Sturmholzmengen angefallen, die zum Teil auch auf Nasslagerplätzen konserviert wurden. Außerdem war es 2015 schon zu einem erhöhten Aufkommen an Käferholz gekommen.

Der hochgerechnete Einschnitt ist im Vergleich zum Energieholzmarktbericht von 2014 um 1,1 Mio. Fm o. R. gestiegen. Der Anstieg ist sowohl bei den Großsägewerken als auch bei den kleinen und mittleren Sägewerken zu beobachten. Die Großsägewerke haben um 0,6 Mio. Fm o. R. und die kleinen und mittleren Sägewerke um 0,4 Mio. Fm o. R. zugelegt. Die kleinen und mittleren Sägewerke haben somit nur 26 % Anteil am Gesamteinschnitt, aber 40 % an der Steigerung von 2014 auf 2016.

Die Verteilung des Einschnitts auf Laub- und Nadelholz unterscheidet sich von den Ergebnissen von DÖRING ET AL. (2017B). Dort wird für 2015 ein Laubholzeinschnitt von 6,5 % für ganz Deutschland und damit 3,5 % geringer als in dieser Studie angegeben. Laut der dritten Bundeswaldinventur (BWI III 2018) war der Einschlag von Nadelholz in Bayern um 9 %-Punkte höher als in Gesamtdeutschland. Aus diesem Zusammenhang würde für Bayern ein geringerer Anteil von Laubholz am Einschnitt als im Bundesdurchschnitt plausibel erscheinen. Allerdings befindet sich grenznah in Nordbayern eines der größten Laubholzsägewerke Deutschlands, das zu einem großen Anteil auch aus anderen Bundesländern versorgt wird. Deshalb stimmt der Einschnitt vermutlich nicht ganz mit dem Einschlag überein und der etwas höhere Anteil des Laubholzes in der Umfrage ist durchaus plausibel.

Die Annahme, dass etwa 85 % der Rinde im Sägewerk ankommt und 15 % auf dem Weg dorthin verloren gehen, konnte anhand einiger Datensätze verprobt werden. Es wurden die errechneten Rindenmengen von einigen Sägewerken mit den von den Werken an C.A.R.M.E.N. e. V. gemeldeten Daten über die Verbrennung von Rinde in den werkseigenen BHKW verglichen. Die errechneten und gemeldeten Rindenmengen stimmten gut überein und scheinen den wirklichen Gegebenheiten zu entsprechen.

Ein Vergleich der Hochrechnungen mit den Statistiken aus dem Bayerischen Landesamt für Statistik ist nicht ohne weiteres möglich. Die Struktur der meldenden Betriebe sowie deren Produktion lassen sich nicht mit hinreichend genauer Sicherheit abbilden. In den Statistiken zum verarbeitenden Gewerbe werden alle Betriebe mit 20 oder mehr Mitarbeitern abgebildet, abweichend gilt unter anderen für die Säge-, und Hobelwerke, weil die Branche kleinbetrieblich

strukturiert ist, eine Abschneidegrenze von 10 oder mehr Mitarbeitern (BLFS 2017A). Im Wirtschaftszweig „16.10 Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke“ gibt es nach der Umsatzstatistik (BLFS 2017B) insgesamt 76 Betriebe deren Haupttätigkeit diesem Wirtschaftszweig zugeordnet wird. In der Produktionsstatistik ist allerdings unter „161 Holz, gesägt und gehobelt“ die Produktion von insgesamt 91 Betrieben abgebildet. Auf schriftliche Anfrage teilte das Bayerische Landesamt für Statistik mit: Während in der Umsatzstatistik die Betriebe nach ihrem Produktionsschwerpunkt eingeteilt werden, werden sie in der Produktionsstatistik nach den produzierten Gütern gruppiert und somit wird ein Betrieb, der mehrere Güter produziert, mehrmals in der Statistik gezählt. Die Differenz in der Anzahl der Betriebe wird somit durch Meldungen von Betrieben erklärt, die ihren Produktionsschwerpunkt in anderen Wirtschaftszweigen haben, aber auch ein Sägewerk betreiben. In welche Größenklasse diese 15 Betriebe einzuordnen sind, ist nicht bekannt.

In der Statistik zur Produktion des verarbeitenden Gewerbes wird von 2014 bis 2016 ein stetiger Anstieg der Schnittholzproduktion von 5,0 Mio. m<sup>3</sup> auf 5,2 Mio. m<sup>3</sup> aufgezeigt (BLFS 2015; BLFS 2016; BLFS 2017A). Auch in der Produktionsstatistik ist also der Trend einer Produktionssteigerung bei den Sägewerken zu sehen, nur die Änderung ist deutlich geringer als nach unserer Erhebung. Im Jahr 2016 ist in der Statistik die Produktion von 4,7 Mio. m<sup>3</sup> Nadelschnittholz und von 0,3 Mio. m<sup>3</sup> Laubschnittholz aufgeführt. Somit ist der Erfassungsgrad dieser Statistik 78 % über das gesamte Schnittholz, wobei 78 % des Nadelschnittholzes, aber nur 49 % des Laubschnittholzes erfasst sind. Die sehr niedrige Erfassung des Laubschnittholzes liegt vermutlich an den deutlich kleineren Laubholz-Sägewerken. DÖRING ET AL. (2017B) ermittelte für die deutsche Schnittholzproduktionsstatistik Werte in einer ähnlichen Größenordnung, dort wurden 2015 87,3 % des Nadelholzes und 38,1 % des Laubholzes erfasst. Ein Strukturvergleich der bayerischen mit den deutschen Sägewerken deutet darauf hin, dass die Nadelholzsägewerke in Bayern kleinteiliger als im deutschen Durchschnitt aufgestellt sind, die Laubholzsägewerke dagegen im deutschen Durchschnitt kleinteiliger sind.

Aufgrund der verwendeten Einschnitt-Technologie verringert sich tendenziell die Ausbeute, je größer das Sägewerk ist. Dieses Ergebnis findet sich auch bei DÖRING ET AL. (2017B). Auch bei Döring verringert sich die Ausbeute an Schnittholz mit zunehmender Größe der Sägewerke, wobei sie dort bei Sägewerken mit Einschnitt von mehr als 500.000 Fm sogar nur noch mit 56,2 % beziffert wird. Eine niedrigere Ausbeute ist nicht grundsätzlich ein Problem, solange die Sägenebenprodukte in eine hochwertige Weiterverarbeitung gegeben werden. Durch die hochwertige Weiterverarbeitung von heimischen biogenen Rohstoffen und eine eventuelle Kaskadennutzung werden die zwei Prinzipien des bayerischen Bioökonomie Konzepts erfüllt (STMELF 2015).

## 2.3 Pelletproduktion und –verbrauch

### 2.3.1 Methodik

Basierend auf den Erhebungen zum Energieholzmarktbericht 2014 (WEIDNER ET AL. 2016) sowie Adressdaten von C.A.R.M.E.N. e.V. wurden Pelletproduzenten in Bayern identifiziert und schriftlich eingeladen, an der Erhebung mittels Fragebogen teilzunehmen. Von 15 identifizierten Herstellern gaben 13 Unternehmen Auskunft zur Pelletproduktion im Jahr 2016 und zu den Vertriebswegen. Vereinzelt konnten fehlende Angaben insbesondere zum Vertrieb über eine vom Pelletmagazin veröffentlichte Marktübersicht ergänzt werden (SOLAR PROMOTION 2016). Zwei kleinere Produktionsstandorte (Produktionskapazität jeweils kleiner 25.000 Tonnen) wurden über eine Literaturquelle abgebildet (DÖRING 2012). Die Methodik der Erhebungen des Pelletverbrauchs in Öfen, Zentralheizungen und Biomasseheiz(kraft)werken ist in den Fachkapiteln 2.6.1 und 2.7.1 dargestellt.

### 2.3.2 Pellethersteller und Pelletproduktion

Mit einer Gesamtmenge von 1,95 Millionen t war Deutschland 2016 der größte Pelletproduzent in der Europäischen Union (DEPI 2017A, AEBIOM 2017). Während die Produktionskapazität mit 3,3 Millionen t und der Verbrauch mit 2,0 Millionen t gegenüber dem Jahr 2014 um 100 bzw. 200 Tausend t leicht angestiegen ist, fiel die produzierte Menge etwas ab, so dass in Deutschland 2016 erstmals geringfügig mehr Pellets verbraucht als erzeugt wurden (DEPI 2017A). Das Außenhandelsdefizit von 3,5 % führt der Deutsche Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV) auf einen Exportrückgang im ersten Halbjahr zurück, der mit der Insolvenz eines in den Vorjahren stark expandierenden deutschen Marktteilnehmers begründet werden kann. Die Insolvenz hatte jedoch nur kurzfristigen Einfluss, denn bereits 2017 konnte Deutschland wieder eine positive Außenhandelsbilanz vorweisen (DEPV 2018).

Entgegen dem deutschlandweiten Jahresergebnis für 2016 konnte die Produktionsmenge in Bayern deutlich gesteigert werden. Während 2014 rund 630.000 t Pellets gepresst wurden (WEIDNER ET AL. 2016), konnte über die Umfrage für 2016 eine Produktionsmenge von etwa 800.000 t erfasst werden. Damit haben die Produktionsstätten in Bayern mit rund 40 % zur inländischen Pelletproduktion beigetragen. Das Deutsche Pelletinstitut allerdings weist dem Freistaat 2016 nur eine Produktionsmenge in Höhe von 740.000 t zu (DEPI 2017B). Inwieweit diese Abweichung durch Unterschiede in Erfassungsgrad und Erhebungsmethodik begründet sind oder von den Herstellern unterschiedliche Produktionsmengen gemeldet wurden, ließ sich aus Datenschutzgründen nicht endgültig klären.

An 15 bayerischen Standorten wurden im Jahr 2016 Holzpellets hergestellt. Die Anzahl der Pelletproduzenten hat sich gegenüber dem letzten Erhebungsjahr nicht verändert, lediglich ein kleinerer Hersteller aus Niederbayern hat im Laufe des Jahres 2014 seinen Betriebszweig aufgeben. Dafür hat in Schwaben 2016 ein Unternehmen mit ähnlicher Produktionskapazität erstmals seine Pressen angefahren. Die vier größten Pelletwerke, die rund 70% der installierten Pressleistung besitzen, sind in Händen großer Sägewerke und pelletieren die anfallenden Sägebenebenprodukte direkt vor Ort. Abbildung 15 gibt eine Übersicht über die räumliche Verteilung der Pelletwerke in Bayern.



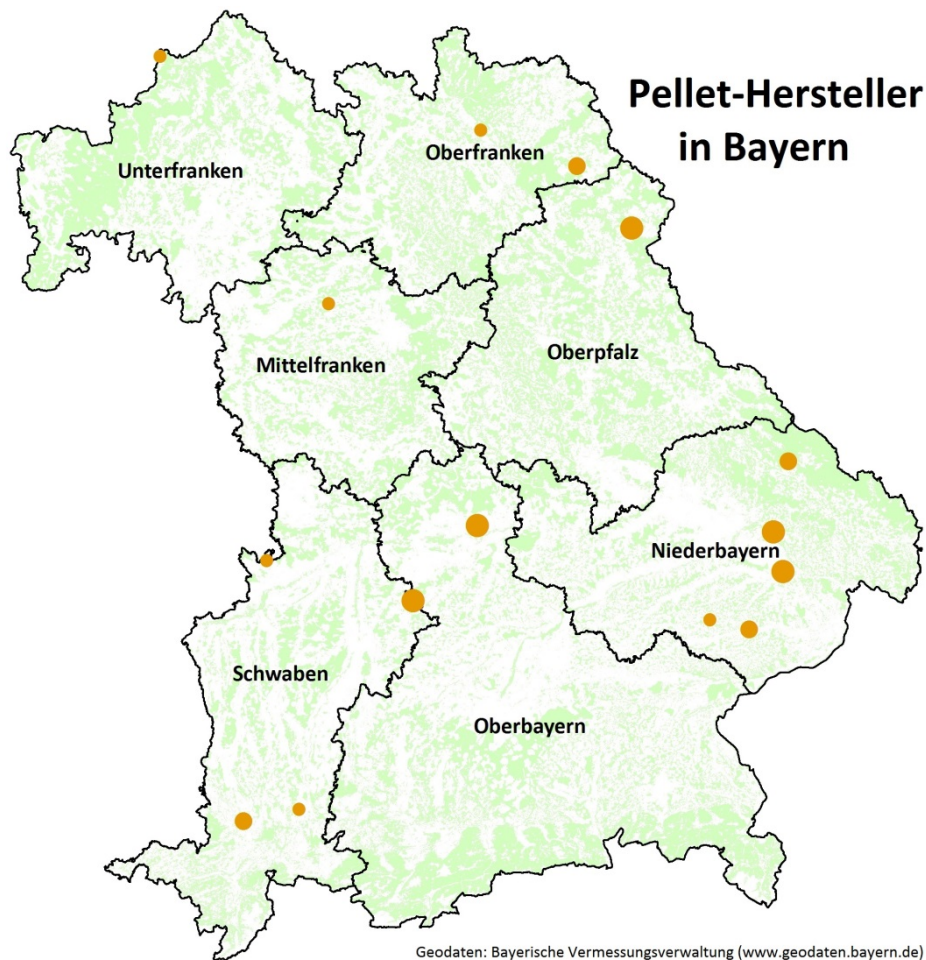


Abbildung 15: Karte der Pellethersteller in Bayern (Stand 2016).

Gemäß den Angaben bayerischer Hersteller lag die Gesamtproduktionskapazität bei einer Auslastung von 80 % im Jahr 2016 bei rund einer Millionen t, damit besitzt der Freistaat die deutschlandweit größte Produktionskapazität. Diese hat sich gegenüber dem Jahr 2014 um rund 20 % erhöht (WEIDNER ET AL. 2016), was hauptsächlich auf die Investitionen bei den Sägewerken Binderholz Deutschland in Kösching im Jahr 2014 und Schwaiger in Hengersberg im Jahr 2015 zurückzuführen ist, die an bestehenden Standorten in fünf neue Pressen investiert haben. Von den erfassten bayerischen Produzenten werden nahezu ausschließlich Sägenebenprodukte (99 %) zur Pelletproduktion verwendet, davon werden 68 % direkt am Standort des Sägewerks zu Pellets verpresst. 27 % der Nebenprodukte kaufen die Pelletwerke von externen Sägewerken zu und nur 5 % werden über das Handwerk oder den Handel bezogen. Zu geringen Mengen werden Holzpellet auch aus Waldrestholz und sonstigen Rohholzsortimenten produziert, die Waldbesitzer bzw. deren Vereinigungen bereitstellen. Diese Chargen dienen vor allem der Herstellung von sogenannten NawaRo-Pellets zur Stromerzeugung in EEG-Anlagen. Anhand der erhobenen Daten ist davon auszugehen, dass annähernd 100 % der in Bayern produzierten Pellets nach ENplus A1 zertifiziert sind. Sieben Hersteller zertifizierten ihre Pellets sowohl nach ENplus als auch nach DINplus, es gab jedoch keiner der befragten Betriebe an, ausschließlich DINplus als Zertifizierungssystem zu verwenden. Nur ein Hersteller nutzt keines der beiden Zertifizierungssysteme, sondern führt an, seinen Qualitätsstandard durch interne Kontrollen zu sichern, die sogar strenger seien als die von ENplus. Daher ist davon auszugehen, dass die Qualität der produzierten Pellets im Allgemeinen auch 2016 auf einem sehr hohen Niveau lag.

Für den Vertrieb der Holzpellets lassen sich verschiedene Absatzwege identifizieren. Laut der Befragung wurden durchschnittlich 60 % der Holzpellets über Großhändler vermarktet. Weitere 30 % gingen an den Einzelhandel und der Rest wurde direkt an Endkunden verkauft. Knapp 20 % der bayerischen Produktion von Holzpellets wurden ins Ausland exportiert, d.h. der überwiegende Teil wird an Kunden in Deutschland geliefert. Als Exportmärkte konnten Italien, Österreich, die Schweiz, aber auch Tschechien identifiziert werden.

Der Pelletmarkt war überschattet von der Insolvenz des Branchenriesen German Pellets im Februar 2016. Dessen deutsche Produktionsstandorte wurden überwiegend in der ersten Jahreshälfte 2016 von verschiedenen Investoren übernommen (FAZ 2016). Die Pelletwerke der Glechner-Gruppe in Pfarrkirchen (Bayern) sowie die beiden österreichischen Standorte Mattighofen und in Oberweis/Gmunden, die 2012 von German Pellets gekauft worden waren, gingen im März 2016 an Glechner zurück (EUWID 13 2016). Die Werke in Bayern blieben operativ und der Pelletmarkt war weiterhin gut versorgt. An anderen deutschen Standorten kam es zu Produktionsausfällen im ersten Halbjahr 2016, jedoch konnte die Inlandsversorgung durch den Abbau von Lagerbeständen und durch Mehrproduktion in anderen Werken gewährleistet werden. Gelitten hat allerdings der Exportmarkt, denn die Firma German Pellets war stark exportorientiert tätig. So kam es, dass der Pelletmarkt in Deutschland das Jahr 2016 mit einem Außenhandelsdefizit von rund 70.000 t bei nahezu gleichbleibenden Einfuhrmengen abschloss.

Die Produktionsmengen in Bayern dürften in den Folgejahren steigen, denn drei Unternehmen gaben bei der Umfrage an, ihre Produktionskapazitäten erhöhen zu wollen. Dabei steht eine Kapazitätserweiterung von rund 160.000 t Pellets pro Jahr im Raum. Zudem konnte ein Sägewerk aufgrund von Brandschäden in 2016 nicht im vollen Umfang produzieren, so dass nach Schadensbehebung auch hieraus entsprechende Zuwächse zu erwarten sind.

### 2.3.3 Verwendung

Der Gesamtverbrauch von Holzpellets in Bayern konnte auf 790.000 t geschätzt werden, wobei davon rund zwei Drittel in kleinen Anlagen bis 50 kW verbrannt wurden. Im Wesentlichen kann diese Mengen den Privathaushalten zugeschrieben werden, also dem Verbrauch in Einzelöfen sowie Zentralheizungen von Ein-, Zwei-, und Mehrfamilienhäusern, für die eine installierte Leistung von rund 1.600 MW<sub>th</sub> berechnet wurde. Wärmeerzeuger größer 50 kW verfeuerten 2016 bayernweit ca. 230.000 t Pellets. Die Abschätzung basiert auf Daten der ZIV (Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks) wobei die installierte Leistung anhand eines Verteilungsschlüssels des DBFZ festgelegt wurde. Es ist davon auszugehen, dass derzeit rund 5.400 Pelletfeuerungen > 50 kW in Betrieb sind, weniger als ein Dutzend Kessel weisen dabei eine Leistung größer 1 MW auf. KWK-Anlagen hatten 2016 einen Pelletbedarf von rund 40.000 t (umgerechnet von t<sub>atro</sub> auf t bei WG=10 %), die als sogenannte NawaRo-Pellets vergast worden sind.

Die Ergebnisse der Produktions- und Verbrauchserhebung lassen vermuten, dass in Bayern mehr Pellet produziert wurden, als die Feuerungen im Freistaat selbst verbraucht haben. Da die Hersteller jedoch meldeten, in Summe eine Menge von 150.000 t ins Ausland exportiert zu haben, muss eine ähnliche Menge aus Produktionsstandorten anderer Bundesländer und zu einem geringen Anteil auch aus dem Ausland nach Bayern verkauft worden sein. Aussagen über den Handel zwischen den Bundesländern können im Rahmen der Datenerhebung nicht getroffen werden, da zu wenige Hersteller hierzu Angaben machten.

Tabelle 15: Produktion, Verbrauch und Export von Pellets in Bayern 2016

		Menge in t (bei WG=10 %)
Gesamtproduktion		800.000 <sup>5</sup>
Export Ausland		150.000
Export andere Bundesländer		k.A.
Verbrauch in Bayern	Wärmeerzeuger bis 50 kW (kleine private Anlagen)	520.000
	Wärmeerzeuger > 50 kW	230.000
	Biomasseheizkraftwerke	40.000
	<b>Gesamtverbrauch*</b>	<b>790.000*</b>

### 2.3.4 Pelletpreise

Die Entwicklung der Verbraucherpreise für Holzpellets wird vom C.A.R.M.E.N. e.V. seit 2002 monatlich erhoben. Dabei werden deutschlandweit Preisdaten bei Pellethändlern abgefragt und ausgewertet. Im Schnitt nehmen monatlich ca. 90 Händler an der Umfrage teil. Die Preise beinhalten sowohl Mehrwertsteuer als auch sämtliche Pauschalen, die bei einer Lieferung im Umkreis von 50 km anfallen.

Im Durchschnitt kosteten Holzpellets im Jahr 2016 in Bayern 237 Euro je t bei einer Liefermenge von 5 t. Wie auch in den Jahren zuvor entspricht das Preisniveau in Bayern relativ genau dem deutschlandweiten Durchschnittswert, der von C.A.R.M.E.N. e. V. im Rahmen der monatlichen Umfragen für das Betrachtungsjahr mit einem Euro günstiger ausgewiesen werden konnte. Umgerechnet auf den Energiegehalt kostete im Jahr 2016 eine MWh aus Holzpellets 4,8 Cent. Der regenerative Energieträger war damit rund 30 % günstiger als der Brennstoff Erdgas, wenn die Erdgaspreise für die Zwecke des Individualkonsums zu Grunde gelegt werden. Ein Blick auf die Entwicklung der Heizölpreise seit Mitte des Jahres 2014 (siehe Abbildung 16) macht jedoch die schwierige Marktlage der nachwachsenden Rohstoffe im Energiesektor deutlich. Der Sinkflug des Heizölpreises erreichte Anfang 2016 seinen Tiefstwert mit rund 41 Cent pro Liter - ein Preisniveau, das zuletzt im Jahr 2004 erreicht wurde. Dies hatte zur Folge, dass Pellets im Durchschnitt des Jahres 2016 gegenüber Heizöl keinen Vorteil beim Brennstoffpreis geltend machen konnten. Auch nach Durchlaufen der Talsohle beim Heizöl ist bis Ende 2017 nur ein geringer Preisvorteil beim Brennstoff Pellet im Vergleich zu Heizöl zu verzeichnen (C.A.R.M.E.N. E.V. 2017, DESTATIS 2017B).

Trotz der Insolvenz des bis dahin größten Pelletproduzenten konnten die Pelletpreise über das ganze Jahr 2016 stabil gehalten werden, lediglich die typischen saisonalen Schwankungen sind

<sup>5</sup> Saldo aus Gesamtproduktion (abzüglich Export) und Gesamtverbrauch wird durch Importe aus dem Ausland und anderen Bundesländern gedeckt

in Abbildung 16 zu erkennen. Der stabile Preis ist ein Indiz dafür, dass die Versorgung mit Holzpellets in Deutschland auch über die gesamte Winterzeit gesichert war. Tatsache ist, dass die Verbraucher die Pellet so günstig wie zuletzt im Jahr 2010 einkaufen konnten. Das Preisniveau ist deutlich unter jenem, welches in den Jahren 2013 und 2014 zu beobachten war.

Die Preisentwicklung von Holzpellets ist im Wesentlichen von den Rohstoffpreisen (Sägespäne) und der Nachfrage bei den Verbrauchern abhängig, die wiederum vom Witterungsverlauf beeinflusst wird. Das Jahr 2016 war geprägt von einem starken Mengendruck auf dem süddeutschen Sägerestholzmarkt. Die Einschlagmengen waren gestiegen, nicht zuletzt aufgrund des hohen Borkenkäferbefalls im süddeutschen Raum, wodurch die Sägewerke auf hohem Niveau produzierten. Dies hat bei den Sägespänen zu Preiseinbrüchen auf zeitweise unter 9 €/srm geführt (vgl. Abbildung 14 in Kapitel 2.2.6). Gleichzeitig waren die vorangegangenen Winter sehr mild, sodass die Nachfrage weit hinter den produzierten Mengen und eingelagerten Beständen zurück blieb. Es war nicht möglich, die Ware zu höheren Preisen am Markt zu platzieren. Erst der strenge und lange Winter 2016/2017 generierte wieder eine höhere Nachfrage, die Pelletproduktion wurde angekurbelt und im Zuge dessen stiegen die Preise für Sägenebenprodukte, wie auch die der Pellets.

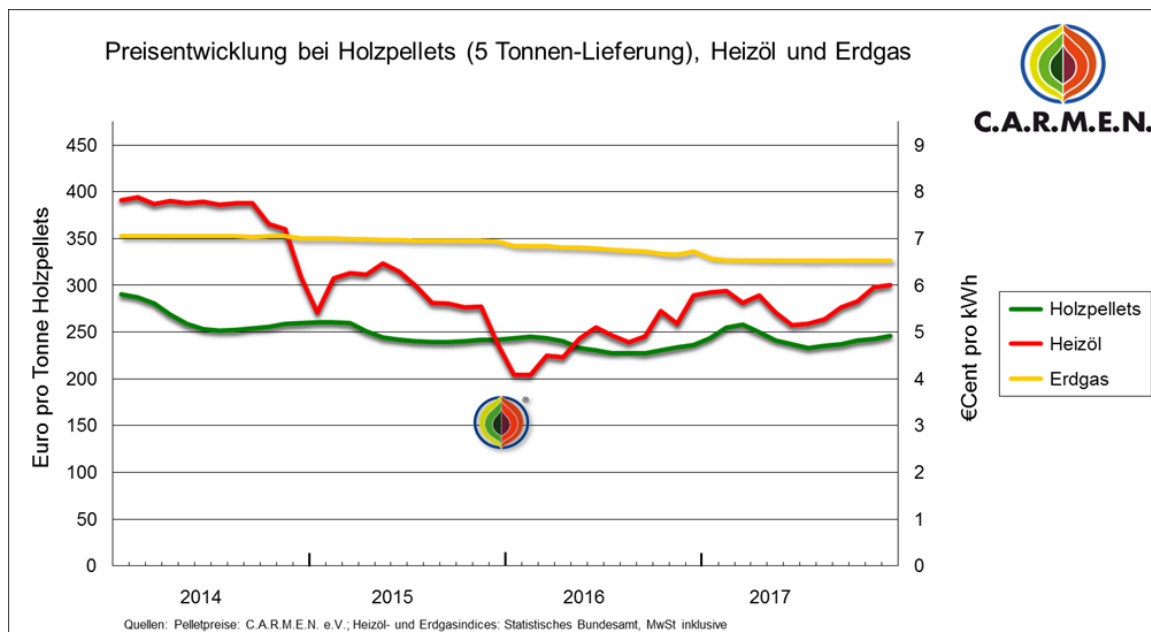


Abbildung 16: Preisentwicklung für Holzpellets, Heizöl und Erdgas (Bruttopreise; Datenquellen: Holzpellets: C.A.R.M.E.N. e.V.; Heizöl und Erdgas: Statistisches Bundesamt)

### 2.3.5 Fazit und Trends

Die Produktionsmenge in Bayern konnte im Jahr 2016 mit rund 800.000 t deutlich ausgebaut werden (vgl. WEIDNER ET AL. 2016). Diese Entwicklung entspricht nicht der deutschlandweiten Situation (DEPV 2017): Deutschlandweit gab es leichte Produktionsrückgänge im Vergleich zum Vorjahr, verursacht durch Marktturbulenzen, die auf die Insolvenz des Branchenriesen German Pellets zurückgeführt werden müssen. Zwar konnte ein längerer Produktionsstillstand in den meisten von der Insolvenz betroffenen Werken durch neue Eigentümer verhindert werden, dennoch hatte der Zusammenbruch des Pelletimperiums zur Folge, dass Deutschland erstmals seit der Marktdurchdringung des Brennstoff Pellets das Jahr als Netto-Importeur abschließen musste. Marktführer ist mittlerweile die Firmengruppe J. Rettenmaier & Söhne (JRS) aus Rosen-

berg in Baden-Württemberg, die nach der Insolvenz von German Pellet nun auch die Werke in Ettenheim und Herbrechtingen übernommen hat.

Für Sägenebenprodukte, die nahezu die ausschließliche Rohstoffquelle für die Erzeugung von Holzpellets in Bayern bilden, war wegen der intensiven Einschnitt-Tätigkeit der Sägewerke am Markt ein Überangebot vorhanden, was 2016 zu stabilen Pelletpreisen auf niedrigem Niveau geführt hat. Hoch ist dagegen das Qualitätsniveau. 98 % der produzierten Waren, die die Werke verlassen haben, konnten mit dem Zertifikat ENplus A1 vermarktet werden. Noch lassen sich rund die Hälfte der Pelletproduzenten sowohl nach ENplus als auch nach DINplus zertifizieren. Es ist jedoch abzusehen, dass langfristig die ENplus-Zertifizierung die DINplus-Zertifizierung ablösen wird. Inwiefern sich Verbraucherlabel, wie der Blaue Engel, auch bei den Pellets durchsetzen, wird sich zeigen. Ein bayerischer Hersteller mit mittlerer Produktionskapazität ist bereits gelabelt. Mittelfristig scheint die Pelletindustrie gut mit Sägenebenprodukten aus Nadelholz versorgt zu sein. Langfristig muss bei einem steigenden Pelletbedarf auch an die Verwertung von Hartholzsägespänen oder Mischsortimenten gedacht werden, was jedoch einen höheren technischen Aufwand mit sich bringt.

Der Pelletverbrauch ist in Bayern im Vergleich zu den errechneten Verbrauchsmengen 2014 um 36 %<sup>6</sup> auf 790.000 t gestiegen. Die bayerischen Pelletwerke reagierten auf die steigende Nachfrage mit einem Zubau bei der Produktionskapazität, die 2016 erstmals die 1 Millionen Tonnen-Marke geknackt hat. Zudem ist eine Kapazitätserweiterung von ca. 160.000 t gemäß Umfrage in naher Zukunft zu erwarten. Deutschlandweit konnte jedoch nicht der von Branchenvertretern prognostizierte Zubau an Pelletfeuerungen erreicht werden (DEPV 2017A) und das Wachstum muss, wie im gesamten Biomassesektor, als verhalten bezeichnet werden. Von einem Preisvorteil gegenüber Heizöl kann bei Vollkostenrechnung einer Pelletheizung derzeit nicht die Rede sein. Insbesondere bei größeren Versorgungsobjekten erfährt der Energieträger Holz, egal ob es sich dabei um Pellets oder um Hackschnitzel handelt, starke Konkurrenz vom Erdgassektor. Die Energieversorger bieten größeren Abnehmern Erdgas derzeit konkurrenzlos günstig an. Der Erdgaspreis für Unternehmen lag im 1. Halbjahr 2017 in Deutschland bei nur 43 % des Preises für Privathaushalte und war seit 2013 um 31 % gesunken (DESTATIS 2018A). Der Staat reagierte auf die sich nur schleppend entwickelnde Wärmewende mit einer deutlichen Erhöhung der Förderung für Holzfeuerungen unter 100 kW im April 2015 (BMW 2015A) und einer weiteren Zusatzförderung. Das „Anreizprogramm Energieeffizienz“ kurz APEE, wurde ergänzend im Januar 2016 ins Leben gerufen (BMW 2015B). Allerdings blieb der jährliche Zubau mit gut 31.000 Anlagen über ganz Deutschland in den Jahren 2015 und 2016 hinter den Erwartungen zurück und auch 2017 konnte keine wesentliche Steigerung der Absatzzahlen erreicht werden (DEPV 2017, DEPV 2018).

Der sich in den vergangenen Jahren nur mäßig entwickelnde Pelletmarkt in Deutschland ist noch immer sehr regional geprägt. Das zeigen auch die Erhebungen für die in Bayern produzierten Pellets, lediglich 20 % der Pellets gelangen außer Landes. Import und Export spielen sich weitestgehend innerhalb der EU ab (THRÄN ET AL. 2017). Importiert werden in geringem Umfang Pellets aus Russland, Polen und Dänemark. Hauptabnehmer für deutsche Pellets sind Großbritannien, Österreich und Italien.

---

<sup>6</sup> Ein Teil der Verbrauchssteigerung ist auf eine Korrektur der Bestandszahlen von Pellet-Zentralheizungen durch das Kaminkehrerhandwerk zurückzuführen.

Weltweit gesehen ist jedoch eine große Dynamik und Internationalisierung des Pelletmarktes zu beobachten. Länder wie Großbritannien und Belgien importieren große Mengen Industriepellets aus Kanada und den USA, um über die Verbrennung in Kohle-Kraftwerken die Treibhausgasemissionen zu verringern. Sie machen damit Europa nicht nur zum größten Pelletproduzenten, sondern auch zum Kontinent mit den höchsten Importraten. Zunehmen reagiert die deutsche Öffentlichkeit mit Bedenken auf die hohen Pelletimporte in die Europäische Union und die Frage nach der Nachhaltigkeit dieses Nutzungspfades steht im Raum. Neben Europa wurden auch Südkorea und Japan innerhalb kurzer Zeit zu sehr wichtigen Pelletimporteuren, die ebenfalls unterstützt durch nationale Entwicklungspläne auf Co-Firing setzen (THRÄN ET AL. 2017). Dieser asiatische Importmarkt wird in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter stark wachsen. Nordamerika, Russland und die baltischen Staaten stehen bereit, um diese Märkte zu bedienen. Deutschland mit seinem reinen wärmeorientierten Pelletmarkt tangiert der Weltmarkt nur am Rande, denn es ist zu erwarten, dass die Branche mittelfristig mindestens eine ausgeglichene Außenhandelsbilanz vorweisen kann. Darüber hinaus spricht der kleinstrukturierte Energiemarkt gegen eine Versorgung durch Schiffe aus Übersee. Langfristig wird es vor allem von der Nachfrageentwicklung, von den Preisen, den gehandelten Qualitäten und den nationalen Umweltstandards jeweiliger Länder abhängig sein, ob sich Deutschland auch einem verstärkten Import zuwendet. Aufgrund der aktuellen Rahmenbedingungen, wie z.B. niedrige Preise für CO<sub>2</sub>-Zertifikate und Kohleimporte, ist ein Co-Firing in deutschen Kraftwerken unwahrscheinlich. Auf absehbare Zeit werden daher in deutschen Landen im großen Stil keine importierten Pellet verbrannt werden.



## 2.4 Altholz – Aufbereitung und Verwendung

Das staatliche Ziel bei der Verwertung von Altholz ist die wiederholte Nutzung in einer Kaskade durch eine vorrangige stoffliche Verwertung, um so eine Ressourcenschonung zu erreichen. Um die Verwendungsmöglichkeiten besser zu steuern, ohne Schadstoffe im Stoffkreislauf anzureichern, wird das Altholz je nach Kontaminationsgrad in vier Altholzkategorien eingeteilt.

- A1: naturbelassenes Holz, das nur mechanisch aufbereitet wurde;
- A2: verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel;
- A3: Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel;
- A4: mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, Rebpfähle sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien A1 bis A3 zugeordnet werden kann, ausgenommen ist PCB-Altholz;

Altholz setzt sich aus Industrierestholz und Gebrauchtholz zusammen (§ 2 AltholzV). Für beide Arten gilt, dass sie zu mindestens 50 % aus Holz bestehen müssen, um als Altholz klassifiziert zu werden. Industrierestholz sind Holzreste, die während der Produktion von Gütern in den holzbe- oder -verarbeitenden Betrieben anfallen. Das Industrierestholz ist den einzelnen Altholzkategorien sehr leicht zuzuordnen, weil die Produktionsschritte bis zu seinem Anfall bekannt sind. Unter Gebrauchtholz werden Güter zusammengefasst, die schon einmal beim Endkunden in Gebrauch waren und nun recycelt werden sollen. Bei der Sammlung von Gebrauchtholz ist die Klassifizierung zu den einzelnen Altholzkategorien wesentlich schwieriger. An der ersten Sammelstelle ist das Altholz besser den Kategorien zuzuordnen als in der späteren Weiterverarbeitung (BAUER 2016). Für den Endverbraucher ist die Belastung des Holzes nicht offen ersichtlich. Es braucht geschultes Personal an den ersten Sammelstellen, das Altholz anhand der vorherigen Nutzung den Altholzkategorien zuordnen kann (SCHRÄGLE 2016).

### 2.4.1 Befragung der Altholzverwerter

Die Altholzaufbereiter und -verwerter wurden mittels eines Fragebogens über die aufbereiteten Altholzmengen, den regionalen Verbleib und auch über die Verwertungswege des Altholzes befragt. Die Adressliste der Unternehmen zum Energieholzmarktbericht 2014 (Weidner et al 2016) wurde übernommen und anhand der Mitgliederliste des Verbands der Bayerischen Entsorgungsunternehmen e.V. (VBS 2017) auf den neuesten Stand gebracht. Insgesamt wurden 188 Betriebe angeschrieben. Aus 9 Rückmeldungen ging hervor, dass die Betriebe nicht mehr bestehen oder nicht der Branche zuzuordnen sind. Somit wurde in Bayern die Zahl von 179 Betrieben ermittelt, die im Altholzrecycling tätig sind. Von diesen beantworteten 38 Betriebe den Fragebogen. Somit beträgt die Rücklaufquote 21 %. Von einem weiteren Unternehmen wurden die Informationen mündlich mitgeteilt, bei einem weiteren dem Geschäftsbericht entnommen. Bei zwei weiteren Betrieben wurden die Mengen von 2014 fortgeschrieben, da es sich um marktrelevante Großbetriebe handelt. Von den 38 Betrieben, die den Fragebogen beantwortet haben, wurden 2 als reine Endverbraucher eingestuft und zur Vermeidung von Doppelzählungen ihre Mengen nicht berücksichtigt. Insgesamt liegen auswertbare Daten von 40 Unternehmen vor. Die Altholzmenge der Betriebe unter 20.000 Tonnen in der Erfassungsmasse wurde über das arithmetische Mittel hochgerechnet. Bei den Großbetrieben wird von einer Vollerhe-

bung ausgegangen, weswegen hier keine weitere Hochrechnung stattfindet. Vom Marktvolumen werden die Mengen, die an andere Altholzaufbereiter weiterverkauft wurden, abgezogen, um Doppelzählungen zu vermeiden.

### 2.4.2 Altholzaufkommen und Altholzverwendung

Das Marktvolumen des gesammelten Altholzes wurde auf 0,74 Mio. Tonnen atro hochgerechnet. Von dieser Menge stammen 0,69 Mio. Tonnen aus Bayern, 0,05 Mio. Tonnen aus den anderen Bundesländern und nur rund 2000 Tonnen aus dem Ausland. Das Aufkommen und die Verwendung von Altholz sind in Abbildung 17 dargestellt. Von dieser Altholzmenge wurden 0,12 Mio. Tonnen stofflich verwendet. 0,03 Mio. Tonnen wurden in andere Bundesländer verbracht und insgesamt 0,06 Mio. Tonnen exportiert. Die Altholzaufbereiter lieferten insgesamt 0,37 Mio. Tonnen zur energetischen Verwertung und 0,17 Mio. Tonnen wurden an andere Aufbereiter geliefert.

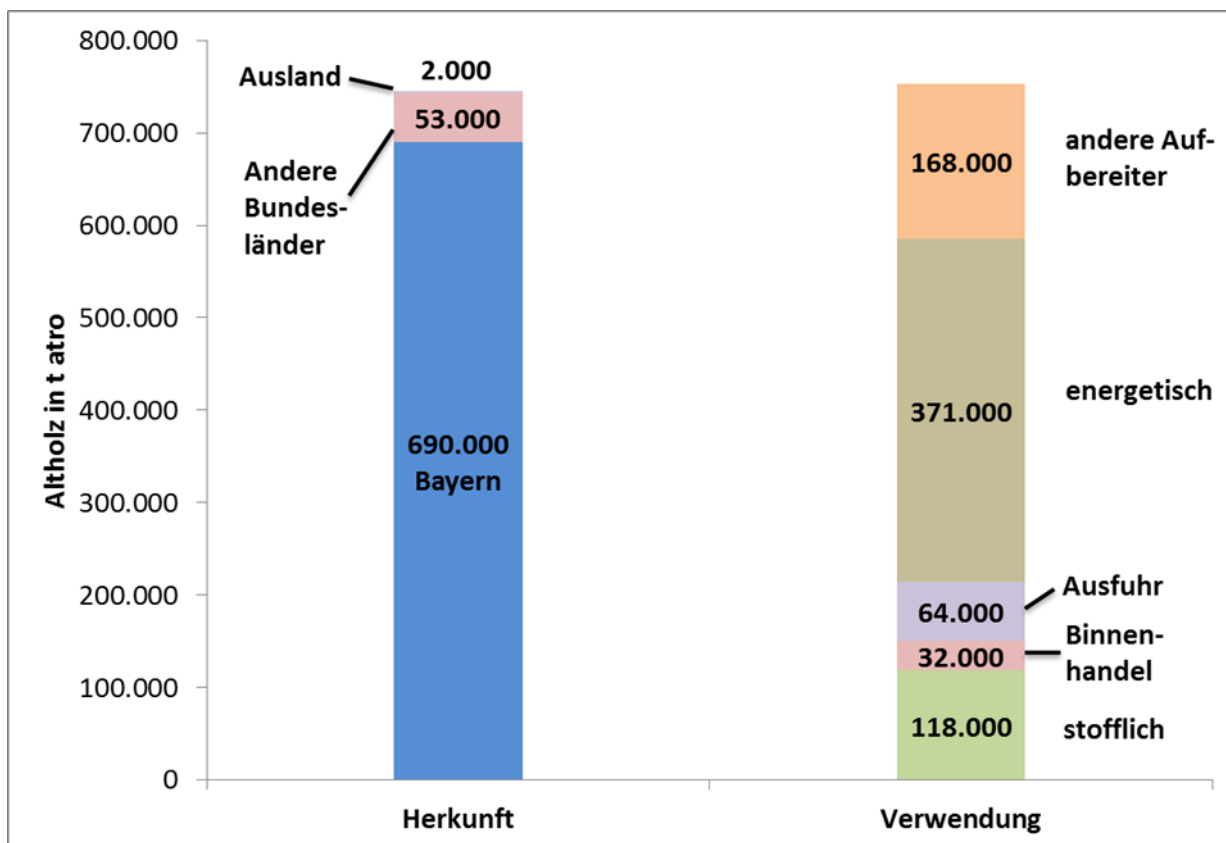


Abbildung 17: Die hochgerechnete Menge und die Verwertung von Altholz 2016. Der Großteil des Altholzes mit knapp 371.000 Tonnen wird thermisch verwertet. Die stoffliche Verwertung stellt hohe Ansprüche an die Eigenschaften des Altholzes und ist deswegen nicht beliebig ausweitbar.

Das Marktvolumen beinhaltet Doppelzählungen, weil dasselbe Altholz in mehreren Betrieben gehandelt werden kann. Physisch vorhanden waren demnach knapp 0,74 Mio. Tonnen. In der Privathaushaltsumfrage wurde eine Menge von 0,09 Mio. Tonnen Altholz ermittelt, die in privaten Feuerungsanlagen verbrannt werden. Das Landesamt für Umwelt (LFU 2017) beziffert das Aufkommen von Sperrmüll auf 221.000 Tonnen oder 17,2 kg pro Kopf. WEIDNER ET AL. (2016) gehen davon aus, dass der Sperrmüll zu mehr als 50 % aus Altholz besteht. Somit ergibt sich ein Aufkommen an Altholz aus dem Sperrmüll von 110.500 Tonnen. Im Vergleich mit den Zahlen von DESTATIS (2018) fällt auf, dass die Menge des Sperrmülls pro Kopf in Bayern deutlich unter



dem deutschen Durchschnitt von 29 kg pro Kopf liegt. Das Altholz im Sperrmüll wird zum Teil ohne vorherige Sortierung in den Müllverbrennungsanlagen verbrannt. Es gibt mittlerweile auch Initiativen, die das Altholz aus dem Sperrmüll auslesen und dieses getrennt verwerten (ZAW SR 2017). Das UMWELTBUNDESAMT (2018A UND B) führt Statistiken zur grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen. Dort ist auch Altholz in verschiedenen Sortimenten gelistet oder enthalten. Eine Auswertung der Daten für Bayern ergibt einen Export von 200.000 Tonnen und einen Import von 52.000 Tonnen. Daraus ergibt sich ein Nettoexport von 148.000 Tonnen Altholz.

Das Aufkommen an Altholz wurde aus der Erhebung auf 0,74 Mio. Tonnen errechnet. Hierzu werden noch die Mengen aus der Haushaltsumfrage von 0,09 Mio. Tonnen addiert. Somit ergibt sich ein Gesamtaufkommen an Altholz in Bayern von 0,83 Mio. Tonnen atro.

#### *Altholzaufkommen und Unternehmerstruktur aus der Umfrage*

In den 40 Betrieben konnte eine Gesamtmenge von 0,44 Mio. Tonnen atro Altholz und 0,22 Mio. Tonnen atro Landschaftspflegeholz erfasst werden. 11 % des Altholzes wurde aus anderen Bundesländern nach Bayern gebracht und nichts importiert. Insgesamt 7 Betriebe konnten als Großbetriebe mit einem Umschlagsvolumen von mehr als 20.000 Tonnen Altholz im Jahr identifiziert werden. Die Großbetriebe erfassten dabei insgesamt 83 % des Altholzaufkommens.

