

Abschlussbericht 06/2020

Energieholzmarkt Bayern 2018

Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern
hinsichtlich Aufkommen und Verbrauch

BAYERISCHE FORSTVERWALTUNG 



Impressum

Projektleitung

Sebastian Gößwein

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Sebastian.Goesswein@lwf.bayern.de

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

Titelbilder: M. Riebler, LWF

Freising, Juli 2020

Zitiervorschlag:

Gößwein, S.; Hiendlmeier, S.; Borchert, H. (2020): Energieholzmarkt Bayern 2018. Abschlussbericht, Freising. 138 S.

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Impressum..... | 2 |
| Inhalt | 3 |
| Abbildungsverzeichnis..... | 6 |
| Tabellenverzeichnis | 9 |
| 1 Einleitung..... | 13 |
| 1.1 Zielsetzung | 13 |
| 1.2 Untersuchungsrahmen..... | 14 |
| 1.3 Umrechnungsfaktoren | 14 |
| 2 Holzaufkommen | 17 |
| 2.1 Waldenergieholz | 17 |
| 2.1.1 Methode..... | 17 |
| 2.1.2 Holznutzungspotenziale | 17 |
| 2.1.3 Rohholzaufkommen | 19 |
| 2.1.4 Energieholzaufkommen aus dem Wald 2018 | 23 |
| 2.1.5 Waldhackschnitzelaufkommen aus der Umfrage unter Hackerunternehmern | 24 |
| 2.1.6 Preisentwicklung bei Scheitholz und Waldhackschnitzeln | 27 |
| 2.1.7 Diskussion..... | 29 |
| 2.1.8 Fazit und Trends | 31 |
| 2.2 Nebenprodukte der Sägeindustrie..... | 32 |
| 2.2.1 Methode..... | 32 |
| 2.2.2 Darstellung der Befragungsergebnisse und Hochrechnungen | 33 |
| 2.2.3 Aufkommen von Nebenprodukten in den Sägewerken..... | 33 |
| 2.2.4 Verwendung Nebenprodukte | 34 |
| 2.2.5 Struktur der Sägewerke in Bayern | 36 |
| 2.2.6 Preisentwicklung bei den Nebenprodukten | 38 |
| 2.2.7 Diskussion..... | 39 |
| 2.3 Pelletproduktion und –verbrauch | 43 |
| 2.3.1 Methodik..... | 43 |
| 2.3.2 Pellethersteller und Pelletproduktion..... | 43 |
| 2.3.3 Verwendung..... | 45 |
| 2.3.4 Pelletpreise..... | 46 |

| | |
|---|-----|
| 2.3.5 Fazit und Trends | 48 |
| 2.4 Altholz | 51 |
| 2.4.1 Befragung der Altholzverwerter | 51 |
| 2.4.2 Altholzaufkommen und Altholzverwendung | 52 |
| 2.4.3 Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz | 53 |
| 2.4.4 Entwicklung der Altholzpreise..... | 54 |
| 2.4.5 Diskussion..... | 54 |
| 2.5 Kurzumtriebsplantagen..... | 57 |
| 2.5.1 Flächenbestand und Hackschnitzelaufkommen | 57 |
| 2.5.2 Fazit und Trends | 58 |
| 2.6 Energieholzverbrauch in Privathaushalten | 59 |
| 2.6.1 Methode..... | 59 |
| 2.6.2 Befragungsergebnisse | 60 |
| 2.6.3 Energieholzverbrauch nach Sortimenten | 67 |
| 2.6.4 Entwicklung der Investitionen im Gebäudebestand | 68 |
| 2.6.5 Witterung in Bayern..... | 73 |
| 2.6.6 Diskussion..... | 74 |
| 2.6.7 Fazit und Trends..... | 79 |
| 2.7 Mittlere Holzfeuerungen und Biomasseheiz(kraft)werke | 80 |
| 2.7.1 Methodik..... | 80 |
| 2.7.2 Ergebnisse: Energieholzverbrauch Feuerungsanlagen > 50 kW | 86 |
| 2.7.3 Diskussion..... | 99 |
| 2.7.4 Fazit und Trends..... | 103 |
| 2.8 Papier- und Zellstoffindustrie..... | 106 |
| 2.8.1 Methode..... | 106 |
| 2.8.2 Holzverbrauch der bayerischen Papierindustrie..... | 106 |
| 2.8.3 Holzverbrauch der bayerischen Zellstoffindustrie | 107 |
| 2.8.4 Aufkommen und Verbrauch von Altpapier | 107 |
| 2.8.5 Fazit und Marktgeschehen..... | 107 |
| 2.9 Holzwerkstoffindustrie..... | 109 |
| 2.9.1 Methode..... | 109 |
| 2.9.2 Holzverbrauch der bayerischen Holzwerkstoffindustrie..... | 109 |
| 2.9.3 Diskussion..... | 110 |
| 2.9.4 Fazit und Trends..... | 110 |

3 Holzbilanz 111

| | |
|-----------------------|-----|
| 3.1 Aufkommen..... | 111 |
| 3.2 Verbrauch..... | 111 |
| 3.3 Außenhandel | 114 |

| | |
|--|------------|
| 3.4 Bilanzen..... | 116 |
| 3.5 Stoffstrommodell und Primärenergieverbrauch..... | 121 |
| 3.6 Schlussfolgerungen | 123 |
| 3.6.1 Ableitung von Maßnahmen und Empfehlungen..... | 124 |
| 4 Zusammenfassung..... | 133 |
| 5 Literatur..... | 136 |
| 6 Anhang | 147 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| ABBILDUNG 1: ENERGIEHOLZPOTENZIALE IN DEN GEMEINDEN BAYERNS..... | 19 |
| ABBILDUNG 2: HOLZEINSCHLAGSMENGE IN BAYERN DER JAHRE 2006 BIS 2018. (QUELLE: STATISTISCHES BUNDESAMT 2019) | 20 |
| ABBILDUNG 3: HOLZEINSCHLAG NACH WALDBESITZARTEN FÜR DIE JAHRE 2012 BIS 2018 (QUELLE: STATISTISCHES BUNDESAMT 2019)..... | 20 |
| ABBILDUNG 4: EINSCHLAG IN BAYERN ZWISCHEN 2008 UND 2018. ZUSÄTZLICH SIND DIE ZUFÄLLIGEN ERTRÄGE (ZE) UND DEREN URSACHEN AUFGEFÜHRT. DIE NAMEN ÜBER DEN SPALTEN BEZEICHNEN DIE STÜRME, DIE IN BAYERN GRÖßERE SCHÄDEN IN DEN WÄLDERN ANGERICHTET HABEN. | 21 |
| ABBILDUNG 5: HOLZEINSCHLAG NACH SORTIMENTEN OHNE DAS NICHT VERWERTETE HOLZ (QUELLE: STATISTISCHES BUNDESAMT UND BAYSF AÖR)..... | 22 |
| ABBILDUNG 6: HOLZEINSCHLAG NACH SORTIMENTEN IM PRIVATWALD NACH BESITZGRÖßENKLASSEN OHNE DAS NICHT VERWERTETE HOLZ (QUELLE: LWF). | 22 |
| ABBILDUNG 7: VERTEILUNG DER GENUTZTEN SORTIMENTE NACH BAUMART. DIE NADELHÖLZER WEISEN DEN GRÖßTEN ANTEIL IN DER STOFFLICHEN NUTZUNG AUF. NEBEN DEM HÖHEREN STAMMHOLZANTEIL DER NADELHÖLZER SIND WEITERE GRÜNDE IN EINER TEILWEISE FEHLENDEN STOFFLICHEN VERWERTUNGSMÖGLICHKEIT, STARKEN ENERGIEHOLZNUTZUNG IM KLEINPRIVATWALD UND MANGELNDEN PFLEGE DER LAUBHÖLZER ZU SEHEN. SONSTIGES LAUBHOLZ IST IN DER BAUMARTENGRUPPE BUCHE ENTHALTEN. | 24 |
| ABBILDUNG 8: DURCHSCHNITTSPREISE FÜR BAYERISCHES SCHEITHOLZ VON PROFESSIONELLEN HÄNDLERN VON 2007/08 BIS 2019/20 (BRUTTO). (QUELLE: EIGENE ERHEBUNG)..... | 28 |
| ABBILDUNG 9: DIE PREISE SIND VON 2008 BIS 2015 NAHEZU STETIG GESTIEGEN UND FIELEN DANN BIS 2017 SEHR STARK. DER PREISVERFALL DEUTETE AUF EIN ÜBERANGEBOT HIN, DESSEN URSACHEN IM NIEDRIGEREN BEDARF DER HEIZKRAFTWERKE AUFGRUND DER WARMEN WINTER UND DER ZUSÄTZLICHEN MENGEN DURCH STURM- UND BORKENKÄFERSCHÄDEN GESEHEN WIRD. 2018 HABEN SICH DIE PREISE NUR LEICHT ERHOLT. (QUELLE: C.A.R.M.E.N. E. V.)..... | 29 |
| ABBILDUNG 10: NEBENPRODUKTE DER SÄGEWERKE. DEN GRÖßTEN ANTEIL HABEN DIE KLASSISCHEN SÄGENEBENPRODUKTE. INDUSTRIERESTHOLZ (KAPPHOLZ UND HOBELSPÄNE) FÄLLT NUR SEHR WENIG AN, DA VIELE SÄGEWERKE DAS SCHNITTHOLZ NICHT SELBST WEITER VERARBEITEN. | 34 |
| ABBILDUNG 11: ANZAHL DER SÄGEWERK IN DEN JEWEILIGEN GRÖßENKLASSEN EINGETEILT NACH DEM EINSCHNITT IM JAHR 2018. INSGESAMT SCHNEIDEN 85,6 % DER SÄGEWERKE IN BAYERN WENIGER ALS 10.000 FESTMETER EIN UND NUR 11 SÄGEWERKE HABEN EINEN EINSCHNITT ÜBER 200.000 FESTMETER..... | 37 |
| ABBILDUNG 12: DIE MENGE DES EINGESCHNITTENEN RUNDHOLZES IM JAHR 2018 AUF DIE GRÖßENKLASSEN DER SÄGEWERKE VERTEILT. 38,7 % DER SÄGEWERKE SCHNEIDEN 1,0 % DES HOLZES EIN (BIS 1.000), DAGEGEN SCHNEIDEN IN DER GRÖßTEN KLASSE 1,8 % DER BETRIEBE 70,4 % DES HOLZES EIN. | 37 |
| ABBILDUNG 13: VERÄNDERUNG IN DER ANZAHL DER SÄGEWERKE IN DEN EINZELNEN GRÖßENKLASSEN. BETRIEBSAUFGABEN FANDEN IN DER ÜBERWIEGENDEN ZAHL DER FÄLLE IN DEN GRÖßENKLASSEN BIS 1.000 UND 20.000 FESTMETER STATT. | 38 |
| ABBILDUNG 14: PREISENTWICKLUNG VON SÄGENEBENPRODUKTEN ZWISCHEN 2013 UND 2020. ZUM JAHRESBEGINN 2014 WAR EIN STARKER PREISVERFALL ZU VERZEICHNEN, DER AUCH BIN INS JAHR 2020 NICHT AUSGEGlichen WERDEN KONNTE. (QUELLE: EUWID 2020) | 39 |
| ABBILDUNG 15: KARTE DER PELLEHERSTELLER 2018 IN BAYERN. | 44 |
| ABBILDUNG 16: PREISENTWICKLUNG FÜR HOLZPELLETS, HEIZÖL UND ERDGAS (BRUTTOPREISE; DATENQUELLEN: HOLZPELLETS: C.A.R.M.E.N. E. V.; HEIZÖL UND ERDGAS: STATISTISCHES BUNDESAMT)..... | 47 |
| ABBILDUNG 17: PREISENTWICKLUNG FÜR HOLZPELLETS BEI VERSCHIEDENEN LIEFERMENGEN, (BRUTTOPREISE; DATENQUELLEN: C.A.R.M.E.N. E. V.)..... | 47 |
| ABBILDUNG 18: DIE HOCHGERECHNETE MENGE UND DIE VERWERTUNG VON ALTHOLZ 2018. DER GROßTEIL DES ALTHOLZES MIT KNAPP 803.000 TONNEN WIRD THERMISCH VERWERTET. DIE STOFFLICHE VERWERTUNG STELLT HOHE ANSPRÜCHE AN DIE EIGENSCHAFTEN DES ALTHOLZES UND IST DESWEGEN NICHT BELIEBIG AUSWEITBAR. | 53 |

| | |
|---|----|
| ABBILDUNG 19: FLÄCHEN AUF DENEN KURZUMTRIEBSPLANTAGEN ANGEBAUT WERDEN VON 2007 BIS 2018. BIS 2017 WAR EINE STETIGE VERGRÖßERUNG DER FLÄCHEN FESTZUSTELLEN. 2018 IST ERSTMALS EIN FLÄCHENRÜCKGANG ZU VERZEICHNEN..... | 57 |
| ABBILDUNG 20: ANTEILE DER BEFRAGTEN HAUSHALTE IN BAYERN, DIE IM WINTER 2018/2019 NUR HOLZ, ZUM TEIL HOLZ ODER KEINE HOLZ ZUM HEIZEN BENUTZTEN. | 61 |
| ABBILDUNG 21: INSTALLIERTE ANLAGENKOMBINATIONEN IN DEN BAYERISCHEN HAUSHALTEN, DIE HOLZ ALS BRENNSTOFF IM WINTER 2018/2019 NUTZEN. | 62 |
| ABBILDUNG 22: IN DEN PRIVATHAUSHALTEN GENUTZTE ENERGIEHOLZSORTIMENTE. MIT 30 % ANTEIL AN DEN GESAMTHAUSHALTEN DOMINIERT DAS SCHEITHOLZ. DOPPELNENNUNGEN SIND ENTHALTEN. | 63 |
| ABBILDUNG 23: HERKUNFT DER VERWENDETEN SCHEITHOLZSORTIMENTE (MEHRFACHNENNUNGEN MÖGLICH). KNAPP 26 % 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 65 % DER HAUSHALTE IHR SCHEITHOLZ. IN BAUMÄRKTEN VERSORGEN SICH NUR 3 % DER HAUSHALTE MIT SCHEITHOLZ..... | 64 |
| ABBILDUNG 24: ANTEIL DER MIT HOLZ HEIZENDEN EIN- UND ZWEIFAMILIENHÄUSER AUS DEN UMFRAGEN DER JAHRE 2014/15, 2016/17 UND 2018/19. ZWISCHEN 1995 UND 1999 WURDE IN 64 % DER EIN- UND ZWEIFAMILIENHÄUSER EINE MIT HOLZ BETRIEBENE ZENTRAL- ODER EINZELRAUMFEUERUNG EINGEBAUT. DIESER ANTEIL SANK BEI DEN GEBÄUDEN, DIE JÜNGER ALS 2015 SIND, AUF 36 %..... | 70 |
| ABBILDUNG 25: PRIMÄRE ENERGIETRÄGER IN NEUGEBAUTEN WOHNGEBÄUDEN IN DEN JAHREN 2011 BIS 2019 IN BAYERN. DER ANTEIL VON HOLZ ALS ENERGIETRÄGER BLEIBT NAHEZU KONSTANT. GROßE ZUWÄCHSE GAB ES BEI DER UMWELTHERMIE (WÄRMEPUMPEN). (QUELLE: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK). | 71 |
| ABBILDUNG 26: ANZAHL DER NEUGEBAUTEN WOHNGEBÄUDE IN BAYERN DER JAHRE 2006 BIS 2019. AUFGEZEIGT SIND AUCH DIE ANZAHL DER AUS HOLZ GEBAUTEN GEBÄUDE UND DER ANTEIL DES HOLZBAUS AM NEUBAU VON WOHNGEBÄUDEN (QUELLE: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK)..... | 72 |
| ABBILDUNG 27: 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)..... | 73 |
| ABBILDUNG 28: DIE ANHAND DER BEVÖLKERUNGSDICHTE GEMITTELTEN HEIZGRADTAGE (ERKLÄRUNG SIEHE TEXT) IN BAYERN. DIE ROTE LINIE STELLT DEN MITTELWERT ÜBER DIE GESAMTE BETRACHTUNGSPERIODE DAR. ES FÄLLT AUF, DASS SEIT DEM WINTER 2013/14 NUR EIN WINTER DEN PERIODENMITTELWERT ERREICHT UND SOMIT FÜNF DER VERGANGENEN SECHS WINTER ALS SEHR MILDE BEZEICHNET WERDEN MÜSSEN. | 74 |
| ABBILDUNG 29: ANZAHL DER MIT STANDORT BEKANNTEN BIOMASSEHEIZ(KRAFT)WERKE, DER SCHRIFTLICH BEFRAGTEN ANLAGEN, SOWIE DIE BEFRAGUNGSBETEILIGUNG JEWEILS NACH ANLAGENART..... | 84 |
| ABBILDUNG 30: RÄUMLICHE VERTEILUNG DER MIT STANDORT BEKANNTEN FEUERUNGSANLAGEN > 100 kW IN BAYERN..... | 86 |
| ABBILDUNG 31: 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 2018 (DATENGRUNDLAGE: ERHEBUNG UND HOCHRECHNUNG C.A.R.M.E.N. e.V, ZIV 2019)..... | 88 |
| ABBILDUNG 32: HÄUFIGKEIT DER NENNUNGEN ZUR WÄRMENUTZUNG OHNE GEWICHTUNG DER GENUTZTEN WÄRMEMENGE, MEHRFACHNENNUNGEN MÖGLICH (C.A.R.M.E.N.-UMFRAGE 2019/2016, WÄRMEERZEUGER > 500 kW N=286, HEIZKRAFTWERKE (DAMPF/ORC) N=57, HOLZGAS HEIZKRAFTWERK N=27) | 90 |
| ABBILDUNG 33: ART DER WÄRMENUTZUNG UND DEREN ANTEIL AN DER GENUTZTEN WÄRMEMENGE (C.A.R.M.E.N.-UMFRAGE 2019/2016, WÄRMEERZEUGER > 500 kW N=286, HEIZKRAFTWERKE (DAMPF/ORC) N=57, HOLZGAS HEIZKRAFTWERK N=27)..... | 91 |
| ABBILDUNG 34: ANLAGENANZAHL UND INSTALLIERTE ELEKTRISCHE LEISTUNG DER IN BETRIEB BEFINDLICHEN BAYERISCHEN BIOMASSE(HEIZ)KRAFTWERKE | 92 |
| ABBILDUNG 35: ANTEIL DER UNTERSCHIEDLICHEN TECHNOLOGIEN ZUR STROMERZEUGUNG AUS FESTER BIOMASSE AM ANLAGENBESTAND SOWIE DEREN ANTEILE AN DER INSTALLIERTEN ELEKTRISCHEN LEISTUNG UND PRODUZIERTEN STROMMENGE IN BAYERN | 93 |
| ABBILDUNG 36: VERTEILUNG DER ELEKTRISCHEN NUTZUNGSGRADEN IN ABHÄNGIGKEIT DER INSTALLIERTEN LEISTUNG UND VERSTROMUNGSTECHNOLOGIE (C.A.R.M.E.N.-UMFRAGE 2019, N=62)..... | 95 |

| | |
|---|-----|
| ABBILDUNG 37: VERTEILUNG DES WÄRMENUTZUNGSGRADES BEI BIOMASSE(HEIZ)KRAFTWERKEN, UNGEWICHTET (C.A.R.M.E.N.-UMFRAGE 2019, HEIZKRAFTWERKE (DAMPF) N=18, HEIZKRAFTWERKE (ORC) N=17, HOLZGAS HEIZKRAFTWERK N=27)..... | 96 |
| ABBILDUNG 38: EINSATZ VON BRENNSTOFFEN NACH DEREN ANTEIL IM JAHR 2018 IN BAYERISCHEN BIOMASSE(HEIZ)KRAFTWERKEN, DIE STROM UND WÄRME PRODUZIEREN. DER GESAMTVERBRAUCH DER STROMERZEUGENDEN ANLAGEN WURDE AUF 1,84 MIO TONNEN ATRO HOCHGERECHNET. | 98 |
| ABBILDUNG 39: EINSATZ VON BRENNSTOFFEN NACH DEREN ANTEIL IM JAHR 2018 IN BAYERISCHEN HOLZHEIZWERKEN > 50 kW ZUR REINEN WÄRMEPRODUKTION. DER GESAMTVERBRAUCH DER HEIZWERKE WURDE AUF 1,62 MIO TONNEN ATRO HOCHGERECHNET..... | 98 |
| ABBILDUNG 40: ZEITPUNKT DER ERRICHTUNG VON HOLZ-FEUERUNGSANLAGEN ZWISCHEN 51 UND 900 kW (ZIV 2019) . | 100 |
| ABBILDUNG 41: ENTWICKLUNG DER INBETRIEBNAHMEN VON HOLZFEUERUNGEN IN BAYERN, DIE IM RAHMEN DES MAP GEFÖRDERT WURDEN (BASIS: WERTSTELLUNG DES ZUSCHUSSES). IN DEN ZAHLEN DES PROGRAMMTEILS DER KfW IST AUCH EINE UNTERGEORDNETE ANZAHL VON KESSELN > 1000 kW BEINHALTET. DER ANTEIL DER FÖRDERFÄLLE AUS BAYERN BETRÄGT IM KfW-TEIL ÜBER DIE JAHRE IM MITTEL 49 % UND BEI DER BAFA ETWA 33 % (EIGENE DARSTELLUNG; DATENQUELLE: BIOMASSEATLAS 2020; ZECH ET AL. 2018) | 101 |
| ABBILDUNG 42: VERLAUF DER HEIZGRADTAGE (HEIZGRENZTEMPERATUR 15°C) DER ÜBER DIE BEVÖLKERUNGSVERTEILUNG GEMITTELTEN MESSWERTE BAYERISCHER WETTERSTATIONEN, DER MITTLEREN ERZEUGTEN HOLZBASIERTEN WÄRMEMENGE, SOWIE DER MITTLEREN WÄRMEABNAHME VON 62 GEFÖRDERTEN BIOMASSEHEIZWERKEN (QUELLE: IWU 2019, HIENDLMEIER 2020) | 102 |
| ABBILDUNG 43: STANDORTE DER RUNDHOLZVERBRAUCHER IN BAYERN 2018. | 113 |
| ABBILDUNG 44: AUßENHANDEL BAYERNS MIT RUNDHOLZ VON 2006 BIS 2018. 2006 WAR DER AUßENHANDEL GEPRÄGT VOM EXPORT. DOCH DAS ÄNDERTE SICH RASCH UND VON 2011 BIS 2017 WAR BAYERN NETTO EIN IMPORTEUR FÜR RUNDHOLZ. DER GROßTEIL DES GEHANDELTEN RUNDHOLZES IST NADELHOLZ. QUELLE: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK | 114 |
| ABBILDUNG 45: DIE STOFFSTRÖME DER STOFFLICHEN UND ENERGETISCHEN HOLZVERWENDUNG IN BAYERN 2018 IN MIO. FM M. R. BZW. M ³ IN EINER VEREINFACHTEN DARSTELLUNG..... | 121 |
| ABBILDUNG 46: PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IN BAYERN IM JAHR 2017..... | 122 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| TABELLE 1: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON T ATRO ZU FM M. R. BZW. M ³ | 15 |
| TABELLE 2: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON T ATRO ZU FM O. R. BZW. M ³ | 15 |
| TABELLE 3: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON T LUTRO ZU FM M. R. BZW. M ³ | 15 |
| TABELLE 4: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON RAUMMETER (RM) ZU FM O. R. BZW. M ³ | 15 |
| TABELLE 5: UMRECHNUNGSFAKTOREN VON SCHÜTTTRAUMMETER (SRM) ZU FM O. R. BZW. M ³ | 16 |
| TABELLE 6: UMRECHNUNG ENERGIEINHALT T ATRO ZU GJ (AUCH MIO. T ATRO ZU PJ) | 16 |
| TABELLE 7: NUTZUNGSPOTENZIAL VON ENERGIEHOLZ (DERBHOLZ) NACH REGIERUNGSBEZIRKEN UND HOLZART. | 18 |
| TABELLE 8: EINSCHLAG IM JAHR 2018 NACH BAUMARTEN UND DEREN SORTIMENTEN | 21 |
| TABELLE 9: GESAMTAUFKOMMEN AN SCHEITHOLZ, WALDHACKSCHNITZELN, INDUSTRIEHOLZ UND STAMMHOLZ IN BAYERN 2018. DIE SUMMEN GEHEN ALS AUFKOMMEN AN WALDHOLZ IN DIE HOLZBILANZ EIN. | 23 |
| TABELLE 10: STRUKTUR DER HACKERUNTERNEHMER IN BAYERN. DIE GRÖßENKLASSEN WURDEN NACH DEN VON DEN UNTERNEHMEN SELBST GEHAKTEN HOLZMENGEN EINGETEILT..... | 25 |
| TABELLE 11: HACKSCHNITZELMENGEN 2018 NACH ENTSTEHUNGORT..... | 25 |
| TABELLE 12: 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..... | 35 |
| TABELLE 13: 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. | 35 |
| TABELLE 14: HOCHGERECHNETE ANZAHL UND EINSCHNITT DER KLEINEN UND MITTLEREN SÄGEWERKE IM JAHR 2018. | 36 |
| TABELLE 15: 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. | 38 |
| TABELLE 16: PRODUKTION, VERBRAUCH UND EXPORT VON PELLETS IN BAYERN 2018..... | 46 |
| TABELLE 17: STRUKTUR DER ALTHOLZ-SAMMELNDEN BETRIEBE. | 52 |
| TABELLE 18: ANTEILE DER HEIZUNGSKOMBINATIONEN IN DER HAUSHALTUMFRAGE VON 2018 UND DIE HOCHRECHNUNGEN AUF DIE ANZAHL DER HAUSHALTE IN BAYERN. | 62 |
| TABELLE 19: ENERGIEHOLZVERBRAUCH NACH HAUSHALTSGRÖßENKLASSEN IM JAHR 2018. HAUSHALTE MIT EINER ZENTRALHEIZUNG VERBRAUCHEN DAS 3,1 BIS 4,7-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. DIE PROZENTANGABEN GEBEN DEN ANTEIL AN DEN GESAMTHAUSHALTEN IN BAYERN AN. | 65 |
| TABELLE 20: ENERGIEHOLZVERBRAUCH DER HAUSHALTE, DIE NUR MIT HOLZ HEIZEN. EINZELRAUMFEUERUNGEN, DIE NUR MIT HOLZ HEIZEN, VERBRAUCHEN DAS 1,6-FACHE ENERGIEHOLZVOLUMEN DES DURCHSCHNITTSVERBRAUCHS ÜBER ALLE EINZELRAUMFEUERUNGEN. BEI ZENTRALHEIZUNGEN VERBRAUCHEN DIE HAUSHALTE, DIE NUR MIT HOLZ HEIZEN, RUND 1 % WENIGER ENERGIEHOLZ ALS ALLE HAUSHALTE, DIE EINE ZENTRALHEIZUNG BESITZEN. 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. DIE PROZENTANGABEN GEBEN DEN ANTEIL AN DEN GESAMTHAUSHALTEN IN BAYERN AN..... | 65 |
| TABELLE 21: ARITHMETISCHER MITTELWERT DES HOLZVERBRAUCHS NACH ENERGIEHOLZSORTIMENTEN AUS DER UMFRAGE 2018. FÜR DIE AUSWERTUNG WURDEN NUR DIE HAUSHALTE BERÜCKSICHTIGT, DIE DAS JEWEILIGE SORTIMENT VERWENDETEN. ZU BEACHTEN IST, DASS HAUSHALTE DURCHAUS MEHRERE ENERGIEHOLZSORTIMENTE BENUTZTEN. DESWEGEN IST DER GESAMTMITTELWERT NICHT AUS DEN SORTIMENTS MITTELWERTEN ERRECHENBAR. DIE PROZENTANGABEN GEBEN DEN ANTEIL AN DEN GESAMTHAUSHALTEN IN BAYERN AN. DER MITTELWERT BEZIEHT SICH | |

| | |
|--|-----|
| NUR AUF DAS JEWEILIGE SORTIMENT. BEISPIEL: 29,6 % DER BAYERISCHEN HAUSHALTE VERBRANNTEN IM MITTEL 3,6 FM SCHEITHOLZ..... | 66 |
| TABELLE 22: ENERGIEHOLZVERBRAUCH PRO BEHEIZTE WOHNFLÄCHE. HAUSHALTE MIT ZENTRALHEIZUNGEN VERBRAUCHEN DIE 1,5 BIS 2,3-FACHE, IM MITTEL DIE 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. DIE PROZENTANGABEN GEBEN DEN ANTEIL AN DEN GESAMTHAUSHALTEN IN BAYERN AN. | 66 |
| TABELLE 23: VERBRAUCH DER EINZELNEN ENERGIEHOLZSORTIMENTE IN DEN BAYERISCHEN PRIVATHAUSHALTEN AUS DER UMFRAGE FÜR DAS JAHR 2018/19. | 68 |
| TABELLE 24: ENTWICKLUNG DER HEIZGRADTAGE IM VERGLEICH ZU DEN EINZELNEN BRENNHOLZSORTIMENTEN. LEDIGLICH DER SCHEITHOLZ UND DER GESAMTVERBRAUCH FOLGEN DEN HEIZGRADTAGEN, WENN AUCH DIE ÄNDERUNG IM VERBRAUCH STÄRKER IST. | 75 |
| TABELLE 25: VERGLEICH DER ERWARTUNG MIT DEN VERBRAUCHSÄNDERUNGEN BEI DEN EINZELNEN HEIZUNGSANLAGEN UND SORTIMENTEN. DER VERBRAUCH FÜR DIE EINZELRAUMFEUERUNGEN FOLGT DEM ERWARTUNGSWERT SEHR ENG, DORT SIND AUCH MIT 29,2% DER BEFRAGTEN BEI WEITEM DIE MEISTEN DATENSÄTZE VORHANDEN. DER VERBRAUCH DER ZENTRALHEIZUNGEN WEICHT DAGEGEN STARK VOM ERWARTUNGSWERT AB. | 76 |
| TABELLE 26: ZUSAMMENFASSUNG DER EINFLUSSGRÖßEN AUF DEN VERBRAUCH VON ENERGIEHOLZ. SOMIT WIRD DIE VERÄNDERUNG VON 2014/15 ZU 2016/17 BIS AUF EINEN KLEINEN REST VON 4,0 %-PUNKTEN UND DIE VERÄNDERUNG ZU 2018/19 BIS AUF 0,6 %-PUNKTE GUT ERKLÄRT. | 77 |
| TABELLE 27: BIOMASSEEINSATZ IN BAYERISCHEN HOLZFEUERUNGEN > 50 kW FÜR DAS JAHR 2018 NACH ANLAGENART, DEREN ANTEIL AM VERBRAUCH SOWIE AN DER ANLAGENZAH (HOCHGERECHNET UND GERUNDET) | 87 |
| TABELLE 28: ELEKTRISCHE LEISTUNGSBEREICHE VERSCHIEDENER TECHNOLOGIEN ZUR STROMERZEUGUNG AUS HOLZBRENNSTOFFEN IN BAYERN (C.A.R.M.E.N.-DATENBANK UND NICHT ZUORDENBARER ANLAGENBESTAND HOLZVERGASER GEMÄß HERSTELLERANGABEN, N=384) | 94 |
| TABELLE 29: ENERGIEHOLZVERBRAUCH IN BAYERISCHEN HOLZFEUERUNGEN > 50 kW FÜR DAS JAHR 2018, (HOCHGERECHNET) | 96 |
| TABELLE 30: HOLZBILANZ FÜR BAYERN IN FESTMETERN MIT RINDE (FM M. R.) BZW. M ³ DER JAHRE 2014, 2016 UND 2018 | 118 |
| TABELLE 31: HOLZBILANZ FÜR BAYERN IN TONNEN ABSOLUT TROCKEN (MIO. T ATRO) DER JAHRE 2014, 2016 UND 2018 | 119 |
| TABELLE 32: HOLZBILANZ FÜR BAYERN IN PETAJOULE (PJ) DER JAHRE 2014, 2016 UND 2018..... | 120 |
| TABELLE 33: HACKLEISTUNG DER UNTERNEHMEN IN DER EINTEILUNG NACH kW. ES GIBT IM MITTELWERT FAST KEINE DIFFERENZIERUNG. DIE SUMME DER kW KANN NICHT ALS LEISTUNGSMERKMAL HERANGEZOGEN WERDEN. | 147 |
| TABELLE 34: HACKLEISTUNG DER UNTERNEHMEN GESTAFFELT NACH DER GEHACKTEN ABSOLUTEN HOLZMENGE. DIE MITTELWERTE STEIGEN MIT DEN GRÖßENKLASSEN, GENAU WIE MINIMUM UND MAXIMUM AN..... | 147 |

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 _{th} | Gigawatt thermisch |
| ha | Hektar |
| InVeKoS | Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem |
| KUP | Kurzumtriebsplantage |
| kW _{el} | Kilowatt elektrisch |
| kW _{th} | 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 _{el} | Megawatt elektrisch |
| MW _{th} | 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 - Zentralinnungsverband |

1 Einleitung

„Die Energiewende ist zentral für eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft. Dazu wird Deutschlands Energieversorgung grundlegend umgestellt: Weg von nuklearen und fossilen Brennstoffen, hin zu erneuerbaren Energien und mehr Energieeffizienz.“ (BMWl 2019A). 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 (STMWl 2016).

Die Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme und Warmwasser sowie die Bereitstellung der Prozesswärme macht nahezu die Hälfte des gesamten Energiebedarfs in Deutschland aus. Damit ist der Wärmesektor ein wichtiger Baustein im Kampf gegen den Klimawandel, weil dort viel CO₂ eingespart werden kann (AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN 2019). Die Biomasse trägt dabei über 80 % des erneuerbaren Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte der immerhin bei knapp 14 % liegt (BMWl 2019B).

„Biomasse wird einen großen Anteil am Energiemix der Zukunft haben. Sie ist ein vielseitiger, aber auch ein nur begrenzt zur Verfügung stehender erneuerbarer Energieträger. Gleichzeitig hat besonders die Biomasse noch ein großes Potenzial zur effizienteren Nutzung.“ (BMWl 2020C)

Eine fortwährende Beobachtung des Verbrauchs von holziger Biomasse ist deswegen ein wichtiger Baustein um die Entwicklung und neue Tendenzen aufzuzeichnen. Daraus können in der Politik Schlüsse gezogen werden und Weichen gestellt werden. Dabei müssen die Beobachtungsmethoden ständig überprüft und verbessert werden.

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, GÖRWEIN ET AL. 2018). Vorher wurde die Marktbetrachtung nur alle fünf Jahre durchgeführt (WAGNER & WITTKOPF 2000; BAUER ET AL. 2006). Die Ergebnisse für das Jahr 2018 werden im Folgenden beschrieben.

1.1 Zielsetzung

Ziel des Berichtes zum Energieholzmarkt Bayern 2018 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 Untersuchungsrahmen

Als Bezugszeitraum der Studie wurde das Kalenderjahr 2018 festgelegt. Nur für die Privathaushaltumfrage wurde der Zeitraum auf die Heizperiode im Winter 2018/19 verändert. Als Bezugsraum wurde das Bundesland Bayern gewählt. Die Datenerhebung wurde analog zu den Energieholzmarktberichten aus den Jahren 2010, 2012, 2014 und 2016 bei folgenden Kollektiven durchgeführt:

- 1.000 repräsentative Privathaushalte in Bayern
- Bayerischen Sägewerke
- Papier- und Zellstoffindustrie
- Holzwerkstoffindustrie
- Altholzaufbereiter
- Hackerunternehmen
- Hersteller von Pellets
- 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. m³

| 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. m³

| 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. m³

| Sortiment | Faktor |
|------------------------|--------|
| Scheitholz (WG = 15 %) | 1,9 |
| Pellets (WG = 10 %) | 2,4 |
| Briketts (WG = 10 %) | 2,4 |
| Altholz (WG = 15 %) | 1,9 |
| Altpapier (WG = 9 %) | 1,7 |

Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren von Raummeter (Rm) zu Fm o. R. bzw. m³

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

Tabelle 5: Umrechnungsfaktoren von Schüttraummeter (Srm) zu Fm o. R. bzw. m³

| 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 |

2 Holzaufkommen

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). 2018 nahmen rund 617 Körperschaftswaldbetriebe und 685 Privatwaldbetriebe an der Erhebung teil (HASTREITER 2019C).

2.1.2 Holznutzungspotenziale

Die Holzvorräte in Bayern waren bei der Bundeswaldinventur (BWI) 2012 auf einem historischen Höchststand. Sie waren sowohl auf den Hektar bezogen (396 Vfm/ha) als auch absolut (fast 1 Mrd. Vfm) verglichen mit allen Bundesländern am höchsten. Die Hälfte des Holzvorrats entfiel auf die Fichte. Das ist deutlich mehr, als nach ihrem Flächenanteil (42 %) zu erwarten gewesen wäre. Dies liegt daran, dass es in Bayern einen Überhang an alten Fichtenwäldern gibt. Mehr als die Hälfte der Fichtenwälder sind mehr als 60 Jahre alt. Ein großer Teil der Fichtenwälder

der ist längst hiebsreif. Das jährliche Nutzungspotenzial in Bayern wurde von BORCHERT & RENNER (2018) auf der Datengrundlage der dritten Bundeswaldinventur modelliert. Dabei sollten die Auswirkungen eines konsequenten Waldumbaus, aber auch vermehrte Flächenstilllegungen für den Naturschutz abgebildet werden. Nach diesem Szenario 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. Diese „Welle“ eines erhöhten Holzaufkommens ist vor allem auf die große Fläche hiebsreifer Fichtenwälder zurückzuführen, die als Anpassung an den Klimawandel dringend in Mischwälder überführt werden sollten. Die Klimaerwärmung hat dazu geführt, dass die Fichte inzwischen häufig auf Flächen steht, die ein Klima erreicht haben, bei dem die Fichte in der Vergangenheit nicht überleben konnte. Auf diesen Flächen ist sie extrem stark durch Trockenheit und Borkenkäferbefall gefährdet. Die vorübergehend vermehrten Holznutzungen würden dazu führen, dass der in den Wäldern vorhandene lebende Holzvorrat etwas sinken, dann aber auf einem Niveau stabil bleiben würde, das immer noch höher ist, als zum Zeitpunkt der ersten Bundeswaldinventur (1987). Auf der Basis dieser Modellierung wurden auch die Energieholzpotenziale geschätzt und die regionale Verteilung der daraus möglichen Energiemengen im Energie-Atlas-Bayern veröffentlicht. Die Energieholzpotenziale (Tabelle 7) stellen die über den 40-jährigen Modellierungszeitraum im Mittel verfügbaren Mengen dar. Das zeitliche Nutzungsprofil innerhalb dieses Zeitraums geht daraus nicht hervor. Bei einem forcierten Waldumbau könnte zunächst also sehr viel mehr Energieholz anfallen, gegen Ende des Betrachtungszeitraums dafür entsprechend weniger.

Tabelle 7: Nutzungspotenzial von Energieholz (Derbholz) nach Regierungsbezirken und Holzart.

| Regierungsbezirk | Nadelholz | Laubholz | Gesamt |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | [Efm m. R./Jahr] | | |
| Mittelfranken | 562.000 | 288.000 | 850.000 |
| Niederbayern | 1.079.000 | 432.000 | 1.511.000 |
| Oberbayern | 1.315.000 | 570.000 | 1.885.000 |
| Oberfranken | 649.000 | 293.000 | 942.000 |
| Oberpfalz | 1.148.000 | 322.000 | 1.470.000 |
| Schwaben | 632.000 | 284.000 | 916.000 |
| Unterfranken | 282.000 | 550.000 | 832.000 |
| Bayern | 5.667.000 | 2.739.000 | 8.406.000 |

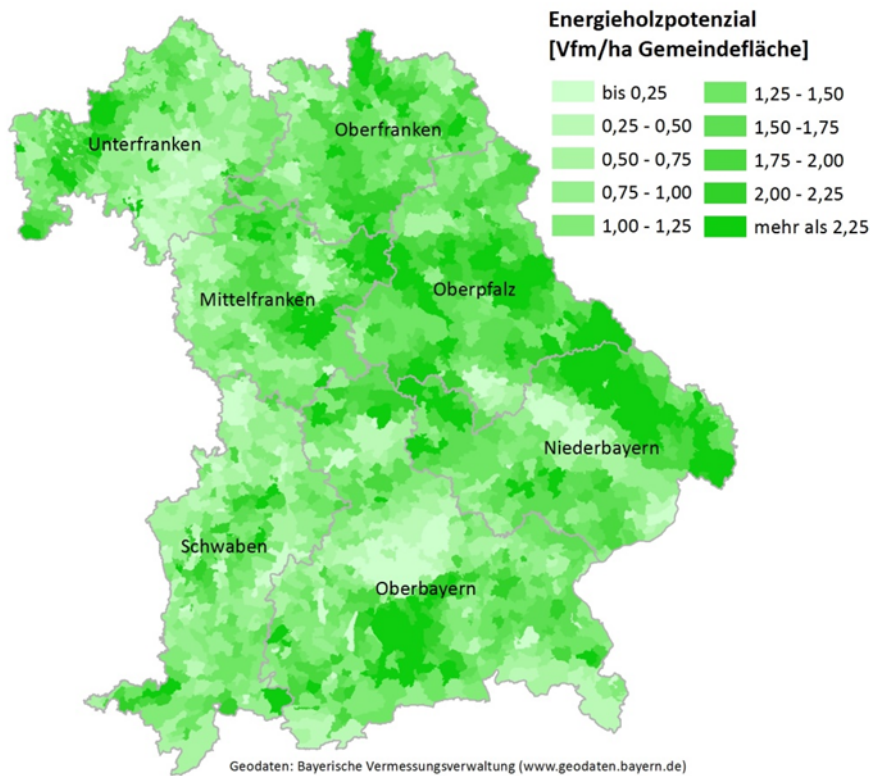


Abbildung 1: Energieholzpotenziale in den Gemeinden Bayerns.

Im Mittel könnten pro Hektar Landesfläche 1,3 Vfm m. R. an Energieholz anfallen, bezogen auf die Waldfläche sind es 3,9 Vfm/ha.

2.1.3 Rohholzaufkommen

Die offizielle Holzeinschlagsmenge für das Jahr 2018 beträgt 18,32 Mio. Festmeter o. R. und liegt damit über den 17,85 Mio. Festmetern o. R. aus dem Jahr 2017. Die Einschlagsmengen der Jahre 2006 bis 2018 sind in Abbildung 2 dargestellt. Im Vergleich der aufgeführten Jahre ist der Einschlag auf einem durchschnittlichen Niveau. Abbildung 3 zeigt die Einschlagsverteilung der Besitzarten in den Jahren 2012 bis 2018. In Tabelle 8 ist der Einschlag nach Baumarten und deren Sortimenten aufgeführt.

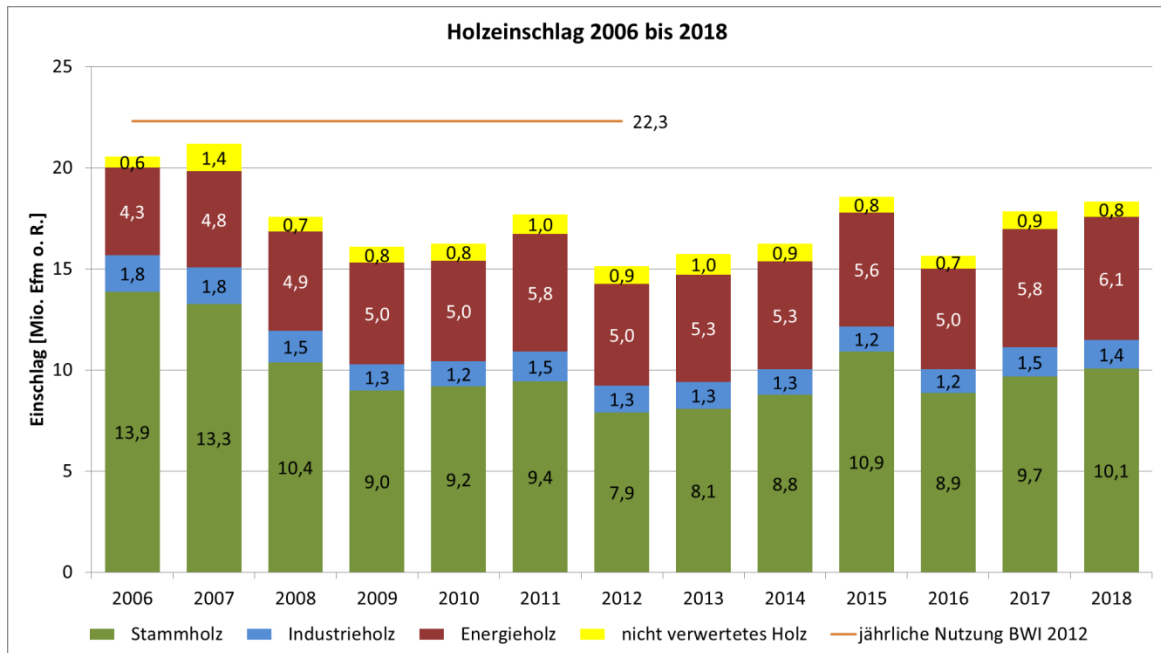


Abbildung 2: Holzeinschlagsmenge in Bayern der Jahre 2006 bis 2018. (Quelle: Statistisches Bundesamt 2019)

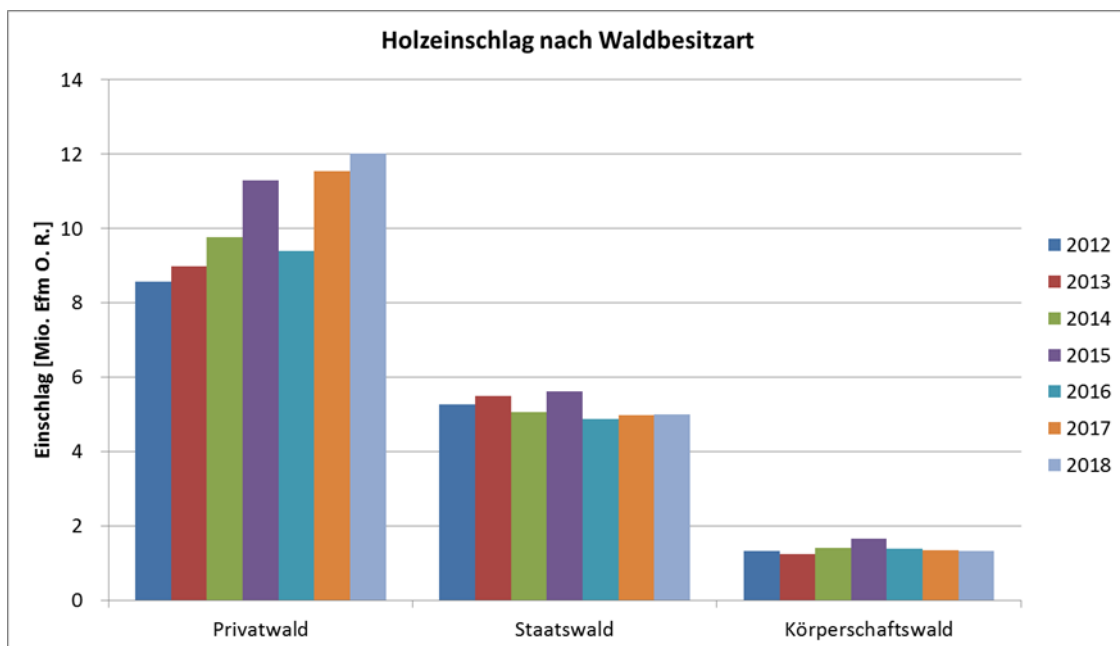


Abbildung 3: Holzeinschlag nach Waldbesitzarten für die Jahre 2012 bis 2018 (Quelle: Statistisches Bundesamt 2019).

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. 2017 stieg die eingeschlagene Holzmenge dann wiederum um 2,1 Mio. Efm o. R. an und 2018 nochmals um 0,5 Mio. Efm o. R. 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 Massenver-

mehrung der Fichtenborkenkäfer folgte. In Abbildung 4 sind die Schadh holzmengen und deren Ursachen für Bayern aufgezeigt.

Tabelle 8: Einschlag im Jahr 2018 nach Baumarten und deren Sortimenten

| Baumarten- gruppe | Stammholz | Scheitholz | Hackschnitzel | Industrieholz | unverwertet | Gesamt |
|----------------------|------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|--------------|
| | [Mio. Efm m. R.] | | | | | |
| Fichte | 9,14 | 2,21 | 1,84 | 0,90 | 0,15 | 14,25 |
| Kiefer | 1,45 | 0,72 | 0,25 | 0,18 | 0,11 | 2,70 |
| Eiche | 0,17 | 0,15 | 0,07 | 0,04 | 0,04 | 0,47 |
| Buche | 0,35 | 0,80 | 0,12 | 0,40 | 0,16 | 1,83 |
| s. Laubholz | 0,15 | 0,46 | 0,27 | 0,03 | 0,05 | 0,96 |
| Summe | 11,26 | 4,35 | 2,55 | 1,55 | 0,50 | 20,21 |

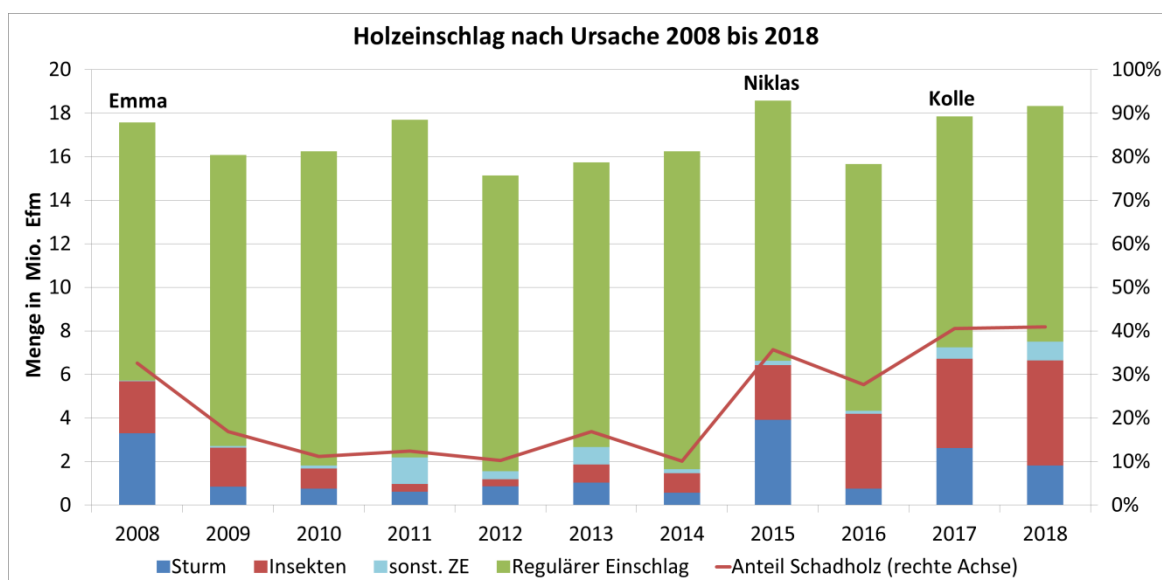


Abbildung 4: Einschlag in Bayern zwischen 2008 und 2018. Zusätzlich sind die Zufälligen Erträge (ZE) und deren Ursachen aufgeführt. Die Namen über den Spalten bezeichnen die Stürme, die in Bayern größere Schäden in den Wäldern angerichtet haben.

Die prozentuale Sortimentsbereitstellung getrennt nach den Waldbesitzarten ist in Abbildung 5 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 6 dargestellt.

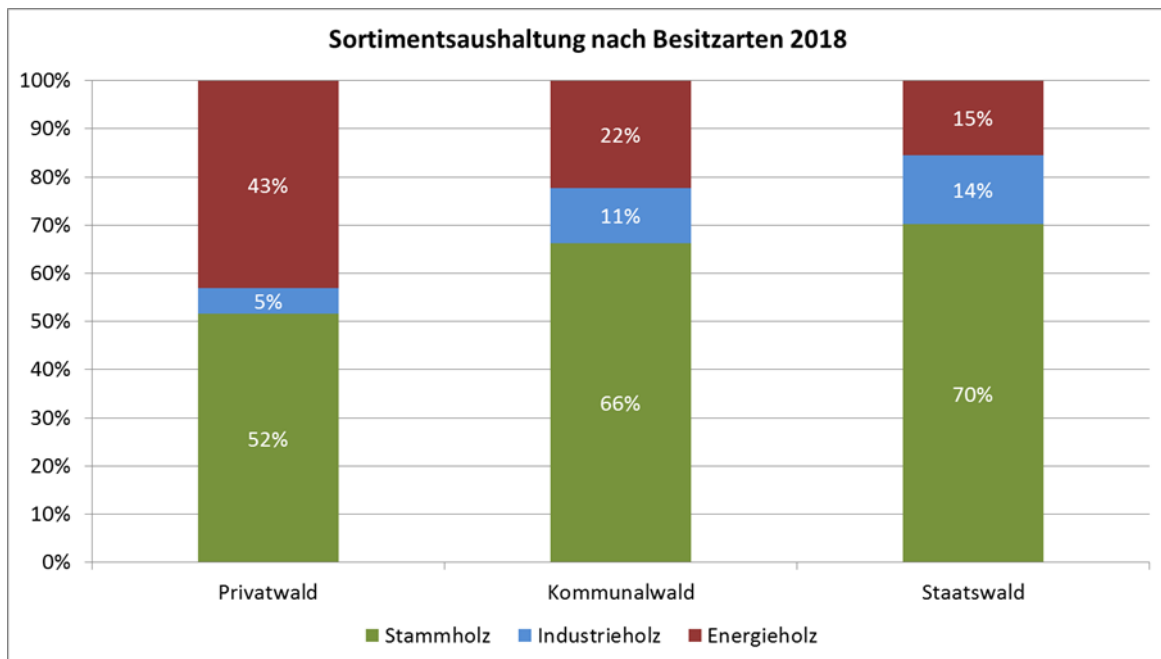


Abbildung 5: Holzeinschlag nach Sortimenten ohne das nicht verwertete Holz (Quelle: Statistisches Bundesamt und BaySF AÖR).

Die Menge des bereitgestellten Stammholzes nimmt mit der Betriebsgröße zu. Walbesitzer mit über 100 ha halten über 71 % des verkauften Holzes als Stammholz und nur knapp 19 % als Energieholz aus. Die Waldbesitzer mit weniger als 20 ha dagegen halten nur knapp 47 % als Stammholz und fast 50 % als Energieholz aus. Da letztere Gruppe knapp 65 % der bayerischen Privatwaldfläche bewirtschaftet, ist der Einfluss auf das Gesamtergebnis dementsprechend groß.