### 2.4.3 Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz

Die Altholzaufbereiter erfassten 36.000 Tonnen atro holziges Material aus der Sammlung von Grünschnitt. In der Abfallbilanz für das Jahr 2016 werden rund 628.000 Tonnen atro Grünschnitt ausgewiesen, den die Kommunen in Bayern gesammelt haben (LFU 2017). DIETZ (2012) gibt einen holzartigen Anteil von 15 % an. Dementsprechend werden 94.000 Tonnen atro an Flur und Siedlungsholz von den Kommunen gesammelt. Es wird angenommen, dass die Mengen, die von den Altholzaufbereitern erfasst wurden, in den Mengen der Abfallbilanz bereits enthalten sind und werden deswegen nicht summiert. Von den Unternehmen, die Hackerdienstleistungen anbieten, werden weitere 326.000 Tonnen atro gemeldet. Zusätzlich ergaben sich aus der Hochrechnung der Scheitholz mengen aus den Privathaushalten insgesamt 312.000 Tonnen atro, die aus Gärten oder sonstiger Flur stammen und somit dem Landschaftspflegeholz zugeordnet werden müssen. Damit beläuft sich das Gesamtaufkommen an Flur und Siedlungsholz auf 732.000 Tonnen atro, die in die Holzbilanz eingehen.

### 2.4.4 Entwicklung der Altholzpreise

Die Altholzpreise stiegen zwischen 2004 und 2014 über alle Sortimente hinweg deutlich an (vgl. Weidner et al 2016). Im gesamten Jahr 2015 wurden die Preise für Altholz zurückgenommen. Als Gründe hierfür werden die warmen Winter 2014/15 und 2015/16 in Verbindung mit einer guten Konjunktur und dadurch bedingt hohen Anfällen von Altholz gesehen. Ein weiterer Faktor sind die Steigenden Preise für Abfälle zur Verwertung in den Müllverbrennungsanlagen, so dass vermehrt Altholz aus dieser Verwertungsschiene ausgeschleust wird (EUWID 45 2015). Auch im Jahr 2016 hielt die Baukonjunktur an und die Preise für Abfälle zur Verwertung sind spürbar gestiegen. Die vollen Lager der Kraftwerke aus dem Winter 2015/16 sorgten mittlerweile dafür, dass sich die Altholzlager auch bei den Aufbereitern füllten. Dieser Gründe sorgten für starke Preisrücknahmen, so dass für Altholz seit Mitte 2016 wieder negative Preise gezahlt werden, d. h. Altholzensorgung kostete wieder Geld (EUWID 30 2016). 2017 blieben die Preise für das

energetisch zu Verwertende Altholz (Kategorien A2 – A4) stabil, da das Aufkommen und die Abnahme ausgeglichen waren. Bei den stofflichen Sortimenten (A1) herrschte eine gute Nachfrage, so dass hier die Preise im Verlauf des Jahres 2017 stiegen (EUWID 18 2017).

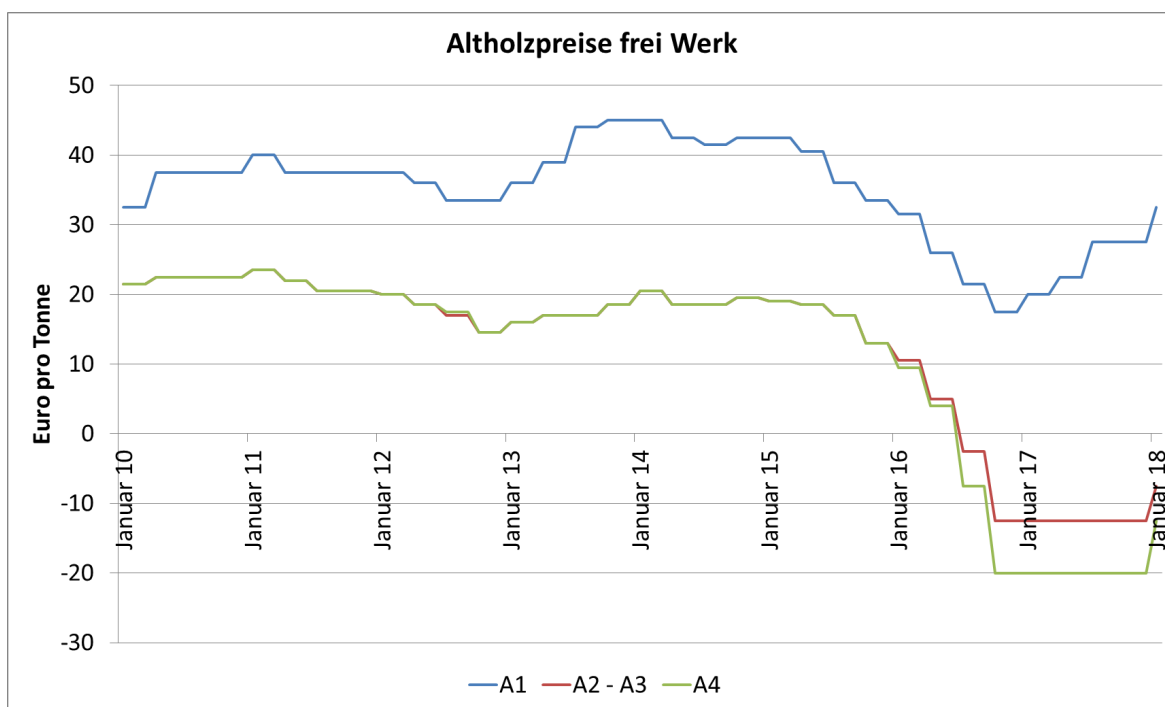


Abbildung 18: Altholzpreise 2010 bis 2018 (Quelle: EUWID)

## 2.4.5 Diskussion

Der Preisverfall im Jahr 2014 hat gezeigt wie angespannt die Lage bei der Altholzentsorgung sein kann, wenn mehrere Faktoren in die gleiche Richtung weisen. Der Anfall von Altholz hat sich aufgrund der steigenden Baukonjunktur vermehrt. Hinzukommt, dass Altholz kaum noch in Müllverbrennungsanlagen entsorgt wurde, hohe Importmengen nach Deutschland registriert wurden und gleichzeitig wegen der milden Winter nur wenig Wärmebedarf bestand (Euwid 42 2016). Aus all diesen Gründen kam es zu einem Rückstau des Altholzes durch die Handelswege. Da Altholzkraftwerke zukünftig nicht mehr über das EEG gefördert werden können, ist der Erhalt von genügend Verwertungskapazitäten eine Herausforderung. Da Altholzkraftwerke im Gegensatz zu Müllverbrennungsanlagen dezentraler auf der Fläche verteilt werden können, sind sie ein wichtiger Baustein im Biomasse Kaskadenprozess (Euwid 42 2016), um die Kaskade nach der bestenfalls mehrfachen stofflichen Nutzung effizient zu beenden. Nach Auslaufen der EEG-Förderung werden die Anlagen im Vorteil sein, die auch die Wärme in großem Umfang verwerten können. Vor allem Altholzanlagen, die Prozesswärme für Industriebetriebe produzieren, haben diese Effizienzvorteile.

## 2.5 Kurzumtriebsplantagen

Seit 2007 sind Kurzumtriebsplantagen (KUP) in Bayern im Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem des Bundes (InVeKoS-Datenbank) erfasst. Die mit KUP bebauten Flächen sind seitdem stetig angestiegen. In der InVeKoS-Datenbank werden nur landwirtschaftliche Betriebe mit Betriebsitz in Bayern erfasst. Das bedeutet, dass weder Flächen von nichtlandwirtschaftlichen Betrieben noch von Betrieben mit Betriebsitz außerhalb von Bayern erfasst sind. Dagegen sind Flächen, die von bayerischen Betrieben in anderen Bundesländern angelegt wurden, im Datenbestand enthalten.

### 2.5.1 Flächenbestand und Hackschnitzelaufkommen

In Bayern wurden im Jahr 2016 insgesamt 1.599 ha Kurzumtriebsplantagen erfasst. Das entspricht einem Wachstum von 450 ha oder 39 % seit 2014. Allerdings hat sich der prozentuale Anstieg seit 2015 deutlich verlangsamt. Von 2016 auf 2017 steigerte sich die Anbaufläche gar nur noch um 24 ha oder 1 %.

Der Holzzuwachs auf Kurzumtriebsplantagen kann zwischen 5 und 20 t atro pro Hektar und Jahr liegen (Schirmer 2010). Um eine Ertragsabschätzung durchzuführen, wurde vom Autor aus den Daten zu den zweiten und dritten fünf- bzw. zehnjährigen Umtrieben (und zwei bisher nicht veröffentlichten Datensätzen) von BURGER ET AL. (2012) ein arithmetischer Mittelwert für alle nach SCHIRMER & HAIKALI (2014) in Bayern empfohlenen Pappelklone (Max1, Max3, Max4, Fritz-Pauly, Trichobel & Hybride275) für den fünfjährigen Umtrieb und für den zehnjährigen Umtrieb errechnet. Diese beiden Mittelwerte wurden für den sechs-, sieben-, acht- und neunjährigen Umtrieb interpoliert. Dieses Vorgehen erscheint richtig, da der laufende Zuwachs der Pappelhybride laut SCHIRMER (2010) nicht vor dem zehnten Jahr des Umtriebs kulminiert. Auch andere Autoren unterstützen die Aussage einer späteren Zuwachskulmination (UNSELD 1999; HOFMANN 2005). Nach HAUK & WITTKOPF (2012) planen die bayerischen Besitzer von Kurzumtriebsplantagen einen Ernteturnus von fünf bis zehn Jahren. Deswegen wird in der Hochrechnung ein Umtrieb von 8 Jahren angenommen. Bei einem achtjährigen Umtrieb wären in 2016 107 Hektar erntereif und der mittlere Zuwachs im achtjährigen Umtrieb wurde mit 13,5 t atro pro ha und Jahr berechnet. Die Erntemenge beläuft sich demnach auf 11.600 t atro. Diese Masse wurde mittels der Raumdichte für Pappel (353 kg/Fm, Umrechnungsfaktor: t atro in Fm 2,832) in Fm umgerechnet. In die Bilanz geht das Aufkommen von 33.000 Fm ein.

### 2.5.2 Fazit und Trends

Kurzumtriebsplantagen stellen nach wie vor dem Energieholzmarkt keine relevanten Mengen zur Verfügung. Ausgehend von einem sehr niedrigem Niveau, fielen die Zuwachsraten bis 2015 immer zweistellig aus. Seit dem sind sie stark eingebrochen (von 2015 auf 2016 6 % Zuwachs; von 2016 auf 2017 1 % Zuwachs). Bei der Zurückhaltung der Landwirte spielt oft die lange Flächenbindung eine Rolle (DRITTLER UND THEUVSEN 2017). Seit 2015 kommt erschwerend hinzu, dass der Preis für Heizöl stark, zwischenzeitlich auf 50 % des Standes von 2014 gefallen ist. Im Verbund mit dem erhöhten Hackschnitzelanfall in Bayerns Wäldern aufgrund von Stürmen, Trockenjahren und Borkenkäferkalamitäten und den dadurch gefallen Preisen für Hackschnitzel, kann die Zurückhaltung der Landwirte in der Anlage neuer Kurzumtriebsplantagen nachvollzogen werden. Weiterhin sind die Hindernisse beim Umbruch von Grünland zu nennen. Seit im

Jahr 2014 die Schwelle von 5 % Reduktion des Grünlandes an der Gesamtackerfläche in Bayern erreicht wurde, darf Grünland nur noch umgebrochen werden, wenn dieselbe Fläche Grünland neu angelegt wird (STMELF 2014).

Neue Untersuchungen haben gezeigt, dass Hackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen für Verbrennungsanlagen bis zu mittelgroßen Heizwerken als ein anspruchsvoller Brennstoff einzustufen sind (KUPTZ & DIETZ 2018). Werden die Hackschnitzel nicht durch Trocknung oder Siebung vorbehandelt und die Anlagen nicht direkt auf den Brennstoff eingestellt, dann kann es zu erhöhten Emissionen kommen. Dennoch können Kurzumtriebsplantagen durch die vergleichsweise hohen Zuwächse und die sehr energie-extensive Anbauweise einen hohen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung je Hektar erbringen. BURGER & SCHWEIER (2016) beziffern das Treibhausgaseinsparpotential bis zu -13 t CO<sub>2</sub> je Hektar und Jahr und die Energie Input-Output Bilanz mit 1:29 bis 1:55. Der WWF (WALTER-THOSS 2017) stellt zur Klimaschutzwirkung fest, dass die Nutzung der Bioenergie nur dann dazu beiträgt, den Temperaturanstieg unter 2°C zu halten, wenn die realen CO<sub>2</sub> Effekte in den nächsten 10 bis 20 Jahren eintreten. Dies sieht er bei der Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf Grenzertragsböden der Landwirtschaft grundsätzlich als erfüllt an, auf Waldflächen dagegen nicht. Weiterhin sieht er die Anlage von Kurzumtriebsplantagen als vorteilhafter als eine Erstaufforstung zum Klimaschutz an, weil der Gesamtzuwachs der Kurzumtriebsplantage in den nächsten 10 bis 20 Jahren das Vielfache einer Erstaufforstung beträgt. Damit bindet die Kurzumtriebsplantage kurzfristig deutlich mehr CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre und die gebundene Energie kann zur Substitution von fossilen Energieträgern eingesetzt werden.

Die Biodiversität in Kurzumtriebsplantagen wurde in einigen Studien untersucht. Für Pflanzenarten wurde eine Steigerung der Biodiversität festgestellt (BÄRWOLFF ET AL. 2013; MICHLER ET AL. 2016). Für die Spinnenfauna wurde eine – auch nach 20 Jahren noch – fortschreitende Sukzession hin zu mehr Waldähnlichkeit festgestellt (BLICK & BURGER 2016). Insbesondere in waldarmen, ausgeräumten Ackerbaulandschaften stellen Kurzumtriebsplantagen eine Bereicherung für die Biodiversität dar (BÄRWOLFF ET AL. 2013). Die ökologischen Leistungen von Kurzumtriebsplantagen werden im Rahmen des Greening als „ökologische Vorrangflächen“ honoriert. Bis Dezember 2017 betrug der Anrechnungsfaktor aber nur 0,3. Der Anrechnungsfaktor wurde zum 01.01.2018 allerdings auf 0,5 angehoben (EU 1307/2013). Kurzumtriebsplantagen können gerade als Gewässerrandstreifen die Stoffeinträge durch Erosion in Gewässer vermindern, indem sie die Fließgeschwindigkeit des Wassers verlangsamen (BÄRWOLFF ET AL. 2013). Die Fließgeschwindigkeit des abfließenden Wassers beeinflusst die Ausformung einer lokalen Hochwasserwelle stärker als Flächennutzung und –bewirtschaftung. Unter anderem können begrünte Abflusswege Hochwasserspitzen kappen. Geschieht dies nicht, wurden verklauste Durchlässe oft durch die Wassermaßen überspült, was in der Folge zu massiven Schäden führte (BRANDHUBER ET AL. 2017). Kurzumtriebsplantagen sind deswegen nicht als Allheilmittel, aber als Baustein im Hochwasserschutz anzusehen. Im Jahr 2017 wurde ein Forschungsprojekt gestartet, das die Produktion von stofflich nutzbarem Pappelholz aus Kurzumtriebsplantagen untersucht (EUWID 39 2017). Neben dem Einsatz in Leichtbauplatten für die Möbelindustrie sollen noch weitere Verwendungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel Wood-Plastic-Composites (WPC deutsch: Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe), getestet werden.

Neben der Anrechnung von Kurzumtriebsplantagen beim Greening gibt es im GAK-Rahmenplan auf Bundesebene prinzipiell die Möglichkeit, die Neuanlage von Kurzumtriebsplantagen bis 31.12.2018 zu fördern. Die Landwirtschaftliche Rentenbank gewährt im Rahmen des Förderprogramms „Nachhaltigkeit“ zinsgünstige Darlehen für die Anlage von Kurzumtriebsplantagen (RENTENBANK 2017).

## 2.6 Energieholzverbrauch in Privathaushalten

Die privaten Haushalte in Bayern sind ein bedeutender Verbraucher von Energieholz. Das Energieholz wird dort in Einzelraumfeuerungen oder Zentralheizungen eingesetzt, um die Gebäude zu heizen. Holz wird dabei in unterschiedlichen Sortimenten verfeuert. Der Verbrauch wird nicht erfasst, weswegen er nur über eine Umfrage bei Privathaushalten abgeschätzt werden kann.

### 2.6.1 Methode

Es wurde eine telefonische Umfrage bei privaten Haushalten zu ihrem Holzverbrauch im Winter 2016/17 in Auftrag gegeben. Das Marktforschungsinstitut IM Field GmbH befragte im Juli 2017 1.005 private Haushalte. Insgesamt wurden vom Marktforschungsinstitut 5807 Anrufe getätigt. Von diesen waren 2834 neutrale Ausfälle, wie Fax, kein Privathaushalt, Sprachprobleme und ähnliches. Von den übrigen 2.973 Gesprächen wollten 1.187 nicht an der Umfrage teilnehmen. Über alles nahmen 33,8 % oder 1.005 Haushalte an der Umfrage teil. Der Fragebogen enthielt Fragen zu:

- grundsätzlicher Einsatz von Holz als Brennstoff
- die eingesetzten Brennholzsortimente und deren Herkunft
- die Art der Heizanlage
- der Verbrauch nach Sortimenten in der Heizperiode 2016/2017
- Planung von Neuinvestitionen in Holzheizanlagen
- Kennzahlen zum beheizten Wohnraum (Personen im Haushalt, Wohnfläche, mit Holz beheizte Fläche, Gebäudebaujahr)

Die vom Marktforschungsinstitut erhobenen Daten wurden auf Plausibilität überprüft und von der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft statistisch in einem zweiten Schritt weiter ausgewertet. Die Fälle wurden vom Marktforschungsinstitut anhand der Haushaltsgröße gewichtet.

Seit dem Jahr 2014 liegen vom Bundesverband des Schornstiefegerhandwerks Statistiken zu der Anzahl von Einzelraumfeuerungen und Zentralfeuerungen in Bayern vor. Die Anzahl der Einzelraumfeuerungen lag demnach 2016 bei 2,6 Millionen. Zentralfeuerungen, die mit Holzbrennstoffen beschickt wurden, gab es 2016 knapp 280.000 in Bayern und 2014 lag diese Zahl bei knapp 263.000. Der Vergleich der Haushaltsumfrage mit diesen Zahlen ergab für die Einzelraumfeuerungen eine gute Übereinstimmung, denn diese ergaben ebenfalls 2,6 Mio. Für die Zentralheizungen ergab sich allerdings eine aus der Umfrage hochgerechnete Anzahl von 631.000 Stück. Grund hierfür könnte eine erhöhte Sensibilisierung für das Thema Holzenergie der Besitzer einer Holzzentralheizung sein. Kurz gesagt: Wer eine Holzzentralheizung hat, nimmt wahrscheinlicher an einer Umfrage zum Thema Holzenergie teil. Somit ist von einer systematischen Verzerrung der Umfrageergebnisse auszugehen. Ein weiteres Indiz hierfür findet sich in der Frage nach der Herkunft des Scheitholzes. Diese wurde nur rund einem Drittel der Umfrageteilnehmer gestellt, aber dennoch ergibt die Hochrechnung, dass knapp 752.000 Haushalte ihr Holz aus dem eigenen Wald beziehen. Nach SCHREIBER ET AL. (2012) gab es 2009 aber nur 458.000 Besitzverhältnisse im Privatwald in Bayern. Deswegen wird davon ausgegangen, dass die Zahl in der Umfrage zu hoch ist, und die Zahl des Bundesverbandes des Schornstiefegerhandwerks als verlässliche Leitlinie gelten kann.

Um die Repräsentativität der Ergebnisse zu gewährleisten, wurde eine Neugewichtung der Daten aus der Befragung der Privathaushalte durchgeführt, wobei die Anzahl der Holzcentralheizungen an die Daten des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks angepasst wurde. Soweit Vergleiche zu älteren Berichten hergestellt werden, wurde auch dort die Neugewichtung durchgeführt, da sonst der Vergleich nicht möglich ist.

Auf der Basis der von den Privathaushalten angegebenen Verbrauchszahlen zu den Brennstoffen Scheitholz, Briketts und Altholz wurde auf den Gesamtverbrauch der privaten Haushalte in Bayern hochgerechnet. Die Hochrechnung erfolgte über den arithmetischen Mittelwert und die Gesamtzahl der privaten Haushalte.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, die Entwicklung der Haushaltsstatistik darzustellen, denn eine steigende Zahl an Haushalten führt automatisch zu einer Steigerung der Energieholzverbräuche, selbst wenn die prozentualen Anteile an Holzheizern gemäß der Haushaltsumfragen stets gleich bleiben würden. Tatsächlich hat sich gemäß dem Landesamt für Statistik die Gesamtzahl der Haushalte in Bayern zwischen 2010 und 2016 von 6,065 Mio. auf 6,358 Mio., also um fast 5 % erhöht.

Der Verbrauch von Pellets und Hackschnitzeln wurde über die Zahl der Heizungsanlagen, deren Leistung und Nutzungsdauer geschätzt, weil die Haushaltsstichprobe für eine Verbrauchsschätzung dieser Brennstoffe zu klein erscheint. Die Zahl der Anlagen stammt aus der Statistik des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks.

## 2.6.2 Befragungsergebnisse

Die telefonische Umfrage ergab, dass in Bayern 34,3 % der Haushalte mit Holz heizen (Abbildung 19). 2016 gab es in Bayern 6,358 Mio. Haushalte (BLFS 2017C). Hochgerechnet auf diese Anzahl ergeben sich in Bayern 2,18 Mio. Haushalte, die nur oder teilweise mit Holz heizen. Nach einem leicht gestiegenen Anteil von 2012 zu 2014 ist der Anteil zum Jahr 2016 erneut gestiegen. 4,9 % der Haushalte gaben an, nur mit Holz zu heizen. Alle Änderungen sind statistisch nicht signifikant. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass sich der Anteil der Holzheizer unter den bayerischen Haushalten nicht verändert hat.

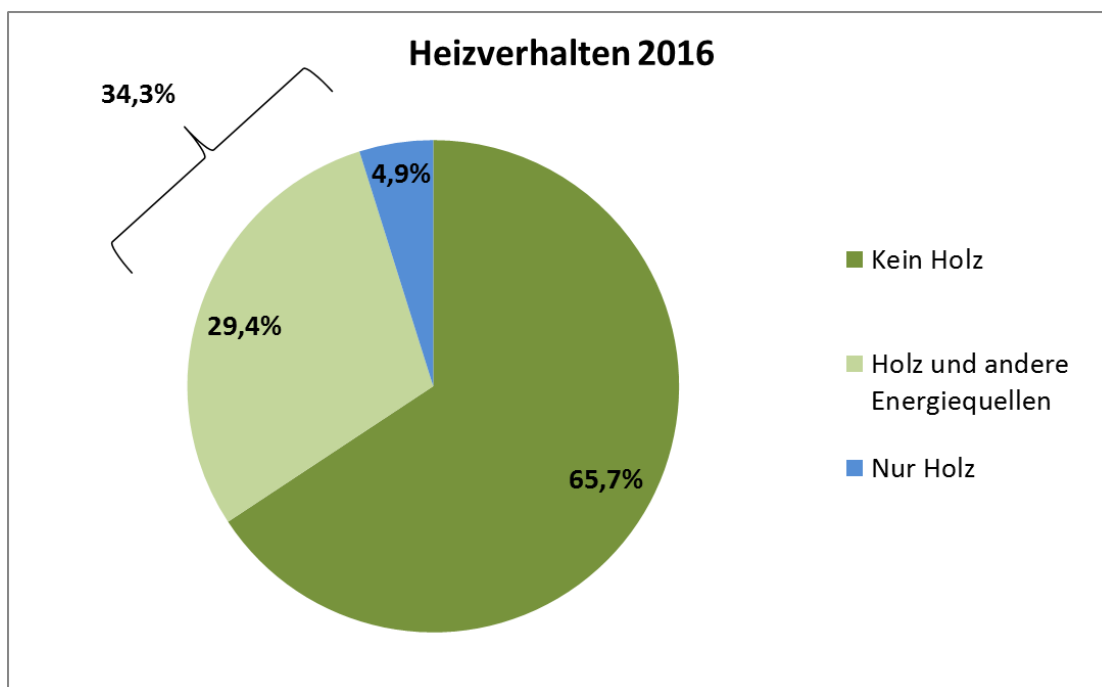


Abbildung 19: Anteile der befragten Haushalte in Bayern, die im Winter 2016/2017 nur Holz, zum Teil Holz oder keine Holz zum Heizen benutzen.

Abbildung 20 zeigt die verschiedenen Anlagenkombinationen, die in Haushalten installiert sind, die Holz als Brennstoff nutzen. Rund 79 % heizen Holz in Einzelöfen, nutzen aber ebenfalls andere Energieträger außer Holz. In etwa 3 % der Haushalte ist eine Kombination aus Holzzentralheizung und Einzelofen installiert, während 11 % der Haushalte nur eine Holzzentralheizung besitzen. In 7 % der Haushalte wird eine mit Holz betriebene Einzelraumfeuerung als einzige Heizquelle genutzt. 2 % der Haushalte nutzen Fernwärme zu deren Erzeugung Holz mitgenutzt wird und 2 % der Haushalte hat neben einem Fernwärmeanschluss noch einen Einzelofen, der mit Holz betrieben wird.

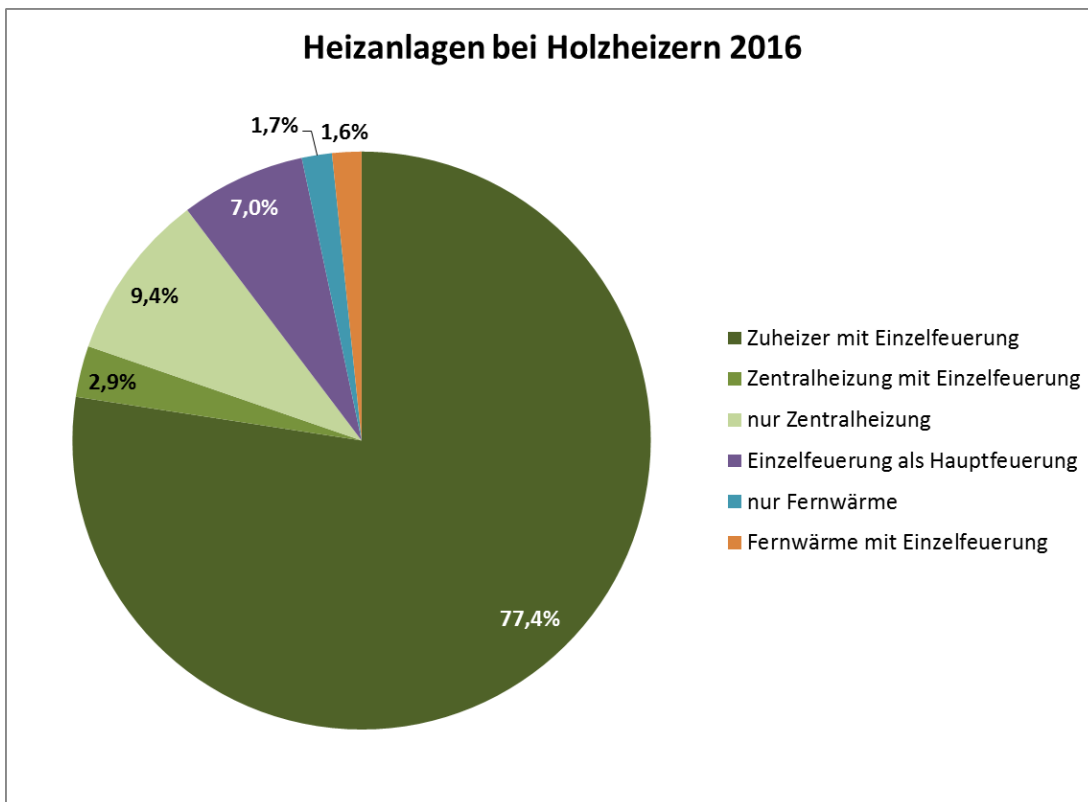


Abbildung 20: Installierte Anlagenkombinationen in den bayerischen Haushalten, die Holz als Brennstoff nutzen im Winter 2016/2017.

In Tabelle 16 sind die Ergebnisse der Haushaltumfrage aufgeführt. Enthalten sind die Anteile der Holzheizungskombinationen unter den 1.000 befragten Haushalten für 2016 und die Hochrechnung auf die Gesamthaushalte in Bayern

Tabelle 16: Anteile der Heizungskombinationen in der Haushaltumfrage von 2016 und die Hochrechnungen auf die Anzahl der Haushalte in Bayern.

Heizungskombinationen	Anteil Haushalte	Hochrechnung
	%	6.358.000
Zuheizer mit Einzelraumfeuerung	26,5%	1.687.000
Einzelfeuerung als Hauptfeuerung	2,4%	152.000
Zentralheizung und Einzelraumfeuerung	1,0%	63.000
nur Zentralheizung	3,2%	205.000
nur Fernwärme	0,6%	37.000
Fernwärme mit Einzelraumfeuerung	0,6%	36.000
<b>Summe</b>	<b>34,3%</b>	<b>2.180.000</b>



### Verwendete Energieholzsortimente und deren Herkunft

Scheitholz ist weiterhin das wichtigste Energieholzsortiment für die Privathaushalte (Abbildung 21). Im Vergleich der Haushalte, die Scheitholz nutzen, wurde zwischen 2014 und 2016 ein signifikanter Unterschied festgestellt. Es ist somit in Bayern von einer leicht steigenden Zahl der Nutzer von Scheitholz um rund 5 %-Punkte auszugehen. Alle anderen Sortimente alternieren ohne signifikante Unterschiede auf sehr niedrigem Niveau. Es können hier keine Entwicklungen beobachtet werden.

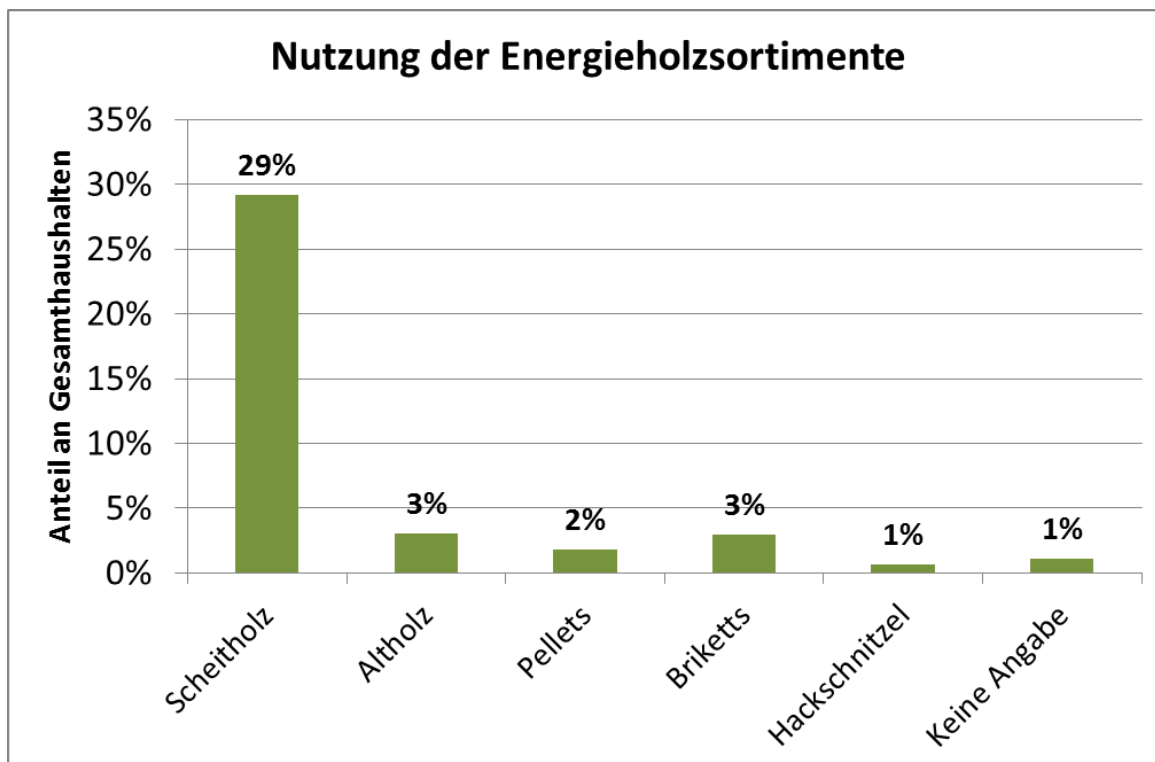


Abbildung 21: In den Privathaushalten genutzte Energieholzsortimente. Mit 26 % Anteil an den Gesamthaushalten dominiert das Scheitholz.

Die Herkunft der Scheitholzsortimente ist in Abbildung 22 dargestellt. Ihren Scheitholzbedarf deckten 59 % der befragten Scheitholznutzer, indem sie Brennholz von einem Waldbesitzer oder Brennholzhändler kauften. 28 % deckten ihren Scheitholzbedarf aus dem eigenen Wald. Auffällig war bei der Auswertung der Antworten, dass ein Anteil von über 87 % bzw. 80 % dieser Gruppen nur eine Bezugsquelle für Scheitholz haben, also entweder das gesamte Holz aus dem eigenen Wald oder von einem Brennholzhändler beziehen. Knapp 15 % nutzen auch Scheitholz aus dem eigenen Garten. Selbstwerbung – das Holz kaufen, aber selbst im Wald aufarbeiten – nutzen 10 % der Scheitholznutzer, um sich mit Brennholz zu versorgen. Aus dem Baumarkt bezogen lediglich 4 % der Befragten ihr Scheitholz.

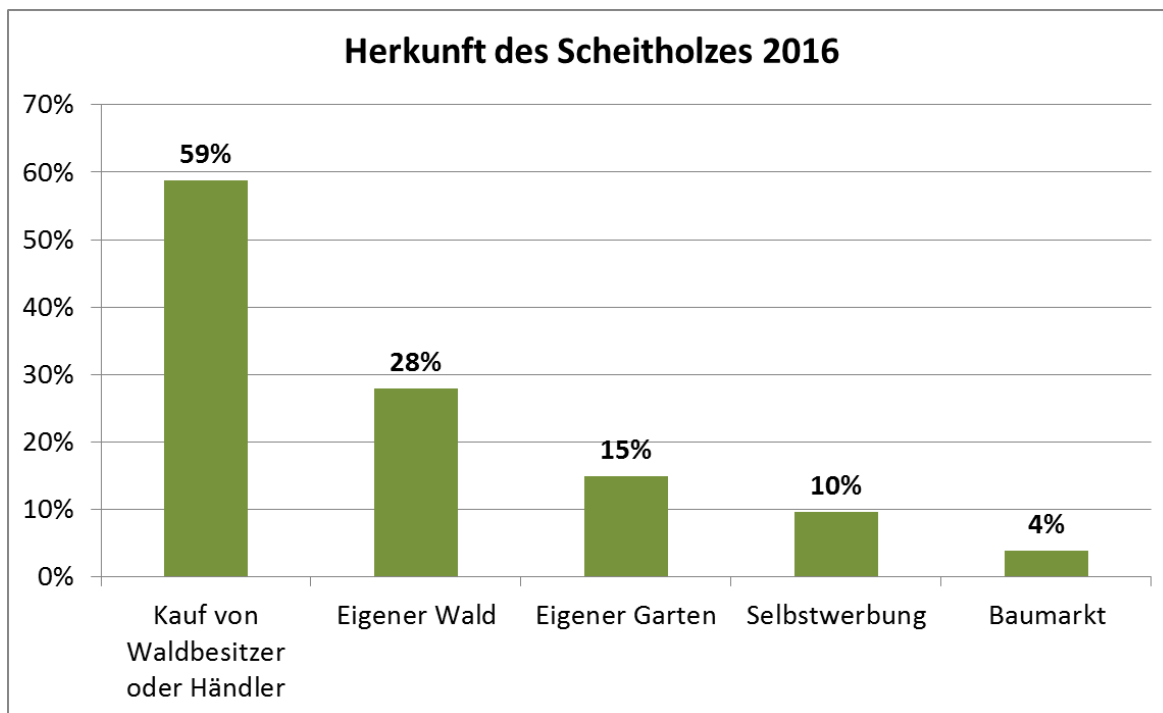


Abbildung 22: Herkunft der verwendeten Scheitholzsortimente (Mehrfachnennungen möglich). Knapp 43 % der Haushalte beziehen ihr Scheitholz aus dem eigenen Wald oder Garten und sind somit (teilweise) unabhängig vom Scheitholzmarkt. Direkt vom Waldbesitzer oder von spezialisierten Brennholzhandlern beziehen 59 % der Haushalte ihr Scheitholz. In Baumärkten versorgen sich nur 4 % der Haushalte mit Scheitholz.

#### *Durchschnittlicher Verbrauch an Energieholzsortimenten*

Im Verbrauch von Energieholz gibt es deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Haushaltsgößen und im Vergleich von Zentral- und Einzelraumfeuerung. Statistische Kennzahlen dazu sind in Tabelle 17 dargestellt. Unter Zentralheizung sind auch Haushalte enthalten, die eine Holzzentralheizung und eine Einzelraumfeuerung besitzen. Unter Einzelraumfeuerung sind nur die Haushalte enthalten, die zwar eine Einzelraumfeuerung, aber keine Holzzentralheizung besitzen. In Tabelle 18 wurden die Haushalte, die nur mit Holz heizen, noch einmal getrennt ausgewertet. Bei den Haushalten, die nur mit Holz heizen, lag der Mittelwert beim 2,2-fachen des Wertes über alle Holzheizer hinweg. Während die Haushalte mit Zentralheizung, die nur mit Holz heizen, das 1,2-fache des Gesamtkollektives verwendeten, steigt dieser Wert bei den Einzelraumfeuerungen auf das 1,7-fache. Der mittlere Verbrauch der einzelnen Energieholzsortimente ist in Tabelle 19 aufgetragen

Tabelle 17: Energieholzverbrauch nach Haushaltsgrößenklassen im Jahr 2016. Haushalte mit einer Zentralheizung verbrauchen das 2,8 bis 4,2-fache Energieholzvolumen wie Haushalte mit Einzelraumfeuerungen. Unter Zentralheizungen sind auch die Haushalte enthalten, die neben der Zentralheizung eine Einzelraumfeuerung besitzen. Unter Einzelraumfeuerung sind die Haushalte ausgewertet, die nur eine Einzelraumfeuerung besitzen.

Energieholzverbrauch	Energieholz Gesamt		Zentralheizung		Einzelraumfeuerung	
	N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert
		Fm		Fm		Fm
Haushaltsgröße						
1	60	2,7	4	7,9	57	2,4
2	120	3,6	12	9,8	108	2,9
3	49	4,3	6	12,8	43	3,2
4	48	5,1	4	12,2	43	4,4
5	18	7,7	4	19,0	14	4,5
Gesamt	294	4,0	29	11,8	265	3,2

Tabelle 18: Energieholzverbrauch der Haushalte, die nur mit Holz heizen. Einzelraumfeuerungen, die nur mit Holz heizen, verbrauchen das 1,7-fache Energieholzvolumen des Durchschnittsverbrauchs über alle Einzelraumfeuerungen. Bei Zentralheizungen beträgt dieser Wert nur das 1,2-fache. Unter Zentralheizungen sind auch die Haushalte enthalten, die neben der Zentralheizung eine Einzelraumfeuerung besitzen. Unter Einzelraumfeuerung sind die Haushalte ausgewertet, die nur eine Einzelraumfeuerung besitzen.

Energieholzverbrauch	Energieholz Gesamt		Zentralheizung		Einzelraumfeuerung	
	N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert
		Fm		Fm		Fm
Haushaltsgröße						
1	15	4,9	2	11,7	13	3,6
2	11	9,1	5	13,6	7	6,1
3	2	13,4	1	8,9	1	17,5
4	3	13,5	2	13,4	1	14,0
5	3	18,7	3	18,7	-	-
Gesamt	35	8,8	13	14,1	22	5,5

Tabelle 19: Verteilungsmaße der Energieholzsortimente aus der Umfrage 2016. Für die Auswertung wurden nur die Haushalte berücksichtigt, die das jeweilige Sortiment verwenden. Diese Zahlen wurden nicht für die Hochrechnung des Gesamtverbrauchs genutzt, sondern sind nur nachrichtlich enthalten.

Energieholzsortiment	Beobachtungen	Mittelwert	Median
	N	Fm	Fm
Scheitholz	266	3,9	2,8
Altholz	16	2,0	1,8
Pellets	16	3,9	2,2
Briketts	21	0,3	0,1
Hackschnitzel	3	18,0	20,0
Gesamt	294	4,0	2,8

Neben der Anzahl der Personen ist allerdings auch die Fläche, die mit Holz beheizt wird, eine wichtige Ursache für den Holzverbrauch. In Tabelle 20 ist der durchschnittliche Verbrauch pro Quadratmeter in den einzelnen Haushaltgrößen getrennt nach Zentralheizung und Einzelraumfeuerung aufgeführt. Auch hier sind die Haushalte, die Zentral- und Einzelraumfeuerung besitzen, unter Zentralheizungen subsummiert.

Tabelle 20: Energieholzverbrauch pro Fläche. Haushalte mit Zentralheizungen verbrauchen die 1,3 bis 1,9-fache Menge an Energieholz pro Flächeneinheit der Haushalte mit Einzelraumfeuerungen. Unter Zentralheizungen sind auch die Haushalte enthalten, die neben der Zentralheizung eine Einzelraumfeuerung besitzen. Unter Einzelraumfeuerung sind die Haushalte ausgewertet, die nur eine Einzelraumfeuerung besitzen.

Energieholzverbrauch	Energieholz Gesamt		Zentralheizung		Einzelraumfeuerung	
	N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert
		Fm/m <sup>2</sup>		Fm/m <sup>2</sup>		Fm/m <sup>2</sup>
Haushaltsgröße						
1	58	0,053	4	0,077	54	0,051
2	116	0,051	12	0,072	105	0,048
3	48	0,046	5	0,081	43	0,042
4	47	0,058	4	0,071	43	0,056
5	17	0,066	4	0,103	13	0,055
Gesamt	285	0,052	28	0,078	257	0,050

### 2.6.3 Energieholzverbrauch (Hochrechnung)

Im Folgenden sind die Berechnungen des Energieholzverbrauchs gegliedert nach den einzelnen Sortimenten dargestellt:

### *Scheitholz*

2016 wurden etwa 6,27 Mio. Festmeter Scheitholz in den Haushalten in Bayern verbrannt. Die Grundlage der Hochrechnung bildete eine repräsentative Umfrage unter 1000 Haushalten in Bayern. Es wurde der arithmetische Mittelwert in den Haushaltsgrößen (1, 2, 3, 4 und 5 und mehr Personenhaushalt) über alle Haushalte (Holzheizer und Nicht-Holzheizer) gebildet. Die Hochrechnung erfolgte über den Mittelwert des Verbrauchs der Haushaltsgrößen. Wird auch für 2014 die Hochrechnung mit gleichartiger Gewichtung durchgeführt (vgl. Kapitel 2.6.1), errechnet sich für 2016 ein um 22 % höherer Verbrauch (auf Basis 2016). 1,4 %-Punkte des Anstiegs sind auf die Zunahme der Haushalte zurückzuführen.

Nach DÖRING ET AL. (2016) stammten 2014 in Deutschland 9,4 % des Scheitholzes aus dem Garten, 1,8 % aus der Landschaftspflege und 88,8% aus dem Wald. Übertragen auf Bayern entspräche das einer Menge von 589.000 Fm aus dem Garten, 113.000 Fm aus der offenen Landschaft und 5,57 Mio. Fm aus dem Wald.

### *Altholz*

Die bayerischen Haushalte verbrannten 2016 knapp 195.000 Festmeter Altholz in ihren Heizungen. Auch diese Hochrechnung wurde mit dem arithmetischen Mittel mit demselben Verfahren wie beim Scheitholz durchgeführt. 2014 war der Verbrauch um 63 % höher.

### *Pellets*

2016 wurden 1,14 Mio. m<sup>3</sup> oder 520.000 Tonnen Pellets in den bayerischen Privathaushalten verbraucht. Die Berechnung der verbrauchten Pelletmenge erfolgte nicht aus den Ergebnissen der Umfrage, da nur sehr wenige Antworten zum Verbrauch von Pellets vorliegen. Deswegen wurde die Berechnung über gutachtlich geschätzte Leistungszahlen durchgeführt. Die Anzahl der Pellet-Zentralheizungen wurde aus den Daten des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks entnommen und beträgt 71.000. Die durchschnittliche Leistung von 18 kW wurde aus den Daten des Marktanreizprogrammes errechnet und mithilfe der Daten des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks überprüft. Weiterhin wurden die Anzahl von 1.300 Vollbenutzungsstunden und ein Nutzungsgrad von 80 % angenommen. Der Energieinhalt von 4,6 kWh/Kg der Pellets wurde aus EN ISO 17225-2 (2014) entnommen. Hinzu kommen noch die Pellet-Einzelraumfeuerungen. Die durchschnittliche Leistung von 4 kW und die Anzahl wurde aus WEIDNER ET AL. (2016) übernommen. Die Anzahl wurde dann mit den aktuellen Verkaufsmeldungen von INAR (2017) und dem Anteil der in Bayern geförderten Pelletheizungen an den deutschen Pelletheizungen aus dem Marktanreizprogramm von 29 % fortgeschrieben. Es gab somit 2016 77.000 Einzelraumfeuerungen in Bayern, die mit Pellets betrieben wurden. Für die Einzelraumfeuerungen wurde die Anzahl der Vollbenutzungsstunden auf 750 und der Nutzungsgrad auf 75 % geschätzt.

### *Briketts*

Für Holz-Briketts ergibt sich aus der Umfrage ein Verbrauch von 44.000 m<sup>3</sup> für 2016 in Bayern. Der Verbrauch von Holzbriketts unterliegt in den Ergebnissen der verschiedenen Umfragen sehr hohen Schwankungen. Von 2014 auf 2016 ist ein Rückgang von 72 % zu verzeichnen. Während die mittleren Verbräuche über die Jahre stark schwanken, verändern sich die Anteile der Haushalte, die Holz-Briketts zum Heizen nutzen, nur wenig. Die Entwicklung des Brikettverbrauchs wird von den Ergebnissen von DÖRING ET AL. (2016) unterstützt, denn dort wurde für 2010 ein durchschnittlicher Verbrauch von 1,0 m<sup>3</sup> Briketts pro Haushalt angegeben und dieser sank bis 2014 auf nur noch 0,6 m<sup>3</sup> pro Haushalt. Zudem zeigen die Ergebnisse der Umfragen von 2010

bis 2016, dass alle Brikett-Verbraucher auch noch andere Holzsortimente (meist Scheitholz) oder andere Energieträger nutzen. Die großen Schwankungen in diesem Sortiment sind somit durchaus plausibel, weil die Haushalte Briketts in scheitholztauglichen Öfen verheizen und diese somit einfach ersetzen können.

#### *Hackschnitzel*

Es wurde ein Verbrauch von Hackschnitzeln in Bayern von 656.000 Fm ermittelt. Dieser Wert wurde über durchschnittliche Leistungszahlen errechnet. Als mittlere Leistung wurde 35 kW angesetzt. Dies entspricht der durchschnittlichen Leistung der Hackschnitzelheizungen, die mit Hilfe des Marktanzreizprogrammes in Bayern im Leistungsbereich bis 50 kW gefördert wurden. Die Vollbenutzungsstunden wurden auf 1.300 und der Nutzungsgrad auf 80 % geschätzt. Um die Anlagenzahl zu bestimmen, wurden zunächst die Ergebnisse aus der Haushaltsumfrage betrachtet. Der Anteil der Haushalte schwankt ohne signifikante Unterschiede in den Umfragen zwischen 0,2 % und 0,4 %, was sehr nahe an den Wert von 0,4 % kommt, den DÖRING ET AL. (2016) für Deutschland genannt hat. Hochgerechnet ergibt der Anteil von 2016 eine Anzahl von knapp 18.000 Hackschnitzelanlagen. Diese Anzahl erscheint auch verglichen mit der Erhebung des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks plausibel. Dort sind unter den mechanisch beschickten Zentralheizungen mit weniger als 50 kW, die Brennstoffe wie Scheitholz, Hackschnitzel, Sägemehl, Späne und Rinde nutzen, knapp 24.000 Feuerstätten aufgeführt. Da Scheitholzanlagen fast ausschließlich von Hand beschickt werden, dürfte der größte Teil der Anlagen mit Hackschnitzel betrieben werden. Außerdem sind in den Zahlen des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks durchaus auch gewerbliche Anlagen enthalten, die wir in der Umfrage nicht erfassen. Für die Hochrechnung wurde die Zahl von 24.000 Anlagen genutzt, damit im Bericht keine Erfassungslücke entsteht.

Der Gesamtverbrauch an Energieholz 2016 wird auf 8,31 Mio. Fm hochgerechnet. Eine Übersicht über die Verteilung auf die Sortimente findet sich in Tabelle 21.

Tabelle 21: Verbrauch der einzelnen Energieholzsortimente in den bayerischen Privathaushalten in der Heizperiode 2016/2017.

Energieholzsortiment	[Fm]
Scheitholz	6.269.000
Altholz	195.000
Pellets	1.144.000
Briketts	44.000
Hackschnitzel	656.000
Summe	<b>8.308.000</b>

## 2.6.4 Entwicklung der Investitionen im Gebäudebestand

In der Umfrage wurden die Haushalte gefragt, ob sie seit 2010 in eine Holzheizung – egal welcher Art – investiert haben und/oder ob sie im selben Zeitraum eine Holzheizung stillgelegt haben. 2010 wurde als Stichjahr gewählt, weil in diesem Jahr eine Novelle der 1. BImSchV in

Kraft getreten ist, die Grenzwertverschärfungen für Neuanlagen und Übergangsfristen für Altanlagen mit sich brachte, die bei Nichteinhaltung von verschärften Anforderungen auch eine Stilllegungen von alten Holzheizung einfordern. Eine weitere Frage beschäftigte sich mit den geplanten Investitionen in eine Holzheizung in den nächsten 5 Jahren. Die Ergebnisse dieser Fragen sind in Abbildung 23 dargestellt.

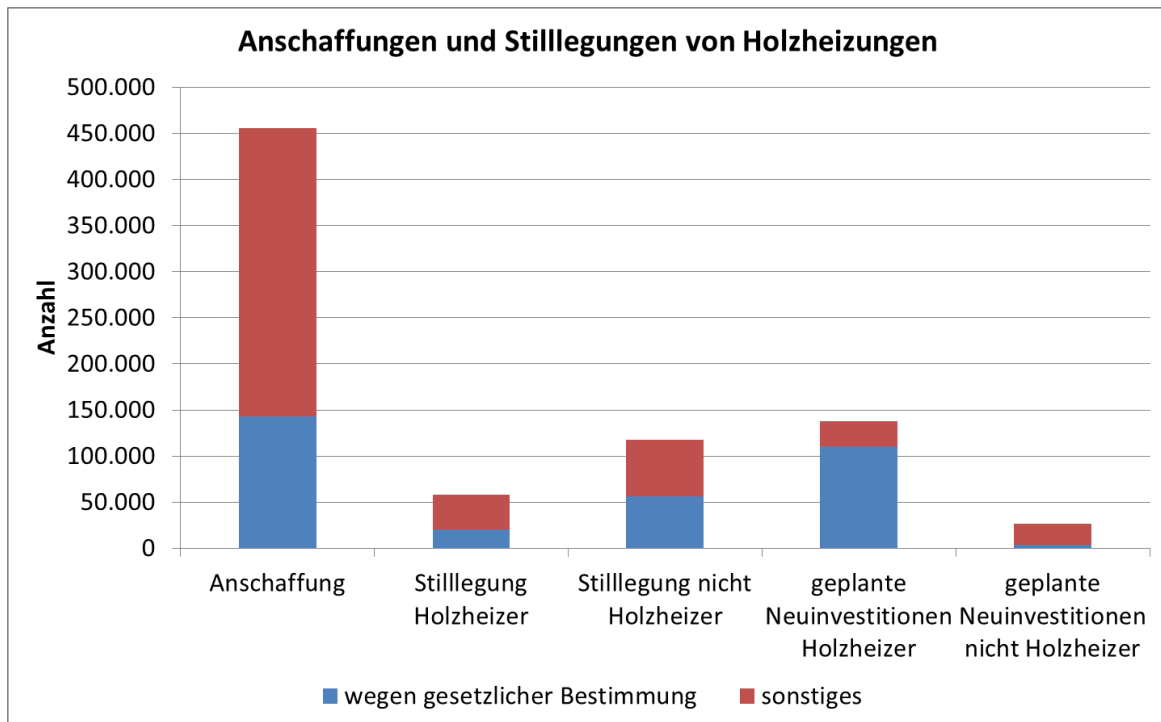


Abbildung 23: Anschaffungen und Stilllegungen von Holzheizungen seit dem Jahr 2010 und in den nächsten 5 Jahren geplante Neuinvestitionen in eine Holzheizung. Etwa 14.000 Haushalte haben aufgrund einer gesetzlichen Bestimmung sowohl eine Holzheizung stillgelegt und wieder angeschafft. Von den Anschaffungen wurden rund 53.000 in Häusern getätigt, die erst nach 2010 errichtet wurden; rund 8.000 davon aufgrund gesetzlicher Bestimmung.

Die Summe der Haushalte, die Holzheizungen aufgrund gesetzlicher Bestimmungen in Gebäuden, die älter als 2010 sind, neuangeschafft oder stillgelegt haben, kann als Auswirkung der Verschärfung der Grenzwerte für Emissionen durch die 1. Bundesimmissionsschutzverordnung interpretiert werden. Somit waren insgesamt bis zu 198.000 oder 3,1 % der bayerischen Haushalte von dieser Grenzwert-Verschärfung betroffen. Weiterhin haben knapp 8.000 oder 0,1 % der Haushalte eine Holzheizung aufgrund einer gesetzlichen Bestimmung beim Bau des Gebäudes angeschafft.

Weitere 2,6 % oder 165.000 Haushalte gaben an, in den nächsten fünf Jahren eine Investition in eine Holzheizung geplant zu haben. Knapp 27.000 Haushalte davon sind bisher keine Holzheizer und wollen erstmals Holz als Energieträger nutzen. 115.000 oder 70 % dieser geplanten Investitionen sind aufgrund einer gesetzlichen Bestimmung geplant und können somit als Auswirkung der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung in den nächsten fünf Jahren betrachtet werden. Dieser Wert dürfte eher eine Untergrenze der Auswirkungen darstellen, denn geplante Stilllegungen in den nächsten fünf Jahren wurden nicht abgefragt. Einzelraumfeuerungen, die bis 1974 gebaut wurden und die Emissionsgrenzwerte nicht einhalten konnten, mussten bereits bis Ende 2014 nachgerüstet oder stillgelegt werden. Die bis 1984 errichteten Einzelraumfeuerungen mussten bis Ende 2017 nachgerüstet oder stillgelegt werden, sofern sie die Grenzwerte nicht einhalten können. Bis Ende 2024 müssen sukzessive alle vor 2010 errichteten Einzel- und Zentralfeuerungen die gesetzlichen Grenzwerte einhalten. So wird veraltete Heiztechnik bereits

vor dem Ende der technischen Lebensdauer aufgrund gesetzlicher Vorgaben beschleunigt ersetzt.

#### Aktuelle Entwicklungen der Energieträger in Neubauten

Das Bayerische Landesamt für Statistik erhebt für neugebaute Gebäude die Art der Energieträger. Im Falle von Holz kann der Anteil primärer Energieträger mit dem Einbau einer Zentralheizung gleichgesetzt werden. Von 2011 bis 2012 fand eine Zunahme von knapp 3 %-Punkten der Holzzentralheizungen in Neubauten statt (Abbildung 24). Seit 2012 stagniert diese Zahl auf annähernd demselben Niveau. Da der Anteil der Holzzentralheizungen im Bestand laut unserer Umfrage bei knapp 4,4 % liegt, könnte von einem steigenden Anteil an Holzheizern ausgegangen werden. Allerdings steht dieser These entgegen, dass der Neubau von Wohngebäuden stark nachgelassen hat (Abbildung 25).

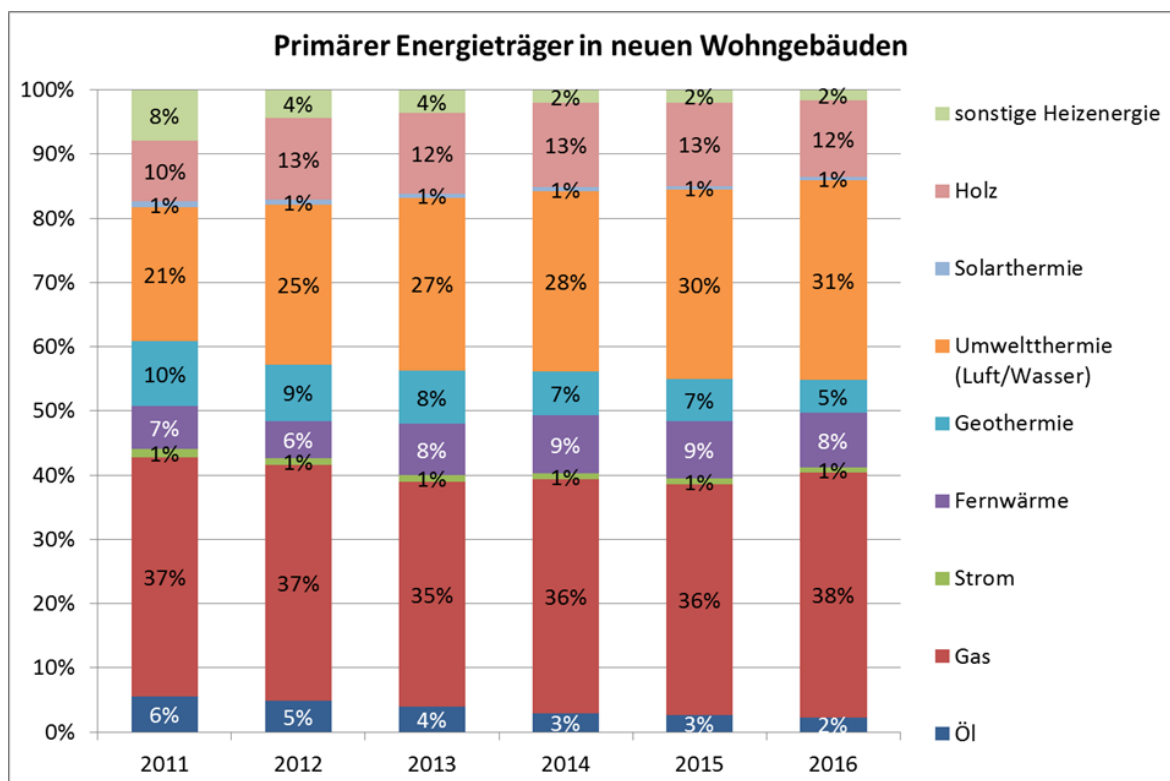


Abbildung 24: Primäre Energieträger in neugebauten Wohngebäuden in den Jahren 2011 bis 2016 in Bayern. Der Anteil von Holz als Energieträger bleibt nahezu konstant. Große Zuwächse gab es bei der Umweltthermie (Wärmepumpen). (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).

Nach dem Ende der Eigenheimzulage im Dezember 2005 fiel die Anzahl der neugebauten Wohngebäude stark ab. Den Rückgang dürfte die Wirtschaftskrise ab 2007 noch deutlich verschärft haben. Seit 2010 ist eine Erholung bei der Anzahl der Neubauten erkennbar, wenngleich das Niveau von 2003 bis 2005 bei weitem nicht mehr erreicht wurde. Im Jahr 2016 nahmen die Neubauten wieder um knapp über 6 %-Punkte ab. Bezieht man die Neubauten auf den Bestand an Wohngebäuden in Bayern, so wurden in den Jahren 2003 bis 2005 knapp 1 % des Bestandes und 2016 nur noch knapp über 0,7 % neu gebaut. Bei den niedrigen Neubauquoten haben die im Vergleich zur Haushaltumfrage höheren Werte erst in einem sehr langen Betrachtungszeitraum deutlich spürbare Auswirkungen. Änderungen der Energieträger bei Sanierungen im Gebäudebestand werden statistisch nicht erfasst.



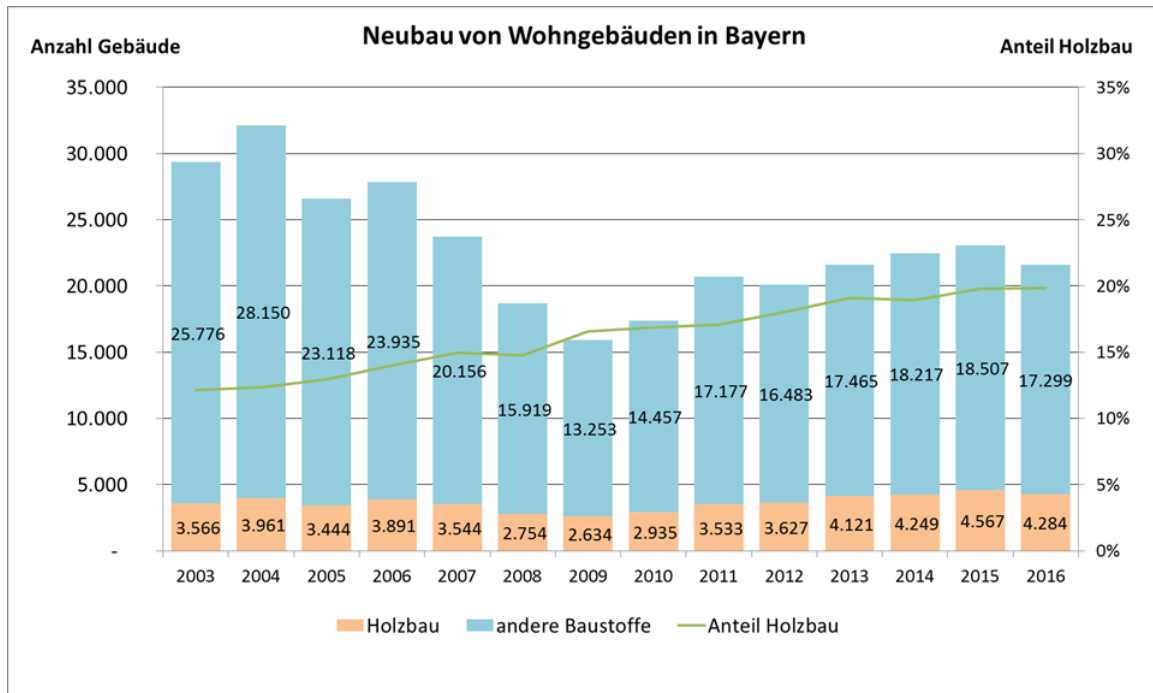


Abbildung 25: Anzahl der neugebauten Wohngebäude in Bayern der Jahre 2003 bis 2016. Aufgezeigt sind auch die Anzahl der aus Holz gebauten Gebäude und der Anteil des Holzbaus am Neubau von Wohngebäuden (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).

Seit dem Jahr 2011 erfasst das Bayerische Landesamt für Statistik zusätzlich die sekundären Energieträger in neugebauten Wohngebäuden (Abbildung 26). Hier konnte Holz seinen Anteil von 2011 bis 2016 nahezu verdoppeln. Gleichzeitig hat sich der Anteil der Wohngebäude mit einer Sekundär-Heizquelle von 30 % auf knapp 45 % erhöht.

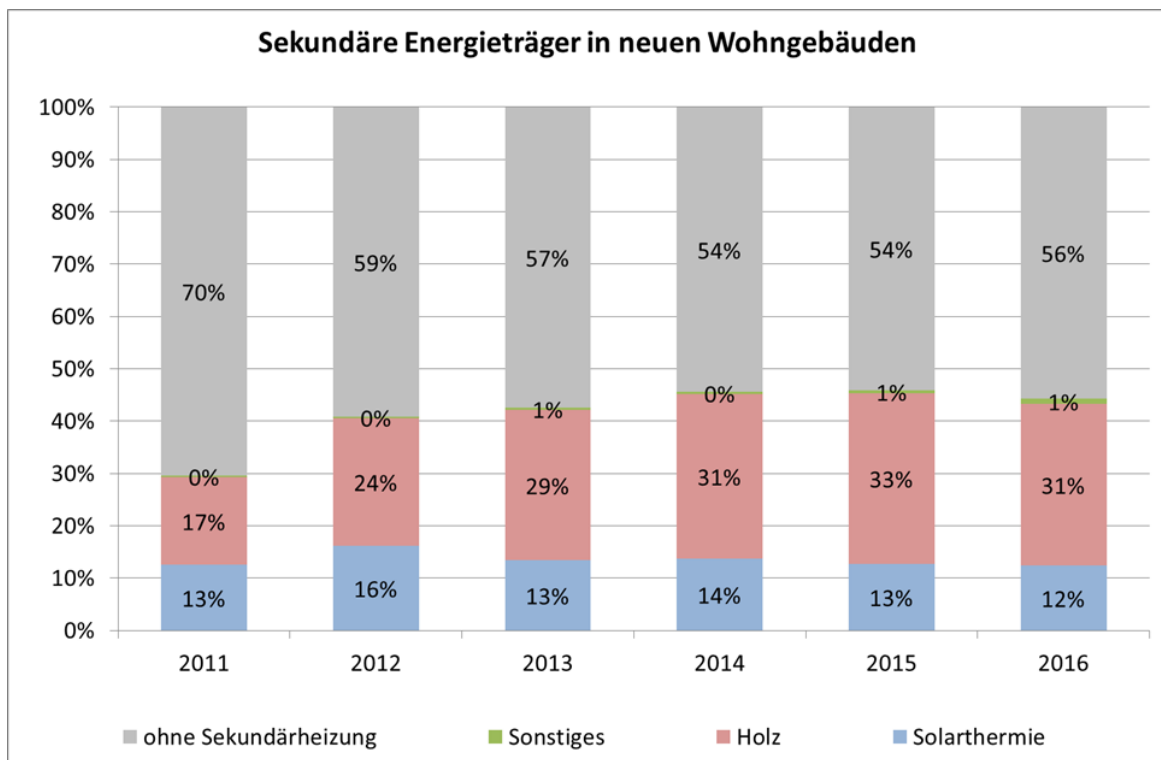


Abbildung 26: Sekundäre Energieträger in Wohngebäuden. Holz als Energieträger erreichte in diesem Segment einen starken Zuwachs. Holz wird hier in der Regel in Einzelraumfeuerungen eingesetzt. Nur wenige Haushalte bauen eine Zentralheizung als sekundäre Heizanlage ein. (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).

### 2.6.5 Witterung in Bayern

Die Witterung ist ein wichtiger Einflussfaktor auf den Verbrauch von Brennstoff zum Heizen der Wohnungen und Gebäude. Um den Einfluss der Witterung messbar zu machen, werden Heizgradtage errechnet. In Deutschland ist die Heizgrenze bei 15°C festgelegt (DIN V 4108-6). Heiztage sind Tage, an denen das Tagesmittel der Außentemperatur unter der Heizgrenze liegt. An Heiztagen werden die Differenzen zwischen der Außentemperatur und der Heizgrenztemperatur erfasst und zu einem Monatswert aufsummiert (IWU 2018). Beispiel: Ist die Außentemperatur an einem Tag 5°C, dann werden 15°C – 5°C = 10 Kelvin zu den Heizgradtagen gezählt. Die Heizgradtage von den Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sind über eine Excel-Datei des Instituts Wohnen und Umwelt aus Darmstadt abrufbar (IWU 2018). Die Heizgradtage der einzelnen Wetterstationen haben eine Spanne von 2.229 Kelvin bis 3.607 Kelvin. Da der Zweck dieser Arbeit ist, den Energieverbrauch über eine Heizperiode zu ermitteln, wurden die Heizgradtage nicht für ein Kalenderjahr, sondern von September bis August des Folgejahres summiert. Nur so können die Heizperioden im Zusammenhang ausgewertet werden. Die Bevölkerung und damit der Energieholzverbrauch sind über Bayern nicht gleich verteilt, weshalb die Heizgradtage der DWD-Stationen unterschiedlich gewichtet wurden. Die Gewichtung wurde anhand der Bevölkerungsverteilung in den Regierungsbezirken in denen die Stationen liegen durchgeführt.

Die mit der Bevölkerungsverteilung gewichteten bayerischen Mittelwerte der Heizgradtage von 2000 bis 2017 sind im Vergleich zum langjährigen Mittel der Periode in Abbildung 27 dargestellt. Auf den kältesten Winter 2005 /2006 folgte gleich der wärmste 2006 / 2007. In den vergangenen vier Jahren gab es drei relativ warme Winter und nur der Winter 2016 / 2017 erreichte den langjährigen Mittelwert der Heizgradtage.

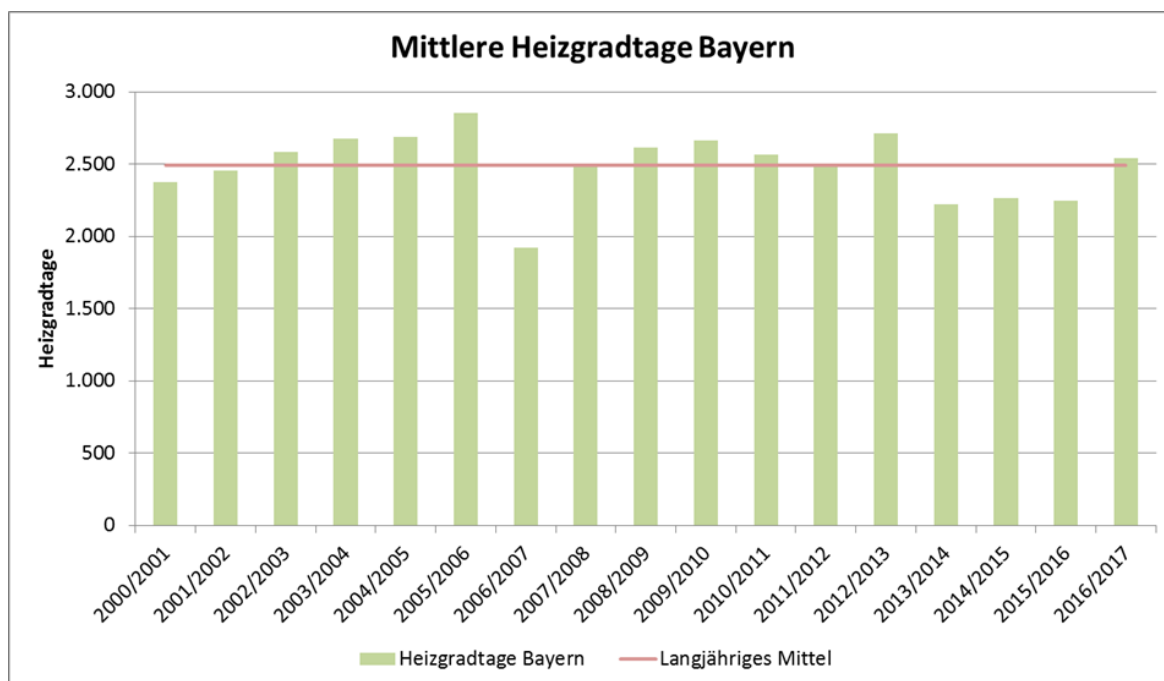


Abbildung 27: Die anhand der Bevölkerungsverteilung gemittelten Heizgradtage in Bayern. Die rote Linie stellt den Mittelwert über die gesamte Periode dar. Es fällt auf, dass die Jahre 2013 bis 2016 im Vergleich recht milde waren und der Winter 2016 / 2017 der einzige kalte Winter der vergangenen vier Jahre war (Quelle IWU 2018 und eigene Berechnungen).

## 2.6.6 Diskussion

Der Vergleich des neugewichteten Verbrauchs von Energieholz in Privathaushalten über die Jahre zeigt, dass der Verbrauch 2014/15 um 18 %<sup>7</sup> geringer als 2016/17 war. Aus der Zunahme der Haushalte lässt sich nur etwa 2 % der Änderung von 2014/15 auf 2016/17 erklären. Wird der durchschnittliche Scheitholzverbrauch in den verschiedenen Haushaltsgrößen betrachtet, so fällt auf, dass er 2016/17 fast immer höher ist als 2014/15. Allerdings ist auch die durchschnittliche, mit Holz beheizte Fläche 2016/17 leicht höher. Da der Heizbedarf auch wesentlich von der Größe der beheizten Fläche abhängt, wurde für den Vergleich der Jahre der mittlere Scheitholzverbrauch pro beheizter Fläche herangezogen. Der Verbrauch von Energieholz in Fm pro m<sup>2</sup> ist über alle Holzheizer im Mittel um 7 % auf Basis 2016 gestiegen. Die naheliegende Erklärung ist die unterschiedliche Witterung in den Heizperioden. Die Zahl der Heizgradtage für Bayern ist im Winter 2014/15 11 % niedriger gewesen als 2016/17, der Unterschied in der Witterung damit etwas höher als der Unterschied im Flächenverbrauch. Die Heizgradtage drücken dabei aber nur einen durchschnittlichen Mehrbedarf aus. WEIDNER ET AL. (2016) gehen davon aus, dass die Haushalte, die Holz nur zum Zuheizen in Einzelraumfeuerungen nutzen, diese eher an Frosttagen (Temperatur fällt im Laufe des Tages unter 0°C) oder Eistagen (Temperatur ist den ganzen Tag unter 0°C) einheizen. Die Frosttage lagen 2014/15 knapp 14 % unter dem Wert von 2016/17, die Eistage sogar 49 %. Die Elastizität der Verbrauchsänderung, berechnet nach SPRINGER GABLER VERLAG (2018), bestätigt die Auswirkungen der Heizgradtage und der Frosttage (Tabelle 22). Der Verbrauch pro beheizter Fläche verändert sich demnach nicht so stark wie die Witterung.

Tabelle 22: Elastizität der Verbrauchsänderung zur Witterung. Ein Wert von 1 bedeutet, dass sich der Verbrauch im gleichen Verhältnis zur Witterung ändert, ein Wert darunter, dass der Witterungsunterschied größer ist als der des Verbrauchs pro beheizter Fläche.

Elastizität	Heizgradtage			Frosttage	Eistage
	Heizgrenze 15°C	Heizgrenze 12°C	Heizgrenze 10°C		
Flächenverbrauch alle Holzheizer	0,6	0,5	0,5	0,5	0,1

Es stellt sich die Frage, ob die Heizgrenze von 15 °C noch angemessen ist. Aufgrund von energetischen Sanierungen und energieeffizienten Bauweisen könnte heute womöglich eine niedrigere Heizgrenze angemessen sein. Allerdings zeigt Tabelle 24 auch, dass sich die Elastizität bei niedrigeren Heizgrenzen nicht in Richtung 1 verschiebt.

Für die Jahre 2012/13 und 2010/11 kann dieser Vergleich nicht durchgeführt werden, da in den damaligen Umfragen nach der beheizten Fläche gefragt wurde und nicht explizit nach der durch Holz beheizten Fläche. Dementsprechend sind die durchschnittlich beheizten Flächen in diesen Jahren deutlicher höher und beinhalten vermutlich auch die Flächen, die nicht oder mit anderen Energieträgern beheizt wurden.

<sup>7</sup> Auf Basis von 2016

Insgesamt scheinen die Holzheizer unelastisch auf die Änderung der Heizgradtage und auf die Frosttage zu reagieren. Dieses Ergebnis verwundert, denn die Veränderung der Heizgradtage korreliert direkt mit dem Energiebedarf, der notwendig ist um denselben Wärmekomfort zu erreichen (GONSETH ET AL. 2017). Es ist aber zu beachten, dass die Witterung des Winters nicht die einzige Einflussgröße auf den Verbrauch ist. Das individuelle Nutzungsverhalten der Bewohner hat ebenfalls einen Einfluss und erzeugt typischerweise eine Streuung des Verbrauchs in gleichartigen Wohnungen von 50 % (LOGA ET AL. 2003). Weiterhin werden bei Energiesparmaßnahmen mitunter Rebound-Effekte beobachtet. Mit Rebound-Effekt ist hierbei gemeint, dass die Energie durch Einsparmaßnahmen günstiger wird, sich dadurch aber am Markt ein neues Gleichgewicht, bei einer höheren Absatzmenge bildet (GREENING ET AL. 2000). Bei der Beheizung der Gebäude, könnte der Effekt darin bestehen, dass die Bewohner einen höheren Wärmekomfort nutzen und deswegen mehr Energie verbrauchen (GONSETH ET AL. 2017). Der Einfluss des Nutzungsverhaltens kann aufgrund dieser Studie nicht eingeschätzt werden.

Auf den eingangs erwähnten Verbrauchsunterschied im hochgerechneten Energieholzvolumen von 18 %, wirken der Witterungsunterschied, die Zunahme der Haushalte in Bayern und die Zunahme der beheizten Fläche von 2014 zu 2016 erhöhend ein. Deswegen ist der Unterschied größer als der Witterungsunterschied es vermuten lässt.

WEIDNER ET AL. (2016) diskutierten die Rolle des Heizölpreises in Bezug auf den geringen Verbrauch von 2014. Seit 2014 ist der Heizölpreis aber weiter gesunken und lag im Winter 2016 um 11 % niedriger als 2014. Der Verbrauch von Energieholz ist dagegen deutlich gestiegen. Grundsätzlich kann dieser Erklärungsansatz nur für Haushalte gelten, die neben einem Holzheizungssystem noch eine Ölheizung besitzen. Die weiteren Energieträger wurden in der Umfrage allerdings nicht erfasst. Über den Bestand der Energieträger in den Gebäuden liegen nur Informationen zum Hauptenergieträger vor, aber nicht zur Kombination von Energieträgern. Der Effekt der Preisänderung von Heizöl scheint nicht allzu groß zu sein, denn das Heizöl ist immer noch deutlich billiger als 2012, der Verbrauch an Holz ist aber wieder – parallel zur Anzahl der Heizgradtage, Frosttage und Eistage – auf das Niveau von 2012 gestiegen.

In Privathaushalten darf nach der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (1. BImSchV) nur naturbelassenes Holz verbrannt werden. Gerade Scheitholz wird oft aus Sortimenten hergestellt, die auch für die stoffliche Nutzung geeignet sind. Auch bei den kleinen Hackschnitzelanlagen sind nur die besseren Hackschnitzelqualitäten zugelassen (FNR 2017), stofflich nicht verwertbare Waldhackschnitzel mit einem hohen Rinden- und Nadelanteil können in solchen Anlagen nicht eingesetzt werden. Bei einer Verbrauchsverringerung werden somit stoffliche nutzbare Sortimente für andere Verwendungen frei.

Werden die Förderzahlen des Marktanzreizprogrammes für Holz-Heizanlagen bis 50 kW Leistung ausgewertet, dann zeigt sich, dass vor allem Pellet und Scheitholzkessel in diesem Segment neu beschafft wurden. Hackschnitzelanlagen haben einen deutlich kleineren Marktanteil, was vermutlich daran liegt, dass es sie erst ab einer Leistungsklasse von 10 kW gibt (FNR 2017).

In der Umfrage gaben hochgerechnet knapp 118.000 Haushalte an, eine Holzheizung stillgelegt zu haben und nun kein Holzheizer mehr zu sein. Knapp 458.000 Haushalte haben dagegen seit 2010 eine Holzheizung neu angeschafft. Da hier nicht abgefragt wurde, ob die Haushalte vorher schon Holzheizer waren, kann nicht abgeschätzt werden, wie viele eine Ersatzinvestition getätigt haben und wie viele erstmals mit Holz heizen. Es ist vermutlich für die vergangenen acht Jahre eher von einer Stagnation der Anlagenzahl auszugehen. Von den geplanten Investitionen können nur rund 18 % oder 31.000 Haushalte als Neuinvestitionen in eine Holzheizung gedeutet werden, da sie von Haushalten getätigt werden, die jetzt noch keine Holzheizer sind. Die restlichen 82 % sind bereits Holzheizer. In den kommenden Jahren fallen weitere Holzheizanlagen in

die strengeren Grenzwerte der 1. BImSchV: Für Einzelraumfeuerungen, die zwischen Anfang 1985 und Ende 1994 in Betrieb gegangen sind, ergeben sich verschärfte Anforderungen bzw. eine Stilllegungspflicht ab 01.01.2021. Zentralheizungen, die zwischen Januar 1995 und Dezember 2004 errichtet wurden, müssen Ende 2019 die neuen Grenzwerte einhalten. Somit ist davon auszugehen, dass ein erheblicher Anteil der 82 % eine Ersatzinvestition und keine Neuanschaffung einer weiteren Holzheizung ist. Die geplante Stilllegung von Holzheizungen in der Zukunft wurde nicht abgefragt. Sie kann auch nicht seriös eingeschätzt werden, da die Zahlen der Stilllegungen seit 2010 durch die Novelle der BImSchV erhöht sein dürften und aus den Jahren davor keine Zahlen vorliegen. Die geplanten Neuinvestitionen lassen aber schon vermuten, dass eher nicht mit einem Zubau an Holzheizungen in Privathaushalten zu rechnen ist. Ein weiterer Grund für diese Entwicklung könnte neben der Grenzwertverschärfung durch die 1. BImSchV der Preisverfall beim Heizöl sein, denn die Absatzzahlen für Ölheizungen sind in Deutschland von 2014 zu 2015 gestiegen, während die Absatzzahlen für Biomasseheizungen konstant sinken (BDH 2018).

Die 8.000 Holz-Heizungen, die beim Neubau des Wohngebäudes seit 2010 angeschafft wurden, müssen als Einfluss des Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EE-WärmG) interpretiert werden. Der gesamte Effekt dieses Gesetzes wird in der Umfrage aber nicht ganz abgebildet, denn die Holzenergie stellt nur einen Teil des Erneuerbaren-Energien-Portfolios dar, außerdem können Heizungsanforderungen des Gesetzes auch durch Dämmung ersetzt werden.

### 2.6.7 Fazit und Trends

Der Energieholzverbrauch in den privaten Haushalten war in der Heizperiode 2016/2017 um 20 %<sup>8</sup> größer als in der Heizperiode 2014/2015. Diese Zunahme kann vor allem auf die Witterung zurückgeführt werden. Allerdings fiel die absolute Zunahme des Verbrauchs deutlich stärker aus als es nach der Witterung zu erwarten gewesen wäre. Werden hingegen die Energieholzverbräuche pro Fläche verglichen sind die Änderungen unterdurchschnittlich. Substitutionseffekte zwischen den verschiedenen Brennstoffen scheinen die überproportional starke Zunahme des Verbrauchs nicht erklären zu können.

Seit 2010 ist mit einer stagnierenden bis leicht steigenden Anzahl an Holzheizungen in Bayern zu rechnen. Die geringe Anzahl der in der nächsten Zukunft geplanten Holzheizungen, lässt vermuten, dass hier mehr Holzheizungen stillgelegt als neu angeschafft werden. Die Holzheizungen nehmen bei derzeitigen Gegebenheiten in den Privatgebäuden langsam ab.

Langfristig ist mit einem sinken des Energieholzverbrauches zu rechnen, da moderne Holzheizungen effizienter sind (UTH 2015) und moderne Häuser oder sanierte Gebäude weniger Heizenergie benötigen (FNR 2017). Beim Bau eines Niedrigenergiehauses und der damit verbundenen geringen benötigten Heizenergie werden moderne Holz-Feuerungsanlagen wirtschaftlich unrentabel (KRANEBITTER 2015; IER 2018). Hinzu kommt noch, dass die Winter durch den Klimawandel wärmer werden. Der Deutsche Wetterdienst errechnete für verschiedene Klimaszenarien eine im Durchschnitt um 2 – 3°C höhere Wintertemperatur als im langjährigen Mittel von 1961 bis 1990 für den Zeitraum 2040 - 2070 (DWD 2018). Wie die Ergebnisse dieser Arbeit vermuten lassen, sinkt damit die benötigte Heizenergie.

---

<sup>8</sup> Auf Basis der Heizperiode 2014/15

## 2.7 Mittlere Holzfeuerungen und Biomasseheiz(kraft)werke

In diesem Kapitel werden die Holzverbräuche von Feuerungsanlagen größer 50 kW betrachtet, die i.d.R. nicht in Privathaushalten betrieben werden. Sie decken den Wärmebedarf von Wohnanlagen, öffentlich oder gewerblich genutzten Gebäuden und stellen Prozesswärme bereit. Eine große Anzahl dieser Anlagen stehen in Holzbe- und verarbeitenden Betrieben (z.B. Schreinereien oder Sägewerken), die ihre vor Ort anfallenden Resthölzer direkt energetisch verwerten. In der Landwirtschaft sind meist Hackschnitzelkessel der mittleren Leistungsklasse installiert, die Tierställe beheizen oder auch über sogenannte Mikronetze nachbarschaftliche Gebäude mit Wärme versorgen. Holzpellettheizungen hingegen ersetzen bevorzugt in Mehrfamilienhäusern, öffentlichen Gebäuden und kleineren, der Primärproduktion fernen Gewerbebetrieben, fossile Heizsysteme. Holzfeuerungen, die große Liegenschaften mit Wärme versorgen, Wärme in ein Nah- bzw. Fernwärmenetz einspeisen oder Prozesswärme bereitstellen, werden üblicherweise als Biomasseheizwerke bezeichnet. Die thermische Leistung dieser Anlagen liegt i.d.R. zwischen 300 kW<sub>th</sub> und 3 MW<sub>th</sub>, nur wenn Prozesswärme benötigt wird, sind auch Anlagen bis in den zweistelligen MW-Bereich anzutreffen. Eine allgemeingültige klare Abgrenzung zwischen den Begriffen Biomasseheizwerk und Holzheizanlage gibt es in der Literatur nicht. Wird Holz verbrannt oder vergast und dabei Strom erzeugt, so spricht man von Biomasse- oder Holzkraftwerken. Wenn dabei Wärme aus dem Konversionsprozess ausgekoppelt wird und/oder die bei der Verstromung entstehende Abwärme thermisch genutzt wird, bezeichnet man die Anlage als Biomasse- oder Holzheizkraftwerk bzw. als Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK-Anlage). Die Verbrauchergruppe der kommunalen und gewerblichen Anlagen > 50 kW (Nicht Haushalte) ist somit sehr heterogen, daher verfolgt der Bericht 2016 den Ansatz, die Brennstoffverbräuche getrennt für die stromerzeugenden Anlagen (Biomasse(heiz)kraftwerke) und für die reinen Wärmeerzeuger > 50 kW auszuweisen. Letztere Gruppe erfährt in Anlehnung an die Regelungen des deutschen BImSchG<sup>9</sup> nochmals eine Differenzierung in Wärmeerzeuger < 1 MW und in Wärmeerzeuger > 1 MW Feuerungswärmeleistung.

### 2.7.1 Methodik

Der letzte Energieholzmarktbericht 2014 betrachtete in Anlehnung an die vorangegangenen Erhebungen drei Verbrauchergruppen, die Holz für energetische Zwecke nutzen. Da waren zum einen Kleinanlagen in privaten Haushalten, denen Feuerungsanlagen bis zu einer Nennwärmeleistung von 50 kW zugeordnet wurden. Die zweite Verbrauchergruppe bildeten mittlere Feuerstätten in Gewerbebetrieben, Mehrfamilienhäusern und öffentlichen Gebäuden mit einer Nennwärmeleistung größer 50 kW bis einschließlich 150 kW. Anlagen mit einer Nennwärmeleistung über 150 kW wurden der Verbrauchergruppe der Biomasseheizwerke und Biomasse(heiz)kraftwerke zugeordnet (WEIDNER ET AL. 2016, GAGGERMEIER ET AL. 2014, FRIEDRICH ET AL. 2012).

---

<sup>9</sup> Bundes-Immissionsschutzgesetz

Eine Abgrenzung der letzten beiden Verbrauchergruppen ist aus verschiedenen Gründen mit Ungenauigkeiten behaftet. So gibt es mittlerweile eine große Anzahl von stromerzeugenden Anlagen, deren Nennwärmeleistung unter 100 kW liegt und die mit der bisherigen Systematik dennoch der großen Verbrauchergruppe zuzuordnen wären. Auch ist der Begriff „Biomasseheizwerk“ in der Literatur nicht eindeutig über eine Leistungsabgrenzung definiert. Die wesentliche Unschärfe rührt jedoch daher, dass der installierte Leistungsbereich zwischen 51 kW Nennwärmeleistung und 1.000 kW Feuerungswärmeleistung (FWL) nur über statistische Verfahren in Unterklassen, d.h. in Feuerungsanlagen kleiner gleich 150 kW oder Biomasseheizwerke größer 150 kW aufgeteilt werden kann. Zahlen zum exakten Anlagenbestand in den Unterklassen sind bis dato bayernweit nicht veröffentlicht. Nach wie vor ist hier eine Abschätzung und Hochrechnung über einschlägige Forschungsarbeiten notwendig.

Diese Gegebenheiten werden zum Anlass genommen, die Verbrauchergruppen der Feuerungen > 50 kW in der Holzbilanz ab 2016 zusammenzufassen und nur innerhalb dieses Fachkapitels weiter aufzuschlüsseln. So erfolgt eine Dreigliederung der mittleren und großen Feuerungsanlagen, also i.d.R. Anlagen im gewerblichen und kommunalen Bereich, nach folgenden Kriterien:

- Wärmeerzeuger mit einer Leistung von 51 kW Nennwärmeleistung bis 1.000 kW Feuerungswärmeleistung, zukünftig abgekürzt mit „Wärmeerzeuger < 1 MW“ und als mittlere Feuerungsanlagen bezeichnet
- Wärmeerzeuger mit einer Leistung größer 1.000 kW Feuerungswärmeleistung, zukünftig abgekürzt mit „Wärmeerzeuger > 1 MW“ und als große Feuerungsanlagen bezeichnet
- Stromerzeugende Anlagen inkl. Holzvergaser, zukünftig als „Biomasse(heiz)kraftwerke“ bezeichnet

#### **Anlagenbestand Wärmeerzeuger < 1 MW**

Wie erstmals im Jahr 2014 konnte auch 2016 zur Abbildung der Gesamtzahl der Wärmeerzeuger < 1 MW auf eine statistische Erhebung des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV) zurückgegriffen werden. Sie umfasst, gegliedert nach Regelbrennstoffen, alle immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftigen Holzfeuerungen in Bayern, d.h. alle Feuerstätten mit einer Feuerungswärmeleistung kleiner 1 MW, die im Gültigkeitsbereich der „Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen“ (1. BImSchV) liegen. Demzufolge existierten Ende 2016 in Bayern rund 19.500 holzbefeuerte Zentralheizkessel mit einer thermischen Leistung zwischen 51 kW und 1.000 kW (ZIV 2017).