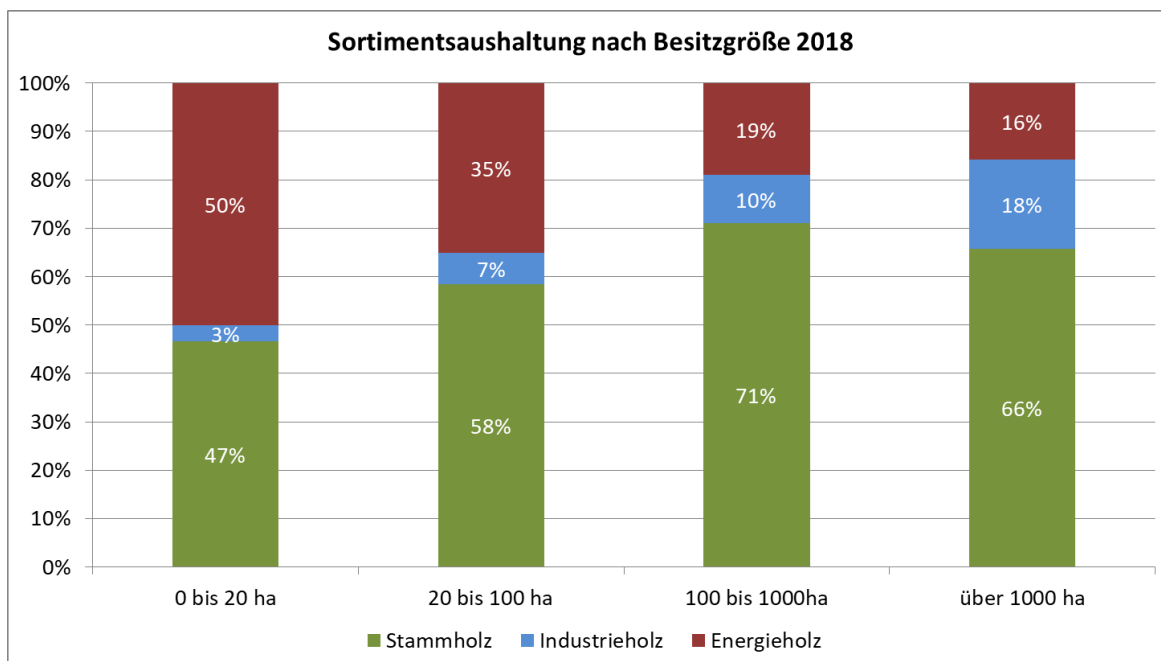


Abbildung 6: Holzeinschlag nach Sortimenten im Privatwald nach Besitzgrößeklassen ohne das nicht verwertete Holz (Quelle: LWF).

2.1.4 Energieholzaufkommen aus dem Wald 2018

Im Jahr 2018 wurde insgesamt 6,15 Mio. Festmeter o. R. als Energieholz genutzt. Das entspricht 34 % des Gesamteinschlags von 18,08 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 Holzverkaufsstatistik der Bayerischen Staatsforsten¹.

Diese Menge wird noch um die Rinde erhöht, weil das Rohholz in der Regel mitsamt der Rinde aus den Wäldern transportiert wird². Daraus ergibt sich ein endgültiges Energieholzangebot aus dem Wald von 6,90 Mio. Festmetern mit Rinde. Das Energieholz wird zu 63 % als Scheitholz und zu 37 % als Hackschnitzel verwertet (Tabelle 9).

Tabelle 9: Gesamtaufkommen an Scheitholz, Waldhackschnitzeln, Industrieholz und Stammholz in Bayern 2018.
Die Summen gehen als Aufkommen an Waldholz in die Holzbilanz ein.

| Besitzart | Stammholz | Scheitholz | Hackschnitzel | Industrieholz | unverwertet | Gesamt |
|------------------|------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|--------------|
| | [Mio. Efm m. R.] | | | | | |
| Privatwald | 6,83 | 3,69 | 2,05 | 0,70 | 0,18 | 13,46 |
| Körperschaftwald | 0,94 | 0,22 | 0,10 | 0,16 | 0,05 | 1,48 |
| Staatswald, Land | 3,41 | 0,39 | 0,40 | 0,67 | 0,25 | 5,13 |
| Staatswald, Bund | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,15 |
| Summe | 11,26 | 4,35 | 2,55 | 1,55 | 0,50 | 20,21 |

Die Menge des Energieholzes 2018 ist um 20 % höher als die Menge im Jahr 2016. Der Anteil von Hackschnitzeln und Brennholz hat sich zu 2016 nicht verändert. Der Privatwald ist mit 83 % weiterhin der mengenmäßig wichtigste Bereitsteller von Waldenergieholz. Scheitholz ist weiterhin das wichtigste Energieholzsortiment im Privatwald, wenngleich dessen Anteil am Energieholz seit 2014 um 8 %-Punkte auf 63 % gefallen ist. Beim Scheitholz wird gut 51 % der Menge aus der Fichte gewonnen und bei den Hackschnitzeln sogar 73 %. Die Aufteilung der Energieholzsortimente nach Baumarten ist in Abbildung 7 aufgezeigt.

¹ 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 Holzverkaufsstatistik erfasst, weshalb diese Statistik die verwerteten Holz mengen damit vollständiger abbildet.

² 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.

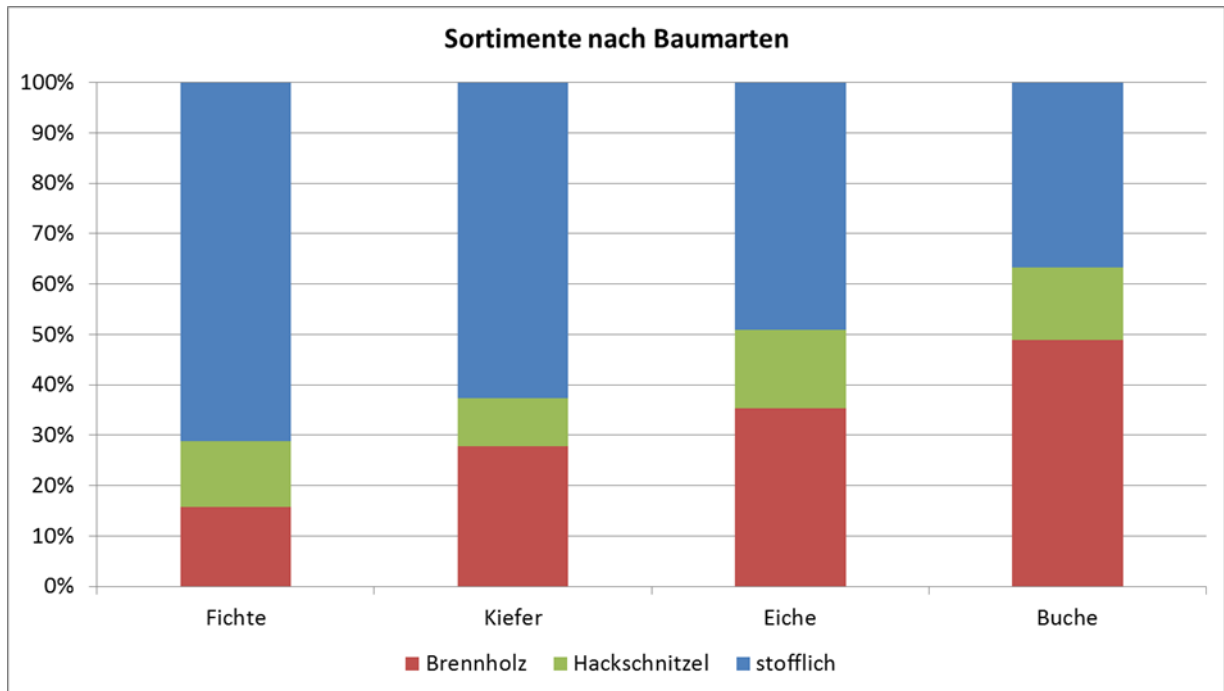


Abbildung 7: Verteilung der genutzten Sortimente nach Baumart. Die Nadelhölzer weisen den größten Anteil in der stofflichen Nutzung auf. Neben dem höheren Stammholzanteil der Nadelhölzer sind weitere Gründe in einer teilweise fehlenden stofflichen Verwertungsmöglichkeit, starken Energieholznutzung im Kleinprivatwald und mangelnden Pflege der Laubhölzer zu sehen. 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.

Methoden

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 Datenbank forstlicher Unternehmen der LWF diente dabei als Basis. Zusätzlich wurden noch weitere Unternehmen der Liste angefügt, die der LWF aus anderen Projekten bekannt waren. Insgesamt wurden 148 Unternehmen angeschrieben. Sieben Unternehmen hatten ihren Betrieb eingestellt und bei weiteren 11 wurde festgestellt, dass sie keine Hackleistung erbringen und somit nicht zum Kollektiv gehören. Somit umfasste der Bestand an Adressen 128 Unternehmen, die das Hacken von Holz anbieten. Dies sind neun Unternehmen mehr als in der Umfrage von 2016. Es wurde angenommen, dass diese Zahl der Grundgesamtheit entspricht. 49 Unternehmen beantworteten den Fragebogen, wobei 6 Unternehmen nur als Vermittler tätig waren. Somit wurden 43 Fragebögen ausgewertet und die Rücklaufquote beträgt 34 %.

Die Unternehmen wurden anhand der von ihnen selbst gehackten Holzmenge in Schüttraumern in Größenklassen eingeteilt, von Subunternehmern gehackte Holzmengen blieben dabei unberücksichtigt. 9 Unternehmen hackten bis zu 10.000 Srm, 13 hackten zwischen 10.001 und 50.000 Srm, 15 hackten zwischen 50.001 und 100.000 Srm und 6 mehr als 100.000 Srm. Für die

Abschätzung der Branchenstruktur wurden auch gemeldete Holzmengen aus 2016 und 2014 mit berücksichtigt, sofern keine neuen Daten vorhanden waren. Bisher wurden die Hacker nach der im Unternehmen vorhandenen Hackerleistung in kW in Größenklassen eingeteilt. Die Umstellung der Hochrechnung erfolgte aus zwei Gründen. Es liegen mittlerweile für 52 von 128 Unternehmen Daten über die gehackten Holzmengen vor und somit kann die Struktur der Branche abgeschätzt werden (Tabelle 10). Wird die gehackte Holzmenge pro kW betrachtet, ergaben sich nach der alten Einteilung innerhalb der Gruppen sehr große Schwankungen bei gleichzeitig nur wenigen Differenzen zwischen den Gruppen (siehe Tabelle 33 im Anhang). Bei der neuen Einteilung ergibt sich hier ein deutlich differenziertes Bild (Siehe Tabelle 34 im Anhang). Um Vergleiche zu 2016 ziehen zu können und die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde die neue Hochrechnungsart auch auf die Daten von 2016 angewandt.

Tabelle 10: Struktur der Hackerunternehmer in Bayern. Die Größenklassen wurden nach den von den Unternehmen selbst gehackten Holzmengen eingeteilt.

| Klasse | Anteil | Anzahl Unternehmen |
|----------------------|-------------|--------------------|
| bis zu 10.000 Srm | 19% | 24 |
| 10.001 - 50.000 Srm | 32% | 41 |
| 50.001 - 100.000 Srm | 38% | 48 |
| mehr als 100.000 Srm | 11% | 14 |
| Summe | 100% | 128 |

Ergebnisse

Von den 43 Betrieben wurden Holzmengen von insgesamt 1.036.000 Fm m. R. nachgewiesen, von denen sie 1.023.000 Fm m. R. selbst aufgearbeitet haben.

Das Hackschnitzelaufkommen in Bayern wurde auf 2,59 Mio. Fm m. R. (siehe Tabelle 11) hochgerechnet. Davon wurden 2,00 Mio. Fm m. R. aus dem Wald, 0,01 Mio. Fm m. R. aus Kurzumtriebsplantagen und 0,58 Mio. Fm m. R. aus der Verkehrswegepflege oder Flur und Siedlungen gewonnen. Die hochgerechneten Mengen, die im Wald gewonnen wurden, wurden zu 79 % aus Waldrestholz, Gipfeln und Vollbäumen gewonnen und zu 21 % aus Energierundholz. Energierundholz sind Stammstücke 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 es verbleiben mehr Nährstoffe im Wald.

Tabelle 11: Hackschnitzelmengen 2018 nach Entstehungsort

| Herkunft der Hackschnitzel | Menge [Fm m. R.] | Menge [Srm] |
|--|------------------|------------------|
| Waldholz | 1.996.000 | 4.989.000 |
| Holz aus Kurzumtriebsplantagen | 13.000 | 32.000 |
| Holz aus der Verkehrswegepflege , Flur und Siedlung | 580.000 | 1.450.000 |
| Summe | 2.589.000 | 6.467.000 |

Die Menge an Hackschnitzeln ist gegenüber dem Jahr 2016 um rund 152.000 Fm m. R. gesunken. Die Mengenänderung ist nahezu allein auf die Waldhackschnitzel zurückzuführen. Allgemeine hohe Hackschnitzelmengen in den vergangenen Jahren sind angesichts der Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer, die seit dem Trockensommer 2015 in Bayern im Gange ist (LEMME & GÖRWEIN 2017; TRIEBENBACHER & PETERCORD 2019; TRIEBENBACHER & LOBINGER 2020), nicht verwunderlich. Aber nicht nur die Fichte war von einem erhöhten Schädlingsbefall betroffen, sondern auch die Kiefern hatten Probleme mit einem Prachtkäfer (GÖRWEIN ET AL. 2017). So stiegen die Schadhohlmengen in 2015 um 305 % gegenüber dem Vorjahr (HASTREITER 2017) und 2016 ging das Schadhohz um 35 % auf 4,25 Mio. Festmeter zurück (HASTREITER 2018), nur um dann 2017 um 70 % auf 7,23 Mio. Festmeter zuzunehmen (HASTREITER 2019B) und auf diesem Niveau auch 2018 zu verharren (HASTREITER 2019C). Die erhöhten Schadhohlmengen bedingen durch die notwendige saubere Waldwirtschaft ein erhöhtes Aufkommen an Hackholz, insofern ist die geringere Menge gegenüber 2016 nicht ganz plausibel. Grundsätzlich ist der Rückgang mit rund 6 % der Gesamtmenge gering. Auffällig ist, dass die durchschnittlichen gehackten Waldholzmengen in allen Gruppen zwischen 2016 und 2018 gesunken sind, während die Mengen beim Pflegeholz gestiegen sind. Ein Grund für diese Verschiebung könnten die großräumigen Rodungsarbeiten im Zuge des Ausbaus der Autobahn A3 in Nordbayern gewesen sein (vgl. GROH 2017). Eventuell versuchten Waldbesitzer zusätzlich die Aushaltung von Hackschnitzeln aufgrund der weiterhin geringen Erlöse zu vermeiden; Allerdings dürften einem solchen Verhalten aufgrund der im Wald anfallenden Holzqualitäten enge Grenzen gesetzt sein.

Vom Waldholz war ein Anteil von 79 % oder 1,58 Mio. Fm m. R. Waldrestholz und 21 % oder 0,41 Mio. Fm m. R. Energierundholz. Erstaunlicherweise ist der Anteil des Waldrestholzes von 2014 zu 2016 in den hochgerechneten Mengen um 8 %-Punkte gesunken und dann zu 2018 im Anteil gleich geblieben. 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 ist um knapp 0,55 Mio. Fm m R. geringer als das Aufkommen, das in der Holzeinschlagstatistik erfasst ist. Insofern scheint die Umfrage die tatsächliche Hackmenge nicht vollständig abzubilden.

Bei der Betrachtung der von den Unternehmen eingesetzten Hackertypen lässt sich ein Trend hin zu immer größeren und leistungsstärkeren Maschinen erkennen. Bei den insgesamt 22 Unternehmen, die mehrmals an der Umfrage teilgenommen haben, konnte in 9 Unternehmen eine Ersatzanschaffung eines Hackers dokumentiert werden. (Fuhrparkerweiterungen wurden nicht mit einbezogen.) Nur ein Unternehmen beschaffte einen Hacker mit der gleichen Leistung, die acht anderen steigerten die Leistung der Maschinen im Durchschnitt um 104 kW.

Auswertungen von KUPTZ ET AL. (2015) deuten darauf hin, dass der spezifische Kraftstoffverbrauch in der mittleren Leistungsklasse von 200 bis 400 kW am niedrigsten ist. Nach diesen Untersuchungen benötigt der Prozessschritt „Hacken“ zwischen 0,22 und 0,81 %, im Mittel 0,5 % der im absolut trockenen Holz gespeicherten Energie.

Herausforderungen für die Betriebe

Auf dem Fragebogen konnten die Unternehmen die Herausforderungen der Branche benennen. Diese Möglichkeit haben 29 Betriebe genutzt. Es wurden hier keine Antwortvorgaben gegeben, so dass die Antworten völlig offen gegeben werden konnten und die Themen widerspiegeln, welche die Unternehmen bewegen.

Für die Auswertung wurden die Antworten in mehrere Kategorien eingeteilt, wobei natürlich jede Antwort gleichzeitig in mehreren Kategorien eingeteilt werden kann. Im Folgenden werden die Kategorien kurz danach charakterisiert, was die Wünsche der Branche sind.

21 der 29 Unternehmen sehen es als Herausforderung an, mehr Absatzmöglichkeiten für Hackschnitzel auf zu bauen. So werden, insbesondere in Nordbayern, mehr größere Biomasseheizwerke und -heizkraftwerke gefordert, die Waldhackschnitzel auch verwerten können. Durch eine höhere Absatzmenge könnten die Preise für Hackschnitzel und damit die Gewinne der Unternehmen steigen.

Sechs der Unternehmen sahen als eine große Herausforderung, höhere Erlöse für die Hackschnitzel zu erzielen. Bereits 2016 haben einige Hackerunternehmen angeführt, dass mit der reinen Dienstleistung kein Geld mehr zu verdienen sei (GÖßWEIN ET AL. 2018). Fehlende Gewinne wirken sich auf die Investitionsmöglichkeiten der Unternehmen aus, führen aber auch dazu, wie ein Unternehmer anmerkte, dass er qualifiziertes Personal nicht mehr adäquat entlohnen könne und dieses in der Folge verlöre oder gar nicht mehr anwerben könne. Somit wäre die Schlagkraft seines Unternehmens durch die aktuelle Entlohnung gefährdet und damit auch die Aufarbeitungskapazität für Kalamitäten.

Fünf der Betriebe befürworten eine stärkere staatliche Förderung von Biomasseheizkraftwerken oder generell des heimischen Verbrauchs von Hackschnitzeln.

Drei der Betriebe bemängeln Problem bei der Vergabe durch öffentliche Auftraggeber. Immer wieder kämen ohne transparentes Ausschreibungsverfahren dieselben Unternehmen zum Zug. Zwei der Betriebe merkten an, dass es zu viele Hackerdienstleister am Markt gäbe und deswegen die Auslastung der Maschinen zu gering und die Konkurrenz bzw. der Preisdruck zu hoch sei.

Jeweils ein Unternehmen sieht es als Herausforderung an, mehr Beachtung (auch von der Politik) für die Branche zu erhalten und mehr Öffentlichkeitsarbeit für die Branche zu machen. Ebenfalls ein Betrieb sieht die Verbesserung der Hackschnitzelqualität als Herausforderung an.

2.1.6 Preisentwicklung bei Scheitholz und Waldhackschnitzeln

Scheitholz

Die LWF erhebt jährlich die Scheitholzpreise in Bayern. Dabei werden veröffentlichte Angebote von professionellen Brennholzhandlern, Biomassehöfen und Kleinanbieter aus Bayern ausgewertet. 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 8). Ein Raummeter ofenfertiges Hartholz verteuerte sich von 2007/08 zu 2019/20 um 36 %, Weichholz sogar um 43 %. 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 5 % und der Raummeter Weichholz um 9 %.

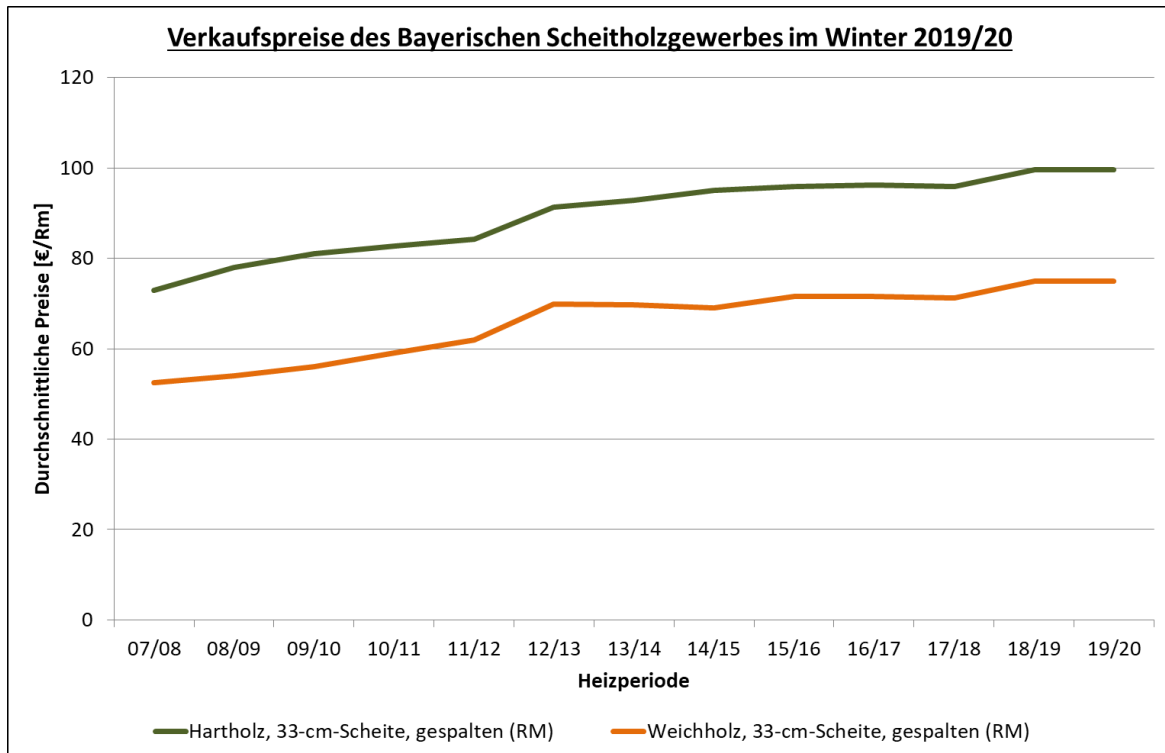


Abbildung 8: Durchschnittspreise für bayerisches Scheitholz von professionellen Händlern von 2007/08 bis 2019/20 (brutto). (Quelle: Eigene Erhebung)

Scheitholzpreise Waldbesitzer

Im Winter 2018/19 wurde erstmals eine Preisumfrage bei Waldbesitzern durchgeführt. Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft führte diese in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt durch. Da es die erste Umfrage war, konnte keine Zeitreihe erstellt werden.

Der Raummeter Laubholzscheite kostete beim privaten Waldbesitz im bayernweiten Durchschnitt rund 79 € – wobei die Spanne der genannten Preise mit 40 € bis 105 € enorm war. Die beobachteten Preisspannen waren bei allen Sortimenten sehr groß. Bei einigen der genannten Preise, wie zum Beispiel 5 € für den Raummeter Nadelrundholz ist eine kostendeckende Aufarbeitung nicht mehr möglich (GÖßWEIN & RIEBLER 2020).

Waldhackschnitzel

Die Preisentwicklung für Waldhackschnitzel ist seit 2015 durch einen starken Preisverfall bestimmt (siehe Abbildung 9). 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. Im Jahr 2018 erholten sich die Preise leicht und steigen auf 85,11 €/t lutro.

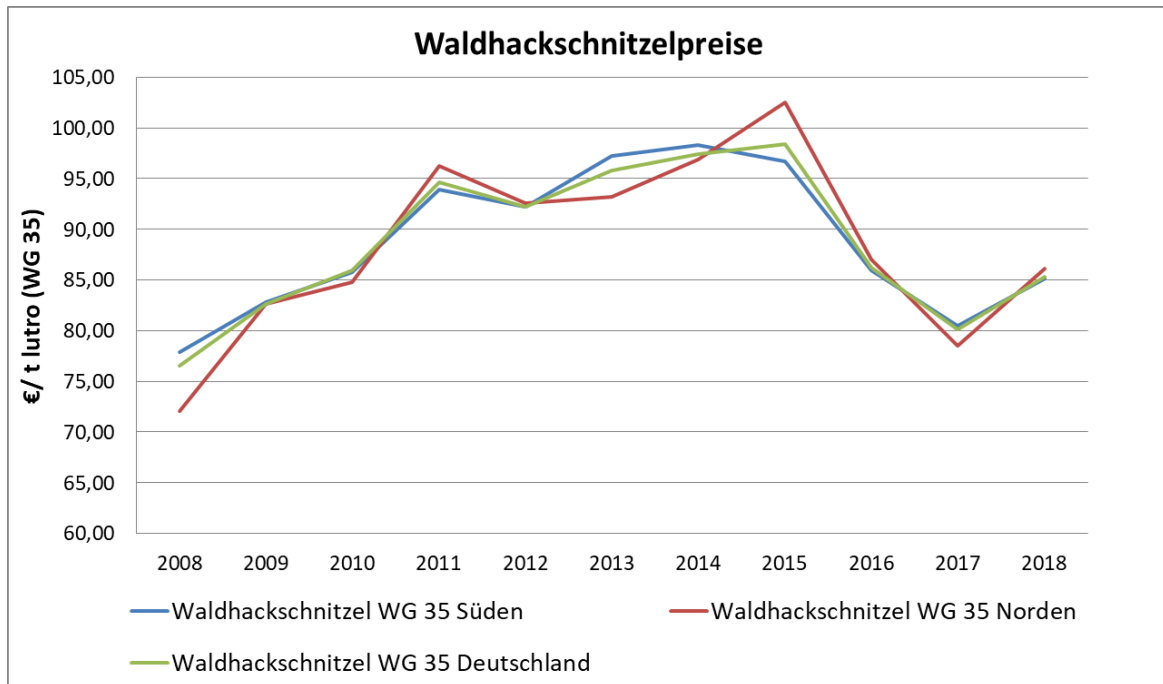


Abbildung 9: Die Preise sind von 2008 bis 2015 nahezu stetig gestiegen und fielen dann bis 2017 sehr stark. Der Preisverfall deutete auf ein Überangebot hin, dessen Ursachen im niedrigeren Bedarf der Heizkraftwerke aufgrund der warmen Winter und der zusätzlichen Mengen durch Sturm- und Borkenkäferschäden gesehen wird. 2018 haben sich die Preise nur leicht erholt. (Quelle: C.A.R.M.E.N. e. V.).

2.1.7 Diskussion

Nachhaltigkeit

Der Holzeinschlag 2018 schöpfte das Nutzungspotenzial von 26 Mio. Festmeter bei weitem nicht aus. Die „Welle“ eines vermehrten Holzaufkommens, wie es von BORCHERT & RENNER (2018) modelliert worden war, hatte bis 2018 also noch nicht eingesetzt. Sollte durch den aktiven Waldumbau das Holzaufkommen nicht bald deutlich gesteigert werden, ist zu befürchten, dass dies durch Kalamitäten wie Sturm-, und Insektenschäden oder Dürre geschehen wird.

Neben der 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 hat in einem Forschungsprojekt die Auswirkungen der Nutzung dieses sogenannten Energierundholzes anstelle von Waldrestholz untersucht. Durch das grob entastete Energierundholz wird die gewonnene Biomasse um 40 – 53 % der Nährstoffentzug hingegen um 63 – 95 % reduziert, außerdem haben die daraus gewonnenen Hackschnitzel eine höhere Qualität (DIETZ ET AL. 2019). 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 2018 gegenüber 2016 deutlich gestiegen. Gegenüber 2017 war der Anstieg nur 3 %. Mit dem Einschlag stieg auch das bereitgestellt Energieholz. Interessanterweise schlagen die Veränderungen im Energieholz stets stärker als der Gesamteinschlag aus. Während der Gesamteinschlag von 2014 zu 2016 um 4 % sank, verringerte sich die Energieholzmenge um 8 %. Dieser Effekt trat auch von 2016 zu 2018 auf – wenn auch in die andere Richtung und nicht so stark. Während der Einschlag um 17 % stieg, wurde 20 % mehr Energieholz bereitgestellt. Scheitholz und Hackschnitzel stiegen beide einheitlich um 20 %. Der Anstieg fand vor allem im Privatwald statt. Der Anstieg bei den Hackschnitzeln fand sogar ausschließlich im Privatwald statt.

Laut der Holzeinschlagserhebung wurde 2018 eine Menge von 2,55 Mio. Festmeter Waldhackschnitzel ausgehalten. Die Hochrechnung der Umfrage bei den Hackerunternehmen ergab rund 553.000 Festmeter weniger. Beiden Verfahren liegen keine Vollerhebungen zugrunde und dementsprechend gibt es Unsicherheiten. Bei den Hackern könnte es noch Unternehmen geben, die uns nicht bekannt sind, die Grundgesamtheit also unterschätzt sein. Außerdem haben nur 41 % der uns bekannten Unternehmen ihre Holzmengen gemeldet. Also wurden die Holzmengen von 59 % der Unternehmen geschätzt. Wenn es bei den Unternehmen, die sich noch nie an den Umfragen beteiligt haben, mehr große gibt als bei den übrigen, wären die tatsächlich gehackten Mengen höher, als die hochgerechneten. Die Genauigkeit der Hochrechnung dürfte mit jeder weiteren Umfrage ansteigen, da die Zahl der Unternehmen, deren Zugehörigkeit zu einer Größenklasse nicht bekannt ist, sinken wird.

Im Privatwald mit Eigentumsgrößen bis 20 ha wird rund die Hälfte der eingeschlagenen Holzmenge zu Energieholz aufbereitet. In privaten Forstbetrieben über 1.000 ha dagegen 84 % 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 eventuell auch mehr Stammholz für die stoffliche Holzverwendung bereitgestellt worden.

Energieholzpreise

Interessanterweise war die Preisentwicklung in den vergangenen Jahren für die beiden Energieholzsortimente Scheitholz und Hackschnitzel völlig unterschiedlich. Der Scheitholzverbrauch hängt maßgeblich von der Strenge der Winter ab. Dagegen scheinen die Preise der Brennholzhändler nicht von den Schwankungen betroffen zu sein, denn dort sind bisher keine großflächigen Preisrücknahmen zu erkennen. Aufgrund der Kalamitäten, die Mitteleuropa 2018 getroffen haben, in Verbindung mit dem vermutlichen Anstieg der Brennholzbereitstellung in Mitteleuro-

pa wäre eine Preisreduktion beim Brennholz zu erwarten gewesen. Ein Grund für die Preisstagnation könnte sein, dass der Scheitholzverbrauch in den vergangenen sechs Wintern einheitlich gering gewesen sein dürfte, da fünf von sechs Wintern sehr warm waren (vgl. Kapitel 2.6.5). Eventuell haben sich die Händler darauf sehr gut eingestellt. Rund 65 % der Scheitholznutzer versorgen sich bei einem Waldbesitzer oder Brennholzhändler mit Scheitholz, demnach sollte ein ausreichend großer Markt vorhanden sein. Möglicherweise sorgt die Unverderblichkeit der Ware Brennholz für die Preisstagnation, denn wenn die Händler die Preise nicht senken, verkaufen sie in diesem Jahr etwas weniger, können das übrige Brennholz aber bis ins nächste Jahr weiterlagern. Während viele Scheitholznutzer die Möglichkeit haben, auf andere Energieträger auszuweichen³, 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. Als Gründe für den starken Preisverfall seit 2015 werden gesehen: (1) fünf sehr milde Winter (2013 bis 2016 und 2017 bis 2019) mit nur einem etwas strengeren Winter 2016/17 und (2) die Windwürfe in Bayern durch Niklas 2015 mit der anschließenden (3) Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer, die bis ins laufende Jahr andauert und (4) die Kalamitäten in Europa, die zwischen August 2017 und Ende 2018 rund 100 Mio. Festmeter an Schadholz verursacht haben (EUWID 45/2018). Das Aufkommen von Hackschnitzeln wird deshalb nicht von der Nachfrage bestimmt. Gleichzeitig sind Hackschnitzel nur begrenzt lagerfähig und müssen für eine längere Lagerdauer getrocknet werden. Die getrockneten Hackschnitzel müssen aber vor Niederschlag geschützt gelagert werden und dieser Lagerraum ist knapp und teuer.

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 Buchdruckers reicht diese Maßnahme aus.

³ 86 % der Scheitholznutzer verbrennen das Holz in Einzelraumfeuerungen, die nur als sekundäre Energiequelle dienen.

2.2 Nebenprodukte der Sägeindustrie

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 Papier- und Holzwerkstoffindustrie, werden aber auch zu Pellets oder Briketts gepresst und 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 2016 vorhanden. Die Adressdatei wurde aktualisiert, wobei 24 Sägewerke neu gefunden wurden, so dass 661 Sägewerke in Bayern angeschrieben wurden. Aus den unzustellbaren Rückläufern der Sendungen ergaben sich nach der Kontrolle 44 Betriebsaufgaben. Insgesamt arbeiteten in Bayern 2018 617 Sägewerke. Von den Sägewerken sind 22 Großsägewerke, die mehr als 50.000 Festmeter Nadelholz oder 20.000 Festmeter Laubholz einsägen.

Insgesamt haben 141 Sägewerke den Fragebogen beantwortet, davon waren 131 kleine und mittlere Sägewerke und 10 Großsäger. Der Einschnitt von weiteren 7 Großsägern wurde aus der Fachpresse entnommen (HOLZKURIER 2019A) und mit dem Datenbestand von 2016 vervollständigt. Weitere 5 Großsäger wurden aus dem Datenbestand von 2016 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 eingeteilt, 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 eingeteilt. Anschließend wurden die Sägewerke in 4 Größenklassen eingeteilt.

Die Größenstruktur der Sägewerke in Bayern wurde auf Grundlage des 2014 telefonisch ermittelten Einschnittvolumens errechnet, wobei neuere Daten zu Betriebsaufgaben und Einschnitt – sofern vorhanden – genutzt wurden. Somit konnte die Größenstruktur der Sägewerke anhand von 359 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 aus STMELF (2018) ge-

schätzt⁴. Berechnungsgrundlage war der Einschnitt 2018. Weiterhin wurde angenommen, dass 15 % der Rindenmenge 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

2018 wurden insgesamt 11,14 Mio. Fm o. R. oder 12,46 Mio. Fm m. R. von den bayerischen Sägewerken eingeschnitten. Davon wurden 78 % in den Großsägewerken und 22 % in den kleinen und mittleren Sägewerken eingeschnitten. Aus dem Rundholz wurde mit einer durchschnittlichen Ausbeute von 60,0 % insgesamt 6,68 Mio. m³ Schnittholz erzeugt. Davon waren 6,08 Mio. m³ Nadelschnittholz und 0,60 Mio. m³ Laubschnittholz. Die durchschnittliche Schnittholzausbeute in den Großsägewerken, die hauptsächlich mit der Profilerspaner-Technologie arbeiten, liegt bei 58,9 %. Die kleinen und mittelgroßen Sägewerke setzten häufiger Sägegatter und Bandsägen ein, die zwar langsamer arbeiten, dafür aber eine deutlich höhere Ausbeute ermöglichen. Für die 2018 befragten kleinen und mittelgroßen Betriebe errechnete sich eine durchschnittliche Ausbeute an Schnittholz von 63,4 %.

92 % oder 10,20 Mio. Fm o. R. des eingeschnittenen Holzes war Nadelholz. Laubholz wurde dem entsprechend zu 8 % oder 0,94 Mio. Fm o. R. eingeschnitten.

2.2.3 Aufkommen von Nebenprodukten in den Sägewerken

Beim Einschnitt des Rundholzes und in der ersten Stufe der Weiterverarbeitung des Schnittholzes fielen knapp 5,74 Mio. m³ Sägenebenprodukte, Rinde und Hobelspäne an. Abbildung 10 stellt die anfallenden Sortimente in ihren Anteilen dar. Von den Nebenprodukten fallen 4,53 Mio. m³ in den Großsägewerken und 1,21 Mio. m³ in den kleinen und mittleren Sägewerken an.

Aus der Erhebung zum Energieholzmarkt 2014 (WEIDNER ET AL. 2016) lässt sich die Verteilung auf einzelne Sortimente ableiten. Kleine und mittelgroße Sägewerke produzieren weniger Hackschnittzel 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 4,5 % 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. m³ errechnet.

⁴ Es wurde für alle Baumarten ein pauschaler Ernteverlust (Schnittverluste, Maßverluste, Baumstumpf) von 10 % bezogen auf den Vfm m. R. angenommen.

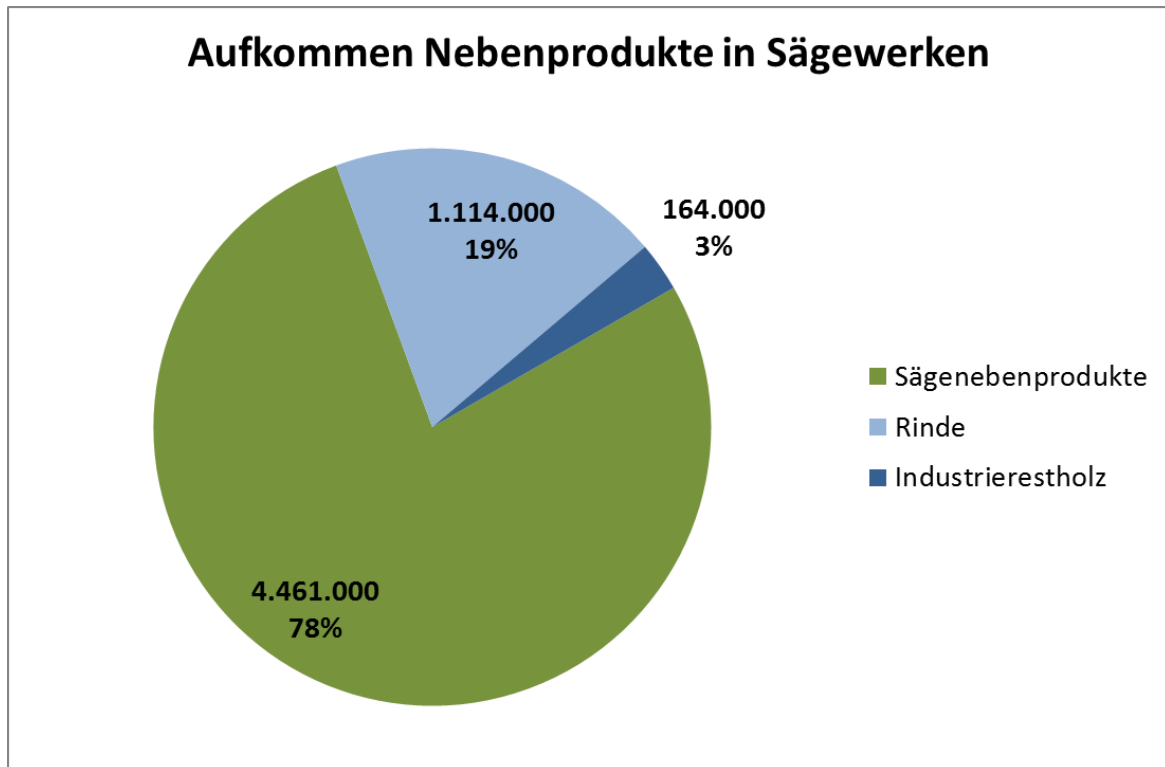


Abbildung 10: Nebenprodukte der Sägewerke. Den größten Anteil haben die klassischen Sägenebenprodukte. Industrierestholz (Kappholz und Hobelspäne) fällt nur sehr wenig an, da viele Sägewerke das Schnittholz nicht selbst weiter verarbeiten.

2.2.4 Verwendung Nebenprodukte

Im Fragebogen wurde die Verwendung getrennt nach zum einen Sägenebenprodukte und Industrierestholz und zum anderen Rinde abgefragt. Die Mengen und die jeweilige Verteilung bei den kleinen und mittleren Sägewerken (kl. Säger in der Tabelle) und den Großsägern sind aufgeteilt nach der Verwendungsart für die Sägenebenprodukte in Tabelle 12 und für die Rinde in Tabelle 13 dargestellt. 33 % 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 12: 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.

| Verbleib | Verwendung | Menge [m ³] | Anteil kl. Säger | Anteil Großsäger |
|----------------|-----------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| Eigenverbrauch | energetisch | 741.000 | 18% | 16% |
| Verarbeitung | stofflich | 305.000 | 4% | 7% |
| | energetisch (Pellets) | 948.000 | 0% | 27% |
| | sonstiges | 7.000 | 1% | 0% |
| Verkauf | stofflich | 1.470.000 | 23% | 35% |
| | energetisch | 531.000 | 25% | 9% |
| | unbekannt (Handel) | 459.000 | 29% | 5% |
| Gesamt | | 4.461.000 | 100% | 100% |

Die Rinde wird zu 49 % energetisch im eigenen Werk genutzt, wobei hier die Großsägewerke mit 60 % deutlich mehr als die Hälfte der anfallenden Rinde energetisch verwerten. Kleine und mittlere Sägewerke verkaufen knapp 81 % der Rinde, wobei der Großteil stofflich zum Beispiel als Rindenmulch genutzt wird. In Rinde sägen vornehmlich nur kleine Sägewerke, die oft nur im Lohnschnitt betrieben werden. Rund 85.000 Festmeter Holz werden im Wald entrindet und dann zum Sägewerk angeliefert.

Tabelle 13: 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.

| Verwertung Rinde | Menge [m ³] | Anteil kl. Säger | Anteil Großsäger |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| eigene energetische Verwertung | 549.000 | 16% | 60% |
| Verkauf energetisch | 65.000 | 12% | 4% |
| Verkauf stofflich | 309.000 | 37% | 25% |
| Verkauf Handel | 181.000 | 32% | 11% |
| Sägen in Rinde ⁵ | 9.000 | 3% | 0% |
| Summe | 1.114.000 | 100% | 100% |

⁵ „Sägen in Rinde“ war im Fragebogen nicht auswählbar. Dennoch haben einige Sägewerke dies gemeldet. Demnach könnte das Sägen in Rinde unterrepräsentiert sein.

Ergebnisse Großsägewerke

Die 22 bayerischen Großsägewerke haben 2018 ca. 8,64 Mio. Fm o. R. oder 9,64 Mio. Fm m. R. Rundholz eingeschnitten. Hauptsortiment mit knapp 6,96 Mio. Fm o. R. war die Baumartengruppe Fichte (mit etwas Tanne und Douglasie). An Kiefer und Lärche wurden etwa 1,15 Mio. Fm o. R. verarbeitet. An Laubrundholz wurde eine Menge von knapp 535.000 Fm o. R. verarbeitet. Mit 91 % liegt der Hauptanteil des Laubholzes bei der Baumartengruppe Buche. Die durchschnittliche Schnittholzausbeute betrug mengengewichtet 58,9 %. Bei den Laubholz- und Gemischtgroßsägern lag die Ausbeute bei 65,1 %; bei den Nadelholzgroßsägern 58,5%. Demnach produzierten die bayerischen Großsäger 2018 5,09 Mio. m³ Schnittholz. Die Auslastung der Großsäger lag dabei bei knapp 89 %.

Ergebnisse für kleine und mittelgroße Sägewerke

595 kleine und mittlere Sägewerke waren 2018 noch in Betrieb. Davon haben 131 Sägewerke Daten geliefert. Die Sägewerke, die gemeldet haben, schnitten knapp 659.000 Fm o. R. ein, davon waren rund 513.000 Fm Nadelholz und 145.000 Fm Laubholz. Die Schnittholzausbeute bei den Werken lag bei rund 63,4 %.

Hochrechnung für kleine und mittelgroße Sägewerke

Die kleinen und mittleren Sägewerke verarbeiteten 2,50 Mio. Fm o. R. Rundholz zu 1,58 Mio. m³ Schnittholz (Tabelle 14). Mit 80 % wurde der Großteil des Einschnitts in Nadelholz-Sägewerken realisiert.

Tabelle 14: Hochgerechnete Anzahl und Einschnitt der kleinen und mittleren Sägewerke im Jahr 2018.

| Art des Sägewerks | Anzahl | Rundholzeinschnitt | |
|--------------------|--------|--------------------|------|
| | | Fm o. R. | % |
| Nadelholz Sägewerk | 469 | 2.010.000 | 80% |
| Laubholz Sägewerk | 46 | 322.000 | 13% |
| Mischsägewerk | 81 | 166.000 | 7% |
| Summe | 595 | 2.498.000 | 100% |

2.2.5 Struktur der Sägewerke in Bayern

Die Anzahl aller Sägewerke in den jeweiligen Größenklassen ist in Abbildung 11 dargestellt. In Abbildung 12 ist der Einschnitt 2018 in den jeweiligen Größenklassen dargestellt. Die Veränderung der Anzahl der Sägewerke zwischen 2016 und 2018 ist in Abbildung 13 dargestellt. Insgesamt schnitten 2018 11 Sägewerke mehr als 200.000 Festmeter ein. Auf diese 11 Sägewerke entfiel rund 70,3 % des Gesamteinschnitts in Bayern. 85,6 % der Sägewerke schneiden jeweils unter 10.000 Festmeter ein und realisieren knapp 10,5 % des Gesamteinschnitts (Tabelle 15).

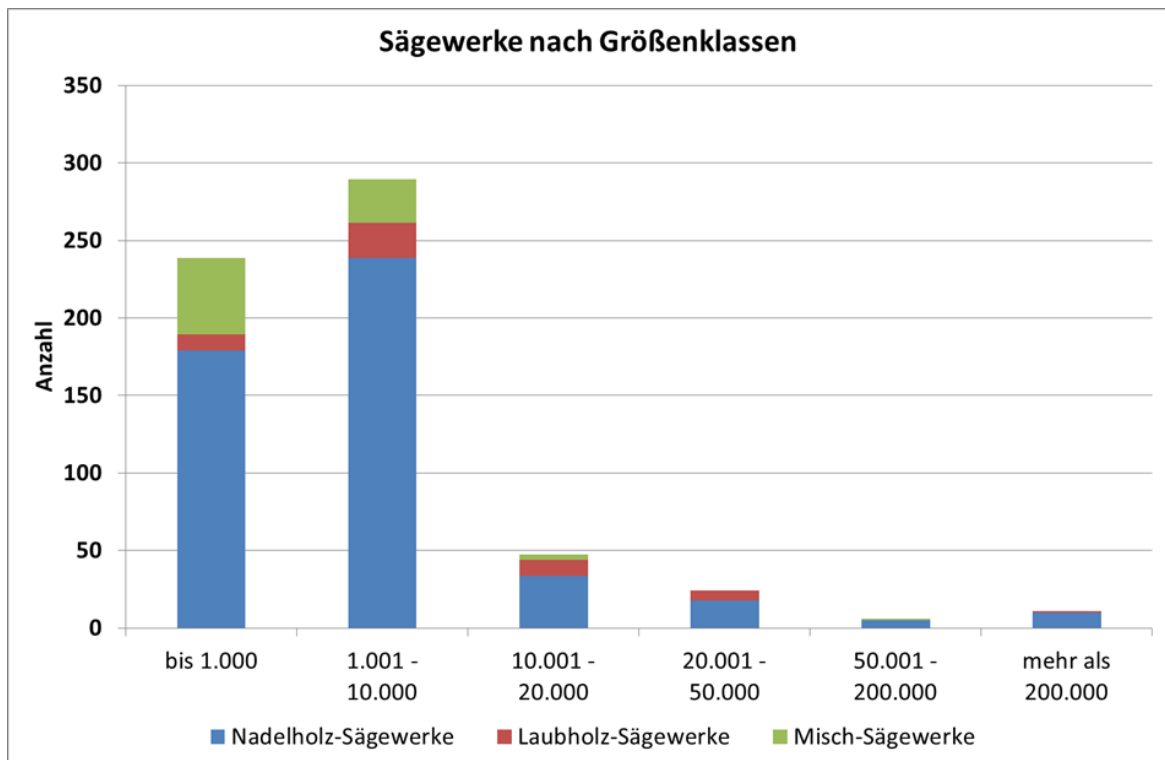


Abbildung 11: Anzahl der Sägewerke in den jeweiligen Größenklassen eingeteilt nach dem Einschnitt im Jahr 2018. Insgesamt schneiden 85,6 % der Sägewerke in Bayern weniger als 10.000 Festmeter ein und nur 11 Sägewerke haben einen Einschnitt über 200.000 Festmeter.

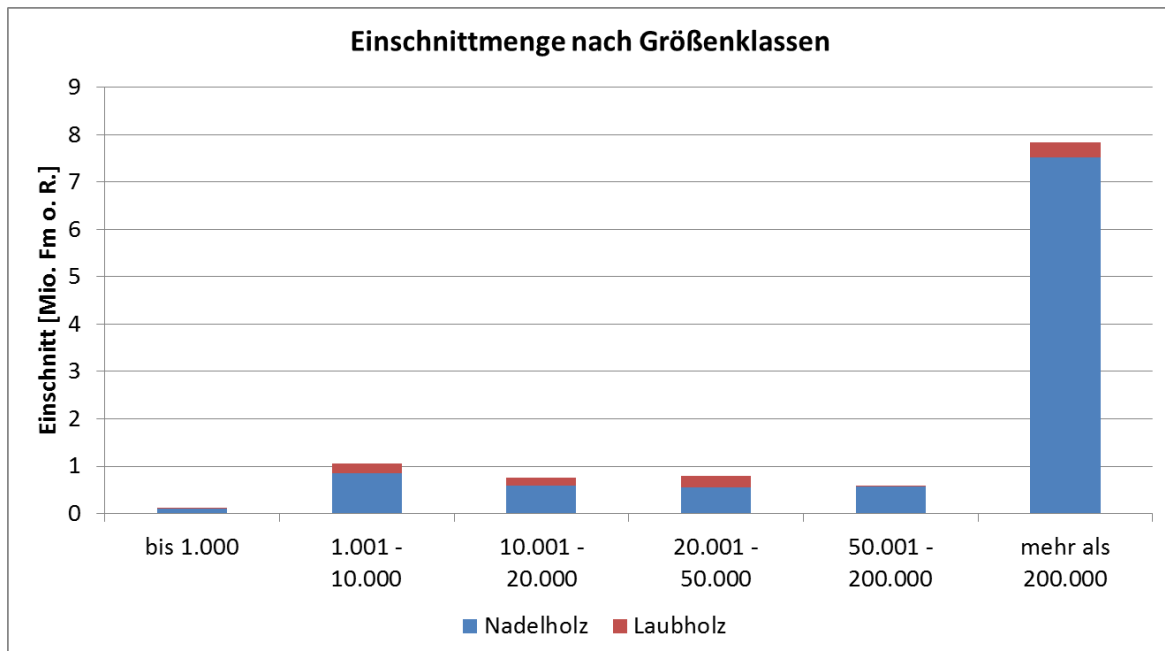


Abbildung 12: Die Menge des eingeschnittenen Rundholzes im Jahr 2018 auf die Größenklassen der Sägewerke verteilt. 38,7 % der Sägewerke schneiden 1,0 % des Holzes ein (bis 1.000), dagegen schneiden in der größten Klasse 1,8 % der Betriebe 70,4 % des Holzes ein.

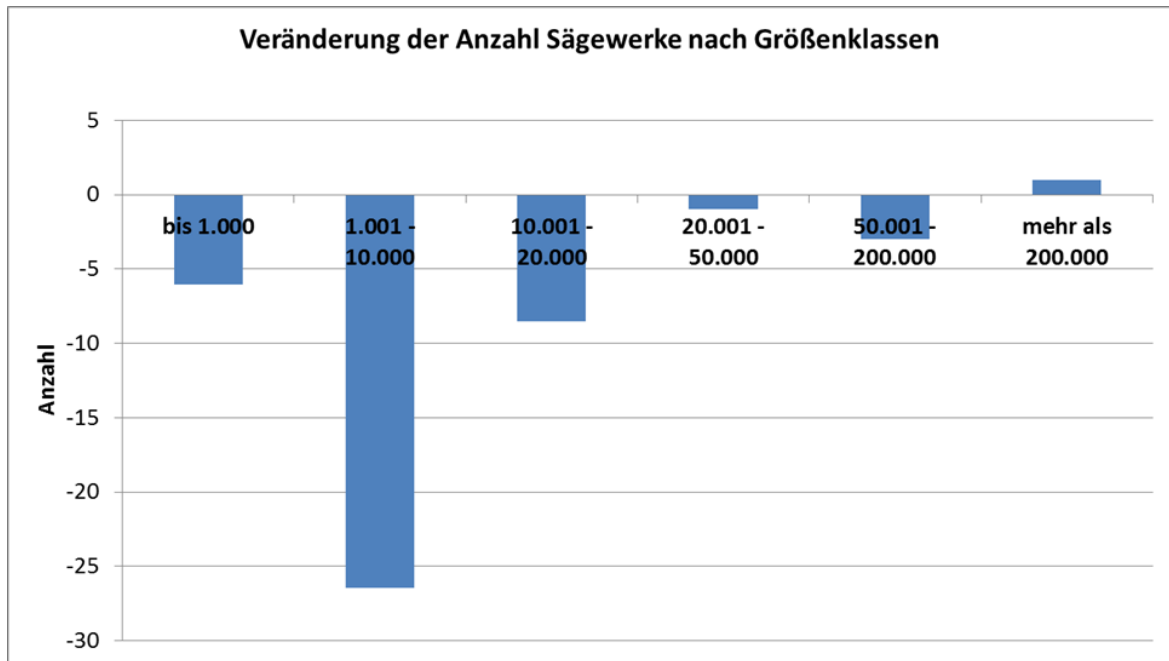


Abbildung 13: Veränderung in der Anzahl der Sägewerke in den einzelnen Größenklassen. Betriebsaufgaben fanden in der überwiegenden Zahl der Fälle in den Größenklassen bis 1.000 und 20.000 Festmeter statt.

Bei den Großsägewerken gab es bis Mitte 2019 folgende größere Veränderungen: Die Hamburger Hardwood GmbH in Kleinostheim hat das Werk im Jahr 2018 geschlossen. Weiterhin hat die Ladenburger Gruppe ihren Standort in Hürnheim im Herbst 2018 geschlossen. Der Einschnitt von knapp 100.000 Festmeter wird an einen anderen Standort außerhalb Bayerns verlagert (EUWID 32/2018B).