Eine Differenzierung des Anlagenbestandes innerhalb dieses weiten Leistungsbereiches erfolgt mit Hilfe des derzeit laufenden Forschungsprojekts „Kleinf Feuerungsanlagen in Deutschland – Kehrbucherhebung mit dem Kaminkehrerhandwerk“<sup>10</sup> am DBFZ – Deutsches Biomassefor-

---

<sup>10</sup> Hintergrund zum Forschungsprojekt „Kleinf Feuerungsanlagen in Deutschland – Kehrbucherhebung mit dem Kaminkehrerhandwerk“ am DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum in Leipzig: „In Kooperation mit dem Schornsteinfegerhandwerk – vertreten durch den Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) – wurde am DBFZ eine weitestgehend automatisierte Datenerhebung mit dem Ziel entwickelt, den Bestand biomassebasierter Kleinf Feuerungsanlagen in Deutschland abbilden und charakterisieren zu können. Grundlage der Datenerhebung bilden die Kehrbuchdaten der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger (bBSF). Mittels einer entsprechenden Exportfunktion werden Auszüge aus dem Kehrbüchern an das DBFZ als csv-Datei übermittelt. Inhalt dieser Datei ist eine Einzelanlagenliste mit Angaben zu Brennstoff, Technologie, Leistung, Baujahr sowie



schungszentrum in Leipzig. Dabei werteten die Projektverantwortlichen am DBFZ für den Energieholzmarktbericht 2016 die Kkehrbuchauszüge von 219 bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegern<sup>11</sup> in Bayern aus, „womit ein guter Querschnitt der Kkehrbezirke in Bayern abgebildet werden konnte“ (RÖNSCH 2017). Aufgrund der auf dieser Basis vorgenommenen Verteilung des Anlagenbestandes auf die Leistungsgruppen 51-150 kW, 151 bis 300 kW, 301 bis 500 und 501 kW bis 1.000 kW FWL bei gleichzeitiger Differenzierung nach dem Brennstoff konnte die installierte Leistung der Verbrauchergruppe „Wärmeerzeuger < 1 MW“ hochgerechnet werden. Zwar ist die vorgenommene Leistungssplittung mit statistischen Unsicherheiten behaftet und muss als Annäherung betrachtet werden, jedoch können derzeit keine differenzierteren Statistiken eruiert werden. Sie bildet daher die Grundlage für die Hochrechnung sowohl der installierten Leistung, als auch gekoppelt mit den Ergebnissen der Verbrauchserhebung, die Grundlage für die Hochrechnung des Energieholzbedarfs der Wärmeerzeuger < 1 MW im Jahr 2016.

### **Anlagenbestand Wärmeerzeuger > 1 MW**

Sofern die biomassebasierte Gesamtfeuerungswärmeleistung eines Standortes mehr als 1 MW beträgt, ist die Anlage im Sinne des Bundes-Immissionsschutzrechts genehmigungspflichtig und unterliegt den Bestimmungen der 4. BImSchV<sup>12</sup>. Anlagenbetreiber genehmigungsbedürftiger Holzfeuerungen müssen gemäß 4. BImSchV alle vier Jahre eine Emissionserklärung abgeben. Zwar war das Jahr 2016 ein Meldejahr und die Betreiber haben im Frühjahr 2017 ihre Emissionserklärung beim Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) eingereicht, jedoch sind nach Aussage der Behörde verlässliche statistische Zahlen aus den Emissionserklärungen 2016 und der behördeninternen ISA-B Datenbank<sup>13</sup> erst im Laufe des Jahres 2018 zu erwarten (LfU 2017). Die Marktstudie 2016 konnte daher noch nicht auf diesen aktualisierten Datenbestand zurückgreifen, sondern schreibt im Wesentlichen die für den vorangegangenen Bericht recherchierte Adressdatenbank der Wärmeerzeuger > 1 MW fort. Er stützt sich auf eine im Sommer 2015 von C.A.R.M.E.N. durchgeführte Umfrage bei den bayerischen Genehmigungsbehörden, die z. T. anonymisierte Anlagendaten zur Verfügung stellten. Für Standorte, deren Feuerungsanlagen eine thermische Leistung über 10 MW haben und der öffentlichen Versorgung dienen, sind nach Art. 4 Abs. 1 BayImSchG<sup>14</sup> die Regierungen für die Überwachung zuständig. Auch dieser Bestand wurde 2015 im Rahmen einer Vollüberprüfung telefonisch mit den zuständigen Behörden abgeklärt. Für die aktuelle Studie erfolgte 2017 nochmals eine stichprobenartige Überprüfung des Anlagenbestandes über Literatur- und Internetrecherchen<sup>15</sup> aber auch über telefonische Nachfragen bei Genehmigungsbehörden und potentiellen Betreibern. Insbesondere Betreiber von Feuerungsanlagen älteren Baujahres wurden telefonisch befragt, ob ein Kesseltausch stattfand oder die Holzfeuerung etwa mittlerweile stillgelegt worden ist. Elf Stilllegungen wurden im Rahmen der Recherchearbeiten bekannt, darüber hinaus gab es fünf Rückmeldun-

---

der Anzahl der Kehrungen. Ergänzend dazu wird die Anzahl der fossilen Anlagen im Kehrbezirk übermittelt. Über den Bundesverband werden auf Innungsebene alle bBSF angeschrieben an der Datenerhebung teilzunehmen. Nach absolviertem Pre-Test mit dem Bezugsjahr 2011 und 77 ausgewählten Teilnehmern konnten in der ersten Erhebungsphase mit dem Bezugsjahr 2012 582 Teilnehmer (8 % der Kehrbezirke in Deutschland) und in der zweiten Erhebungsphase mit dem Bezugsjahr 2014 857 Teilnehmer (11 %) gewonnen werden, davon 244 in Bayern.“ (RÖNSCH 2017)

<sup>11</sup> ca. 15% der bayerischen Kehrbezirke

<sup>12</sup> Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

<sup>13</sup> behördeninterne Datenbank „Informationssystem immissionsschutzrechtlich relevanter Anlagen in Bayern“ (ISA-B)

<sup>14</sup> Bayerisches Immissionsschutzgesetz

<sup>15</sup> u. a. eine Abfrage des im Energieatlas Bayern hinterlegten, Anlagenbestandes



gen, dass im Rahmen eines Kesseltauschs, die Leistung nun unterhalb der Genehmigungsschwelle liegt. Ebenso flossen Informationen über Neuanlagen in die Auswertung mit ein.

Holzheizwerke über 1 MW dürften daher mit einem hohen Deckungsgrad in der Adressdatenbank erfasst worden sein. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass in der Branche der Holzbe- und verarbeitenden Industrie, eine hohe Dynamik herrscht (Fusionierungen, Aufkäufe, Insolvenzen). Viele Betreiber von Großfeuerungen sind dieser Geschäftssparte zuzuordnen, so dass der erhobene Datenbestand aufgrund der Fluktuation mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist.

### **Anlagenbestand Biomasse(heiz)kraftwerke**

Zur Validierung und Komplettierung des Adressbestandes an stromerzeugenden Biomasse(heiz)kraftwerken in Bayern wurden die Stamm- und Bewegungsdaten der für Bayern zuständigen Übertragungsnetzbetreiber (TENNET 2017, AMPRION 2017, TRANSNET BW 2017) herangezogen. Sofern die installierte elektrische Leistung nicht aus der aktuellen oder vorhergehenden Umfragen von C.A.R.M.E.N. oder aus der Literatur bekannt war, konnte die fehlende Leistungsangabe über die EEG-Liste der Übertragungsnetzbetreiber ergänzt werden, ebenso die produzierte Strommenge im Jahr 2016. Zudem wurde versucht, den Zubau seit August 2014 über das EEG- Anlagenstammdatenregister der Bundesnetzagentur zu identifizieren (BUNDESNETZAGENTUR 2017B). Es kann davon ausgegangen werden, dass der Bestand der Ende 2016 in Betrieb befindlichen Biomasse(heiz)kraftwerke mit Dampf- oder ORC-Technik nahezu vollständig in der Adressdatenbank erfasst ist. Auch liegen zu einer Vielzahl von Holzvergasern die Standortdaten durch Abgleich der Referenzlisten der Hersteller oder der Förderanträge im Rahmen des bayerischen Förderprogramms BioSol vor. Holzvergaser lassen sich jedoch in den Listen der Übertragungsnetzbetreiber nicht mehr in jedem Fall identifizieren, denn aus Datenschutzgründen sind Straße und Hausnummer in den veröffentlichten Listen nicht mehr ausgewiesen und auch die Postleitzahlen werden auf die ersten drei Ziffern verkürzt dargestellt. Um dennoch die Gesamtzahl der Holzvergasungsanlagen sowie deren installierte Leistung in Bayern abbilden zu können, wurden die einschlägigen Hersteller hinsichtlich ihrer Verkaufszahlen schriftlich befragt (SPANNER 2017, BURKHARDT 2017, WEGSCHEID 2015) und mit dem bekannten Anlagenbestand verschnitten.

### **Verbrauchserhebung**

Zur Vorbereitung der Verbrauchserhebung wurde die bei C.A.R.M.E.N. geführte Adressdatenbank über mittlere und große Feuerungsanlagen, wie vorab beschrieben, auf Aktualität überprüft und über Internet- und Telefonrecherche ergänzt. 1.060 Standorte konnten mit Betreiberadresse identifiziert werden. Dabei lagen von einer Reihe von Biomasseheiz(kraft)werken<sup>16</sup>, die über den Freistaat Bayern bzw. das Technologie- und Förderzentrum in Straubing (TFZ) gefördert wurden und einer Berichtspflicht unterlagen, bereits umfangreiche Jahresdaten zu den eingesetzten Energieholzarten sowie den Verbräuchen im Jahr 2016 vor. Von Heizwerken, die in den letzten vier Jahren im Förderprogramm BioKlima<sup>17</sup> einen Antrag gestellt haben, sind aus den Unterlagen ebenso hinreichend genaue Daten zur Auslastung, den zu versorgenden Objekten sowie dem geplanten Brennstoffeinsatz bekannt. Diese Betreiber wurden im Rahmen der Erhebungen zum Energieholzmarktbericht 2016 nicht erneut angeschrieben.

<sup>16</sup> C.A.R.M.E.N. e.V. lagen zur Auswertung Berichte von 260 Heiz(kraft)werken vor.

<sup>17</sup> BioKlima: Förderprogramm zur Errichtung von Biomasseheizwerken und zur Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen

Mitte Juli 2017 wurden daher lediglich die 707 Betreiber von mittleren und großen Feuerungsanlagen schriftlich befragt, von denen keinen Daten vorlagen. Dabei handelte es sich um eine Wiederholungstudie aus dem Jahr 2014, wobei ein zweiseitiger Fragebogen postalisch versendet wurde. Abgefragt wurden die erzeugten Energiemengen im Strom- und Wärmesektor, der Brennstoffverbrauch, die eingesetzten Brennstoffsportimente, die Art der Wärmeverwertung und bei den (Heiz)kraftwerken zusätzliche Angaben z.B. zur Stromvergütung. Um die Rücklaufquoten zu erhöhen, folgten im September und Oktober 2017 schriftliche Erinnerungen und telefonische Nachfragen. Zurückgesendet wurden 203 auswertbare Fragebögen, wobei die Häufigkeit der Rückläufe je nach Anlagentyp stark variiert. So wurde bei Biomasseheizkraftwerken, die mit Dampf Strom erzeugen, eine Rücklaufquote von 72 % und bei Heizkraftwerken mit ORC-Technik eine Quote von 90 % erreicht. Hingegen belief sich der Rücklauf bei Holzvergasanlagen auf nur 9 %. Bei den reinen Wärmeerzeugern < 1 MW gaben 19 % des befragten Adressbestandes Auskunft zum Brennstoffeinsatz, der Rücklauf bei den Betreibern von Anlagen > 1 MW konnte durch Telefonbefragungen auf 53 % gesteigert werden.

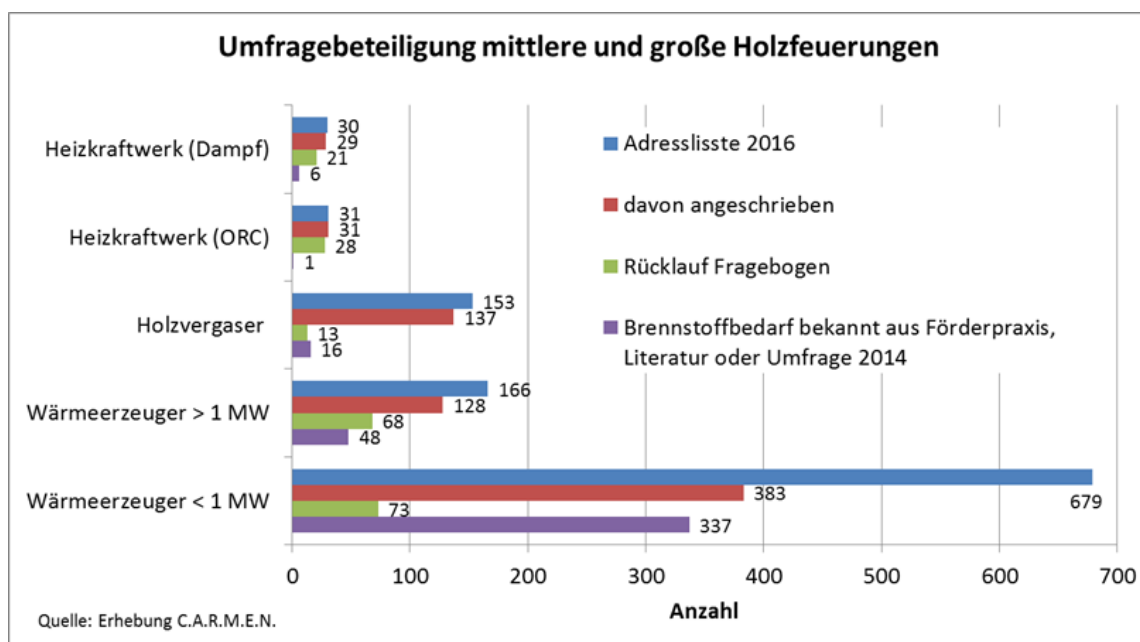


Abbildung 28: Anzahl der mit Standort bekannten Biomasseheiz(kraft)werke, der schriftlich befragten Anlagen, sowie die Befragungsbeteiligung jeweils nach Anlagenart.

Wärmeerzeuger wesentlich erweitert werden. So flossen neben den bereits erwähnten Jahresberichtsdaten geförderter Heiz(kraft)werke auch konkrete anlagenspezifische Zahlen mit ein, die C.A.R.M.E.N. e.V. aufgrund seiner gutachterlichen Tätigkeit im Rahmen der bayerischen Förderpraxis oder im Rahmen anderer Auftragsgutachten vorlagen. Heiz(kraft)werke, die zwar für 2016 keine Zahlen lieferten, aber 2014 an der Umfrage teilgenommen haben, wurden mit den Daten aus 2014 abgebildet. Insgesamt konnten daher die Energieholzverbräuche von 58 % der in der Adressdatenbank geführten Anlagen erfasst werden.

### Hochrechnung

Der Energieholzverbrauch der (Heiz)Kraftwerke mit Dampf- oder ORC-Technik, für die keine Rückmeldungen vorlagen, wurde differenziert nach Verdampfungsmedium über den mittleren elektrischen Nutzungsgrad und der 2016 erzeugten Strommenge hochgerechnet. Letztere konnte den Stamm- und Bewegungsdaten der für Bayern zuständigen Übertragungsnetzbetreiber entnommen werden. Auch bei den meisten standörtlich bekannten Holzvergäsern war die produzierte Strommenge über die Bewegungsdaten in Erfahrung zu bringen. Die Hochrechnung der

Brennstoffverbräuche auf den Gesamtbestand an Holzvergasungsanlagen beruht auf einer Annahme von mittleren herstellerspezifischen Volllaststunden der Anlagen<sup>18</sup> und einem Brennstoffbedarf je installierter elektrischer Nennleistung, wie ihn die Hersteller produktbezogen veröffentlichten. Der Fragebogenrücklauf bestätigte dabei die Herstellerangaben hinsichtlich des Brennstoffbedarfs im Wesentlichen. Die Hochrechnung auf den gesamten Anlagenbestand sollte damit hinreichend genau abgebildet werden können. Sofern die eingesetzten Brennstoffsortimente aufgrund von Literaturquellen oder aufgrund der EEG-Vergütungsklassen abgeschätzt werden konnten, wurde eine individuelle prozentuale Aufteilung nach den Brennstoffklassen gewählt. War dies nicht der Fall, erfolgte eine Zuteilung über Mittelwerte.

Die Brennstoffverbräuche der Wärmeerzeuger > 1 MW, die nicht an der Umfrage teilgenommen haben, wurden mit Hilfe der über die Erhebung ermittelten Volllaststunden auf den mit Leistungsdaten hinterlegten Anlagenbestand hochgerechnet<sup>19</sup>. Zur individuellen Festlegung der Anteile der eingesetzten Energieholzsortimente konnten zum Teil Informationen aus der Befragung der Landratsämter aus dem Jahr 2015 herangezogen werden.

Mit einer Anlagenzahl von rund 19.500 Wärmeerzeugern < 1 MW stellen die mittleren Holzfeuerungen die größte Verbrauchsgruppe außerhalb der Haushalte dar. Die Adressdatenbank umfasst lediglich 680 Standorte dieser Verbrauchsgruppe. Zudem handelt es sich dabei ausschließlich um Anlagen mit einer Nennwärmeleistung größer 100 kW bei einer mittleren Nennwärmeleistung der Holzfeuerungen von 425 kW. Während die Energieholzverbräuche der Leistungsklassen 300 bis 500 kW und 500 kW bis 1000 kW über die aus der Erhebung resultierenden Volllaststunden gut abgebildet<sup>20</sup> werden können, ist das untere Leistungsspektrum, dem der Großteil der mittleren Holzfeuerungen in Nichthaushalten zuzuordnen ist, unterrepräsentiert. Dies ist ein Manko der Studie, das bereits in den vorangegangenen Betrachtungsjahren aufgezeigt worden ist. Eine groß angelegte Verbrauchsdatenerhebung speziell für das Leistungssegment 51 bis 150 kW ist auch im Betrachtungsjahr 2016 nicht erfolgt, da sich die Adressbeschaffung in den unteren Größenklassen als sehr schwierig erweist. Die Auswertung von 73 Rückmeldungen zum Brennstoffverbrauch (100 bis 150 kW) ergab unter Berücksichtigung der installierten Leistung eine Auslastung der Kessel von durchschnittlich 2.000 Vollbenutzungsstunden. Zur Interpretation dieses Mittelwerts muss ergänzt werden, dass die Feuerungsanlagen überwiegend im Rahmen des bayerischen Förderprogramms bekannt geworden sind und mit dem Ziel einer hohen Kesselauslastung projektiert wurden (mind. 2.000 Vollbenutzungsstunden). Da über den gesamten in den Kheirbüchern erfassten Anlagenbestand Faktoren wie Überdimensionierung, Holzfeuerung als Beistellkessel bzw. vorübergehende Stilllegungen oder Minderauslastungen z.B. aufgrund niedriger fossiler Brennstoffpreise zu berücksichtigen sind, wurden zur Hochrechnung der Brennstoffverbräuche in dieser Studie je nach Brennstoffklasse und Anlagengröße zwischen 1.200 und 2.200 Volllaststunden angenommen. Eine Verbrauchsdatenerhebung in Zusammenarbeit mit dem Landesinnungsverband für das Bayerische Kaminkehrerhandwerk könnte zur Klärung der Datenlücke beitragen.

---

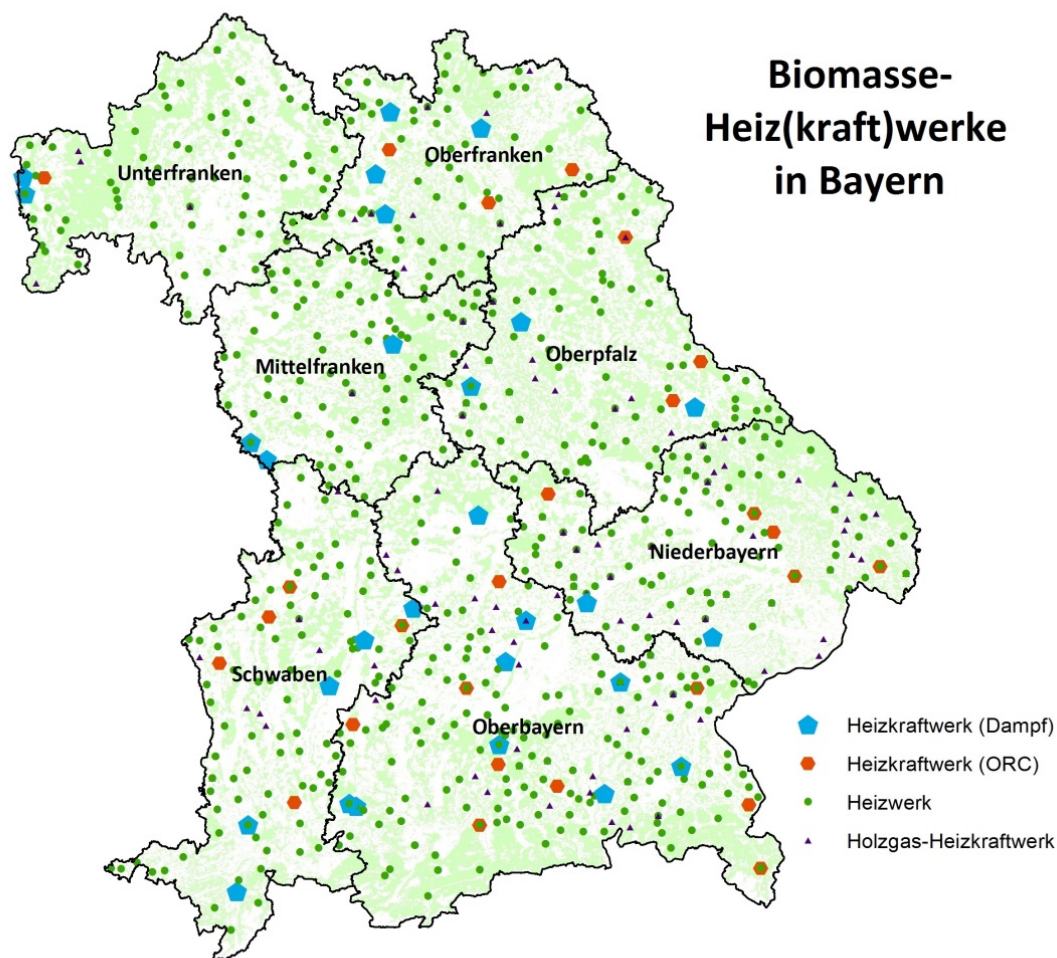
<sup>18</sup> Die Auswertung der eingespeisten EEG-Strommengen und die Umfrageergebnissen weisen im Mittel Volllaststunden von 6.900 auf.

<sup>19</sup> Zusätzlich wurde zur Berechnung der Tonnagen ein Jahresnutzungsgrad der Anlagen von 82 % angenommen. Diese Kennzahl wurde bei Auswertungen von Betriebsdaten geförderter Biomasseheizwerke ermittelt (HIENDLMEIER 2017A).

<sup>20</sup> Legt man die Leistungsklassenverteilung gemäß DBFZ zugrunde, so konnten über die Erhebung von 13% des Anlagenbestandes im Leistungsbereich > 300 kW abgebildet werden.

## 2.7.2 Ergebnisse: Energieholzverbrauch Feuerungsanlagen > 50 kW

Es ist davon auszugehen, dass Ende 2016 etwa 20.000 Feuerungsanlagen in Bayern mit einer thermischen Leistung größer 50 kW<sub>th</sub> in Betrieb waren. Dabei ist den Autoren der Anlagenstandort von 1.058 Anlagen bekannt. Die räumliche Verteilung dieser Feuerungsanlagen ist Abbildung 29 zu entnehmen. Die bei C.A.R.M.E.N. e.V. geführte Betreiberdatenbank weist bei den Biomasse(heiz)kraftwerken mit Dampf- oder ORC-Technik sowie bei Biomasseheizwerken mit einer Feuerungswärmeleistung größer 1 MW eine hohe Vollständigkeit auf. Dagegen umfasst die Datenbank bei Holzfeuerungen kleiner 1 MW überwiegend Projekte, die durch die Beantragung bayerischer Fördermittel bekannt wurden. Deren mittlere Nennwärmeleistung beträgt 425 kW. Feuerungsanlagen mit einer Leistung zwischen 50 und 100 kW sind in der Datenbank nicht erfasst und damit in Abbildung 29 auch nicht verortet.



Geodaten: Bayerische Vermessungsverwaltung ([www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de))

Abbildung 29: Räumliche Verteilung der mit Standort bekannter Feuerungsanlagen > 100 kW in Bayern

### *Brennstoffverbrauch und installierte thermische Leistung*

Die Auswertung der schriftlichen und telefonischen Befragung sowie der bei C.A.R.M.E.N. geführten Förderdatenbank, welche die vom Freistaat Bayern bezuschussten Anlagen erfasst, kann 611 mittleren und großen Holzfeuerungen einen Energieholzverbrauch im Jahr 2016 von

2,08 Mio. t atro zuweisen. 80 % dieser Brennstoffmenge floss dabei in stromerzeugende Anlagen. Auf den gesamten Anlagenbestand der Holzfeuerungen >50 kW in Bayern hochgerechnet, kann der Bedarf an holziger Biomasse für das Jahr 2016 auf 3,04 Mio. t atro abgeschätzt werden. Der Energieholzmarktbericht Bayern 2012, beziffert den Brennstoffbedarf dieser Verbrauchergruppe auf 2,59 Mio. t atro (GAGGERMEIER ET AL. 2014), für 2014 wurde ein Bedarf von 2,81 Mio. t atro (WEIDNER ET AL. 2016) ausgewiesen. Vergleicht man die jeweiligen Jahresstudien, so ist die Steigerung der Brennstoffverbräuche nicht nur auf einen Zubau zurückzuführen. In 2016 wurden erstmals auch holzbasierte Nebenprodukte der Zellstoffherstellung oder Holzfasern aus der Altpapieraufbereitung mit berücksichtigt. Der vermehrte Brennstoffbedarf in 2014 gegenüber 2012 ist u.a. mit einer verbesserten Erfassung des Anlagenbestandes zu begründen. Eine Diskussion des Anstiegs von 2014 auf 2016 erfolgt in Kapitel 2.7.3.

Tabelle 23: Biomasseeinsatz in bayerischen Holzfeuerungen > 50kW für das Jahr 2016 nach Anlagenart, deren Anteil am Verbrauch sowie an der Anlagenzahl (hochgerechnet und gerundet)

	Energieholz- verbrauch 2016 [Tonnen atro]	Anteil am Ver- brauch in Bayern	Anlagenzahl in Bayern (gerundet)
<b>Biomasse(heiz)kraftwerke</b>	1.800.000	59%	320
(Heiz)kraftwerk (Dampf)	1.380.000	45%	30
Heizkraftwerk (ORC)	310.000	10%	30
Holzvergaser	110.000	4%	260
<b>Wärmeerzeuger &lt; 1 MW</b>	860.000	28%	19.500
<b>Wärmeerzeuger &gt; 1 MW</b>	380.000	13%	160
<b>Summe</b>	<b>3.040.000</b>	<b>100</b>	<b>ca. 20.000</b>

Obwohl Biomasse(heiz)kraftwerke (inkl. Holzvergaser) nur 2 % des gesamten Anlagenbestandes der kommunalen und gewerblichen Feuerungsanlagen > 50 kW in Bayern ausmachen, verbrauchen sie etwa drei Fünftel des Energieholzes. Insbesondere die Dampf(heiz)kraftwerke nehmen, wie Tabelle 23 zeigt, eine herausragende Rolle ein. Dies begründet sich in ihrer hohen Feuerungswärmeleistung von im Mittel 30 MW<sub>th</sub> (Median 22 MW<sub>th</sub>) bei gleichzeitig hoher Auslastung der Anlagen. Etwa ein Drittel des Energieholzverbrauches ist den Wärmeerzeugern < 1 MW zuzuordnen, deren Anzahl mittlerweile auf rund 19.500 Feuerungsanlagen angewachsen ist (ZIV 2017). Biomasseheizwerke > 1 MW Feuerungswärmeleistung verbrennen hochgerechnet rund 380.000 Tonnen Hackschnitzel.

Diese Studie geht davon aus, dass in Bayern rund 80% aller Wärmeerzeuger > 50 kW im Leistungsbereich zwischen 51 und 150 kW<sub>th</sub> angesiedelt sind. Abbildung 30 verdeutlicht die zahlenmäßige Dominanz dieser Kessel, die häufig die alleinige Wärmeversorgung mittelgroßer Liegenschaften übernehmen. In Kaskade geschaltet bieten sie jedoch auch eine moderne Möglichkeit, höhere Heizlasten zu 100 % durch einen nachhaltigen Brennstoff abzusichern und dabei komplett auf fossile Energieträger zu verzichten. Feuerungsanlagen zwischen 300 und 1.000 kW sind häufig Grundlastkessel, die z.B. in einen Nahwärmeverbund integriert sind. Heizwerke mit einer thermischen Leistung von mehr als einem Megawatt Feuerungswärmeleistung stellen in vielen Fällen Prozesswärme bereit oder speisen ihre Wärme in ein Fernwärmenetz ein. Mit etwa 160 Standorten ist diese Verbrauchsgruppe zwar zahlenmäßig klein, aufgrund der spezifisch hohen installierten Leistung und der i.d.R. hohen Laufzeiten der Anlagen, stellten sie im Jahr 2016 dennoch 30 % der erzeugten Wärmemenge bereit.



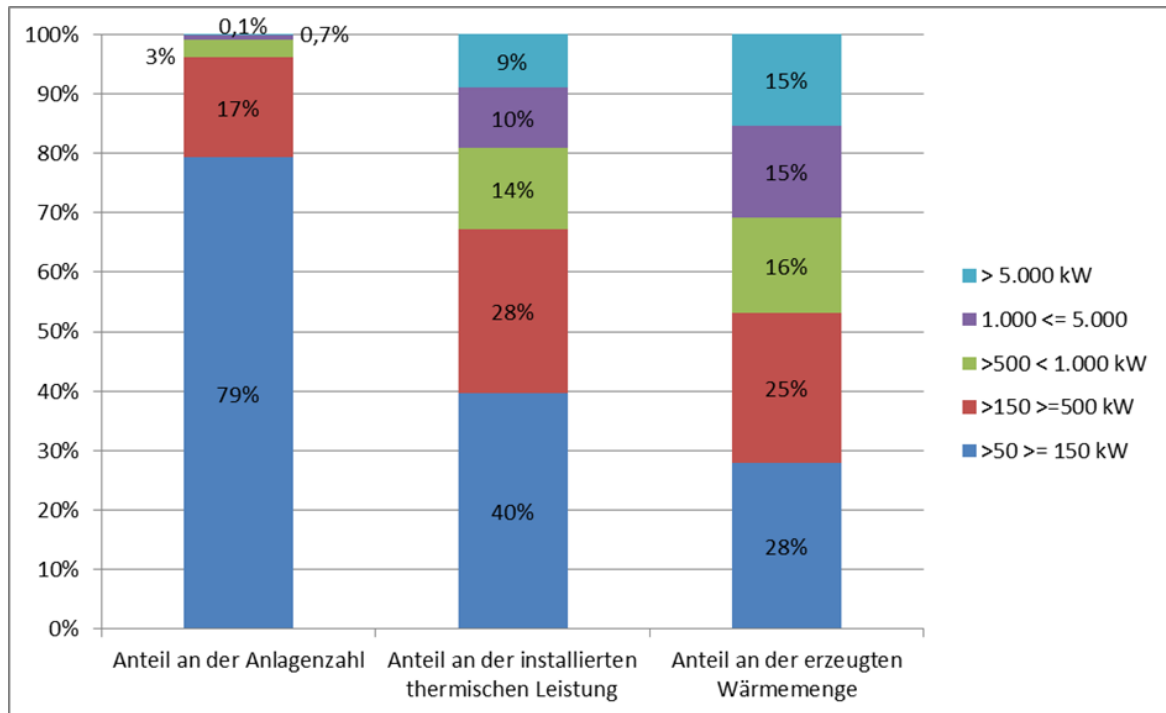


Abbildung 30: Anteile der unterschiedlichen Leistungsklassen am Anlagenbestand aller Wärmeerzeuger > 50 kW sowie deren Anteil an der installierten thermischen Leistung und der erzeugten Wärmemenge in Bayern im Jahr 2016 (Datengrundlage: Erhebung und Hochrechnung C.A.R.M.E.N. e.V., ZIV 2017, DBFZ 2017).

Die installierte Nennwärmeleistung in Summe über den gesamten Anlagenbestand an Wärmeerzeugern > 50 kW wird auf rund 3.100 MW<sub>th</sub> geschätzt. 632 MW<sub>th</sub> umfassen dabei die Feuerungen, die an der Erhebung teilgenommen haben. Alle KWK-Anlagen zusammen weisen eine thermische Leistung von 820 MW<sub>th</sub> auf, so dass in Bayern von einer installierten thermischen Gesamtleistung bei Holzfeuerungen > 50 kW von rund 3,9 GW<sub>th</sub> ausgegangen werden kann. Die genutzte Wärmemenge wird für den gesamten Anlagenbestand auf rund 8,8 TWh hochgerechnet, wobei ein Anteil von 59 % den reinen Wärmeerzeugern zugeordnet werden kann und 41 % der Abwärme bzw. ausgekoppelten Dampfmenge von KWK-Anlagen. Werden zum Vergleich die Hochrechnungen aus dem Jahr 2014 herangezogen, so kann der Energieholzmarktbericht 2016 für den nachwachsenden Energieträger Holz nochmals eine Steigerung der Erzeugungskapazitäten (ca. 300 MW<sub>th</sub>) aufzeigen und damit einhergehend auch einen erhöhten Beitrag zum Erfolg der Wärmewende konstatieren.

### Umfrageergebnisse zur Wärmenutzung

Die Art der Wärmenutzung ist von 606 Biomasseheiz(kraft)werken bekannt: zum einen über den Rücklauf der Fragebögen und zum anderen über die Förderdatenbank des C.A.R.M.E.N. e.V. 91 % aller Rückmeldungen gaben an, u. a. Wärme für die Gebäudeheizung bzw. für die Warmwasserversorgung bereitzustellen (siehe Abbildung 31). Sowohl bei den reinen Wärmeerzeugern als auch bei den stromerzeugenden Anlagen ist somit i.d.R. diese klassische Art der Wärmenutzung anzutreffen, wenn auch zu unterschiedlichen Anteilen bei der Wärmemenge, wie ein Vergleich mit Abbildung 32 belegt. Insbesondere bei den Anlagen mit Dampf- oder ORC-Prozess spielt die Nutzung der Abwärme als Prozesswärme für die Holzbe- und Verarbeitung bei 42 % der Standorte eine bedeutende und auch führende Rolle. Weitere Anwendungsfälle für die Nutzung von Prozesswärme sind im Bereich der Trocknung landwirtschaftlicher Güter angesiedelt, aber auch die Lebensmittelindustrie oder Wäschereien sind große Dampfkunden.

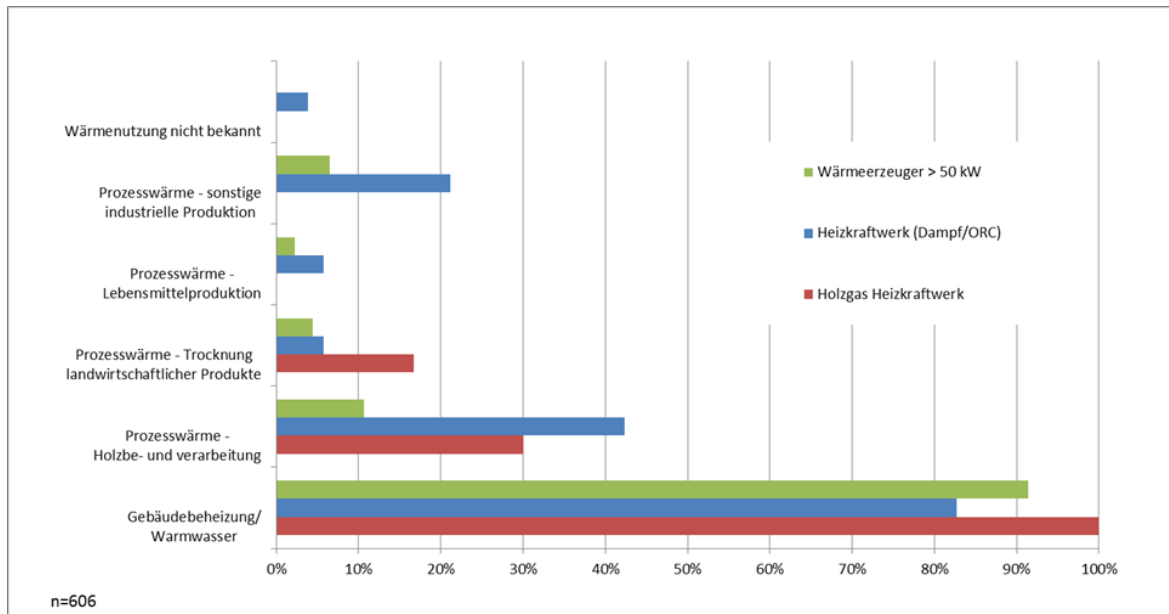


Abbildung 31: Häufigkeit der Nennungen zur Wärmenutzung ohne Gewichtung der genutzten Wärmemenge, Mehrfachnennungen möglich (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2017, Wärmeerzeuger n=524, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) n=52, Holzgas Heizkraftwerk n=30)

Abbildung 32 verdeutlicht die Ergebnisse der Umfrage zur Art der Wärmenutzung und den jeweiligen Anteilen in Bezug auf die insgesamt genutzte Wärmemenge. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Ergebnisdarstellung nicht repräsentativ für den gesamten Anlagenbestand an Holzfeuerungen > 50 kW in Bayern ist. Wärmeerzeuger < 1 MW, die überwiegend Raumwärme zur Verfügung stellen, sind im Vergleich zum Gesamtbestand nur unzureichend vertreten, während andererseits beispielsweise 85 % der in Betrieb befindlichen Heizkraftwerke (Dampf/ORC) abgebildet werden konnten. Der Umfragerücklauf spiegelt somit im Wesentlichen die Art der Wärmenutzung im größeren Anlagenbestand wider. Alle 606 Anlagen zusammen stellten 5,1 TWh Nutzwärme zur Verfügung. Obwohl 91 % der Standorte angaben, Wärme für die Gebäudebeheizung und die Bereitstellung von Warmwasser bereit zu stellen, beträgt der Anteil an der Nutzwärme lediglich etwa ein Drittel. Knapp die Hälfte der Wärmemenge wird im Rahmen dieses Stichprobenumfangs hingegen für Trocknungsprozesse in Holzbe- und verarbeitenden Betrieben genutzt, wobei die Abwärme von KWK-Anlagen dominiert. Ein weiterer nennenswerter Anteil von 7 % der Wärme ist für sonstige industrielle Prozesse zu verzeichnen. Hier schlagen insbesondere die Wärmemengen zu Buche, die in Papier- und Zellstofffabriken genutzt werden. Wie bereits die Ergebnisse zum Energieholzmarktbericht 2014 belegten, wird somit ein nicht unbedeutender Anteil des Energieholzes (vor allem Altholz und Koppelprodukte der Holzverarbeitenden Betriebe) in Prozesswärme für die Holz Trocknung umgewandelt und dient der Bereitstellung stofflicher Holzprodukte.

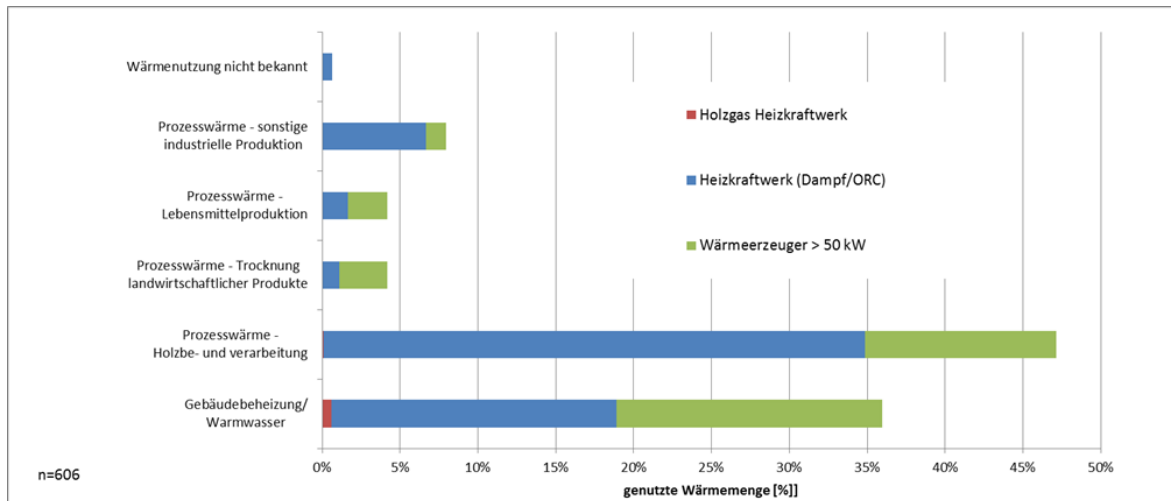


Abbildung 32: Art der Wärmenutzung und deren Anteil an der genutzten Wärmemenge (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2017, Wärmeerzeuger n=524, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) n=52, Holzgas Heizkraftwerk n=30)

### Stromproduktion in Biomasse(heiz)kraftwerken

Nach derzeitigem Kenntnisstand waren Ende 2016 in Bayern 320 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung in Summe von 253 MW<sub>el</sub> in Betrieb, die aus Holziger Biomasse im Betrachtungsjahr 1,64 Terrawattstunden Strom produzierten<sup>21</sup>. Im Vergleich zu allen anderen Bundesländern weist der Freistaat die meisten Biomasse(heiz)kraftwerke auf, wie das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ 2015A) in seinem Zwischenbericht „Stromerzeugung aus Biomasse 03MAP250“ belegt. Diese Veröffentlichung bildet zwar den Stand Ende 2014 ab, es ist jedoch davon auszugehen, dass der Anlagenbestand sich über ganz Deutschland ähnlich entwickelt hat. Ende 2014 standen in Bayern ca. 40 % der gesamtdeutschen Anlagen, jedoch nur 16 % der installierten Leistung.

Wie Abbildung 33 zeigt, fand in Bayern der wesentliche Zubau an elektrischer Leistung in den Jahren 2002 bis 2012 statt. Zwar hat sich die Anlagenzahl seit 2012 verdoppelt, die installierte Leistung ist jedoch nur um 7 % gestiegen. Die Strombereitstellung aus dem Festbrennstoff Holz wird dabei von drei Technologien getragen: dem klassischen Dampfkraftprozess mit Verstromung des Dampfes in einer Dampfturbine bzw. Dampfmaschine, dem ORC-Prozess (Organic Rankine Cycle) und der thermo-chemischen Vergasungstechnologie, die erst seit etwa 2010 einen Durchbruch hin zur Marktreife erreicht hat. Holzvergaser machen, wie die Grafik auch abbildet, mittlerweile rund vier Fünftel des stromerzeugenden Anlagenbestandes aus. Aufgrund ihrer geringen Leistung von meist kleiner 200 kW<sub>el</sub> tragen sie jedoch nur mit rund 25 MW<sub>el</sub> zur installierten Gesamtleistung bei.

<sup>21</sup> Die Beifuerung von Biomasse in Müllverbrennungsanlagen wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt.



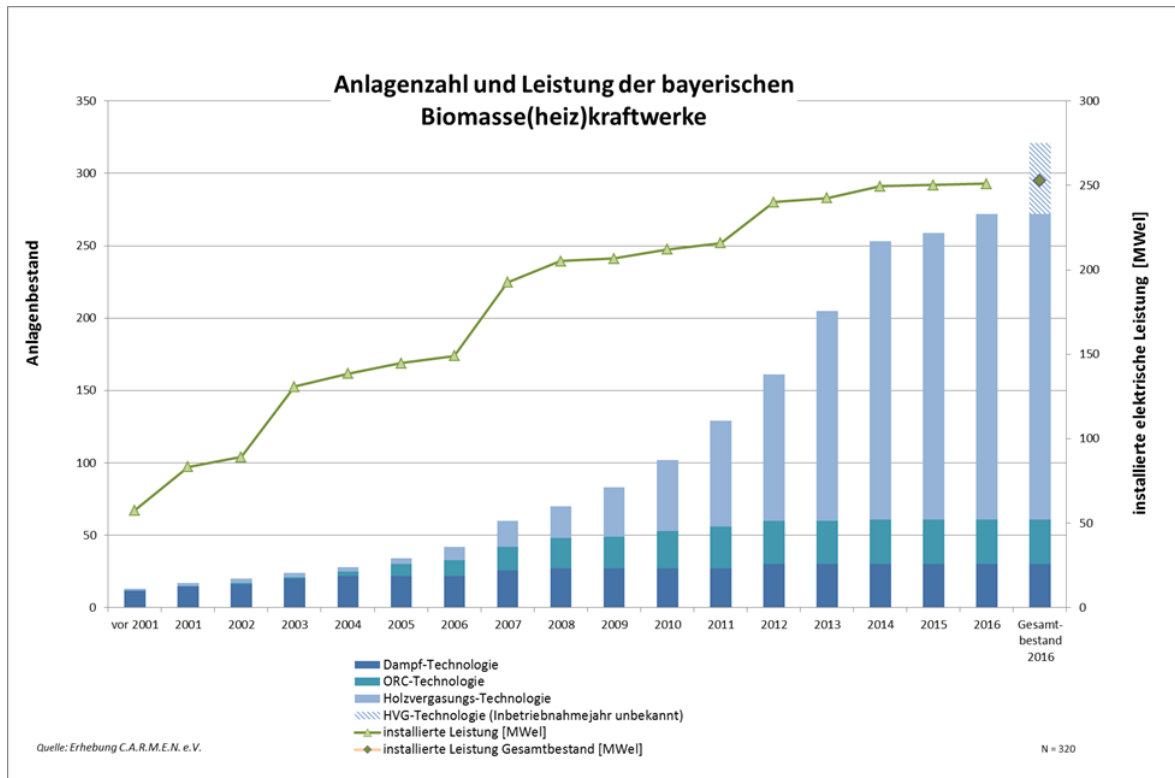


Abbildung 33: Anlagenanzahl und installierte elektrische Leistung der in Betrieb befindlichen bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerke

Das Stromeinspeisungsgesetz ermöglichte es noch in den 90-er Jahren die ersten Holz-(Heiz)kraftwerke zu errichten, die überwiegend Gebrauchtholz und Industrieresthölzer verbrannten und den erzeugten Strom ins Netz einspeisten. Anfangs waren die genutzten Brennstoffsortimente sehr kostengünstig bzw. sogar mit Entsorgungserlösen zu beziehen. Wie auch die ersten im Rahmen des Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) realisierten Anlagen, nutzen sie den konventionellen Dampfkraftprozess. Dabei wird Wasser durch die Verbrennung von Biomasse verdampft, der entstandene Dampf überhitzt und zur Entspannung auf eine Dampfturbine geleitet. Anschließend wird der entspannte Dampf kondensiert und zum Wärmeerzeuger zurückgeführt. Typische Vertreter dieser Anlagenkategorie sind beispielsweise die Altholz-(Heiz)kraftwerke der Steag New Energies GmbH in Großaitingen, Traunreut und Neufahrn mit zusammen etwa 16 MW<sub>el</sub>, sowie das mit naturbelassene Holzbrennstoffen befeuerte Heizkraftwerk in Pfaffenhofen mit rund 6 MW<sub>el</sub>. Die Dampfturbine ist eine ausgereifte Technologie für einen typischen Leistungsbereich ab 2 MW<sub>el</sub> mit hohen Verfügbarkeiten und elektrischen Wirkungsgraden bis zu 35 % (KALTSCHMITT ET AL. 2009) bei reinen Kondensationskraftwerken. Mit zunehmendem Anteil der Wärmeauskopplung und damit KWK-Betrieb sinkt jedoch der elektrische Wirkungsgrad. Die letzten Anlagen mit Dampfturbinen gingen in Bayern im Jahr 2012 ans Netz. In der Vergangenheit wurden vereinzelt auch Dampfkolbenmotoren (Hersteller: „Spilling“) verbaut, eine Weiterentwicklung der klassischen Dampfmaschine mit einem Einsatzbereich weit unter 2 MW<sub>el</sub> und erzielbaren elektrischen Wirkungsgrade von etwa 15 % (KALTSCHMITT ET AL. 2009). Einige wenige dieser Motoren sind auch heute noch in Betrieb.