Tabelle 15: 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 | Anzahl | Einschnitt |
|------------------|--------|------------|
| bis 1.000 | 38,5% | 1,0% |
| 1.001 - 10.000 | 47,1% | 9,5% |
| 10.001 - 20.000 | 7,7% | 6,8% |
| 20.001 - 50.000 | 3,9% | 7,2% |
| 50.001 - 200.000 | 1,0% | 5,2% |
| mehr als 200.000 | 1,8% | 70,3% |

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. Aufgrund des warmen Winters waren die Verkäufe von Pellets relativ schwach, so dass wenig Sägerestholz in die Pelletproduktion fließen konnte (EUWID 1/2014). Gleichzeitig war die Produktion der Sägewerke auf einem hohen Niveau, so dass große Mengen an Sägerestholz anfielen (EUWID 3/2014). Weiterhin wirkte sich die aufgrund des hohen Preisniveaus gesteigerte Importtätigkeit

von Sägeresthölzern in der Zellstoff- und Papierindustrie negativ auf die Mengenabnahme aus (EUWID 1/2014). Deswegen waren Preisreduzierungen von 17 % bis 30 % bei Hackschnitzeln und Sägespänen zu verzeichnen. Ende 2014 trat aufgrund geringere Produktion in den Sägewerken eine leichte Erholung ein (EUWID 12/2014), die aber 2015 aufgrund der geringen Pelletproduktion wieder zurückgenommen wurde (EUWID 3/2015). Anfang bis Mitte 2016 gerieten die Preise für die Sägenebenprodukte aufgrund der Insolvenz der German Pellets GmbH dann nochmals unter Druck, weil gleichzeitig auch die verbliebenen Abnehmer ihre Bezugsmengen reduzierten (EUWID 3/2016), und konnten sich ab Mitte 2016 aufgrund der Wiederinbetriebnahme von drei ehemaligen German Pellets-Werken leicht erholen (EUWID 6/2016). Hackschnitzel lagen 2016 mit 12,50 € pro t atro auf knapp 64 % des Preises von 2013. Sägespäne waren von 2013 auf 2016 um knapp 40 % auf 10,50 € pro Srm gefallen (EUWID 2017). Zum Ende des Jahres 2017 konnten die Preise für Sägerestholz wieder etwas anziehen, da einerseits die Abnehmer auf hohem Niveau produzierten und andererseits durch Stürme die Bahnverbindungen zum Teil nicht im gewohnten Umfang genutzt werden konnten und sich deswegen die Importmengen aus osteuropäischen Ländern – zumindest zeitweilig – verringerten (EUWID 11/2017). Das Preisniveau hielt sich dann bis ins Frühjahr 2019, weil die Verbraucher überdurchschnittlich hohe Rohstofflager mittels Sägeresth- aber auch Nadelindustriehölzern aufgebaut haben (EUWID 12/2018). Der folgende Preissturz senkte die Entgelte in Neuverträgen auf ein Niveau, das letztmalig im September 2009 vorhanden war (EUWID 4/2019).

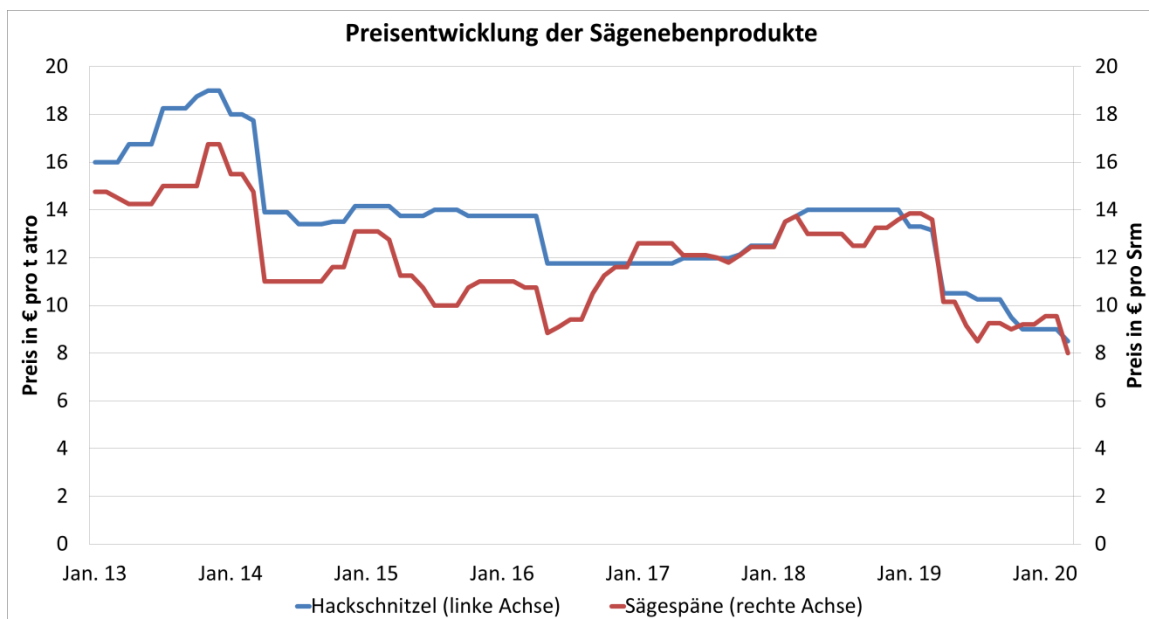


Abbildung 14: Preisentwicklung von Sägenebenprodukten zwischen 2013 und 2020. Zum Jahresbeginn 2014 war ein starker Preisverfall zu verzeichnen, der auch bis ins Jahr 2020 nicht ausgeglichen werden konnte. (Quelle: EUWID 2020)

2.2.7 Diskussion

Der Einschnitt in den Sägewerken ist gegenüber 2016 leicht um 40.000 Festmeter gesunken. Dabei ist der Einschnitt beim Nadelholz um knapp 90.000 Festmeter angestiegen und beim Laubholz um 130.000 Festmeter gesunken. Der Rückgang beim Laubholzeinschnitt wird im Wesentlichen durch die Schließung des Großsägewerks in Kleinostheim erklärt. Der Einschlag von Stammholz im Wald ist aber von 2016 auf 2018 um rund 1,20 Mio. Festmeter o. R. gestiegen. Gleichzeitig wurden rund 30.000 Festmeter weniger nach Bayern importiert und rund 610.000 Festmeter mehr exportiert. Demnach hat sich das Aufkommen von Stammholz in Bayern um

0,56 Mio. Festmeter auf rund 10,00 Mio. Festmeter o. R. erhöht. Der Einschnitt in Bayern lag im gleichen Zeitraum rund 1,14 Mio. Festmeter darüber. Der Außenhandel ist hierbei bis auf die Zuschätzungen (siehe Kapitel 0) berücksichtigt. Der Binnenhandel wird dagegen statistisch nicht erfasst. Ein Nettozufluss von Stammholz aus anderen Bundesländern nach Bayern erscheint plausibel, da nach dem Sturm Frederike eine Borkenkäfer Massenvermehrung gerade in Mittel- und Norddeutschland im Gange ist und dort den Sägewerken ebenfalls sehr große Rundholzmengen zur Verfügung stehen. Beispielsweise ist der Einschlag von Stammholz in den Nachbarbundesländern Baden-Württemberg, Hessen, Sachsen und Thüringen im gleichen Zeitraum um insgesamt 4,1 Mio. Festmeter gestiegen (errechnet nach DESTATIS 2017; DESTATIS 2018A; DESTATIS 2019C). Da der Schnittholzmarkt überregional zusammenhängt, ist nicht davon auszugehen, dass sich die Entwicklung des Einschnitts in den Sägewerken der Nachbar-Bundesländer grundsätzlich von der Entwicklung in Bayern unterscheidet. GÖßWEIN ET AL. (2019) stellten zudem fest, dass nach dem Sturm Frederike eine Bahnversorgung mit Rundholz von mehreren großen bayerischen Holzverbrauchern eingerichtet wurde und die Marktteilnehmer solche Verbindungen meist nicht einfach wieder aufgeben, deswegen ist davon auszugehen, dass Stammholz in größeren Mengen nach Bayern hinein geflossen ist.

Trotz der bilanziellen Unterversorgung mit Stammholz in Bayern, gab es regionale und zeitliche Engpässe beim Absatz von Rundholz. So wurde der Einschlag in Ostbayern und Franken aufgrund der Kalamitäten so stark erhöht, dass es regional zu einer Überversorgung der Sägewerke und dann zum Aufbau von Waldlagern kam (STMELF 2019).

Obwohl der Einschnitt im Vergleich zu 2016 leicht gesunken war, stieg die Menge der Sägenebenprodukte im gleichen Zeitraum um rund 36.000 m³ an. Hauptgrund für diese Entwicklung dürfte die Verlagerung von Einschnitt von den kleinen und mittleren Sägewerken zu Großsägewerken sein. Der Anteil am Einschnitt, den die Großsägewerke innehaben, lag 2016 bei 74 % und ist um 4 %-Punkte gestiegen. Gleichzeitig ist die Schnittholz-Ausbeute bei den Großsägewerken um 4,4 %-Punkte geringer als in den kleinen und mittleren Sägewerken. Im Jahr 2016 lag dieser Unterschied sogar bei 6,4 %-Punkten. Die Verlagerung eines zusätzlichen Teils der Produktion zu den Großsägewerken kann einen Mengenanstieg der Sägenebenprodukte von 20.000 bis 28.000 m³ erklären.

Bei den Sägewerken schreitet der Konzentrationsprozess voran. Die 10 größten Sägewerke schnitten 2016 noch 64 % des Rundholzes ein, 2018 waren es bereits 68 %. Seit 2016 haben 44 Sägewerke ihren Betrieb eingestellt. Die Ergebnisse zur Struktur der Werke zeigen, dass 80 % der Betriebsaufgaben in den Größenklassen zwischen 1.000 und 20.000 Festmeter Einschnitt stattfanden. Werden die Sägewerke unter 1.000 Festmeter hinzugezählt, steigt dieser Wert auf 93 % an (Abbildung 13). Viele der Betriebe mit einem Einschnitt unterhalb von 1.000 Festmetern werden im Nebenerwerb geführt. Zwischen 1.000 und 20.000 Festmetern Einschnitt sind oftmals Angestellte nötig, um das Arbeitsvolumen bewältigen zu können. Deswegen dürften hier die wirtschaftlichen Nöte früher als bei den kleineren Betrieben greifen.

Relativ gesehen war die Bestandsabnahme bei den Werken von 50.001 bis 200.000 Festmetern Einschnitt mit -33 % am stärksten, gefolgt von -15 % der Sägewerke mit 10.001 bis 20.000 Festmeter Einschnitt. Die Größenklasse von 1.001 bis 10.000 Festmeter nahm um -8 % ab, die von 20.001 bis 50.000 um -4 % und die unter 1.000 um -2 %. Lediglich die Sägewerke mit einem Einschnitt von über 200.000 Festmetern stiegen um 10 % an, weil ein Werk im Jahr 2018 in die nächst höhere Klasse aufgestiegen ist.

Die Verteilung des Einschnitts auf Laub- und Nadelholz hat sich seit 2014 leicht geändert. Der Anteil von Laubholz am Einschnitt lag 2014 bei 7 % (WEIDNER ET AL. 2016), stieg dann auf rund 10 % im Jahr 2016 (GÖßWEIN ET AL. 2018) und ist 2018 wieder leicht auf 8 % gefallen. Zu beachten ist, dass der Einschnitt 2014 10,1 Mio. Festmeter betrug und 2016 auf 11,18 Mio. Festmeter angestiegen ist, somit ist der Laubholz-Einschnitt proportional stärker als der von Nadelholz angestiegen.

Die Annahme, dass etwa 85 % der Rinde im Sägewerk ankommt und 15 % auf dem Weg dorthin verloren gehen, konnte anhand einiger Datensätze 2016 verprobt werden. Es wurden die Rindenmengen von Sägewerken mit diesen Werten geschätzt und anschließend mit den an C.A.R.M.E.N. e. V. gelieferten 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 2019A). Im Wirtschaftszweig „16.10 Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke“ gibt es nach der Umsatzstatistik insgesamt 77 Betriebe, deren Haupttätigkeit diesem Wirtschaftszweig zugeordnet wird (BLFS 2019A). In der Produktionsstatistik ist allerdings unter „161 Holz, gesägt und gehobelt“ die Produktion von insgesamt 89 Betrieben abgebildet (BLFS 2019B). Auf 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 2018 ein stetiger Anstieg der Schnittholzproduktion von 5,0 Mio. m³ auf 5,7 Mio. m³ aufgezeigt (BLFS 2015; BLFS 2016; BLFS 2017; BLFS 2019B). Auch in der Produktionsstatistik ist also der Trend einer Produktionssteigerung bei den Sägewerken zu sehen, nur der Verlauf der Änderung ist etwas zeitverschoben. Während in den Erhebungen der LWF ein starker Anstieg von 14 % zwischen 2014 und 2016 festgestellt wurde, fand die große Steigerung der Produktionsstatistik von 2016 auf 2017, also ein Jahr später, statt. Im Jahr 2018 ist in der Statistik die Produktion von 5,5 Mio. m³ Nadel-schnittholz und von 0,1 Mio. m³ Laubschnittholz aufgeführt. Somit ist der Erfassungsgrad dieser Statistik 84,8 % über das gesamte Schnittholz, wobei 91,0 % des Nadelschnittholzes aber nur 21,6 % des Laubschnittholzes erfasst sind.

Aufgrund der verwendeten Einschnitt-Technologie verringert sich tendenziell die Ausbeute, je größer das Sägewerk ist. Auch bei DÖRING ET AL. (2017A). 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 bio-

genen Rohstoffen und eine eventuelle Kaskadennutzung werden die zwei Prinzipien des bayerischen Bioökonomie Konzepts erfüllt (StMELF 2015).

Durch die Anpassung der Wälder an den Klimawandel ist in Zukunft verstärkt mit dem Anfall von vielen Baumarten in kleineren Mengen zu rechnen, da in Mischwäldern mehr Baumarten als auf derselben Fläche im Reinbestand stocken. Gerade im Hinblick auf die zukünftigen Herausforderungen in der Holzlogistik (GÖßWEIN ET AL. 2019) könnten innovative Sägewerkskonzepte, bei denen mehrere Sortimenten mit der Losgröße „ein Stamm“ mit demselben LKW abgefahren werden (HARTMANN 2019B), gerade im Kleinstprivatwald Vorteile bringen, da Hürden wie Mindestvermarktungsmengen einfacher überwunden werden können.

2.3 Pelletproduktion und –verbrauch

2.3.1 Methodik

Die in Bayern identifizierten Pelletproduzenten wurden Mitte 2019 schriftlich eingeladen, an der Erhebung mittels Fragebogen teilzunehmen. Von 15 Herstellern gaben 12 Unternehmen Auskunft zur Pelletproduktion im Jahr 2018 und zu den Vertriebswegen. Vereinzelt konnten fehlende Angaben insbesondere zum Vertrieb über eine vom Pelletmagazin veröffentlichte Marktübersicht aus dem Jahr 2017 ergänzt werden (SOLAR PROMOTION 2017). Bei einem kleinen Produktionsstandort (Produktionskapazität kleiner 25.000 Tonnen) wurden Angaben aus dem Erhebungsjahr 2016 und bei zwei weiteren kleinen wurden die Produktionsmengen über Literaturquellen abgeschätzt (DÖRING 2012, DEPI 2019A). Die Methodik der Erhebungen des Pelletverbrauchs in Öfen, Zentralheizungen und Biomasseheiz(kraft)werken ist in den Fachkapiteln 2.6.1 bzw. 2.7.1 dargestellt.

2.3.2 Pellethersteller und Pelletproduktion

Mit einer Gesamtmenge von 2,42 Millionen t war Deutschland 2018 wiederholt mit Abstand der größte Pelletproduzent in der Europäischen Union, die im weltweiten Ranking nach China auf Platz zwei steht, gefolgt von den USA und Kanada (DEPI 2019A, BIOENERGY EUROPE 2019). Von der Produktion in Deutschland wurden 2,19 Millionen t im Inland verbraucht. Exportiert wurden Pellets insbesondere nach Italien, Österreich und Frankreich, diese Länder sind Nettoimporteure für deutsche Pellets. Produktionskapazität besteht in Deutschland für 3,85 Millionen t jährlich.

Die Erhebung der Produktionsmenge der in Bayern an 15 Standorten produzierten Pellets ergab für das Jahr 2018 einen Umfang von 920.000 t. Im Vergleich zu 2016 konnte die Produktion somit um 120.000 t gesteigert werden (GÖßWEIN ET AL. 2018). Das Deutsche Pelletinstitut weist dem Freistaat 2018 allerdings nur eine Produktionsmenge in Höhe von 840.000 t zu (DEPI 2020A). Inwieweit diese Abweichung durch Unterschiede in Erfassungsgrad und Erhebungsmethodik begründet sind oder von den Herstellern unterschiedliche Produktionsmengen gemeldet wurden, ließ sich aus Datenschutzgründen nicht klären. Es ist daher davon auszugehen, dass die Produktionsstätten in Bayern 2018 zwischen 35 % und 38 % zur deutschen Pelletproduktion beigetragen haben.

Die Anzahl der Pelletproduzenten und auch deren Standorte haben sich gegenüber dem letzten Erhebungsjahr 2016 nicht verändert. Neueinsteiger in die Branche konnten im Rahmen der Recherchearbeit nicht identifiziert werden. Allerdings ist im oberfränkischen Wunsiedel im Oktober 2018 ein zweites Pelletwerk am Standort des bereits bestehenden Werkes der Wun Bioenergie GmbH in Betrieb gegangen. Investiert hat die Betreibergesellschaft Wun Pellet GmbH, an der u. A. die BayWa beteiligt ist. Das neue Werk hat eine Produktionskapazität von 110.000 t pro Jahr und soll 2020 mit einer vierten Presse ausgestattet werden (EUWID 2019A).

Vier von sechs Pelletwerken mit Produktionskapazitäten größer 100.000 t im Jahr sind in Händen großer Sägewerke und pelletieren die anfallenden Sägenebenprodukte direkt vor Ort. Abbildung 1515 gibt eine Übersicht über die räumliche Verteilung der Pelletwerke in Bayern.

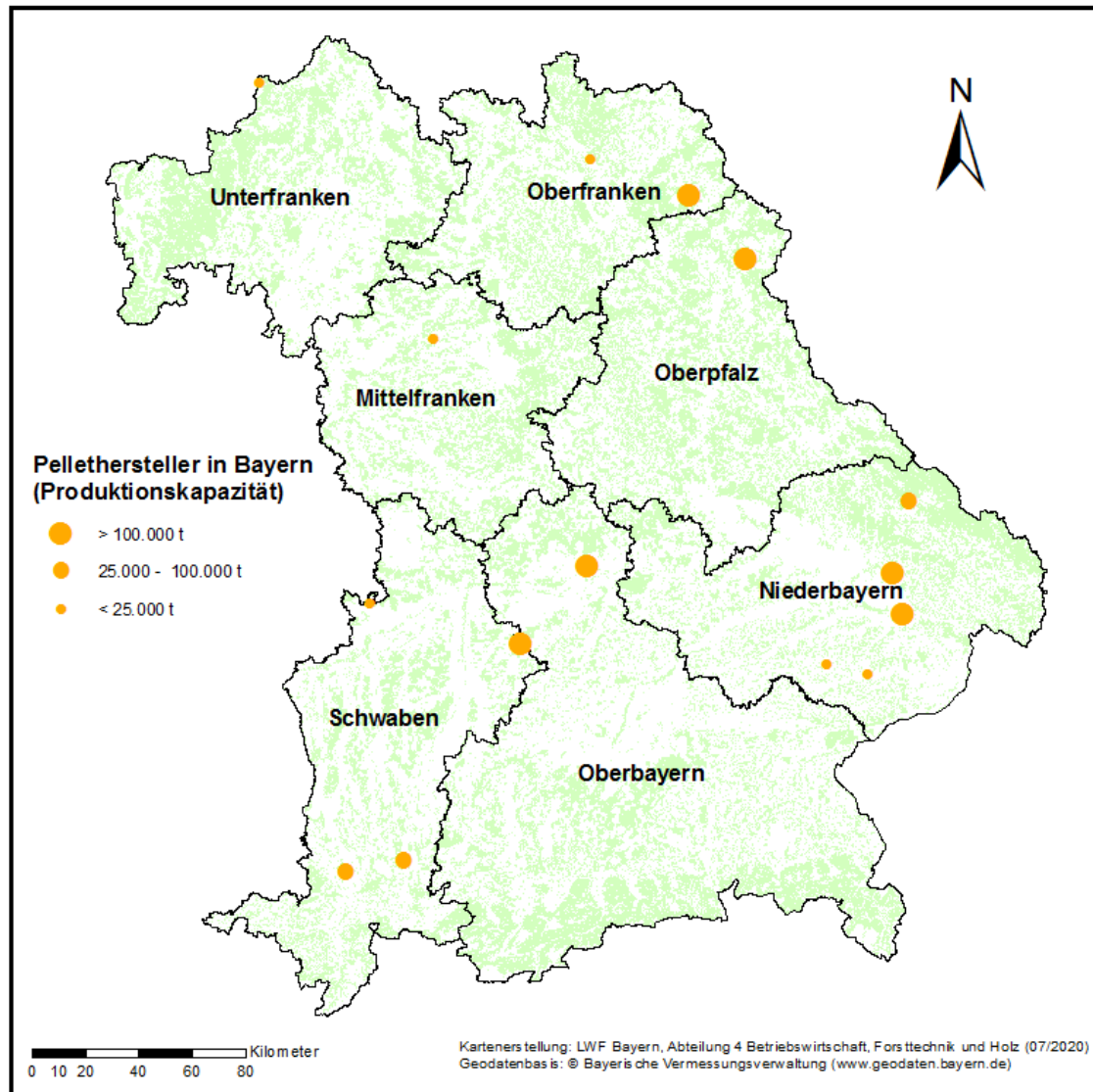


Abbildung 15: Karte der Pellethersteller 2018 in Bayern.

Gemäß den Angaben der bayerischen Hersteller lag die Gesamtproduktionskapazität Ende des Jahres 2018 bei 1,13 Millionen t bei einer Auslastung von 82 %. Damit besitzt der Freistaat die deutschlandweit größte Produktionskapazität. In den vergangenen vier Jahren hat sich die installierte Pressenleistung um 35 % erhöht (WEIDNER ET AL. 2016), was auf Investitionen bei den Sägewerken Binderholz Deutschland in Kösching im Jahr 2014, Schwaiger in Hengersberg im Jahr 2015 sowie der Erweiterung am Standort in Wunsiedl Ende 2018 zurückzuführen ist.

Von den erfassten bayerischen Produzenten werden nahezu ausschließlich Sägenebenprodukte (99 %) zur Pelletproduktion verwendet, wovon 65 % direkt am Standort des Sägewerks zu Pellets verpresst werden. Die Verarbeitung der vor Ort anfallenden Späne zum normierten Brennstoff Holzpellet ermöglicht der Holzwirtschaft, ihre Wertschöpfungskette im Bereich der Nebenprodukte deutlich zu erweitern. 31 % der Nebenprodukte kaufen die Pelletwerke von externen Sägewerken zu und nur 4 % 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 98 % 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. Die Qualität der produzierten Pellets lag damit auch 2018 auf einem sehr hohen Niveau. Seit etwa zwei Jahren gibt es einen weiteren Pelletproduktions-Standard: HD und HD+ verspricht eine homogenere Längenverteilung der Pellets, wodurch die Förder- und Verbrennungseigenschaften der Pellets positiv beeinflusst werden soll (HD-PELLETSTECHNOLOGIE 2019). Vier bayerische Hersteller werben mit dem HD-Logo.

Für den Vertrieb der Holzpellets lassen sich verschiedene Absatzwege identifizieren. Laut der Befragung wurden durchschnittlich 67 % der Holzpellets über Großhändler vermarktet. Weitere 23 % gingen an den Einzelhandel und der Rest wurde direkt an Endkunden verkauft. Knapp 17 % der bayerischen Produktion von Holzpellets wurde ins Ausland exportiert, d.h. der Großteil wird an Kunden in Bayern oder andere Bundesländer geliefert. Als Exportmärkte konnten Italien, Österreich, die Schweiz, aber auch Tschechien identifiziert werden.

2.3.3 Verwendung

Der Gesamtverbrauch von Holzpellets in Bayern wird für das Jahr 2018 auf 640.000 t geschätzt. Rund zwei Drittel dieser Menge wird in kleinen Anlagen bis 50 kW verbrannt, die im Wesentlichen den Privathaushalten zugeschrieben werden, also dem Verbrauch in Einzelöfen sowie Zentralheizungen von Ein-, Zwei-, und Mehrfamilienhäusern. Die Hochrechnung für diese Verbrauchergruppe wurde über die Haushaltsumfrage durchgeführt, die in Kapitel 2.6 beschrieben ist. Pelletkessel größer 50 kW verfeuerten bayernweit ca. 220.000 t Pellets. Laut Kaminkehrerstatistik waren 2018 rund 3.100 dieser Anlagen in Betrieb (ZIV 2019), zudem gibt es ein halbes Dutzend Pelletkessel mit einer Leistung größer 1 MW. KWK-Anlagen hatten 2018 einen Pelletbedarf von rund 47.000 t (umgerechnet von t atro auf WG=10 %), der als sogenannte NawaRo-Pellets in Holzvergasungsanlagen genutzt wurde.

Die Ergebnisse der Produktions- und Verbrauchserhebung zeigen, dass in Bayern weit mehr Pellets produziert wurden, als die Feuerungen im Freistaat selbst verbraucht haben. Obwohl nach Meldungen der Hersteller 150.000 t ins Ausland exportiert wurden, konnte der Bedarf bilanziell durch heimischen Brennstoff gedeckt werden. Aussagen über den Handel zwischen den Bundesländern können im Rahmen der Datenerhebung nicht getroffen werden, da zu wenige Hersteller hierzu Angaben machten.

Der Bedarf von Holzpellets wurde 2016 mit 790.000 t weit höher eingeschätzt (GÖRWEIN ET AL. 2018) und musste nun für 2018 aufgrund eines neuen Hochrechnungsverfahrens bei den Privathaushalten (siehe Kapitel 2.6) und einer Berichtigung der Bestandszahlen durch den ZIV bei Pelletanlagen > 50 KW nach unten korrigiert werden (siehe Kapitel 2.7.3), obwohl in der Realität die Zahl der Anlagen von 2016 auf 2018 gestiegen ist. Die deutlich mildere Witterung in der Heizperiode 2018/2019 gegenüber 2016/2017 wirkt sich darüber hinaus verbrauchssenkend aus.

Tabelle 16: Produktion, Verbrauch und Export von Pellets in Bayern 2018

| | | Menge in t (bei WG=10 %) |
|---------------------|---|--------------------------|
| Gesamtproduktion | | 920.000 |
| Export Ausland | | 150.000 |
| Verbrauch in Bayern | Wärmeerzeuger bis 50 kW (kleine private Anlagen) | 370.000 |
| | Wärmeerzeuger > 50 kW | 220.000 |
| | Biomasseheizkraftwerke | 47.000 |
| | Gesamtverbrauch | 640.000 |

2.3.4 Pelletpreise

Die Entwicklung der Verbraucherpreise für Holzpellets wird von 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. 65 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 2018 in Deutschland 253 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 wurde. Umgerechnet auf den Energiegehalt kostete im Jahr 2018 die kWh aus Holzpellets 5,14 Cent. Der regenerative Energieträger war damit rund 20 % günstiger als der Brennstoff Erdgas, wenn die Erdgaspreise für die Zwecke des Individualkonsums zu Grunde gelegt werden. Diese sind im Rückblick auf die vergangenen Jahre sehr konstant mit leicht fallender Tendenz seit 2014. Der Heizölpreis hingegen ist seit Ende 2014 stark eingebrochen und blieb bis Anfang 2018 unter 6 Cent pro kWh. Auch der Anstieg Ende 2018 auf über 8 Cent war nur von kurzer Dauer und so pendelte sich der Heizölpreis anschließend wieder auf dem Niveau von Erdgas zwischen 6 und 7 Cent pro kWh ein. Der Preisunterschied zwischen fossilen Energieträgern und Pellets ist verhältnismäßig gering und zeigte damit kaum Anreizwirkung für Verbraucher, auf den nachwachsenden Rohstoff umstellen.

Die Pelletpreise selbst waren über die vergangenen vier Jahre sehr stabil, lediglich die typischen leichten saisonalen Schwankungen sind in Abbildung 16 und Abbildung 17 zu erkennen, weshalb den Verbrauchern regelmäßig empfohlen wird, ihr Pelletlager in den Sommermonaten zu füllen. Der stabile Preis ist ein Indiz dafür, dass der Markt mit Holzpellets in Deutschland zu jeder Jahreszeit gut versorgt ist und der Preis sich weitgehend abgekoppelt von den Fieberkurven des Heizölmarktes entwickelt: ein wichtiges Argument für eine Kaufentscheidung pro Pelletanlage. Zu welchem Preis Holzpellets eingekauft werden können, ist maßgeblich von der Bezugsmenge abhängig. Abbildung 17 zeigt, dass zwischen einer Abnahmemenge von 20 Tonnen (Pelletbedarf von ungefähr vier Einfamilienhäusern) und den bei Besitzern von Pelletöfen beliebten Sackware ein Preisunterschied von rund 80 Euro pro Tonne liegt. Laut Deutschem Pelletverband (2019A) wurden 22 % der in Deutschland unter dem Siegel ENplus vermarkteten Pellets als Sackware abgesetzt.

Über 80 % der Produktionskosten bei der Pelletherstellung sind von den Rohstoffpreisen (Säge-späne) abhängig. Aufgrund von deutschlandweiten Sturm-, Trocken- und Käferschäden und damit einhergehender lebhafter Schnittholzproduktion war die Rohstoffversorgungslage der Pelletproduzenten entspannt. Die anfallenden Sägenebenprodukte konnten von den Verarbeitern weitgehend aufgenommen werden, so dass sich Angebot und Nachfrage ausglich. Dadurch haben sich die Beschaffungskosten für Sägespäne im Betrachtungszeitraum nur wenig verändert.

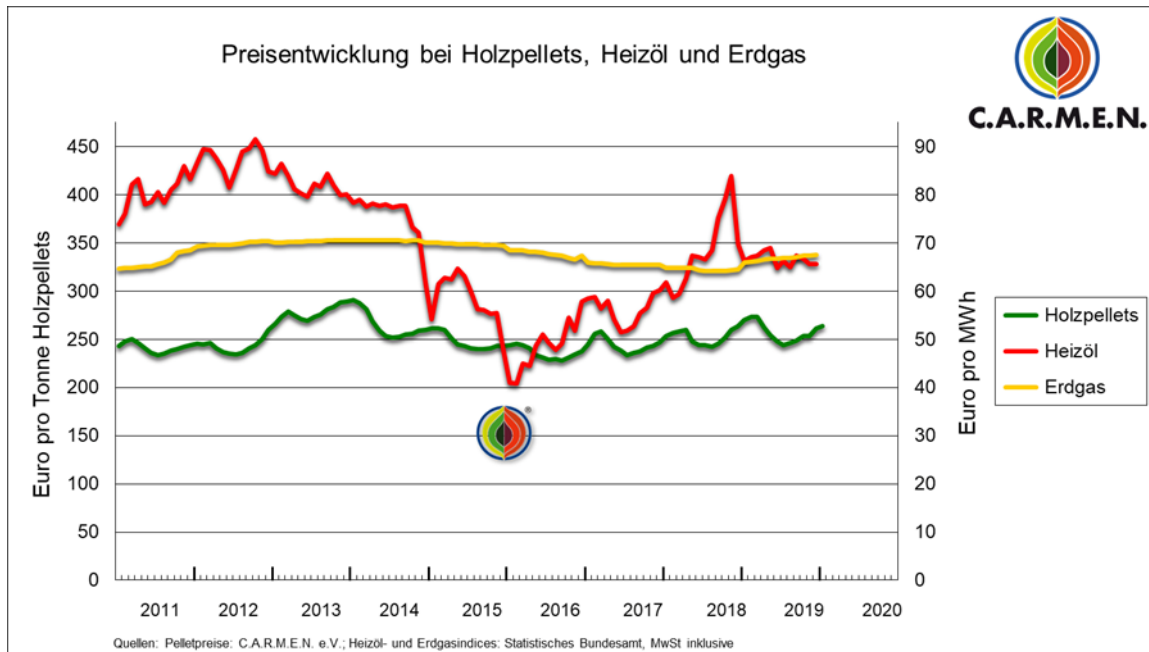


Abbildung 16: Preisentwicklung für Holzpellets, Heizöl und Erdgas (Bruttopreise; Datenquellen: Holzpellets: C.A.R.M.E.N. e.V.; Heizöl und Erdgas: Statistisches Bundesamt)

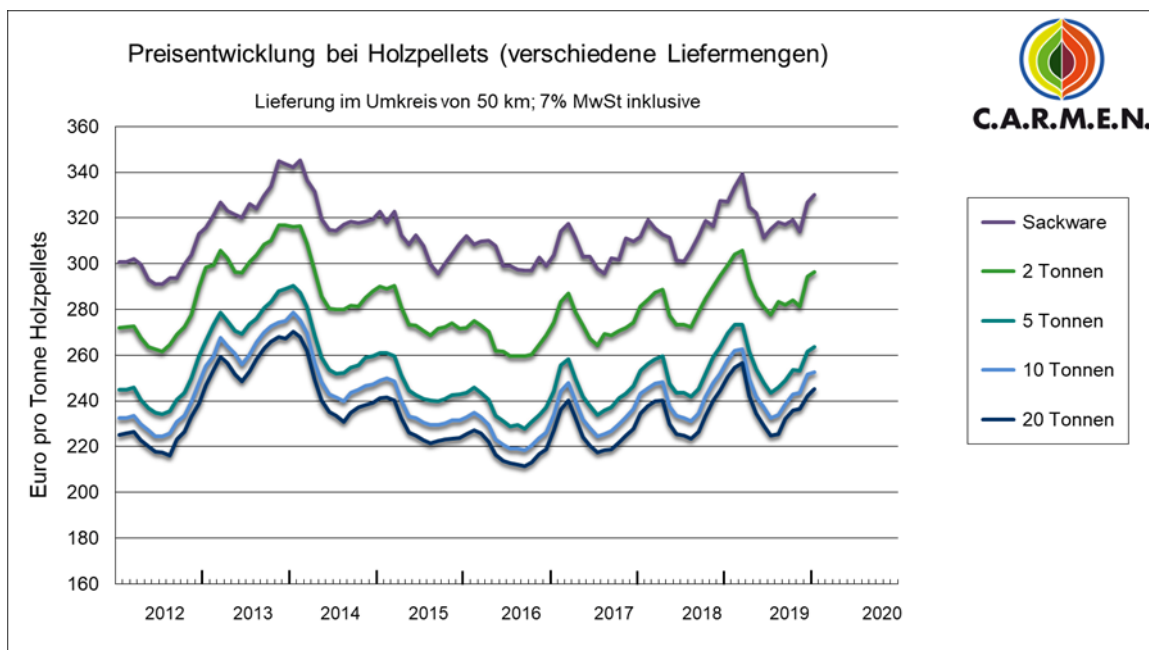


Abbildung 17: Preisentwicklung für Holzpellets bei verschiedenen Liefermengen, (Bruttopreise; Datenquellen: C.A.R.M.E.N. e.V.)

2.3.5 Fazit und Trends

Die Produktionsmenge in Bayern konnte im Jahr 2018 mit rund 920.000 t deutlich ausgebaut werden (vgl. GÖßWEIN ET AL. 2018). Die Produktionserhöhung im Vergleich zum Erhebungsjahr 2016 mit rund 800.000 t ist vor allem auf eine stärkere Auslastung der bestehenden Pressen zurückzuführen. Da das neue Pelletwerk in Wunsiedel erst gegen Ende 2018 seine Produktion aufgenommen hat und der Zubau von jeweils einer weiteren Presse an zwei Standorten geplant ist, werden die in Bayern erzeugten Pelletmengen voraussichtlich auch in den nächsten Jahren weiter steigen.

Sägeenebenprodukte, die nahezu die alleinige Rohstoffquelle für die Erzeugung von Holzpellets in Bayern bilden, waren wegen der intensiven Einschnitt-Tätigkeit der Sägewerke am Markt ausreichend vorhanden, was auch 2018 zu stabilen Pelletpreisen auf durchschnittlichem Niveau geführt hat. Hoch ist dagegen das Qualitätsniveau. 98 % der produzierten Pellets, die die Werke verlassen haben, konnten mit dem Zertifikat ENplus A1 vermarktet werden. In Verbindung mit dem neuen Produktionsstandard HD+ machen die Pellethersteller nochmal Fortschritte in Richtung eines störungs- und emissionsarmen Betriebs kleiner Pelletfeuerungen. Angesichts des durch den Klimawandel und von Schadereignissen angetriebenen Waldumbaus in Mitteleuropa wird die Pelletbranche auch in den kommenden Jahren aller Voraussicht nach gut mit Sägeenebenprodukten aus Nadelholz versorgt sein. Langfristig muss bei einem steigenden Pelletbedarf und einem höherem Anteil von Laubholz in deutschen Wäldern auch an die Verwertung von Hartholzsägespänen oder Mischsortimenten gedacht werden, was jedoch einen höheren technischen Aufwand und Herausforderungen bezüglich einzelner Qualitätsmerkmale, bspw. beim Aschegehalt mit sich bringen wird. Erste Forschungsprojekte haben sich bereits der Aufgabe gestellt, die Produktions- und Qualitätsparameter von Buchenholzpellets zu untersuchen (PICHLER 2019).

Der Pelletverbrauch wurde 2018 im Vergleich zu 2016 mit rund 710.000 t um 11% geringer geschätzt, was zunächst verwundert, weil die Anzahl der installierten Kessel grundsätzlich weiterhin steigt. Allerdings gab es zwischen den beiden Studien zum einen eine Korrektur der Anlagenbestandszahlen durch das ZIV im mittleren Leistungsbereich und zum anderen auch eine Änderung des Hochrechnungsverfahrens bei den Privathaushalten. Für Bayern sind wegen der Korrektur des Anlagenbestandes absolute Zubauzahlen in den Jahren 2017 und 2018 nicht gesichert darzustellen. Deutschlandweit bezeichnen Branchenvertreter den Zubau von je 33.000 Pelletfeuerungen in den Jahren 2017 und 2018 als moderat. Er blieb hinter ihren Erwartungen zurück (DEPV 2019B).

Von einem Preisvorteil gegenüber Heizöl oder Erdgas konnte in den Jahren 2017 und 2018 bei Vollkostenrechnung einer Pelletheizung nicht die Rede sein. Insbesondere bei größeren Versorgungsobjekten erfährt der Energieträger Holz, egal ob es sich dabei um Pellets oder um Hackschnittel handelt, starke Konkurrenz durch Erdgas. Die Energieversorger bieten größeren Abnehmern Erdgas sehr günstig an. Der Erdgaspreis für Gewerbekunden lag im 1. Halbjahr 2019 in Deutschland bei nur 70 % des Preises für Privathaushalte, bei industriellen Abnehmern sogar nur bei 43 % (DESTATIS 2019A). Sofern eine Anschlussmöglichkeit an ein Gasnetz besteht, fällt die Wahl des Hausbesitzers meist auf das in der Anschaffung deutlich günstigere, primäre Heizsystem Gastherme. Auch Wärmepumpen, die im Wohnungsneubau 2018 deutschlandweit bereits 36 % beim primären Heizsystem ausmachen (DESTATIS 2019B), kommen zunehmend auch bei Heizungsmodernisierungen zum Einsatz. Hersteller haben mittlerweile Wärmepumpen im Portfolio, die auch bei höheren Vorlauftemperaturen akzeptable Jahresarbeitszahlen erreichen. Daher bekommt die Pelletheizung auch im Sanierungsfall im Altbau von strombasierten Heizsystemen Konkurrenz. Es gibt jedoch auch Rahmenbedingungen, die für einen verstärkten Zubau im Pelletbereich sprechen: Die Bundesregierung hat mit Ihrem Klimaprogramm 2030 vom 09.10.2019 dem Sanierungsstau in deutschen Heizungskellern den Kampf angesagt und

bezuschusst beispielsweise Pelletkessel oder Wärmepumpen mit 45 %, sofern Heizölkessel getauscht werden. Die Neuinstallation von Heizölkesseln ist ab 2026 zudem nur bei Einbindung eines weiteren regenerativen Energieträgers möglich (BMU 2019). Zusammen mit der CO₂-Bepreisung ab 2021 ist daher doch eine Nachfragesteigerung bei Pellets zu erwarten, für die die bayerische Pelletindustrie aber gut aufgestellt ist.

Der sich in den vergangenen Jahren nur mäßig entwickelnde Pelletmarkt in Deutschland ist noch immer sehr regional geprägt. Das zeigen auch die Erhebungen für Bayern, denn lediglich 17 % der Pellets gelangen ins Ausland. Deutschlandweit betrachtet spielt sich der Import und Export weitestgehend innerhalb der EU ab. Laut Statistischem Bundesamt (2020b) werden in geringem Umfang Pellets aus Polen, , Dänemark, Belgien, Ukraine, Russland, Österreich und Niederlande (2019: ca. 290.000 Tonnen) importiert. Hauptabnehmer für deutsche Pellets sind Italien, Frankreich, Österreich, Dänemark, Belgien ,Schweiz und Niederlande (2019: ca. 720.000 Tonnen).

Weltweit gesehen ist jedoch eine große Dynamik und Internationalisierung des Pelletmarktes zu beobachten. Länder wie Großbritannien, Dänemark und Belgien importieren große Mengen Industriepellets aus Kanada, den USA und Russland, um über die Verbrennung in Kohle-Kraftwerken die Treibhausgasemissionen zu verringern. Sie machen damit die Europäische Union nicht nur zum zweitgrößten Pelletproduzenten, sondern weltweit auch mit Abstand zum größten Verbraucher mit den höchsten Importraten. Neben Europa wurden auch Südkorea und Japan innerhalb kurzer Zeit zu sehr wichtigen Pelletimporteuren, die ebenfalls unterstützt durch nationale Entwicklungspläne auf Verstromung von Holzpellets in Kraftwerken setzen. Im Jahr 2018 haben beide Länder zusammen 4,8 Mio. Tonnen Pellets verbrannt, das sind 48 % mehr als 2017 (BIOENERGY EUROPE 2019). Dieser asiatische Importmarkt wird in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter stark wachsen. Die USA, Russland und die baltischen Staaten stehen bereit, um diese Märkte zu bedienen. Deutschland mit seinem zumindest bisher rein wärmeorientierten Pelletmarkt tangiert der Welthandel nur am Rande. Bis auf das Jahr 2016, in welchem die Pleite von German Pellets die nationale Pelletbranche erschütterte, wies Deutschland stets eine positive Außenhandelsbilanz auf und auch in naher Zukunft spricht vieles dafür, dass Deutschland sich als waldreichstes Land in Mitteleuropa weiterhin selbst mit Pellets versorgen kann. Für den Einfamilienhausbesitzer ist die Frage nach der Versorgungssicherheit und Preisstabilität der Pellets ein wichtiges Entscheidungskriterium bei der Heizsystemwahl. Hier ist die Branche aufgefordert, weiter Vertrauensarbeit zu leisten, zumal die deutsche Öffentlichkeit zunehmend sensibel auf die hohen Pelletimporte in die Europäische Union reagiert. Nicht nur die Frage, ob genügend Pellets am Markt vorhanden sind, auch die Frage nach der Nachhaltigkeit dieses Nutzungspfades steht im Raum. Häufig wird in der Diskussion nicht zwischen dem kleinstrukturierten Wärmemarkten in Deutschland und den rein auf Stromproduktion ausgelegten Nutzungsformen der EU-Importländer unterschieden. Vermutungen von weltweiten Marktakteuren wie John Keppler, CEO des US-Pelletproduzenten Enviva, gehen dahin, dass auch Deutschland zur Erreichung der Klimaziele in Zukunft im großen Stil in ehemaligen Kohlekraftwerken Industriepellets verbrennen könnte (EUWID 18). Eine differenzierte Betrachtung des Pelletmarktes mit heimischen Qualitätspellet für den Wärmemarkt auf der einen Seite und u.U. importierten Industriepellet für Stromerzeugungs- und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) auf der anderen Seite wird dann umso wichtiger. Die Sorgen von Kritikern der Verbrennung von Pellets in ehemals durch Kohle befeuerten Großkraftwerken gehen dahin, dass dafür Stammholz eingesetzt wird, welches extra für diesen Zweck geerntet wird (NORTON ET AL. 2019, SRU 2020). Ohne diese Nachfrage bliebe das Holz im Wald und das darin enthaltene CO₂ im Waldspeicher gebunden. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 2020) sieht dadurch sogar eine Gefahr für die globalen Wälder. Die Verbrennung von Pellets würde im Vergleich zur Kohle mehr CO₂ freisetzen, um die gleiche Energiemenge bereitzustellen. Der SRU

vertritt dabei die Auffassung, dass die energetische Stammholznutzung nicht als weitgehend CO₂-neutral gewertet werden kann, weil die damit einhergehende Kohlenstoffschuld im Wald erst nach Jahrzehnten durch den erneuten Zuwachs (auch als Zeitspanne der Kohlenstoff-Rückführung bezeichnet) gedeckt werden kann. Unabhängig von dieser in kurzen Zeiträumen angesetzten und die in Deutschland praktizierte nachhaltige Waldbewirtschaftung außer Acht lassenden Sichtweise des Kohlenstoffkreislaufs ist die Verbrennung von Pellets in Großkraftwerken auch aufgrund der relativ niedrigen Wirkungsgrade kritisch zu bewerten. Weil zudem in großen Kraftwerken sehr viel Wärme konzentriert an einem Ort anfällt, kann diese häufig nur unzureichend genutzt werden. Aus Gründen der gebotenen Energieeffizienz sind Standorte für thermische Kraftwerke, die nur eine unzureichende Kraft-Wärme-Kopplung gewährleisten können, egal ob mit fossilem oder holzartigem Brennstoff betrieben, nicht zukunftsweisend.

2.4 Altholz

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 14 Rückmeldungen ging hervor, dass die Betriebe nicht mehr bestehen oder nicht der Branche zuzuordnen sind. Somit wurde in Bayern die Zahl von 176 Betrieben ermittelt, die im Altholzrecycling tätig sind. Von diesen beantworteten 65 Betriebe den Fragebogen. Somit beträgt die Rücklaufquote 36 %. Ein Großbetrieb wurde aus den Daten von 2016 fortgeschrieben und bei einem weiteren Großbetrieb wurden die Mengen geschätzt, da es sich um marktrelevante Großbetriebe handelt. Von den 65 Betrieben, die den Fragebogen beantwortet haben, wurde einer als reiner Endverbraucher eingestuft und zur Vermeidung von Doppelzählungen die Altholzmengen nicht berücksichtigt und ein weiterer Betrieb lag in Baden-Württemberg und wurde deshalb von der Auswertung ausgeschlossen. Insgesamt liegen auswertbare Daten von 65 Unternehmen vor. Die Betriebe, die bis zu einer Altholzmenge von 50.000 Tonnen erfasst wurden, wurden in Klassen eingeteilt und über den Mittelwert hochge-

rechnet. Bei den Großbetrieben wird von einer Vollerhebung ausgegangen, weswegen hier keine weitere Hochrechnung stattfindet. Von den 176 Betrieben liegen bei 89 Daten zu erfassten Altholzmengen aus den Umfragen zu den Energieholzmarktberichten 2014, 2016 und 2018 vor. Daraus wurde die Größenstruktur der nicht antwortenden Betriebe abgeschätzt. Die Struktur der Branche ist in Tabelle 17 aufgetragen. Vom Marktvolumen werden die Mengen, die von anderen Altholzaufbereitern geliefert wurden, abgezogen, um Doppelzählungen zu vermeiden.

Tabelle 17: Struktur der Altholz-sammelnden Betriebe.

| Betriebsklasse | Anteil | Anzahl |
|------------------------|--------|--------|
| 0 - 1.000 t atro | 29% | 51 |
| 1.001 - 10.000 t atro | 51% | 89 |
| 10.001 - 20.000 t atro | 9% | 16 |
| 20.001 - 50.000 t atro | 8% | 14 |
| über 50.000 t atro | 3% | 6 |
| Summe | 100% | 176 |

2.4.2 Altholzaufkommen und Altholzverwendung

Das Marktvolumen des gesammelten Altholzes wurde auf 1,72 Mio. Tonnen atro hochgerechnet. Von dieser Menge stammen 1,50 Mio. Tonnen aus Bayern, 0,21 Mio. Tonnen aus den anderen Bundesländern und nur rund 14.000 Tonnen aus dem Ausland. Das Aufkommen und die Verwendung von Altholz sind in Abbildung 18 dargestellt. Von dieser Altholzmenge wurden 0,24 Mio. Tonnen stofflich verwendet. 0,16 Mio. Tonnen wurden in andere Bundesländer verbracht und insgesamt 0,19 Mio. Tonnen exportiert. Die Altholzaufbereiter lieferten insgesamt 0,80 Mio. Tonnen zur energetischen Verwertung und 0,34 Mio. Tonnen wurden an andere Aufbereiter geliefert.

Das Marktvolumen beinhaltet Doppelzählungen, weil dasselbe Altholz in mehreren Betrieben gehandelt werden kann. Physisch vorhanden waren demnach knapp 1,38 Mio. Tonnen.

In der Privathaushaltsumfrage wurde eine Menge von 0,21 Mio. Tonnen Altholz ermittelt, die in privaten Feuerungsanlagen verbrannt werden. Das Landesamt für Umwelt (LFU 2019A) beziffert das Aufkommen von Sperrmüll auf 317.000⁶ Tonnen oder 17,5 kg pro Kopf. BAV (2012) geht davon aus, dass der Sperrmüll zu mehr als 50 % aus Altholz besteht. Somit ergibt sich ein Aufkommen an Altholz aus dem Sperrmüll von 114.000 Tonnen. Im Vergleich mit den Zahlen von DESTATIS (2020A) fällt auf, dass die Menge des Sperrmülls pro Kopf in Bayern deutlich unter dem deutschen Durchschnitt von 31 kg pro Kopf liegt. Das Altholz im Sperrmüll wird zum Teil ohne vorherige Sortierung in den Müllverbrennungsanlagen verbrannt. Bei den öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgern gibt es auch Initiativen, die das Altholz aus dem Sperrmüll auslesen und dieses getrennt verwerten, um damit ihrem gesetzlichen Auftrag gerecht zu werden (ZAW SR 2017). Ansonsten geschieht dies eher auf einen Preisdruck hin, der entsteht, wenn sich die

⁶ Diese Zahl setzt sich aus dem Sperrmüllaufkommen auf Seite 48 und auf Seite 63 von LFU(2019) zusammen.

Relation von Altholzpreis und dem Preis für „Abfall zur Verwertung“ (AzV) verändert (EUWID 30/2016). Das UMWELTBUNDESAMT (2020) 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 230.000 Tonnen und einen Import von 31.000 Tonnen. Daraus ergibt sich ein Nettoexport von 199.000 Tonnen Altholz.

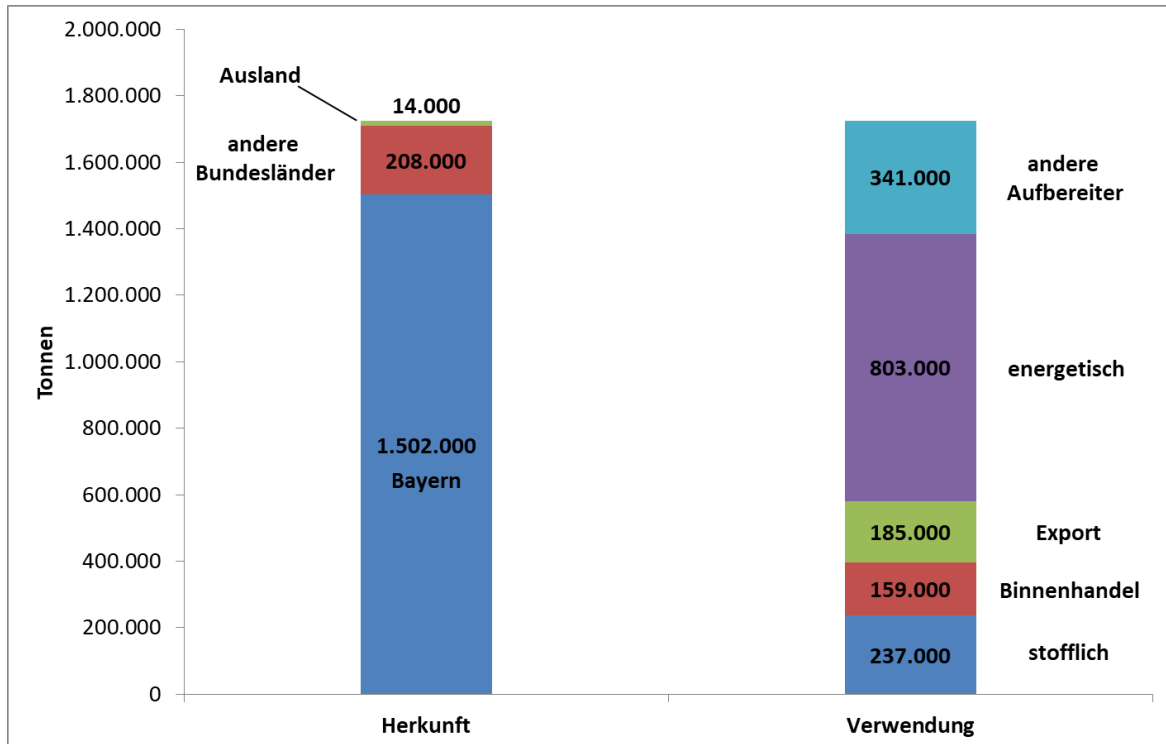


Abbildung 18: Die hochgerechnete Menge und die Verwertung von Altholz 2018. Der Großteil des Altholzes mit knapp 803.000 Tonnen wird thermisch verwertet. Die stoffliche Verwertung stellt hohe Ansprüche an die Eigenschaften des Altholzes und ist deswegen nicht beliebig ausweitbar.

Das Aufkommen an Altholz wurde aus der Erhebung auf 1,38 Mio. Tonnen hochgerechnet. Hierzu werden noch die Mengen aus der Haushaltsumfrage von 0,21 Mio. Tonnen addiert. Somit ergibt sich ein Gesamtaufkommen an Altholz in Bayern von 1,59 Mio. Tonnen atro.

2.4.3 Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz

In der bayerischen Abfallbilanz für das Jahr 2018 werden rund 591.000 Tonnen atro Grünschnitt ausgewiesen, den die Kommunen in Bayern gesammelt haben (LFU 2019A). LETALIK (2020) gibt einen holzartigen Anteil von 15 % an. Dementsprechend wurden 89.000 Tonnen atro an Flur und Siedlungsholz von den Kommunen gesammelt. Von den Unternehmen, die Hackerdienstleistungen anbieten, werden weitere 252.000 Tonnen atro gemeldet. Zusätzlich ergaben sich aus der Hochrechnung der Scheitholz mengen aus den Privathaushalten insgesamt 333.000 Tonnen atro, die aus Gärten oder sonstiger Flur stammen und somit dem Landschaftspflegeholz zugerechnet werden müssen. Damit beläuft sich das Gesamtaufkommen an Flur und Siedlungsholz auf 675.000 Tonnen atro, die in die Holzbilanz eingehen.