Der Zuwachs sowohl hinsichtlich der Anlagenzahl als auch der installierten Leistung in den Jahren zwischen 2004 und 2009 ist hauptsächlich auf Anlagen mit ORC-Prozess zurückzuführen, der wie der konventionelle Dampfkraftprozess, auf dem Rankine-Prozess basiert. Anstelle von Wasser wird jedoch ein organisches Arbeitsmedium, z.B. Silikonöl, verwendet, das geringere Siede- und Kondensationstemperaturen als Wasser aufweist. Er ist eigentlich ein typischer Nachschaltprozess und diente ursprünglich der Nutzung von Wärme, die auf einem niedrigen Tem-

peratur- und Druckniveau anfällt. Deshalb kann die Wärme aus der Biomasseverbrennung dem ORC-Prozess i.d.R. nicht direkt zugeführt werden. Um eine Überhitzung und damit Zerstörung des organischen Arbeitsmittels zu verhindern, wird ein Thermoöl- oder Heißwasserkreislauf zwischen die Biomassefeuerungsanlage und den ORC-Prozess geschaltet, welcher die Wärmeenergie der Biomasseverbrennung in einem Verdampfer auf das organische Arbeitsmittel überträgt. Der Thermoölkreislauf verteuert die Anlage nicht unerheblich. Auch sind dadurch die erreichbaren elektrischen Wirkungsgrade der meist wärmegeführten Anlagen auf höchstens 12-14 % bezogen auf den eingesetzten Brennstoff begrenzt (KARL 2012). Vorteilhaft ist jedoch der niedrigere Betriebsdruck dieser Technologie, so dass nicht ständig Personal an der Anlagen anwesend sein muss. Im Vergleich zum klassischen Dampfprozess sind daher geringere Personalkosten und damit geringere Betriebskosten zu erwarten. Durch den Technologie-Bonus von 2 Cent je kWh eingespeisten Stroms im 2004er und 2009er EEG erhielt diese Art der Stromerzeugung aus fester Biomasse im Leistungsbereich zwischen 300 kW<sub>el</sub> und 3 MW<sub>el</sub> Vorschub. Die letzte Inbetriebnahme einer ORC-Anlage mit 2,6 MW<sub>el</sub> angegliedert an ein großes Holzverarbeitendes Unternehmen ist in Bayern im Jahr 2014 zu verzeichnen.

Die Erzeugung von Holzgas mit anschließender Nutzung im Gasmotor ermöglicht Stromerzeugung auch im kleinen Leistungsbereich bei vergleichsweise hohen elektrischen Wirkungsgraden zwischen 25 und 35 %. Anlagen kleiner Leistung arbeiten meist mit einem Festbettvergaser im Gleich- oder im Gegenstrom. Größere Gasmengen werden mit Wirbelschichtvergäsern oder Flugstromvergäsern erzeugt. In der Regel ist vor der Verstromung des Produktgases eine Gasreinigung erforderlich, denn das Holzgas muss für einen störungs- und wartungsarmen Betrieb des Schwachgasmotors gekühlt sowie staub- und teearm vorliegen. Obwohl eine altbekannte Technik, waren bis vor etwa einem Jahrzehnt im Bestand nur Prototypen und „Eigenbauten“ vorzufinden. Erst als einige bayerische Hersteller die Technologie zur Serienreife führten und einen stabilen Dauerbetrieb gewährleisten konnten, etablierte sich der Holzvergaser unter dem Schirm des EEG am deutschen Markt. Die meisten Holzvergaser haben eine Leistung zwischen 30 und 180 kW<sub>el</sub>. Eine herausragende Stellung nimmt der mittlerweile von der Blue Energy Syngas GmbH betriebene Holzvergaser in Senden mit einer Leistung von 5 MW<sub>el</sub> ein, der 2012 ans Netz ging. Relativ neu sind die Entwicklungen im Kleinst-KWK-Bereich mit elektrischen Leistungen unter 30 kW<sub>el</sub>, wodurch die Realisierung eines hohen Eigenverbrauchsanteils ermöglicht wird. So erweitern zum einen Branchenführer ihr Produktportfolio nach unten, aber auch Neueinsteiger bedienen mittlerweile dieses Marktsegment.

Abbildung 34 veranschaulicht nochmals deutlich die große Zahl der Anlagen mit Holzvergäsungstechnologie bei der Holzverstromung. Zur installierten Gesamtleistung tragen sie in Bayern zu 10 % und zur erzeugten Strommenge zu 9 % bei.

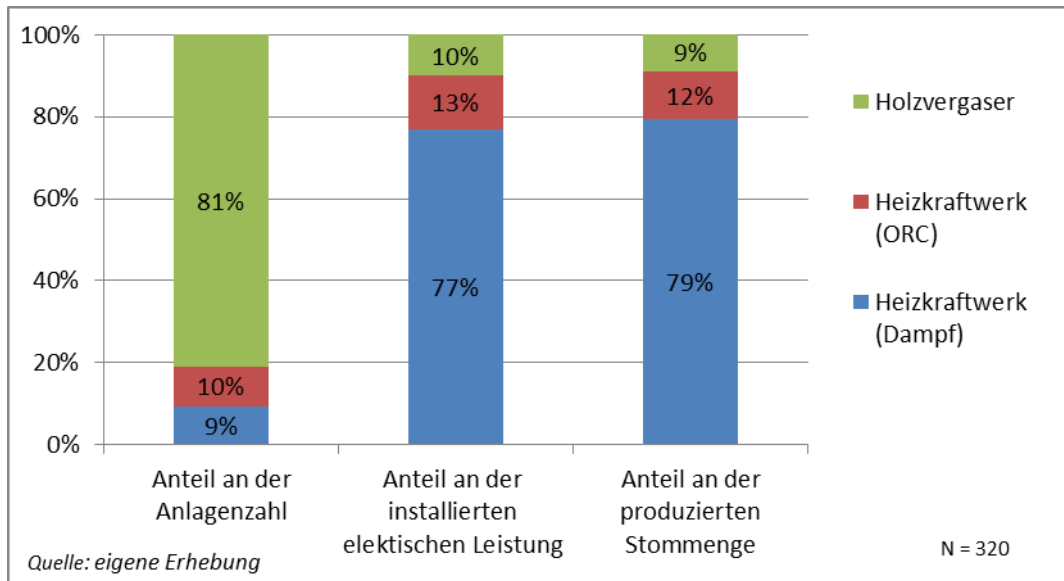


Abbildung 34: Anteil der unterschiedlichen Technologien zur Stromerzeugung aus fester Biomasse am Anlagenbestand sowie deren Anteile an der installierten elektrischen Leistung und produzierten Strommenge in Bayern

Die Stromerzeugung aus fester Biomasse wird nach wie vor zu knapp 80 % von Dampf(heiz)kraftwerken getragen, obwohl lediglich 30 (Heiz)kraftwerksstandorte mit dieser Technologie in die Erhebung eingeflossen sind. Deren Einfluss begründet sich durch die im Vergleich zu den beiden anderen Technologien hohen installierten elektrischen Leistungen im Mittel von 6,4 MW<sub>el</sub>. Tabelle 24 weist statistische Werte für den im Rahmen dieser Studie eruierten Anlagenbestand aus.

Tabelle 24: Elektrische Leistungsbereiche verschiedener Technologien zur Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen in Bayern (C.A.R.M.E.N.-Datenbank und unbekannter Anlagenbestand Holzvergaser gemäß Herstellerangaben, n=320)

	Median [MW <sub>el</sub> ]	Mittelwert [MW <sub>el</sub> ]	Kleinste Anlage [MW <sub>el</sub> ]	Größte Anlage [MW <sub>el</sub> ]
Heizkraftwerk (Dampf)	5,30	6,44	0,15 <sup>22</sup>	20,00
Heizkraftwerk (ORC)	0,87	1,06	0,32	2,60
Holzgas Heizkraftwerk	-	0,10	0,01	5,00

Fast alle Biomasse(heiz)kraftwerke des bekannten Adressbestandes konnten mit den EEG-Anlagenstammdaten der in Bayern angesiedelten Übertragungsnetzbetreiber (TENNET 2017, AMPRION 2017) verknüpft werden. Über die veröffentlichten Bewegungsdaten des Jahres 2017 war daher auch ein Großteil der eingespeisten Strommengen von den Anlagen bekannt, die nicht an der Betreiberumfrage im Sommer 2017 teilgenommen haben. Bei Holzvergasern (meist kleiner 50 kW<sub>el</sub>), die zwar über die Befragung der Hersteller quantitativ erfasst wurden, deren

<sup>22</sup> Bei dieser Anlage handelt es sich um einen Dampfmotor.

Stamm- oder Bewegungsdaten sich in den Listen der Netzbetreiber nicht identifizieren ließen, musste die produzierte Strommenge über mittlere Volllaststunden vergleichbarer Anlagen abgeschätzt werden.

### Auswertung Betreiberumfrage Biomasse(heiz)kraftwerke

An der Umfrage beteiligten sich 86 Betreiber von Biomasse(heiz)kraftwerken, d.h. 27 % des tatsächlich installierten Bestandes. Aufgrund fehlender Angaben in den Fragebögen konnten zu einzelnen Fragestellungen nicht alle Rücksendungen zur Auswertung herangezogen werden. Die Umfrage zeigt folgende Tendenzen auf:

- Aussagen zur elektrischen Jahresarbeit können von allen 86 Anlagen getroffen werden. Sie haben zusammen 1,47 TWh Strom produziert, wobei drei Anlagen 2016 mehr oder weniger stillgestanden sind und weder Strom noch Wärme erzeugt haben. Ein Vergleich mit der EEG-vergüteten Strommenge dieser Anlagen von 1,34 TWh zeigt, dass nur ein Anteil von 91 % des erzeugten Stroms eingespeist wurde<sup>23</sup>. Die Differenz diente vermutlich zur Deckung des Eigenstrombedarfs. Von zwei Unternehmen, eines davon aus der Papierindustrie, ist bekannt, dass sie 100 % des erzeugten Stroms selbst nutzen. Einen Zuschlag über das KWK-Gesetz erhält keine der über die Umfrage erfassten Anlagen.
- Der elektrische Brutto-Nutzungsgrad errechnet sich gemäß DBFZ (2015B) aus dem Quotienten der Stromerzeugung und des Brennstoffeinsatzes<sup>24</sup>, der Eigenstrombedarf der Heizkraftwerke ist somit nicht berücksichtigt. Zur Auswertung konnten 81 Datensätze herangezogen werden. Abbildung 35 veranschaulicht insbesondere die Unterschiede zwischen den Verstromungstechnologien. Die Mittelwertbildung zeigt folgende Reihung des elektrischen Jahresnutzungsgrades: Holzgas Heizkraftwerk 24 %, Heizkraftwerk (Dampf): 19 %, Heizkraftwerk (ORC): 11 %.

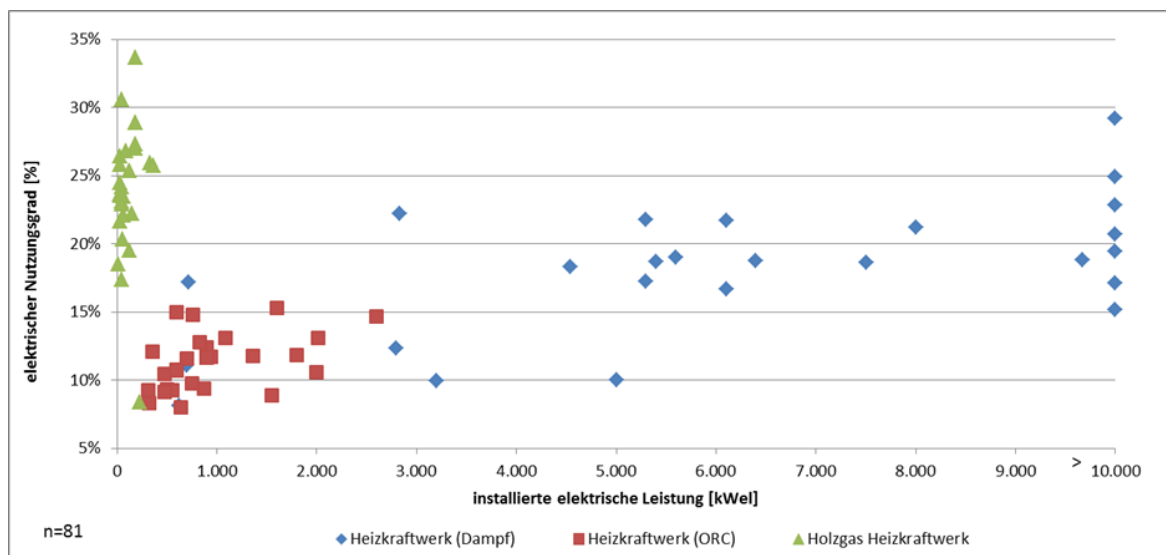


Abbildung 35: Verteilung der elektrischen Nutzungsgrade in Abhängigkeit der installierten Leistung und Verstromungstechnologie (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2017, n=81)

<sup>23</sup> Beifeuerung von Biomasse in Müllverbrennungsanlagen wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt

<sup>24</sup> Als Brennstoffeinsatz ist dabei der Brennstoffenergieinhalt umschrieben. Im Rahmen dieser Erhebung wurde er über die gemeldeten Brennstoffverbräuche und den jeweiligen mittleren Energieinhalt gemäß Wassergehalt und bekannter Holzart ermittelt. Bei allen drei Faktoren ist mit einer gewissen Unsicherheit zu rechnen.

- 61 Betreiber äußerten sich zur Betriebsweise ihrer Anlagen. Demnach werden 25 % stromgeführt betrieben, 66 % wärmegeführt und 8 % in wechselnder Betriebsweise. Die stromgeführten Anlagen haben im Mittel eine elektrische Leistung von 6,5 MW<sub>el</sub>, während kleine Anlagen (Mittelwert 1,3 MW<sub>el</sub>) häufiger wärmegeführt betrieben werden.
- Die Betreiber der Biomasse(heiz)kraftwerke wurden aufgefordert, neben der erzeugten Strommenge auch Angaben zur genutzten Wärmemenge zu machen. Dabei meldeten drei Altholzkraftwerke mit einer Feuerungswärmeleistung in Summe von 93 MW, dass sie keinerlei Abwärme nutzen. An den übrigen 83 Standorten mit einer installierten Gesamtleistung von 197 MW<sub>el</sub> und 1,3 TWh erzeugter Strommenge wurde eine Wärmemenge in Summe von 3,3 TWh entweder vor Ort als Prozesswärme genutzt oder in ein mehr oder weniger ausgedehntes Wärmenetz eingespeist.
- 76 Rückmelder machten Angaben sowohl zur erzeugten Wärmemenge als auch zur genutzten<sup>25</sup>, woraus sich der Grad der Wärmenutzung berechnen lässt, der im ungewichteten Durchschnitt bei 88 % lag. Abbildung 36 weist für die drei grundlegenden Technologien der KWK die ungewichteten Nutzungsanteile aus. Neben den drei Anlagen, die keinerlei Wärme nutzen gaben zwei weitere Betreiber einer Dampf- bzw. ORC-Anlage an, weniger als 50 % der angefallenen Wärme genutzt zu haben. Erfreulich hoch ist bei allen drei Technologien der Anteil der Anlagen, die einen Nutzungsgrad der Wärme von nahezu 100 % erreichen. Bei den Holzvergäsern, sind es 93 % der Anlagen.

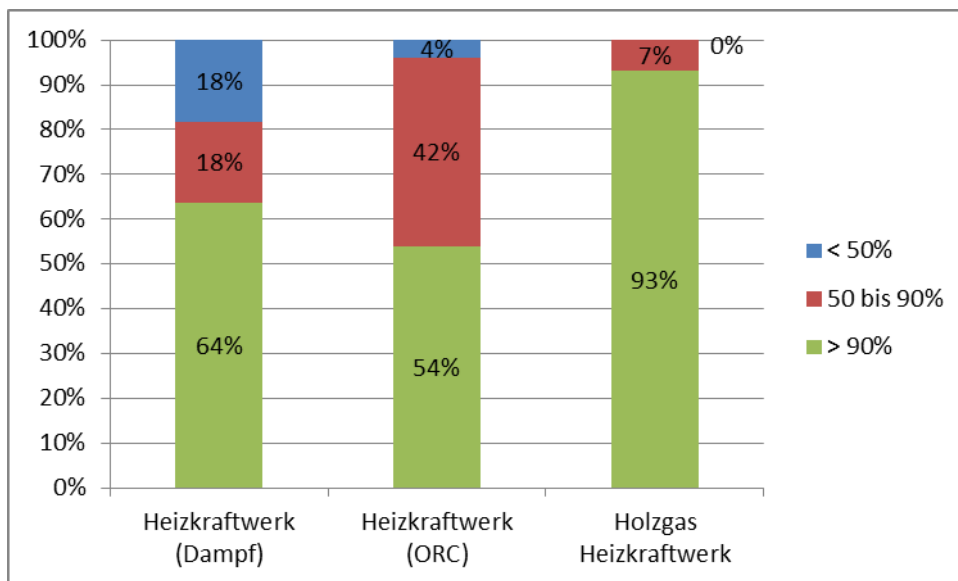


Abbildung 36: Verteilung des Wärmenutzungsgrades bei Biomasse(heiz)kraftwerken, ungewichtet (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2017, Heizkraftwerke (Dampf) n=22, Heizkraftwerke (ORC) n=26, Holzgas Heizkraftwerk n=29)

- Die Betreiber wurden auch nach der Höhe des Eigenstrombedarfs des Biomasseheizkraftwerks gefragt, der entweder als Zahlenwert in MW<sub>el</sub> angegeben werden konnte oder als Prozentsatz der erzeugten Wärmemenge. Insgesamt gingen 42 Rückmeldungen ein, die den Dampf-Heizkraftwerken einen mittleren Eigenstrombedarf von 13 % zuweisen, den ORC-

<sup>25</sup> Die genutzte Wärmemenge besteht bei KWK-Anlagen zum einen aus den ausgekoppelten Dampfmengen und zum anderen aus Abwärme aus der Verstromung

Anlagen einen Mittelwert von 30 % und den Holzvergäsern einen Eigenstrombedarf von 7 %. Drei Viertel der Anlagen decken ihren Eigenstrombedarf ausschließlich aus dem Netz und nur 6 % decken ihn über den eigen erzeugten Strom. Der Rest nutzt sowohl die Eigenstromversorgung als auch den Fremdbezug.

#### *Eingesetzte Energieholzsortimente*

Welche Brennstoffsportimente in bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerke eingesetzt werden, hängt stark von der Größe der Anlagen, sowie der Anlagenart ab. So sind Altholz und Waldhackschnitzel beispielsweise die dominierenden Brennstoffe bei stromerzeugenden Anlagen, während bei reinen Wärmeerzeugern Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer, ergänzend zu Waldhackgut, eine bedeutende Rolle spielen. Altholz hingegen steht bei dieser Verbrauchsgruppe nicht im Vordergrund (siehe Abbildung 37 und Abbildung 38). In den folgenden Absätzen werden die hochgerechneten Verbräuche der Energieholzsortimente sowie deren Verteilung auf die Anlagentypen näher beschrieben.

Tabelle 25: Energieholzverbrauch in bayerischen Biomasseheiz(kraft)werken für das Jahr 2016, (hochgerechnet)

	<b>Energieholzverbrauch 2016 [Tonnen atro]</b>	<b>Anteil am Verbrauch in Bayern</b>
<b>Altholz</b>	790.000	26%
<b>Waldhackschnitzel</b>	820.000	27%
<b>Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer aus der Holzbe- und - verarbeitung</b>	420.000	14%
<b>Rinde</b>	280.000	9%
<b>Landschaftspflegeholz</b>	300.000	10%
<b>Holzpellets</b>	250.000	8%
<b>Sonstiges (inkl. KUP)</b>	180.000	6%
<b>Summe</b>	<b>3.040.000</b>	<b>100%</b>

Die Marktbetrachtung geht von rund 790.000 t Altholz (atro) aus, die in Bayern 2016 der thermischen Nutzung in mittleren und großen Holzfeuerungen zugeführt wurden. Für das Jahr 2014 wurde ein Bedarf von 770.000 t (WEIDNER ET. AL 2016) ermittelt, so dass vor dem Hintergrund der Ungenauigkeit durch das Hochrechnungsverfahren von einer nahezu gleichbleibenden Nachfrage ausgegangen werden kann. Zu einem Großteil wird diese Menge in Dampf(heiz)kraftwerken verbrannt. Dabei zeigen die Umfragerückläufe, dass von 30 Dampfanlagen mindestens 11 Standorte Altholz einsetzen, z. T. ausschließlich. Im Mittel über alle Dampf(heiz)kraftwerke beträgt der Anteil dieses Brennstoffsportiments hochgerechnet 43 %. Weiterhin verheizen einen nennenswerten Anteil Altholz immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Biomasseheizwerke, die häufig an Standorten des Holzverarbeitenden Gewerbes angesiedelt sind.

Hackschnitzel aus Waldrestholz werden über alle Feuerungsarten hinweg zu einem großen Anteil eingesetzt, wobei etwa die Hälfte der absoluten Verbrauchsmenge von rund 820.000 Tonnen verstromt wird. Bei den ORC-Anlagen und Holzvergäsern ist davon auszugehen, dass sie 50 %

ihres Brennstoffbedarfs mit dieser Energieholzfraktion decken, Dampf-Heizkraftwerke zu etwa einem Sechstel. Reine Wärmeerzeuger > 50 kW werden zu 30 % mit dem Brennstoff direkt aus dem Wald befeuert. Betrachtet man nur einen Ausschnitt der Grundgesamtheit, nämlich die Heizwerke, die über den Freistaat gefördert wurden, so setzten diese gemäß den Jahresberichten 2015 zu 80 % Waldhackgut ein (HIENDLMEIER 2017A; HIENDLMEIER 2017B). Diesen deutlichen Unterschied im Waldhackguteinsatz machen vor allem die großen Wärmeerzeuger aus, die an holzverarbeitende Betriebe angeschlossen sind und eigene Produktionsreste verbrennen. Der Einsatz von Waldhackschnitzel zur Energieerzeugung ist in der Vergangenheit deutlich gestiegen: Von 473.000 t im Jahr 2010 (FRIEDRICH ET. AL 2012) über 725.000 t im Jahr 2012 (GAGGERMEIER ET AL. 2014) hin zu 812.000 t im Jahr 2014. Das Hochrechnungsverfahren im Jahr 2016 führte zu einem ähnlichem Ergebnissen wie im Jahr 2014.

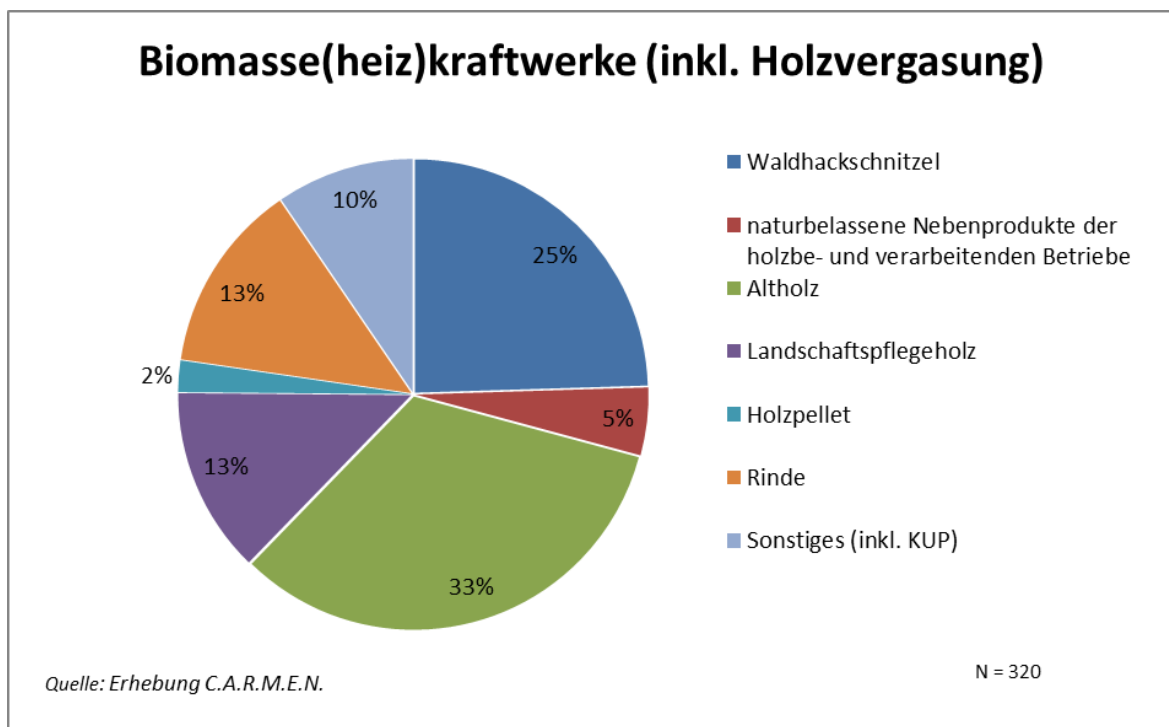


Abbildung 37: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2016 in bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerken, die Strom und Wärme produzieren (hochgerechnet)

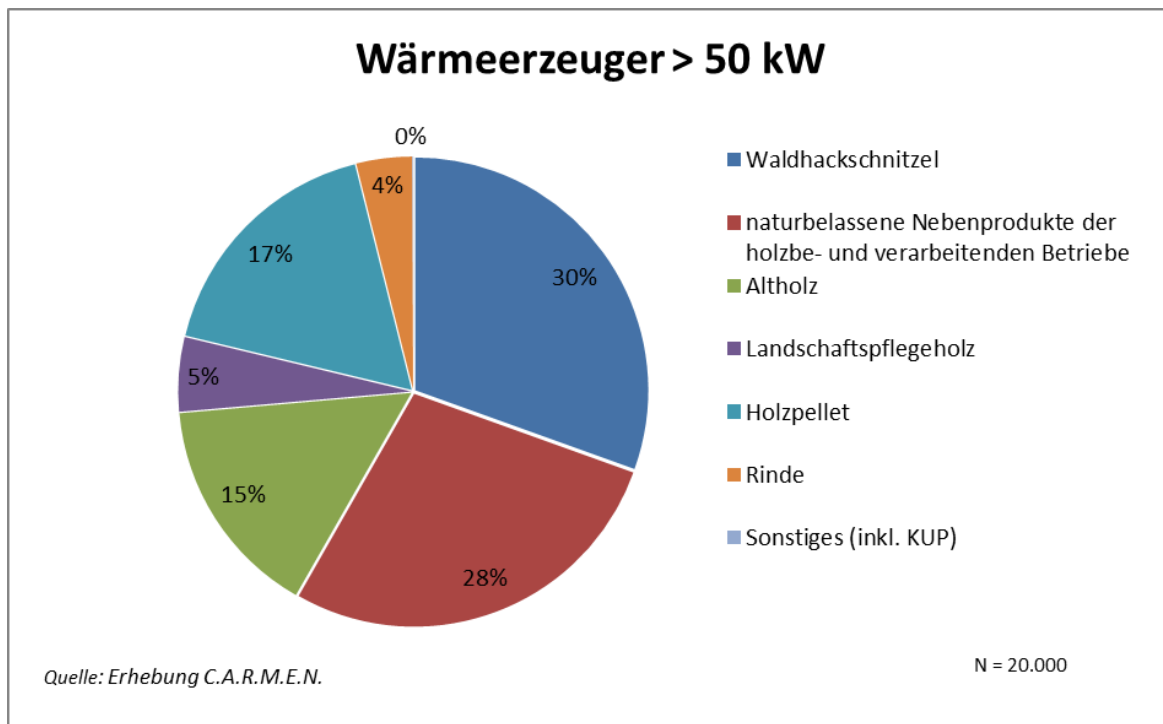


Abbildung 38: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2016 in bayerischen Biomasseheizwerken zur reinen Wärmeproduktion (hochgerechnet)

420.000 t atro Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer aus der Holzbe- und -verarbeitung wurden 2016 energetisch genutzt und stehen damit an dritter Stelle der eingesetzten Brennstoffe. Sie wandern meist direkt in die werkseigenen Feuerungen der Holzbe- und -verarbeitenden Betriebe, allerdings ist seit vielen Jahren auch die Pelletindustrie ein wichtiger Abnehmer der Nebenprodukte. Der Einsatz reiner Rindensortimente wurde getrennt erfasst, wobei für 2016 ein Verbrauch von 280.000 t atro ermittelt wurde. „Strom, der unter Einsatz von Rinde gewonnen wird, ist unabhängig von deren Herkunft mit dem NawaRo-Bonus zu vergüten. Demzufolge gilt dies auch für Strom, der unter Einsatz von Rinde aus der industriellen Holzverarbeitung gewonnen wird“ (CLEARINGSTELLE, 2010). Aufgrund dieser Auslegung im EEG 2004 und 2009 sind es vor allem Heizkraftwerke mit ORC-Technik aber auch einige Dampfkraftwerke, die, um in den Genuss des NawaRo-Bonus zu kommen, erhebliche Anteile an Rinde verfeuern.

Landschaftspflegeholz spielt mit lediglich 10 % am massenmäßigen Input im Reigen der Energieholzsortimente zwar eine untergeordnete Rolle, jedoch ergänzt es über alle Anlagentypen hinweg den naturbelassenen Brennstoff Waldrestholz. Zusammen mit Rinde und Waldrestholz sichern sich im EEG 2004 und 2009 vergütete Heizkraftwerke über den Einsatz von Landschaftspflegeholz den NawaRo-Bonus bzw. die Zuordnung zu den entsprechenden Einsatzstoffvergütungsklassen im EEG 2012. Auf 300.000 t atro energetisch verwertetes Landschaftspflegeholz im Jahr 2016 wurde der Verbrauch hochgerechnet.

Etwa 85 % des erhobenen Holzpelletverbrauchs von 250.000 t atro wird in Wärmeerzeugern < 1 MW verbrannt. Der ZIV (2017) geht von rund 5.400 Pelletfeuerungen im Leistungsbereich von 51 bis 1.000 kW aus. Kommunale und gewerbliche Verbraucher setzen damit zunehmend auf diesen homogenen Brennstoff, dennoch liegt die installierte Leistung der Anlagen selten über 500 kW<sub>th</sub>. Ausnahmen bestätigen auch hier die Regel, denn in den letzten Jahren wurden einige wenige Anlagen im Gültigkeitsbereich der 4. BImSchV in Bayern projektiert und in Betrieb genommen, die Pellets zur Dampferzeugung in Industrie- und Gewerbebetrieben einsetzen. Ein



Sondersortiment stellen sogenannte NawaRo-Holzpellets dar, die mit 14 % des Verbrauchs zu Buche schlagen und vor allem in EEG-vergüteten Holzvergasern eingesetzt werden.

Erstmals wurden im Energieholzmarktbericht 2016 unter der Position „Sonstiges“ neben KUP auch Mengen an Schwarzlauge und Zellulosefaser aus der Altpapieraufbereitung berücksichtigt, die in KWK-Anlagen an Standorten der Zellstoff- und Papierindustrie eingesetzt werden. Position „Sonstiges“ summierte sich auf 180.000 t atro, wobei über die Fragebogenrückläufe nur eine Menge von 700 t atro KUP-Hackschnitzel erfasst werden konnte.

### 2.7.3 Diskussion

Im Vergleich zur Verbrauchserhebung des Jahres 2014, nach der in mittleren und großen Feuerungsanlagen rund 2,81 Mio. t atro Energieholz verbrannt wurden, zeichnet sich in diesem Verbrauchssegment eine Steigerung des für energetische Zwecke genutzten Holzes um 8 % ab. Vor dem Hintergrund, dass 2016 erstmals Dicklaugen und Faserreststoffe aus der Altpapieraufbereitung mit rund 170.000 t atro erfasst worden sind, errechnet sich jedoch bei den klassischen Holzbrennstoffen lediglich eine Steigerung des Verbrauchs um 2 %. Signifikant mehr Energieholz in Form von Spänen, Hackschnitzeln oder Pellets floss gemäß der 2016 erhobenen Daten in kleine KWK-Anlagen und in Wärmeerzeuger < 1 MW (ca. 130.000 t atro), was zum einen auf eine Erhöhung der Bestandszahlen zurückzuführen ist und zum anderen von der kälteren Witterung beeinflusst sein dürfte. Zu leicht gesunkenen Verbräuchen bei den klassischen Holzbrennstoffen in der Größenordnung von rund 60.000 t atro bei einem Gesamtverbrauch von 2,01 Mio. t atro hingegen führten die Hochrechnungen für große Holzfeuerungsanlagen im Gültigkeitsbereich der 4. BImSchV (stromerzeugende Anlagen und reine Wärmeerzeuger > 1 MW). Aus dieser vergleichsweise geringen Differenz zum Energieholzmarktbericht 2014 ist jedoch kein eindeutiger Trend beim Energieholzverbrauch abzuleiten. So könnten Abweichungen dieser Größenordnung auch auf Ungenauigkeiten bei der Datenrückmeldung bzw. auf Verschiebungen beim rückgemeldeten Anlagenbestand zurückzuführen sein.

Bei den reinen Wärmeerzeugern > 1 MW wird jedoch auch ein Bestandsrückgang und damit auch ein Rückgang der installierten Leistung vermutet, der zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht in exakten Zahlen erfasst werden konnte. Elf Stilllegungen wurden im Rahmen der Rechercharbeiten bekannt. Darüber hinaus gab es fünf Rückmeldungen, dass alte Holzfeuerungen durch neue Wärmeerzeuger ersetzt wurden, deren Leistungen nun unterhalb der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsschwelle liegen. Abgesicherte Daten sind aus den Emissionserklärungen der Betreiber zum Betriebsjahr 2016 und der internen ISA-B Datenbank der Umweltbehörden zu erwarten. Im Projektbearbeitungszeitraum 2017 konnten jedoch von den Behörden noch keine statistisch gesicherten Zahlen zur Verfügung gestellt werden (vgl. Kapitel 2.7.1).

Der ZIV, nach dessen Zahlenmaterial der Anlagenbestand an Holzfeuerungen < 1 MW in Bayern sowohl im Erhebungsjahr 2014 als auch im Erhebungsjahr 2016 festgelegt wurde, korrigierte seine Bestandszahlen, so dass aus einem Vergleich der beiden Kaminkehrer-Statistiken keine Aussage zum Anlagenzubau im mittleren Leistungssegment getroffen werden kann. Insbesondere der Bestand der Pelletfeuerungen wurde nach oben korrigiert. Der Verband geht davon aus, dass eventuelle Fehler in der Statistik in absehbarer Zeit durch eine Synchronisierung der Softwareprogramme der verschiedenen Softwareanbieter behoben werden können (LIV 2017). Bis dahin sind auch die für 2016 ausgewiesenen Zahlen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Tatsächliche Zubauzahlen für verschiedene Brennstoffkategorien aus der Kaminkehrer-

Statistik lassen sich somit voraussichtlich erst in ca. zwei Jahren einigermaßen gesichert ableiten.

Bei der Verbrauchergruppe der Privathaushalte deuten die Erhebungen zu den Energieholzmarktberichten 2014 und 2016, wie auch in Kapitel 2.6.6 beschrieben, auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Scheitholzverbrauch und der Witterung in der jeweiligen betrachteten Heizperiode hin. Bei den mittleren und großen Feuerungen hingegen lässt sich aus den hochgerechneten Energieholzverbräuchen nur bedingt ein Witterungseinfluss ableiten, da der Großteil der installierten Biomasseleistung der Bereitstellung von witterungsunabhängiger Prozesswärme bzw. der vorrangigen Stromerzeugung dient. Um wetterbedingte Verbrauchsschwankungen belegen zu können, ist es vielmehr notwendig, die Betriebsdaten eines konstanten Heizwerkspools über Jahre hinweg zu vergleichen. Aus der bei C.A.R.M.E.N. geführten Förderdatenbank konnten 82 bayerische Holz-Heizwerken identifiziert werden, die ausschließlich den Heiz- und Warmwasserbedarf von Liegenschaften decken und über einen Betrachtungszeitraum von sieben Jahren keine wesentlich Veränderung in der Abnehmerstruktur erfahren haben. Über die jährliche Berichtspflicht gegenüber dem Fördermittelgeber (TFZ) sind unter anderem die von den Heizwerken seit 2011 bereitgestellten Wärmemengen und die jährlich erzeugten Wärmemengen aus den Holzkesseln bekannt, wobei letztere in einem linearem Zusammenhang zu den verbrauchten Energieholzmengen stehen. In Abbildung 39 sind die über den Heizwerkspool gemittelten Jahres-Energiemengen zusammen mit den über die Bevölkerungsverteilung gemittelten Heizgradtagen in Bayern dargestellt. Es zeigt sich ein weitgehend paralleler Kurvenverlauf, der den witterungsbedingten Einfluss auf den Energieholzverbrauch bestätigt. Aufgrund dieser Datenbasis lässt sich durch die kältere Witterung im Jahr 2016 im Vergleich zum Jahr 2014 eine Verbrauchssteigerung um ca. 7% belegen. Anders als die Umfrage bei den Privathaushalten, die die besonders kalte Heizperiode 2016/2017 betrachtete und im Vergleich zu 2014/15 eine Verbrauchssteigerung um 22 % ergab, beziehen sich die Jahresberichte der mittleren und großen Feuerungen auf das Kalenderjahr 2016.

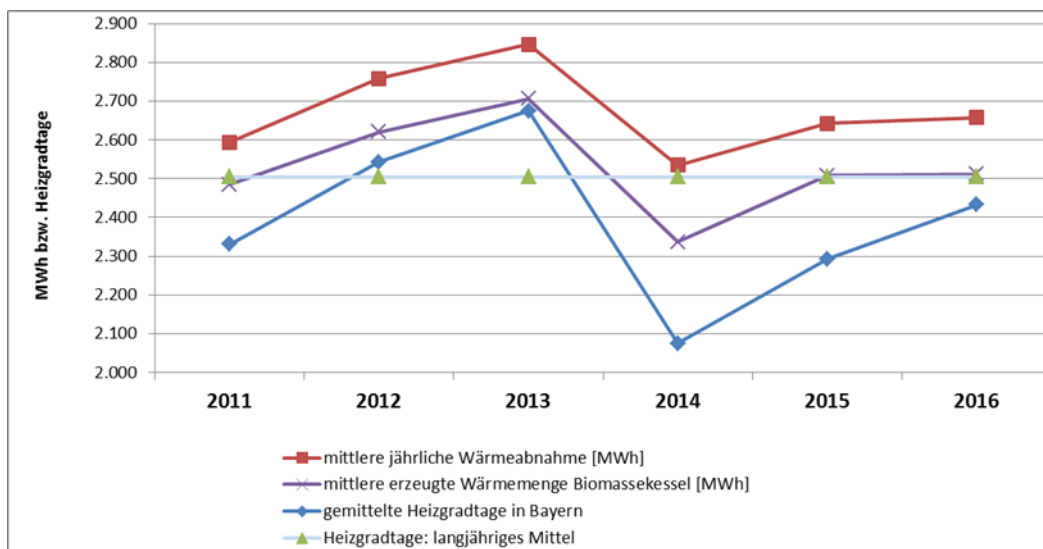


Abbildung 39: Verlauf der Heizgradtage (Heizgrenztemperatur 15°C) der über die Bevölkerungsverteilung gemittelten Messwerte bayerischer Wetterstationen, der mittleren erzeugten holzbasierten Wärmemenge, sowie der mittleren Wärmeabnahme von 82 geförderten Biomasseheizwerken (Quelle: IWU 2018, HIENDLMEIER 2018)

## 2.7.4 Fazit und Trends

Der Energieholzverbrauch in bayerischen Feuerungsanlagen  $> 50 \text{ kW}_{\text{th}}$ , der weitgehend den Verbrauch außerhalb der Privathaushalte widerspiegelt, wird für das Jahr 2016 auf ca. 3,04 Mio. t atro geschätzt. Davon wurden rund 60 % in stromerzeugenden Anlagen verbrannt bzw. vergast, die in Bayern 1,64 Terrawattstunden erneuerbaren Strom bereitstellten. Bis auf wenige Ausnahmen im Bereich der Altholzverwertung werden diese Anlagen nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben. Den reinen Wärmeerzeugern  $> 50 \text{ kW}$  weist die Studie einen Verbrauch von rund 1,24 Mio. t atro zu. Während die Marktberichte 2005 bis 2014 jeweils eine deutliche Zunahme des Energieholzverbrauchs verzeichnen konnten, entwickelte sich der Verbrauch in mittleren und großen Holzfeuerungen in den Jahren 2015 und 2016 nur noch verhalten nach oben. Netto deuten die Hochrechnungen seit der letzten Marktbeobachtung im Jahr 2014 auf eine Verbrauchssteigerung um etwa 2 % hin. Ein Anlagen-Zubau fand insbesondere bei Holzfeuerungen  $< 1 \text{ MW}$  statt, während bei Feuerungen  $> 1 \text{ MW}$  leichte Tendenzen zum Rückbau der installierten Leistung erkennbar sind.

Das Gros der Wärmeerzeuger  $> 1 \text{ MW}$  steht in Holz be- und verarbeitenden Betrieben, einer Branche, die in den vergangenen Jahren immer wieder von Insolvenzen, Übernahmen und Konzentrationsprozessen betroffen war. Eine Folge hiervon war häufig die Stilllegung von Feuerungsanlagen. Standen Modernisierungsmaßnahmen in den Betrieben an, so wurden Leistungsreduzierungen bis unter die immissionsschutzrechtliche Genehmigungsschwelle gemeldet. Zum einen waren einige Altanlagen weit überdimensioniert und zum anderen wurden die Energieerzeuger den geänderten Produktionsabläufen angepasst. Nicht immer fiel bei einem Kesseltausch die Wahl auf den Energieträger Holz. Die Tendenz zu einer weiteren Reduzierung der installierten Holzfeuerungsleistung könnte sich fortsetzen, da gerade Großverbrauchern wohl auch mittelfristig konkurrenzlos günstige Preise von den Gasversorgern angeboten werden. Auch im Bereich der Fernwärmeversorgung zeichnet sich deshalb bei derzeitigen Marktbedingungen für Biomassefeuerungen  $> 1 \text{ MW}$  kein eindeutig positives Umfeld ab.

Ausgedehnte holzbasierte Wärmenetze mit Anschlussleistungen von mehreren MW werden nur noch selten realisiert. Vielmehr wird dem Biomassekessel in Energiekonzepten immer häufiger eine neue Stellung zugeordnet. Neben dem klassischen Einsatzgebiet als Grundlastkessel übernimmt er bei Einspeisung von Abwärme aus Industrieprozessen oder KWK-Anlagen (hier insbesondere Biogasanlagen und Gas-BHKW) immer öfter die Mittel- oder auch die Spitzenlast. Neue Nahwärmekonzepte binden zudem Umweltwärme oder Solarthermie ein, wobei der Biomassekessel die Unabhängigkeit der Wärmeerzeugung von fossilen Energieträgern gewährleisten soll und nicht mehr auf maximale Auslastung ausgelegt wird. Schnittstellen zur Sektorkopplung sind ebenfalls erkennbar.

Ein Nischenmarkt mit Wachstumspotential für große Holzfeuerungen besteht jedoch bei der Bereitstellung von Prozesswärme im Bereich der Hoch- oder Höchsttemperaturanwendungen. Unternehmen der Industrie, der Lebensmittelverarbeitung oder auch Wäschereien bekunden hier nicht allein aus wirtschaftlichen Gründen Interesse. Die Energiebereitstellung aus dem heimischen Rohstoff Holz ermöglicht vielmehr auch die Erreichung firmeninterner Umweltziele und vermittelt ein nachhaltiges Firmenimage.

Wie ein Damoklesschwert hängt die Umsetzung der europäischen MCP-Direktive<sup>26</sup> in deutsches Recht über den Betreibern und Projektierern von immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen. Dabei soll die bisher gültige TA-Luft in eine neue Bundesimmissionsschutzverordnung mit verschärften Emissionsgrenzwerten überführt werden. Die vorgelegten Referententwürfe sorgten und sorgen nach wie vor in der Branche für große Unsicherheit hinsichtlich der Notwendigkeit kostenintensiver Rauchgasreinigungstechniken. Solche Phasen der Rechtsunsicherheit wirken sich stets hemmend auf Marktentwicklungen aus. Mit Spannung wird daher die Verabschiedung der Verordnung erwartet.

Positiver sind die Weichen im mittleren Leistungsbereich gestellt: Stehen Energieeffizienzmaßnahmen und Sanierungen beispielsweise bei öffentlichen Gebäuden an, verschaffen die niedrigen Primärenergiefaktoren für Holzfeuerungsanlagen und holzbasierte Nahwärmeanschlüsse von 0,2 bzw. 0,1 dem Bauherrn einen klaren Vorteil, denn in der Energieeinsparverordnung (EnEV) ist für ein Gebäude ein max. zulässiger Jahresprimärenergiebedarf vorgeschrieben. Dieser wird einerseits durch den Dämmstandard der Gebäudehülle und andererseits durch die Anlagentechnik der Wärmegewinnung und die darin eingesetzten Primärenergieträger beeinflusst. Während bei Neubauten wesentliche Effekte durch eine energieeffiziente Gebäudehülle erreicht werden können, stoßen Planer im Sanierungsfall von Altbauten im Bereich der Dämmung an wirtschaftliche und technische Grenzen. Durch die Wahl eines Energieträgers mit geringem Primärenergiefaktor können die Vorgaben der EnEV leichter eingehalten werden. Dies ist häufig der Grund, warum Kommunen sich bei Baumaßnahmen z.B. im Bereich von Schulen auch in Zeiten niedriger Gas- und Ölpreise für eine Holzfeuerung bzw. zum Bau eines Nahwärmenetzes entscheiden. Häufig fällt dabei die Wahl auf eine Pelletheizung, da sie einen weitestgehend störungsfreien Anlagenbetrieb verspricht. Es ist zu erwarten, dass im Sanierungsfall auch über die kommenden Jahre hinweg Holzfeuerungen im mittleren Leistungsbereich eine wichtige Rolle spielen und dadurch Bestandszuwächse generiert werden.

Der Bestand an immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen KWK-Anlagen blieb von 2014 auf 2016 relativ konstant. Durch die Stilllegung eines Dampfheizkraftwerks mit 3 MW<sub>el</sub> in Mertingen und einer ORC-Anlage mit 0,5 MW<sub>el</sub> in Lohr am Main ist dennoch ein leichter Rückbau der installierten Leistung zu vermerken, denn neue Biomasseheizkraftwerke mit Dampf- oder ORC-Technik gingen nach Inkrafttreten des EEG 2014 nicht mehr ans Netz. Bereits die Novelle des EEG 2012 bot keinen ausreichenden Anreiz zum Zubau von großen KWK-Anlagen. Ein verhaltener Zubau ist lediglich bei der Holzvergasungstechnologie zu verzeichnen. Aus dem Anlagenregister der Bundesnetzagentur können acht Holzvergasungsanlagen mit einer Summenleistung von 150 kW<sub>el</sub> identifiziert werden, die 2015 oder 2016 an das Netz gegangen sind (BUNDESNETZAGENTUR 2017B). Die gemeldeten Verkaufszahlen der Hersteller weisen jedoch auf einen höheren Zubau hin, was wie folgt begründet werden kann: Zum einen ersetzen neu installierte Holzvergaser alte EEG-Anlagen (z.B. Pflanzenöl-BHKWs) und werden daher im Anlagenregister nicht als Neuanlage geführt. Zum anderen werden vermutlich Eigenverbrauchsanlagen realisiert, die keine EEG-Vergütung sondern Zuschläge im Rahmen des KWKG erhalten.

Bei den derzeit im Rahmen des EEG bestehenden Vergütungssätzen in der Festvergütung von rund 13 €Cent je kWh eingespeistem Strom ist eine Wirtschaftlichkeit von Holzvergasungsan-

---

<sup>26</sup> Richtlinie (EU) 2015/2193 vom 25. November 2015 zur Begrenzung der Emissionen bestimmter Schadstoffe aus mittelgroßen Feuerungsanlagen in die Luft

gen nur noch bei sehr hohen Vollbenutzungsstunden (>7.500h) und 100 prozentiger Wärmenutzung gekoppelt mit überdurchschnittlichen Wärmeerlösen darzustellen. Darüber hinaus ermöglichen hohe Eigenverbrauchsquoten dem Betreiber interessante Wertschöpfungspotentiale. Gewisse Realisierungschancen bestehen daher derzeit nur bei sehr kleinen KWK-Anlagen, die auf die Stromgrundlast der Verbraucher ausgelegt werden. Mit neuen Entwicklungen versuchen die Hersteller daher, den Markt zur Eigenstromversorgung zu erschließen.

Aufgrund der geringen elektrischen Leistungen und den geringen Vergütungsanreizen werden Holzvergaser, aber auch größere holzbasierte Neuanlagen nur einen untergeordneten Beitrag zur Erreichung der im EEG 2017 festgelegten jährlichen Brutto-Zubauziele von 150 MW<sub>el</sub> (2017-2019) im Bereich der Biomasse leisten können. In der ersten Ausschreibungsrunde im September 2017 hat lediglich ein bayerisches Biomasseheizkraftwerk mit einer Leistung von 5 MW<sub>el</sub> als Bestandsanlage einen Zuschlag erhalten. Ein Netto-Zubau ist somit im Bereich der ausschreibungspflichtigen KWK-Anlagen in Bayern nicht erfolgt.

Nach wie vor stellt sich die Frage, wie es mit den Altholz(heiz)kraftwerken nach Auslaufen der EEG-Vergütung weitergehen wird, denn mit ihrem Hauptbrennstoff Gebrauchtholz können Sie nach dem EEG 2017 nicht am Ausschreibungsverfahren teilnehmen und erhalten somit keine Anschlussförderung im Rahmen des EEG. Eine Option besteht darin, auf anerkannte Holzsortimente gemäß Biomasseverordnung umzustellen. Damit könnten die Anlagen Gebote abgeben und so u.U. den Förderzeitraum um weitere 10 Jahre verlängern. Allerdings ist die Höhe der EEG-Vergütung auf den bisherigen Status begrenzt, so dass die höheren Preise für alternative Brennstoffkontingente nicht durch höhere Strom-Einnahmen gedeckt werden können. Diese wirtschaftlichen Nachteile würden auch durch den Sachverhalt, dass die Anlagen nach 20 Jahren abgeschrieben sind, vermutlich nicht aufgewogen. Gegebenenfalls können Altholzanlagen in Zukunft aber auch ohne EEG-Förderung in Abhängigkeit von der Entwicklung der Brennstoff- und Strompreise schwarze Zahlen schreiben. Da verschiedene Rahmenbedingungen bereits seit 2015 zu einer Umkehr der Brennstoffpreisentwicklung hin zu negativen Brennstoffkosten für Altholz geführt haben, ist es denkbar, dass zukünftige Umsatzaufschläge aus der EEG-Vergütung durch Entsorgungserlöse ausgeglichen werden können. Altholzkraftwerke werden daher voraussichtlich auch zukünftig eine wichtige Rolle bei der Altholzentsorgung spielen. Bezahlen werden es die Abfallverursacher.

## 2.8 Papier- und Zellstoffindustrie

Die Rohholz verarbeitende bayerische Papierindustrie bestand 2016 aus vier Papierfabriken in Schwaben und Niederbayern, die zur europäischen Gruppe des börsennotierten Großkonzerns der United Paper Mills (UPM GmbH) mit Sitz in Helsinki gehören. UPM tritt auf dem bayerischen Markt sowohl als Holzverbraucher von Papierholz wie auch als Anbieter von Sekundärrohstoffen auf. Weitere Produzenten (Palm, Leipa etc.) nutzen v.a. Altpapier und Zellstoff im Rahmen ihrer Papier- und Kartonagenproduktion. Die bayerische Zellstoffindustrie besteht aus einem Zellstoffwerk des südafrikanischen Konzerns SAPPI in Stockstadt.

### 2.8.1 Methode

Da derzeit nur ein Marktteilnehmer in Bayern (UPM GmbH) grafische Papiere mit Frischfasereinsatz aus Waldholz und TMP Hackschnitzeln auf Basis von Holzstoff herstellt und dieser aus Datenschutzgründen keine Informationen zum Holzeinsatz gibt, wurde der Verbrauch auf der Basis der Produktionsentwicklung fortgeschrieben. Die Papierproduktion in Bayern stieg seit 2013 von 4,2 Mio. Tonnen beständig auf 4,6 Mio. Tonnen im Jahr 2016 an (BAYPAPIER 2017). Die Daten für SAPPI Stockstadt wurden aus der Umwelterklärung entnommen (SAPPI2017).

Zum Aufkommen von Altpapier gibt es vom Bundesamt für Statistik nur Daten für das Altpapier aus Haushaltsabfällen. Das Gesamtaufkommen wurde zunächst für Deutschland aus den Angaben des VDP (2015, 2017) zu Altpapierverbrauch, Import und Export von Altpapier errechnet. Das Verhältnis der Haushaltsabfälle zum gesamten Altpapier-Aufkommen in Deutschland wurde auf das Aufkommen von Altpapier aus den bayerischen Haushalten (LFU 2017) übertragen und daraus das Gesamtaufkommen in Bayern geschätzt. Der Altpapierverbrauch wurde aus der Einsatzquote von 75 % für die Papierfabriken (VDP 2017) und der Papierproduktion in Bayern nach den Angaben von BAYPAPIER (2017) geschätzt. Für die Umrechnung von Tonnen in Volumen wurden keine Rohholzäquivalente zugrunde gelegt, weil es hier nicht um die Betrachtung des Rohholzeinsatzes geht, sondern um die Energiegehalte. Stattdessen wurde mit Hilfe der C-Faktoren von DIESTEL UND WEIMAR (2014) das Volumen an Holz errechnet, das dem Kohlenstoffgehalt des im Altpapier enthaltenden Holzes entspricht. Dabei wurde unterstellt, dass die Sortenzusammensetzung von Altpapier der Zusammensetzung des nach Deutschland importierten Papiers entspricht. Somit entspricht 1 Fm Holz 0,585 Tonnen Papier und der Umrechnungsfaktor von t lutro zu Fm m. R. beträgt 1,709. Für die Umrechnung von Tonnen lutro in atro wurde ein Wassergehalt im Altpapier von 9 % angenommen (WEIDNER ET AL. 2016).

### 2.8.2 Holzverbrauch der bayerischen Papierindustrie

In den UPM-Werken Augsburg, Plattling und Ettringen wird neben Altpapier und Zellstoff noch Holzschliff eingesetzt. Dieser wird aus frischem Waldholz (Schleifholz) hergestellt. Der Verbrauch von Schleifholz in den drei Werken wurde für das Jahr 2016 auf 830.000 Festmeter o. Rinde (929.000 Fm m. R.) geschätzt. Für die Papierproduktion in Schongau werden TMP-Hackschnitzel anstatt frischem Waldholz eingesetzt. Diese fallen als Sägenebenprodukt in Sägewerken an. Der Verbrauch wird hier auf 310.000 m<sup>3</sup> geschätzt.

Wenn das Rundholz verarbeitet wird, fallen – wie in den Sägewerken – Nebenprodukte an. Diese sind Sägemehl, Rinde sowie Bruch- und Kapphölzer. Diese werden entweder selbst verwen-

det oder an verschiedene weiterverarbeitende Betriebe weiterverkauft. Eine geschätzte Größenordnung für 2016 liegt bei 17.000 m<sup>3</sup> Sägespäne und 99.000 m<sup>3</sup> Rinde. In Schongau wird eine betriebseigene KWK-Anlage betrieben, in der holzartige Brennstoffe verwendet werden. Neben Altholz werden dort auch Faserreststoffe aus der Altpapieraufbereitung verbrannt.

### 2.8.3 Holzverbrauch der bayerischen Zellstoffindustrie

Das Werk in Stockstadt produziert gestrichenes Feinpapier und Naturpapier aus Buchenzellstoff. 2016 wurden dort rund 423.000 Tonnen Papier und 136.000 Tonnen Zellstoff produziert (SAPPI 2017). Sappi Stockstadt ist ein integriertes Werk mit eigenem Kraftwerk und Zellstoffproduktion für die Papierherstellung. Die dafür benötigten Holz Mengen werden in der Umwelterklärung mit 207.000 Tonnen Rundholz (387.000 Festmeter m. R.) und 83.000 Tonnen (149.000 Festmeter o. R.) Hackschnitzel aus Sägenebenprodukten angegeben. Außerdem wurden 123.000 Tonnen Fremdzellstoff für die Papierproduktion eingesetzt. Das integrierte Kraftwerk wird mit Reststoffen aus der Produktion (Schwarzlauge) betrieben. Der Verbrauch wird hier auf ca. 115.000 Tonnen geschätzt.

### 2.8.4 Aufkommen und Verbrauch von Altpapier

Der wichtigste Rohstoff für die bayerische Papierindustrie ist das Altpapier. Das Aufkommen wird auf 2,72 Mio. Tonnen lutro geschätzt. Zusätzlich fand ein Nettoimport von 398.000 Tonnen Altpapier statt. Der Verbrauch wurde auf 3,47 Mio. Tonnen lutro geschätzt. In die Holzbilanz geht das Aufkommen von 2,49 Mio. Tonnen atro und der Verbrauch von 3,19 Mio. Tonnen atro ein.

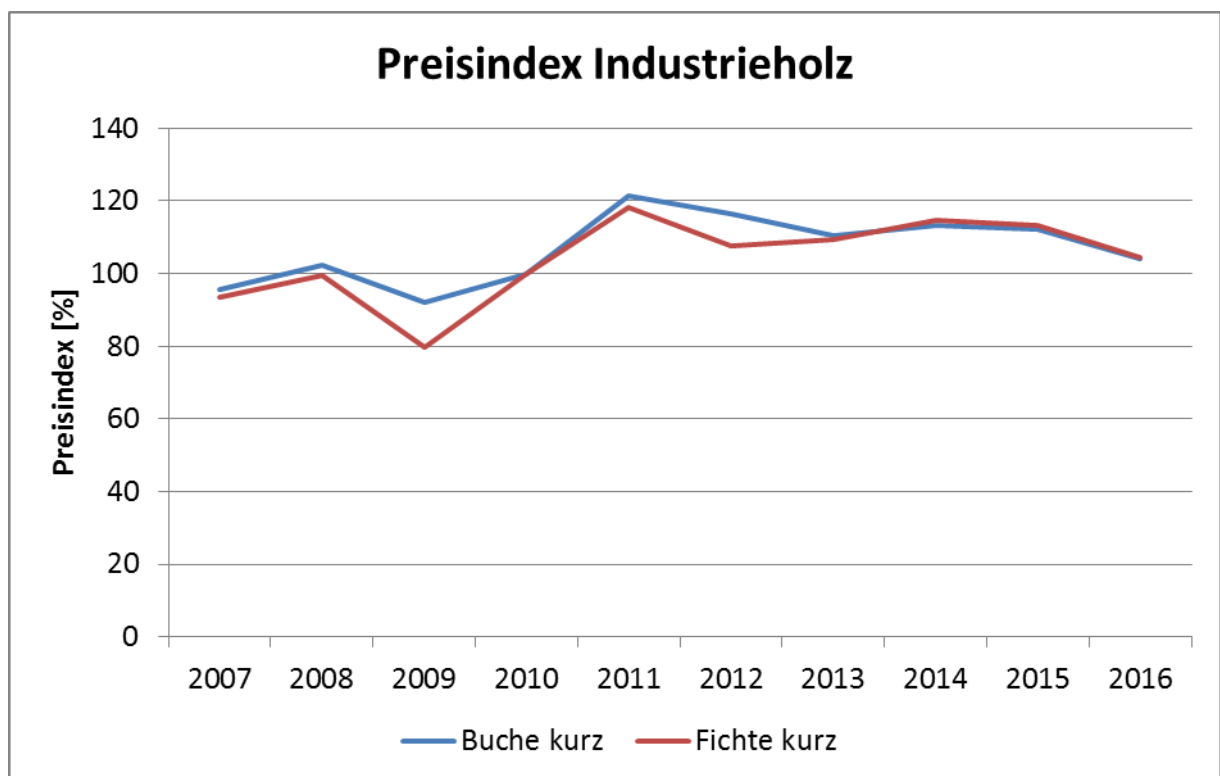


Abbildung 40: Preisindex für Industrieholz Buche und Fichte von 2007 bis 2016. (Quelle: Statistisches Bundesamt)



### 2.8.5 Fazit und Trends

Die Papierherstellung- und -weiterverarbeitung hatte zwischen 2003 und 2014 einen Beschäftigungsrückgang von knapp über 14 % zu verzeichnen. Von 2014 bis 2016 trat eine leichte Erholung der Beschäftigungszahlen von 1,8 % ein. Eine Trendwende ist dennoch nicht zu erwarten, denn der europäische Papiermarkt ist weiterhin von Überkapazitäten v.a. bei den grafischen Papieren geprägt ist. Grund hierfür ist die Zunahme von elektronischen Medien einhergehend mit dem sinkenden Verbrauch grafischer Papiere.

Ende 2016 kündigte UPM die Stilllegung jeweils einer Papiermaschine in Augsburg und im österreichischen Steyrermühl an. Gleichzeitig verringert die Laakichen Papier AG den Einsatz von Schleifholz zugunsten von mehr Altpapier (HEINZEL GROUP 2017). Damit verschob sich im Jahr 2017 der Verbrauch von Schleifholz deutlich in den bayerischen Osten, wodurch in Nordbayern und im Osten Baden-Württembergs erstmalig Schleifholzmengen nicht abgenommen wurden (EUWID 22 2017). Der Preis für Schleifholz ist folglich Ende 2016 um knapp 4 Euro/Rm zurückgenommen worden (EUWID 48 2016). Diese wurden für Sturmholz aus Niederbayern im Nachgang des Gewittersturms Kalle nochmals gesenkt und haben teilweise 25 -27 €/Rm erreicht (EUWID 41 2017).



## 2.9 Holzwerkstoffindustrie

Holzwerkstoffe werden aus Holzteilen erstellt, die zuvor zerkleinert wurden. Je nach Produktart werden verschieden stark zerkleinerte Rohstoffe eingesetzt. Die Produktpalette reicht von wenig veränderten Massivholzplatten über Spanplatten bis hin zu den Faserplatten, aber auch Verbundwerkstoffe mit Mischungen aus Holz und Papier oder Kunststoffen wurden entwickelt. Die Holzwerkstoffindustrie in Bayern bestand 2016 aus insgesamt 13 Betrieben mit mehr als 20 Mitarbeitern (BLFS 2017B). In dieser Studie wurde die Betrachtung auf Betriebe konzentriert, die Sägenebenprodukte in größeren Mengen verbrauchen. Hersteller von Holzwerkstoffen wie Massivholz- oder Tischlerplatten wurden nicht einbezogen, da sie nicht zur ersten Verarbeitungsstufe gehören, sondern reine Weiterverarbeitungsbetriebe sind. Die Betrachtung konzentriert sich somit auf die zwei Großproduzenten von Spanplatten und einem Hersteller von Palettenklötzen.

### 2.9.1 Methode

Die Produktionsmengen der Betriebe wurden aus Meldungen der Fachpresse ermittelt und nach Statistiken geschätzt. Bei Rauch wurden demnach 2016 rund 530.000 m<sup>3</sup> Spanplatten hergestellt (EUWID 26 2016). Für Pfeleiderer in Neumarkt wurden die Produktionsmengen ausgehend von der Produktionsmenge, die dem Energieholzmarktbericht 2014 zugrunde liegt, mittels der Entwicklung der Umsätze in den Produktionsstatistiken des Bayerischen Landesamtes für Statistik geschätzt (BLFS 2017A, 2016, 2015). Der Holzanteil in den Spanplatten von 84 % wurde dem VDH (2013) entnommen und die Anteile der verschiedenen Rohstoffe (Rundholz, Sägenebenprodukte, Altholz) von WEIDNER ET AL. (2016) übernommen.

### 2.9.2 Holzverbrauch der bayerischen Holzwerkstoffindustrie

In Spanplatten und Palettenklötzen können Industrieholz, Sägenebenprodukte und Altholz (Kategorien A1 und A2) verarbeitet werden. Die Vorteile der stofflichen Verwertung von Altholz liegen hierbei in geringeren Rohstoffkosten und in der Schonung von Ressourcen, denn das Holz wird in einer echten Kaskade nochmal genutzt. Zudem wird weniger Energie im Produktionsprozess verbraucht, da Altholz deutlich weniger Holzfeuchte als Frischholz hat (KNÖRR 2017). Altholz wird zur stofflichen Weiterverarbeitung im Wesentlichen nur in einem Spanplattenwerk verwendet. Weiterhin werden die Rohstoffe in Holzheizkraftwerken der Betriebe zur Erzeugung von Prozesswärme und Energie eingesetzt. In der thermischen Verwertung können alle Altholzkategorien je nach Genehmigung der Heizkraftwerke verbrannt werden.

In Bayern wurden 2016 insgesamt 1,48 Mio. m<sup>3</sup> Spanplatte und 150.000 m<sup>3</sup> Palettenklötze hergestellt. Die Menge des 2016 in der stofflichen Produktion eingesetzten Waldholzes wird auf 193.000 Fm o. R. geschätzt. An Sägenebenprodukten und Altholz wurde eine Menge von 1,92 Mio. Fm verwendet. Insgesamt wird eine Menge von 2,14 Mio. Fm eingesetzt und diese Zahl geht in die Holzbilanz ein.

### 2.9.3 Diskussion

Die Menge der genutzten Sägenebenprodukte stimmt mit den Hochrechnungen aus den Angaben der Sägewerke relativ gut überein. DÖRING ET AL. (2017A) ermittelte für die Spanplattenindustrie einen Faktor von 1,3 Faserholz (Fm) pro Produktion ( $m^3$ ). Dieser Faktor wird im Wesentlichen mit den Berechnungen in dieser Arbeit bestätigt. Lediglich beim Einsatz von Altholz ergeben sich Unterschiede. Da DÖRING ET AL. (2017A) die benutzten Umrechnungsfaktoren von Gewichts in Volumeneinheiten nicht angeben, wird davon ausgegangen, dass der Unterschied nur durch die Nutzung von anderen Umrechnungsfaktoren bedingt ist.

### 2.9.4 Fazit und Trends

In Deutschland wurden seit 2010 fünf Standorte von Holzwerkstoffherstellern geschlossen. Die Produktion von Spanplatten wurde an 3 Standorten aufgegeben, wodurch die Kapazität in Deutschland um 24,4% reduziert wurde. Zwei weitere Schließungen betrafen die Produktion von mitteldichten Faserplatten (MDF) bzw. hochdichten Faserplatten (HDF). Hierdurch wurde die Produktionskapazität um 6,3% gesenkt, aber insgesamt wurde die Kapazität in diesem Segment gesteigert, da andere Hersteller ihre Produktion erweiterten. Oriented Strand Board (OSB) werden an drei Standorten produziert, keiner davon in Bayern. Hier fand eine leichte Kapazitätserweiterung um 0,1 Mio.  $m^3$  bzw. 10 % statt. Bei den Produzenten von leichten Faserplatten (LDF) gab es zwischen 2010 und 2015 einen starken Kapazitätsaufbau von 0,5 Mio.  $m^3$  auf 1,4 Mio.  $m^3$ , keiner dieser Hersteller fertigt in Bayern (DÖRING ET AL. 2017A).

In Europa findet eine Verlagerung der Produktion statt. So musste beispielsweise ein Spanplattenwerk in Frankreich den Betrieb einstellen (EUWID 51 2016) und wird nach Bulgarien verlagert (EUWID 51 2017). 2016 entstand ein neues OSB Werk in Ungarn (EUWID 51 2016). Neu- und Ersatzinvestitionen werden vorwiegend für Osteuropa oder auch Russland angekündigt (EUWID 51 2016; EUWID 51 2017). 2017 befanden sich ein Spanplattenwerk in Polen und ein MDF/HDF Werk in Rumänien im Bau (EUWID 51 2017).

Die Spanplattenproduzenten in Bayern haben in den vergangenen Jahren in neueste, modernste Produktionsanlagen investiert und werden deswegen als wettbewerbsfähig eingestuft. Diese Einschätzung wird durch bereits erfolgte oder angekündigte Investitionen in Kapazitätserweiterungen unterstützt (EUWID 26 2016; EUWID 31 2016). Durch den Preisverfall der Sägenebenprodukte sind die Produktionskosten gesunken. Die Preise für Rohspanplatten sind 2016 im Vergleich zu 2014 ebenfalls gesunken, die Preissenkung beträgt 17,5 % (EUWID 2018A). Problematisch für die Spanplattenhersteller sind die deutlich unterschiedlichen Anforderungen an die stoffliche Verwendung von Altholz innerhalb der EU, da hierdurch ein Imageproblem für die Spanplatte entstehen könnte; hier wäre ein Grundkonsens innerhalb der EU nötig (SCHRÄGLE 2017). Auch im Hinblick auf gleiche Wettbewerbsbedingungen wäre eine Harmonisierung zweckmäßig. Ein größeres Wachstumspotential wird allenfalls in den Nischensegmenten der Holzwerkstoffindustrie, z. B. bei Dämmplatten und Wood-Plastic-Composites (WPC) gesehen (KNAUF ET AL. 2016). Mit der politischen Fokussierung auf die Bioökonomie entstehen für die Holzwerkstoffindustrie Chancen, da Holz eine der wichtigsten Stützen der biobasierten Wirtschaft ist.

## 3 Holzbilanz

Aufkommen und Verbrauch an Energieholz werden in der Holzbilanz gegenübergestellt. Diese gibt einen schnellen Überblick über die Herkunft des Holzes und den Weg in der ersten Verarbeitungsstufe.

### 3.1 Aufkommen

Das Aufkommen an Waldholz beträgt 2016 16,97 Mio. Fm m. R. und ist damit um 0,50 Mio. Festmeter gegenüber 2014 gesunken. Bei Stammholz gab es eine leichte Mengenzunahme von 0,17 Mio. Fm. Scheitholz nahm um 0,80 Mio. Festmeter ab, während Hackschnitzel um 0,24 Mio. Fm zunahm. Die bayerischen Waldbesitzer verarbeiteten 2016 ca. 34 % des Einschlags zu Scheitholz oder Waldhackschnitzel, das ist knapp 1 % weniger als 2014.

An Sägenebenprodukten fielen 2016 4,43 Mio. m<sup>3</sup> und damit 0,28 Mio. m<sup>3</sup> mehr als 2014 an. Auch der Anfall an Rinde in den Sägewerken steigerte sich um 0,21 Mio. m<sup>3</sup> auf 1,11 Mio. m<sup>3</sup>. Das Aufkommen an Altpapier wird auf 4,64 Mio. m<sup>327</sup> oder 2,49 Mio. Tonnen atro geschätzt.

FRIEDRICH UND KNAUF (2016) gehen bei der Weiterverarbeitung von Schnittholz zum Endprodukt von einem Verschnitt von 30 % und bei den Holzwerkstoffen von 15 % aus. Die Produktion von Schnittholz lag 2016 bei 6,74 Mio. m<sup>3</sup> der Außenhandelsaldo lag bei 1,33 Mio. m<sup>3</sup>. Damit errechnet sich ein Verschnitt von 1,62 Mio. m<sup>3</sup>. Die Spanplattenproduktion erreichte 2016 1,48 Mio. m<sup>3</sup>. Der Nettoexport betrug 0,11 Mio. m<sup>3</sup> (eigene Auswertung). Der Verschnitt an Holzwerkstoffen liegt demnach bei 0,21 Mio. m<sup>3</sup>. Damit summiert sich das Industrierestholz zu 1,82 Mio. m<sup>3</sup>. Die Berechnung des Industrierestholzes wurde zu den vorherigen Energieholzmarktberichten geändert. Dort wurde von einem Verschnitt von 20 % beim Schnittholz ausgegangen. Durch die geänderte Berechnung erhöhen sich die Mengen in diesem Bericht um 0,74 Mio. m<sup>3</sup> deutlich.

Das Aufkommen an Altholz wurde mit 1,91 Mio. Festmeter hochgerechnet. Diese Menge setzt sich aus den Meldungen der Altholzaufbereiter (1,70 Mio. Fm) und den Meldungen aus der Haushaltsumfrage (0,21 Mio. Fm) zusammen.

Unter Flur und Siedlungsholz sind die Mengen aus der Umfrage der Altholzaufbereiter in Verbindung mit den Mengen aus den Kommunen (LFU 2017) von 216.000 Fm, sowie die Meldungen der Hackerunternehmer von 661.000 Fm und die Mengen aus der Haushaltsumfrage von 702.000 Fm summiert. Es ergibt sich hieraus eine Gesamtmenge von 1,81 Mio. Fm m. R.. Für die Berechnung der Menge in Tonnen atro siehe Kapitel 2.4.3. Das Hackschnitzelaufkommen aus Kurzumtriebsplantagen belief sich 2016 auf 33.000 Fm.

---

<sup>27</sup> Die Zahl stellt nicht das tatsächliche Volumen an Altpapier dar, sondern das Volumen an Holzfasern, das im Altpapier enthalten ist.

### 3.2 Verbrauch

Der Verbrauch an Energieholz beläuft sich 2016 auf 15,72 Mio. Fm. Davon haben die Privathaushalte 8,31 Mio. Fm und die Biomasseheiz(kraft)werke 7,41 Mio. Festmeter verbraucht. Die Ergebnisse der Privathaushalte sind allerdings nur bedingt mit den Zahlen aus 2014 und 2012 zu vergleichen, da die Berechnungsmethode für das Jahr 2016 geändert wurde (vgl. Kapitel 2.6.1). Die Anzahl der Biomasseheiz(kraft)werke hat sich leicht und der Verbrauch um 0,95 Mio. Fm erhöht.

Die Papierindustrie verzeichnet in den vergangenen Jahren eine leichte Zunahme beim Verbrauch von Rohstoffen auf Holzbasis. 2012 wurden knapp 7,08 Mio. m<sup>3</sup> verbraucht. 2014 lag dieser Wert bei 7,42 Mio. m<sup>3</sup> und stieg dann 2016 auf 8,27 Mio. m<sup>3</sup>. Der Holzeinsatz in der Holzwerkstoffindustrie nahm im Vergleich zu 2014 leicht zu und beträgt nun 2,14 Mio. Fm.

Die bayerischen Sägewerke verarbeiteten 2016 12,46 Mio. Fm Rohholz zu 6,74 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz. 47 % der Sägenebenprodukte und 59 % der Rinde werden zum Teil im eigenen Werk und zum Teil bei Dritten energetisch verwertet. Eine Karte mit den Standorten der Rundholzverbraucher in Bayern findet sich in Abbildung 41.

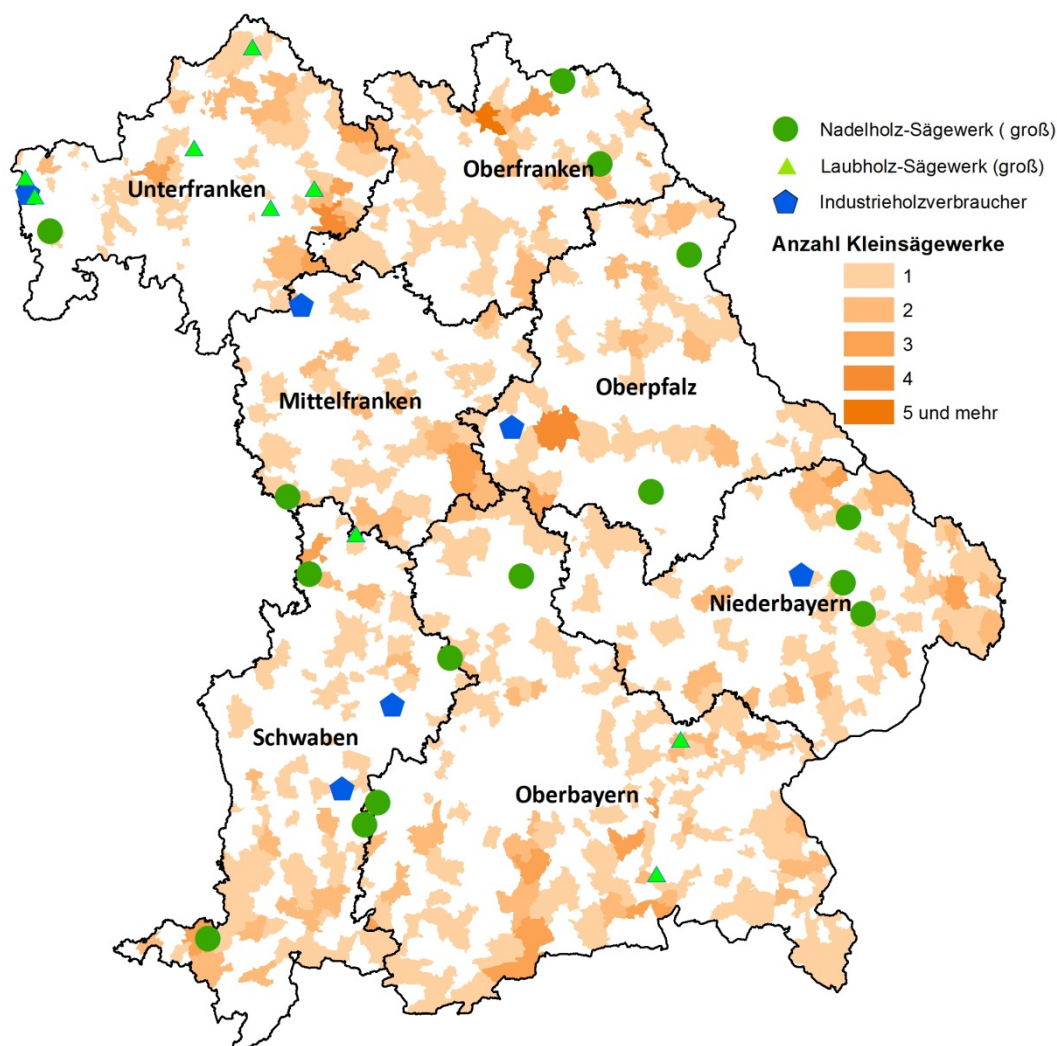


Abbildung 41: Standorte der Rundholzverbraucher in Bayern 2016.

### 3.3 Außenhandel

Auch 2016 wird deutlich mehr Rundholz nach Bayern importiert als exportiert wird (Abbildung 42). Der kurze Ausschlag des Saldos in 2015 hin zu einer ausgeglichenen Handelsbilanz beim Rundholz ist einem Sonderereignis geschuldet. Der Sturm „Niklas“ hatte vor allem im Süden von Bayern knapp 4 Mio. Festmeter geworfen. Das Sturmgebiet lag im regelmäßigen Einzugsgebiet von Österreichischen Sägewerken. Deshalb stieg 2015 der Export nach Österreich sprunghaft um ein Drittel oder 0,5 Mio. Festmeter an. Insgesamt wurden 2016 2,1 Mio. Festmeter importiert und 1,5 Mio. Festmeter exportiert, so dass Saldo -0,6 Mio. Festmeter beträgt. Hauptlieferant von Rundholz für die Bayerischen Sägewerke war 2016 wie bereits die vorhergehenden Jahre Tschechien mit 1,8 Mio. Festmeter. Die Importmengen aus der Tschechischen Republik steigen seit 2006 nahezu stetig an und haben sich seit dem mehr als verzweifacht. Dagegen wird nahezu kein Rundholz in die Tschechische Republik exportiert. Zweitwichtigster Rundholzlieferant, aber mit deutlich geringerem Volumen, ist Österreich. Von dort wurden knapp 0,2 Mio. Festmeter importiert. Dagegen ist Österreich aber Hauptabnehmer von Rundholz der Waldbesitzer, denn 2016 wurden 1,4 Mio. Festmeter dorthin exportiert. Drittwichtigster Handelspartner ist Frankreich. Von dort werden 0,04 Mio. Festmeter importiert. Der Export dorthin ist nur marginal und liegt bei knapp 9.000 Festmeter. Weiterhin werden in die Volksrepublik China knapp 40.000 Festmeter und nach Italien knapp 30.000 Festmeter Rundholz exportiert.

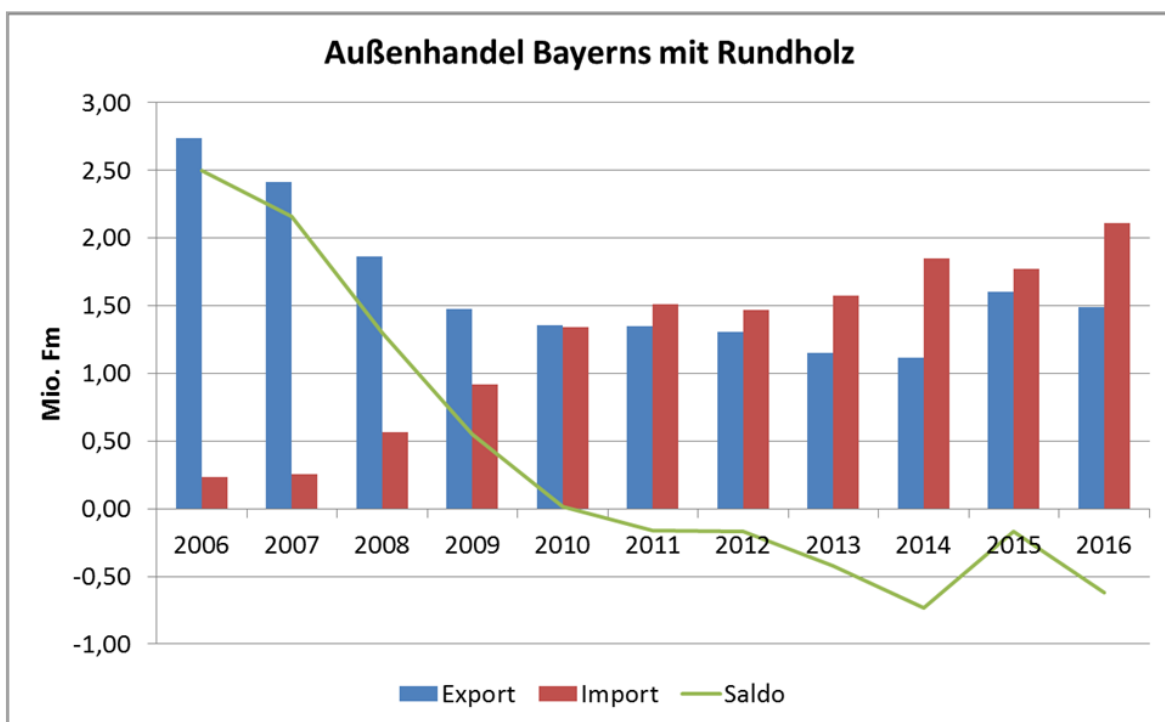


Abbildung 42: Außenhandel Bayerns mit Rundholz von 2006 bis 2016. 2006 war der Außenhandel geprägt vom Import. Doch das änderte sich rasch und seit 2010 ist Bayern netto ein Importeur für Rundholz. Der Großteil des gehandelten Rundholzes ist Nadelholz. Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik

Beim Schnittholz hatte Bayern seit 2006 durchweg einen Exportüberschuss zu verzeichnen. Der Exportüberschuss pendelte zwischen 2009 und 2013 bei knapp 1,0 Mio. Kubikmeter und steigerte sich von da an auf knapp 1,3 Mio. Kubikmeter im Jahr 2016.

Die Statistik für Bayern zu den Energieholzsortimenten fasst Sägenebenprodukte, Brennholz und Pellets zusammen. Von 2008 bis 2016 gab es in dieser Produktgruppe stets einen Außen-

handelsüberschuss. Dieser sank von 2012 (0,65 Mio. Tonnen) innerhalb eines Jahres auf 0,20 Mio. Tonnen und stieg seitdem stetig auf 0,54 Mio. Tonnen in 2016 an. Der wichtigste Handelspartner in dieser Warengruppe ist Österreich, gefolgt von Tschechien, Italien und Frankreich. In den Statistiken des Bundesamtes für Statistik werden die Sortimente dieser Warengruppe differenzierter dargestellt. In Deutschland machen demnach 2016 Sägenebenprodukte beim Export 83 % und beim Import 76 % des Handelsvolumens aus. Holzpellets haben ein Handelsvolumen von jeweils 14 %. Brennholz ist mit 3 % am Export und mit 10 % am Import beteiligt. Der Nettoimport von Brennholz nach Deutschland beträgt 243.000 Tonnen. Allerdings bestehen beim Außenhandel mit Brennholz einige Unwägbarkeiten, denn während z. B. die Tschechische Republik Hauptlieferant von Rundholz nach Bayern ist, wurden 2016 nur knapp 14.000 Tonnen Scheitholz nach Deutschland geliefert. Aus der Ukraine wurden im gleichen Jahr dagegen rund 74.000 Tonnen nach Deutschland geliefert. Auch aus anderen EU-Ländern wie der Slowakei und Rumänien wurden nur kleine Importmengen gemeldet, während von Nicht-EU-Mitgliedern wie Ukraine, Weißrussland und Bosnien-Herzegowina größere Mengen nach Deutschland eingeführt werden. Dies dürfte an der unterschiedlichen Erhebung der Importmengen liegen. Die Außenhandelsstatistik erfasst den Warenverkehr innerhalb der EU über Firmenmeldungen. Der Handel mit dem EU-Ausland wird von der Zollverwaltung erfasst. Im EU-Binnenhandel sind "alle Unternehmen von der Meldung befreit, deren innergemeinschaftliche Warenverkehre je Verkehrsrichtung im vorangegangenen oder im laufenden Jahr den Wert von 500 000 Euro bei der Versendung und 800 000 Euro bei den Eingängen [bis 2015: 500 000 Euro je Verkehrsrichtung (HEES 2018)] nicht übersteigen. Der Umfang des innergemeinschaftlichen Handels unterhalb dieser Anmeldeschwelle wird anhand der von der Steuerverwaltung übermittelten Daten der Unternehmen über deren innergemeinschaftliche Erwerbe und Lieferungen geschätzt" (DESTATIS 2018B). Von dieser Regelung profitieren 90 % der Unternehmen (DESTATIS 2012). Die geschätzten Mengen werden in einem gesonderten Posten gesammelt –allerdings für die gesamte Warengruppe 44 „Holz und Holzwaren; Holzkohle“ gemeinsam. Dieses Problem betrifft nicht nur den Brennholzhandel, sondern alle Warengruppen, wenngleich der Brennholzhandel aufgrund des geringen Warenwertes tendenziell stärker betroffen sein dürfte. Die Zuschätzungen in Bayern für Außenhandel mit Holz belaufen sich auf 255.000 t lutro bei der Ausfuhr und 475.000 t lutro bei der Einfuhr. Dies ergibt einen Nettoimport von 187.000 t atro, der den Bilanzausgleich auf der Aufkommenseite erhöht.

Weitere Statistiken zum Außenhandel mit Holz und Holzprodukten finden sie auf der Internetseite der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft unter dem folgenden Link aufbereitet:

<http://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/holzmarkt/index.php>

Der Binnenhandel wird in der Studie nicht erfasst, spielt aber für die bayerischen Betriebe eine wichtige Rolle. Es wird unterstellt, dass der Binnenhandel einen großen Teil des Bilanzausgleichs ausmacht ohne dass man ihn genau beziffern kann.

### 3.4 Bilanzen

Im Folgenden wird die Holzbilanz für das Jahr 2016 dargestellt. Die Bilanz gliedert sich auf der linken Seite in das Aufkommen des Holzes und rechts in den Verbrauch. Die Bilanzen werden für verschiedene Nutzergruppen in den Einheiten Fm m. R., Tonne Absolut trocken und in Petajoul dargestellt. Fett gedruckt sind Zwischensummen. Einige Werte wurden nur nachricht-



lich aufgenommen, damit Doppelzählungen von Holz vermieden werden. Beispielsweise ist auf der Verbrauchsseite das Schnittholz physisch im Einschnittvolumen bereits enthalten. Ebenso sind die Sägenebenprodukte auf der Aufkommenseite eine Teilmenge des Stammholzes. Deswegen werden die Einschnittmenge und die Sägenebenprodukte nur nachrichtlich erwähnt. Werte die nur nachrichtlich in der Holzbilanz enthalten sind, werden rechtsbündig und kursiv abgebildet. Die Bilanz enthält auf der Verbrauchsseite nicht die Mengen an Altpapier und Holz, die in Müllverbrennungsanlagen mitverbrannt werden. Auf der Aufkommenseite wurde deshalb die im Sperrmüll enthaltene Holzmenge ebenfalls nicht hinzugerechnet.

Das Holzaufkommen in Bayern umfasst 2016 rund 39 Mio. m<sup>3</sup>. Die Steigerung gegenüber 2012 beträgt rund 8 %. Die energetische Verwertung ist dabei mit 18 % deutlich stärker gestiegen als die stoffliche Verwertung mit rund 10 %. Haupttreiber für die gestiegene energetische Verwertung ist der im Vergleich zu 2014/15 deutlich kühlere Winter 2016/17, da vor allem durch ihn die Verbräuche in den Privathaushalten um rund 20 % zugenommen haben.