2.4.4 Entwicklung der Altholzpreise

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 waren die steigenden Gebühren für Abfälle zur Verwertung in den Müllverbrennungsanlagen, so dass vermehrt Altholz aus dieser Verwertungsschiene ausgeschleust wurde (EUWID 45/2015). Auch im Jahr 2016 hielt die Baukonjunktur an und die Gebühren für Abfälle zur Verwertung waren spürbar gestiegen. Die vollen Lager der Kraftwerke aus dem Winter 2015/16 sorgten dafür, dass sich die Altholzlager auch bei den Aufbereitern füllten. Diese Gründe sorgten für starke Preisrücknahmen, so dass für Altholz seit Mitte 2016 wieder negative Preise gezahlt wurden, d. h. Altholzentzorgung 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). Die Preise für Abfall zur Verwertung waren Anfang 2017 gesunken, so dass wieder weniger Altholz aus dem Gewerbeabfall aussortiert wurde; insgesamt war der Altholzmarkt deswegen ausgeglichen (EUWID 18/2017). Im Verlauf des Jahres stiegen dann die Lieferungen von stofflichen Qualitäten nach Tschechien und Österreich an (EUWID 44/2017B). Trotz des recht milden Winters 2017/18 (siehe Kapitel 2.6.5) gestaltete sich die Versorgungslage der Altholz-Kraftwerke vor allem im ausgehenden Winter als schwierig, weil die anhaltend kalte Witterung bis in den März hinein die Baukonjunktur nicht in Gang kommen ließ (EUWID 18/2018).

2.4.5 Diskussion

Die Methode zur Hochrechnung der Altholzmengen wurde zum Vorgängerbericht GÖRWEIN ET AL. (2018) deutlich geändert. Durch die inzwischen mehrfachen Umfragen sind Umsatzmengen von knapp 50 % der Altholzbetriebe in mindestens einem der Bezugsjahre bekannt. Es wird davon ausgegangen, dass Unternehmen, die sich an der aktuellen Umfrage nicht beteiligten, ihre Umsatzmenge nicht wesentlich geändert haben und die knapp 50 % der Betriebe die Größenstruktur der Branche repräsentieren. Die Änderungen in der Hochrechnung und deren Auswirkungen werden im Folgenden beschrieben: Für das Berichtsjahr 2016 wurden die Betriebe bis zum Handelsvolumen von 20.000 Tonnen *atro* als eine einzige Klasse hochgerechnet, in der neuen Hochrechnung hingegen wurden diese Betriebe in drei Klassen aufgeteilt. Durch diese Aufteilung steigen die hochgerechneten Altholzmengen für 2016 um rund 88.000 Tonnen und für 2018 um nur 15.000 Tonnen. Die Schwankungen im Differenzbetrag sind durch den höheren Anteil von kleinen Betrieben im Jahr 2016 zu erklären, somit bietet das neue Verfahren eine höhere Sicherheit gegen die zufällige, hohe Teilnahme von einer bestimmten Klasse.

Die größere Veränderung hat es aber bei der Behandlung der Betriebe mit mehr als 20.000 Tonnen *atro* Umsatz gegeben. Die Annahme, dass alle Betriebe mit mehr als 20.000 Tonnen Altholz bekannt seien, hat sich als nicht richtig erwiesen. Damals wurde von 7 Betrieben mit mehr als 20.000 Tonnen Altholz ausgegangen und diese Zahl hat sich bisher auf 11 erhöht. Deshalb wird nun davon ausgegangen, dass es noch Altholzbetriebe im Segment zwischen 20.001 und 50.000 Tonnen gibt, die nicht bekannt sind. Folglich wird auch für diese Klasse eine Hochrechnung gemäß der Branchenstruktur aus Kapitel 2.4.1 durchgeführt und nur die Betriebe mit mehr als 50.000 Tonnen Umsatz werden als vollständig bekannt vorausgesetzt. Die Hochrechnung der Betriebe zwischen 20.001 und 50.000 Tonnen Altholz vergrößert die Altholzmenge um rund 367.000 Tonnen.

Um die Güte des neuen Hochrechnungsverfahrens einschätzen zu können, werden die erfassten Altholzmengen des Bayerischen Landesamts für Statistik für 2016 und 2018 herangezogen (BLFS 2019E; BLFS 2020). Dort werden die in Feuerungsanlagen verbrannten Altholzmengen im Jahr 2018 mit 1,02 Mio. Tonnen lutro beziffert, wobei davon nur rund 676.000 Tonnen lutro unserer Definition von Altholz entspricht. Die Weiteren rund 342.000 Tonnen sind Nebenprodukte der Produktion und fallen demnach nicht unter unsere Definition von Altholz. Zudem werden auch nach Aussage des Landesamts für Statistik (BLFS 2019D) nicht alle Nebenprodukte, die in den Werken verbrannt werden, in dieser Statistik angegeben, da es dem Werk selbst überlassen wird, wie es das Restholz einstuft. Da auch in unserer Umfrage einige Betreiber von Feuerungsanlagen befragt wurden, könnten solche Mengen ebenfalls enthalten sein. Demnach könnte sich die Differenz zum Umfrageergebnis noch verringern. Der Abgleich der Daten des Bayerischen Landesamtes für Statistik mit den Hochrechnungsverfahren für 2016 und 2018 ergibt folgendes: Im Hochrechnungsverfahren von 2016 (GÖßWEIN ET AL. 2018) wurde rund 64 %⁷ der Altholzmenge, die das Landesamt der energetischen Nutzung zuordnet, auch nach der Hochrechnung der Umfrage der energetischen Nutzung zugeführt – für das Hochrechnungsverfahren 2018 beträgt der Anteil 142 %⁸. Da die Umfrage aber nicht bei den Feuerungsanlagen ansetzt, sondern bei den Aufbereitern von Altholz und Feuerungsanlagen, passt das Ergebnis 2018 besser zum Marktgeschehen. Da bei der Frage an die Altholzaufbereiter nach der Verwertung des Altholzes bei der Antwortoption “Weitervertrieb in andere Bundesländer oder ins Ausland” nicht nach stofflich oder energetisch unterschieden wurde, könnten solche Mengen von den Befragten auch den anderen Positionen zugeschlagen worden sein. Es könnte also sein, dass Holzmenge, die in anderen Bundesländern oder im Ausland energetisch genutzt wurden, laut der Umfrage in Bayern verbucht werden.

In der Verbrauchsumfrage bei den Biomasseheiz(kraft)werken (siehe Kapitel 2.7.2) wurde eine Menge von 680.000 Tonnen atro Altholz ermittelt. Zusätzlich wurden 190.000 Tonnen atro Industrierestholz verbraucht. Die Menge von Altholz nach der Verbrauchserhebung liegt somit zwischen der Hochrechnung aus der Umfrage bei den Altholzaufbereitern und der Statistik vom Bayerischen Landesamt für Statistik. Grundsätzlich passen die Erhebungen, wenn Unsicherheiten solcher Verfahren mit einbezogen werden, gut zusammen und sind plausibel.

In den Daten vom Landesamt für Statistik wird auch angegeben, wie viel Altholz in den Feuerungsanlagen im eigenen Betrieb erzeugt wurden. Diese Mengen steigen von rund 61.000 Tonnen lutro im Jahr 2016 auf rund 101.000 Tonnen lutro 2017 und schließlich 158.000 Tonnen lutro in 2018. Demnach zeigt sich ein Trend, dass immer mehr Altholzaufbereiter Biomassefeuerungsanlagen aufkaufen und in den Betrieb integrieren. Auch DÖRING ET AL. (2018A)) beobachten diesen Trend.

Aus den Daten des Landesamtes für Statistik können auch die Altholzmengen herausgelesen werden, die in Bayern in Schredderanlagen behandelt wurden; 2018 waren das rund 819.000 lutro. Doch dies ist nicht die gesamte Marktmenge, die aus den Daten abgeleitet werden kann. Neben den Altholzmengen aus den Schredderanlagen sammeln die Feuerungsanlagen selbst noch rund 132.000 Tonnen. Die Menge an Altholz aus Siedlungsabfällen wird mit rund 130.000 Tonnen veranschlagt; allerdings wird die in den Kommunen gesammelte Menge vom Bayerischen Landesamt für Umwelt mit 314.000 Tonnen veranschlagt (LFU 2019A). Demnach fehlen

⁷ Die Prozentzahl errechnet sich aus Menge der Umfrage durch Menge aus der Statistik des Bayerischen Landesamtes für Statistik

⁸ Die Prozentzahl errechnet sich aus Menge der Umfrage durch Menge aus der Statistik des Bayerischen Landesamtes für Statistik

weitere 184.000 Tonnen aus den Kommunen in der Statistik. Weiterhin gibt es noch Lieferungen von Altholz aus anderen Bundesländern, die stofflich genutzt werden und somit nicht in der Statistik aufgeführt sind. Diese Mengen können aber nicht genau abgeschätzt werden. Somit hat sich die Altholzmenge, die in Bayern gehandelt wurde auf 1,13 Mio. Tonnen lutro oder rund 909.000 Tonnen atro erhöht, wobei die stofflichen Mengen nicht integriert sind. Die Menge an Altholz, die laut unserer Hochrechnung in Bayern 2018 genutzt wurde, beträgt rund 1,04 Mio Tonnen atro und ist somit in der Größenordnung, der aus den Daten des Bayerischen Landesamtes für Statistik abgeleiteten Mengen.

Der Vergleich der Umfragen für 2016 und 2018 – jeweils hochgerechnet mit dem neuen Verfahren – ergibt einen Anstieg des Marktvolumens von 2016 zu 2018 um 25 %. Das physisch vorhandene Altholz ist um 18 % gestiegen, während die in Bayern genutzte Menge nur um 4 % zugelegt hat. 2018 wurde laut Hochrechnung rund 10 % weniger Altholz als 2016 verbrannt. Zum Vergleich ergibt die Statistik des BLFS eine Änderung von -2,6 %. Die stoffliche Nutzung ist um 36 % gestiegen.

Das Jahr 2016 war von einem hohen Anfall von Altholzmengen geprägt, die Schwierigkeiten beim Absatz in die energetische und auch stoffliche Verwertung bereitet haben. Zu Anfang 2017 hatte sich die Lage dann aufgrund eines kühlen Winters gedreht. Die Lager konnten geleert werden und der Anfall ging saisonüblich zurück (BVSE 2020). Der vergleichsweise geringe Anfall von Altholz hielt sich bis in den Herbst, erst dann zog das Aufkommen wieder an (EUWID 44 2017B). Mittlerweile spielt auch das Alter der Verbrennungsanlagen eine Rolle, denn revisions- oder schadbedingte-Stillstände nehmen zu, wodurch die Durchsatzmenge sinkt (EUWID 2019C). Das Inkrafttreten der neuen Gewerbeabfallverordnung zum 01.08.2017 hatte auf den Altholzmarkt überschaubare Auswirkungen: Einerseits werde sie wie die Vorgängerin noch wenig umgesetzt, andererseits wurde viel Altholz schon wegen der steigenden Entsorgungspreise in den Müllverbrennungsanlagen aussortiert (EUWID 2019C).

Probleme bereiteten auf dem Altholzmarkt zunehmend die knappen Transportkapazitäten (EUWID 2019C), wodurch es zu einer Zunahme der Transportkosten zwischen 1,50 € und 2,50 € pro Tonne kam (EUWID 44 2017B).

Ein weiteres großes Thema der Branche ist die Novellierung der Altholzverordnung. Zum 04.05.2020 wurde vom Bundesumweltministerium ein ‚Diskussionsentwurf‘ an die Verbände versendet, die bis zum 29.05.2020 Zeit für eine Stellungnahme hatten (EUWID 19 2020). Als geplante Änderungen wurden der Vorrang der stofflichen gegenüber der energetischen Nutzung gemäß der fünfstufigen Abfallhierarchie der EU, eine bessere Getrenntsammlung an der Anfallstelle sowie höhere Qualifikationsanforderungen für das Personal angekündigt. Die Novelle soll bis zum Frühjahr oder Sommer 2021 in Kraft treten (BAV 2019).

Ein weiteres Thema ist der Wegfall der EEG-Vergütungen für Bestandsanlagen ab 2020, weswegen diese neue Geschäftsmodelle außerhalb des EEG finden müssen (BAUR ET AL. 2019). Im Projekt ‚Altholz – Quo vadis‘ wurden vier mögliche Modelle identifiziert: (1) Bau eines Fernwärmenetzes, (2) Produktion von Wasserstoff, (3) Mitverbrennung von Klärschlamm und (4) die Produktion von Methan, wobei letzteres wirtschaftlich nicht rentabel ist (EUWID 2019D).

Zum Thema stoffliche Nutzung von Altholz gibt es ein internationales Forschungsprojekt, das die Nutzung von Altholz in Bioraffinerien untersucht. Darin werden Verwertungsmöglichkeiten für alle Altholzkategorien untersucht (REWOBIOREF 2017). Der Endbericht des Projektes steht noch aus.

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 bis 2017 stetig auf 1.623 ha angestiegen. Von 2017 auf 2018 nahm die Anbaufläche um 179 ha auf 1.444 ha ab. In der InVeKoS-Datenbank werden nur landwirtschaftliche Betriebe mit Betriebs-sitz in Bayern erfasst. Das bedeutet, dass weder Flächen von nichtlandwirtschaftlichen Betrieben noch von Betrieben mit Betriebs-sitz 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 2018 insgesamt 1.444 ha Kurzumtriebsplantagen erfasst. Das entspricht einem Rückgang von 155 ha oder 10 % seit 2016. Die Entwicklung der Flächen auf denen Kurzumtriebsplantagen angebaut werden, ist in Abbildung 19 dargestellt.

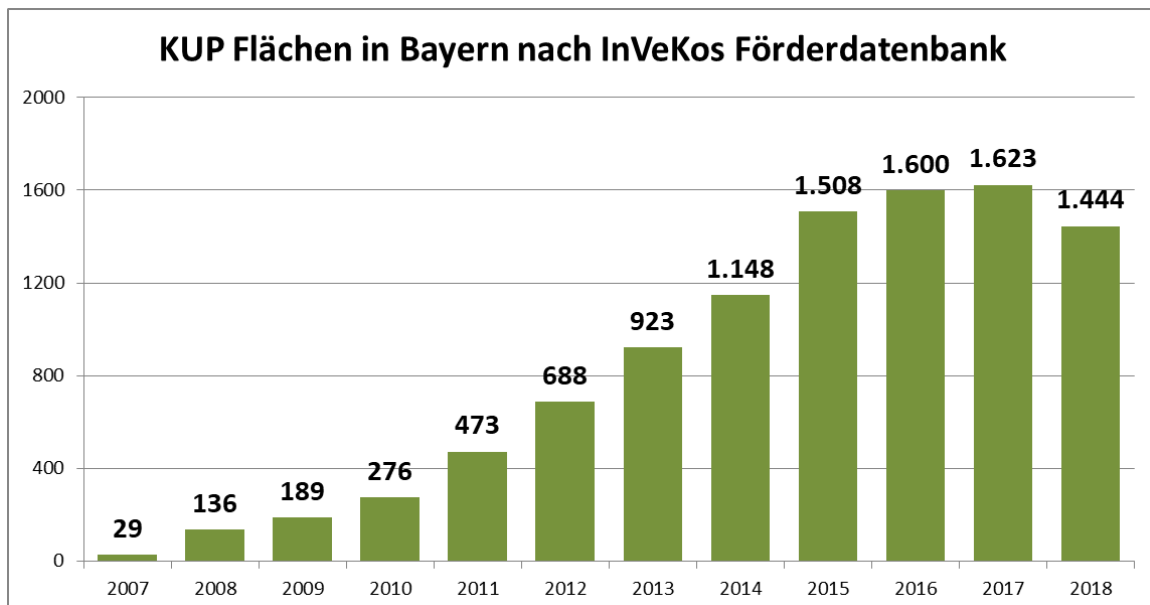


Abbildung 19: Flächen auf denen Kurzumtriebsplantagen angebaut werden von 2007 bis 2018. Bis 2017 war eine stetige Vergrößerung der Flächen festzustellen. 2018 ist erstmals ein Flächenrückgang zu verzeichnen.

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 HAUKE & WITTKOPF (2012) planen die bayerischen Besitzer von Kurzumtriebsplantagen einen Ernteturnus von fünf bis zehn Jahren. Deswegen wird in der Hochrechnung ein Um-

trieb von 8 Jahren angenommen. Bei einem achtjährigen Umtrieb wären in 2018 87 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 9.400 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 27.000 Fm⁹ 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) und schlugen 2018 mit -12% sogar deutlich ins Minus um. Bei der Zurückhaltung der Landwirte spielt oft die lange Flächenbindung eine Rolle. Im Verbund mit dem erhöhten Hackschnitzelanfall in Bayerns Wäldern aufgrund von Stürmen, Trockenjahren und Borkenkäferkalamitäten und den dadurch gefallenem Preisen für Hackschnitzel, kann die Zurückhaltung der Landwirte in der Anlage neuer Kurzumtriebsplantagen erklärt 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).

Untersuchungen haben gezeigt, dass Hackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen in 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 CO₂-Vermeidung je Hektar erbringen, bei gleichzeitig geringen CO₂-Vermeidungskosten (BÄRWOLFF ET AL. 2013). BURGER & SCHWEIER (2016) beziffern das Treibhausgas-Einsparpotenzial bis zu -13 t CO₂-äq 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 CO₂ 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 gerodeten Waldflächen dagegen nicht. Weiterhin sieht er die Anlage von Kurzumtriebsplantagen als vorteilhafter als eine Erstaufforstung zum Klimaschutz an, weil der Gesamtwuchs der Kurzumtriebsplantage in den nächsten 10 bis 20 Jahren das Vielfache einer Erstaufforstung beträgt. Damit bindet die Kurzumtriebsplantage deutlich mehr CO₂ aus der Atmosphäre und die gebundene Energie kann zur Substitution von fossilen Energieträgern eingesetzt werden.

Eine direkte Förderung der Anlage von Kurzumtriebsplantagen durch den Freistaat Bayern findet derzeit nicht statt. Nur durch die Landwirtschaftliche Rentenbank wird die Anlage gefördert, allerdings ist über die Inanspruchnahme nichts bekannt. Aufgrund der Marktlage ist aber nicht mit einem regen Zuspruch zu rechnen.

⁹ Die Holzmengen aus der Hochrechnung der Umfrage bei den Hackerunternehmern ergibt rund 13.000 Fm aus Kurzumtriebsplantagen und passt demnach in der Größenordnung sehr gut zur Berechnung.

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 und Brauchwasser zu erwärmen. 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 2018/19 in Auftrag gegeben. Das Marktforschungsinstitut IM Field GmbH befragte im Juli 2019 1.001 private Haushalte. Insgesamt wurden vom Marktforschungsinstitut 8.235 Anrufe getätigt. Von diesen waren 2473 neutrale Ausfälle, wie Fax, kein Privathaushalt, Sprachprobleme und ähnliches. Von den übrigen 5.762 Gesprächen wollten 4.762 nicht an der Umfrage teilnehmen. Über alles nahmen 17,4 % oder 1.001 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 2018/2019
- 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.

Seit dem Jahr 2014 liegen vom Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks Statistiken zu der Anzahl von Einzelraumfeuerungen und Zentralfeuerungen in Bayern vor. Die Anzahl der Einzelraumfeuerungen lag demnach 2016 bei 2,6 Millionen. Für 2018 waren zum Erstellungszeitpunkt dieser Studie nur Zahlen der Einzelraumfeuerungen für das gesamte Bundesgebiet veröffentlicht. In der Bundesrepublik Deutschland war zwischen 2016 und 2018 eine Abnahme von rund 500.000 Einzelraumfeuerungen zu verzeichnen. 2016 hatte Bayern einen Anteil von 22,7 % an den Einzelraumfeuerungen im Bundesgebiet. Demzufolge könnte die Anzahl der Einzelraumfeuerungen in Bayern um rund 114.000 Stück abgenommen haben und nun bei rund 2,55 Mio. Stück liegen. Für die Zentralfeuerungen, die mit Holzbrennstoffen beschickt wurden, lagen Zahlen für Bayern vor. 2014 gab es demnach rund 263.000 Zentralheizungen in Bayern. Diese Anzahl vergrößerte sich bis 2016 auf rund 280.000 und ging nun bis 2018 auf 246.000 Zentralheizungen zurück.

Der Vergleich der Haushaltsumfrage mit diesen Zahlen ergab für die Zentralheizungen allerdings eine hochgerechnete Anzahl von 398.000 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. Als Indiz hierfür kann die hohe Verweigerungsquote bei der Ausschöpfung der Telefonumfrage gelten. Somit ist von einer systematischen Verzerrung der Umfrageergebnisse auszuge-

hen. Da dieser Trend schon aus der Umfrage zum Winter 2016/17 bekannt war, wurde allen teilnehmenden Haushalten die Frage gestellt, ob sie (also jemand im Haushalt) Wald besitzen. Die Auswertung ergab hier eine Anzahl von rund 687.000 Waldbesitzverhältnissen. Nach HASTREITER (2019A) gab es 2018 aber nur 477.000 Besitzverhältnisse in Bayern. Deswegen wird davon ausgegangen, dass die Zahl in der Umfrage zu hoch ist, und die Zahl des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks 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 Holzentralheizungen an die Daten des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks und die Waldbesitze an den Stand in Bayern angepasst wurden. 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, Pellets, Hackschnitzeln 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. Antwortausfälle wurden mit Mittelwerten von Vergleichsgruppen aus der Umfrage gefüllt.

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 2018 von 6,065 Mio. auf 6,453 Mio., also um fast 6 % erhöht.

2.6.2 Befragungsergebnisse

Die telefonische Umfrage ergab, dass in Bayern 33,3 % der Haushalte mit Holz heizen (Abbildung 20). 2018 gab es in Bayern 6,453 Mio. Haushalte (BLFS 2019C). Hochgerechnet auf diese Anzahl ergeben sich in Bayern 2,15 Mio. Haushalte, die nur oder teilweise mit Holz heizen. Der Anteil der Holzheizer zeigt keinen signifikanten Unterschied zu den Vorberichten.

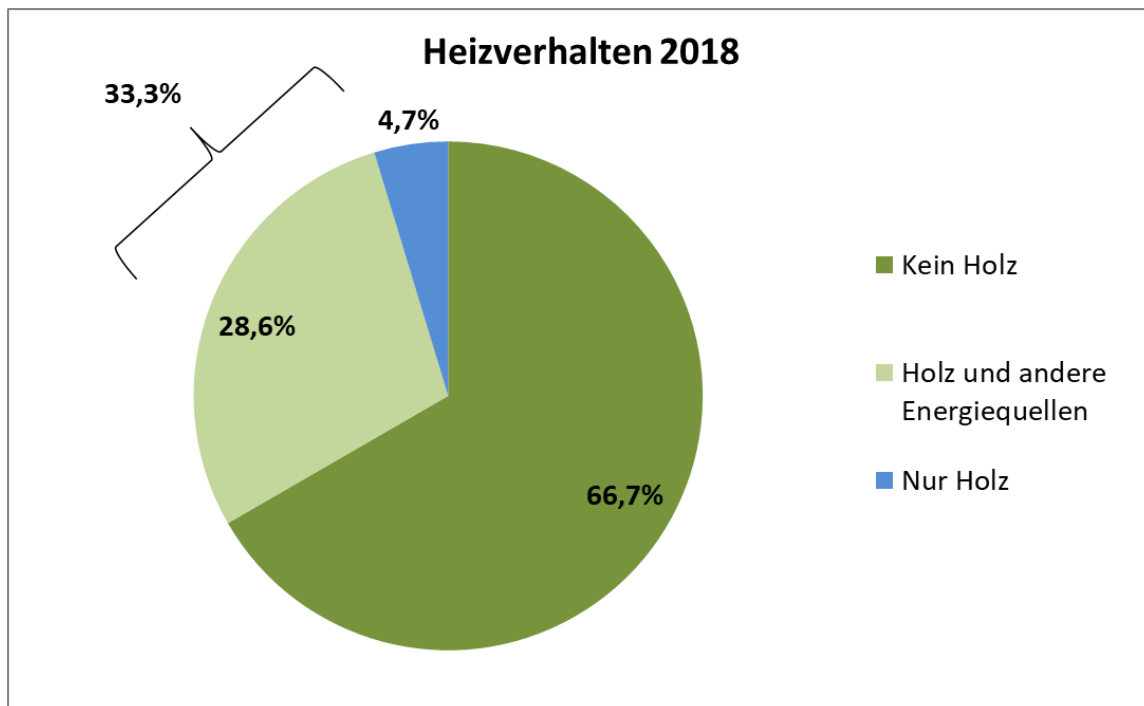


Abbildung 20: Anteile der befragten Haushalte in Bayern, die im Winter 2018/2019 nur Holz, zum Teil Holz oder keine Holz zum Heizen benutzen.

Abbildung 21 zeigt die verschiedenen Anlagenkombinationen, die in Haushalten installiert sind, die Holz als Brennstoff nutzen. Rund 80 % heizen Holz in Einzelöfen, nutzen aber ebenfalls andere Energieträger außer Holz. In etwa 4 % der Haushalte ist eine Kombination aus Holzcentralheizung und Einzelofen installiert, während 8 % der Haushalte nur eine Holzcentralheizung besitzen. In 6 % der Haushalte wird eine mit Holz betriebene Einzelraumfeuerung als einzige Heizquelle genutzt. 1 % der Haushalte nutzt Fernwärme, zu deren Erzeugung Holz mitgenutzt wird, und 2 % der Haushalte hat neben einem Fernwärmeanschluss noch einen Einzelofen, der mit Holz betrieben wird.

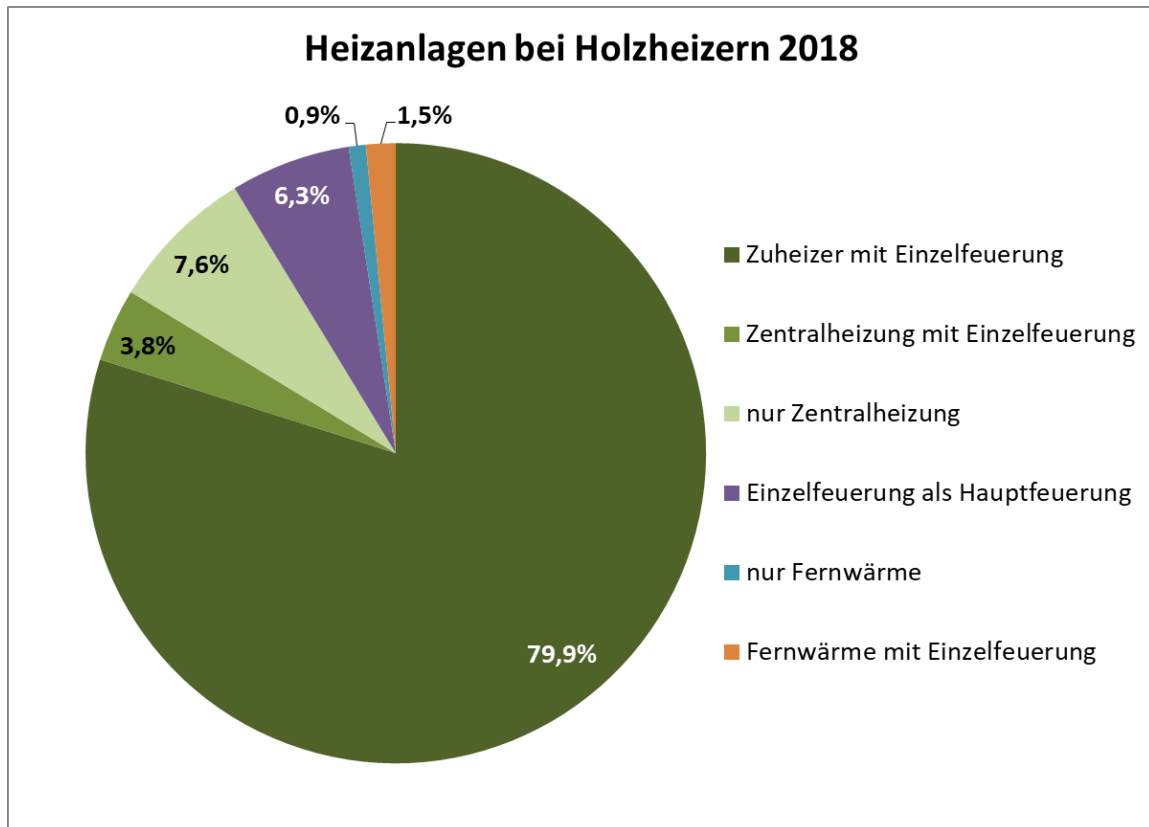


Abbildung 21: Installierte Anlagenkombinationen in den bayerischen Haushalten, die Holz als Brennstoff im Winter 2018/2019 nutzen.

In Tabelle 18 sind die Ergebnisse der Haushaltumfrage aufgeführt. Enthalten sind die Anteile der Holzheizungskombinationen unter den 1.000 befragten Haushalten für 2018 und die Hochrechnung auf die Gesamthaushalte in Bayern

Tabelle 18: Anteile der Heizungskombinationen in der Haushaltumfrage von 2018 und die Hochrechnungen auf die Anzahl der Haushalte in Bayern.

| Heizungskombinationen | Anteil Haushalte | Hochrechnung |
|---------------------------------------|------------------|--------------|
| | 100 % | 6.453.000 |
| Zuheizer mit Einzelraumfeuerung | 26,6% | 1.719.000 |
| Einzelfeuerung als Hauptfeuerung | 2,1% | 135.000 |
| Zentralheizung und Einzelraumfeuerung | 1,3% | 82.000 |
| nur Zentralheizung | 2,5% | 164.000 |
| nur Fernwärme | 0,3% | 19.000 |
| Fernwärme mit Einzelraumfeuerung | 0,5% | 33.000 |
| Summe Haushalte mit Holzfeuerung | 33,3% | 2.152.000 |

Verwendete Energieholzsortimente und deren Herkunft

Scheitholz ist weiterhin das wichtigste Energieholzsortiment für die Privathaushalte (Abbildung 22). Bei der Nutzung aller Sortimente ist keine Änderung zu verzeichnen.

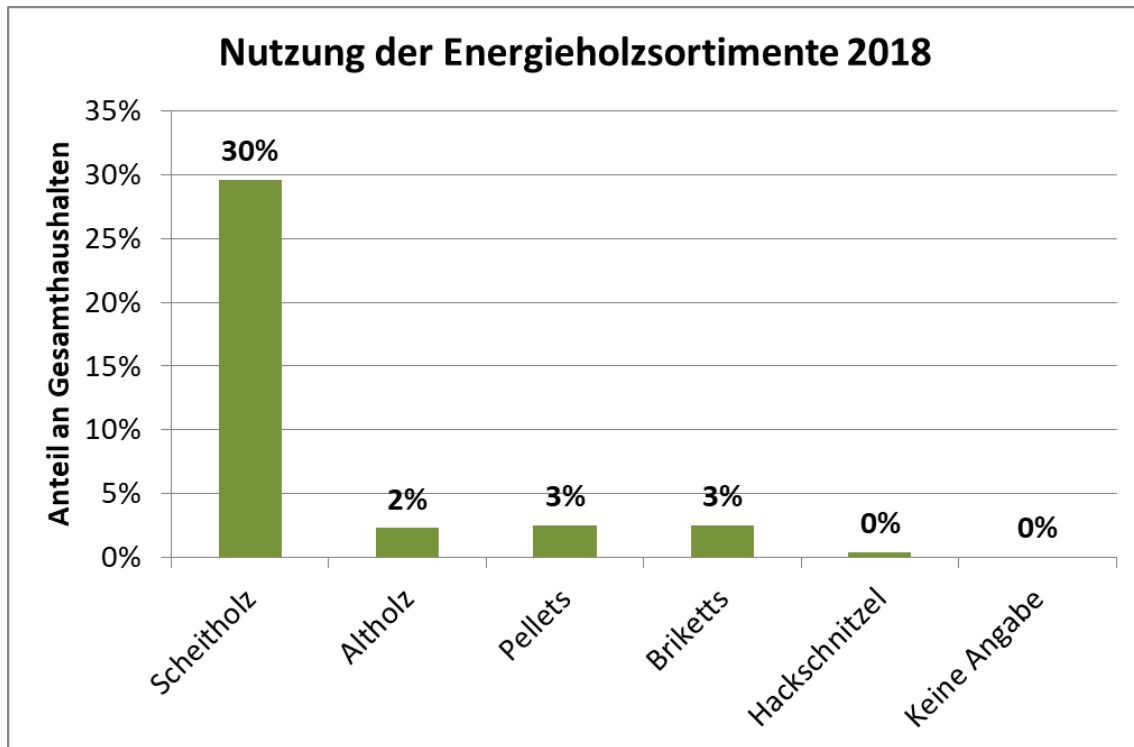


Abbildung 22: In den Privathaushalten genutzte Energieholzsortimente. Mit 30 % Anteil an den Gesamthaushalten dominiert das Scheitholz. Doppelnennungen sind enthalten.

Die Herkunft der Scheitholzsortimente ist in Abbildung 23 dargestellt. Ihren Scheitholzbedarf deckten 65 % der befragten Scheitholznutzer, indem sie Brennholz von einem Waldbesitzer oder Brennholzhändler kauften. 19 % deckten ihren Scheitholzbedarf aus dem eigenen Wald. Knapp 7 % nutzen auch Scheitholz aus dem eigenen Garten. Selbstwerbung – das Holz kaufen, aber selbst im Wald aufarbeiten – nutzen 12 % der Scheitholznutzer, um sich mit Brennholz zu versorgen. Aus dem Baumarkt bezogen lediglich 3 % der Befragten ihr Scheitholz.

Auffällig war bei der Auswertung der Antworten, dass ein Anteil von über 89 % der Haushalte, die Scheitholz von einem Waldbesitzer oder Brennholzhändler beziehen, und 84 % der Haushalte, die Scheitholz aus dem eigenen Wald beziehen, nur eine Bezugsquelle für Scheitholz haben, also entweder das gesamte Holz aus dem eigenen Wald oder von einem Brennholzhändler beziehen. Bei den anderen Bezugsquellen ist dieser Anteil etwas niedriger. 51 % der Haushalte, die Holz aus dem eigenen Garten, 65 % der Haushalte, die Scheitholz mittels Selbstwerbung und 64 % der Haushalte, die Holz aus dem Baumarkt beziehen, nutzen nur jeweils eine Bezugsquelle für das Scheitholz. Insgesamt gaben 86 % der befragten Haushalte an, nur eine Bezugsquelle zu nutzen, 9% nutzen zwei Bezugsquellen und nur ein Prozent vier Bezugsquellen.

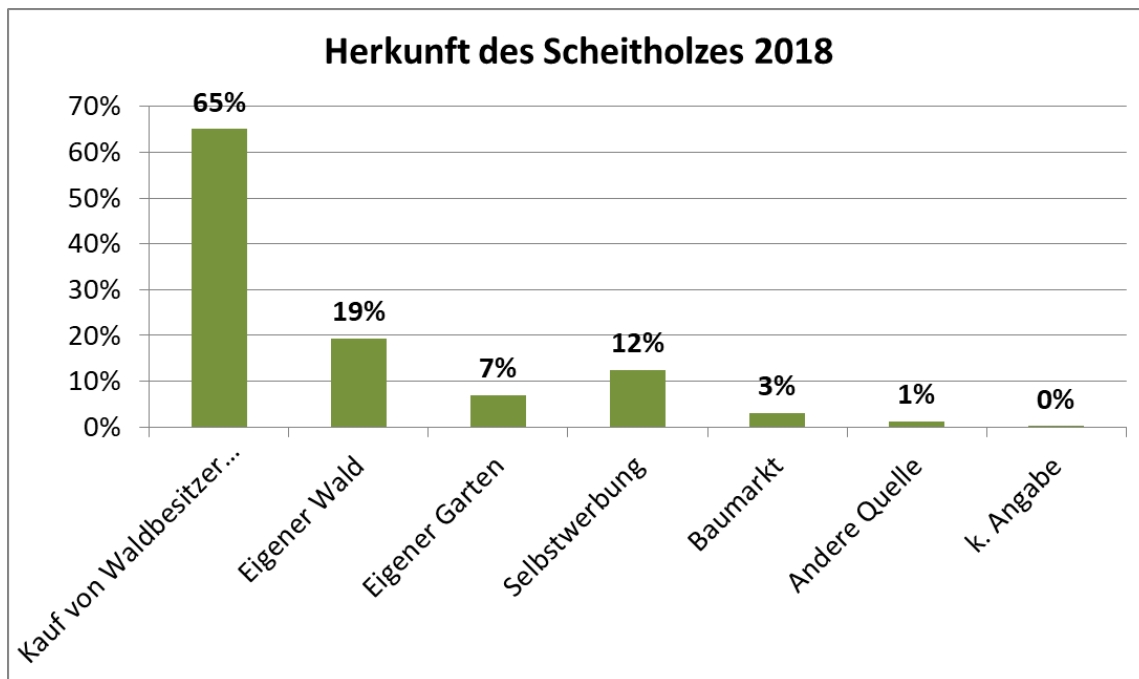


Abbildung 23: Herkunft der verwendeten Scheitholzsortimente (Mehrfachnennungen möglich). Knapp 26 % der Haushalte beziehen ihr Scheitholz aus dem eigenen Wald oder Garten und sind somit (teilweise) unabhängig vom Scheitholzmarkt. Direkt vom Waldbesitzer oder von spezialisierten Brennholzhändlern beziehen 65 % der Haushalte ihr Scheitholz. In Baumärkten versorgen sich nur 3 % der Haushalte mit Scheitholz.

Durchschnittlicher Verbrauch an Energieholzsortimenten

Im Verbrauch von Energieholz gibt es deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Haushaltsgrößen und im Vergleich von Zentral- und Einzelraumfeuerung. Statistische Kennzahlen dazu sind in Tabelle 19 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 20 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. Bei den Haushalten mit Zentralheizung verwendeten die Haushalte, die nur mit Holz heizen gegenüber allen Haushalten, die eine Zentralheizung haben, rund 1 % weniger Energieholz. Demnach ist die Unterscheidung für Zentralheizungen nicht so erheblich, da der größte Anteil der genutzten Wärmeenergie aus Holz gewonnen wird. Bei den Haushalten mit einer oder mehreren Einzelraumfeuerungen, verbraucht das Teilkollektiv, das nur mit Holz heizt, die 1,6-fache Energieholzmenge, wie das Gesamtkollektiv von Haushalten, die eine oder mehrere Einzelraumfeuerungen verwenden. Der mittlere Verbrauch der einzelnen Energieholzsortimente ist in Tabelle 21 aufgetragen.

Der statistische Vergleich des mittleren Verbrauchs der Haushalte mit Zentralheizungen zeigt: Der Verbrauch der Haushalte, die nur mit Holz heizen, ist nicht signifikant verschieden zu den Haushalten, die auch andere Energiequellen nutzen. Für Haushalte, die nur Einzelraumfeuerungen besitzen: Haushalte, die nur Holz heizen, haben einen signifikant höheren Verbrauch, als Haushalte, die auch andere Energiequellen nutzen.

Der statistische Vergleich des mittleren Verbrauchs der Haushalte, die nur mit Holz heizen, zeigt: Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Haushalten mit Zentralheizung und denen, die nur eine Einzelraumfeuerung besitzen.

Der statistische Vergleich von Haushalten, die auch andere Energiequellen nutzen, zeigt: Zwischen dem Verbrauch von Haushalten, die eine Holz-Zentralheizung haben, und denen, die nur Einzelraumfeuerungen nutzen, besteht ein signifikanter Unterschied.

Tabelle 19: Energieholzverbrauch nach Haushaltsgrößenklassen im Jahr 2018. Haushalte mit einer Zentralheizung verbrauchen das 3,1 bis 4,7-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. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an.

| Energieholzverbrauch Holz und andere | Energieholz Gesamt | | Zentralheizungen | | Einzelraumfeuerung | |
|---|--------------------|------------|------------------|------------|--------------------|------------|
| | % | Mittelwert | % | Mittelwert | % | Mittelwert |
| Haushaltsgröße | | Fm | | Fm | | Fm |
| 1 | 8,9 | 3,1 | 0,5 | 11,4 | 8,4 | 2,6 |
| 2 | 11,7 | 4,4 | 1,3 | 14,5 | 10,4 | 3,1 |
| 3 | 5,6 | 4,3 | 0,7 | 10,5 | 4,9 | 3,4 |
| 4 | 5,1 | 5,0 | 1,0 | 12,7 | 4,2 | 3,2 |
| 5 | 1,7 | 6,8 | 0,3 | 19,3 | 1,4 | 4,1 |
| Gesamt | 33,0 ¹⁰ | 4,2 | 3,8 | 13,3 | 29,2 | 3,1 |

Tabelle 20: Energieholzverbrauch der Haushalte, die nur mit Holz heizen. Einzelraumfeuerungen, die nur mit Holz heizen, verbrauchen das 1,6-fache Energieholzvolumen des Durchschnittsverbrauchs über alle Einzelraumfeuerungen. Bei Zentralheizungen verbrauchen die Haushalte, die nur mit Holz heizen, rund 1 % weniger Energieholz als alle Haushalte, die eine Zentralheizung besitzen. 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. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an.

| Energieholzverbrauch Nur Holz | Energieholz Gesamt | | Zentralheizungen | | Einzelraumfeuerung | |
|----------------------------------|--------------------|------------|------------------|------------|--------------------|------------|
| | % | Mittelwert | % | Mittelwert | % | Mittelwert |
| Haushaltsgröße | | Fm | | Fm | | Fm |
| 1 | 1,1 | 7,2 | 0,5 | 11,4 | 0,6 | 3,4 |
| 2 | 1,6 | 10,0 | 0,9 | 13,3 | 0,7 | 5,9 |
| 3 | 1,1 | 8,2 | 0,5 | 10,5 | 0,6 | 5,9 |
| 4 | 0,6 | 11,4 | 0,4 | 15,1 | 0,2 | 3,9 |
| 5 | 0,2 | 15,4 | 0,2 | 21,1 | 0,1 | 4,0 |
| Gesamt | 4,7 | 9,4 | 2,5 | 13,1 | 2,2 | 5,0 |

¹⁰ Hier sind die Haushalte, die an ein Nah- oder Fernwärmenetz angeschlossen sind, nicht enthalten, da für sie keine Angaben zum Energieholzverbrauch gemacht werden können. Deswegen weicht die Prozentzahl vom Anteil bei den Gesamtholzheizern ab.

Tabelle 21: Arithmetischer Mittelwert des Holzverbrauchs nach Energieholzsortimenten aus der Umfrage 2018. Für die Auswertung wurden nur die Haushalte berücksichtigt, die das jeweilige Sortiment verwendeten. Zu beachten ist, dass Haushalte durchaus mehrere Energieholzsortimente benutzten. Deswegen ist der Gesamtmittelwert nicht aus den Sortimentsmittelwerten errechenbar. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an. Der Mittelwert bezieht sich nur auf das jeweilige Sortiment. Beispiel: 29,6 % der bayerischen Haushalte verbrannten im Mittel 3,6 Fm Scheitholz.

| Energieholzsortiment | Anteil | Mittelwert |
|----------------------|-------------|------------|
| | % | Fm |
| Scheitholz | 29,6 | 3,6 |
| Altholz | 2,3 | 3,4 |
| Pellets | 2,5 | 5,4 |
| Briketts | 2,5 | 1,3 |
| Hackschnitzel | 0,4 | 21,9 |
| Gesamt | 33,0 | 4,2 |

Neben der Anzahl der Personen wird allerdings auch die Fläche, die mit Holz beheizt wird, als eine bestimmende Größe für die Höhe des Holzverbrauchs angesehen. In Tabelle 22 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 22: Energieholzverbrauch pro beheizte Wohnfläche. Haushalte mit Zentralheizungen verbrauchen die 1,5 bis 2,3-fache, im Mittel die 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. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an.

| Energieholzverbrauch pro Fläche | Energieholz Gesamt | | Zentralheizungen | | Einzelraumfeuerung | |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | % | Mittelwert | % | Mittelwert | % | Mittelwert |
| | | Fm/m ² | | Fm/m ² | | Fm/m ² |
| Haushaltsgröße | | | | | | |
| 1 | 7,2 | 0,054 | 0,5 | 0,097 | 6,7 | 0,047 |
| 2 | 10,7 | 0,056 | 1,1 | 0,109 | 9,6 | 0,046 |
| 3 | 5,1 | 0,047 | 0,6 | 0,063 | 4,5 | 0,043 |
| 4 | 4,8 | 0,053 | 0,8 | 0,079 | 4,0 | 0,042 |
| 5 | 1,5 | 0,058 | 0,2 | 0,070 | 1,2 | 0,051 |
| Gesamt | 29,3 ¹¹ | 0,053 | 3,3 | 0,084 | 26,1 | 0,045 |

Die Ergebnisse zeigen, dass der Energieholzverbrauch pro mit Holz beheizte Fläche in den jeweiligen Kategorien über alle Haushaltgrößen hinweg sehr ähnlich ist. Haushalte mit Zentralfeuerung benötigen demnach im Mittel die 1,9 –fache Energieholzmenge pro Flächeneinheit der Haushalte mit Einzelraumfeuerung. Es bestätigt sich damit die beheizte Fläche als eine Kenn-

¹¹ Haushalte, die keine Angaben zu ihrer Mit Holz beheizten Fläche gemacht haben, sind in dieser Auswertung nicht enthalten.

zahl, die den Energieholzverbrauch bestimmt. Durchschnittlich wurde eine Fläche von 77,2 m² pro Haushalt beheizt.

2.6.3 Energieholzverbrauch nach Sortimenten

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

Scheitholz

2018 wurden etwa 6,86 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 getrennt für Zentralheizungen und Einzelraumfeuerungen in den Haushaltsgrößen (1, 2, 3, 4 und 5 und mehr Personenhaushalt) über alle Haushalte gebildet, die Scheitholz nutzen und mit der Zahl der Haushalte hochgerechnet. Wird auch für 2016 die Hochrechnung mit gleichartiger Gewichtung durchgeführt (vgl. Kapitel 2.6.1), errechnet sich für 2018 ein um 18,6 % niedrigerer Verbrauch (auf Basis 2016).

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 644.000 Fm aus dem Garten, 123.000 Fm aus der offenen Landschaft und 6,09 Mio. Fm aus dem Wald.

Altholz

Die bayerischen Haushalte verbrannten 2018 knapp 486.000 Festmeter Altholz in ihren Heizungen. Auch diese Hochrechnung wurde mit dem arithmetischen Mittel mit demselben Verfahren wie beim Scheitholz durchgeführt. 2016 (Basis: neues Hochrechnungsverfahren) war der Verbrauch um 19 % niedriger.

Pellets

Die bayerischen Haushalte verbrannten 2018 rund 879.000 m³ Pellets. Diese Zahl wurde aus der Umfrage errechnet. Das ist rund 23 % mehr als im Jahr 2016 (Basis: neues Hochrechnungsverfahren).

Briketts

Für Holz-Briketts ergibt sich aus der Umfrage ein Verbrauch von 210.000 m³ für 2018 in Bayern.

Hackschnitzel

Es wurde ein Verbrauch von Hackschnitzeln in Bayern von 577.000 Fm ermittelt. Dieser Wert wurde aus der Umfrage ermittelt und ist rund 4 % höher als 2016 (Basis: neues Hochrechnungsverfahren).

Gesamtverbrauch

Der Gesamtverbrauch an Energieholz 2018 wird auf 9,01 Mio. Fm hochgerechnet. Eine Übersicht über die Verteilung auf die Sortimente findet sich in Tabelle 23.

Tabelle 23: Verbrauch der einzelnen Energieholzsortimente in den bayerischen Privathaushalten aus der Umfrage für das Jahr 2018/19.

| Energieholzsortiment | 2018/19 |
|----------------------|------------------|
| | [Fm] |
| Scheitholz | 6.855.000 |
| Altholz | 486.000 |
| Pellets | 879.000 |
| Briketts | 210.000 |
| Hackschnitzel | 577.000 |
| Summe | 9.007.000 |

2.6.4 Entwicklung der Investitionen im Gebäudebestand

In der Umfrage wurden die mit Holz heizenden Haushalte gefragt, ob sie seit 2010 eine Holzheizung – egal welcher Art – angeschafft haben. Wenn sie dies bejahten, wurden weitergefragt, ob die neue Heizung Ersatz für eine bestehende Holzheizung war. Alle Haushalte wurden gefragt, ob sie seit 2010 eine Holzheizung stillgelegt haben und ob diese Stilllegung aufgrund gesetzlicher Bestimmungen geschah. 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 fünf Jahren.

Die Antworten darauf ergeben eine Nettozunahme der Holzheizer. Seit 2010 wurden von 462.000 Haushalten neue Holzheizungen angeschafft. Davon waren 164.000 eine Ersatzanschaffung für eine ältere bestehende Holzheizung. 299.000 Haushalte haben eine Holzheizung angeschafft, ohne dass eine ältere Holzheizung ersetzt wurde. Allerdings haben von den 299.000 Haushalten 12.000 dennoch eine Holzheizung stillgelegt. Von den verbleibenden 287.000 verfügen 208.000 Haushalte nur über eine Holzheizung. Demnach dürften diese sicher neue Holzheizer sein. Weitere 14.000 Haushalte wohnen in Gebäuden, die erst nach 2010 erbaut wurden und die deshalb ebenfalls neu hinzugekommene Holzheizer sein könnten.

Seit 2010 haben rund 262.000 eine Holzheizung stillgelegt, wovon rund 148.000 Haushalte keine Holzheizer mehr sind. Es sind also mindestens 60.000 Haushalte zu den Holzheizern hinzugekommen. Werden zu den 148.000 ausgeschiedenen Haushalten die mit Ersatzinvestitionen hinzugezählt, erhält man die Anzahl der außer Betrieb genommenen alten Holzheizungen. Aufgrund von Doppelnennungen (rund 51.000 Haushalte haben sowohl eine Ersatzinvestition und eine Stilllegung angegeben) reduziert sich die Zahl, die effektiv hinzugerechnet werden darf, auf

113.000. Somit ergibt sich eine Anzahl von mindestens¹² 375.000 alten Holzfeuerungen, die seit 2010 in Bayern stillgelegt wurden.

Bei den Haushalten, die eine Holzheizung stillgelegt haben, wurde weiter gefragt, ob diese Stilllegung wegen einer gesetzlichen Regelung geschah. Von den 264.000 Haushalten gaben rund 30 % oder 80.000 an, dass die Stilllegung aufgrund einer gesetzlichen Bestimmung geschah. Davon sind laut den Umfrageergebnissen rund 44.000 Haushalte weiterhin Holzheizer und 36.000 Haushalte keine Holzheizer mehr. Die Stilllegung aufgrund von gesetzlichen Regelungen kann als Auswirkung der Verschärfung der Grenzwerte für Emissionen durch die 1. Bundesimmissionsschutzverordnung interpretiert werden. Diese Zahlen geben aber nicht den gesamten Einfluss der gesetzlichen Bestimmungen an, denn rund 113.000 Haushalte haben eine Ersatzanschaffung getätigt ohne die Stilllegung extra zu erwähnen. Diese Haushalte gaben keine Auskunft darüber, ob der Ersatz der alten Holzheizung aufgrund gesetzlicher Bestimmungen geschah.

In den nächsten 5 Jahren wollen rund 167.000 Haushalte in eine neue Holzheizung investieren. Von diesen sind 133.000 bereits Holzheizer. Rund 115.000 planen durch die Neuanschaffung eine bestehende Holzheizung zu ersetzen und können somit zum Teil¹³ als die Auswirkungen der Verschärfung der Grenzwerte für Emissionen durch die 1. Bundesimmissionsschutzverordnung in der Zukunft interpretiert werden. Rund 18.000 wollen eine weitere Holzheizung anschaffen. Rund 35.000 Haushalte planen eine Holzheizung erstmals anzuschaffen und werden somit zu neuen Holzheizern.

Aktuelle Entwicklungen der Energieträger in Neubauten

In den Umfragen von 2014/15, 2016/17 und 2018/19 wurde auch nach dem Baujahr des Gebäudes gefragt, in dem der befragte Haushalt zurzeit lebt. Es wird angenommen, dass die Haushalte, die 1995 und später gebaut wurden, überwiegend die Originalheizung in Betrieb haben. So kann die Entwicklung des Anteils der holzheizenden Haushalte nachgebildet werden. Für diese Auswertung wurden die drei Umfragen zusammengefasst, um einen größeren Datensatz zu erhalten. Weil das Baujahr feststeht und Heizanlagen sehr langlebig sind, kann eine solche Auswertung erfolgen. In Abbildung 24 ist der Anteil der mit Holz beheizten Gebäude dargestellt, die im jeweiligen Zeitraum erbaut wurden. Seit 1995 sank der Anteil mit Holz beheizter Ein- und Zweifamilienhäuser kontinuierlich auf rund 36 %.

¹² Es wurde nicht gefragt, wie viele Anlagen im Haushalt stillgelegt wurden.

¹³ Einzelne Anlagen können auch ausgetauscht werden, weil sie defekt sind.

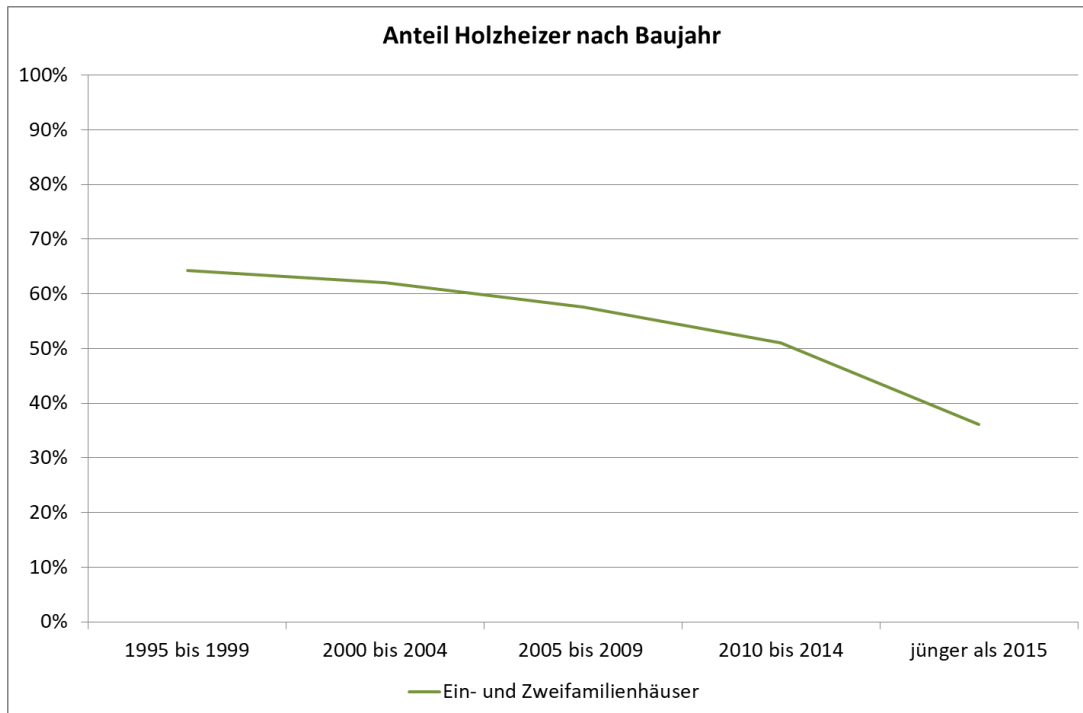


Abbildung 24: Anteil der mit Holz heizenden Ein- und Zweifamilienhäuser aus den Umfragen der Jahre 2014/15, 2016/17 und 2018/19. Zwischen 1995 und 1999 wurde in 64 % der Ein- und Zweifamilienhäuser eine mit Holz betriebene Zentral- oder Einzelraumfeuerung eingebaut. Dieser Anteil sank bei den Gebäuden, die jünger als 2015 sind, auf 36 %.

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 25). Seit 2012 stagnierte diese Zahl auf annähernd demselben Niveau und sank zuletzt auf nur noch 9 %. Da der Anteil der Holzzentralheizungen im Bestand laut unserer Umfrage bei knapp 3,6 % liegt, könnte von einem steigenden Anteil an Holzheizern ausgegangen werden. Allerdings steht dieser These entgegen, dass der Neubau von Wohngebäuden stark nachgelassen hat (Abbildung 26).

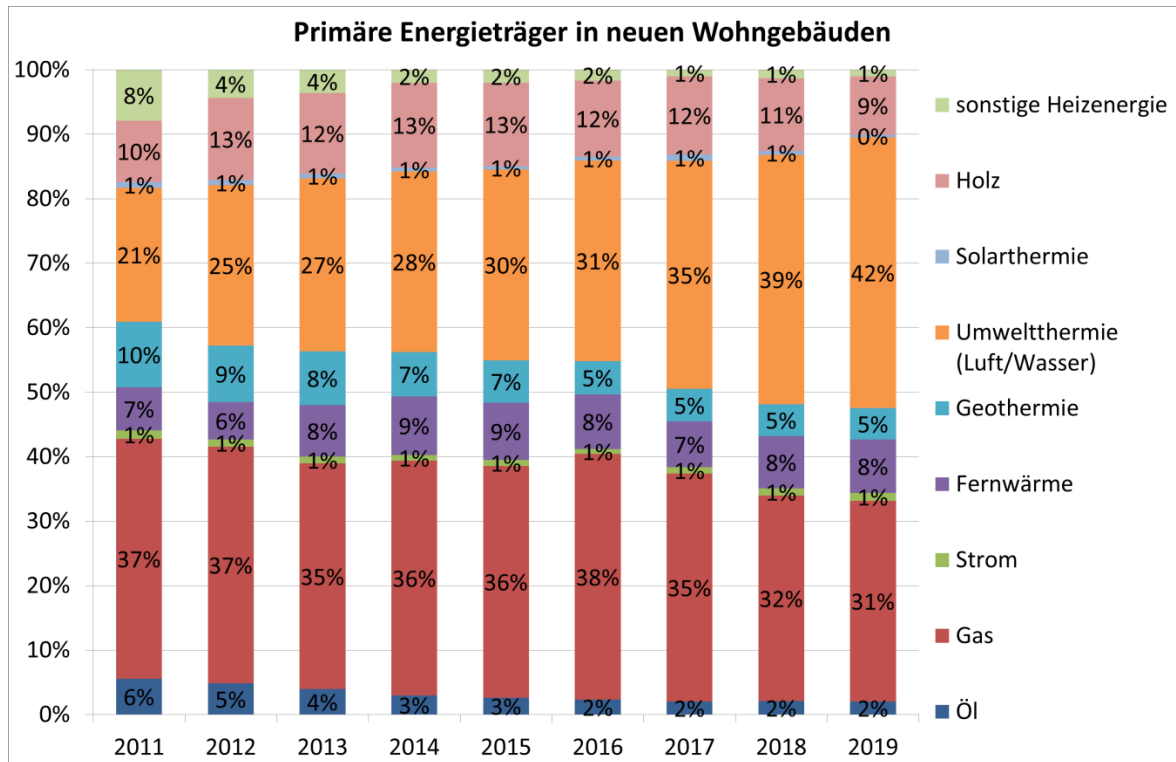


Abbildung 25: Primäre Energieträger in neugebauten Wohngebäuden in den Jahren 2011 bis 2019 in Bayern. Der Anteil von Holz als Energieträger bleibt nahezu konstant. Große Zuwächse gab es bei der Umweltthermie (Wärmepumpen). (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).

Nach dem Ende der Eigenheimzulage im Dezember 2005 fiel die Anzahl der neugebauten Wohngebäude stark ab. Den Rückgang dürfte Finanzkrise 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, stiegen aber 2017 umso stärker an. Bezieht man die Neubauten auf den Bestand an Wohngebäuden in Bayern, so wurden in den Jahren 2003 bis 2006 knapp jeweils 1 % des Bestandes neu gebaut. Seit 2007 schwankt die Quote um einen Mittelwert von 0,7 %. 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.

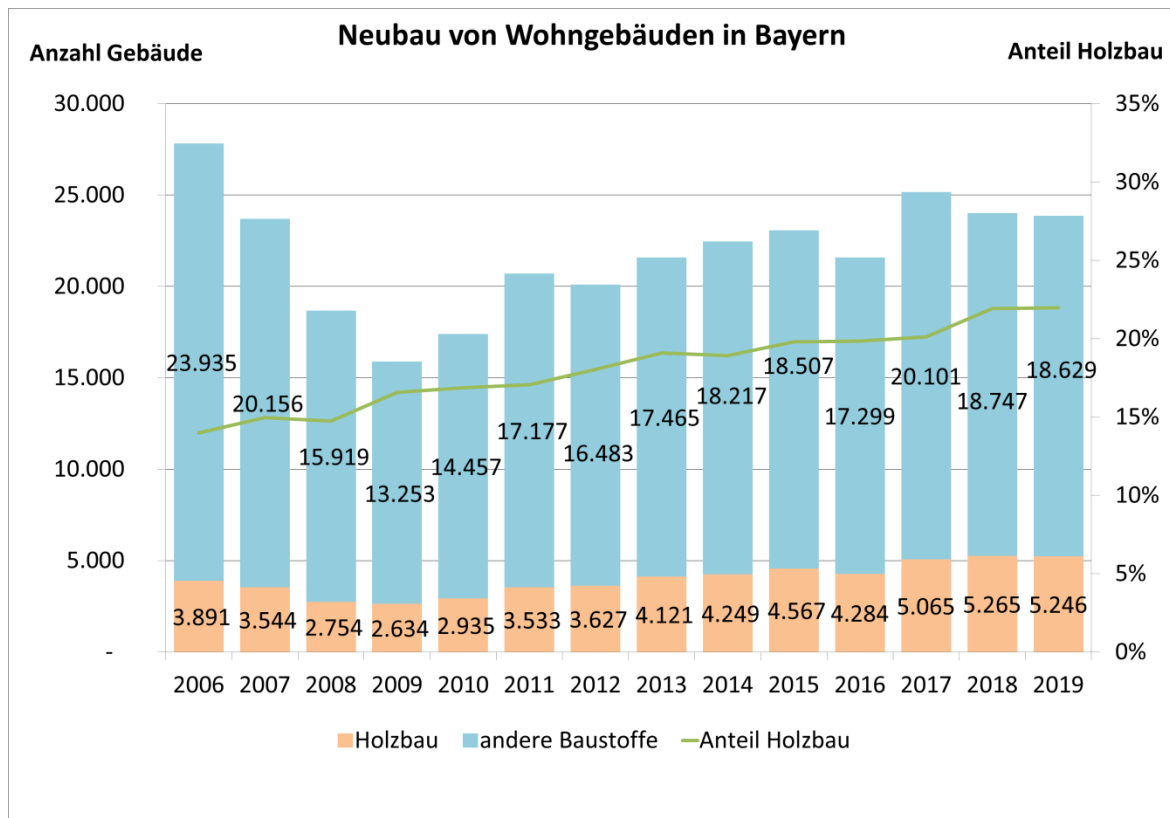


Abbildung 26: Anzahl der neugebauten Wohngebäude in Bayern der Jahre 2006 bis 2019. Aufgezeigt sind auch die Anzahl der aus Holz gebauten Gebäude und der Anteil des Holzbaus am Neubau von Wohngebäuden (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).

Seit dem Jahr 2011 erfasst das Bayerische Landesamt für Statistik zusätzlich die sekundären Energieträger in neugebauten Wohngebäuden (Abbildung 27). Hier konnte Holz seinen Anteil von 2012 bis 2015 um 9 % erhöhen. Seitdem ist ein leichter Rückgang zu verspüren, so dass im Jahr 2019 noch 29 % der neugebauten Gebäude mit einer sekundären Holzheizung ausgestattet wurden. Im Betrachtungszeitraum hat sich der Anteil der Wohngebäude mit einer Sekundär-Heizquelle von 40 % auf knapp 52 % erhöht.

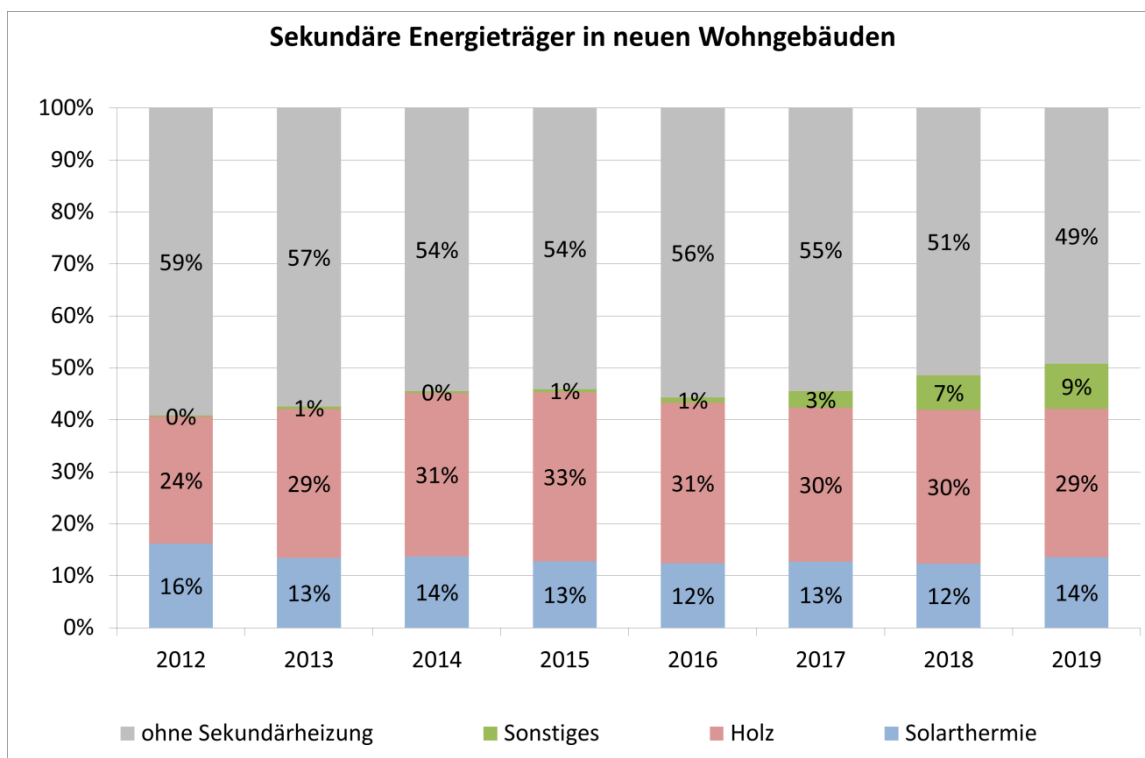


Abbildung 27: Sekundäre Energieträger in Wohngebäuden. Holz als Energieträger erreichte in diesem Segment einen starken Zuwachs. Holz wird hier in der Regel in Einzelraumfeuerungen eingesetzt. Nur wenige Haushalte bauen eine Zentralheizung als sekundäre Heizanlage ein. (Quelle: Bayerisches Landesamt 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 2019). Beispiel: Ist die Außentemperatur an einem Tag 5°C, dann werden $15^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = 10$ 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 2019). Die Daten für das Jahr 2019 wurden direkt beim Deutschen Wetterdienst abgerufen und die Heizgradtage selbst errechnet. Die Heizgradtage der einzelnen Wetterstationen haben eine Spanne von 1.951 Kelvin bis 3.503 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 2019 sind im Vergleich zum langjährigen Mittel der Periode in Abbildung 28 dargestellt. Auf den kältesten Winter 2005/06 folgte gleich der wärmste 2006/07. In den vergange-

nen sechs Jahren gab es fünf relativ warme Winter und nur der Winter 2016/17 erreichte den langjährigen Mittelwert der Heizgradtage.

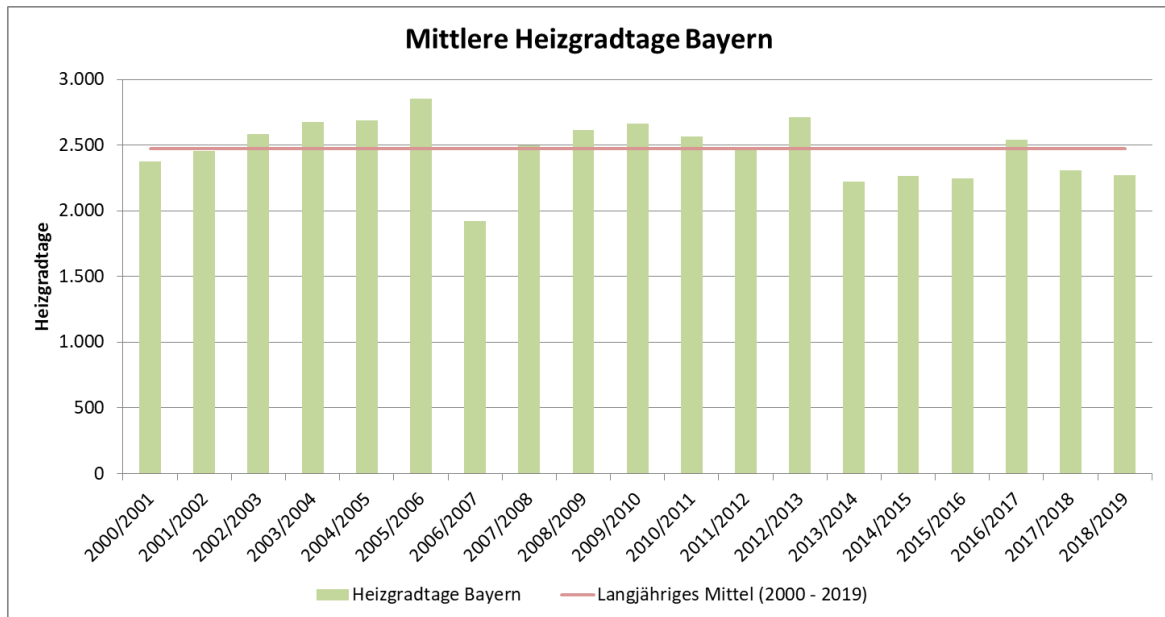


Abbildung 28: Die anhand der Bevölkerungsdichte gemittelten Heizgradtage (Erklärung siehe Text) in Bayern. Die rote Linie stellt den Mittelwert über die gesamte Betrachtungsperiode dar. Es fällt auf, dass seit dem Winter 2013/14 nur ein Winter den Periodenmittelwert erreicht und somit fünf der vergangenen sechs Winter als sehr milde bezeichnet werden müssen.

2.6.6 Diskussion

In den Ergebnissen der Umfragen gibt es immer wieder Datenlücken, weil die befragte Person eine Antwort nicht kannte. Es gibt mehrere Möglichkeiten, mit fehlenden Werten umzugehen; unter anderem können Datensätze mit fehlenden Werten von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden oder sie können mit Schätzwerten (bspw. Mittelwert oder Median) aufgefüllt werden (PÜTZ 2010). Bei der Neuauswertung der Daten wurden beide Verfahren je nach dem Gegenstand der Betrachtung angewandt. Die Holzverbräuche wurden zum Beispiel geschätzt, aber wenn Baujahr oder die mit Holz beheizte Fläche gefehlt hat, wurden die Datensätze ausgeschlossen.

Bei fehlenden Verbrauchsangaben von Energieholz der Haushalte wurde angenommen, dass die fehlenden Angaben nicht systematisch¹⁴ sind, weil die Volumenangaben (FM, Ster, Srm) für viele Menschen verwirrend sind und es unserer Ansicht nach keine emotionalen Hemmschwellen bei der Beantwortung gibt, wie zum Beispiel wenn jemand ein sehr hohes oder ein sehr niedriges Einkommen angeben soll. Deswegen wurden fehlende Verbrauchswerte mit Mittelwerten aufgefüllt. Dabei wurden die Datensätze in Gruppen eingeteilt und mit ähnlichen Gruppen, die Angaben gemacht hatten, verglichen. So wurden zum Beispiel Haushalte, die eine Zentralheizung mit Holz beheizen, nicht mit Einzelraumfeuerungen verglichen, sondern mit den

¹⁴ Systematisch sind Antwortausfälle, wenn beispielsweise ab einer bestimmten Gehaltshöhe die Antwortausfälle zunehmen.

Haushalten, die auch eine Zentralheizung nutzen und Angaben zum Holzverbrauch gemacht haben. Der Energieholzverbrauch 2018/19 ist im Vergleich zu den Zahlen die im Bericht zum Energieholzmarkt 2016 (GÖRWEIN ET AL. 2018) veröffentlicht wurden um rund 8,5 % gestiegen. Dieser Anstieg beruht allerdings auf unterschiedlichen Berechnungsweisen. Im Bericht zum Energieholzmarkt 2016 wurden fehlende Angaben zu den Energieholzverbräuchen von Haushalten nicht durch Durchschnittswerte ersetzt. Dadurch wurden die Verbräuche im Ganzen zu niedrig eingeschätzt. Bei gleicher Berechnungsweise hätten sich 2016/17 höhere Verbrauchsmengen und 2018/19 ein Rückgang um 12,2 % ergeben. Der Witterungsverlauf scheint dem Recht zu geben, denn die Heizgradtage gingen im selben Zeitraum um 10,5 % zurück.

Bei der Auswertung des Energieholzverbrauchs pro Fläche wurden Datensätze, die keine Angaben zur mit Holz beheizten Fläche gemacht haben, dagegen von der Analyse ausgeschlossen. Da das Ergebnis ein Mittelwert ist und kein hochgerechneter absoluter Wert ist, ist der Einfluss der fehlenden Werte eher gering. Weiterhin sind gerade bei den mit Holz beheizten Flächen große Schwankungen vorhanden, die auch nicht vollständig, durch die Anzahl von zusätzlich beheizten Gebäuden erklärt werden können.

Eine weitere methodische Verbesserung gegenüber GÖRWEIN ET AL. (2018) wurde bei der Neugewichtung der Zentralheizungen erreicht. Bei der Gewichtung der Umfrage vom Winter 2016/17 wurde nur die Gesamtzahl der Zentralheizungen an die Zahlen des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks angepasst. Dadurch ergaben sich bei den einzelnen Anlagentypen Scheitholz-, Pellets- und Hackschnitzelkessel Abweichungen vom tatsächlichen Wert. Dieser Abweichungen wurden im vorliegenden Bericht bereinigt und die Kesselzahlen der einzelnen Anlagentypen an die Zahlen des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks angepasst.

Ziel dieser Anpassung war, den Verbrauch in den einzelnen Sortimenten besser berechnen zu können, so dass insbesondere bei Pellets und Hackschnitzel der Verbrauch nicht mehr über die geschätzte, vorhandene installierte Leistung berechnet werden musste. Es zeigt sich allerdings, dass – außer beim Scheitholz – alle anderen Sortimente sehr hohen, nicht erklärbaren Schwankungen unterliegen. Der Verbrauch schwankt nicht so, wie es die Entwicklung der Heizgradtage in Bayern erwarten lassen würde (Tabelle 24).

Tabelle 24: Entwicklung der Heizgradtage im Vergleich zu den einzelnen Brennholzsortimenten. Lediglich der Scheitholz und der Gesamtverbrauch folgen den Heizgradtagen, wenn auch die Änderung im Verbrauch stärker ist.

| | Änderung von 2014 zu 2016 | Änderung von 2016 zu 2018 |
|------------------------|--|--|
| Heizgradtage | 12,1% | -10,5% |
| Scheitholz | 33,3% | -18,6% |
| Altholz | -15,4% | 18,9% |
| Pellets | 15,9% | 23,0% |
| Briketts | -1,5% | 31,7% |
| Hackschnitzel | -25,3% | 4,4% |
| Gesamtverbrauch | 23,3% | -12,2% |

Die Richtung der Veränderung beim Verbrauch von Scheitholz und – wegen des hohen Scheitholzanteils – beim Gesamtverbrauch von Energieholz stimmen mit der Richtung der Änderung

der Witterung überein. Allerdings sind die Ausschläge beim Verbrauch stets größer als bei der Witterung. Die Richtung des Verbrauchs von Altholz, Briketts und Hackschnitzel schlägt der Witterung entgegengesetzt aus. Der Verbrauch an Pellets nimmt in beiden Perioden zu.

Auch in Verbindung mit der veränderten Anlagenzahl können die Schwankungen nicht erklärt werden. Allerdings nutzen nur sehr wenige Haushalte die jeweiligen Sortimente. Pellets und Briketts werden von 2,5 %, Altholz 2,3 % und Hackschnitzel nur 0,4 % der Haushalte verbrannt. Wird der Verbrauch der Sortimente nach Anlagentyp betrachtet, fällt auf dass gerade die Zentralheizungen sehr weit streuen. Bei den Einzelraumfeuerungen stimmen die Schwankungen im Verbrauch allerdings sehr gut mit dem erwarteten Wert, der aus Witterungsänderung und Veränderung der Anlagenzahl resultiert, überein. Allerdings nutzten 29,2 % der Haushalte Einzelraumfeuerungen und nur 3,8 % der Haushalte Zentralheizungen. Es ist aber zu beachten, dass es neben der Witterung des Winters und der Veränderung der Anlagenzahl noch weitere Einflussgröße auf den Verbrauch gibt. Das individuelle Nutzungsverhalten der Bewohner hat ebenfalls einen Einfluss und erzeugt typischerweise eine Streuung des Verbrauchs von 50 % in gleichartigen Wohnungen (LOGA ET AL. 2003). Demnach sind wahrscheinlich die Fallzahlen für die Zentralheizungen und für alle Sortimente außer Scheitholz in der Umfrage so klein, dass Individuelle Einflüsse auf den Verbrauch nicht ausreichend gepuffert werden können.

Tabelle 25: Vergleich der Erwartung mit den Verbrauchsänderungen bei den einzelnen Heizungsanlagen und Sortimenten. Der Verbrauch für die Einzelraumfeuerungen folgt dem Erwartungswert sehr eng, dort sind auch mit 29,2% der Befragten bei weitem die meisten Datensätze vorhanden. Der Verbrauch der Zentralheizungen weicht dagegen stark vom Erwartungswert ab.

| | | Änderung von 2014 zu 2016 | Änderung von 2016 zu 2018 |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Einzelraumfeuerung | Erwartung ¹⁵ | 25,1% | -11,7% |
| | Verbrauch | 20,6% | -13,8% |
| Zentralheizungen | | | |
| Scheitholz | Erwartung | 14,2% | -29,3% |
| | Verbrauch | 71,8% | -29,4% |
| Pellets | Erwartung | 36,1% | -5,9% |
| | Verbrauch | -17,9% | 52,0% |
| Hackschnitzel | Erwartung | 24,0% | -2,1% |
| | Verbrauch | -15,5% | 7,5% |
| Zentralheizung Gesamt | Erwartung | 19,9% | -21,0% |
| | Verbrauch | 28,6% | -9,0% |

Die Anzahl der Haushalte hat sich in Bayern im betrachteten Zeitraum stets erhöht, wodurch der Gesamtverbrauch aufgrund der Hochrechnungsmethode tendenziell zunimmt. Von 2014 zu

¹⁵ Die Formel für den erwarteten Wert lautet: $(1 * (1 + \text{Änderung Heizgradtage in \%}) * (1 + \text{Änderung jeweilige Anlagenzahl}) / 1) - 1$

2016 ergibt sich ein Wachstum der Anzahl der Haushalte in Bayern von 2,2 % und von 2016 zu 2018 von rund 1,5 %. Somit wäre zu erwarten, dass die Veränderung des Verbrauches von 2016/17 zu 2018/19 etwas geringer als die Veränderung der Heizgradtage ausfällt. Ein weiterer Faktor, der den Verbrauch von Energieholz beeinflusst, ist die beheizte Fläche. Die durchschnittlich mit Holz beheizte Fläche hat von 2014/15 zu 2016/17 um 4,9 %¹⁶ zugenommen und dann zu 2018/19 um 2,5 % abgenommen. Da diese Entwicklung mit der der Heizgradtage gleichgerichtet ist, wird eine überproportionale Änderung erwartet. In der Tabelle 26 sind die beschriebenen Einflüsse zusammengefasst. Die Differenz zur Änderung des Gesamtverbrauches wird von 2014/15 zu 2016/17 bis auf 3,0 %-Punkte erklärt und weiterhin zu 2018/19 bis auf die Differenz von 0,7 %-Punkte. Deswegen können die Verbrauchsänderungen an Energieholz in Bezug auf die Änderung der Heizgradtage, Haushaltszahl und der beheizten Fläche als plausibel betrachtet werden.

Auch wenn die Änderungen im Verbrauch von Pellets und Hackschnitzeln aus den Umfragen nicht mit der Änderung der Witterung korrelieren, wurde dennoch die Hochrechnung aus der geschätzten, installierten Leistung verworfen und die Hochrechnung über die Verbräuche aus der Umfrage durchgeführt. Die Gründe hierfür sind: Beim Sortiment Pellets ist die Zunahme in beiden Perioden plausibel, da dort viele Anlagen hinzugebaut wurden. Zudem muss berücksichtigt werden, dass – außer beim Scheitholz – alle anderen Sortimente in sehr wenigen Anlagen verwertet werden. Hier fällt die selbst bei gleichartigen Wohnungen große Streuung des Verbrauchs durch verschiedene Bewohner demnach stärker ins Gewicht und kann größere Schwankungen durchaus hervorrufen.

Die Witterung hätte zudem im alten Verfahren auch nur über eine Schätzung berücksichtigt werden können, weitere Einflussfaktoren wie Flächengröße dagegen eher nicht.

Tabelle 26: Zusammenfassung der Einflussgrößen auf den Verbrauch von Energieholz. Somit wird die Veränderung von 2014/15 zu 2016/17 bis auf einen kleinen Rest von 4,0 %-Punkten und die Veränderung zu 2018/19 bis auf 0,6 %-Punkte gut erklärt.

| Veränderung | Änderung von 2014 zu 2016 | Änderung von 2016 zu 2018 |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Heizgradtage | 12,1% | -10,5% |
| Haushalte | 2,2% | 1,5% |
| beheizte Fläche | 4,9% | -2,5% |
| Erwartung¹⁷ | 20,3% | -11,5% |

In der Umfrage gaben hochgerechnet knapp 148.000 Haushalte an, eine Holzheizung seit 2010 stillgelegt zu haben und nun kein Holzheizer mehr zu sein. Im gleichen Zeitraum haben 287.000 Haushalte erstmals eine Holzheizung angeschafft. In Summe kann damit im Zeitraum von 2010 bis 2018 von einer Zunahme der Holzheizenden Haushalte um rund 139.000 ausgegangen werden. Die neueren Zahlen zu den Heizungstypen des Bundesverbandes der Kaminkehrer lässt

¹⁶ Fehlende Werte bei der beheizten Fläche konnten hier nicht berücksichtigt werden und könnten das Ergebnis leicht verändern.

¹⁷ Die Formel für den erwarteten Wert lautet:

$(1 * (1 + \text{Änderung Heizgradtage in \%}) * (1 + \text{Änderung Haushaltsanzahl}) * (1 + \text{Änderung beheizte Fläche})) / 1 - 1$

allerdings darauf schließen, dass dieser Zuwachs eher bis 2014 stattfand, im weiteren Verlauf bis 2016 kein Zuwachs stattfand und dann bis 2018 sogar ein leichter Rückgang zu verzeichnen war. Mit nur rund 35.000 Haushalten ist die Zahl derer, die keine Holzheizung besitzen und sich eine anschaffen wollen, sehr gering. Seit 2019 müssen die Zentralheizungen, die von 1995 bis 2004 errichtet wurden die verschärften Anforderungen der 1. BImSchV einhalten, wobei die Schornsteinfeger, die Anlagen im zweijährigen Rhythmus überprüfen; somit waren zum Zeitpunkt der Umfrage sicherlich noch nicht alle Auswirkungen dieser Verschärfungen im Bewusstsein der Haushalte. Es muss also mit einem weiteren Rückgang der Holzheizer gerechnet werden. Auswirkungen vom neuen „Klimaschutzpaket 2030“ der deutschen Bundesregierung¹⁸ können hier noch nicht berücksichtigt werden.

Scheitholz als wichtigstes Sortiment wird zum großen Teil aus dem Wald gewonnen. Nach den Ergebnissen der Holzeinschlagsstatistik wurde 2018 eine Menge von 4,35 Mio. Efm mit Rinde in den bayerischen Wäldern eingeschlagen. Verbraucht wurden in Bayern rund 6,09 Mio. Efm mit Rinde Scheitholz aus dem Wald. Damit ergibt sich ein Saldo von 1,74 Mio. Efm mit Rinde. Weitere Bezugsquellen für Brennholz sind andere Bundesländer und das Ausland. Der Binnenhandel wird statistisch nicht erfasst und aus dem Außenhandel lässt sich über Brennholz keine gesicherte Aussagen ableiten (siehe Kapitel 0). Weiterhin kann für das Jahr 2018 angenommen werden, dass ein Teil des Käferholzes, wenn es nicht verkauft werden konnte oder die Preise zu schlecht waren, trotz dass es als Stammholz ausgehalten wurde, schließlich im Brennholz landete. Nach der dritten Bundeswaldinventur gab es Anpassungen bei der Holzeinschlaghebung (siehe Kapitel 3.4), dennoch könnte es weiterhin eine leichte Untererfassung geben. Auf der anderen Seite kann auch der Verbrauch überschätzt sein. Für die Haushalte ist es schwierig, den Energieholzverbrauch richtig einzuschätzen. Es ist nicht auszuschließen, dass dieser systematisch überschätzt wird. Der Durchschnittsverbrauch je Haushalt von 4,2 Fm ist allerdings nahezu identisch mit dem Verbrauch (4,3 Fm), den auch Döring et al. (2020) bei ihrer Umfrage zum Energieholzverbrauch in den privaten Haushalten für ganz Deutschland ermittelt haben. Durch das Zusammenwirken der verschiedenen Effekte wird sich der Saldo zwischen Aufkommen und Verbrauch schließen, der einzelne Anteil eines Faktors kann aber nicht abgeschätzt werden.

Die Förderung für Holzessel hat sich seit 2016 ebenfalls geändert. Von 2016 bis einschließlich 2019 wurden Holzheizungen vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrollen mittels einer Festbetragsfinanzierung, die für jede Heizungskombination einen von den Kosten unabhängig, festgelegten Betrag vorsah, gefördert. Ab 2020 beträgt die Förderung 35 % der förderfähigen Kosten für Pellet- und Hackschnitzelheizungen, Pelletöfen mit Wassertasche, Kombikessel für Pellets bzw. Hackschnitzel und Scheitholz und Holzvergaserkessel. Wird eine alte Ölheizung ausgetauscht, dann erhöht sich der Förderanteil auf 45 % (BAFA 2020). In Bayern wurden Biomassekessel über das 10.000 Häuserprogramm gefördert, allerdings wurde die Förderung nach vollständiger Ausschöpfung des Antragskontingents zum 27.01.2020¹⁹ eingestellt. Neue Förderpunkte werden zurzeit erarbeitet.

¹⁸ vgl. BUNDESREGIERUNG (2019)

¹⁹ Der Hinweis über die Einstellung der Förderung findet sich auf der Seite www.energieatlas.bayern.de

2.6.7 Fazit und Trends

Der Energieholzverbrauch in den privaten Haushalten war in der Heizperiode 2018/2019 um 12 % geringer als in der Heizperiode 2016/2017, wenn in beiden Fällen auf die gleiche Weise hochgerechnet wird. Diese Abnahme kann vor allem auf die Witterung zurückgeführt werden, aber auch ein Rückgang der beheizten Fläche wirkt verstärkend. Weitere verbrauchmindernde Effekte sind die bessere Effizienz der in den vergangenen Jahren neu angeschafften Anlagen sowie der höhere Dämmstandard zumindest bei den Neubauten.

Von 2010 bis 2014 war mit einer leicht steigenden Anzahl an Holzheizungen in Bayern zu rechnen. Dieser Trend hat sich dann in der Folge bis 2018 umgekehrt, so dass die Anzahl der Holzheizer in Bayern leicht abgenommen hat. Die geringe Anzahl der in der nächsten Zukunft geplanten Holzheizungen, lässt vermuten, dass hier mehr Holzheizungen stillgelegt als neu angeschafft werden. Die Holzheizungen nahmen unter den Gegebenheiten bis 2018 langsam ab, dieser Trend könnte durch die kürzlich geänderte Förderung zusammen mit der künftigen CO₂ Bepreisung gedreht werden.

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.

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 steht 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 kWth und 3 MWth, 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 Anlagen > 50 kW (Nichthaushalte) ist somit sehr heterogen, daher verfolgt der Bericht 2018, wie bereits der Vorbericht 2016, den Ansatz, die Brennstoffverbräuche getrennt für die stromerzeugenden Anlagen (Biomasse(heiz)kraftwerke) und für die reinen Wärmeerzeuger > 50 kW auszuweisen (GÖßWEIN ET AL. 2018). Letztere Gruppe erfährt in Anlehnung an die Regelungen des deutschen BImSchG²⁰ nochmals eine Differenzierung in Wärmeerzeuger < 1 MW und in Wärmeerzeuger > 1 MW Feuerungswärmeleistung.

2.7.1 Methodik

Der Energieholzmarktbericht 2018 ordnet Kleinf Feuerungsanlagen bis zu einer Nennwärmeleistung von 50 kW der Verbrauchergruppe „Privathaushalte“ zu. Deren Energieholzbedarf wird in Kapitel 2.6 beschrieben. Die Verbrauchergruppe der Holzfeuerungen größer 50 kW, in der Holzbilanz als mittlere und große Feuerungsanlagen bezeichnet, werden innerhalb dieses Fachkapitels weiter aufgeschlüsselt. So erfolgt eine Dreigliederung 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

²⁰ Bundes-Immissionsschutzgesetz

- Stromerzeugende Anlagen inkl. Holzvergaser, zukünftig als „Biomasse(heiz)kraftwerke“ bezeichnet

Insbesondere im Leistungsbereich größer 100 kW ist davon auszugehen, dass die Feuerungsanlagen ausschließlich in den Bereichen Kommune, Gewerbe, Handel und Dienstleistung sowie in der Industrie also in Nichthaushalten anzutreffen sind. Im Leistungsbereich unter 100 kW ist eine gewisse Unschärfe zwischen den Verbrauchergruppen Privathaushalte und Nichthaushalte durch, die in dieser Studie gewählte, absolute Leistungsgrenze bei 50 kW gegeben. Zum einen können in Privathaushalten auch Kessel größer 50 kW installiert sein, zum anderen gibt es beispielsweise auch kommunale Liegenschaften wie Kindergärten, deren Heizlast kleiner als 50 kW ist. DÖRING ET AL (2018B) nähert sich dieser Problematik in seinem gesamtdeutschen Rohstoffmonitoringbericht für Holz an, indem er anhand von Veröffentlichungen des Informationsportals Biomasseatlas (www.biomasseatlas.de) eine Zuordnung des Anlagenbestandes kleiner 100 kW zu Privathaushalten und Nichthaushalten durchführt. Dieses Portal weist die Antragsteller im Marktanreizprogramm für Wärme aus Erneuerbaren Energien (MAP) bestimmten Wirtschaftszweigen zu. Da die für den bayerischen Bericht gewählte Methode keine Erfassungslücken aufweist und der Fehler der Abgrenzung für die Ermittlung des gesamten Energieholzbedarfes in Bayern nicht relevant ist, wird hier aus Gründen der Vereinfachung auf eine weitere Differenzierung in Anlehnung an den Biomasseatlas verzichtet.

Anlagenbestand Wärmeerzeuger < 1 MW

Wie bereits im Jahr 2016 konnte auch 2018 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 immissionschutzrechtlich 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 2018 in Bayern rund 17.200 holzbefeuerte Zentralheizkessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung zwischen 51 kW und 900 kW (ZIV 2019). Die 900 kW Nennwärmeleistung entsprechen dabei einer Feuerungswärmeleistung von 1.000 kW (Annahme: Wirkungsgrad 90 %) (ZIV 2019), die nach dem BImSchG als Grenze für die Genehmigungsbedürftigkeit von Holzfeuerungen gelten. Mit der Anlagenstatistik 2018 stellt der ZIV erstmals eine Aufgliederung der bisher sehr weit gefassten Leistungsklasse 51 bis 900 kW zur Verfügung und zwar wird diese nun unterteilt in die drei Leistungsgruppen 51 bis 100 kW, 101 bis 500 kW und 501 bis 900 kW. Diese im Vergleich zu früheren Erhebungen genauere Statistik bildet die Grundlage für die Hochrechnung sowohl der installierten Leistung²¹ als auch gekoppelt mit den Ergebnissen der Verbrauchererhebung für die Hochrechnung des Energieholzbedarfes der Wärmeerzeuger < 1 MW im Jahr 2018.

Anlagenbestand Wärmeerzeuger > 1 MW

Die Markterhebung 2018 im großen Leistungsbereich basiert auf einer Datenbank, die mittels der Erkenntnisse aus vorangegangenen Untersuchungsjahren stetig fortgeschrieben wurde. Sie

²¹ Innerhalb der Leistungsgruppen 101 bis 500 kW und 501 bis 900 kW wird eine Linksverteilung angenommen gemäß den Ergebnissen des Forschungsprojekts „Kleinf Feuerungsanlagen in Deutschland – Kehrbucherhebung mit dem Kaminkehrerhandwerk“ des Deutschen Biomasseforschungszentrum in Leipzig (DBFZ), die den Autoren im Jahr 2017 zur Erstellung des Energieholzmarktberichts 2016 zur Verfügung gestellt wurden. Ausgewertet wurden Kehrbuchauszüge von 219 bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeuern in Bayern (RÖNSCH 2017).

beinhaltet sowohl die Standorte der Heizanlagen und deren Betreiber als auch die installierte thermische Leistung. Ergänzt wurden die Bestandsdaten um Informationen aus Veröffentlichungen im Internet und der einschlägigen Fachzeitschriften, die über die Inbetriebnahme von großen Holzfeuerungen oder aber auch über eventuelle Veränderungen bei der einzelbetrieblichen Wärmeversorgung berichteten. Letztendlich verifiziert werden konnte der erfasste Anlagenbestand über eine Liste²² von Feuerungsanlagen, die das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) Ende Oktober 2019 zusammengestellt hat (LfU 2019B). Sie umfasst alle im Sinne des Bundes-Immissionsschutzrechts genehmigungsbedürftigen Holzfeuerungsanlagen, deren biomassebasierte Gesamtfeuerungswärmeleistung an einem Standort mehr als 1 MW beträgt und die gemäß 4. BImSchV im Jahr 2016 verpflichtet waren, eine Emissionserklärung abzugeben. Darüber hinaus hat sich die Fachstelle des LfU darum bemüht, Standortänderungen seit 2016, soweit sie als Standort mit Holzfeuerungen zu identifizieren waren, aus der behördeninternen ISA-B Datenbank²³ mit in die Liste aufzunehmen. Im Vergleich zu 2016 ergab sich nach Abgleich aller Informationsquellen eine Bestandsmehrung um 16 Anlagen. Es ist bekannt, dass vier dieser Anlagen im Jahr 2018 in Betrieb gingen, weitere vier gingen vor 2017 in Betrieb. Von acht dieser Anlagen ist das genaue Jahr der Inbetriebnahme nicht bekannt.

Holzheizwerke über 1 MW dürften daher mit einem sehr hohen Deckungsgrad in der Markterhebung berücksichtigt 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 doch 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 2019, AMPRION 2019) herangezogen. Weitere Datenquellen waren das EEG-Anlagenstammdatenregister und das Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur. Auch wenn das Marktstammdatenregister sich während der Projektlaufzeit noch im Aufbau befand und noch bei weitem nicht alle EEG-Anlagen von den Betreibern eingetragen wurden, so konnte dennoch der eine oder andere Holzvergaser auch über dieses Portal verortet werden (BUNDESNETZAGENTUR 2019).

Es ist davon auszugehen, dass der Bestand der Ende 2018 in Betrieb befindlichen Biomasse(heiz)kraftwerke mit Dampf- oder ORC-Technik vollständig in der Adressdatenbank erfasst ist. Auch liegen zu einer Vielzahl von Holzvergasern die Standortdaten durch oben genannte Quellen, Referenzlisten der Hersteller und 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 nur auf die ersten drei Ziffern verkürzt dargestellt. Um dennoch die Gesamtzahl der Holzvergassungsanlagen sowie deren installierte Leistung in Bayern abbilden zu können, wurden

²² Die Liste wurde anonymisiert zur Verfügung gestellt. Aus Datenschutzgründen erfolgte keine Listung des Betreibernamens und der Straße mit Hausnummer. Anhand der Postleitzahl und der installierten Leistung war jedoch ein vollständiger Abgleich mit der internen Datenbank möglich.

²³ behördeninterne Datenbank „Informationssystem immissionsschutzrechtlich relevanter Anlagen in Bayern“ (ISA-B)

deshalb die einschlägigen Hersteller hinsichtlich ihrer Verkaufszahlen schriftlich oder mündlich befragt (SPANNER 2019, BURKHARDT 2019, WEGSCHEID 2019, FRÖLING 2019, HARGASSNER 2019) und mit dem bekannten Anlagenbestand verschnitten.

Verbrauchserhebung

Zur Vorbereitung der Verbrauchserhebung mittels Fragebogenversand wurde die bei C.A.R.M.E.N. e.V. geführte Adressdatenbank über mittlere und große Feuerungsanlagen, wie vorab beschrieben, auf Aktualität überprüft und über Internet- und Telefonrecherche ergänzt. 1.209 Standorte konnten mit Betreiberadresse identifiziert werden. Dabei lagen von einer Reihe von mittleren und großen Biomasseheiz(kraft)werken²⁴, 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 2018 vor. Von Heizwerken, die in den vergangenen vier Jahren im Förderprogramm BioKlima²⁵ 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 2018 nicht erneut angeschrieben.

Mitte Juli 2019 wurden daher lediglich die 952 Betreiber von mittleren und großen Feuerungsanlagen schriftlich befragt, von denen keine Daten vorlagen. Dabei handelte es sich um eine Wiederholungstudie aus dem Jahr 2016, wofür ein zweiseitiger Fragebogen postalisch versendet wurde. Abgefragt wurden die erzeugten Energiemengen im Strom- und Wärmebereich, der Brennstoffverbrauch, die eingesetzten Brennstoffsortimente, die Art der Wärmeerzeugung und bei den (Heiz)kraftwerken zusätzliche Angaben z.B. zum Eigenstrombedarf. Um die Rücklaufquoten zu erhöhen, folgten im September und Oktober 2019 schriftliche Erinnerungen und telefonische Nachfragen. Zurückgesendet wurden 210 auswertbare Fragebögen, wobei die Häufigkeit der Rückläufe je nach Anlagentyp stark variiert (siehe Abbildung 29). So wurde bei Biomasseheizkraftwerken, die mit Dampf Strom erzeugen, eine Rücklaufquote von 57 % und bei Heizkraftwerken mit ORC-Technik eine Quote von 53 % erreicht. Hingegen belief sich der Rücklauf bei Holzvergasungsanlagen auf nur 7 %. Bei den reinen Wärmeerzeugern < 1 MW gaben 20 % des befragten Adressbestandes Auskunft zum Brennstoffeinsatz, der Rücklauf bei den Betreibern von Anlagen > 1 MW lag bei 33 %.

²⁴ C.A.R.M.E.N. e.V. lagen zur Auswertung 108 detaillierte Jahresberichte über das Betriebsjahr 2018 von Heiz(kraft)werken vor.

²⁵ BioKlima: Förderprogramm zur Errichtung von Biomasseheizwerken und zur Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen

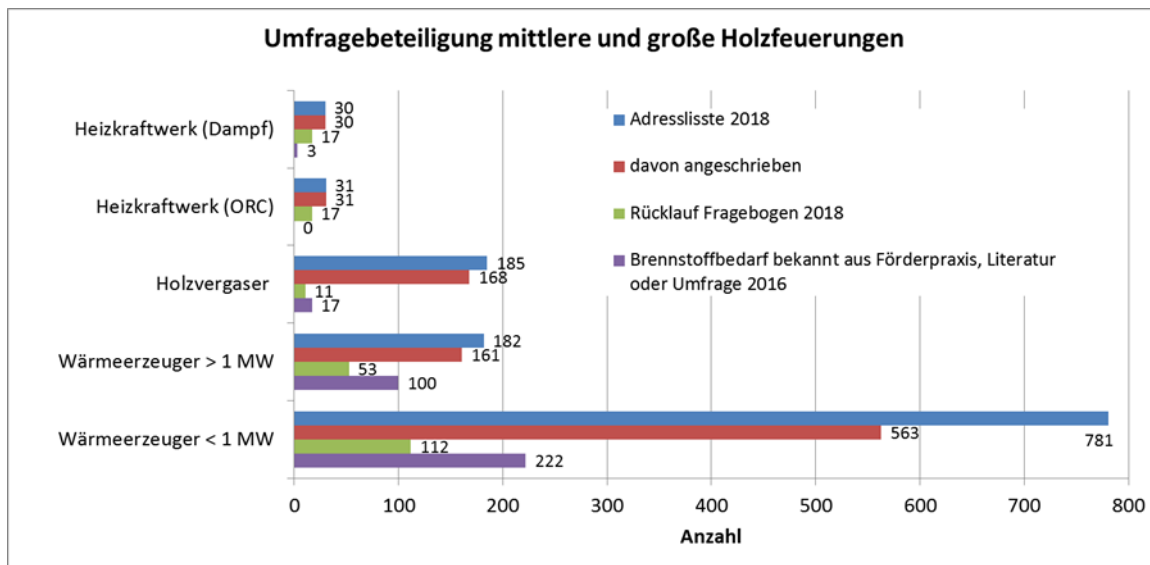


Abbildung 29: Anzahl der mit Standort bekannten Biomasseheiz(kraft)werke, der schriftlich befragten Anlagen, sowie die Befragungsbeteiligung jeweils nach Anlagenart.

Zusätzlich zu den Fragebogenrückläufen 2018 konnte die Datenbasis für die 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 2018 keine Zahlen lieferten, aber 2016 an der Umfrage teilgenommen haben, wurden mit den Daten aus 2016 übernommen. Insgesamt konnten daher die Energieholzverbräuche von 46 % der in der Adressdatenbank geführten Anlagen ermittelt werden und bilden die Grundlage für die Ableitung des Verbrauchs des Gesamtbestandes.

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 2018 erzeugten Strommenge hochgerechnet. Letztere konnte den Stamm- und Bewegungsdaten der für Bayern zuständigen Übertragungsnetzbetreiber entnommen werden (TENNET 2019, AMPRION 2019). 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 Holzvergäsungsanlagen beruht auf einer Annahme von mittleren Volllaststunden der Anlagen²⁶ und einem Brennstoffbedarf je erzeugter MWh, 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 erfolgt sein. Sofern die eingesetzten Brennstoffsportimente aufgrund von Literaturquellen oder aufgrund der EEG-Vergütungsklassen abgeschätzt werden konnten, wur-

²⁶ Die Auswertung der eingespeisten EEG-Strommengen und die Umfrageergebnissen weisen im Mittel 6.900 Volllaststunden auf. Bei Anlagen, die ab dem Jahr 2014 in Betrieb gingen, wurde die erzeugte Strommenge aus den Bewegungsdaten zuzüglich einer Eigenverbrauchsquote von 13% errechnet. Die Eigenverbrauchsquote wurde von den Berichtsdaten geförderter Holzvergaser des Jahres 2018 abgeleitet (SCHÖBERL 2019).

de 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 (2.950 Vbh) auf den mit Leistungsdaten hinterlegten Anlagenbestand hochgerechnet²⁷. Zur individuellen Festlegung der Anteile der eingesetzten Energieholzsortimente konnten zum Teil Informationen aus der Befragung der Landratsämter aus dem Jahr 2015 herangezogen werden. Lagen keine Hinweise vor, so erfolgte die Aufteilung anhand von Mittelwerten aus der Umfrage.

Mit einer Anlagenzahl von rund 17.200 Wärmeerzeugern < 1 MW stellen die mittleren Holzfeuerungen die größte Verbrauchsgruppe außerhalb der Haushalte dar. Die Adressdatenbank umfasst lediglich 664 Standorte dieser Verbrauchsgruppe. Zudem handelt es sich bei den bekannten Standorten nahezu ausschließlich um Anlagen mit einer Nennwärmeleistung größer 100 kW bei einer mittleren Nennwärmeleistung der Holzfeuerungen von 432 kW, während die Leistungsverteilung der Kaminkehrerstatistik²⁸ eine durchschnittliche Leistung von 140 kW vermuten lässt. Verschneidet man die Anzahl²⁹ der Anlagen in der Leistungsklasse 501 kW bis 1000 kW gemäß der Kaminkehrerstatistik mit den Rücklaufquoten aus der Umfrage, so konnten 25 % des gesamten Anlagenbestandes mit Brennstoffverbräuchen hinterlegt werden, was zu einem relativ guten Hochrechnungsergebnis für diese Leistungsklasse führen dürfte. Anders sieht es bei den Anlagenklassen ≤ 500 kW aus. Über die Fragebogenrückläufe und den Betriebsdaten der vom Freistaat geförderten Anlagen wurden nur 213 Standorte erfasst, wohingegen die Kaminkehrerstatistik von rund 16.700 Anlagen zwischen 51 und 500 kW in Bayern ausgeht. Somit ist das Leistungsspektrum ≤ 500 kW, dem 97 % der mittleren Holzfeuerungen außerhalb von Privathaushalten zuzuordnen sind, mit einem Anteil von 1,3 % gesicherter Verbrauchsdaten in der Auswertung relativ schlecht abgebildet. Die Hochrechnungsergebnisse sind daher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. In den vergangenen Untersuchungsjahren (2014 und 2016) wurde zur Hochrechnung der Energieholzverbräuche in diesem Verbrauchssegment ein relativ konservativer Ansatz für die Auslastung der Anlagen verfolgt, in dem Abschläge von den über die Erhebung ermittelten Energieholzverbräuchen vorgenommen wurden. Begründet wurde dies mit Faktoren wie Überdimensionierung der Kessel über den gesamten Anlagenbestand in Bayern, Holzfeuerung als Beistellkessel bzw. vorübergehende Stilllegungen oder Minderauslastungen z.B. aufgrund niedriger fossiler Brennstoffpreise (GÖßWEIN ET AL. 2018). Rückläufe aus der Umfrage 2018 lassen aktuell jedoch höhere Volllaststunden im Leistungsbereich ≤ 500 kW realistisch erscheinen, sodass in der jetzigen Studie die Hochrechnung über die aus der Umfrage abgeleiteten Mittelwerte des Verbrauchs ohne Abschläge erfolgt (vgl. Diskussion in Kapitel 2.7.3).

²⁷Zusätzlich wurde zur Berechnung der Tonnagen ein Jahresnutzungsgrad der Anlagen von 82 % angenommen. Diese Kennzahl wurde bei Auswertungen von Betriebsdaten geförderter Biomasseheizwerke ermittelt (HIENDLMEIER 2019).

²⁸einschließlich einer weiteren Unterteilung der Leistungsklassen Leistungsgruppen 101 bis 500 kW und 501 bis 900 kW gemäß den Ergebnissen des Forschungsprojekts „Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland – Kehrbocherhebung mit dem Kaminkehrerhandwerk“ des Deutschen Biomasseforschungszentrum in Leipzig (DBFZ) (RÖNSCH 2017)

²⁹ 470 Anlagen in Bayern zwischen 501 und 900 kW (ZIV 2019)

2.7.2 Ergebnisse: Energieholzverbrauch Feuerungsanlagen > 50 kW

Es ist davon auszugehen, dass Ende 2018 etwa 17.800 Feuerungsanlagen in Bayern mit einer thermischen Leistung größer 50 kW_{th} in Betrieb waren. Dabei sind den Autoren die Anlagenstandorte und -betreiber von 1.209 Anlagen bekannt. Die räumliche Verteilung dieser Feuerungsanlagen ist Abbildung 30 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 432 kW. Feuerungsanlagen mit einer Leistung zwischen 50 und 100 kW sind in der Datenbank nicht nennenswert erfasst und damit in Abbildung 30 auch nicht verortet.

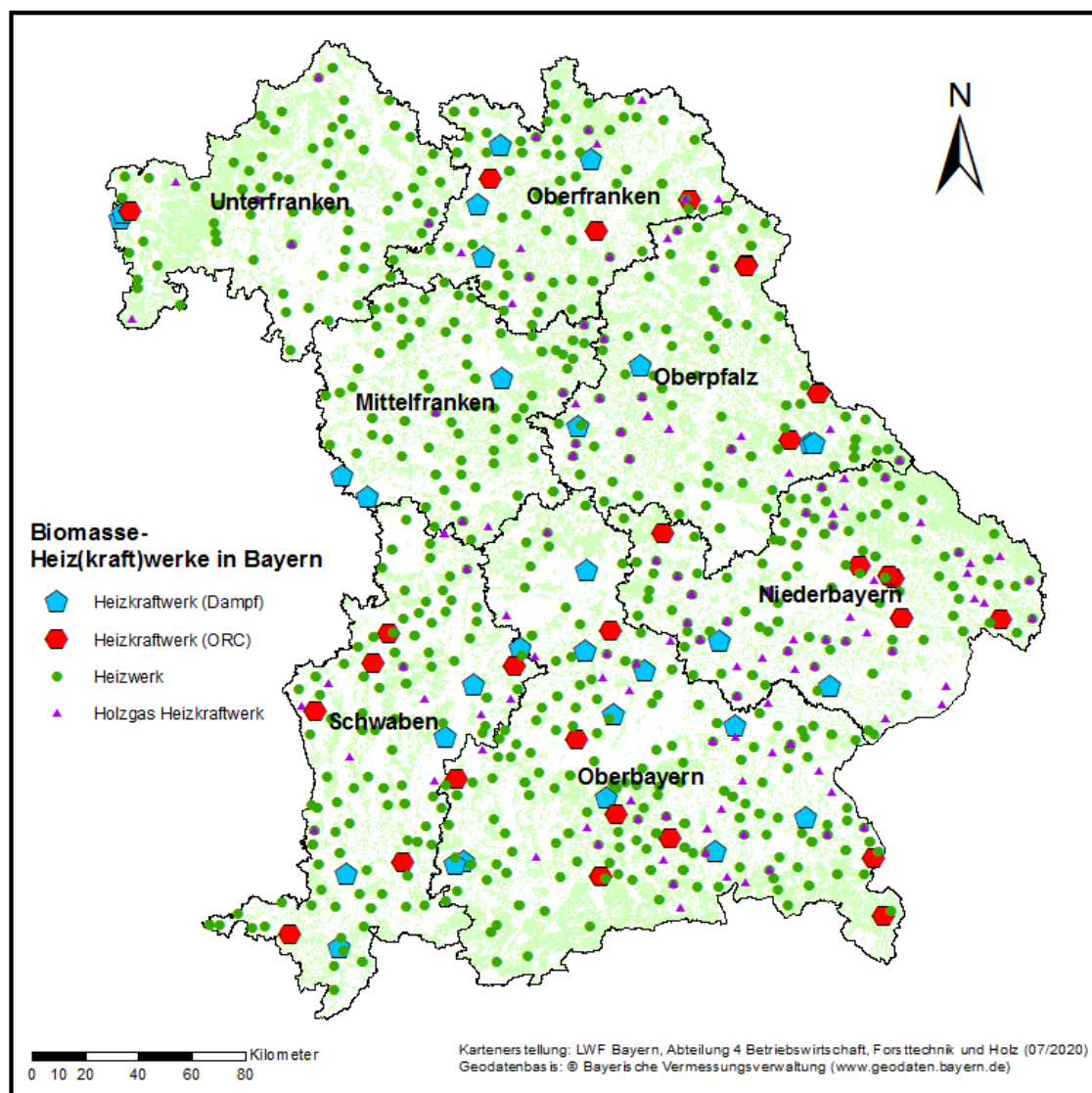


Abbildung 30: Räumliche Verteilung der mit Standort bekannten Feuerungsanlagen > 100 kW in Bayern.