Die energetische Nutzung von Holz in m<sup>3</sup> hatte 2016 einen Anteil von rund 48 %. 2012 lag dieser Anteil ebenfalls bei 48 % und fiel 2014 auf 46 %.

Beim Aufkommen muss noch ein Bilanzausgleich von 6,28 Mio. m<sup>3</sup> angeführt werden. Der Bilanzausgleich ist im Vergleich zu den Vorgängerberichten deutlich gewachsen. Im Bilanzausgleich werden verschiedene Einflüsse abgebildet:

- Durch die dritte Bundeswaldinventur wurde deutlich, dass der Einschlag im Zeitraum von 2002 bis 2012 um ungefähr 20 % unterschätzt wurde. In der Folge wurden Anpassungen der Holzeinschlagserhebung durchgeführt, um die Mengen besser zu erfassen. Die nicht erfassten Mengen dürften inzwischen geringer sein, können aber nicht genau beziffert werden. Deswegen ist in der Holzbilanz an dieser Stelle ein Fragezeichen eingefügt. Es ist zu vermuten, dass statistisch nicht erfasste Mengen für einen Teil der Lücke in der Bilanz ursächlich sind.
- Weiterhin ist bei Scheitholz und bei Stammholz durch den Sturm Niklas im Jahr 2015 ein Lageraufbau zu vermuten. Neben den Waldbesitzern haben vor allem die Sägewerke die Möglichkeit größere Holzmengen zu lagern. Diese Lager wurden dann im Laufe von 2016 wieder abgebaut. Die genaue Größe der Lagerbestandsänderungen kann nicht geschätzt werden.
- Der innerdeutsche Handel wird in den Umfragen nicht erfasst und deswegen auch im Bilanzausgleich abgebildet.
- Für die Berechnung des Aufkommens und des Verbrauchs von Altpapier in Bayern wurden Kennwerte von Deutschland auf Bayern übertragen. Dadurch entstehen Unsicherheiten im Schätzverfahren. Das Aufkommen ist um 0,6 Mio. m<sup>3</sup> geringer als der Verbrauch, was den Bilanzausgleich erhöht. Altpapier wird zudem zu Dämmstoffen verarbeitet und damit stofflich genutzt. Ob dies wirklich relevante Mengen sind, ist nicht bekannt. Die dazu genutzten Mengen fehlen sowohl auf der Aufkommens- sowie auf der Verwendungsseite.
- Der Außenhandel zwischen den EU-Mitgliedsstaaten wird zum Teil nur über Schätzungen mittels der Umsatzsteuer erfasst und nicht den Waren zugeordnet. Hieraus ergibt sich ein Nettoimport von 0,19 Mio. t trockenes Holz oder 0,47 Mio. m<sup>3</sup> der den Bilanzausgleich auf der Aufkommenseite erhöht.

Tabelle 26: Holzbilanz für Bayern in Festmetern mit Rinde (Fm m. R.) bzw. m<sup>3</sup> der Jahre 2012, 2014 und 2016

Aufkommen	Menge [Mio. Fm m. R. / m <sup>3</sup> ]			Verbrauch	Menge [Mio. Fm m. R. / m <sup>3</sup> ]		
	Jahr	2012	2014		2016	2012	2014
Waldholz in Form von:				Privathaushalte	8,06	6,92	8,31
Stammholz	8,82	9,76	9,93	Biomasse- heiz(kraft)werke	5,95	6,46	7,41
Scheitholz	4,41	4,43	3,63	<b>Zwischensumme ener- getische Nutzung</b>	<b>14,01</b>	<b>13,38</b>	<b>15,72</b>
Hackschnitzel	1,70	1,88	2,12				
Industrieholz	1,46	1,40	1,29	Holzwerkstoffindustrie	2,07	1,92	2,14
nicht erfasster Ein- schlag	3,28	4,34	?	Papier- / Zellstoffindust- rie			
<i>Sägenebenprodukte</i>	3,79	4,15	4,43	Frischholz	1,28	1,69	1,78
<i>Rinde</i>	0,41	0,90	1,11	Zellstoff (ohne Eigener- zeugung)	0,65	0,63	0,55
<i>Hobelspäne</i>	0,21	0,20	0,17	Altpapier	5,15	5,10	5,94
Industrierestholz	1,15	0,88	1,83	<i>Sägeindustrie - Einschnitt</i>	<i>10,49</i>	<i>11,15</i>	<i>12,46</i>
Altholz	2,42	2,74	1,91	davon Schnittholz	6,08	5,90	6,74
Altpapier	4,31	4,24	4,64	<i>Sägenebenprodukte,     Rinde</i>	4,41	5,25	5,64
Flur- und Siedlungs- holz	0,70	0,91	1,58	Garten- und Land- schaftsbau		0,33	
Holz aus Kurzum- triebsplantagen	0,00	0,04	0,03	<b>Zwischensumme stoffli- che Nutzung</b>	<b>15,23</b>	<b>15,57</b>	<b>17,15</b>
Binnenhandel Deutschland				Binnenhandel Deutsch- land			
<b>Import</b>	<b>5,18</b>	<b>5,52</b>	<b>5,52</b>	<b>Export</b>	<b>6,31</b>	<b>5,54</b>	<b>5,89</b>
Rundholz	1,44	1,85	2,11	Rundholz	1,57	1,26	1,49
Schnittholz	0,94	0,90	0,79	Schnittholz	2,16	2,34	2,13
Sägespäne, Brennholz	0,66	0,81	0,63	Sägespäne, Brennholz	1,76	1,20	1,51
Altholz				Altholz			
Altpapier	1,49	1,32	1,38	Altpapier	0,81	0,73	0,70
Halbstoffe( v. a. Zell- stoff)	0,65	0,64	0,61	Halbstoffe( v. a. Zellstoff)	0,01	0,01	0,06
Bilanzausgleich	2,12		6,28	Bilanzausgleich		1,65	
<b>Summe</b>	<b>35,55</b>	<b>36,14</b>	<b>38,76</b>	<b>Summe</b>	<b>35,55</b>	<b>36,14</b>	<b>38,76</b>



Tabelle 27: Holzbilanz für Bayern in Tonnen absolut trocken (t atro) der Jahre 2012, 2014 und 2016

Aufkommen	Menge [Mio. t atro]			Verbrauch	Menge [Mio. t atro]		
	2012	2014	2016		2012	2014	2016
<b>Jahr</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>		<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>
Waldholz in Form von:				Privathaushalte	3,58	3,11	3,67
Stammholz	3,25	4,00	3,92	Biomasse- heiz(kraft)werke	2,59	2,81	3,04
Scheitholz	1,97	2,04	1,61	<b>Zwischensumme energie- tische Nutzung</b>	<b>6,17</b>	<b>5,92</b>	<b>6,71</b>
Hackschnitzel	0,76	0,80	0,88				
Industrieholz	0,65	0,64	0,57	Holzwerkstoffindustrie	0,83	0,84	0,87
nicht erfasster Einschlag	1,33	1,87	?	Papier- / Zellstoffindustrie			
<i>Sägenebenprodukte</i>	<i>1,57</i>	<i>1,63</i>	<i>1,79</i>	Frischholz	0,55	0,73	0,71
<i>Rinde</i>	<i>0,17</i>	<i>0,41</i>	<i>0,45</i>	Zellstoff (ohne Eigenerzeugung)	0,32	0,32	0,29
<i>Hobelspäne</i>	<i>0,09</i>	<i>0,08</i>	<i>0,07</i>	Altpapier	2,90	2,87	3,19
Industrierestholz	0,50	0,35	0,76	<i>Sägeindustrie - Einschnitt</i>	<i>4,36</i>	<i>4,59</i>	<i>4,94</i>
Altholz	1,28	1,15	0,83	davon Schnittholz	2,50	2,47	2,73
Altpapier	2,43	2,39	2,49	<i>Sägenebenprodukte, Rinde</i>	<i>1,86</i>	<i>2,12</i>	<i>2,26</i>
Flur- und Siedlungsholz	0,33	0,46	0,73	Garten- und Landschaftsbau		0,14	
Holz aus Kurzumtriebsplantagen	0,00	0,02	0,01	<b>Zwischensumme stoffliche Nutzung</b>	<b>7,10</b>	<b>7,33</b>	<b>7,79</b>
Binnenhandel Deutschland				Binnenhandel Deutschland			
<b>Import</b>	<b>2,38</b>	<b>2,49</b>	<b>2,47</b>	<b>Export</b>	<b>2,67</b>	<b>2,40</b>	<b>2,46</b>
Rundholz	0,56	0,72	0,84	Rundholz	0,60	0,51	0,60
Schnittholz	0,40	0,39	0,32	Schnittholz	0,93	1,01	0,85
Sägespäne, Brennholz	0,26	0,32	0,25	Sägespäne, Brennholz	0,69	0,47	0,60
Altholz				Altholz			
Altpapier	0,84	0,74	0,74	Altpapier	0,45	0,41	0,38
Halbstoffe( v. a. Zellstoff)	0,32	0,32	0,32	Halbstoffe( v. a. Zellstoff)	0,00	0,00	0,03
Bilanzausgleich	1,06		2,69	Bilanzausgleich		0,54	
<b>Summe</b>	<b>15,94</b>	<b>16,19</b>	<b>16,96</b>	<b>Summe</b>	<b>15,94</b>	<b>16,19</b>	<b>16,96</b>

Tabelle 28: Holzbilanz für Bayern in Petajoule (PJ) der Jahre 2012, 2014 und 2016

Aufkommen	Menge [PJ]			Verbrauch	Menge [PJ]		
	Jahr	2012	2014		2016	2012	2014
Waldholz in Form von:				Privathaushalte	66,27	58,16	68,52
Stammholz	65,11	75,23	73,56	Biomasse- heiz(kraft)werke	47,88	52,69	56,76
Scheitholz	36,43	38,09	30,09	<b>Zwischensumme energetische Nutzung</b>	<b>114,15</b>	<b>110,85</b>	<b>125,28</b>
Hackschnitzel	14,28	15,09	16,37				
Industrieholz	12,07	11,89	10,68	Holzwerkstoffindustrie	15,36	15,54	16,24
nicht erfasster Einschlag	25,90	35,01	?	Papier- / Zellstoffindustrie			
<i>Sägenebenprodukte</i>	<i>29,12</i>	<i>30,61</i>	<i>33,70</i>	Frischholz	10,23	13,65	13,29
<i>Rinde</i>	<i>3,18</i>	<i>7,70</i>	<i>8,45</i>	Zellstoff (ohne Eigenerzeugung)	5,97	5,97	5,41
<i>Hobelspäne</i>	<i>1,65</i>	<i>1,50</i>	<i>1,31</i>	Altpapier	54,14	53,58	59,56
Industrierestholz	9,25	6,57	14,32	<i>Sägeindustrie - Einschnitt</i>	<i>80,68</i>	<i>86,29</i>	<i>92,76</i>
Altholz	23,59	21,47	15,50	davon Schnittholz	47,00	45,68	51,16
Altpapier	45,36	44,62	46,49	<i>Sägenebenprodukte, Rinde</i>	<i>33,68</i>	<i>40,61</i>	<i>43,43</i>
Flur- und Siedlungsholz	6,13	8,59	13,63	Garten- und Landschaftsbau		2,63	
Holz aus Kurzumtriebsplantagen	0,00	0,37	0,19	<b>Zwischensumme stoffliche Nutzung</b>	<b>132,70</b>	<b>137,05</b>	<b>145,67</b>
Binnenhandel Deutschland				Binnenhandel Deutschland			
<b>Import</b>	<b>44,52</b>	<b>46,59</b>	<b>46,28</b>	<b>Export</b>	<b>49,99</b>	<b>44,91</b>	<b>45,98</b>
Rundholz	10,52	13,52	15,86	Rundholz	11,27	9,58	11,15
Schnittholz	7,47	7,28	5,96	Schnittholz	17,36	18,85	15,97
Sägespäne, Brennholz	4,88	6,01	4,67	Sägespäne, Brennholz	12,96	8,83	11,20
Altholz				Altholz			
Altpapier	15,68	13,81	13,82	Altpapier	8,40	7,65	7,09
Halbstoffe( v. a. Zellstoff)	5,97	5,97	5,97	Halbstoffe( v. a. Zellstoff)	0,00	0,00	0,56
Bilanzausgleich	14,20		49,82	Bilanzausgleich		13,34	
<b>Summe</b>	<b>296,84</b>	<b>303,52</b>	<b>316,92</b>	<b>Summe</b>	<b>296,84</b>	<b>303,52</b>	<b>316,92</b>

### 3.5 Klimaschutzbeitrag des Clusters Forst und Holz

Um den Beitrag zum Klimaschutz umfassend bewerten zu können, ist eine ganzheitliche Betrachtung der Forst- und Holzwirtschaft nötig. Dazu müssen zwei grundlegende Effekte berücksichtigt werden:

- **1. Bindung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre:**

**Waldspeicher:** Über die Fotosynthese entziehen Bäume der Atmosphäre Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und speichern den Kohlenstoff vor allem in der verholzten, lebenden Biomasse. Durch absterbende Blätter, Wurzeln, Äste oder ganze Bäume werden die weiteren Speicher des Waldes (Totholz, Streuauflage und Humus des Mineralbodens) gespeist.

**Holzproduktespeicher:** Auch in Holzprodukten (z.B. Bauholz, Möbel, Papier) bleibt der Kohlenstoff für ihre jeweilige Lebensdauer gebunden. Solange diese Speicher per Saldo größer werden, wird der Atmosphäre das Treibhausgas CO<sub>2</sub> entzogen.

- **2. Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre:**

**Substitution von Material:** Im Vergleich zu anderen Materialien wird der Rohstoff Holz mit extrem geringem Energieaufwand und CO<sub>2</sub>-Emissionen bereitgestellt. Auch die Weiterverarbeitung von Holz zu Endprodukten (Wände, Fenster, Parkett, Möbel usw.) ist gegenüber Vergleichsprodukten aus anderen Materialien fast immer mit deutlich geringerem Energieaufwand und damit geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden. Stünde das Holz nicht zur Verfügung, müsste es durch andere Materialien ersetzt („substituiert“) werden, wodurch die Atmosphäre stärker mit Treibhausgasen belastet würde. Der Substitutionsfaktor für den Ersatz von anderen Materialien durch Holz wird mit 1,5 t Kohlenstoff pro eingesetzter Tonne Kohlenstoff veranschlagt (KNAUF ET AL. 2016).

**Substitution von Energie:** Das gilt analog auch für die Nutzung von Holz als Brennstoff: Dabei wird zwar der im Holz gespeicherte Kohlenstoff freigesetzt, aber relativ zeitnah im nachhaltig bewirtschafteten Wald von wachsenden Bäumen auch wieder gebunden. Durch Holzenergie werden z.B. Erdöl oder Erdgas ersetzt, deren Verbrennung heute zum anthropogenen Treibhauseffekt führt. Stünde dieses Holz nicht für die energetische Nutzung zur Verfügung, müssten mehr fossile Brennstoffe verwendet werden und die Atmosphäre würde deutlich stärker mit CO<sub>2</sub> belastet. Der Substitutionsfaktor der energetischen Holznutzung liegt bei 0,67 Tonnen Kohlenstoff pro eingesetzte Tonne Kohlenstoff des Holzes (KNAUF ET AL. 2016).

Die Berechnung des energetischen und materiellen Substitutionseffektes, sowie des Holzproduktespeichers erfolgt nach KNAUF UND FRIEDRICH (2016), einzig im Holzproduktespeicher wird der Brennholzspeicher nicht mit einbezogen, da hier keine genauen Informationen vorliegen und der Brennholzspeicher in der Regel innerhalb eines Jahres genutzt werden sollte. Im Jahr 2016 konnten 20,1 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> durch den Zuwachs im Wald oder die Nutzung von

Holz gespeichert bzw. vermieden werden (siehe Tabelle 29). Im Vergleich zu den gesamten Emissionen in Bayern von etwa 76,8 Millionen Tonnen<sup>28</sup> entspricht dies 26 %.

Die Klimaschutzleistung kann durch Ausweitung der Waldfläche und einer verstärkten Kaskadennutzung, d. h. eine mehrfache stoffliche Holzverwendung mit abschließender energetischer Verwertung, erhöht werden. Wird Holz dabei in langlebigen Produkten wie Häusern oder langlebigen Möbeln eingesetzt, wird der Effekt der Kaskadennutzung verlängert. Bei stofflicher Wiederverwendung (z.B. Altpapier als Dämmstoff) verlängert sich die Speicherdauer entsprechend. Auch ein sparsamerer Einsatz bei der energetischen Nutzung von Holz, beispielsweise durch den Einsatz effizienterer Feuerstätten, kann einen weiteren positiven Beitrag zum Klimaschutz erbringen.

Tabelle 29: Klimaschutzbeitrag des Clusters Forst und Holz in Bayern in den Jahren 2010, 2012, 2014 und 2016 im Vergleich.

<b>Gespeicherter und substituierter Kohlenstoff Emissionen in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalenten</b>					
Jahr	Änderung Waldspeicher	Änderung Holzproduktespeicher	Stoffliche Substitution	Energetische Substitution	Summe
2010	-1,7	-1,6	-6,4	-6,9	-16,7
2012	-1,7	-1,8	-6,8	-7,6	-17,9
2014	-1,7*	-2,0	-6,7	-7,3	-17,7
2016	-1,7*	-2,9	-7,3	-8,2	-20,1

\* Für den Waldspeicher in den Jahren 2014 und 2016 liegen keine exakten Daten vor, deswegen wurde der Wert aus der Bundeswaldinventur III nach LWF 2014 fortgeschrieben.

<sup>28</sup> 76,8 Millionen Tonnen sind die Emissionen Bayerns aus dem Jahr 2015. Neuere Zahlen wurden bisher nicht veröffentlicht.  
<http://www.lak-energiebilanzen.de/>

### 3.6 Stoffstrommodell und Primärenergieverbrauch

Das folgende Modell zeigt die Holzströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in einer vereinfachten Form. Die Zu- und Abflüsse aus dem Ausland und das Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz werden nicht dargestellt. In jeder Verarbeitungsstufe des Stoffstroms wird ein Teil des Holzes energetisch genutzt. Knapp 34 % des Waldholzes wurde direkt energetisch verwertet. Den größten Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leistet die Papierwirtschaft durch die Wiederverwendung von Altpapier.

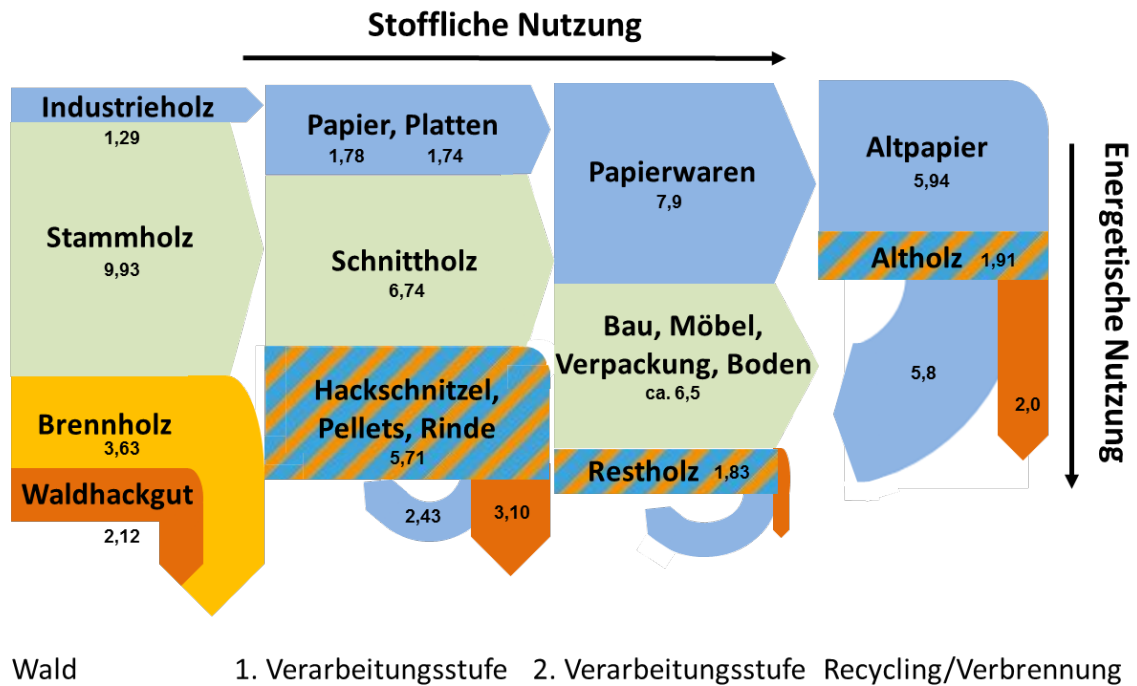


Abbildung 43: Die Stoffströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in Bayern 2016 in Mio. Fm m. R. bzw. m<sup>3</sup> in einer vereinfachten Darstellung

Der Primärenergieverbrauch für Bayern wird vom Bayerischen Landesamt für Statistik veröffentlicht. Die bisher neuesten Zahlen beziehen sich auf das Jahr 2015. In Abbildung 44 wird der Primärenergieverbrauch in Bayern dargestellt. Holz ist dabei mit 6,0 % der bedeutendste erneuerbare Energieträger. Seit 2012 hat Holz einen in etwa gleichbleibenden Anteil am Primärenergieverbrauch in Bayern.

### Primärenergieverbrauch 2015 in Bayern nach Energieträgern

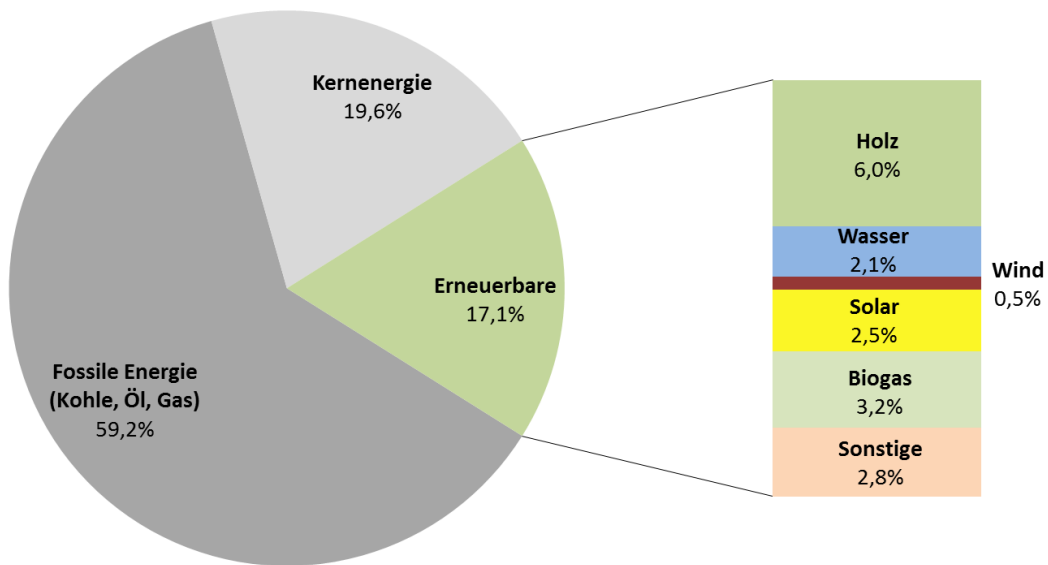


Abbildung 44: Primärenergieverbrauch 2015 in Bayern nach Energieträgern. Durch Erneuerbare Energieträger wurden 17,1 % der Primärenergie erbracht. Holz war mit 6,0 % der bedeutendste erneuerbare Energieträger.

### 3.7 Schlussfolgerungen

Die Nachfrage nach Rohholz und nach auf Holz basierenden Roh- und Brennstoffen stieg mit rund 39 Mio. m<sup>3</sup> gegenüber 2014 weiter an. Die energetische Verwendung hat mit rund 18 % stärker zugenommen als die stoffliche Verwendung mit rund 10 %. Der Großteil des Anstiegs ist dabei auf die Privathaushalte zurückzuführen, da dort vor allem aufgrund des deutlich kühleren Winters 2016/17 rund 20 % mehr Energieholz verbraucht wurde als im vorherigen Erfassungsjahr.

Die Witterung des jeweiligen Winters hat in den vergangenen Jahren einen deutlich Einfluss auf den Energieholzverbrauch der Privathaushalte gehabt. Der Bestand an Holzheizanlagen scheint zu stagnieren. Zwar haben in der Umfrage 100.000 Haushalte angegeben, Holzheizungen seit 2010 stillgelegt und keine neu angeschafft, allerdings ist nicht klar wie viele der Haushalte, die eine Holzheizung seit dem angeschafft haben, vorher keine Holzheizer waren. Bei Pelletkesseln gibt es einen leichten Zubau. Unter Umständen muss daher in naher Zukunft eher mit einem Rückgang der Holzheizanlagen in Privathaushalten gerechnet werden. Die 1. Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV) gibt klare Impulse zur Stilllegung bzw. zum Austausch alter Holzfeuerungen. Werden diese durch neue Holzfeuerungen ersetzt, was in Zeiten niedriger fossiler Brennstoffpreise nicht in jedem Fall zu erwarten ist, sind die neuen Feuerstätten bedeutend effizienter und verbrauchen damit weniger Holz. Es gibt weitere Indizien, die dafür sprechen, dass der Energieholzverbrauch abgesehen von den witterungsbedingten Schwankungen bei den Privathaushalten längerfristig zurückgehen wird. Aufgrund von voranschreitender Gebäudesanierung und Dämmung wird der Heizenergiebedarf des Gebäudebestandes weiter sinken. Zudem setzt die Gebäudeheiztechnik zunehmend auf die Kombination und Vernetzung verschiedener Energiequellen, wie z.B. Umweltwärme, Solarenergie oder auch Brennstoffzellen.

Der Energieholzbedarf von mittleren und großen Feuerungen hat sich von 2014 auf 2016 nochmals gesteigert, allerdings ist nur eine Zuwachsrate von ca. 8 % zu verzeichnen, die zu einem Großteil mit der erstmaligen Berücksichtigung von energetisch verwerteten Schwarzlaugen und Faserreststoffen in der Holzwerkstoff bzw. Papierindustrie begründet werden kann. Feuerungsanlagen im Leistungsbereich > 1 MW konnten keinen Zubau mehr erzielen und werden bei den derzeitigen wirtschaftlichen und gesetzlichen Rahmenbedingungen auch mittelfristig keinen Impuls für einen höheren Beitrag zur regenerativen Strom- und Wärmebereitstellung in Bayern leisten können. Leicht steigender Energieholzbedarf ist hingegen im mittleren Leistungsbereich zu erwarten, also beispielsweise im Bereich der Nahwärmeversorgung und der Sanierung von kommunalen Gebäuden. Hier ist die weitere Entwicklung insbesondere von der Preisentwicklung fossiler Brennstoffe und von der Lenkungswirkung diverser Förderprogramme abhängig. Auch die holzbasierte KWK im kleinen Leistungsbereich hat im Zusammenhang mit einer hohen Eigenstromverbrauchsquote Marktchancen. Deren Einfluss auf die holzbasierte Strom- und Wärmebereitstellung ist jedoch aufgrund der vergleichsweise geringen Anlagenanzahl und Leistung sehr gering.

Aufgrund des Klimawandels ist zukünftig häufiger mit milden Wintern und vermehrten Schadeignissen in den Wäldern zu rechnen. Die vergangenen Jahre haben gezeigt, wie sensibel gerade auch der Energieholzmarkt auf witterungsbedingte Nachfrageschwäche einerseits und Angebotsüberhang z.B. durch Windwurf reagiert. Für die Forstwirtschaft ist dennoch sowohl der holzheizende Privathaushalt wie auch der Betreiber eines Biomasseheiz(kraft)werks zu einem verlässlichen und beständigen Marktpartner geworden, der es ermöglicht, kostendeckend

Waldpflege zu betreiben. Da das nachhaltig vorhandene Potential an Energieholz durch die beschriebene Nachfrageentwicklung nicht ausgeschöpft ist und für die nächsten 20 Jahre aufgrund des bevorstehenden Waldumbaus weiteres nutzbares Energieholzpotential zur Verfügung steht, ist es wichtig, politische Signale zu setzen, die dem Bestandsrückbau an Holzfeuerungen entgegen wirken. Die Anschlussregelungen im Rahmen des EEG-2017, die auch bestehende Biomasseheizkraftwerke nützen können, waren hier ein erster wichtiger Schritt.

### 3.7.1 Ableitung von Maßnahmen und Empfehlungen

#### *Die neue Rolle des Energieholzes*

Auf dem Weg ins postfossile und postnukleare Zeitalter wird der Biomasse als speicherbarer regenerativer Energieträger sowohl in der Strom- als auch in der Wärmeversorgung sowie in der Mobilität eine bedeutende Rolle zugesprochen (Stichwort „Multitalent Biomasse“). Sie kann und muss zu einem stabilisierenden Baustein in unserem zukünftigen Energieversorgungssystem werden, der hilft, die fluktuierenden Erneuerbaren Energien auszugleichen und so einen Beitrag zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit zu leisten. Betrachtet man die Entwicklung der Energieholznutzung in den vergangenen zwanzig Jahren, so wurde der nachwachsende Energieträger bislang überwiegend in Grundlasttechnologien eingesetzt. Dies trifft sowohl auf den Bestand von Holzheizwerken zur Nahwärmeversorgung zu als auch auf die realisierten KWK-Anlagen, die bisher weitgehend unabhängig von Stromangebot und –nachfrage Energie ins Netz einspeisen. Ziel bei der Strom- und Wärmebereitstellung aus Holz muss zukünftig sein, das begrenzte Biomassepotential intelligent und effizient im Zusammenspiel aller erneuerbarer Energiequellen einzusetzen. Das nur bei der Biomasse vorhandene Potential zur flexiblen Energieerzeugung sollte möglichst vollständig genutzt werden. Aufgrund des beständig höheren Temperaturniveaus, im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energiequellen, werden Holzfeuerungen aber auch weiterhin bei der Wärmeversorgung im Gebäudebestand und bei industriellen Anwendungen (Prozesswärme) unabkömmlich sein; in Bereichen also, in welchen ein hohes Temperaturniveau bedient werden muss.

#### *Flexibilisierung der Stromproduktion*

Wie auch bei Biogasanlagen ist eine flexible Strombereitstellung zum systemdienlichen Betrieb bei Biomasseheizkraftwerken politisch erwünscht. Die technische Umsetzung der Flexibilisierung bei Biogasanlagen ist aufgrund der zeitlichen Entkoppelung der Gasproduktion und Verstromung durch kostengünstige Gasspeicherung vergleichsweise einfach umzusetzen. Biomasseheizkraftwerke mit konventionellem Dampfkraftprozess oder auch ORC-Anlagen sind jedoch durch ihre thermische Trägheit relativ unflexibel. Bei Entnahmekondensationsturbinen oder Nachrüstungen eines Turbinen-Bypasses wäre in vielen Fällen ein schnelles Absenken der elektrischen Leistung dennoch möglich. Ausgedehnte Wärmenetze und große Wärmespeicher müssen in dieser Zeit die thermische Energie aufnehmen, wobei in der Regel relativ schnell technische oder wirtschaftliche Grenzen erreicht werden. Unter anderem im Bereich der Hochtemperaturspeicherung gilt es noch Forschungsaktivitäten zu forcieren, die finanzierbare Lösungen für eine Umstellung auf flexible Fahrweise entwickeln. Da die EEG-Förderungen und die Strombörse derzeit kaum Anreiz für hohe Lastwechselraten bieten, wäre eine Förderung der Investitionen in Speichertechnologie und Lastfähigkeit ein gangbarer Weg. Experten schätzen das Flexibilisierungspotential des aktuellen Biomasseheizkraftwerkparks in Deutschland auf etwa ein Drittel der installierten elektrischen Leistung ein (HOFFSTEDE 2015)



### *Eigenstromversorgung*

Große Hoffnung wird auf die Marktentwicklungen im Bereich der holzbasierten KWK im kleinen Leistungsbereich bis 100 kW gesetzt. Diese könnte in Gewerbe- und Industriebetrieben einen hohen Anteil an Eigenstromversorgung erreichen und auf dezentraler Ebene auch zur Netzentlastung beitragen. Um unabhängig von der Variabilität des Strombedarfs die Anforderungen an die Wärmeversorgung erfüllen zu können, sind auch im kleinen Leistungsbereich Speichertechnologien unerlässlich. Die innovativen Energieerzeuger, die zum Ausspielen ihrer Stärken ein ausgeklügeltes Steuerungssystem bedürfen, sollten daher durch geeignete Fördermaßnahmen unterstützt werden, ebenso wie Forschungsaktivitäten in diesem Bereich ausgebaut werden sollten. Auch im häuslichen Umfeld werden holzbefeuerte Mikro-KWK-Anlagen erprobt, die den integrativen Gedanken verfolgen und interessante Optionen bieten.

### *Innovative Nahwärmekonzepte*

Auch wenn derzeit ein Angebotsüberhang an Energieholz herrscht, ist ein möglichst effizienter Umgang mit dem begrenzt zur Verfügung stehenden Energieträger oberste Priorität. Soweit erneuerbare Energiequellen mit weitgehend unbegrenztem Nutzungspotential (Sonne, Umweltwärme) wirtschaftlich in ein Nahwärmekonzept eingebunden werden können, sollten zukünftige Projekte daher auf eine intelligente Kombination regenerativer Wärmeerzeuger setzen. Insbesondere für die mit hohen Netzverlusten behafteten Monate außerhalb der Heizperiode mit wenig Wärmeabnahme im Netz bietet sich die Einspeisung von solarer Wärme an. Sommerabschaltungen des Netzes mit dezentraler solarer Warmwasserbereitung sind ebenso gangbare Konzepte wie zentrale Kollektorfelder am Heizhaus. Erste Projekte wurden bzw. werden bereits mit wechselwarmen Netzen realisiert. Über „kalte“ Netztemperaturen und dezentrale Wärmepumpen kann der Sommerbetrieb verlustarm bewerkstelligt werden und kann damit auch eine Lösung für die Versorgung von älteren Gebäuden im Bestand darstellen. Die Vernetzung von Wärme- und Stromproduktion spielt nicht nur beim Einsatz von Wärmepumpen eine bedeutende Rolle, weshalb meist auch die Einbindung einer biogenen KWK-Anlage empfohlen werden kann. Der Holzkessel übernimmt zukünftig mehr die Mittellast und steht als Backup-Kessel zur Verfügung, sofern Sonne & Co. nicht liefern können. Aufgrund der komplexen Regelungstechnik und vielfältigen Optimierungsmöglichkeiten multivalenter Energieversorgungssysteme ist eine wissenschaftliche Begleitforschung unerlässlich, um von Pionierprojekten zu lernen. Zudem gilt es, bisher ungenutztes Abwärmepotenzial konsequent einzubinden. Auch hier sind innovative Lösungen gefragt, um beispielsweise niedrige Temperaturniveaus oder nur periodisch anfallende Wärme nutzen zu können.

All diese integrativen Ansätze sind außerdem dann zu prüfen, wenn in einem Nahwärmeprojekt die klassisch grundlastorientierten Biomassekessel das Ende ihrer technischen Lebensdauer erreicht haben. So sollten Ersatzinvestitionen, nicht nur den Anforderungen an den heutigen Standard der Luftreinhaltung und Energieeffizienzkriterien entsprechen (Stichwort Feinstaubabscheider und Brennwerttechnik), sondern auch eine flexible Wärmebereitstellung möglich machen. Freiwerdende und bisher ungenutzte Brennstoffmengen können so für weitere Bioenergieprojekte genutzt werden, die auf den speicherbaren und damit jederzeit abrufbaren erneuerbaren Energieträger angewiesen sind.

Die biobasierten Wärmenetze und die bereits installierten Pufferspeicher der Nahwärmeverbundprojekte könnten durch die Umwandlung von Strom in Wärme (Power-to-Heat) zudem einen kostengünstigen und stromnetzstabilisierenden Baustein der Energiewende darstellen. Sollten die regelungstechnischen Voraussetzungen gegeben sein und entsprechende Strom- bzw. Abgabentarife von Energieversorgern angeboten werden, könnten diese Infrastrukturen zusätzlich dazu beitragen, PV-Anlagen und Windräder „seltener vom Netz nehmen zu müssen.

### *MCP-Verordnung*

Im Jahr 2015 wurde auf EU-Ebene die MCP-Richtlinie (Medium Combustion Plants Directive) für mittelgroße Feuerungsanlagen im Leistungsspektrum von 1-50 MW Feuerungswärmeleistung verabschiedet, die bis Ende 2017 eigentlich in nationales Recht umzusetzen war. Dafür soll jetzt eine eigene Verordnung erlassen werden, die in dem oben genannten Leistungsspektrum die bisherigen Vorgaben der TA-Luft für genehmigungsbedürftige (Holz)-Feuerungsanlagen ersetzen und ebenfalls verbindliche Emissionsgrenzwerte für Partikel (Staub), Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), Kohlenmonoxid (CO) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) festlegen wird. Im Zuge der Novellierung wurden die bisherigen Emissionsgrenzwerte erheblich verschärft: die Verordnungsentwürfe der Bundesregierung von 2015 und 2016 beinhalteten Vorgaben, die die europäischen Grenzwerte deutlich unterschreiten und technisch nicht oder nur mit extrem hohen Investitionskosten umsetzbar wären. Damit würden nicht nur Wettbewerbsverzerrungen entstehen, was in vielen Fällen das wirtschaftliche Aus der Anlage bedeuten würde. Zudem würde auch die ressourceneffiziente Nutzung eigener Reststoffe im Sinne der Kaskade unmöglich gemacht. Von Länderseite sollte darauf hingewirkt werden, dass in der Verordnung keine existenzbedrohenden Emissionsgrenzwerte festgelegt werden.

### *Häusliche Feuerstätten – smart und sauberer*

Ein erklecklicher Anteil des in Bayern genutzten Energieholzes wird in Form von Scheitholz in sogenannten Einzelfeuerstätten verbrannt. Dazu zählen Herde, Kachelöfen sowie Grund- und Kaminöfen, die in den meisten Fällen als sogenannte Komfortöfen neben einem fossilen Zentralheizkessel betrieben werden. Wie die Erhebungen zum Energieholzmarkt zeigen, sind die Verbräuche in diesem Segment stark witterungsbeeinflusst. Da die Leistung der Öfen für den Aufstellungsraum häufig überdimensioniert ist, ist davon auszugehen, dass eine nicht unerhebliche Menge an Scheitholz zu Raumwärme umgewandelt wird, die über dem üblichen Niveau der Wohnraumtemperatur liegt. Zugunsten eines erhöhten Wohlfühlfaktors wird ein gewisser Anteil des Scheitholzes somit aus energetischer Sicht ineffizient genutzt. Zukünftig sollte in der Verkaufsberatung des Handels aber auch seitens der Kaminkehrer deshalb auf eine der Wohnfläche angepasste Wärmeleistung hingewirkt werden. Ziel sollte es darüber hinaus sein, unter den Einzelraumfeuerungen einen höheren Anteil von Anlagen mit Wassertasche und Anbindung an die zentrale Wärmeversorgung zu erreichen. So ließen sich die Energieströme der Holzfeuerung effizienter nutzen. Im Neubau mit niedrigem Energiebedarf übernimmt der Kaminofen mit Wassertasche in Kombination mit Wärmepumpe oder solarthermischer Anlage und Schichtspeicher bereits die Rolle, die ihm in zukünftigen Energiesystemen zugesprochen wird: Er dient zur Absicherung der eventuellen Versorgungslücke.

Diverse Forschungsprojekte haben gezeigt, dass Holzheizer/-innen im Falle der händisch beschickten Einzelraumfeuerungen selbst einen hohen Einfluss auf den Wirkungsgrad des Ofens und insbesondere auch auf das Emissionsverhalten haben. Die Fehler der Nutzer reichen von der Verwendung nicht zugelassener Brennstoffe über ein zu spätes Nachlegen des Brennstoffs oder Überfüllen des Ofens bis hin zur falschen Einstellung der Luftklappen. Öfen der Zukunft verfügen daher über eine automatische Verbrennungsluftregelung, eine integrierte Abgasreinigung und automatische Bedienungshilfen für den Holzheizer, wie z.B. Signale zum optimalen Nachlegezeitpunkt. Hersteller müssen auch weiterhin durch Forschungs- und Entwicklungsförderung unterstützt werden, um emissionsarme Öfen auf den Markt zu bringen, die den Nutzer als „Fehlerquelle“ weitgehend ausschalten. Auch im Bereich der Zentralfeuerungsanlagen sollten Förderprogramme deutliche Anreizwirkung geben, damit Bürger sich zum Kauf von Produkten entscheiden, die die gesetzlichen Anforderungen deutlich übertreffen. Feinstaubabscheider, Katalysatoren zur Reduktion organischer Emissionen und auch die Brennwertechnik könnten damit vermehrt Einzug in den Heizungskellern halten.

### *Anlage von Kurzumtriebsplantagen fördern*

Die Anlage von Kurzumtriebsplantagen sollte vorangetrieben werden. Neuanlagen sind inzwischen fast zum Erliegen gekommen. Der Anrechnungsfaktor beim Greening wurde inzwischen erfreulicherweise erhöht. Eine finanzielle Förderung würde die Neuanlage von KUP attraktiver machen. Die prinzipielle Fördermöglichkeit über das GAK läuft allerdings Ende 2018 aus.

### *ProHolz-Nutzungskampagnen - Faktenvermittlung*

Holzfeuerungen in häuslichen Bereich haben in der Vergangenheit die bedeutendste Rolle unter den Erneuerbaren Energien im Wärmesektor gespielt und werden auch in Zukunft eine tragende Rolle einnehmen. Umso wichtiger ist es, dass die Akzeptanz in der Bevölkerung für diesen regionalen, nachhaltigen und weitgehend klimaneutralen Brennstoff nicht sinkt. Negativmeldungen in verschiedensten Medien über die gesundheitsschädliche Wirkung der Rauchgase aus Holzöfen und Proteste von Bürgern gegen „stinkende“ nachbarschaftliche Feuerstätten prägen das Meinungsbild zur Holzverbrennung nachhaltig und lassen vergessen, dass mit Holz zwar nicht emissionsfrei, aber zumindest emissionsarm und eben fast CO<sub>2</sub>-neutral geheizt werden kann. Hier gilt es, über die gesetzlichen Anforderungen hinaus die Ansprüche der Gesellschaft an eine saubere und gesunde Umgebungsluft ernst zu nehmen. Das Thema Holzfeuerungen im Spannungsfeld zwischen Klimaschutz, regionaler Wertschöpfung und Luftreinhaltung sollte in seiner Komplexität in Medienkampagnen differenziert und fachlich neutral aufgearbeitet und dargestellt werden. Dazu gehört auch die Tatsache, dass nach den derzeitigen Emissions-Prüfnormen auch bei Holzfeuerungen i. d. R. eine Diskrepanz zwischen Typenprüfmessergebnissen und den tatsächlich in der Praxis gemessenen Werten besteht. Statt Verbrennungsverbote für Holzfeuerungen ins Auge zu fassen, die einzelne Bürger in ihren Nutzungsrechten beschränken und dem Klimaschutz nicht dienlich sind, haben Kommunen auch die Möglichkeit, über Förderprogramme die freiwillige Nachrüstung von Feuerstätten oder einen Ofentausch zu forcieren. Einige Regionen nutzen dieses wirksame Instrument bereits. Neben technischen Entwicklungen und dem forcierten Austausch alter Öfen muss weiterhin eine Sensibilisierung der Bürger zum richtigen Heizen mit Holz im Fokus stehen. Aufklärungsportale, wiederkehrende Präsenz des Themas in neuen Medien, Fachvorträge und verpflichtende Beratungsgespräche mit dem Kaminkehrer sind deshalb wichtige dauerhafte anzusetzende Maßnahmen, um eine Effizienzsteigerung und Emissionsminderung im Hausbrand zu erreichen.

Immer wieder werfen Bürgerinitiativen und NGO`s in zum Teil provokanten Medienberichten der energetischen Nutzung von Holz in Deutschland vor, zum Raubbau von schutzwürdigen Waldbeständen beizutragen. Dabei werden häufig Beispiele aus Osteuropa angeführt. Aus den Ergebnissen des Energieholzmarktberichts kann diese Befürchtung bei keinem der untersuchten Brennstoffsortimente bestätigt werden, und auch mittelfristig ist Bayern nicht auf einen Import von holzartiger Biomasse angewiesen, auch nicht bei Holzpellets. Die Holznutzung beruht vielmehr auf dezentralen und regionalen Wertschöpfungsketten. Die gesamte Holzbranche braucht daher eine medienwirksame Strategie, um derartiger Berichterstattung mit Fakten zu begegnen und die praktizierte nachhaltige Waldnutzung in Bayern und Gesamtdeutschland zu kommunizieren. Entwicklungen wie in benachbarten Ländern, wo Importbiomasse, i. d. R. Holzpellets, in großen Kraftwerken verstromt werden – so genanntes Co-Firing -, sollten in Deutschland mit rechtlichen Regularien Eingehalt geboten werden. Viele große Kraftwerke haben aufgrund des geringen Wärmenutzungsanteils einen schlechten Gesamtwirkungsgrad. Vielmehr sind gerade Pellets für die Nutzung in hocheffizienten dezentralen Feuerungsanlagen prädestiniert. Darüber hinaus wäre zu befürchten, dass Co-Firing von importierten Pellets in deutschen Kohlekraftwerken in der Bevölkerung zu einem erheblichen Imageverlust für den zukunftssträchtigen Brennstoff Holzpellet führen würde.

### *Nachhaltigkeitsaspekte der Biomassenutzung RED II*

In diesem Zusammenhang sind auch die Vorschläge der europäischen Kommission zu sehen, die in dem als RED II (Renewable Energy Directive – Recast) bekannten Entwurf der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie europaweit einheitliche Standards zur Gewährleistung einer nachhaltigen Biomassenutzung im Energiesektor einführt. Was zunächst nur für Biogas und Biokraftstoffe galt, soll nun auch auf Waldbiomasse ausgeweitet werden. Nach bisherigem Entwurf müssen sich sinnigerweise nur Holzfeuerungsanlagen, die größer als 20 MW sind, hinsichtlich der Treibhausgasminderungseffekte zertifizieren lassen und die nachhaltige Herkunft des Energieholzes lückenlos nachweisen. Betreiber von Anlagen mit kleinerer Leistung, oft kleine und mittelständische Unternehmen, decken ihren Brennstoffbedarf i. d. R. über regionale Märkte. Daher ist es richtig, sie nicht unnötig mit bürokratischen und kostenintensiven Zertifizierungsnachweisen zu belasten. Im Weiteren Abstimmungsverfahren sollte die 20 MW-Grenze daher erhalten bleiben. Den betroffenen Feuerungen größer 20 MW bei den geforderten Nachweisen Unterstützung zu geben, ist Aufgabe der Verbände. Was bedeutet außerdem der Vorstoß der EU in Sachen Nachhaltigkeitsverordnung für die bayerischen Waldbauern? Aufgrund der geltenden Landesgesetze ist die Nachhaltigkeit von bereitgestelltem Energieholz aus dem Wald aus deutscher und bayerischer Sicht gewährleistet. Die Politik sollte sich daher dafür einsetzen, dass RED II die bereits etablierten Systeme auf Länderebene anerkennt und dass eine Selbsterklärung seitens der Waldbesitzer zur nachhaltigen Forstwirtschaft ausreicht. Darüber hinaus sind die Forstwirtschaft und ihre Akteure gefordert, die Entwicklungen auf EU-Ebene sowie Forderungen anderer Bevölkerungsgruppen zum Umgang mit dem Natur- und Lebensraum zu beobachten und aktiv mitzugestalten.

### *Kaskade*

Eine Kaskadennutzung von Holz wird verwirklicht, wenn das Holz zunächst – möglichst mehrfach – stofflich und danach energetisch genutzt wird (UMWELTBUNDESAMT 2017). Jedoch ist die Verwendung von Koppelprodukten wie zum Beispiel Sägenebenprodukten nicht als Kaskadennutzung zu verstehen (HÖGLMEIER ET AL. 2016). Ein sehr effizientes Beispiel einer Kaskadennutzung ist die Herstellung von Papier (UMWELTBUNDESAMT 2017), dort wurde 2016 mit 16,9 Mio. Tonnen Altpapier eine Altpapiereinsatzquote von 75 % erreicht (VDP 2017). Im Bereich der Holznutzung ist eine Kaskade bisher nur bei der Herstellung von Spanplatten etabliert (HÖGLMEIER ET AL. 2015). Neue Nutzungsformen aus der Bioökonomie werden diese Kreisläufe noch deutlich erweitern (BMELV 2017). Im Folgenden werden für verschiedene Bereiche Maßnahmen aufgezeigt, um die Kaskadennutzung von Holz zu verstärken:

**Rohstoffe:** Ein großer Teil des Energieholzes wird in Privathaushalten und kommunalen Biomasseheizwerken eingesetzt. Die dort eingesetzten Sortimente entsprechen oft Qualitäten, die auch für eine stoffliche Nutzung geeignet sind. Zumal beim zukünftigen Einsatz in Bioraffinerien alle Komponenten der Biomasse verwendet werden sollen (BMELV ET AL. 2012) und damit die bisherigen Sortierungsmerkmale für stoffliche und energetische Nutzungen zum Teil überholt sein werden. Der Energiebedarf insgesamt sollte verringert werden, damit eine verstärkte Kaskadennutzung nicht zu einer bloßen Sortimentsverschiebung zu mehr Frischholzeinsatz im energetischen Bereich führt (HÖGLMEIER ET AL. 2016).

**Nutzungswege:** Durch den Waldumbau hin zu klimatoleranten Mischwäldern wird in Zukunft mehr Laubholz anfallen, aber die stoffliche Nutzung basiert heute zum größten Teil noch auf Nadelholz. Um die Voraussetzung einer Nutzungskaskade überhaupt zu schaffen, muss weiter verstärkt an stofflichen Nutzungsmöglichkeiten für Laubholz geforscht werden.

Altholz muss über effektive Erfassungssysteme gesammelt werden, um die Materialverluste im Rahmen der Kaskade zu minimieren.

Die Herstellung der Produkte und deren Nutzung sollte so optimiert werden, dass hinterher eine stoffliche Nutzung des Altholzes möglich ist. Die Kreislaufwirtschaft kann intensiviert werden, wenn schon im Produktdesign die Möglichkeit der Wiederverwertung berücksichtigt wird. Die Hersteller sollten vor der Markteinführung neuer Produkte bereits Konzepte für eine sinnvolle stoffliche Wiederverwertung vorweisen.

**Energetische Verwertung:** Alles Altholz soll am Ende der Kaskade energetisch verwertet werden. Aufgrund der teuren und aufwendigen Filtertechnik, die bei der Verbrennung von Altholz benötigt wird, ist dies aber bisher nur in größeren Biomasseheizkraftwerken (>5MW) möglich. Bisher wird die Abwärme nicht immer optimal genutzt (WEIDNER ET AL. 2016). Die Anlagen müssen so geplant werden, dass der Energieinhalt des Altholzes optimal genutzt wird. Dies gelingt bei der Verwendung von Prozesswärme eher. Der Bedarf an Raumwärme unterliegt starken saisonalen Schwankungen und ist räumlich weniger stark konzentriert. Wird die Wärme über Fernwärmeleitungen verteilt, müssen große Netzverluste in Kauf genommen werden. Deshalb haben kleinere dezentrale Biomasseanlagen für den Einsatz als Raumwärme grundsätzlich Effizienzvorteile, scheiden für die Verwertung von belastetem Altholz jedoch aus.

## 4 Zusammenfassung

Im Bericht „Energieholzmarkt 2016“ werden aktuelle Daten zum Aufkommen und Verbrauch von Energieholz in Bayern bereitgestellt. Der Bericht baut auf die Marktberichterstattung aus den Jahren 2000 (WAGNER UND WITTKOPF 2000), 2005 (BAUER ET AL. 2006), 2010 (FRIEDRICH ET AL. 2012), 2012 (GAGGERMEIER ET AL. 2014) und 2014 (WEIDNER ET AL. 2016) auf. Die Daten wurden auf der Basis von offiziellen Statistiken, durch schriftliche oder telefonische Befragungen der Marktteilnehmer, in Gesprächen mit Experten und durch ergänzende Literaturrecherchen von der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft zusammen mit C.A.R.M.E.N. e. V. erhoben und zusammengestellt. Weiterhin wurden Auswirkungen der Förderprogramme auf den Energieholzmarkt dargestellt. Mit den erhobenen Daten wird die Holzbilanz 2016 für Bayern zusammengestellt, welche das Aufkommen und den Verbrauch in der ersten Verarbeitungsstufe umfasst.

Der Klimaschutzbeitrag des Clusters Forst und Holz beträgt für das Jahr 2016 20,1 Millionen CO<sub>2</sub> Äquivalente.

### Aufkommen

Das Holzaufkommen 2016 lag bei 38,76 Mio. m<sup>3</sup>. Davon wurden 16,97 Mio. Festmeter mit Rinde oder rund 43 % aus dem Wald bereitgestellt. Im Vergleich zu 2014 sank damit das Aufkommen von Waldholz um knapp 0,50 Mio. Festmeter mit Rinde. Das Stammholz stieg leicht um 0,17 Mio. Festmeter mit Rinde. Die Bereitstellung von Waldenergieholz nahm insgesamt um 0,56 Mio. Festmeter mit Rinde ab. Der Rückgang ist alleine durch das Scheitholz bedingt, denn die Waldhackschnitzel hatten wegen der Bekämpfung einer Borkenkäfermassenvermehrung ein leicht höheres Aufkommen als 2014. Die Waldbesitzer haben 2016 rund 34 % des eingeschlagenen Holzes als Energieholz ausgehalten, das ist rund ein Prozentpunkt weniger als 2014.

Das Aufkommen an Industrierestholz aus der Weiterverarbeitung des Schnittholzes und der Spanplatten wird auf 1,83 Mio. m<sup>3</sup> geschätzt. 1,91 Mio. m<sup>3</sup> Altholz fiel in Bayern an. Aus Flur und Siedlungen wurden 1,58 Mio. m<sup>3</sup> Holz bereitgestellt. Dieser Wert stellt eine Steigerung um 73 % gegenüber 2014 dar. Neben einer höheren Erfassungsquote des Flur und Siedlungsholzes, haben alle Quellen eine größere Menge als 2014 bereitgestellt. Aus den Haushalten, Betrieben und öffentlichen Einrichtungen wurden 4,64 Mio. m<sup>3</sup> Altpapier gesammelt. In Kurzumtriebsplantagen wurden ca. 33.000 Festmeter geerntet.

Mit einer Produktionskapazität von mittlerweile einer Millionen Tonnen Holzpellet pro Jahr sind die bayerischen Pelletproduzenten sehr gut aufgestellt. 2016 wurden an 15 Standorten nahezu ausschließlich aus Sägenebenprodukten 800.000 t Qualitäts-Holzpellets gepresst. Bei einem erhobenen landesinternen Pelletverbrauch von rund 790.000 t konnte die Bevölkerung somit bilanziell zu 100% mit regional erzeugten Pellets beliefert werden.

Zum Ausgleich der Holzbilanz ist auf der Aufkommenseite der Posten Bilanzausgleich nötig. Der Bilanzausgleich beträgt 6,28 Mio. m<sup>3</sup>. Mehrere Gründe sind für diesen Posten anzuführen. Das Aufkommen an Altpapier ist aufgrund von Unsicherheiten im Berechnungsverfahren um 0,6 Mio. m<sup>3</sup> geringer als der Verbrauch. Weiterhin hat durch den Sturm Niklas ein Lageraufbau stattgefunden, der 2016 abgebaut wurde. Das Aufkommen ist hierdurch vermutlich verringert und der Verbrauch erhöht. Nach der dritten Bundeswaldinventur wurden Anpassungen an der Holzeinschlaghebung durchgeführt, um den damals festgestellten nicht erfassten Holzein-



schlag zu verringern. Die nicht erfassten Mengen können im Moment nicht beziffert werden, erhöhen aber den Bilanzausgleich. Der Außenhandel mit Holzprodukten innerhalb der EU wird für kleinere Unternehmen nur geschätzt und dann nicht den Waren zugeordnet. Hierdurch wird der Bilanzausgleich um 0,47 Mio. m<sup>3</sup> erhöht.

## Verbrauch

Für die energetische Nutzung wurde rund 48 % des Holzes oder 15,72 Mio. m<sup>3</sup> verbraucht. 5,75 Mio. Fm wurden davon direkt aus dem Wald bereitgestellt. Die anderen Mengen stammen aus Holzresten, die bei der Verarbeitung anfallen sowie dem Gebrauchtholz. Die Privathaushalte hatten mit 8,31 Mio. m<sup>3</sup> den größten Anteil an der energetischen Nutzung. Das entspricht einer Steigerung von rund 20 % gegenüber 2014. Der größte Teil des Anstiegs wurde durch den um 12 % kühleren Winter 2016/17 erklärt, da die Haushalte deswegen mehr Heizwärme benötigten. Zusätzlich ist die Anzahl der Haushalte in Bayern um 5 % und die beheizte Wohnfläche leicht angestiegen.

Holzfeuerungsanlagen außerhalb der Privathaushalte und Biomasseheiz(kraft)werke, zusammengefasst unter der Verbrauchergruppe der Holzfeuerungen größer 50 kW, hatten 2016 einen Energieholzbedarf in Höhe von 7,41 Mio. m<sup>3</sup>. Im Vergleich zu 2014 lässt sich eine Verbrauchssteigerung um 8 % ableiten, allerdings muss berücksichtigt werden, dass 2016 erstmal auch holzbasierte Nebenprodukte der Zellstoffherstellung oder Holzfaser aus der Altpapieraufbereitung, die in der Zellstoff- bzw. Papierindustrie in werkseigenen Feuerungen verbrannt werden, in die Bilanzzahlen mit eingeflossen sind. Abzüglich dieser Mengen lässt sich über Umfragen und Hochrechnungen im Rahmen des Projektes lediglich ein Mehrverbrauch von 2 % errechnen.

Der Bestand an Holzfeuerungen mit einer Leistung größer 50 kW wird in Bayern auf rund 20.000 Anlagen geschätzt. Obwohl davon nur 320 Anlagen Strom erzeugen, verbrauchen diese sogenannten KWK-Anlagen rund 60 % der eingesetzten Energieholzmenge. Etwa ein Drittel dieser Menge ist Altholz. Anlagen, die einen Brennstoffbonus im Rahmen der früheren EEG-Fassungen in Anspruch nehmen, verbrennen demgegenüber hauptsächlich Waldrestholz, Landschaftspflegeholz und/oder Rinde. Alle drei naturbelassenen Energieholzsortimente zusammen nehmen deshalb einen bedeutenden Anteil von 50 % an der Holzmenge ein, die in stromerzeugenden Anlagen verbrannt wurde. Bei einer installierten Leistung von 253 MW<sub>el</sub> haben die holzbasierten KWK-Anlagen 1,64 Terrawattstunden erneuerbaren Strom im Jahr 2016 bereitgestellt.

Den reinen Wärmeerzeugern > 50 kW weist die Studie einen Verbrauch von rund 3,04 Mio. m<sup>3</sup> zu. Im Gegensatz zum stromerzeugenden Anlagenbestand dominieren bei den Biomasseheizwerken die Brennstoffe Waldhackschnitzel mit einem Anteil von 30 % und naturbelassene Nebenprodukte der Holzbe- und verarbeitenden Betriebe mit 28 %. Altholz hingegen wird bei den reinen Wärmeerzeugern mit einem Anteil von insgesamt 15 % lediglich in werksinternen Feuerungen der Holzbranche verbrannt und dient im Wesentlichen der Prozesswärmebereitstellung zur Trocknung von Holzprodukten.

Ein Zubau von großen KWK-Anlagen fand in den Jahren 2015 und 2016 in Bayern vor dem Hintergrund der letzten beiden EEG-Novellen nicht mehr statt. Die installierte elektrische Leistung blieb daher unter Berücksichtigung einzelner Rückbauten und dem positiven Beitrag neuer kleiner Holzvergasungsanlagen weitgehend konstant. Bei den immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Wärmeerzeugern > 1 MW, die häufig in Betrieben der Holzbe- und Verarbeitung angesiedelt sind, wird sogar ein leichter Rückbau der installierten thermischen Leistung vermutet.

Kommunen und engagierte Bürger stoßen jedoch nach wie vor Nahwärmeversorgungsprojekte an, bei denen ein Biomassekessel der zentrale Energieerzeuger im Zusammenspiel mit weiteren Energiequellen ist. Diese neuen Projekte bieten Chancen, den heimischen Rohstoff aus dem Wald auch weiterhin in hocheffektiven dezentralen Projekten zu regenerativer Wärme umzuwandeln.

Trotz der guten Förderkonditionen für kleine und mittlere Anlagen und der wichtigen Rolle bei der Wärmewende, die der holzartigen Biomasse in Deutschland nach wie vor zugeschrieben wird, kämpft die Branche der energetischen Holznutzer aber seit Jahren auch mit Gegenwind. Insbesondere im großen Leistungsbereich trägt die langwierige Umsetzung europäischer Vorgaben zur Luftreinhaltung in deutsches Recht zu einer deutlichen Verunsicherung potentieller Bauherren bei. Darüber hinaus sorgen die anhaltend niedrigen Preise fossiler Energieträger dafür, dass so manche Projektidee aufgrund scheinbarer Unwirtschaftlichkeit im Sande verläuft.

Holz als Energieträger hat eine wichtige Bedeutung im Wärme und Strommarkt in Bayern. In der näheren Zukunft ist eher nicht mit einem Anstieg an neuen Holzheizungen im Privathaushalten zu rechnen. Der Verbrauch wird je nach Witterung des Winters schwanken aber nicht grundsätzlich zunehmen. Langfristig ist mit einem sinkenden Verbrauch aufgrund von Klimaerwärmung, besserer Dämmung und effizienteren Heizungen zu rechnen.



## 5 Literatur

AEBIOM 2017 (2017): Statistical Report 2017. Brüssel: European Biomass Association

AMPRION (2017): Dateien zu Stammdaten mit Stand 31.12.2016 der im Jahr 2016 in Betrieb befindlichen EEG-Anlagen der gesamten Regelzone der Amprion GmbH und deren Bewegungsdaten für das Jahr 2016. Abgerufen am 22.09.2017 von <https://www.amprion.net/Strommarkt/Abgaben-und-Umlagen/EEG-Jahresabrechnung/2016.html>

BÄRWOLFF, M.; REINHOLD, G.; FÜRSTENAU, C.; GRAF, T.; JUNG, L.; VETTER, A. (2013): Gewässerrandstreifen als Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsysteme, Umweltbundesamt Texte 94/2013, S. 61.

BAUER, J.; ZORMAIER, F.; BORCHERT, H.; BURGER, F. (2006): Energieholzmarkt Bayern – Analyse der Holzpotentiale und Nachfragestruktur. LWF Wissen 53.

BAUER, W. (2016): Strategien der differenzierten Erfassung von Altholz. Tagungsband Verwertung von Altholz, Fachtagung des LfU am 24.02.2016, S. 86 – 97.

BAYSF, BAYERISCHES STAATSFORSTEN (HRSG.) (2016): Statistikband 2016.

BAYPAPIER, BAYERISCHE PAPIERVERBÄNDE (2017): Entwicklung der Produktionsmenge der bayerischen Papierindustrie in 1.000 t (Diagramm) <http://www.baypapier.com/papierverpackung/daten-fakten/papiererzeugung> Download am 09.10.2017 um 10:06.

BDH, BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN HEIZUNGSINDUSTRIE (2018): 10-Jahres-Verlauf Absatz Wärmeerzeuger Deutschland, abgerufen am 22.03.2018 unter [http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user\\_upload/Daten\\_Fakten/Marktentwicklung\\_2008-2017\\_DE.pdf](http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Daten_Fakten/Marktentwicklung_2008-2017_DE.pdf).

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2015): Produktion des Verarbeitenden Gewerbes in Bayern 2014 (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden). Statistische Berichte.

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2016): Produktion des Verarbeitenden Gewerbes in Bayern 2015 (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden). Statistische Berichte.

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2017A): Produktion des Verarbeitenden Gewerbes in Bayern 2016 (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden). Statistische Berichte.

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2017B): Verarbeitendes Gewerbe in Bayern 2016 (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden). Statistische Berichte.

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2017C): Strukturdaten über Privathaushalte und Haushaltsmitglieder in Bayern 2016: abgerufen am 29.11.2017.

BLICK, T., BURGER, F. (2016): Die Spinnenfauna der Kurzumtriebsplantage Wöllershof von 1995 bis 2011, LWF Wissen 79, S. 49-60.

BMEL, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2017): Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen. Charta für Holz 2.0. 2. Auflage

BMELV, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ; BMBF, BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG; BMU, BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT; BMWI, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (HRSG.) (2012): Roadmap Bioraffinerien im Rahmen der Aktionspläne der Bundesregierung zur stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Stand Mai 2012.

BMWi, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2015A): Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 11. März 2015. Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz.

BMWi, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2015B): Richtlinie zur Förderung der beschleunigten Modernisierung von Heizungsanlagen bei Nutzung erneuerbarer Energien Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) vom 16. Dezember 2015. Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz.

BMWi, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2017): Die Energiewende: unsere Erfolgsgeschichte. Informationsschrift

BORCHERT, H; FRIEDRICH, S.; KLEMMT, H.-J.; SEIFERT, T. (2016): Enorme Holzvorräte und große Nutzungspotenziale in Bayerns Wäldern. LWF aktuell Nr. 109, S. 13-15.

BORCHERT, H.; RENNER, F. (2018): Holzaufkommen und Waldumbau: ein Szenario für Bayern. AFZ/Der Wald Nr. 1 S. 37 – 39.

BRANDHUBER, R.; TREISCH, M.; FISCHER, F.; KISTLER, M.; MAIER, H.; AUERSWALD, K. (2017): Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten - Beobachtungen und Analysen im Mai/Juni 2016. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 2/2017, S. 121.

BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (2017A): Flexibilität im Stromversorgungssystem Bestandsaufnahme, Hemmnisse und Ansätze zur verbesserten Erschließung von Flexibilität. Diskussionspapier, Stand 03.April 2017.

BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (2017B): EEG-Anlagenregister – August 2014 bis September 2017. Abgerufen am 17.09.2017 von [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/VOeFF\\_Registerdaten/2017\\_09\\_Veroeff\\_RegDaten.xlsx?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/VOeFF_Registerdaten/2017_09_Veroeff_RegDaten.xlsx?__blob=publicationFile&v=2)

BUNDESREGIERUNG (2018): Energiewende  
<https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/0-Buehne/buehnenartikel-links-energiewende-im-ueberblick.html;jsessionid=07EBA397D798A144B6F4FB837EFD0DA.s2t1> abgerufen am 01.03.2018.

BURGER, F., SCHWEIER, J. (2016): Die Ökobilanz von Kurzumtriebsplantagen, LWF Wissen 79, S. 73-82.

BURGER, F.; STOLL, B.; HENTZSCHEL-ZIMMERMANN, A. (2012): Biomasseproduktion von Kurzumtriebsplantagen in Bayern – Ertragskundliche Ergebnisse des Projekts „Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb“. Materialien der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 15.

BURKHARDT (2017): Zubau an Holzvergaser in Bayern. Stand 31.12.2016. Schriftliche Auskunft durch Herrn C. Burkhardt.

BWI III (2018): Nutzungen nach Land und Baumartengruppen in Vorrat des genutzten Bestandes [1000m<sup>3</sup>/a]. Ergebnistabelle, abgerufen am 08.02.2018.

C.A.R.M.E.N. E.V. (2017): Preisentwicklung bei Holzpellets – der Holzpellet-Preis-Index. Abgerufen am 19.10.2017 von <https://www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/holzpellets>

CLEARINGSTELLE (2010): NawaRo-Bonusfähigkeit von „Sägewerks-Rinde“. Abgerufen am 24.11.2017 von <https://www.clearingstelle-eeq.de/votv/2009/10>

DBFZ, DEUTSCHES BIOMASSEFORSCHUNGSZENTRUM (2015A): Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse) - Zwischenbericht Mai 2015. Projektnummer 03MAP250. Leipzig: DEUTSCHES BIOMASSEFORSCHUNGSZENTRUM.

DBFZ, DEUTSCHES BIOMASSEFORSCHUNGSZENTRUM (2015B): Biomasse zur Wärmeerzeugung – Methoden zur Quantifizierung des Brennstoffeinsatzes. Leipzig. S. 24: DBFZ Report Nr. 24.

DEPI, DEUTSCHES PELLETTINSTITUT (2017A): Infothek – Grafiken. Abgerufen am 25.10.2017 von [http://www.depi.de/media/filebase/files/infothek/images/Pelletproduktion\\_und\\_Inlandsbedarf.jpg](http://www.depi.de/media/filebase/files/infothek/images/Pelletproduktion_und_Inlandsbedarf.jpg)

DEPI, DEUTSCHES PELLETTINSTITUT (2017B): Daten zum Pelletmarkt in Bayern 2016. unveröffentlichtes Informationsblatt mit Stand Juli 2017. Berlin

DEPV, Deutscher Energieholz- und Pelletverband e.V. (2017): Verhaltene Marktentwicklung für Holzpellets 2016. Pressemitteilung vom 06.02.2017. Abgerufen am 25.10.2017 von [http://www.depv.de/de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung\\_lesen/presse/93660242701/](http://www.depv.de/de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung_lesen/presse/93660242701/)

DEPV, Deutscher Energieholz- und Pelletverband e.V. (2018): Hohe Produktion von Holzpellets 2017 – Absatz von Feuerungen moderat gestiegen. Pressemitteilung vom 08.02.2018. Abgerufen am 08.02.2018 von [http://www.depv.de/de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung\\_lesen/presse/87546270880/](http://www.depv.de/de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung_lesen/presse/87546270880/)

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2012): Information zur Außenhandelsstatistik. Abgerufen am 11.04.2018 unter [https://www-gene-sis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=6D61492048FDB390058BB198495B0131.tomcatGO\\_2\\_3?operation=statistikLangtext&levelindex=0&levelid=1523443441979&index=2](https://www-gene-sis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=6D61492048FDB390058BB198495B0131.tomcatGO_2_3?operation=statistikLangtext&levelindex=0&levelid=1523443441979&index=2)

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2017A): Holzeinschlag 2016 in Bayern, abgerufen am 04.06.2017.

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2017B): Daten zur Energiepreisentwicklung - Lange Reihen bis September 2017. Publikationen im Bereich Daten zur Energiepreisentwicklung Abgerufen am 29.10.2017 von

[https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungPDF\\_5619001.html](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungPDF_5619001.html)

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2018): Tabelle 32121-0001, Aufkommen an Haushaltsabfällen: Deutschland, Jahre, Abfallarten <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=32121-0001&zeitscheiben=2>, abgerufen am 24.01.2018

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2018A): Artikelnummer: 5619001181025, Preise – daten zur Energiepreisentwicklung – Lange Zeitreihe von Januar 2000 bis Februar 2018.

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2018B): Erläuterungen Außenhandelsstatistik. Abgerufen am 11.04.2018 unter:

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Aussenhandel/Methoden/Aussenhandelsstatistik.html>

DIETZ, E. (2012): Flur- und Schwemholz. LWF Wissen 70, S.41 – 44.

DÖRING, S. (2012): Power from Pellets. Technology and Applikations. Springer Science & Business Media. S. 218.

DÖRING, P.; GLASENAPP, S.; MANTAU, U. 2016: Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2014. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente. Hamburg. S. 37.

DÖRING, P.; GLASENAPP, S.; MANTAU, U. (2017A): Holzwerkstoffindustrie 2015. Entwicklung der Produktionskapazität und Holzrohstoffnutzung. Hamburg. S. 24.

DÖRING, P.; GLASENAPP, S.; MANTAU, U. (2017B): Sägeindustrie 2015. Einschnitt- und Produktionsvolumen. Hamburg. S. 32.

DRITTLER, L.; THEUVSEN, L. (2017): Es gibt zu viele Fragezeichen. Bayerisches landwirtschaftliches Wochenblatt Nr. 38, S. 47.

DWD, DEUTSCHER WETTERDIENST (2018): Deutscher Klimaatlas Lufttemperatur im Winter Emissionsszenario: A1B Zeitfenster: 2040 – 2070, abgerufen am 21.03.2018 unter [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html)

EUWID 45 (2015): Marktbericht für Altholz. Euwid – Recycling und Entsorgung 45/2015 vom 03.11.2015.

EUWID 13 (2016): German Pellets: Insolvenzeröffnung erfolgt am 1. Mai. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 13/2016 vom 01.04.2016.

EUWID 30 (2016): Marktbericht für Altholz. Euwid – Recycling und Entsorgung 30/2016 vom 26.07.2016.

EUWID 42 (2016): „Entsorgungsengpässe bei Altholz erfordern Erhöhung effizienter Anlagenkapazitäten“. Euwid - Recycling und Entsorgung 42/2016 vom 18.10.2016.

EUWID 43 (2016): Holzwerke Pröbstl haben Starkholzsägewerk verkauft. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 43/2016 vom 27.10.2016.

EUWID 48 (2016): Weitere Schleifholzverarbeiter und Forstbetriebe haben sich auf Vorverträge für 2017 verständigt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 48/2016 vom 01.12.2016

EUWID 51 (2016): Europäische Holzwerkstoffindustrie hat sich 2016 in verschiedene Richtungen entwickelt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 51/2016 vom 22.12.2016

EUWID 51 (2016A): Fokussierung auf Weiterverarbeitung führt zur Stilllegung mehrere Sägewerkstandorte. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 51/2016 vom 22.12.2016

EUWID 18 (2017): Marktbericht für Altholz. Euwid – Recycling und Entsorgung 18/2017 vom 03.05.2017.

EUWID 22 (2017): Verarbeiter lehnen zunehmend Schleifholzmengen ab. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 22/2017, 01.06.2017

EUWID 41 (2017): Papierwerke sind zur Schleifholzübernahme aus den bayerischen Sturmgebieten bereit. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 41/2017 vom 12.10.2017

EUWID 39 (2017): EU wird Pappelprojekt mit knapp 10 Mio. € UNTERSTÜTZEN. Ausgabe 39/2017 vom 28.09.2017  
EUWID 26 (2016): Rauch Spanplattenwerk will Produktion 2016/2017 erhöhen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 26/2016 vom 30.06.2016

EUWID 51 (2017): Internationalisierung der Holzwerkstoffbranche hat sich in den letzten Monaten noch verstärkt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 51/2017 vom 21.12.2016

EUWID (2018A): Preisspiegel Spanplatten, Rohspanplatten. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe, Abgerufen am 06.02.2018.

EUWID (2018B): Preisspiegel Sägenebenprodukte. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe, Abgerufen am 08.02.2018.

FAZ (2016): German Pellets wird aufgespalten. Onlineartikel abgerufen am 25.10.2017 von <http://www.faz.net/aktuell/finanzen/thema/german-pellets>

FNR, FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (HRSG.) (2017): Hackschnitzelheizungen - Marktübersicht. 5., aktualisierte Auflage.

FRIEDRICH, S. ; KNAUF, M. (2016): Holzbilanzen als Informationsquelle zur Holzverwendung auf Bundeslandebene am Beispiel der bayerischen Holzmarkt看bilanz, Forstarchiv 87, 79-85

FRIEDRICH, S.; SCHUMANN, C.; ZORMAIER, F.; SCHULMEYER, F.; DIETZ, E.; BURGER, F.; HAMMERL, R.; BORCHERT, H.; EGNER, J.-P. (2012): Energieholzmarkt Bayern 2010. LWF Wissen 70.

FRIEDRICH, S.; SCHUMANN, C. (2012): Energieholzverbrauch in Privathaushalten, LWF Wissen 70 S. 50-56.

FRÜHWALD, A.; KNAUF, M. (2013): Sozioökonomische Aspekte und Aspekte des Klimaschutzes innerhalb der Diskussion um einen möglichen Nationalpark im Nordschwarzwald. Kurzgutachten im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft der Rohholzverbraucher e. V. (AGR), des Bundesverbandes Säge- und Holzindustrie Deutschland e.V. (DSH) und des Verbandes der Säge- und Holzindustrie Baden-Württemberg e.V. (VSH), Hamburg/Bielefeld, März 2013, 35 S.

GAGGERMEIER, A., FRIEDRICH, S., HIENDLMEIER, S., ZETTIG, C. (2014): Energieholzmarktbericht Bayern 2012. Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern bezüglich Aufkommen und Verbrauch. LWF, Freising und C.A.R.M.E.N. e.V. Straubing.

GONSETH, C.; THALMANN, P.; VIELLE, M. (2017): Energie sparen dank der Klimaerwärmung. Die Volkswirtschaft 12/2017, S. 39-40

GÖßWEIN, S.; LEMME, H.; PETERCORD, R. (2017): Prachtkäfer profitieren vom Trockensommer 2015. LWF aktuell 112, S. 14 – 17.

Greening, L. A.; Greene, D.L.; Difiglio, C. (2000): Energy efficiency and consumption – the rebound effect – a survey. Energy policy 28, (6-7), S. 389-401.

HASTREITER, H. (2017): Sturm und Dürre steigern 2015 den Holzanfall. LWF aktuell 112, S. 52 – 55.

HASTREITER, H. (2018): Die Holzeinschlagserhebung 2016. LWF aktuell 116, S.57 -59.

HAUK, S.; WITTKOPF, S. (2012): Kurzumtriebsplantagen in Bayern LWF aktuell 86/2012, S. 27-28.

HEES, A. (2018): schriftliche Mitteilung, 11.04.2018, Destatis, Statistisches Bundesamt G3-Außenhandel

HEINZEL GROUP (2017): Laakirchen Papier investiert 6 Mio. Euro in Papiermaschine 11 und setzt auf nachhaltige SC-Papierproduktion. Unternehmensmitteilung vom 21.07.2017

HIENDLMEIER, S. (2017A): Betriebsdaten geförderter bayerischer Biomasseheizwerke – Auswertung Jahresberichte 2015. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V.

HIENDLMEIER, S. (2017B): Evaluierung des Förderprogramms „CO2-Vermeidung durch Biomasseheizwerke (BioKlima)“ - Förderzeitraum 2009 bis 2014. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V.

HOFFSTEDE, U. (2015): Flexible Stromproduktion mit Heizkraftwerken möglich. Pressemitteilung vom 29.10.2015. Fraunhofer IWES. Kassel

HOFMANN, M. (2005): Pappeln als nachwachsender Rohstoff auf Ackerstandorten – Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl, Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten Hann. Münden, Band 8  
HÖGLMEIER, K.; STEUBING, B.; WEBER-BLASCHKE, G.; RICHTER, K. (2015): LCA-based optimization of wood utilization under special consideration of a cascading use of wood. Journal of Environmental Management 152:158-170, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.018>

HÖGLMEIER, K.; WEBER-BLASCHKE, G.; RICHTER, K. (2016): Kaskadennutzung von Altholz in Bayern. LWF aktuell 109, S. 8 – 11.

HOLZKURIER (2017): Nadelholzsägewerke Deutschland Edition 2017. Holzkurier 6/2017 vom 09.02.2017, S. 9-11.

IER, INSTITUT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT UND RATIONELLE ENERGIEANWENDUNG (2018): Heizkostenvergleich für Wohn- und Nichtwohngebäude. Online-Tool. Universität Stuttgart.  
[http://www.ier.uni-stuttgart.de/online\\_tools/heizkostenvergleich/index.html](http://www.ier.uni-stuttgart.de/online_tools/heizkostenvergleich/index.html) , abgerufen am 28.02.2018.

INAR (2017): Zahl der verkauften Feuerstätten im Jahr 2016 rückläufig. Pressemitteilung des HKI Industrieverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e. V. abgerufen am 17.01.2018

IWU, INSTITUT FÜR WOHNEN UND UMWELT (2018): Gradtagszahlen in Deutschland – Excel Mappe, Info & Download. Abgerufen am 11.01.2018 unter <http://www.iwu.de/downloads/tools/>

JOA, B (2014): Analyse der Bestandesstruktur und der Emissionen von Holzfeuerungsanlagen zur Erzeugung von Wärme und Strom in Bayern (Schriften zur Nationalökonomie): Verlag P.C.O.

KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H.; HOFBAUER, H. (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Heidelberg u. a., Springer Verlag.

KARL, J. (2012): Dezentrale Energiesysteme: Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt. München. S. 186: Oldenburger-Verlag.

KNAUF, M.; HUNKEMÖLLER, R.; FRIEDRICH, S.; MAI, W.; BORCHERT, H.; BAUER, J. (2016): Clusterstudie Forst, Holz und Papier in Bayern 2015. Abschlussbericht Langfassung. Juni 2016, Freising.

KNAUF, M.; FRIEDRICH, S. (2016): Holzbilanzen als Instrument der regionalen Kohlenstoffbilanzierung am Beispiel des Beitrags der bayerischen Forst- und Holzwirtschaft zum Klimaschutz. Forstarchiv 87, S. 86-91.

KNÖRR, A. (2017): Qualitative Abgrenzung der stofflichen und energetischen Nutzung von Altholz bei der Spanplattenproduktion. Vortrag im Rahmen des 17. Fachkongresses Holzenergie vom 28.-29.09.2017, Festung Marienberg Würzburg.

KOLLMANN, F. (1982): Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe: Anatomie und Pathologie, Chemie, Physik, Elastizität und Festigkeit. Bd. 1. Berlin: Springer Verlag.

KRANEBITTER, B. (2015): Wirtschaftlichkeitsvergleich für Heizwärmeerzeugung in einem Niedrigenergiehaus Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 63 S

KRIZ, S. (2015): Weniger Bioenergiedörfer – mehr Erneuerbare-Energien-Dörfer Interview mit FNR-Geschäftsführer Schütte. BUND Jahrbuch Ökologisch Bauen & Renovieren 2015 S 10 – 11.

KUPTZ, D.; DIETZ, E. (2018): Hackschnitzel aus dem Kurzumtrieb. Brennstoffqualität und Verbrennungsverhalten. Schule und Beratung 1-2/2018, S. 70 – 73.



LEMME, H.; GÖBWEIN, S. (2017): Das Borkenkäferjahr 2016. LWF aktuell 112, S. 32 -34.

LFU, LANDESAMT FÜR UMWELT (2017): Hausmüll in Bayern Bilanzen 2016. Informationen aus der Abfallwirtschaft, Augsburg, S. 92

LFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2017): Datenbestand Holzfeuerungen > 1 MW FWL. mündliche Auskunft durch Herrn Schuster am 15.05.2017 Teil Biomasseanlagen

LIV, LANDESINNUNGSVERBAND FÜR DAS BAYERISCHE KAMINKEHRERHANDWERK (2017): Datenerfassung. Mündliche Auskunft durch Herrn Knothe am 21.11.2017

LOGA, T., GROBKLOS, M.; KNISSEL, J. (2003): Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten – Konsequenzen für die verbrauchsabhängige Abrechnung. INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH

LWF, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2014): Nachhaltig und naturnah - Wald und Forstwirtschaft in Bayern. Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. LWF Spezial 4, 33 S.

MICHLER, B.; HAGEN, S.; BURGER, F. (2016): Pflanzenvielfalt in Kurzumtriebsplantagen, LWF Wissen 79, S. 61-72.

RENTENBANK (2017): Nachhaltige Investitionen. Merkblatt. Stand: 03. April 2017, abgerufen am 13.02.2018: <https://www.rentenbank.de/dokumente/Merkblatt-Nachhaltige-Investitionen.pdf>

RÖNSCH, C. (2017): Auswertung zur Verteilung der Größenklassen bei Holzheizkesseln > 50 kW in Bayern auf Datengrundlage des Forschungsprojekts "Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland - Kkehrbuchehebung mit dem Kaminkehrerhandwerk" am Deutschen Biomasseforschungszentrum - DBFZ. Leipzig (unveröffentlicht)

SAPPI (2017): Umwelterklärung 2016 Sappi Stockstadt GmbH

SCHIRMER, R. (2010): Geprüfte Pappelsorten steigern Ertrag deutlich. AFZ-Der Wald 22/2010, S. 29 – 31.

SCHIRMER, R.; HAIKALI, A. (2014): Sortenprüfung von Pappelhybriden für Energiewälder. LWF Wissen 74, S. 106 – 118.

SCHRÄGLE, R. (2016): Schulung von Personal – Sachkundelehrgang zur AltholzV. Tagungsband Verwertung von Altholz, Fachtagung des LfU am 24.02.2016, S. 76 – 85

SCHRÄGLE, R. (2017): Überblick über die Grenzwerte zur stofflichen Nutzung von Altholz in der EU. Vortrag im Rahmen des 17. Fachkongresses Holzenergie vom 28.-29.09.2017, Festung Marienberg Würzburg.

SCHREIBER, R. SCHAFFNER, S. HASTREITER, H. (2012): Der Wandel in der Besitzstruktur im Privatwald Bayerns LWF aktuell 88, S. 55-57.

SOLAR PROMOTION (2016): Marktübersicht Pelletproduktion in Deutschland 2016. Pellets Markt und Trends. Ausgabe 04.16



SPANNER (2017): Zubau an Holzvergaser in Bayer mit Stand zum 31.12.2016. Schriftliche Auskunft durch Frau S. Seidel .

SPRINGER GABLER VERLAG (HRSG.)(2018) Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Elastizität, online im Internet: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/55255/elasticitaet-v9.html> abgerufen am 22.02.2018

STMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2014): Umbruch von Dauergrünland genehmigungspflichtig. Pressemitteilung vom 06.06.2014

STMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (HRSG.) (2015): Bioökonomie für Bayern!

STMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2016a): Holzmarktbericht zum I. Quartal in Bayern

STMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2016b): Holzmarktbericht zum II. Quartal in Bayern

StMELF, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (2017): Waldbericht 2017, 86 S.

STMWI, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND MEDIEN, ENERGIE UND TECHNOLOGIE (2016): Bayerisches Energieprogramm für eine sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Energieversorgung. 68 S.

TENNET (2017): Dateien zu Stammdaten mit Stand 31.12.2016 der im Jahr 2016 in Betrieb befindlichen EEG-Anlagen der gesamten Regelzone der TenneT und deren Bewegungsdaten für das Jahr 2016. Abgerufen am 19.09.2017 von <https://www.tennet.eu/de/strommarkt/strommarkt-in-deutschland/eeg-kwq/erneuerbare-energien-gesetz/anlagen-berichte-bilanzkreis/>

THRÄN, D.; PEETZ, D.; SCHAUBACH, K. (2017): Global Wood Pellet Industry and Trade Study 2017. IEA Bioenergy Task 40. June 2017

TRANSNET BW (2017): Dateien zu Stammdaten mit Stand 31.12.2016 der im Jahr 2016 in Betrieb befindlichen EEG-Anlagen der gesamten Regelzone der Transnet BW und deren Bewegungsdaten für das Jahr 2016. Abgerufen am 22.09.2017 von <https://www.transnetbw.de/de/eeg-kwq/eeg/eeg-jahresabrechnung>

UMWELTBUNDESAMT (HRSG.) (2017): BIOMASSEKASKADEN Mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis. Texte 53/2017 Endbericht, Dessau-Roßlau, Juni 2017.

UMWELTBUNDESAMT (2018A): Grenzüberschreitende Verbringung von zustimmungspflichtigen Abfällen 2016 – Import, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2503/dokumente/grenzueberschreitende\\_verbringung\\_von\\_zustimmungspflichtigen\\_abfaellen\\_2016\\_-\\_import\\_.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2503/dokumente/grenzueberschreitende_verbringung_von_zustimmungspflichtigen_abfaellen_2016_-_import_.pdf), abgerufen am 25.01.2018

- UMWELTBUNDESAMT (2018B): Grenzüberschreitende Verbringung von zustimmungspflichtigen Abfällen 2016 – Export, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2503/dokumente/grenzueberschreitende\\_verbringung\\_von\\_zustimmungspflichtigen\\_abfaellen\\_2016\\_-\\_export.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2503/dokumente/grenzueberschreitende_verbringung_von_zustimmungspflichtigen_abfaellen_2016_-_export.pdf), abgerufen am 25.01.2018
- UNSELD, R. (1999): Kurzumtriebsbewirtschaftung auf landwirtschaftlichen Grenzertragsböden – Biomasseproduktion und bodenökologische Auswirkungen verschiedener Baumarten, Shaker Verlag, Aachen, S. 193
- UTH, J. (2015): Scheitholzvergaser-/Kombikessel Marktübersicht. 9. Aktualisierte Auflage, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
- VBS, VERBANDS DER BAYERISCHEN ENTSORGUNGSUNTERNEHMEN E.V. (2017): Mitgliederliste. <http://www.vbs-ev.bayern/vbs-mitglieder.html>, abgerufen am 09.08.2017
- VDH, VERBAND DER DEUTSCHEN HOLZWERKSTOFFINDUSTRIE E.V. (2013): UMWELT-PRODUKTDEKLARATION Spanplatte, roh, Gießen, S. 9
- VDP, VERBAND DEUTSCHER PAPIERFABRIKEN E. V. (2015): Papier 2015 Ein Leistungsbericht. Annual Report, Bonn.
- VDP, VERBAND DEUTSCHER PAPIERFABRIKEN E. V. (2017): Papier 2017 Ein Leistungsbericht. Annual Report, Bonn.
- WAGNER, K.; WITTKOPF, S. (2000): Der Energieholzmarkt Bayern, LWF Wissen 26.
- WALTER-THOSS, J. (2017): Anforderungen an eine klimaschutzgerechte und nachhaltige Bioenergienutzung. Vortrag im Rahmen des 17. Fachkongresses Holzenergie vom 28.-29.09.2017, Festung Marienberg Würzburg.
- WEBER-BLASCHKE, G.; FRIEDRICH, S. (2015): Stoffliche oder energetische Holznutzung? AFZ/Der Wald Nr. 23, S. 23-25.
- WEGSCHEID (2015): Zubau an Holzvergasern in Bayern. Schriftliche Auskunft durch Frau J. Federhofer.
- WEIDNER, U.; HIENDLMEIER, S.; ZENKER, M.; BORCHERT, H.; FRIEDRICH, S.; SCHULMEYER, F.; LEUCHTWEIS, C. (2016): Energieholzmarkt Bayern 2014. Abschlussbericht. Freising
- ZAW SR (ZWECKVERBAND ABFALLWIRTSCHAFT STRAUBING STADT UND LAND) (2017): Abfall Wirtschaftsbericht 2016, Straubing, 66 S.
- ZIV, BUNDESVERBAND DES SCHORNSTEINFEGERHANDWERKS (2017): Datenauskunft zum Anlagenbestand an Holzzentralfeuerungen im Gültigkeitsbereich der 1. BImSchV in Bayern Ende 2016 (unveröffentlicht)

**Normen und Gesetze:**

DIN V4108-6, AUSGABE 2003-06: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

EEWÄRMEG: Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1722) geändert worden ist

VERORDNUNG (EU) NR. 1307/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 mit Vorschriften über Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 637/2008 des Rates und der Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates-[Agrar-DirektZahlVO 2013], BAYERN.RECHT (ABl. Nr. L 347 S. 608, ber. ABl. 2016 Nr. L 130 S. 14). Zuletzt geändert durch VO (EU) 2017/2393 des EP und des Rates vom 13.12.2017 (ABl. Nr. L 350 S. 15).