Brennstoffverbrauch und installierte thermische Leistung

Die Auswertung der schriftlichen und telefonischen Befragung sowie der bei C.A.R.M.E.N. e.V. geführten Förderdatenbank, welche die vom Freistaat Bayern bezuschussten Anlagen erfasst,

kann 550 mittleren und großen Holzfeuerungen einen Energieholzverbrauch im Jahr 2018 von 1,88 Mio. t atro zuweisen. 74 % 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 2018 auf 3,46 Mio. t atro geschätzt werden. Der Energieholzmarktbericht Bayern 2016, beziffert den Brennstoffbedarf dieser Verbrauchergruppe auf 3,04 Mio. t atro (GÖBWEIN ET AL. 2018), für 2014 wurde ein Bedarf von 2,81 Mio. t atro (WEIDNER ET AL. 2016) ausgewiesen. Eine Diskussion des Anstiegs von 2016 auf 2018 erfolgt in Kapitel 2.7.3.

Obwohl Biomasse(heiz)kraftwerke (inkl. Holzvergaser) nur 2 % des gesamten Anlagenbestandes der Feuerungsanlagen > 50 kW in Bayern ausmachen, verbrauchen sie etwa die Hälfte des Energieholzes. Insbesondere die Dampf(heiz)kraftwerke nehmen, wie Tabelle 27 zeigt, eine herausragende Rolle ein. Dies begründet sich in ihrer hohen Feuerungswärmeleistung von im Mittel 30 MW_{th} (Median 22 MW_{th}) bei gleichzeitig hoher Auslastung der Anlagen. Etwa ein Drittel des Energieholzverbrauches ist den Wärmeerzeugern < 1 MW zuzuordnen, deren Bestandszahl 2018 mit rund 17.200 Feuerungsanlagen vom ZIV (2019) beziffert ist. Biomasseheizwerke >1 MW Feuerungswärmeleistung nutzen hochgerechnet rund 420.000 Tonnen Hackschnitzel.

Tabelle 27: Biomasseeinsatz in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2018 nach Anlagenart, deren Anteil am Verbrauch sowie an der Anlagenzahl (hochgerechnet und gerundet)

| | Energieholzverbrauch 2018 [Tonnen atro] | Anteil am Verbrauch in Bayern | Anlagenzahl in Bayern (gerundet) |
|---------------------------------|---|-------------------------------|----------------------------------|
| Biomasse(heiz)kraftwerke | 1.840.000 | 53% | 380 |
| (Heiz)kraftwerk (Dampf) | 1.370.000 | 39% | 30 |
| Heizkraftwerk (ORC) | 330.000 | 10% | 31 |
| Holzvergaser | 140.000 | 4% | 320 |
| Wärmeerzeuger < 1 MW | 1.210.000 | 35% | 17.200 |
| Wärmeerzeuger > 1 MW | 420.000 | 12% | 180 |
| Summe | 3.460.000 | 100 | ca. 17.800 |

Diese Studie geht davon aus, dass in Bayern 61 % aller reinen Wärmeerzeuger > 50 kW im Leistungsbereich zwischen 51 und 100 kW angesiedelt sind, weitere 35 % haben eine Nennwärmeleistung zwischen 101 und 500 kW. Abbildung 31 verdeutlicht die zahlenmäßige Dominanz dieser Kessel. Holzkessel zwischen 50 und rund 300 kW übernehmen häufig die alleinige Wärmeversorgung mittelgroßer Liegenschaften. In Kaskade geschaltet bieten sie jedoch auch eine moderne Möglichkeit, höhere Heizlasten zu 100 % mit dem Brennstoff Holz abzusichern und dabei komplett auf fossile Energieträger in der Lastspitze oder in der Schwachlast zu verzichten. Feuerungsanlagen zwischen 300 und 1.000 kW sind i. d. R. Grund- und Mittellastkessel, 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 erfassten 182 Standorten ist diese Verbrauchsgruppe zwar zahlenmäßig klein, aufgrund der spezifisch hohen installierten Leistung

und der i.d.R. hohen Laufzeiten³⁰ der Anlagen, stellten sie im Jahr 2018 dennoch 26 % der erzeugten Wärmemenge bereit.

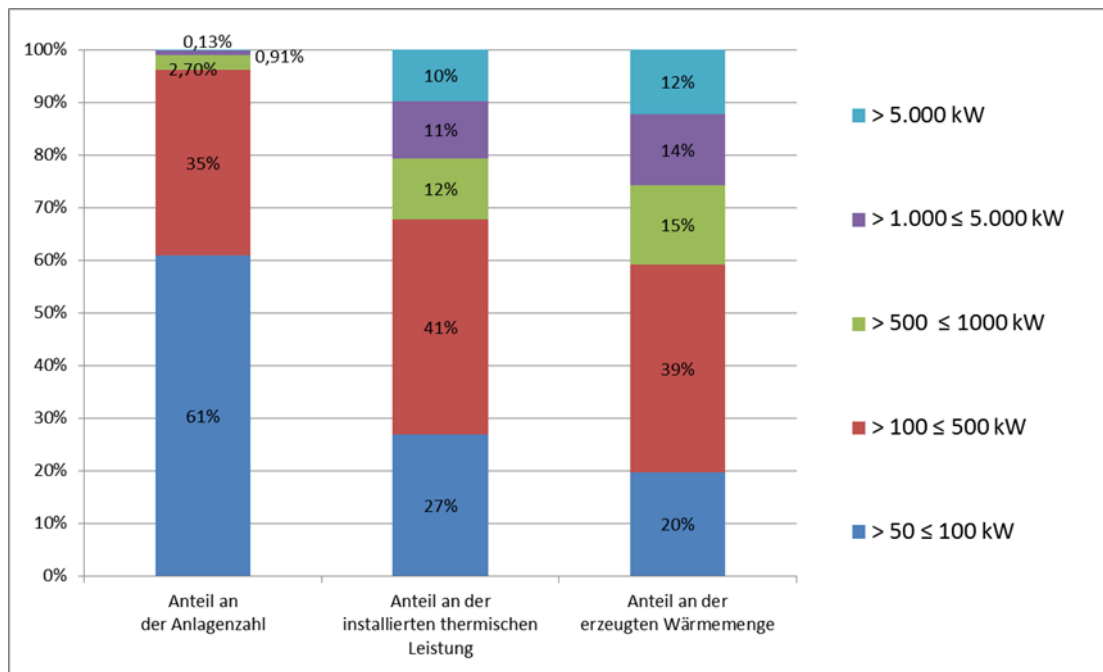


Abbildung 31: Anteile der unterschiedlichen Leistungsklassen am Anlagenbestand aller Wärmeerzeuger > 50 kW sowie deren Anteil an der installierten thermischen Leistung und der erzeugten Wärmemenge in Bayern im Jahr 2018 (Datengrundlage: Erhebung und Hochrechnung C.A.R.M.E.N. e.V., ZIV 2019).

Die installierte Nennwärmeleistung in Summe über den gesamten Anlagenbestand an Wärmeerzeugern > 50 kW wird auf rund 3.000 MW_{th} geschätzt. 720 MW_{th} umfassen dabei die Feuerungen, die an der Erhebung teilgenommen haben. Alle KWK-Anlagen zusammen weisen eine thermische Leistung von 780 MW_{th} auf, so dass in Bayern von einer installierten thermischen Gesamtleistung bei Holzfeuerungen > 50 kW von rund 3,8 GW_{th} ausgegangen werden kann. Für das Jahr 2018 wurde eine geringfügig höhere Wärmeleistung von 3,9 GW_{th} angenommen, woraus jedoch kein Trend abgeleitet werden kann, denn gerade bei den stromerzeugenden Anlagen im großen Leistungsbereich schwanken die Angaben zur nutzbaren thermischen Leistung seitens der Betreiber stark. Zudem wurde im Fragebogen über alle Anlagenkategorien zwar die Nennwärmeleistung der Erzeuger abgefragt, es ist jedoch nicht auszuschließen, dass es in Einzelfällen zu einer Verwechslung zwischen Feuerungswärmeleistung und Nennwärmeleistung gekommen ist. Die aus Energieholz bereitgestellte Wärmemenge wird für den gesamten Anlagenbestand auf rund 10,3 TWh hochgerechnet, wobei ein Anteil von 66 % den reinen Wärmeerzeugern zugeordnet werden kann und 34 % der Abwärme bzw. ausgekoppelten Dampfmenge von KWK-Anlagen. Werden zum Vergleich die Hochrechnungen für die mittleren und großen Feuerungsanlagen aus dem Jahr 2016 (vgl. GÖRWEIN ET AL. 2018) herangezogen, so kann der

³⁰ Die Umfrage bei genehmigungsbedürftigen Wärmeerzeugern ergab einen arithmetischen Mittelwert von 2.930 Volllaststunden, berechnet aus der erzeugten Wärmemenge 2018 und der installierten Nennwärmeleistung. Insbesondere die neun Trocknungsgenossenschaften mit einer installierten Wärmeleistung von rund 100 MW_{th} weichen stark vom Mittelwert ab, weil die landwirtschaftlichen Güter nur saisonal anfallen und dementsprechend geringe Laufzeiten des Wärmeerzeugers gefordert sind. Im Mittel erreichen diese nur 1.500 Volllaststunden.

Energieholzmarktbericht 2018 für den Energieträger Holz eine um 17 % höhere bereitgestellte Wärmemenge nachweisen.

Umfrageergebnisse zur Wärmenutzung

Anlagenbetreiber von Holzfeuerungen haben im Fragebogen die Art der Wärmenutzung benannt. Ergänzt werden konnte die Datenbasis durch Kenntnisse aus der Erhebungen 2016 und der Förderdatenbank des C.A.R.M.E.N. e.V. Zur Auswertung herangezogen wurden die Angaben von 370 Feuerungen mit einer thermischen Leistung über 500 kW (Ausnahme Holzvergaser). Auf die Darstellung der Wärmenutzungsart im Leistungsbereich kleiner 500 kW wird in diese Zusammenhang verzichtet, da nur 1,3 % des real existierenden Anlagenbestandes über die Umfrage abgebildet werden konnte. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die in diesem Leistungssegment erzeugte Wärme-menge zum größten Teil für Raumwärme und Warmwasser genutzt wird. Auch 84 % aller Rückmelder größer 500 kW 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 Wär-memenge, 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 40 % der Stand-orte eine bedeutende und auch führende Rolle. Weitere Anwendungsfälle für die Nutzung von Prozesswärme sind im Bereich der Trocknung landwirtschaftlicher Güter angesiedelt, aber auch Wäschereien oder die Lebensmittelindustrie sind große Dampfkunden.

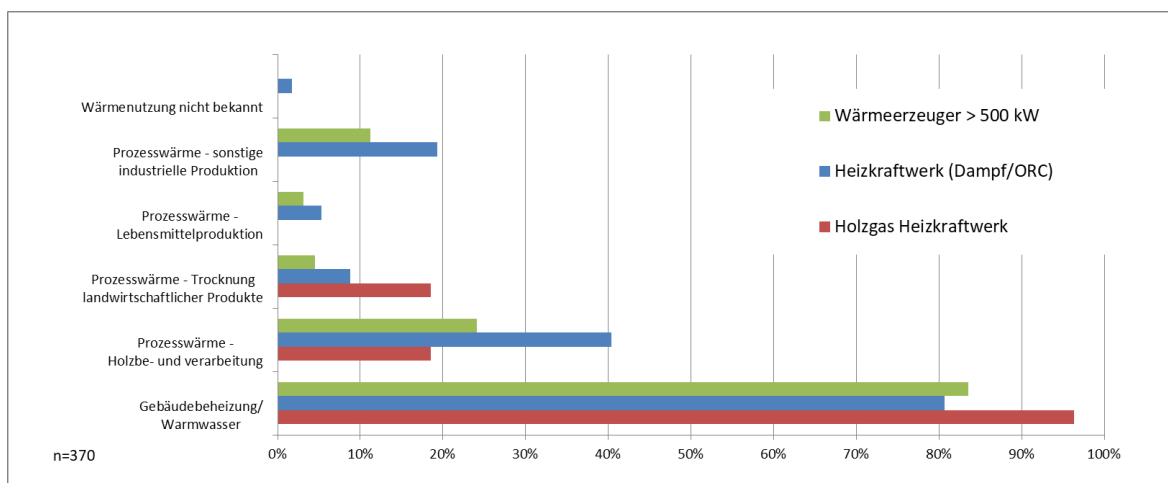


Abbildung 32: Häufigkeit der Nennungen zur Wärmenutzung ohne Gewichtung der genutzten Wärmemenge, Mehrfachnennungen möglich (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2019/2016, Wärmeerzeuger > 500 kW n=286, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) n=57, Holzgas Heizkraftwerk n=27)

Abbildung 32 verdeutlicht die Ergebnisse der Umfrage zur Art der Wärmenutzung und den jeweiligen Anteilen in Bezug auf die insgesamt genutzte Wärmemenge. Alle 370 Anlagen des Stichprobenumfangs zusammen stellten 5,0 TWh Nutzwärme zur Verfügung. Davon wurden 36 % für die Gebäudebeheizung und die Bereitstellung von Warmwasser benötigt. Annähernd die Hälfte der Wärmemenge wird für Trocknungsprozesse in holzbe- und verarbeitenden Betrieben genutzt, wobei hier die Abwärme von KWK-Anlagen dominiert. Wie bereits die Ergebnisse der vorangegangenen Energieholzmarktberichte 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. Ein weiterer nennenswerter Anteil von 10 % der Wärme ist für sonstige industrielle Prozesse zu verzeichnen. Hier schlagen insbesondere die Wärmemengen zu Buche, die in Papier- und Zellstofffabriken genutzt werden.

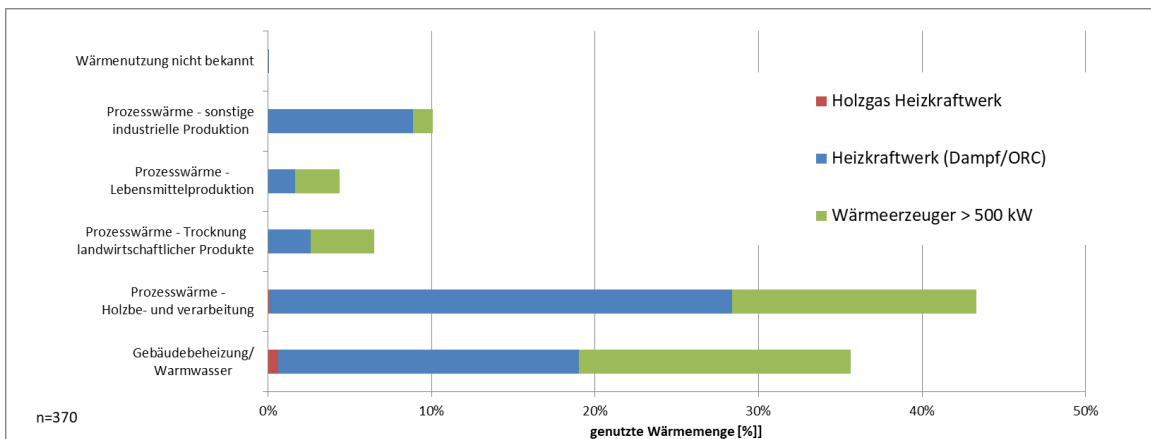


Abbildung 33: Art der Wärmenutzung und deren Anteil an der genutzten Wärmemenge (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2019/2016, Wärmeerzeuger > 500 kW n=286, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) n=57, Holzgas Heizkraftwerk n=27)

Stromproduktion in Biomasse(heiz)kraftwerken

Nach derzeitigem Kenntnisstand waren Ende 2018 in Bayern 384 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung in Summe von 252 MW_{el} in Betrieb, die aus holziger Biomasse im Betrachtungsjahr 1,61 Terrawattstunden Strom produzierten³¹. Für 2016 wurde im Energieholzmarktbericht die Stromproduktion mit rund 1,64 Terrawattstunden bei einer installierten elektrischen Leistung von 253 MW_{el} ausgewiesen und war damit geringfügig höher als 2018 (GÖßWEIN ET AL. 2018). Abweichungen dieser Größenordnung können auf Ungenauigkeiten bei der Datenerhebung zurückzuführen sein, daher ist von einer gleichbleibenden Stromproduktion auszugehen. Deutschlandweit haben Festbrennstoffe 10,72 Terrawattstunden Strom bereitgestellt (FNR 2020). Auf bayerische Anlagen entfällt demnach ein Anteil von rund 15%. Wie Abbildung 34 zeigt, fand in Bayern der wesentliche Zubau an elektrischer Leistung in den Jahren 2002 bis 2012 statt. Zwar hat sich die Anlagenzahl seit 2012 mehr als verdoppelt, die installierte Leistung ist jedoch nur um 6 % gestiegen. Die Strombereitstellung aus dem Holz wird von drei Technologien getragen: dem klassischen Dampfkraftprozess mit Verstromung des Dampfes in einer Dampfturbine bzw. Dampfmotor, dem ORC-Prozess (Organic Rankine Cycle) und der thermo-chemischen Vergasungstechnologie, die erst seit etwa 2010 einen Durchbruch hin zur Marktreife erreicht hatte. Holzvergaser machen, wie die Grafik auch zeigt, mittlerweile rund 84 % des stromerzeugenden Anlagenbestandes aus. Aufgrund ihrer geringen Leistungsgröße von meist kleiner 200 kW_{el} tragen sie jedoch nur mit rund 30 MW_{el} zur installierten Gesamtleistung bei. Zugebaut wurden in den Jahren 2017 und 2018 laut Rückmeldungen der Hersteller rund 3 MW_{el}.

³¹ Die Beifeuerung von Biomasse in Müllverbrennungsanlagen wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt.

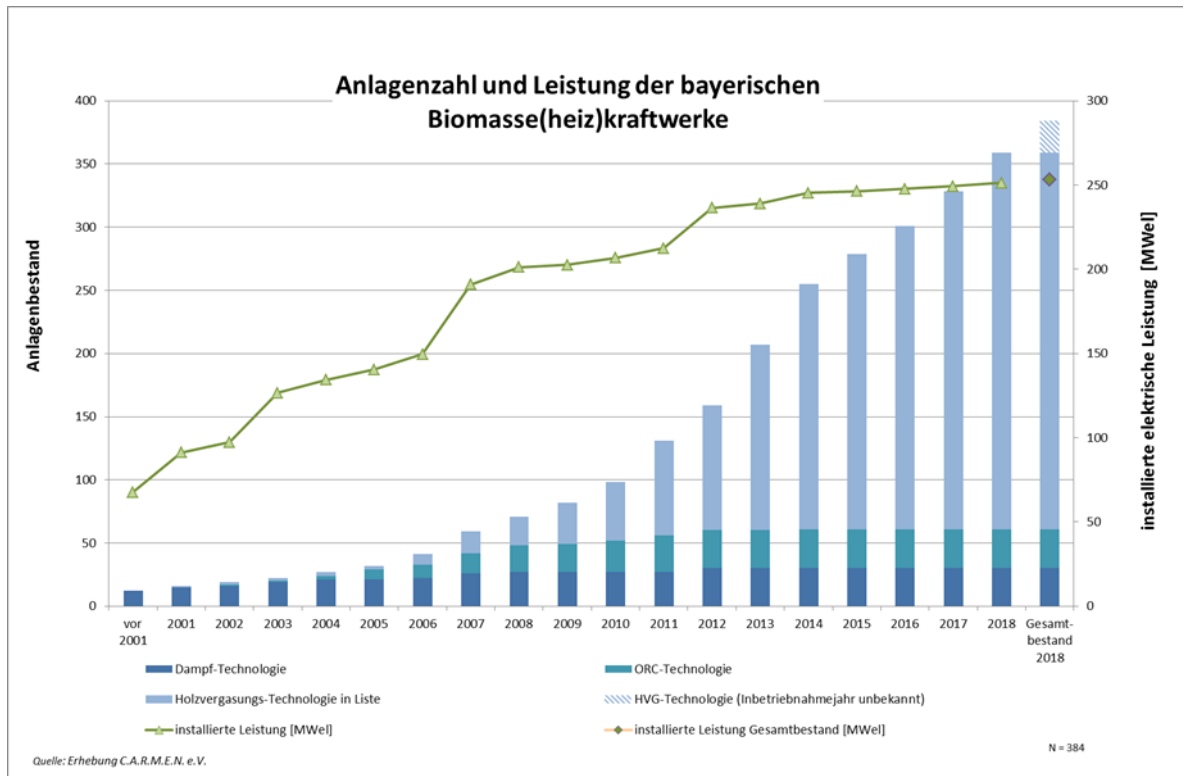


Abbildung 34: Anlagenanzahl und installierte elektrische Leistung der in Betrieb befindlichen bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerke

Das Stromeinspeisungsgesetz ermöglichte es noch in den 90-er Jahren die ersten Holz-(Heiz)kraftwerke zu errichten, die überwiegend Gebrauchtholz und Industrieresthölzer eingesetzt und den erzeugten Strom ins Netz eingespeist haben. 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. Typische Vertreter dieser Anlagenkategorie sind beispielsweise die Altholz-(Heiz)kraftwerke der Steag New Energies GmbH in Traunreut und Neufahrn mit jeweils rund 5,5 MW_{el} sowie das mit naturbelassenen Holzbrennstoffen befeuerte Heizkraftwerk in Pfaffenhofen mit rund 6 MW_{el}. Die Dampfturbine ist eine ausgereifte Technologie für einen typischen Leistungsbereich ab 2 MW_{el} 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_{el} 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. Die erreichbaren elektrischen Wirkungsgrade der meist wärmegeführten Anlagen betragen höchstens 12-14 % bezogen auf den eingesetzten Brennstoff (KARL 2012). Vorteilhaft ist jedoch der niedrigere Betriebsdruck dieser Technologie, so dass nicht ständig Personal an den 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_{el} und 3 MW_{el} Vorschub. Die letzte Inbetriebnahme einer ORC-Anlage mit 2,6 MW_{el}, die an ein großes Holzverarbeitendes Unternehmen angegliedert wurde, 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 %. Obwohl eine seit Jahrzehnten bekannte Technik, waren bis vor etwa 10 Jahren 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. Mittlerweile haben auch namhafte österreichische Holzkesselhersteller Holzvergaser in ihr Portfolio aufgenommen. Die meisten Holzvergaser haben eine Leistung zwischen 9 und 180 kW_{el}. Eine herausragende Stellung nimmt der zuletzt von der Blue Energy Europe GmbH betriebene Holzvergaser in Senden mit einer Leistung von 5 MW_{el} ein, der 2012 ans Netz ging, jedoch Anfang 2019 aufgrund technischer Schwierigkeiten vorerst stillgelegt wurde (EUWID 2019B). Abbildung 35 veranschaulicht nochmals deutlich die große Zahl der Anlagen mit Holzvergaser-Technologie bei der Holzverstromung. Zur installierten Gesamtleistung tragen sie in Bayern mit 12 % und zur erzeugten Strommenge mit 11 % bei.

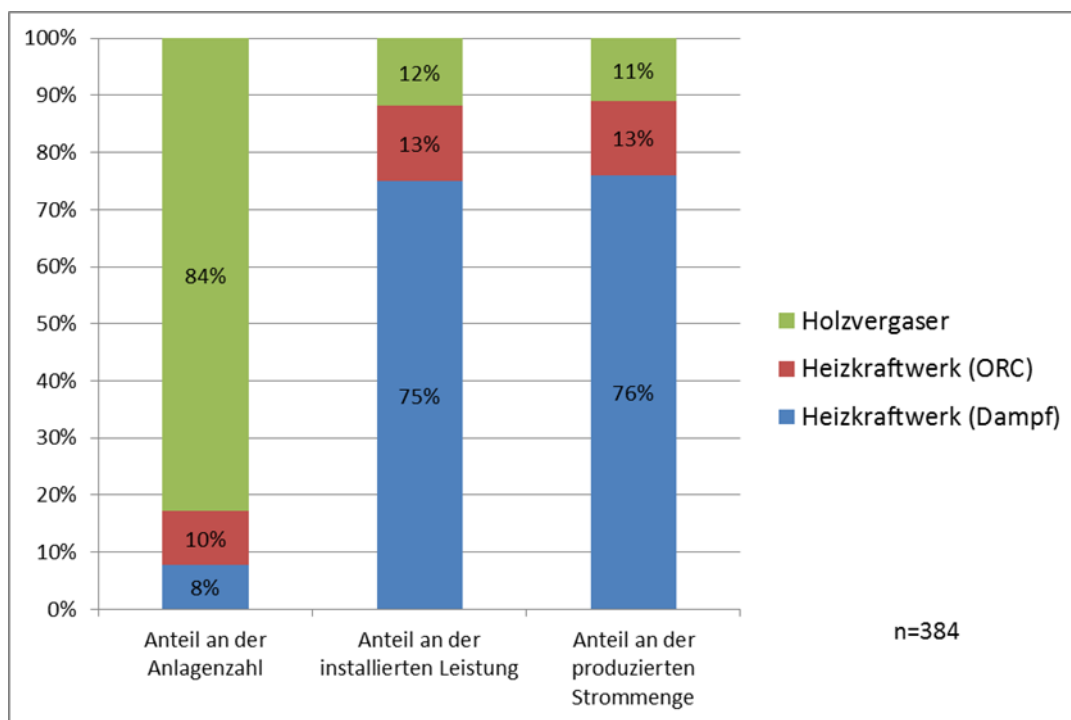


Abbildung 35: Anteil der unterschiedlichen Technologien zur Stromerzeugung aus fester Biomasse am Anlagenbestand sowie deren Anteile an der installierten elektrischen Leistung und produzierten Strommenge in Bayern

Die Stromerzeugung aus fester Biomasse wird zu 76 % von Dampf(heiz)kraftwerken getragen, obwohl lediglich 30 (Heiz)kraftwerksstandorte mit dieser Technologie bekannt und in die Erhebung eingeflossen sind. Deren Einfluss begründet sich durch die im Vergleich zu den beiden anderen Stromerzeugungstechnologien hohen installierten elektrischen Leistungen im Mittel von 6,3 MW_{el}. Tabelle 28 weist statistische Werte für den im Rahmen dieser Studie eruierten Anlagenbestand aus.

Tabelle 28: Elektrische Leistungsbereiche verschiedener Technologien zur Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen in Bayern (C.A.R.M.E.N.-Datenbank und nicht zuordenbarer Anlagenbestand Holzvergaser gemäß Herstellerangaben, n=384)

| | Median [MW_{el}] | Mittelwert [MW_{el}] | Kleinste Anlage [MW_{el}] | Größte Anlage [MW_{el}] |
|-----------------------|-------------------------------------|---|--|--|
| Heizkraftwerk (Dampf) | 5,30 | 6,30 | 0,15 ³² | 21,50 |
| Heizkraftwerk (ORC) | 0,83 | 1,07 | 0,32 | 2,80 |
| Holzgas Heizkraftwerk | - | 0,09 | 0,01 | 5,00 |

Fast alle Biomasse(heiz)kraftwerke des bekannten Adressbestandes konnten mit den EEG-Anlagenstammdaten der in Bayern angesiedelten Übertragungsnetzbetreiber (TENNET 2019, AMPRION 2019) verknüpft werden. Über die veröffentlichten Bewegungsdaten des Jahres 2019 war daher auch ein Großteil der eingespeisten Strommengen der Anlagen bekannt, die nicht an der Betreiberumfrage im Sommer 2019 teilgenommen haben. Bei Holzvergasern (meist kleiner 50 kW_{el}), die zwar über die Befragung der Hersteller quantitativ erfasst wurden, deren 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 64 Betreiber von Biomasse(heiz)kraftwerken, d.h. 17 % 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 64 Anlagen getroffen werden. Sie haben zusammen 1,21 TWh Strom produziert. Ein Vergleich mit der EEG-vergüteten Strommenge dieser Anlagen von 1,10 TWh zeigt, dass nur ein Anteil von 91 % des erzeugten Stroms eingespeist wurde³³. Die Differenz diente vermutlich zur Deckung des Eigenstrombedarfs, wobei von einem Unternehmen aus der Branche, der Papierindustrie bekannt ist, dass es 100 % des erzeugten Stroms selbst nutzt.
- Der elektrische Brutto-Nutzungsgrad errechnet sich gemäß DBFZ (2015) aus dem Quotienten der Stromerzeugung und des Brennstoffeinsatzes³⁴, der Eigenstrombedarf der Heizkraftwerke ist somit nicht berücksichtigt. Zur Auswertung konnten 62 Datensätze herangezogen werden. Abbildung 36 veranschaulicht insbesondere die Unterschiede zwischen den Verstromungstechnologien. Die Mittelwertbildung zeigt folgende Reihung des elektrischen Jahresnutzungsgrades: Holzgas Heizkraftwerk 27 %, Heizkraftwerk (Dampf): 18 %, Heizkraftwerk (ORC): 12 %.

³² Bei dieser Anlage handelt es sich um einen Dampfmotor.

³³ Beifeuerung von Biomasse in Müllverbrennungsanlagen wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt

³⁴ 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.

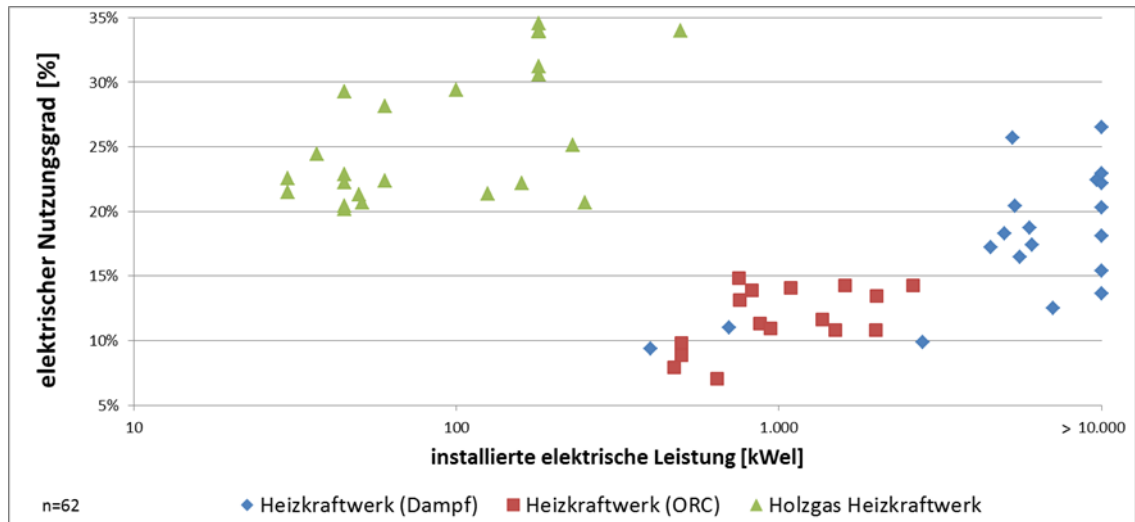


Abbildung 36: Verteilung der elektrischen Nutzungsgrade in Abhängigkeit der installierten Leistung und Verstromungstechnologie (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2019, n=62)

- Die Betreiber der Biomasse(heiz)kraftwerke wurden aufgefordert, neben der erzeugten Strommenge auch Angaben zur genutzten Wärmemenge zu machen. Dabei meldeten zwei Altholzkraftwerke mit einer Feuerungswärmeleistung in Summe von 48 MW, dass sie keinerlei Abwärme nutzen. An den übrigen 62 Standorten mit einer installierten Feuerungswärmeleistung von 845 MW wurde bei einer erzeugten Strommenge von 1,1 TWh eine Wärmemenge in Summe von 2,4 TWh entweder vor Ort als Prozesswärme genutzt oder in ein mehr oder weniger ausgedehntes Wärmenetz eingespeist.
- 62 Rückmelder machten Angaben sowohl zur erzeugten als auch zur genutzten Wärmemenge³⁵, woraus sich der Grad der Wärmenutzung berechnen lässt, der im ungewichteten Durchschnitt bei 86 % lag. Abbildung 37 weist für die drei grundlegenden Technologien der KWK die ungewichteten Nutzungsanteile aus. Neben den zwei Anlagen, die keinerlei Wärme nutzen, gaben drei 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 Wärmenutzungsgrad von nahezu 100 % erreichen. Bei den Holzvergäsern sind es 81 % der Anlagen.

³⁵ Die genutzte Wärmemenge besteht bei KWK-Anlagen zum einen aus den ausgekoppelten Dampfmengen und zum anderen aus Abwärme aus der Verstromung

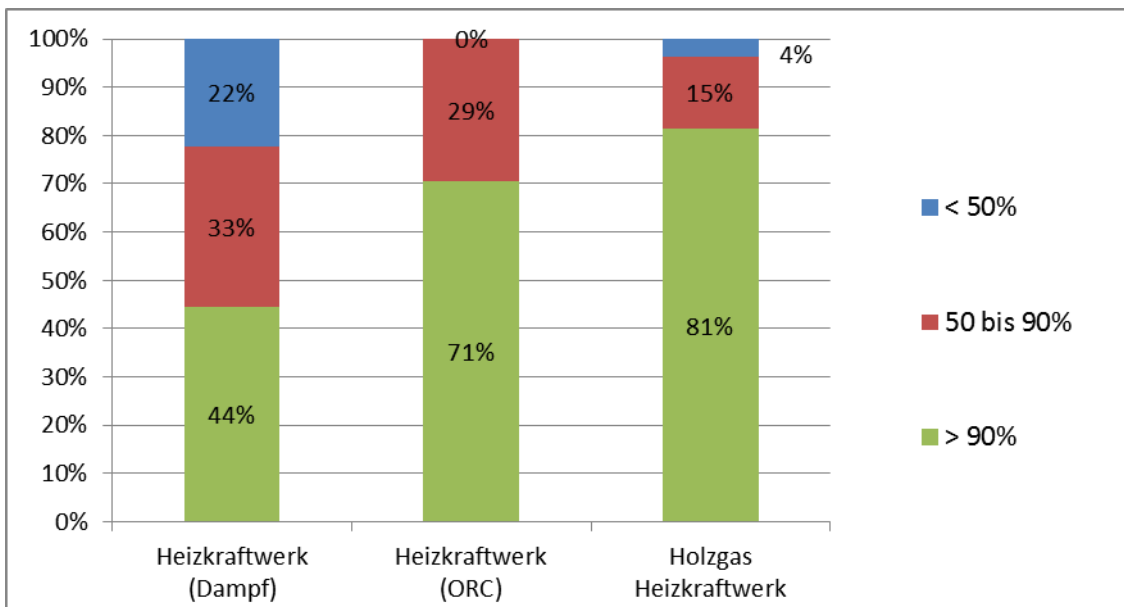


Abbildung 37: Verteilung des Wärmenutzungsgrades bei Biomasse(heiz)kraftwerken, ungewichtet (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2019, Heizkraftwerke (Dampf) n=18, Heizkraftwerke (ORC) n=17, Holzgas Heizkraftwerk n=27)

Eingesetzte Energieholzsortimente

Welche Brennstoffsortimente in bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerke eingesetzt werden, hängt stark von der Größe der Anlagen, sowie der Anlagenart ab. So sind Altholz und Waldhackschnitzel 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 38 und Abbildung 39). In den folgenden Absätzen werden die hochgerechneten Verbräuche der Energieholzsortimente sowie deren Verteilung auf die Anlagentypen näher beschrieben.

Tabelle 29: Energieholzverbrauch in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2018, (hochgerechnet)

| | Energieholzverbrauch 2018 [Tonnen atro] | Anteil am Verbrauch in Bayern |
|---|---|-------------------------------|
| Gebrauchtholz | 680.000 | 20% |
| Industrierestholz (nicht naturbelassen) | 190.000 | 5% |
| Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer aus der Holzbe- und -verarbeitung | 510.000 | 15% |
| Waldhackschnitzel | 980.000 | 28% |
| Rinde | 290.000 | 8% |
| Landschaftspflegeholz | 390.000 | 11% |
| Holzpellets | 240.000 | 7% |
| Sonstiges (inkl. KUP) | 180.000 | 5% |
| Summe | 3.460.000 | 100% |

Die Marktbetrachtung geht von rund 680.000 t Gebrauchtholz (atro) aus, die in Bayern 2018 in mittleren und großen Holzfeuerungen thermisch genutzt wurden. Zu einem Großteil wird diese Menge in Dampf(heiz)kraftwerken, den sogenannten Altholzkraftwerken verbrannt. Dabei zeigen die Umfragerückläufe, dass von 30 Dampfanlagen 13 Standorte Alt-/Gebrauchtholz einsetzen, z. T. ausschließlich. Im Mittel über alle Dampf(heiz)kraftwerke beträgt der Anteil dieses Brennstoffsortiments hochgerechnet 45 %. Gemäß §2 der Altholzverordnung zählt zu Altholz neben Gebrauchtholz auch Industrierestholz. Es ist definiert als „in Betrieben der Holzbe- oder -Verarbeitung anfallende Holzreste einschließlich der in Betrieben der Holzwerkstoffindustrie anfallenden Holzwerkstoffreste sowie anfallende Verbundstoffe mit überwiegendem Holzanteil“ (ALTHOLZV 2017). Im Erhebungsbogen 2018 wurde erstmals zwischen den Brennstoffsorimenten Gebrauchtholz und Industrierestholz (nicht naturbelassen) differenziert. Gemäß den Fragebogenrückläufen wurden rund 190.000 t atro behandeltes Industrierestholz der energetischen Nutzung zugeführt. Die Abgrenzung zwischen den einzelnen Altholzkategorien ist mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, zumal in die Hochrechnung auch Sortimentsanteile von Anlagen eingeflossen sind, die zwar 2016 aber nicht 2018 rückgemeldet hatten. Für diese konnte nur eine Abschätzung der Anteile Gebrauchtholz und behandeltes Industrierestholz vorgenommen werden.

Naturbelassene Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer spielen bei den Brennstoffen für KWK-Anlagen aufgrund der Brennstoffvergütungsklassen innerhalb des EEG eine untergeordnete Rolle. Sie werden entweder zu Holzpellets weiterverarbeitet oder wandern meist direkt in die werkseigenen Feuerungen der Holzbe- und -verarbeitenden Betriebe, beispielsweise um Schnittholztrocknungsanlagen zu betreiben. Da nur wenige Sägewerke mit Holzfeuerungen kleiner 1 MW den Erhebungsbogen für die Holzheizanlagen ausgefüllt haben und hier das größte Nutzungspotenzial vermutet wird, wird die Menge der energetisch genutzten Sägenebenprodukte auf Grundlage der Ergebnisse der Sägewerksbefragung abgebildet (siehe Kapitel 2.2.4). Demnach wird eine Menge von rund 510.000 t atro Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer (ohne Berücksichtigung der zu Pellets aufbereiteten Mengen) verbrannt.

Der Einsatz reiner Rindensortimente wurde getrennt erfasst, wobei für 2018 ein Verbrauch von 290.000 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 des 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.

Hackschnitzel aus Waldrestholz und Energierundholz werden bei einer gesamten Verbrauchsmenge von 980.000 t atro über alle Feuerungsarten hinweg zu einem großen Anteil eingesetzt. Bei den ORC-Anlagen und Holzvergäsern ist davon auszugehen, dass sie rund 50 % ihres Brennstoffbedarfs mit dieser Energieholzfraktion decken, Dampf-Heizkraftwerke zu etwa einem Sechstel. Reine Wärmeerzeuger > 50 kW werden zu 35 % mit dem Brennstoff direkt aus dem Wald befeuert.

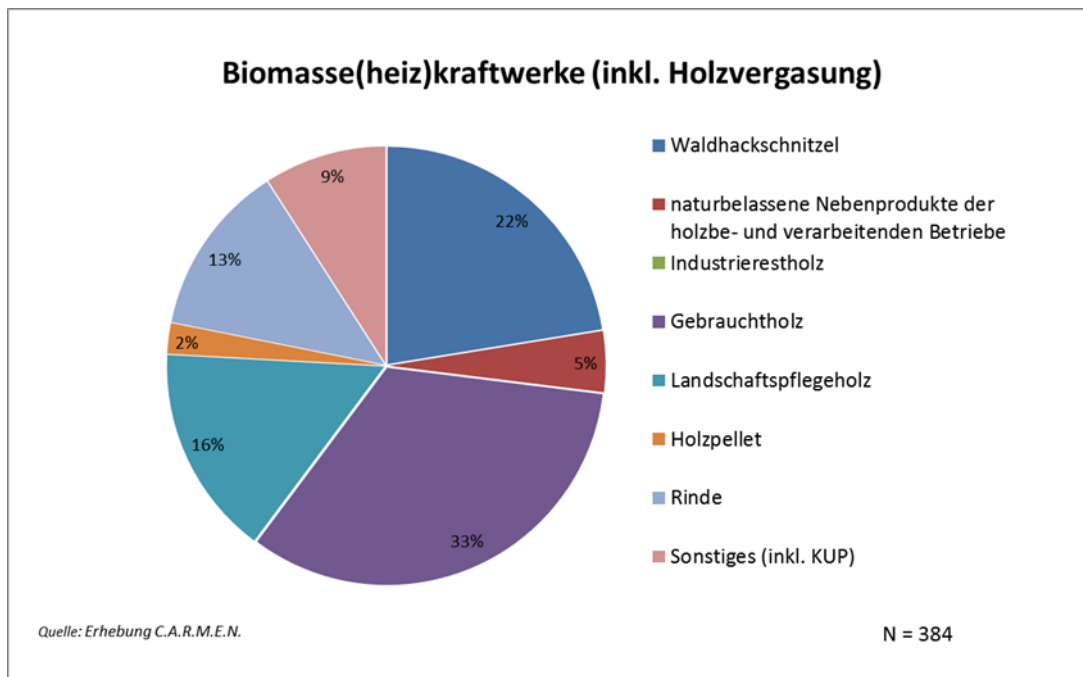


Abbildung 38: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2018 in bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerken, die Strom und Wärme produzieren. Der Gesamtverbrauch der stromerzeugenden Anlagen wurde auf 1,84 Mio Tonnen atro hochgerechnet.

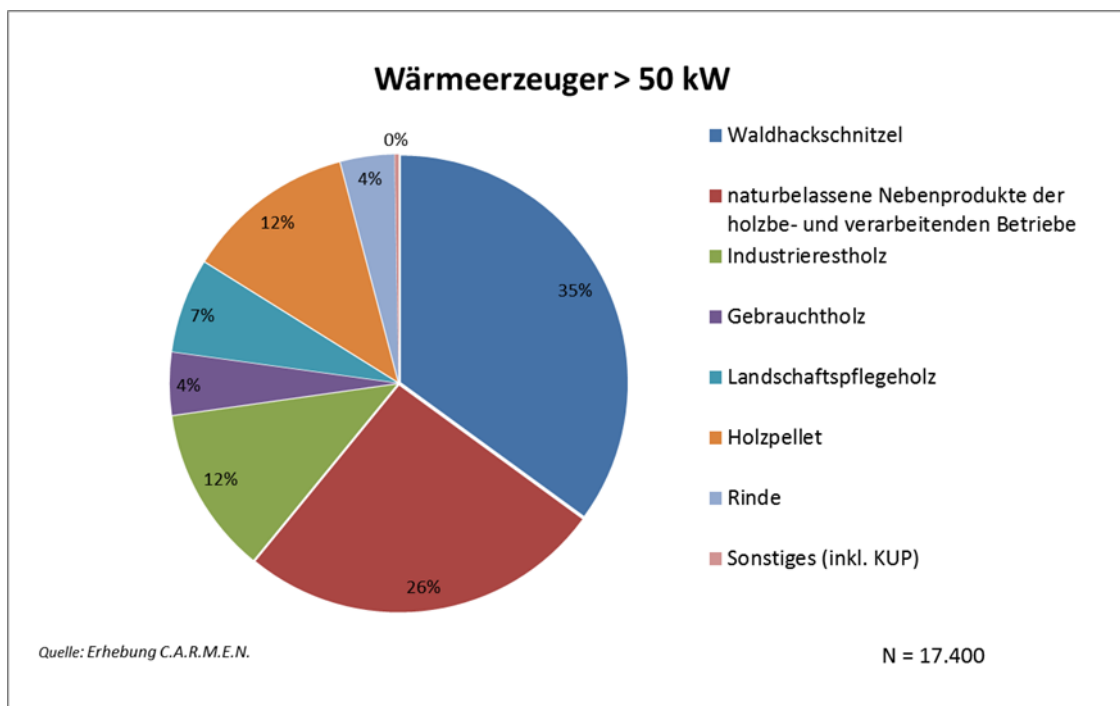


Abbildung 39: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2018 in bayerischen Holzheizwerken > 50 kW zur reinen Wärmeherstellung. Der Gesamtverbrauch der Heizwerke wurde auf 1,62 Mio Tonnen atro hochgerechnet.

Landschaftspflegeholz spielt mit lediglich 11 % 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 390.000 t atro energetisch verwertetes Landschaftspflegeholz im Jahr 2018 wurde der Verbrauch in Feuerungsanlagen > 50 kW hochgerechnet.

Etwa 80 % des erhobenen Holzpelletverbrauchs von 240.000 t atro wird in Wärmeerzeugern < 1 MW verbrannt. Der ZIV (2019) geht von rund 3.100 Pelletfeuerungen im Leistungsbereich von 51 bis 900 kW aus, wobei nur 48 Standorte mit einer Leistung von mehr als 500 kW in Betrieb waren. Der Trend setzt sich fort, dass kommunale und gewerbliche Verbraucher zunehmend auf den zwar teureren, aber homogenen Holzbrennstoff setzen. Ein Sondersortiment stellen sogenannte NawaRo-Holzpellets dar, die mit 18 % des Verbrauchs zu Buche schlagen und vor allem in EEG-vergüteten Holzvergäsern eingesetzt werden.

Unter der Position „Sonstiges“ werden 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 unbedeutende Menge an KUP-Hackschnitzel erfasst werden konnte.

2.7.3 Diskussion

Der Verbrauch an Energieholz in mittleren und großen Feuerungsanlagen wird im Jahr 2018 auf 3,46 Mio. t geschätzt und liegt damit im Vergleich zur Verbrauchserhebung des Jahres 2016 mit 3,04 Mio. t atro um rund 14 % höher. Zu leicht gestiegenen Verbräuchen in der Größenordnung von rund 80.000 t atro bei einem Gesamtverbrauch von 2,26 Mio. t atro führten die Hochrechnungen für große Holzfeuerungsanlagen im Gültigkeitsbereich der 4. BImSchV (stromerzeugende Anlagen und reine Wärmeerzeuger > 1 MW), die auf die Recherche bisher unbekannter Anlagenstandorte und einen moderaten Zubau bei Holzvergasungsanlagen zurückzuführen sind. Ein deutlicher Mehrverbrauch von 340.000 t atro ist jedoch bei den Holzfeuerungen im Leistungsbereich zwischen 51 und 900 kW zu verzeichnen. Hierfür sind folgende Gründe zu nennen: Zum einen konnte die installierte Leistung der Anlagen zwischen 51 und 900 kW genauer abgeschätzt werden, weil die Kaminkehrerstatistik erstmals diese Leistungsklasse in drei Unterklassen einteilt. Damit wurden mehr Anlagen im Bereich zwischen 100 kW und 500 kW verortet, als die Datenbasis des Jahres 2016 vermuten ließ. Diese hatte den Leistungsbereich zwischen 51 und 100 kW überschätzt. Zum anderen erfolgt mit der aktuellen Markterhebung eine Änderung des Hochrechnungsverfahrens. Im Erhebungsjahr 2016 wurden die hochgerechneten Verbräuche nach unten korrigiert, um Faktoren wie Überdimensionierung bei nicht geförderten und sehr alten Kesselanlagen, aber auch Minderauslastungen aufgrund niedriger fossiler Brennstoffpreise abzubilden. Rückläufe aus der Umfrage 2018 lieferten jedoch ähnlich hohe Volllaststunden im Leistungsbereich < 500 kW wie die des Stichprobenumfangs 2016, obwohl vermehrt nichtgeförderte Anlagen in die Auswertung mit einfließen konnten. Wie die Kaminkehrerstatistiken der Jahre 2014, 2016 und 2018 im Vergleich zeigen, „verjüngen“ sich die Anlagenbestände (ZIV 2019), auch angetrieben durch die Verschärfung der Emissionsvorschriften gemäß der 1. BImSchV. 75 % des Anlagenbestandes weisen mittlerweile ein Errichtungsdatum nach 2005 auf (siehe Abbildung 40). Es ist davon auszugehen, dass auch z.B. aufgrund von Qualitätsmanagement-Offensiven im vergangenen Jahrzehnt in der Planungsphase eines Biomasse-Projektes mehr Augenmerk auf den wichtigen Erfolgsfaktor „optimale Auslegung der Kesselleistung“ gelegt wurde, was insgesamt zu einer höheren Auslastung der Anlagen führt. Die Hochrechnung des Bedarfs auf den gesamten Anlagenbestand im Jahr 2018 erfolgt daher ohne Korrekturfaktoren über die Mittelwerte je Leistungsklassen, wie sie die Rückmeldungen der Anlagenbetreiber ergaben.

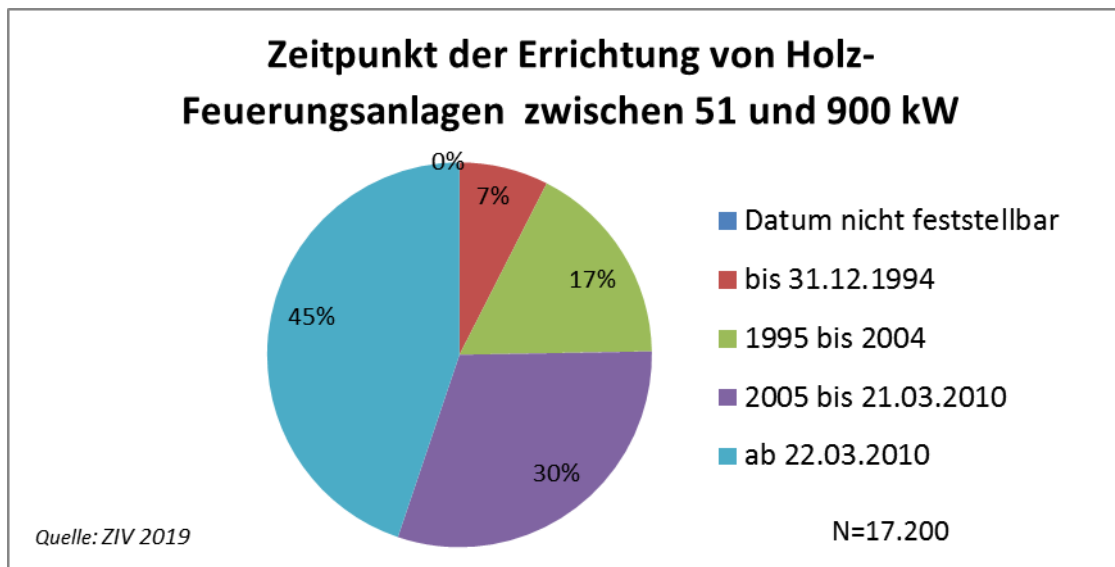


Abbildung 40: Zeitpunkt der Errichtung von Holz-Feuerungsanlagen zwischen 51 und 900 kW (ZIV 2019)

Die Anlagenbestände zwischen 51 kW und 900 kW entwickelten sich je nach eingesetztem Brennstoffsortiment unterschiedlich. Ein deutlicher Rückbau ist bei handbeschickten Holzfeuerungen (83 % davon kleiner 100 kW Nennwärmeleistung) mit einem Errichtungsdatum vor 2005 zu erkennen, die überwiegend in Schreinereien und kleinen holzverarbeitenden Betrieben vermutet werden. Die stillgelegten Anlagen werden nicht durch gleichartige Holzkessel ersetzt, wie ein Vergleich der Kaminkehrerstatistiken 2016 und 2018 zeigt. Einen Zubau hingegen gibt es bei Hackschnitzelfeuerungen mit naturbelassenen Brennstoffsortimenten. Rund 700 Anlagen mehr werden in den Statistiken ausgewiesen. Es ist jedoch bekannt, dass die Kaminkehrerzahlen des Jahres 2016 aufgrund von Problemen bei der Synchronisierung verschiedener Softwareprogramme mit Fehlern behaftet waren (LIV 2017). Dies zeigt insbesondere die Betrachtung der Bestandszahlen für Pelletheizungen > 50 kW, die für 2018 wesentlich niedriger ausgewiesen wurden als 2016, was nicht der realen Entwicklung im Bestand entsprechen kann (ZIV 2019). Aus diesem Grund wird in dem Bericht auf die Ausweisung absoluter Zubauzahlen seit 2016 über alle Holzfeuerungen > 50 kW verzichtet. Da die Kaminkehrerstatistik des Jahres 2018 laut Angaben des ZIV belastbare Ergebnisse zeigt, ist zu erwarten, dass in den Folgejahren ein Vergleich mit den Zahlen des Vorjahres aussagekräftig und auch die Entwicklung der Holzfeuerungen je eingesetzter Energieholzklasse nachvollziehbar sein wird (ZIV 2019).

Einen Hinweis auf die Marktentwicklung können jedoch die Zahlen der geförderten Anlagen im Rahmen des Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien am Wärmemarkt (MAP) des Bundes geben. Abbildung 41 zeigt die Anzahl der geförderten Holzfeuerungen > 50 kW in Bayern sowohl im BAFA-Teil des MAP als auch die Anzahl der automatisch beschickten Holzkessel, die über den KfW-Teil des MAP einen Teilschulderlass erhielten. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass es sich bei einem Teil der geförderten Anlagen wahrscheinlich um Ersatzinvestitionen für überalterte Holzfeuerungen handelt. So hat die erste Generation der Biomasseheizwerke in Bayern überwiegend schon einen Kesseltausch vollzogen. Nicht jeder Förderantrag bedeutet daher einen Nettozubau. Andererseits erfüllen nicht alle neu installierten Holzkessel die Förderauflagen des MAP und waren damit nicht antragsberechtigt oder mussten abgelehnt werden. Der „Biomasseatlas“ nennt Ablehnungsquoten im BAFA-Teil von 25% (BIOMASSEATLAS 2020). Inwiefern sich beide Effekte aufheben, ist derzeit leider nicht mit Zahlen belegbar.

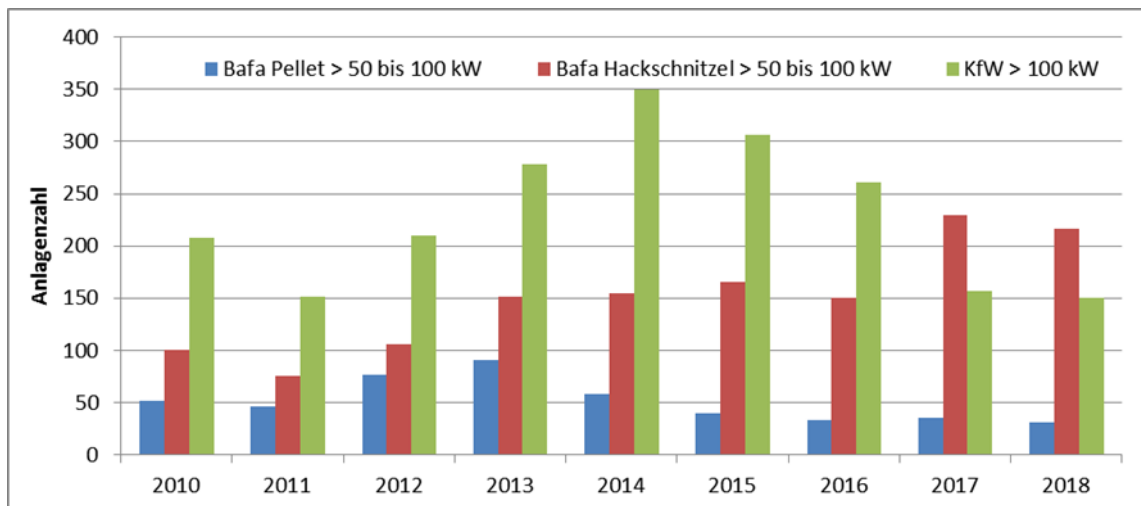


Abbildung 41: Entwicklung der Inbetriebnahmen von Holzfeuerungen in Bayern, die im Rahmen des MAP gefördert wurden (Basis: Wertstellung des Zuschusses). In den Zahlen des Programmteils der KfW ist auch eine untergeordnete Anzahl von Kesseln > 1000 kW beinhaltet. Der Anteil der Förderfälle aus Bayern beträgt im KfW-Teil über die Jahre im Mittel 49 % und bei der BAFA etwa 33 % (eigene Darstellung; Datenquelle: BIOMASSEATLAS 2020; ZECH ET AL. 2018)

Seit 2014 ist bei den KfW-geförderten Anlagen mit einer Leistung > 100 kW, die größere Gebäudekomplexe versorgen oder Wärme in ein Nahwärmenetz einspeisen, ein kontinuierlicher Rückgang der Förderfälle zu verzeichnen. In den Jahren 2017 und 2018 gingen nur rund 300 dieser Holzessel in Bayern in Betrieb. Die wichtigste Ursache hierfür ist sicherlich das anhaltend niedrige Preisniveau der fossilen Brennstoffe seit 2015. Wegen des geringeren Kostenvorteils beim Brennstoff Holz amortisieren sich große Holzenergieprojekte nicht mehr so schnell wie in den Jahren 2010 bis 2014, zumal bei Holzfeuerungen hohe Investitionen zu tätigen sind. Zeitgleich fällt es während niedriger Heizölpreisphasen potentiellen Heizwerksbetreibern schwerer, Gebäudeeigentümer von den Vorteilen des Anschlusses an ein Nahwärmenetz zu überzeugen. Viele Nahwärmeprojekte in der Planungsphase scheiterten daher an zu geringen Anschlussquoten. Auch der Markt für Pelletheizungen ist rückläufig. Aufgrund der Preistransparenz des normierten und über Großhändler vertriebenen Brennstoffs zeigt sich der schmelzende Preisvorteil von Pellets gegenüber den fossilen Energieträgern für den Kunden deutlich und beeinflusste die Kaufentscheidung. Hier konnten auch Förderprogramme nicht ausreichend gegensteuern. Mehrere milde Winter in Folge mit niedrigem Bedarf an Heizwärme dürften diesen Effekt noch verstärkt haben.

Ein gegenläufiger Trend jedoch war bei Hackschnitzelkessel zwischen 51 und 100 kW zu beobachten, die i.d.R. im ländlichen Raum und nah an der Primärproduktion zu verorten sind. Aufgrund des hohen Schadholzanfalls im Wald besteht zunehmend sowohl logistischer als auch finanzieller Druck, Hackschnitzel vor Ort energetisch zu nutzen. Waldbesitzer stoßen deshalb kleine Nahwärmeprojekte im nachbarschaftlichen Umfeld an, die offensichtlich eine größere Akzeptanz in der Bevölkerung erfahren als Großprojekte. Die Investitionstätigkeit von Akteuren aus der ersten Stufe der Wertschöpfungskette ist eine Besonderheit Bayerns unter allen Bundesländern. Der Anteil des Privatwaldes ist mit 57 % (LWF 2020) sehr hoch und ermöglicht so vielen Bürgern einen direkten Zugriff auf die Ressource Energieholz.

Bei der Verbrauchergruppe der Privathaushalte deuten die Erhebungen zu den Energieholzmarktberichten 2014, 2016 und 2018, wie auch in Kapitel 2.6.6 beschrieben, auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Energieholzverbrauch und der Witterung in der jeweilig 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. vorrangig der Stromerzeugung dient. Um wetterbedingte Verbrauchsschwankungen belegen zu können, ist es notwendig, die Betriebsdaten eines konstanten Heizwerkspools über Jahre hinweg zu vergleichen. Aus der bei C.A.R.M.E.N. e.V. geführten Förderdatenbank konnten 62 bayerische Holz-Heizwerke identifiziert werden, die ausschließlich den Heiz- und Warmwasserbedarf von Liegenschaften decken und über einen Betrachtungszeitraum von neun Jahren keine wesentliche Veränderung in der Abnehmerstruktur erfahren haben. Über die jährliche Berichtspflicht gegenüber dem Fördermittelgeber (TFZ) sind unter anderem die von den Heizwerken seit 2010 bereitgestellten Wärmemengen und die jährlich erzeugten Wärmemengen aus den Holzkesseln bekannt, wobei letztere in einem proportionalen Zusammenhang zu den verbrauchten Energieholzmengen stehen. In Abbildung 42 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. Allerdings scheint es, dass mittlere und große Holzfeuerungen zur Bereitstellung von Heizenergie weniger elastisch auf den Witterungseinfluss reagieren. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Holzkessel der ausgewerteten Nahwärmeprojekte i.d.R. nur auf die Hälfte der benötigten Heizlast ausgelegt sind, also als Grund- und Mittellastkessel betrieben werden. In überdurchschnittlich kalten Jahren mit einer hohen Anzahl von Frosttagen wird der Mehrbedarf an Heizwärme bei sogenannten bivalenten Holzheizwerken von fossilen Spitzenlastkesseln gedeckt, so dass Frostperioden nicht zwingend zu einer höheren Auslastung der Anlagen führen. Darüber hinaus wirken sich Wärmeverluste des Netzes und die Wärmebereitstellung für Warmwasser dämpfend auf die Volatilität der zu erzeugenden Wärmemenge von zentralen Energieerzeugern aus. Die Zahl der Heizgradtage in Bayern ist im Kalenderjahr 2018 um 9 % niedriger gewesen als 2016. Die Wärmebereitstellung durch Holz ist dagegen beim betrachteten Heizwerkspool von 2016 auf 2018 nur um 5 % gesunken.

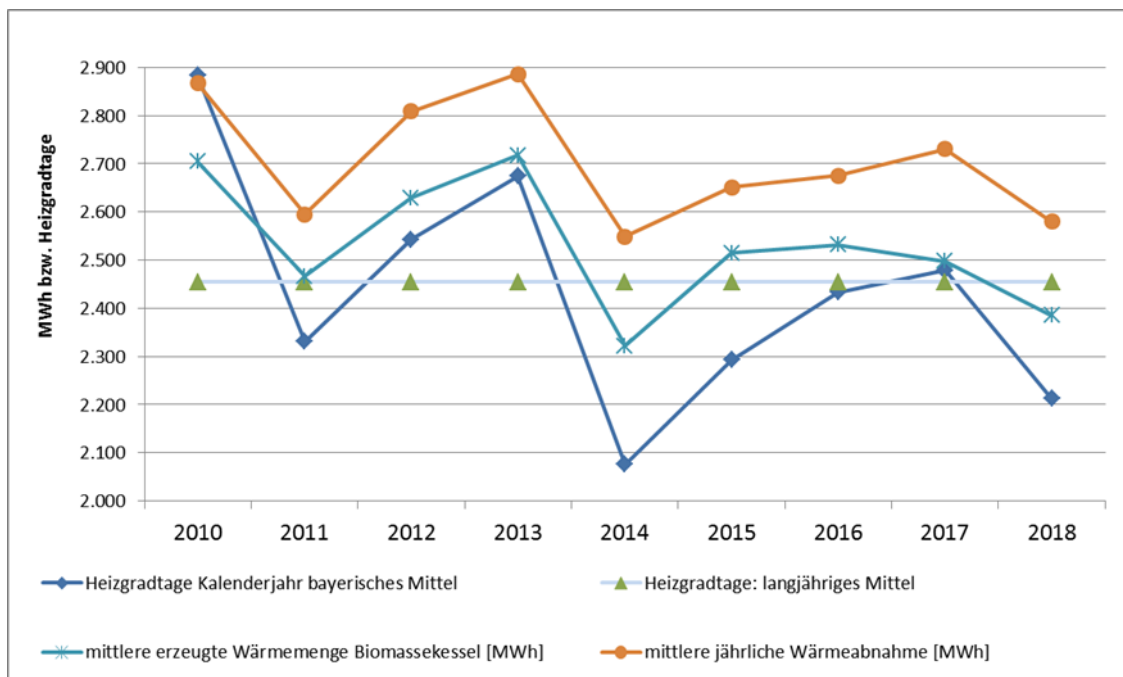


Abbildung 42: Verlauf der Heizgradtage (Heizgrenztemperatur 15°C) der über die Bevölkerungsverteilung gemittelten Messwerte bayerischer Wetterstationen, der mittleren erzeugten holzbasierten Wärmemenge, sowie der mittleren Wärmeabnahme von 62 geförderten Biomasseheizwerken (Quelle: IWU 2019, HIENDLMEIER 2020)

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 2018 auf ca. 3,46 Mio. t atro geschätzt. Davon wurden rund 53 % in stromerzeugenden Anlagen genutzt, die in Bayern 1,6 TWh erneuerbaren Strom bereitstellten. Bis auf wenige Ausnahmen im Bereich der Altholzverwertung werden diese Anlagen nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben, so dass zusätzlich zum Strom noch 3,5 TWh Abwärme genutzt bzw. vermarktet werden konnten. Die installierte elektrische Leistung aus fester Biomasse beträgt laut Erhebung rund $252 \text{ MW}_{\text{el}}$ und liegt damit auf demselben Niveau wie 2016. Alle bekannten großen (Heiz)kraftwerke blieben über die beiden Betrachtungsjahre am Netz, neu in Betrieb genommen wurden lediglich Holzvergasungsanlagen mit einer Leistung von rund 3 MW_{el} . Den reinen Wärmeerzeugern $> 50 \text{ kW}$ ordnet die Studie über die Stichprobenerhebung einen Verbrauch von rund 1,62 Mio. t atro bei einer Wärmebereitstellung von 6,8 TWh zu. Im Vergleich zur Erhebung des Jahres 2016 wurde 2018 ein um 14 % höherer Energieholzbedarf ermittelt. Der Mehrverbrauch ist jedoch nur zu einem kleinen Anteil vom Anlagenzubau verursacht, vielmehr liegt die Begründung in einer Änderung beim Hochrechnungsverfahren und neuen Erkenntnissen bei den Bestandszahlen der reinen Wärmeerzeuger.

Automatisch beschickte Holzfeuerungen im mittleren Leistungsbereich erfahren seit Jahren einen stetigen, aber im Vergleich zum Boomzeitraum 2005 bis 2014 inzwischen lediglich moderaten Zubau. Trotz statistischer Unsicherheiten kann über die vergangenen vier Jahre ein Nettozubau von rund 400 Anlagen pro Jahr beobachtet werden (vgl. Kapitel 2.7.3). Insbesondere kleine Nahwärmeprojekte mit Biomassekessel zwischen 50 bis 200 kW wurden trotz der im Betrachtungszeitraum niedrigen Preise für Gas und Heizöl vermehrt realisiert. Ein Grund hierfür ist die kalamitätsgetriebene, flächendeckend hohe Verfügbarkeit von Hackschnitzeln und die breitgestreuten Waldbesitzverhältnisse in Bayern mit einem hohen Privatwaldanteil. Die Eigenversorgung mit zusätzlicher Wärmelieferung an externe Abnehmer in überschaubarem Umfang steht dabei im Vordergrund. Diese Kombination bietet die Möglichkeit, ohne zu hohes wirtschaftliches Risiko, kostendeckende Erlöse für Waldrestholz zu erzielen. Der Waldbesitzer ist damit nicht dem Preisverfall am angebotsdominierten Hackschnitzelmarkt ausgeliefert, sondern profitiert von der gesamten Wertschöpfungskette Energieholz. Im Jahr 2019 war in etwa 100 Projektbesprechungen im Rahmen des bayerischen Holzheizwerk-Förderprogramms BioKlima die vermehrte Bereitschaft von Waldbesitzern, in entsprechende Anlagen zu investieren, bereits sehr deutlich zu spüren.

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt für ein Gebäude einen maximal zulässiger Jahresprimärenergiebedarf vor. Daran ist auch die öffentliche Hand gebunden, wenn beispielsweise kommunale Gebäude saniert und energetisch auf den neuesten Stand gebracht werden. Mit der Wahl eines Holzheizsystems oder mit einem holzbasierten Nahwärmeanschluss, die niedrige Primärenergiefaktoren von 0,2 bzw. 0,1 aufweisen, lassen sich die gesetzlichen Vorgaben leichter einhalten. Dies ist meist der Grund, warum Kommunen sich bei Baumaßnahmen z.B. im Bereich von Schulen auch in Zeiten niedriger Gas- und Ölpreise für eine Holzheizung entscheiden. Oft fällt dabei die Wahl auf eine Pelletheizung, da sie einen weitestgehend störungsfreien und wenig personalintensiven Anlagenbetrieb ermöglicht. Es ist daher zu erwarten, dass im Sanierungsfall auch über die kommenden Jahre hinweg Holzfeuerungen im mittleren Leistungsbereich eine wichtige Rolle spielen und dadurch Bestandszuwächse generiert werden. Die Waldbauern und auch die bayerische Pelletindustrie stehen bereit, um neue Holzenergieprojekte mit Brennstoff zu beliefern.

Ausgedehnte holzbasierte Wärmenetze mit Anschlussleistungen von mehreren MW werden nur noch selten realisiert, auch aufgrund von Akzeptanzproblemen bei den im Umfeld betroffenen Bürgern. Ein Markt mit Wachstumspotenzial für große Holzfeuerungen besteht jedoch bei der Bereitstellung von Prozesswärme auch im Bereich der Hochtemperaturanwendung. 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. Die jahrelange Unsicherheit hinsichtlich einer von der Branche als wirtschaftlich nicht tragbar eingestuften Verschärfung der Emissionsgrenzwerte ist vom Tisch und Bauherrn von Holzfeuerungen über 1 MW Feuerungswärmeleistung haben wieder Planungssicherheit. Die immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für genehmigungsbedürftige Anlagen sind Mitte des Jahres 2019 in Form der Vierundvierzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (44. BImSchV) neu in Kraft getreten und beinhalten weitgehend Auflagen, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen und von der Branche somit weitgehend problemlos umgesetzt werden können.

Die Wärmebereitstellung aus Biomasse wird in zukünftigen Energiekonzepten immer häufiger eine neue Rolle spielen. Neben dem klassischen Einsatzgebiet als Grundlastversorgung übernimmt Biomasse bei Einspeisung von Abwärme aus Industrieprozessen oder KWK-Anlagen (hier insbesondere Biogasanlagen und Gas-BHKW) immer öfter die Mittel- oder auch die Spitzenlastversorgung. Neue Nahwärmekonzepte binden zudem Umweltwärme oder Solarthermie ein, wobei Biomasse durch ihre ebenfalls gegebene Speicherfähigkeit die Unabhängigkeit der Wärmeerzeugung von fossilen Energieträgern gewährleisten soll und nicht mehr die maximale Auslastung im Vordergrund steht. Zunehmende Schnittstellen zur Verbesserung der Sektorkopplung sind ebenfalls erkennbar.

Mit Änderungen in der Förderlandschaft und bei Verordnungen und Gesetzen, die die Energieeffizienz von Gebäuden betreffen, hat die Bundesregierung im Jahr 2019 und 2020 neue Impulse am Wärmemarkt gesetzt. Ziel ist, bis zum Jahr 2050 einen weitgehend klimaneutralen Gebäudebestand in Deutschland zu realisieren. Es ist zu erwarten, dass sich aus den eingeleiteten Maßnahmen eine deutliche Nachfragesteigerung bei Energieholz ergeben wird. So wird beispielsweise bereits seit 2019 die Bereitstellung von Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien mit bis zu 55 % der förderfähigen Kosten bezuschusst (BMW 2020A). Darüber hinaus wurde dem Sanierungsstau bei der Gebäudehülle und in deutschen Heizungskellern der Kampf angesagt. Der Einbau von Öl-Brennwertgeräten ist ab 2026 nur mehr in Kombination mit einem regenerativen Heizsystem zulässig (BMU 2019). Heizöl soll langfristig durch Gas oder erneuerbare Energieträger ersetzt werden. Mit Zuschüssen bis zu 45 % der förderfähigen Kosten, die bei Austausch eines alten Ölkessels gegen beispielsweise eine Holzheizung seit 2020 möglich sind, soll dies gelingen (BMW 2020B). Gerade die Holzpelletbranche wird von diesem Maßnahmenpaket profitieren, denn im Gebäudebestand ist eine Pelletheizung oft die einzige technisch sinnvolle Alternative, sofern kein Gasanschluss möglich ist. Auch die beschlossene CO₂-Bepreisung fossiler Energieträger ab 2021 mit stufenweiser Anhebung wird sich beschleunigend auf den Umbau am Wärmemarkt auswirken.

Keine Impulse seitens des Gesetzgebers gab und gibt es hingegen bei der Stromerzeugung aus fester Biomasse, deshalb kann die Markterhebung hier auch nur wenig Bewegung feststellen. Der Bestand an immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen KWK-Anlagen blieb von 2016 auf 2018 in Bayern weitgehend konstant. Ein verhaltener Zubau ist lediglich bei den Holzvergäsern zu verzeichnen. Bei den derzeit im Rahmen des EEG bestehenden Vergütungssätzen in der Festvergütung von unter 13 €Cent je kWh eingespeistem Stroms ist eine Wirtschaftlich-

keit von Holzvergaseranlagen nur noch bei sehr hohen Vollbenutzungsstunden (>7.500h) und vollständiger Wärmenutzung gekoppelt mit überdurchschnittlichen Wärmeerlösen darzustellen. Gleichwohl ermöglichen hohe Eigenverbrauchsquoten dem Betreiber interessante Wertschöpfungspotenziale. Realisierungschancen bestehen daher vor allem bei kleinen KWK-Anlagen, die auf den Stromeigenverbrauch der Abnehmer ausgelegt werden. Mit neuen Entwicklungen versuchen die Hersteller daher, den Markt zur Eigenstromversorgung zu erschließen. Aufgrund der geringen elektrischen Leistungen und der vergleichsweise wenigen wirtschaftlichen Anwendungsfälle konnten Holzvergaser bisher nur einen untergeordneten Beitrag zur Erreichung der im EEG 2017 festgelegten jährlichen Brutto-Zubauziele von 150 MW_{el} (2017-2019) im Bereich der Biomasse leisten, die im Übrigen in keinem der Ausschreibungsjahre auch nur annähernd erreicht wurden.

2.8 Papier- und Zellstoffindustrie

Die holzverarbeitende bayerische Papierindustrie bestand 2018 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, wurden die Daten aus dem Vorgängerbericht mithilfe der durchschnittlichen Produktionssteigerung fortgeschrieben. Die Papierproduktion in Bayern stieg seit 2013 von 4,2 Mio. Tonnen beständig auf 4,6 Mio. Tonnen im Jahr 2016 an, danach pendelte sie leicht um dieses Niveau (BAYPAPIER 2019). Die Daten für Sappi Stockstadt wurden aus der Umwelterklärung entnommen (SAPPI 2019).

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, 2019) 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 2019) übertragen und daraus das Gesamtaufkommen in Bayern geschätzt. Der Altpapierverbrauch wurde aus der Einsatzquote von 76 % für die Papierfabriken (VDP 2019) und der Papierproduktion in Bayern nach den Angaben von BAYPAPIER (2019) 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 für das Jahr 2018 ein Fm Holz 0,581 Tonnen Papier und der Umrechnungsfaktor von t lutro zu Fm m. R. beträgt 1,722. 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 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 2018 auf 1.000.000 Festmeter o. Rinde (1.150.000 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 400.000 m³ 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 2018 liegt bei 3.750 m³ Sägespäne, 25.000 m³ Bruch- und Kappholz und 150.000 m³ Rinde. In Schongau wird eine betriebseigene KWK-Anlage betrieben, in der holzartige Brennstoffe verwendet werden. Neben Altholz werden dort auch Faserreststoffe und Altpapierreste aus der Produktion verwertet.

2.8.3 Holzverbrauch der bayerischen Zellstoffindustrie

Das Werk in Stockstadt produziert gestrichenes Feinpapier und Naturpapier aus Buchenzellstoff. 2018 wurden dort rund 425.000 Tonnen Papier und 123.000 Tonnen Zellstoff produziert (SAPPI 2019). Sappi Stockstadt ist ein integriertes Werk mit eigenem Kraftwerk und Zellstoffproduktion für die Papierherstellung. Die dafür benötigten Holzmengen werden in der Umwelterklärung mit 211.000 Tonnen Rundholz (380.000 Festmeter o. R.) und 54.000 Tonnen (97.000 Festmeter o. R.) Hackschnitzel aus Sägenebenprodukten angegeben. Außerdem wurden 135.000 Tonnen Fremdzellstoff für die Papierproduktion eingesetzt. Das integrierte Kraftwerk wird mit Reststoffen aus der Produktion (Schwarzlauge) betrieben. Der Verbrauch wird hier auf rund 100.000 Tonnen berechnet. Der Einsatz von Frischholz in der Zellstoffindustrie wird auf rund 500.000 Festmeter m. R. berechnet.

2.8.4 Aufkommen und Verbrauch von Altpapier

Der wichtigste Rohstoff für die bayerische Papierindustrie ist das Altpapier. Das Aufkommen wird auf 2,70 Mio. Tonnen lutro geschätzt. Zusätzlich fand ein Nettoimport von 238.000 Tonnen Altpapier statt. Der Verbrauch wurde auf 3,48 Mio. Tonnen lutro geschätzt. In die Holzbilanz geht das Aufkommen von 2,48 Mio. Tonnen atro und der Verbrauch von 3,20 Mio. Tonnen atro ein.

2.8.5 Fazit und Marktgeschehen

Die Papierherstellung hatte zwischen 2007 und 2018 einen Beschäftigungsrückgang von 2 % zu verzeichnen, noch weit stärker hingegen war die Weiterverarbeitung betroffen. Im Druck- und Verlagsgewerbe verringerte sich die Zahl der Beschäftigten um rund 23 %. 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.

Marktgeschehen 2016 bis 2019

Ende 2016 kündigte UPM die Stilllegung jeweils einer Papiermaschine in Augsburg und im österreichischen Steyermühl an. Gleichzeitig verringert die Laakichen Papier AG den Einsatz von Schleifholz zugunsten von mehr Altpapier (HEINZEL GROUP 2017). Der Preis für Schleifholz wurde Ende 2016 um knapp 4 Euro/Rm zurückgenommen (EUWID 48/2016). Im Jahr 2017 verschob sich 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). Ab Mitte Juli war eine Entspannung auf dem Schleifholzmarkt zu spüren, da viele Forstbetriebe die Bereitstellung von Schleifholz reduzierten; bei der Käferholzaufarbeitung wurde offensichtlich nur wenig gerändelt (EUWID 34/2017). Die Preise wurden für Sturmholz aus

Niederbayern im Nachgang des Gewittersturms Kalle nochmals gesenkt und haben teilweise 25 -27 €/Rm erreicht; allerdings verlief die Bereitstellung von Schleifholz im Sturmgebiet nur schleppend (EUWID 41/2017). Die geringe Bereitstellung aus den Sturmgebieten führte in Verbindung mit der Rückgabe von Stockhiebsflächen in Tschechien zu einem deutlich spürbaren Mengenverknappung (EUWID 1/2018). Außerhalb der Sturmgebiete wurden die Preise für Schleifholz fortgeschrieben (EUWID 44/2017A). Im Jahresverlauf 2017 kam es zu Lieferrückständen beim Schleifholz, die von manchen Betrieben durch die Aushaltung von schwächeren Sägesortimenten als Schleifholz oder durch den Einkauf von Sägeholzabschnitten und Industrieholz durch die Papierwerke zum Teil ausgeglichen wurden; ab Februar entspannte sich die Lage und es konnte auf diese Maßnahmen verzichtet werden (EUWID 8/2018). Dennoch lagen die Lieferrückstände von einigen Forstbetrieben Anfang Mai noch bei 60 % und konnten erst danach verkleinert werden; In den Sturmgebieten wurden vermehrt Sägeholzdimensionen als Schleifholz ausgehalten, da der Preisrückgang beim Sägeholz so stark war (EUWID 24/2018). Bis Mitte 2018 wurden dann die Lager der meisten Schleifholzabnehmer gut gefüllt, so dass die Waldlager anwuchsen und damit die Probleme, die nötige Qualität des Holzes im Wald zu erhalten; daran hatten auch die steigenden Holz mengen aus Tschechien ihren Anteil, da dort zunehmend Jungbestände vom Einschlagstopp ausgenommen wurden (EUWID 32/2018A). In der Folge kam es dann zu geringfügigen Preissenkungen für Schleifholz in Bayern, wobei auch die Mengen für die forstlichen Zusammenschlüsse gekürzt wurden (EUWID 46/2018). Im ersten Halbjahr 2019 hat sich dann die Absatzsituation für Schleifholz deutlich verschlechtert, da Papierfabriken Produktionsrücknahmen und Einkaufstopps bekanntgegeben haben. UPM hat die Vertragsmengen um 20 % gesenkt (EUWID 21/2019), da die PM 10 in Plattling mit einem Verbrauch von 130.000 – 150.000 fm/Jahr dauerhaft stillgelegt wurde (EUWID 30/2019) und auch die PM 1 in Plattling von einer temporären Abstellung betroffen sein sollte (EUWID 21/2019). In den Vertragsverhandlungen im November 2019 wurden die Preise für Schleifholz in Bayern um 15 % gesenkt (EUWID 45/2019).

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 2018 aus insgesamt 12 Betrieben mit mehr als 20 Mitarbeitern (BLFS 2019B). In dieser Studie wurde die Betrachtung auf Betriebe konzentriert, die Waldholz oder 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 m³ Spanplatten hergestellt (EUWID 26/2016) und die Menge für 2018 fortgeschrieben. Für Pfeleiderer in Neumarkt wurden die Produktionsmengen ausgehend von der Produktionsmenge, die dem Energieholzmarktbericht 2014 zugrunde liegt, mittels der Entwicklung der Umsätze gemäß den Produktionsstatistiken des Bayerischen Landesamtes für Statistik geschätzt (BLFS 2017, 2016, 2015). Für 2017 und 2018 wurden die durchschnittlichen Produktionssteigerungen aller deutschen Werke auf Neumarkt übertragen (EUWID 15/2018A, 16/2019). 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 2018 insgesamt 1,51 Mio. m³ Spanplatte und 210.000 m³ Palettenklötze hergestellt. Die Menge des 2018 in der stofflichen Produktion eingesetzten Waldholzes wird auf 197.000 Fm o. R. (224.000 Fm m. R.) geschätzt. An Sägenebenprodukten und Altholz wurde eine Menge von 1,99 Mio. Fm verwendet. Insgesamt wird eine Menge von 2,21 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. (2017B) 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. Allerdings zeigen die Erhebungen in dieser Arbeit, dass sich der Faktor mit steigendem Altholzeinsatz leicht verringert.

2.9.4 Fazit und Trends

In Deutschland wurden von 2010 bis 2015 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 befindet sich 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. 2017B). Im Berichtszeitraum wurden in Westeuropa vornehmlich Ersatzinvestitionen durchgeführt. Erwähnenswert ist hier vor allem die neue kontinuierliche OSB-Pressen von Kronospan in Luxemburg, weil hier erstmals Altholz in OSB-Platten eingesetzt werden soll; nach den neuen Plänen bis zu 50% (EUWID 48/2018). 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). Weiterhin wurde in Neumarkt in eine neue Altholzaufbereitung investiert, damit der Anteil an Altholz weiter gesteigert werden kann (EUWID 15/2018B). 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 Wachstumspotenzial 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 betrug 2018 19,71 Mio. Fm m. R. und ist damit um 2,74 Mio. Festmeter gegenüber 2016 gestiegen. Bei Stammholz gab es eine Mengenzunahme von 1,33 Mio. Festmeter. Scheitholz nahm um 0,72 Mio. Festmeter und Hackschnitzel um 0,43 Mio. Fm zu. Die bayerischen Waldbesitzer verarbeiteten 2018 ca. 35 % des Einschlags zu Scheitholz oder Waldhackschnitzel, das ist knapp 1 %-Punkt mehr als 2016 und erreicht damit wieder das Niveau von 2014.

An Sägenebenprodukten fielen 2018 4,46 Mio. m³ und damit 0,03 Mio. m³ mehr als 2016 an. Der Anfall an Rinde in den Sägewerken stagnierte bei 1,11 Mio. m³. Das Aufkommen an Altpapier wird auf 4,65³⁶ Mio. m³ oder 2,48 Mio. Tonnen atro geschätzt.

FRIEDRICH UND KNAUF (2016) gehen bei der Weiterverarbeitung von Schnittholz zum Endprodukt von einem Verschnitt von 30 % und bei Holzwerkstoffen von 15 % aus. Die Produktion von Schnittholz lag 2018 bei 6,68 Mio. m³ der Außenhandelsaldo lag bei 1,63 Mio. m³. Damit errechnet sich ein Verschnitt von 1,52 Mio. m³. Die Spanplattenproduktion erreichte 2018 1,51 Mio. m³. Der Nettoimport an Holzwerkstoffen betrug 0,29 Mio. m³ (BLFS 2019F). Der Verschnitt an Holzwerkstoffen liegt demnach bei 0,22 Mio. m³. Damit summiert sich das Industrie-restholz zu 1,79 Mio. m³.

Das Aufkommen an Altholz wurde mit 3,66 Mio. Festmeter hochgerechnet. Diese Menge setzt sich aus den Meldungen der Altholzaufbereiter (3,17 Mio. Fm) und den Meldungen aus der Haushaltsumfrage (0,48 Mio. Fm) zusammen.

Unter Flur und Siedlungsholz sind die Mengen aus den Kommunen von 205.000 Fm sowie die Meldungen der Hackerunternehmen von 580.000 Fm und die Mengen aus der Haushaltsumfrage von 767.000 Fm summiert. Es ergibt sich hieraus eine Gesamtmenge von 1,55 Mio. Fm m. R. Für die Berechnung der Menge in Tonnen atro siehe Kapitel 2.4.3. Das Hackschnitzelaufkommen aus Kurzumtriebsplantagen belief sich 2018 auf 27.000 Fm.

3.2 Verbrauch

Der Verbrauch an Energieholz beläuft sich 2018 auf 17,47 Mio. Fm. Davon haben die Privathaushalte 9,01 Mio. Fm und die Biomasseheiz(kraft)werke 8,46 Mio. Festmeter verbraucht. Die Ergebnisse für die Privathaushalte in Tabelle 30 sind allerdings nicht mit den Zahlen für 2014

³⁶ Die Zahl stellt nicht das tatsächliche Volumen an Altpapier dar, sondern das Volumen an Holzfasern, das im Altpapier enthalten ist.

und 2016 vergleichbar, da die Berechnungsmethode für das Jahr 2018 geändert wurde (vgl. Kapitel 2.6.1).³⁷ Die Anzahl der Biomasseheiz(kraft)werke hat sich leicht und der Verbrauch um 1,05 Mio. Fm erhöht. Auch hier ist der Mehrverbrauch überwiegend durch neue Erkenntnisse in der Datenbasis bedingt.

Die Papierindustrie verzeichnet in den vergangenen Jahren eine leichte Zunahme beim Verbrauch von Rohstoffen auf Holzbasis. 2014 wurden knapp 7,42 Mio. m³ verbraucht. 2016 lag dieser Wert bei 8,27 Mio. m³ und fiel dann 2018 auf 8,26 Mio. m³. Der Holzeinsatz in der Holzwerkstoffindustrie nahm im Vergleich zu 2016 leicht zu und beträgt nun 2,21 Mio. Fm.

Die bayerischen Sägewerke verarbeiteten 2018 12,46 Mio. Fm Rohholz zu 6,68 Mio. m³ Schnittholz. 50 % der Sägenebenprodukte und 55 % 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 43.

³⁷ In Kapitel 2.6.3 und 2.6.6 werden die tatsächlichen Veränderungen beim Verbrauch der Privathaushalte zwischen 2016 und 2018 unter Anwendung der neuen Berechnungsmethode diskutiert.

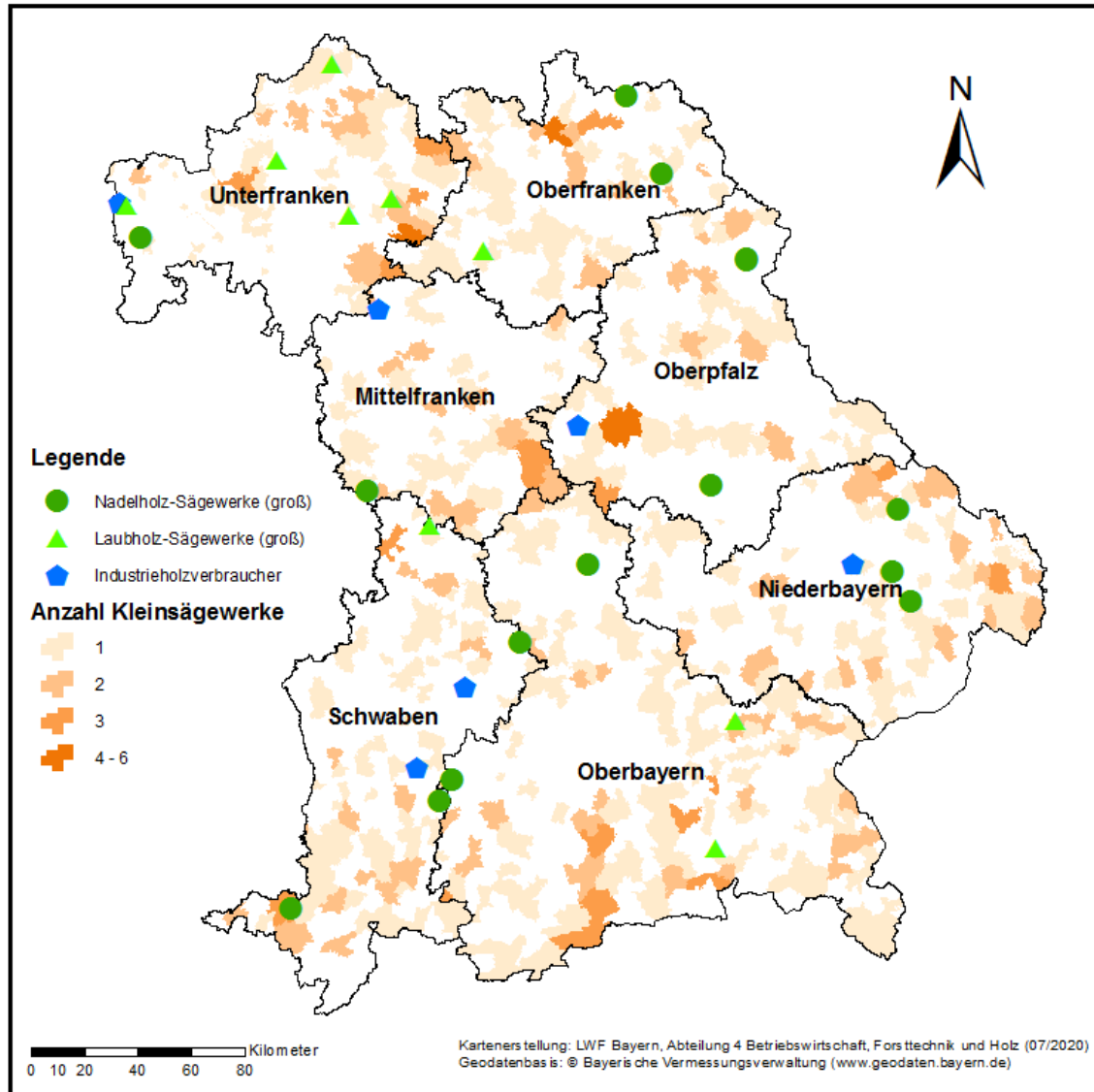


Abbildung 43: Standorte der Rundholzverbraucher in Bayern 2018.

3.3 Außenhandel

2018 wurde erstmals nach 2010 wieder mehr Rohholz aus Bayern exportiert als importiert (Abbildung 44). Der Saldo betrug rund 70.000 Festmeter. Die Entwicklung bis 2014 lies auf einen weiter steigenden Import von Rohholz schließen, dann änderte sich aber mit dem Sturm „Niklas“ im Jahr 2015 und der nachfolgenden Borkenkäfer Massenvermehrung das Bild. In der Folge stiegen die Exporte aus Bayern an, so dass 2018 ein netto Export von Rohholz entstand. Haupttreiber für diese Entwicklung war das Nadelrohholz, denn die netto Exporte von Laubrohholz pendelten in den vergangenen Jahren auf einem Niveau von knapp 200.000 Festmetern.

Hauptlieferant von ausländischem Rundholz für die bayerischen Sägewerke war 2018 wie bereits die vorhergehenden Jahre Tschechien mit 1,8 Mio. Festmeter. Bei den Holzlieferungen aus Tschechien gab es 2017 nur ein kleine Delle – die Importe von dort sanken um knapp 200.000 Festmetern, haben aber 2018 wieder den Wert von 2016 erreicht. 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 – mit deutlich geringerem Volumen – ist Österreich. Von dort wurden knapp 0,2 Mio. Festmeter importiert. Dagegen ist Österreich aber Hauptabnehmer von exportiertem Rundholz der bayerischen Waldbesitzer, denn 2018 wurden 1,8 Mio. Festmeter dorthin geliefert. Die nach Österreich exportierten Rundholzmengen stiegen seit 2016 um rund 43 % an. Drittwichtigster Handelspartner ist Frankreich. Von dort werden 0,05 Mio. Festmeter - vornehmlich Laubrundholz - importiert. Der Export dorthin ist nur marginal und liegt bei knapp 6.000 Festmeter. Weiterhin werden in die Volksrepublik China knapp 52.000 Festmeter überwiegend Laubrundholz und nach Italien knapp 30.000 Festmeter vorwiegend Nadelrundholz exportiert. Ein verstärkter Export von deutschem Nadelrundholz in die Volksrepublik China setzte erst im letzten Quartal von 2018 ein.

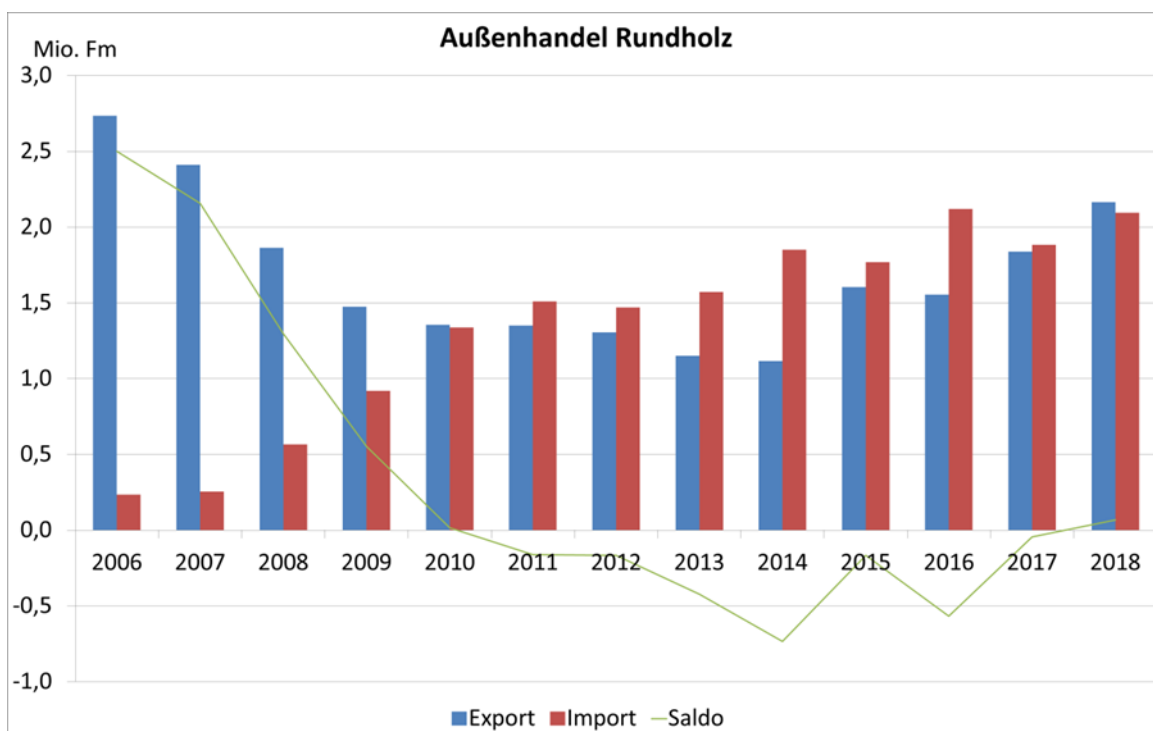


Abbildung 44: Außenhandel Bayerns mit Rundholz von 2006 bis 2018. 2006 war der Außenhandel geprägt vom Export. Doch das änderte sich rasch und von 2011 bis 2017 war Bayern netto ein Importeur für Rundholz. Der Großteil des gehandelten Rundholzes ist Nadelholz. Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik

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 1,6 Mio. Kubikmeter im Jahr 2018. Bei nahezu gleichbleibenden Importmengen steigerten sich die Exporte von Schnittholz seit 2015 – und damit dem Beginn der Störungen auf dem Holzmarkt – um 45 %.

Die Statistik für Bayern zu den Energieholzsortimenten fasst Sägenebenprodukte, Brennholz und Pellets zusammen. Von 2008 bis 2016 gab es in dieser Produktgruppe stets einen Außenhandelsüberschuss. Dieser sank von 2012 (0,65 Mio. Tonnen³⁸) innerhalb eines Jahres auf 0,20 Mio. Tonnen und stieg seitdem stetig auf 0,70 Mio. Tonnen in 2018 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 2018 Sägenebenprodukte beim Export 75 % und beim Import 67 % des Handelsvolumens aus. Holzpellets haben ein Handelsvolumen von 20 % am Export und 11 % am Import. Brennholz ist mit 3 % am Export und mit 11 % am Import beteiligt. Der Nettoimport von Brennholz nach Deutschland beträgt 362.000 Tonnen. Allerdings bestehen beim Außenhandel mit Brennholz einige Unwägbarkeiten, denn während z. B. die Tschechische Republik Hauptlieferant von Rundholz nach Bayern ist, wurden 2018 nur knapp 16.000 Tonnen Scheitholz nach Deutschland geliefert. Aus der Ukraine wurden im gleichen Jahr dagegen rund 64.000 Tonnen nach Deutschland geliefert. 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 136.000 t atro³⁹ bei der Ausfuhr und 278.000 t atro bei der Einfuhr. Dies ergibt einen Nettoimport von 142.000 t atro.

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.

³⁸ Für die Umrechnung in Tonne atro wird ein Wassergehalt von 35 % angenommen.

³⁹ Für die Umrechnung der Zuschätzungen in Tonnen atro wurde ein Wassergehalt von 15 % angenommen.

3.4 Bilanzen

Im Folgenden wird die Holzbilanz für das Jahr 2018 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 Petajoule dargestellt. Fett gedruckt sind Zwischensummen. Einige Werte wurden nur nachrichtlich 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. Der Außenhandel mit Schnittholz wird ebenfalls nur nachrichtlich erwähnt, da das exportierte Holz schon in der Schnittholzproduktion der Sägewerke enthalten ist und in diesem Bericht nur die erste Verarbeitungsstufe von Holz untersucht wird⁴⁰. 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 2018 rund 40 Mio. m³. Die Steigerung gegenüber 2014 beträgt rund 13 %, wobei ein Teil dieses Anstiegs auf besseren Erfassungsmethoden sowie besseren Datengrundlagen zurückgeht. Die energetische Verwertung ist dabei mit 31 % deutlich stärker gestiegen als die stoffliche Verwertung mit rund 10 %. Zum einen steigt und sinkt die energetische Nutzung je nach Härte des Winters, aber weiterhin wurden die Verbesserungen in der Methode auch gerade beim energetischen Verbrauch erzielt, wodurch ein großer Anteil des Anstiegs erklärt wird.

Die energetische Nutzung von Holz in m³ hatte 2018 einen Anteil von rund 51 %. 2014 lag dieser Anteil bei 46 % und 2016 auf 48 %.

Beim Aufkommen muss noch ein Bilanzausgleich von 3,06 Mio. m³ angeführt werden. 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 in Bayern 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.

Der innerdeutsche Handel wird in den Umfragen nicht erfasst und deswegen auch im Bilanzausgleich abgebildet.

Beim Stammholz übersteigt die Verwendung das Aufkommen um 1,27 Mio. Fm und erhöht somit den Bilanzausgleich. Aus GÖRWEIN ET AL. (2019) ist bekannt, dass bayerische Sägewerke

⁴⁰ In den Bilanzen bis 2016 wurde der Außenhandel mit Schnittholz mit eingerechnet, weswegen sich nun die Bilanzsumme im Nachhinein verringert.

auch innerhalb Deutschlands Stammholz im Zugverkehr beziehen. Demnach wird der Großteil dieser Menge aus dem Binnenhandel resultieren.

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 1,35 Mio. m³ 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. Somit sind gut 2,62 Mio. Fm von 3,06 Mio. Fm Bilanzausgleich erklärt.

Tabelle 30: Holzbilanz für Bayern in Festmetern mit Rinde (Fm m. R.) bzw. m³ der Jahre 2014, 2016 und 2018

| Aufkommen | Menge [Mio. Fm m.R. bzw. m ³] | | | Verbrauch | Menge [Mio. Fm m.R. bzw. m ³] | | |
|--------------------------------|--|--------------|--------------|---|--|--------------|--------------|
| | Jahr | 2014 | 2016 | | 2018 | 2014 | 2016 |
| Waldholz in Form von: | | | | Privathaushalte | 6,92 | 8,31 | 9,01 |
| Stammholz | 9,76 | 9,93 | 11,26 | Biomasseheiz(kraft)werke | 6,46 | 7,41 | 8,46 |
| Scheitholz | 4,43 | 3,63 | 4,35 | | | | |
| Hackschnitzel | 1,88 | 2,12 | 2,55 | Zwischensumme energetische Nutzung | 13,38 | 15,72 | 17,47 |
| Industrieholz | 1,40 | 1,29 | 1,55 | | | | |
| nicht erfasster Einschlag | 4,34 | ? | ? | Holzwerkstoffindustrie | 1,92 | 2,14 | 2,21 |
| | | | | Papier- / Zellstoffindustrie | 7,42 | 8,27 | 8,26 |
| Sägenebenprodukte | 4,15 | 4,43 | 4,46 | davon Frischholz | 1,69 | 1,78 | 1,65 |
| Rinde | 0,90 | 1,11 | 1,11 | davon Zellstoff (ohne Eigenerzeugung) | 0,63 | 0,55 | 0,61 |
| Hobelspane | 0,20 | 0,17 | 0,16 | davon Altpapier | 5,10 | 5,94 | 6,00 |
| Industrierestholz | 0,88 | 1,83 | 1,79 | Sägeindustrie - Einschnitt | 11,15 | 12,46 | 12,46 |
| Altholz | 2,74 | 1,91 | 3,66 | davon Schnittholz | 5,90 | 6,74 | 6,68 |
| Altpapier | 4,24 | 4,64 | 4,65 | <i>Sägenebenprodukte Rinde</i> | 5,25 | 5,64 | 5,58 |
| Flur- und Siedlungsholz | 0,91 | 1,58 | 1,55 | Garten- und Landschaftsbau | 0,33 | | |
| Holz aus Kurzumtriebsplantagen | 0,04 | 0,03 | 0,03 | Zwischensumme stoffliche Nutzung | 15,57 | 17,15 | 17,15 |
| Binnenhandel Deutschland | | | | Binnenhandel Deutschland | | | |
| Import | 4,62 | 4,73 | 5,38 | Export | 3,20 | 3,76 | 5,22 |
| Rundholz | 1,85 | 2,11 | 2,10 | Rundholz | 1,26 | 1,49 | 2,16 |
| <i>Schnittholz</i> | <i>0,90</i> | <i>0,79</i> | <i>0,97</i> | <i>Schnittholz</i> | <i>2,34</i> | <i>2,13</i> | <i>2,60</i> |
| Sägespäne, Brennholz | 0,81 | 0,63 | 0,72 | Sägespäne, Brennholz | 1,20 | 1,51 | 1,86 |
| Altholz | | | | Altholz | | | |
| Altpapier | 1,32 | 1,38 | 1,25 | Altpapier | 0,73 | 0,70 | 0,84 |
| Halbstoffe(v. a. Zellstoff) | 0,64 | 0,61 | 0,62 | Halbstoffe(v. a. Zellstoff) | 0,01 | 0,06 | 0,01 |
| Zuschätzungen Import | | | 0,70 | Zuschätzungen Export | | | 0,34 |
| Bilanzausgleich | | 4,94 | 3,06 | Bilanzausgleich | 3,09 | | |
| Summe | 35,24 | 36,63 | 39,83 | Summe | 35,24 | 36,63 | 39,83 |

Tabelle 31: Holzbilanz für Bayern in Tonnen absolut trocken (Mio. t atro) der Jahre 2014, 2016 und 2018

| Aufkommen | Menge [Mio. t atro] | | | Verbrauch | Menge [Mio. t atro] | | |
|--------------------------------|------------------------|--------------|--------------|---|------------------------|--------------|--------------|
| | Jahr | 2014 | 2016 | | 2018 | 2014 | 2016 |
| Waldholz in Form von: | | | | Privathaushalte | 3,11 | 3,67 | 3,98 |
| Stammholz | 4,00 | 3,92 | 4,46 | Biomasseheiz(kraft)werke | 2,81 | 3,04 | 3,46 |
| Scheitholz | 2,04 | 1,61 | 1,91 | | | | |
| Hackschnitzel | 0,80 | 0,88 | 1,05 | Zwischensumme energetische Nutzung | 5,92 | 6,71 | 7,44 |
| Industrieholz | 0,64 | 0,57 | 0,68 | | | | |
| nicht erfasster Einschlag | 1,87 | ? | | Holzwerkstoffindustrie | 0,84 | 0,87 | 0,90 |
| | | | | Papier- / Zellstoffindustrie | 3,92 | 4,19 | 4,17 |
| Sägenebenprodukte | 1,63 | 1,79 | 1,78 | davon Frischholz | 0,73 | 0,71 | 0,70 |
| Rinde | 0,41 | 0,45 | 0,45 | davon Zellstoff (ohne Eigenerzeugung) | 0,32 | 0,29 | 0,28 |
| Hobelspäne | 0,08 | 0,07 | 0,07 | davon Altpapier | 2,87 | 3,19 | 3,20 |
| Industrierestholz | 0,35 | 0,76 | 0,78 | Sägeindustrie - Einschnitt | 4,59 | 4,94 | 5,00 |
| Altholz | 1,15 | 0,83 | 1,59 | davon Schnittholz | 2,47 | 2,73 | 2,72 |
| Altpapier | 2,39 | 2,49 | 2,48 | <i>Sägenebenprodukte Rinde</i> | 2,12 | 2,26 | 2,23 |
| Flur- und Siedlungsholz | 0,46 | 0,73 | 0,68 | Garten- und Landschaftsbau | 0,14 | | |
| Holz aus Kurzumtriebsplantagen | 0,02 | 0,01 | 0,01 | Zwischensumme stoffliche Nutzung | 7,33 | 7,79 | 7,78 |
| Binnenhandel Deutschland | | | | Binnenhandel Deutschland | | | |
| Import | 2,10 | 2,15 | 2,33 | Export | 1,39 | 1,61 | 2,19 |
| Rundholz | 0,72 | 0,84 | 0,81 | Rundholz | 0,51 | 0,60 | 0,86 |
| <i>Schnittholz</i> | <i>0,39</i> | <i>0,32</i> | <i>0,39</i> | <i>Schnittholz</i> | <i>1,01</i> | <i>0,85</i> | <i>1,03</i> |
| Sägespäne, Brennholz | 0,32 | 0,25 | 0,29 | Sägespäne, Brennholz | 0,47 | 0,60 | 0,74 |
| Altholz | | | | Altholz | | | |
| Altpapier | 0,74 | 0,74 | 0,67 | Altpapier | 0,41 | 0,38 | 0,45 |
| Halbstoffe(v. a. Zellstoff) | 0,32 | 0,32 | 0,28 | Halbstoffe(v. a. Zellstoff) | 0,00 | 0,03 | 0,00 |
| Zuschätzungen Import | | | 0,28 | Zuschätzungen Export | | | 0,14 |
| Bilanzausgleich | | 2,15 | 1,47 | Bilanzausgleich | 1,14 | | |
| Summe | 15,82 | 16,10 | 17,43 | Summe | 15,82 | 16,10 | 17,43 |

Tabelle 32: Holzbilanz für Bayern in Petajoule (PJ) der Jahre 2014, 2016 und 2018

| Aufkommen | Menge [PJ] | | | Verbrauch | Menge [PJ] | | |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---|---------------|---------------|---------------|
| | Jahr | 2014 | 2016 | | 2018 | 2014 | 2016 |
| Waldholz in Form von: | | | | Privathaushalte | 58,16 | 68,52 | 74,36 |
| Stammholz | 75,23 | 73,56 | 83,64 | Biomasseheiz(kraft)werke | 52,69 | 56,76 | 64,60 |
| Scheitholz | 38,09 | 30,09 | 35,69 | | | | |
| Hackschnitzel | 15,09 | 16,37 | 19,58 | Zwischensumme energetische Nutzung | 110,85 | 125,28 | 138,96 |
| Industrieholz | 11,89 | 10,68 | 12,70 | | | | |
| nicht erfasster Einschlag | 35,01 | ? | ? | Holzwerkstoffindustrie | 15,54 | 16,24 | 16,88 |
| | | | | Papier- / Zellstoffindustrie | 73,20 | 78,26 | 77,95 |
| <i>Sägenebenprodukte</i> | <i>30,61</i> | <i>33,70</i> | <i>33,64</i> | davon Frischholz | 13,65 | 13,29 | 13,07 |
| <i>Rinde</i> | <i>7,70</i> | <i>8,45</i> | <i>8,40</i> | davon Zellstoff (ohne Eigenerzeugung) | 5,97 | 5,41 | 5,14 |
| <i>Hobelspäne</i> | <i>1,50</i> | <i>1,31</i> | <i>1,24</i> | davon Altpapier | 53,58 | 59,56 | 59,65 |
| Industrierestholz | 6,57 | 14,32 | 13,44 | Sägeindustrie - Einschnitt | 86,29 | 92,76 | 93,90 |
| Altholz | 21,47 | 15,50 | 29,69 | davon Schnittholz | 45,68 | 51,16 | 50,91 |
| Altpapier | 44,62 | 46,49 | 46,25 | Sägenebenprodukte Rinde | 40,61 | 43,46 | 42,04 |
| Flur- und Siedlungsholz | 8,59 | 13,63 | 12,60 | Garten- und Landschaftsbau | 2,63 | | |
| Holz aus Kurzumtriebsplantagen | 0,37 | 0,19 | 0,18 | Zwischensumme stoffliche Nutzung | 137,05 | 145,67 | 145,64 |
| Binnenhandel Deutschland | | | | Binnenhandel Deutschland | | | |
| Import | 39,31 | 40,32 | 43,51 | Export | 26,06 | 30,01 | 41,08 |
| Rundholz | 13,52 | 15,86 | 15,21 | Rundholz | 9,58 | 11,15 | 16,20 |
| <i>Schnittholz</i> | <i>7,28</i> | <i>5,96</i> | <i>7,27</i> | <i>Schnittholz</i> | <i>18,85</i> | <i>15,97</i> | <i>19,36</i> |
| Sägespäne, Brennholz | 6,01 | 4,67 | 5,41 | Sägespäne, Brennholz | 8,83 | 11,20 | 13,82 |
| Altholz | | | | Altholz | | | |
| Altpapier | 13,81 | 13,82 | 12,47 | Altpapier | 7,65 | 7,09 | 8,38 |
| Halbstoffe(v. a. Zellstoff) | 5,97 | 5,97 | 5,23 | Halbstoffe(v. a. Zellstoff) | 0,00 | 0,56 | 0,09 |
| Zuschätzungen Import | | | 5,19 | Zuschätzungen Export | | | 2,54 |
| Bilanzausgleich | | 39,81 | 28,36 | Bilanzausgleich | 24,91 | | |
| Summe | 296,24 | 300,95 | 325,63 | Summe | 296,24 | 300,95 | 325,63 |

3.5 Stoffstrommodell und Primärenergieverbrauch

Das folgende Modell zeigt die Holzströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in einer vereinfachten Form (Abbildung 45). 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 35 % des Waldholzes wurde direkt energetisch verwertet. Den größten Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leistet die Papierwirtschaft durch die Wiederverwendung von Altpapier.

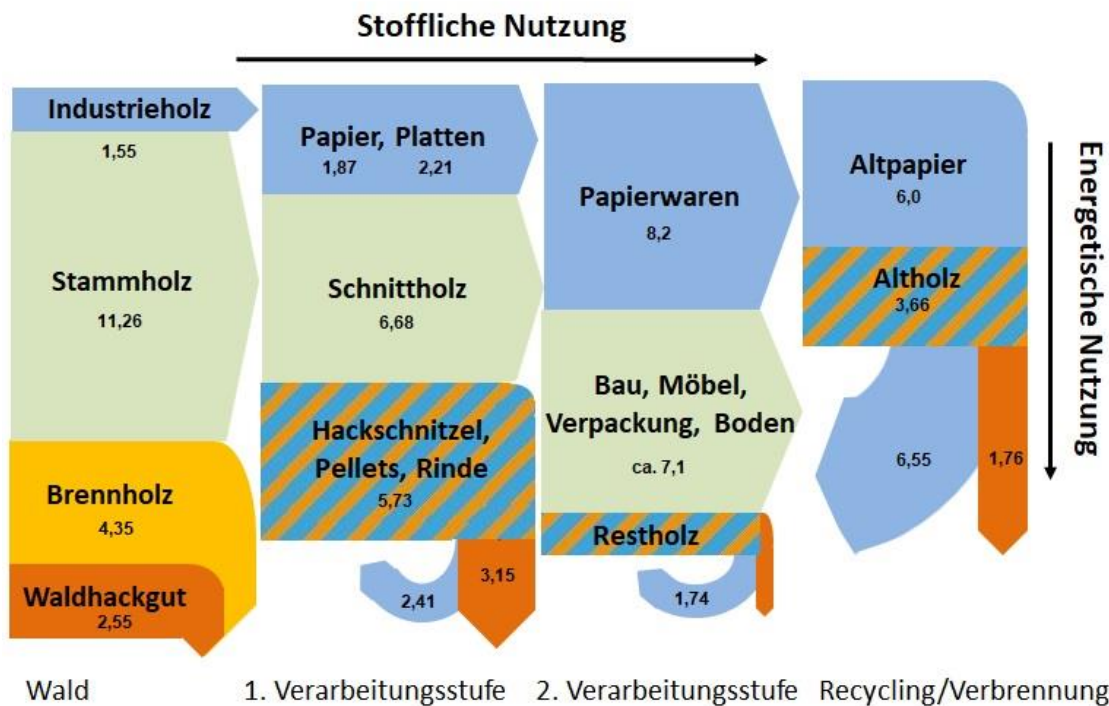
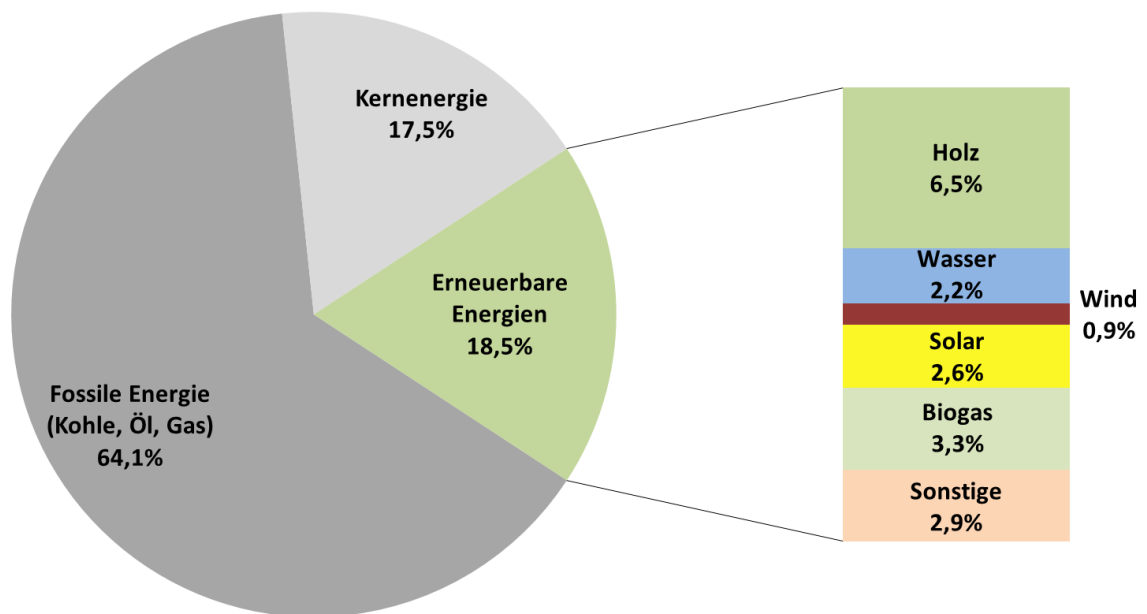


Abbildung 45: Die Stoffströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in Bayern 2018 in Mio. Fm m. R. bzw. m³ in einer vereinfachten Darstellung.

Der Primärenergieverbrauch für Bayern wird vom Bayerischen Landesamt für Statistik veröffentlicht. Die bisher neuesten Zahlen beziehen sich auf das Jahr 2017. In Abbildung 46 wird der Primärenergieverbrauch in Bayern dargestellt. Holz ist dabei mit 6,5 % der bedeutendste erneuerbare Energieträger. Von 2012 bis 2015 hatte Holz einen in etwa gleichbleibenden Anteil am Primärenergieverbrauch in Bayern von 6 %. Zum Jahr 2016 stieg er dann um 0,5 %.

Primärenergieverbrauch 2017 in Bayern nach Energieträgern**Abbildung 46: Primärenergieverbrauch in Bayern im Jahr 2017.**

3.6 Schlussfolgerungen

Die Nachfrage nach Rohholz und nach auf Holz basierenden Roh- und Brennstoffen stieg mit rund 40 Mio. m³ gegenüber 2016 weiter an. Die energetische Verwendung hat um rund 11 % zugenommen. Die stoffliche Verwendung blieb in der Tendenz gleich. Der Anstieg ist etwa zu gleichen Teilen auf die Energieholznutzung bei den Privathaushalten und bei den Biomasseheiz(kraft)werken zurückzuführen. Die Zunahme bei den Haushalten hat allein methodische Gründe. Wird das weiterentwickelte Erhebungsverfahren rückwirkend auf die Daten für 2016 angewendet, zeigt sich, dass der Verbrauch damals unterschätzt wurde. Tatsächlich ist der Verbrauch der milderen Witterung des Winters 2018/19 entsprechend gesunken. Die Witterung des jeweiligen Winters hat in den vergangenen Jahren einen deutlich Einfluss auf den Energieholzverbrauch der Privathaushalte gehabt. Der Bestand an Holzheizanlagen scheint leicht zu sinken. Bei Pelletkesseln gibt es einen leichten Zubau, der aber durch den Rückbau bei Scheitholz-kesseln überkompensiert wird. Die 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (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 oder Solarenergie.

Der Energieholzbedarf von mittleren und großen Feuerungen hat sich von 2016 auf 2018 nochmals gesteigert. Es ist eine Zuwachsrate von ca. 14 % zu verzeichnen, die überwiegend auf eine Änderung im Hochrechnungsverfahren und besseren Kenntnissen zur Größenverteilung des Anlagenbestandes bei nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen geschuldet ist. Wie auch bei den Haushalten wurde der Bedarf 2016 offensichtlich unterschätzt. Ein nennenswerter witterungsbedingter Einfluss auf die verbrauchten Mengen lässt sich aufgrund der heterogenen Erzeugungs- und Abnehmerstruktur nicht ableiten. Die Untersuchung eines ausgewählten Heizwerkpools, der allein der Heiz- und Warmwasserversorgung von Liegenschaften dient und bei dem keine Erweiterung des Kundenkreises erfolgte, lässt jedoch aufgrund des im Vergleich zu 2016 im Mittel wärmeren Jahres 2018 einen Rückgang des Energieholzverbrauchs von 5% erkennen. Hackschnitzelfeuerungen im mittleren Leistungsbereich – vor allem zwischen 50 kW und 200 kW erfuhren im Betrachtungszeitraum 2016 bis 2018 einen Zubau von rund 700 Anlagen. In diesem Leistungssegment werden aufgrund des massiven Schadholzanfalls voraussichtlich auch in den kommenden Jahren im Umfeld der forstwirtschaftlichen Primärproduktion vermehrt Investitionen getätigt werden. Hingegen blieb die Anzahl der Feuerungsanlagen im Leistungsbereich > 1 MW weitgehend konstant, allerdings konnten im Vergleich zu 2016 rund 20 Altanlagen mehr identifiziert werden, die dieser Leistungsklasse zuzuordnen sind. Es ist zu erwarten, dass neu aufgelegte Förderprogramme u. a. auch im Bereich der Prozesswärme Anreizwirkung zeigen und Unternehmen zu einem Umstieg bei der Energieversorgung auf regenerative Systeme bewegen. Zu viel Euphorie dürfte aber aufgrund der langanhaltenden Niedrigpreisphase für fossile Brennstoffe nicht aufkommen. Die holzbasierte KWK im kleinen Leistungsbereich mit der Holzvergasungstechnologie 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. Impulse für einen Zubau von holzbasierten KWK-Anlagen mit Feuerungsleistungen im Megawatt-Bereich sind aufgrund der zurückgenommenen Einspeisevergütungen im Jahr

2014 und dem zunehmenden Anspruch an die Wettbewerbsfähigkeit Erneuerbarer Energien am Strommarkt nicht gegeben.

Aufgrund des Klimawandels ist zukünftig häufiger mit milden Wintern und weiterhin vermehrten Schadereignissen 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 deshalb sowohl der holzheizende Privathaushalt wie auch der Betreiber eines Biomasseheiz(kraft)werks zu einem verlässlichen und beständigen Marktpartner geworden. Da das nachhaltig vorhandene Potenzial an Energieholz durch die beschriebene Nachfrageentwicklung nicht ausgeschöpft ist und für mindestens die nächsten 20 Jahre aufgrund des bevorstehenden Waldumbaus zusätzlich nutzbares Energieholzpotenzial zur Verfügung steht, ist es wichtig, politische Signale zu setzen, die dem Bestandsrückgang an Holzfeuerungen entgegen wirken und für die Forstwirtschaft neue Kunden erschließen. Die Anschlussregelungen im Rahmen des EEG-2017, die auch bestehende Biomasseheizkraftwerke mit Ausnahme der Altholzkraftwerke nützen können, waren hier ein erster wichtiger Schritt. Mit der Richtlinie vom 30. Dezember 2019 wird nun auch am Wärmemarkt ein starker Impuls gesetzt.

3.6.1 Ableitung von Maßnahmen und Empfehlungen

Absatz für Energieholz essentiell für Waldumbau

Die Auswirkungen des Klimawandels stellen die Forstwirtschaft vor große Herausforderungen und werden die gesamte Branche in den kommenden Jahren mit prägen. Sie sorgen für verstärkten Druck auf den Holzmarkt. Seit Ende 2018 ist die Marktsituation aufgrund von Sturm- und Käferhölzern angespannt, wobei das Hauptproblem der Sägewerke, der hohe Anfall von niedrigen Qualitäten war (HOLZKURIER 2019B; HOLZKURIER 2019C). Auf das hohe Angebot haben die Sägewerke mit starken Preisrücknahmen reagiert (HARTMANN 2019A). Dies wurde durch tendenziell schlechtere Qualitäten noch verstärkt. Eine Holzbauoffensive soll deshalb gestartet werden, um den inländischen Absatz für Bauholz anzukurbeln, eine Entlastung der Stammholzmärkte zu erreichen und vor allem als Maßnahme für den Klimaschutz CO₂ langfristig zu speichern. Ob im Rahmen der holzbasierten Bioökonomie auf das kommende Jahrzehnt geblickt in Bayern⁴¹ bereits nennenswerte Holzmenge geringer Qualitäten in Bioraffinerien Verwertung finden werden, ist derzeit schwer abschätzbar. Lignin, Cellulose und Hemicellulosen sind die Grundbausteine von Holz, die sich grundsätzlich mannigfaltig in der Chemie- und Werkstoffindustrie einsetzen lassen. Allerdings braucht es hierfür weiterhin Forschung, Demonstrationsanlagen und eine hohe Innovationstätigkeit der Industrie, die nur umgesetzt sein wird, wenn die Kunden oder der Staat dies fordern. Es werden daher auf längere Sicht weiterhin erhebliche Schadholzmengen auf den Energieholzmarkt drängen. Der Anteil des anfallenden Energieholzes wird dabei tendenziell größer, denn die Qualität wird von Trockenheit, Wind, Borkenkäfer und Bläuepilzen herabgesetzt und damit sinkt der Anteil des nutzbaren Stammholzes.

Potenzial für eine vermehrte, holzbasierte Bioökonomie scheint jedenfalls mittelfristig ebenso vorhanden zu sein wie für einen weiteren Ausbau der Strom- und Wärmeerzeugung aus Holz.

⁴¹ UPM hat eine Bioraffinerie für die Nutzung von rund 400.000 bis 500.000 Fm Buchenholz pro Jahr in Sachsen-Anhalt angekündigt (EUWID 6 2020)

Regionale energetische Verwertungsmöglichkeiten für das anfallende Schad- und Waldrestholz bleiben für die Forstwirtschaft deshalb sowohl aus logistischer als auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht von größter Bedeutung. Dennoch muss die Versorgungssicherheit größerer Heizwerke mit Laufzeiten von mehreren Jahrzehnten auch für Perioden ohne Kalamitätsnutzung im Vorfeld mitbedacht sein.

Für die Forstwirtschaft preisstützend im Energieholzsektor wirkt nicht nur ein sich erweiternder Abnehmerpool, auch mehrjährige Brennstofflieferverträge mit Holzheiz(kraft)werken können dazu beitragen, Brennstoff Erlöse zu generieren, die mindestens eine Deckung der Bereitstellungskosten ermöglichen. In Bayern gibt es etliche positive Beispiele von erfolgreich betriebenen Nahwärmeprojekten, in denen Waldbauern Betreibergesellschaften gegründet haben oder zumindest als Gesellschafter eingebunden wurden. Auch bei einem Überangebot am Markt haben die Anteilseigner so weitgehend stabile Erlöse für Waldrestholz über ihre Lieferverträge erzielen können. Im Gegenzug waren Gesellschafter aus der Forstwirtschaft auch zuverlässige Lieferanten zu Zeiten, die von Engpässen am Markt geprägt waren. Gerade die Waldbauern und die Akteure der ersten Verarbeitungsstufe sind deshalb prädestiniert, um regionale Nahwärmeprojekte in ihrem Umfeld anzuschließen und am Wärmemarkt zu investieren. So können sie von der gesamten Wertschöpfungskette „Wärme“ profitieren.

Sicherung und Ausbau des Anlagenbestands

Während am Holzmarkt ein vermehrter Schadholzanfall festzustellen ist, zeichnen sich im Gegenzug am Wärmemarkt Tendenzen ab, die freiwerdende Kapazitäten bei bisher genutzten Energieholzmengen erwarten lassen und so zusätzlichen Mengendruck erzeugen könnten:

- Die langanhaltende Niedrigpreisphase bei den fossilen Energieträgern hat die Preisvorteile bei Energieholz schmelzen lassen. Bivalente Heizsysteme mit einem Holzkessel als Zusatzwärmeerzeuger werden daher seltener angeheizt.
- Insbesondere der Holzverbrauch in Privathaushalten ist stark witterungsabhängig. Zunehmend milde Winter - bedingt durch den Klimawandel - bedeuten daher eine geringere Nachfrage nach Scheitholz und Co.
- Die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden ist politisches Ziel. Auch hieraus lässt sich langfristig ein geringerer Endenergiebedarf für Raumwärme ableiten.
- Mit der Verschärfung von Emissionsvorschriften bei Holzfeuerungen im Rahmen der 1. BImSchV und den dort festgelegten Fristen für die Stilllegung von Altanlagen, reduziert sich der Anlagenbestand bei Kleinf Feuerungsanlagen. Nicht jeder alte Holzofen oder Stückholzkessel wird durch einen neuen ersetzt und wenn, arbeitet die neue Holzfeuerungs technik wesentlich effizienter und braucht weniger Brennholz.
- Wärmepumpen und Power-to-Heat-Anlagen kommen zunehmend nicht nur im Neubau zum Einsatz, auch für Bestandsgebäude entwickeln sich Anwendungsbereiche. Dem Holzofen kommt damit immer mehr die Rolle des flexiblen Spitzenlastkessels zu, der bei Strombedarfsspitzen intelligent eingebunden wird und nur bei Systemanforderung zündet.
- Ab dem Jahr 2021 fallen die ersten Holz(heiz)kraftwerke nach 20 Jahren gesicherter Strom-Einspeisevergütung aus dem EEG. Für Altholz kraftwerke gibt es keine Möglichkeit einer Anschlussförderung. Es bleibt abzuwarten, ob der gesamte Anlagenbestand die fehlenden Einnahmen aus dem EEG über Entsorgungserlöse bei Gebrauchtholz ausgleichen kann oder ob Verbrennungskapazitäten langfristig wegfallen.

Es braucht daher starke Signale von Seiten der Politik, dass es zu keinem Rückbau der installierten Leistung kommt, sondern biogene Festbrennstoffe auch weiterhin ihren bedeutenden Beitrag unter den regenerativen Energieträgern am Strom- und Wärmemarkt leisten und diesen

auch noch ausbauen können. Sie sind der stabilisierende Baustein in unserem zukünftigen Energieversorgungssystem, der hilft, die fluktuierenden Erneuerbaren Energien auszugleichen. Intelligent und effizient im Zusammenspiel aller erneuerbarer Energiequellen gewährleisten sie Versorgungssicherheit und können maßgeblich zum Ziel beitragen, bis zum Jahr 2050 einen weitgehend klimaneutralen Gebäudebestand in Deutschland zu realisieren. Dabei sollte das nur bei der Biomasse vorhandene Potenzial zur flexiblen Energieerzeugung möglichst vollständig genutzt werden (Stichwort: Hybridsysteme). Aufgrund des möglichen höheren Temperaturniveaus im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energiequellen (z.B. Wärmepumpe), werden Holzfeuerungen aber auch weiterhin bei der Wärmeversorgung im älteren Gebäudebestand als Basis-Heizkessel und bei industriellen Anwendungen (Prozesswärme) unabhömmlich sein; in Bereichen also, in welchen ein hohes Temperaturniveau bedient werden muss.

Empfehlungen für staatliche Lenkungswirkung – politische Rahmenbedingungen

Aus den vorab genannten Gründen ergeben sich notwendige politische Lenkungsmaßnahmen, die Ende des Jahres 2019 im Rahmen des Klimaprogramms 2030 zum Teil bereits aufgegriffen wurden und neue Impulse insbesondere am regenerativen Wärme- aber auch am Strommarkt geben sollten:

- Etwa in einem Viertel aller Heizungskeller Deutschlands steht ein Heizölkessel, i.d.R. ohne Brennwertnutzung (BDH 2019) und in Ostbayern beispielsweise heizen noch etwa 50% der Haushalte mit Heizöl (DESTATIS 2019D). Deshalb ist über das **Ordnungsrecht** eine eingeschränkte Nutzungserlaubnis von Heizöl für die Wärmebereitstellung durchzusetzen, um eine Wärmewende hin zu erneuerbaren Energien sicher und zügig zu erreichen. Selbst die Austauschpflicht gemäß § 10 der EnEV für 30 Jahre alte Ölkessel griff in der Vergangenheit aufgrund diverser Ausnahmetatbestände zu wenig, so dass der Sanierungsstau in den Heizungskellern nicht aufgelöst werden konnte. Insbesondere die Pelletheizung ist in den meisten Fällen ein sinnvoller Ersatz für eine auszutauschende Ölheizung. Best-Practice-Beispiele von Heizungsmodernisierungen mit unterschiedlichen Einbaulösungen können Bürger zum Umstieg auf den heimischen Brennstoff motivieren. Sie sollen aufzeigen, dass Holzfeuerungen voll automatisch funktionierende und für den Nutzer anwenderfreundliche und bezahlbare Alternativen sein können.
- Um erneuerbare Energiesysteme auch am freien Markt wettbewerbsfähiger zu machen, ist eine Reform des Energiepreisgefüges notwendig. Seit langem wird deshalb von der Branche eine **CO₂-Bepreisung** fossiler Energieträger auch im Bereich Gebäude und Verkehr gefordert, die eine Internalisierung der externen durch Umwelt- und Klimateffekte verursachte Kosten einleiten soll. Mit dem Klimapaket 2030 wurde beschlossen, diese nun ab 2021 stufenweise einzuführen.
- Angesichts der dauerhaft niedrigen Preise fossiler Energieträger ist ein **starker investiver Förderanreiz** für Prozesswärme aus Energieholz und für die dezentrale Wärmeversorgung mit regenerativen Brennstoffen besonders wichtig. Dort, wo ein Nahwärmeverbund gegenüber einer Einzelversorgung Sinn macht, ist sowohl für das Heizwerk selbst (Kosten für Technik und Bauwerk) als auch für die Wärmeverteilung zu den Liegenschaften eine bedeutende Anschubfinanzierung über Zuschüsse zu leisten. Das enorme Interesse für das Anfang 2019 mit neuen Konditionen aufgelegte Heizwerksförderprogramm BioKlima des Freistaates, über das Fördersätze bis zu 40% der Investitionsmehrkosten ausgereicht werden konnten, zeigte deutlich, dass Holzheizwerke bei aktuellem Energiepreisgefüge nur durch hohe Anschubfinanzierungen im Variantenvergleich mit fossilen Konzepten konkurrenzfähig dargestellt werden können. Nur dann werden holzbasierte Projektideen auch tatsächlich realisiert. Neben den hohen zu tätigen Gesamtinvestitionen sind in der Projektentwicklung und für den Betrieb von Biomasseheizwerken auch bürokratische, organisatorische und technische Hemmnisse zu

überwinden, die zunächst nicht monetär zu beziffern sind, aber für den zukünftigen Betreiber Risikofaktoren darstellen. In Aussicht gestellte Investitionszuschüsse reizen an, diese Hürden zu meistern. Die Novelle des BAFA-Teils im MAP zu Beginn des Jahres 2020 mit Fördersätzen bis zu 45% für regenerative Heizsysteme dürfte deshalb deutschlandweit Bewegung in die Wärmewende bringen.

- Auch im Bereich der **KWK mit Holz** bedarf es neuer Impulse. So sollte die **EEG-Umlage** auf den Stromeigenverbrauch zumindest bis zu einer Leistung von etwa 500 kW_{el} abgeschafft werden. Bisher müssen KWK-Anlagen auf den Eigenverbrauch 40 % der EEG-Umlage zahlen, wenn ihre installierte elektrische Leistung mehr als 10 kW beträgt.
- Ebenso gilt es bei der Stromvermarktung ordnungspolitische Hürden zu überwinden, um Holz-KWK-Anlagen in ihrem Potenzial der dezentralen und stabilisierenden Stromversorgung zu stärken. So ist der **Begriff Eigenverbrauch** gemäß §5 Nr. 12 des EEG sehr eng definiert (z.B. unmittelbarer räumlicher Zusammenhang, Personenidentität), was viele eigentlich sinnvolle Stromwendungsbereiche mit der vollen EEG-Umlage belastet und Projekte von gemeinsam handelnden Eigenversorgern wirtschaftlich benachteiligt. Und selbst wenn ein tatsächlicher Eigenverbrauch vorliegt, so muss dieser mit erheblichem bürokratischem und technischem Aufwand nachgewiesen werden. Gerade für kleine Holzvergasungsanlagen ist dieser unangemessen hoch.
- Auch bei der **Stromdirektlieferung** gibt es Hemmnisse abzubauen, die beispielsweise die technischen Anschlussregeln an das Stromnetz betreffen (z.B. zwei Stromanschlüsse für ein Objekt). Alternativ bestünde die Möglichkeit, bei Einspeisung geringer Leistungen in das Niederspannungsnetz und Direktverbrauch in einem begrenzten räumlichen Gebiet die Netznutzungsentgelte für den Anlagenbetreiber zu erlassen oder zumindest deutlich zu reduzieren.
- Unter Beachtung der EU-weiten Rechtsprechung (Urteil des EuGH vom März 2019 zum EEG 2012: EEG-Umlage ist keine staatliche Beihilfe) gilt es zudem zu prüfen, ob Holzvergasungsanlagen und Kleinst-KWK-Anlagen (z.B. Stirlingmotor) trotz einer EEG-Vergütung mit einer Anschubfinanzierung unterstützt werden können. Sie sind eine hocheffiziente, flexible und mittlerweile zuverlässige Technologie, die unter Verwertung von holzartigen Reststoffen eine von Sonne und Wind unabhängige regenerative dezentrale Stromerzeugung und eine gekoppelte Stromnetzstabilisierung ermöglichen.
- Der Gesamtwirkungsgrad von Holzvergäsern liegt mit über 80 % auf gleichem Niveau wie bei reinen Wärmeerzeugungsanlagen mit dem Vorteil, dass ein Teil der Energie als flexibel nutzbarer Strom vorliegt. Die zu tätigenden Investitionen und die laufenden Betriebskosten sind jedoch deutlich höher. Aktuell liegt die Festvergütung über das EEG für Holzvergaser bis 100 kW_{el} bei knapp unter 13 Cent pro kWh, sodass lediglich hohe Eigenverbrauchsquoten einen wirtschaftlichen Erfolg indizieren. Anreiz für einen vermehrten Zubau dieser perfekt in den ländlichen Raum passenden und i.d.R. wärmegeführten Technologie könnte auch eine Anhebung der Festvergütung im EEG auf die Höchstgrenzen der Biomasse-Ausschreibungsprojekte sein.
- Die **Flexibilisierung der Stromproduktion** ist wie bei Biogasanlagen auch bei Biomasseheizkraftwerken politisch erwünscht. Holz-KWK-Anlagen 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 allerdings 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 Anreize für hohe Lastwechselraten bieten, wäre eine Förderung der Investitionen in Speichertechnologie und Lastfähigkeit ein gangbarer Weg.

Akzeptanz in der Bevölkerung stärken für "Nützen und Schützen" der Wälder

Für die vermehrte stoffliche Nutzung von Holz besteht in der Gesellschaft ein weitgehender Konsens, denn Produkte aus Holz speichern Kohlenstoff – insbesondere Bauholz ist ein langlebiger Kohlenstoffspeicher – und mindert die Treibhausgasemissionen durch Substitutionseffekte. Eine verringerte Nutzung mit stetig steigenden Anteilen von Starkholz im Nadelholz würde den Waldumbau konterkarieren, denn verjüngte Baumbestände mit einer an den Klimawandel angepassten Baumartenzusammensetzung sind resilienter. Dennoch entziehen sich einzelne Interessensgruppen dieser Argumentationskette und sprechen sich vermehrt öffentlichkeitswirksam in den Medien gegen jegliche wirtschaftliche Nutzung des Waldes aus. Populäre Autoren wie Peter Wohlleben verstärken dieses Meinungsbild in der Gesellschaft. Es bedarf eines deutschlandweiten Ausbaus von professioneller Kommunikationsarbeit für den gesamten Forst-Holz-Sektor, um emotionale, nicht faktenbasierte Medienkampagnen der Nutzungsgegner zu entkräften und mit positiven Bildern und Botschaften aus den verschiedenen Aspekten des genutzten Ökosystems Wald zu überlagern. Das Aktionsbündnis proHolz geht hier in Bayern mit gutem Beispiel voran. Neben der CO₂-Senkenfunktion der Wälder sollte das Potenzial in der Holzverwendung mit Speicherung des Kohlenstoffs in langlebigen Holzprodukten sowie beim Ersatz von Materialien mit vergleichsweise nachteiliger Treibhausgas- und Ökobilanz – und dazu gehören auch fossile Energieträger – stärker hervorgehoben werden. Gerade bei der vermehrten energetischen Nutzung von Holz, gibt es jedoch Vorbehalte der Gesellschaft, die differenziert betrachtet werden müssen und von der Forschung, der Holzenergiebranche sowie der Politik Antworten erfordern. Einige wichtige Aspekte sollen im Folgenden aufgegriffen werden.

Forderung an Holzfeuerungen –sauber und smart

Sauber: Holzfeuerungen stehen wegen ihres erhöhten Emissionspotenzials an Luftschadstoffen im Vergleich zu anderen Energieversorgungssystemen in der Kritik. Zur Feinstaubbelastung in Deutschland tragen sie mit einem nennenswerten Anteil bei. Die Ansprüche der Gesellschaft an eine saubere und gesunde Umgebungsluft sind ernst zu nehmen. Im Rahmen der bisherigen technischen Möglichkeiten und unter Abwägung des Kosten-Nutzenverhältnisses müssen deshalb gesundheitsgefährdende Emissionen so weit wie möglich reduziert werden. Diverse Forschungsprojekte haben gezeigt, dass Holzheizer/-innen im Falle der händisch beschickten Einzelraumfeuerungen selbst einen hohen Einfluss auf das Emissionsverhalten des Ofens 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 deshalb auch weiterhin durch Forschungs- und Entwicklungsförderung unterstützt werden, um emissionsarme Öfen auf den Markt zu bringen, die den Nutzer als „Fehlerquelle“ weitgehend ausschließen. Neben diesen technischen Entwicklungen und dem forcierten Austausch alter Öfen muss stets die Sensibilisierung der Bürger zum richtigen Heizen mit Holz im Fokus stehen. Aufklärungsportale, widerkehrende Präsenz des Themas in neuen Medien, Fachvorträge und verpflichtende Beratungsgespräche mit dem Kaminkehrer sind deshalb wichtige dauerhaft anzusetzende Maßnahmen, um eine Effizienzsteigerung und Emissionsminderung im Hausbrand zu erreichen.

Der Staat oder auch einzelne Kommunen haben die Möglichkeit, über Förderprogramme lenkend einzugreifen und die freiwillige Nachrüstung von Feuerstätten oder einen Ofentausch zu forcieren und Bürger zum Kauf von Produkten zu überzeugen, die die gesetzlichen Anforderungen deutlich übertreffen. Low-Dust-Feuerungskonzepte, Ofensteuerungen, Feinstaubabscheider, Katalysatoren zur Reduktion organischer Emissionen und auch die Brennwerttechnik werden damit vermehrt Einzug in den Heizungskellern und die Wohnzimmern halten. Peu a Peu muss jedoch der technische Fortschritt – unter Berücksichtigung unbilliger Härten – bei Bestandsanlagen als Mindestanforderungen in den Gesetzen verankert bzw. in ordnungspolitischen Maßnahmen umgesetzt werden. Mit den niedrigen Feinstaubgrenzwerten der 1. BImSchV für Zentralfeuerungsanlagen seit 2015 ist der Feinstaubabscheider für neue Hackschnitzelheizungen bereits gängige Praxis.

Smart: Regenerative Heizsysteme ohne Schadstoffemissionen am Ort der Energieumwandlung sind aus Gründen der Luftreinhaltung grundsätzlich Verbrennungsprozessen vorzuziehen; d.h. die direkte solare Nutzung oder die Generierung von Umweltwärme über Wärmepumpen, 100% erneuerbarer Strom als Antriebsenergie vorausgesetzt, muss forciert werden. Allerdings kann Solarenergie jahreszeitlich und witterungsbedingt stets nur einen gewissen Anteil an benötigter Raumwärme beisteuern und auch für Wärmepumpen fehlen im Gebäudebestand häufig die Voraussetzungen, um ganzjährig einen effektiven Betrieb zu erzielen. Hybridsysteme mit Holzfeuerungen zum Schließen der Wärmeversorgungslücken sind deshalb Teil der Lösung zum Erreichen eines klimaneutralen Gebäudebestandes. Diese sind intelligent in die Systemanforderungen der Liegenschaften einzubinden, wobei auch die Sektorkopplung zunehmend an Bedeutung gewinnt. Hierzu bedarf es standardisierter Lösungen, um Einbaufehler vor Ort zu vermeiden und regelungstechnisch eine Optimierung der Systemkomponenten zu erreichen. Im Neubaubereich oder in energetisch sanierten Einfamilienhäusern können beispielsweise Spitzenlast-Kaminöfen mit Wassertasche Standardlösungen sein, die die Solarthermieanlagen oder Luft-Wasser-Wärmepumpen unterstützen.

Ausbau Innovativer Nahwärmekonzepte mit Baustein Energieholz

Dem Ausbau der Fern- und Nahwärme wird beim Klimaschutz eine wichtige Rolle zugeschrieben, denn er ermöglicht die effektive Einbindung erneuerbarer Energien und die gekoppelte Stromerzeugung. Im Bereich der Nahwärme und insbesondere im ländlichen Raum ist Energieholz hierbei der tragende Baustein. Auch wenn mittelfristig ein Angebotsüberhang an Energieholz herrscht, hat auch bei der Nahwärmeversorgung ein möglichst effizienter Umgang mit dem dennoch nicht unbegrenzt zur Verfügung stehenden Energieträger Holz Priorität. Soweit erneuerbare Energiequellen mit weitgehend unbegrenztem Nutzungspotenzial (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 relativen Netzverlusten behafteten Monate außerhalb der Heizperiode mit wenig Wärmeabnahme bei den Verbrauchern 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 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, auch die Einbindung einer holzbasierten KWK-Anlage zur Abdeckung der Grundlast kann empfohlen werden. Der Holzkessel als reiner Wärmeerzeuger 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 z. B. aus Biogasanlagen oder industriellen Prozessen 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.

Biobasierte Wärmenetze und installierte Groß-Pufferspeicher der Nahwärmeverbundprojekte könnten zudem zu einem kostengünstigen und stromnetzstabilisierenden Baustein der Energiewende werden, in dem Sie Überschussstrom in Form von Wärme speichern (Power-to-Heat). Sollten die regelungstechnischen Voraussetzungen gegeben sein und entsprechende Strom- bzw. Abgabentarife für Überschussstrom von Energieversorgern angeboten werden, könnten diese flächendeckend vorhandenen Infrastrukturen dazu beitragen, PV-Anlagen und Windräder in Zukunft seltener vom Netz nehmen zu müssen.

Kaskadennutzung stärken

Eine gesellschaftliche Forderung ist die Kaskadennutzung von Holz, die dann verwirklicht wird, 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 2018 mit 17,2 Mio. Tonnen Altpapier eine Altpapiereinsatzquote von 76 % erreicht (VDP 2019). Im Bereich der Holznutzung ist eine Kaskade bisher nur bei der Herstellung von Spanplatten etabliert (HÖGLMEIER ET AL. 2015). Neue Nutzungsmöglichkeiten wie Leimhölzer aus Altholz (RISSE ET AL. 2019) und der Einsatz von Altholz in Bioraffinerien (REWOBIOREF 2017) wurden untersucht, sind aber im Markt noch nicht etabliert. Kurz vor der Marktreife steht ein Strom-Speichersystem auf der Basis von Lignin, der bei der Zellstoffherstellung als Reststoff anfällt (HARTWIG 2019). Die Organic-Flow-Batterie hat das Potenzial als Großspeicher die Stromversorgung durch die fluktuierenden Energiequellen Photovoltaik und Windkraft über das Jahr zu verstetigen (FREIE MEDIEN 2020). Neue Nutzungsformen aus der Bioökonomie dürften die Kaskadennutzung noch deutlich erweitern (BMEL 2018). 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 können Qualitäten entsprechen, die auch für eine stoffliche Nutzung geeignet sind. Zumal beim zukünftigen Einsatz in Bioraffinerien alle Komponenten der Biomasse verwendet werden sollen (SACHVERSTÄNDIGENRAT BIOÖKONOMIE BAYERN 2017) und damit die bisherigen Sortierungsmerkmale für stoffliche und energetische Nutzungen zum Teil überholt sein werden. Der Einsatz der wertvollen Ressource Holz sollte daher über alle Sortimente hinweg möglichst effizient und mit dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnis erfolgen.

Nutzungswege: Durch den Waldumbau hin zu klimatoleranten Mischwäldern wird in Zukunft mehr Laubholz zur Verfügung stehen, die stoffliche Nutzung basiert aber heute zum größten Teil noch auf Nadelholz. Um die Voraussetzung einer Nutzung und perspektivisch die Etablierung von Kaskaden überhaupt erreichen zu können, 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 von Holzprodukten und deren Nutzung sollte so optimiert werden, dass hinterher eine stoffliche Nutzung des Altholzes möglich ist. Um die Effizienz der Kaskadennutzung zu maximieren, sollten Holzprodukte möglichst lange in wenig bearbeiteten Produkten verwendet werden (RISSE 2019). 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 behandeltem Altholz benötigt wird, ist dies aber bisher nur in größeren Biomasseheizkraftwerken (> 5 MW FWL) möglich. Hier wird die Abwärme jedoch nicht immer optimal genutzt (WEIDNER ET AL. 2016). Wird Altholz zukünftig jedoch an Standorten mit hohem Prozesswärmebedarf verbrannt, ist eine sinnvolle Wärmenutzung eher gegeben. 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 die Versorgung mit Raumwärme grundsätzlich Effizienzvorteile, scheiden aber bisher für die Verwertung von belastetem Altholz aus wirtschaftlichen Gründen aus.

Nachhaltigkeitsaspekte der Biomassenutzung RED II

Die Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RED II) ist seit Dezember 2018 in Kraft. Nun steht damit die Umsetzung in nationales Recht an. Die europäische Richtlinie sieht vor, dass alle Biomasse(kraft)werke mit einer Gesamtfeuerungsleistung von 20 MW und mehr die nachhaltige Herkunft des Brennstoffs nachweisen müssen. Die Mitgliedsländer können diese Vorschrift auch auf kleinere Anlagen ausdehnen. Die Nachweise der Anlagen müssen durch Audits einer Zertifizierungsstelle ab dem 30.06.2021 überwacht werden. Zertifizierungssysteme sind in der Entwicklung, wobei angesichts des engen Zeitrahmens und der bisher nicht erfolgten nationalen Umsetzung nicht sichergestellt ist, dass die Zertifizierungssysteme bis dahin in Deutschland auch einsatzbereit sind (SIEGMUND 2019). Die nationale Umsetzung sollte deswegen stark beschleunigt werden, um den Zertifizierungssystemen auch die nötige Zeit zu geben, sich auf etwaige nationale Besonderheiten einzustellen und genug Auditoren einzuüben, damit dann auch der Anlagenbestand bis zum Verpflichtungszeitpunkt zertifiziert werden kann.

Die Entwicklung bei mit Festbrennstoffen befeuerten Großkraftwerken ist besonders zu beobachten. Bisher spielt das KO-Verfeuern von Energieholz oder die Umrüstung von Kohlekraftwerken in Deutschland zwar keine Rolle, sollte jedoch durch diese Anlagen ein Nachfrageboom ausgelöst werden, so muss dieser aufgrund begrenzter inländischer Potenziale von weltweiten Märkten bedient werden. Umso wichtiger ist es, dass die Bereitstellung dieser Biomasse über

Vorschriften und weltweiten Überwachungsmaßnahmen bezüglich Nachhaltigkeitsaspekten und den zu erreichenden Klimazielen geregelt ist.

4 Zusammenfassung

Im Bericht „Energieholzmarkt 2018“ 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), 2014 (WEIDNER ET AL. 2016) und 2016 (GÖRWEIN ET AL. 2018) 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. Mit den erhobenen Daten wird die Holzbilanz 2018 für Bayern zusammengestellt, welche das Aufkommen und den Verbrauch in der ersten Verarbeitungsstufe umfasst.

Aufkommen

Das Holzaufkommen 2018 lag bei 39,79 Mio. m³. Davon wurden 19,71 Mio. Festmeter mit Rinde oder rund 50 % aus dem Wald bereitgestellt. Im Vergleich zu 2016 stieg damit das Aufkommen von Waldholz um knapp 2,74 Mio. Festmeter mit Rinde. Das Stammholz stieg um 1,33 Mio. Festmeter mit Rinde. Die Bereitstellung von Waldenergieholz nahm insgesamt um 1,15 Mio. Festmeter mit Rinde zu. Die Waldbesitzer haben 2018 rund 35 % des eingeschlagenen Holzes als Energieholz ausgehalten, das ist rund ein Prozentpunkt mehr als 2016.

Das Aufkommen an Industrierestholz aus der Weiterverarbeitung des Schnittholzes und der Spanplatten wird auf 1,79 Mio. m³ geschätzt. 3,66 Mio. m³ Altholz fiel in Bayern an. Aus Flur und Siedlungen wurden 1,55 Mio. m³ Holz bereitgestellt. Aus den Haushalten, Betrieben und öffentlichen Einrichtungen wurden 4,65 Mio. m³ Altpapier gesammelt und Kurzumtriebsplantagen trugen mit einer untergeordneten Erntemenge von ca. 27.000 Festmeter zum Gesamtaufkommen bei.

Mit einer Produktionskapazität von mittlerweile mehr als einer Millionen Tonnen Holzpellet pro Jahr sind die bayerischen Pelletproduzenten sehr gut aufgestellt. 2018 wurden an 15 Standorten nahezu ausschließlich aus Sägenebenprodukten 920.000 t Qualitäts-Holzpellets gepresst. Bei einem erhobenen landesinternen Pelletverbrauch von rund 640.000 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 3,06 Mio. m³. Mehrere Gründe sind für diesen Posten anzuführen. Das Aufkommen an Altpapier ist aufgrund von Unsicherheiten im Berechnungsverfahren um 1,35 Mio. m³ geringer als der Verbrauch. Weiterhin betreiben die Sägewerke in Bayern auch Binnenhandel und beziehen Stammholz aus anderen Bundesländern. Dieser Zufluss kann nicht genau beziffert werden, hat aber sicherlich einen großen Anteil an der Differenz zum Verbrauch. Nach der dritten Bundeswaldinventur wurden Anpassungen an der Holzeinschlaghebung durchgeführt, um den damals festgestellten nicht erfassten Holzeinschlag zu verringern. Die nicht erfassten Mengen können im Moment nicht beziffert werden, erhöhen aber den Bilanzausgleich.

Verbrauch

Für die energetische Nutzung wurde rund 50 % des Holzes oder 17,47 Mio. m³ verbraucht. 6,90 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 9,01 Mio. m³ den größten Anteil an der energetischen Nutzung. Das entspricht einer Steigerung von rund 8 % gegenüber 2016. Diese Zunahme hat allein methodische Gründe. Wird das weiterentwickelte Erhebungsverfahren rückwirkend auf die Daten für 2016 angewendet, zeigt sich, dass der Verbrauch damals unterschätzt wurde. Tatsächlich ist der Verbrauch der milderen Witterung des Winters 2018/19 entsprechend gesunken.

Holzfeuerungsanlagen außerhalb der Privathaushalte und Biomasseheiz(kraft)werke, zusammengefasst unter der Verbrauchergruppe der Holzfeuerungen größer 50 kW, hatten 2018 einen Energieholzbedarf in Höhe von 8,46 Mio. m³. Im Vergleich zu 2016 lässt sich eine Verbrauchssteigerung um 14 % ableiten. Der Mehrverbrauch ist jedoch nur zu einem kleinen Anteil vom Anlagenzubau verursacht, vielmehr liegt die Begründung auch hier in einer Änderung beim Hochrechnungsverfahren und neuen Erkenntnissen bei der Leistungsverteilung der reinen Wärmeerzeuger.

Der Bestand an Holzfeuerungen mit einer Leistung größer 50 kW wird in Bayern auf rund 17.800 Anlagen geschätzt. Obwohl davon nur 384 Anlagen Strom erzeugen, verbrauchen diese sogenannten KWK-Anlagen rund 53 % der eingesetzten Energieholzmenge. 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 51 % an der Holzmenge ein, die in stromerzeugenden Anlagen verbrannt wurde. Bei einer installierten Leistung von 252 MW_{el} haben die holzbasierten KWK-Anlagen 1,61 Terrawattstunden erneuerbaren Strom im Jahr 2018 bereitgestellt und damit etwa gleichviel wie 2016.

Den reinen Wärmeerzeugern > 50 kW weist die Studie einen Verbrauch von rund 1,6 Mio. Tonnen atro zu. Im Gegensatz zum stromerzeugenden Anlagenbestand dominieren bei den Biomasseheizwerken die Brennstoffe Waldhackschnitzel mit einem Anteil von 35 % und naturbelassene Nebenprodukte der Holzbe- und verarbeitenden Betriebe mit 26 %. Gebrauchtholz und behandeltes Industrierestholz hingegen wird bei den reinen Wärmeerzeugern mit einem Anteil von insgesamt 16 % lediglich in werksinternen Feuerungen der Holzbranche verbrannt und dient im Wesentlichen der Prozesswärmebereitstellung zur Trocknung von Holzprodukten. Insbesondere kleine Nahwärmeprojekte mit Biomassekessel zwischen 50 bis 200 kW wurden trotz der im Betrachtungszeitraum niedrigen Preise für Gas und Heizöl vermehrt realisiert. Ein Grund hierfür könnte neben der Sensibilisierung der Bevölkerung für die Klimaproblematik die kalamitätsgetriebene, flächendeckend hohe Verfügbarkeit von Hackschnitzeln und die breitgestreuten Waldbesitzverhältnisse in Bayern mit einem hohen Privatwaldanteil sein. Die Anzahl der Wärmeerzeuger im Leistungsbereich > 1 MW blieb hingegen weitgehend konstant. Es ist zu erwarten, dass die guten Förderkonditionen auf Bundesebene seit 2020 eine deutliche Investitionsbereitschaft für Erneuerbare Heizsysteme im Allgemeinen und damit auch für Holzfeuerungen auslösen. Nicht nur der Heizungstausch in einzelnen Gebäuden oder der Nahwärmeverbund steht hier im Fokus, auch die Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien wird staatlich forciert. Gerade bei der anstehenden Defossilisierung der Industrie und des Gewerbes wird große Hoffnung auf das Energieholz gesetzt, das flexibel Prozesswärme für Hochtemperatur-Anwendungen bereitgestellt kann.

Holzbasierten KWK-Anlagen mit Feuerungsleistungen im Megawatt-Bereich sind aufgrund der zurückgenommenen Einspeisevergütungen im Jahr 2014 und dem zunehmenden Anspruch an die Wettbewerbsfähigkeit Erneuerbarer Energien am Strommarkt in Bayern in den Jahren 2015 bis 2018 nicht mehr zugebaut worden. Die installierte elektrische Gesamtleistung blieb daher unter Berücksichtigung von Korrekturen einzelner Leistungsannahmen und dem positiven Beitrag neuer kleiner Holzvergasungsanlagen auch weitgehend konstant. Holz als Energieträger hat in Bayern unter den Erneuerbaren Energien eine herausragende Bedeutung im Wärmemarkt. Es leistet aber auch im Strommarkt zum einen eine wichtige Entsorgungsaufgabe beim Altholz, zum anderen ermöglichen wärmegeführte KWK-Anlagen eine hocheffiziente bedarfsgerechte dezentrale Versorgung mit Strom und Wärme.

Die Untersuchung des Holzmarktes 2018 zeigt erneut, dass der Energieholzverbrauch je nach Witterung stark schwankt. Grundsätzlich ist tendenziell mit einem sinkenden Verbrauch aufgrund der Klimaveränderungen und des verbesserten Gebäudedämmstandards zu rechnen, was sich insbesondere beim Brennstoffbedarf der Privathaushalte zeigt und zeigen wird. Effizienzsteigerung bei Anlagenerneuerung und hybride erneuerbare Heizsysteme, bei denen die Holz-

feuerungen nur die Wärmelücken schließen oder als Back-up zur Verfügung stehen, sparen darüber hinaus Brennstoff ein. Da das nachhaltig vorhandene Potenzial an Energieholz durch die beschriebene Nachfrageentwicklung in Bayern nicht ausgeschöpft ist und für die nächsten 20 Jahre aufgrund des bevorstehenden Waldumbaus weiteres nutzbares Energieholzpotenzial zur Verfügung steht, könnte Energieholz in Zukunft mit einem höheren Anteil dazu beitragen, die Klimaziele zu erreichen. Solange fossile Energieträger am Wärmemarkt eingesetzt werden, ist die Substitutionswirkung hinsichtlich der CO₂-Emissionen ein starkes Argument für die Nutzung des heimischen Holzpotenzials. Fortschritte bei Emissionsminderungsmaßnahmen in der Holzverbrennung tragen der gesellschaftlichen Anforderung an Luftreinhaltung Rechnung.

5 Literatur

AET, AALBORG ENERGIE TECHNICK A/S (2020): Biomassebefeuerte Anlagen Pfeleiderer Neumarkt, <https://aet-biomass.de/de-DE/Home/Referenzen/Biomassebefeuerte-Anlagen/Pfeleiderer-Neumarkt.aspx> abgerufen am 21.02.2020

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN E.V. (2019): Zeit für Wärmewende. Abgerufen am 27.09.2019 unter <http://www.waermewende.de/home.html>

AMPRION (2019): Dateien zu Stammdaten mit Stand 31.12.2018 der im Jahr 2018 in Betrieb befindlichen EEG-Anlagen der gesamten Regelzone der Amprion GmbH und deren Bewegungsdaten für das Jahr 2018. Abgerufen am 15.07.2019 von <https://www.amprion.net/Strommarkt/Abgaben-und-Umlagen/EEG-Jahresabrechnung/2018.html>

BAFA, BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE (2018): Förderübersicht Biomasse (Basis-, Innovations- und Zusatzförderungen, Stand 02.01.2018

BAFA, BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE (2020): Förderprogramm im Überblick, abgerufen am 23.04.2020 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.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, W. (2016): Strategien der differenzierten Erfassung von Altholz. Tagungsband Verwertung von Altholz, Fachtagung des LfU am 24.02.2016, S. 86 – 97.

BAUR, F.; VOGLER, C.; SCHOLL, F. (2019): Altholzkraftwerke im Post-EEG-Zeitalter. Holzzentralblatt 22, S. 467-469

BAV, BUNDESVERBAND DER ALTHOLZAUFBEREITER UND –VERWERTER E. V. (2012): Leitfaden der Altholzverwertung Grundlagen der Altholzaufbereitung und –verwertung sowie Steckbriefe der Altholzsortimente, Berlin, 7. Auflage, 140 S.

BAV, BUNDESVERBAND DER ALTHOLZAUFBEREITER UND –VERWERTER E. V. (2019): Altholztag 2019 etabliert sich zu größtem Netzwerkstreifen der Branche, Pressemitteilung vom 30.10.2019

BAYPAPIER, BAYERISCHE PAPIERVERBÄNDE (2019): Entwicklung der Produktionsmenge der bayerischen Papierindustrie in 1.000 t (Diagramm) <http://www.baypapier.com/papier-verpackung/daten-fakten/papiererzeugung> Download am 25.10.2019 um 08:24

BDH, BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN HEIZUNGSINDUSTRIE E.V. (2019): Gesamtbestand zentrale Wärmeerzeuger 2018 (Diagramm) <https://www.bdh-koeln.de/presse-1/pressegrafiken> Download am 12.02.2020

BIOENERGY EUROPE (2019): Statistical Report – Report Pellet 2019. Brüssel

BIOMASSEATLAS (2020): Vertriebskompass für die Biomassebranche. Eclareon GmbH, Berlin. Abgerufen am 15.10.2019 von <https://www.biomasseatlas.de/>

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2015): Produktion des Verarbeitenden Gewerbes in Bayern 2014 (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden). Statistische Berichte. Nr. E1500C 201400

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2016): Produktion des Verarbeitenden Gewerbes in Bayern 2015 (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden). Statistische Berichte. Nr. E1500C 201500

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2017): 3. "Produktion des Verarbeitenden Gewerbes, Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden" 2015 und 2016. Vierteljährliche Produktionserhebung in Bayern

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2019A): Verarbeitendes Gewerbe in Bayern 2018 (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden). Statistische Berichte. Nr E1102C 201800

- BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2019B): 3. "Produktion des Verarbeitenden Gewerbes, Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden" 2017 und 2018. Vierteljährliche Produktionserhebung in Bayern
- BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2019C): Strukturdaten der Bevölkerung und der Haushalte in Bayern 2018. Teil I der Ergebnisse der 1%-Mikrozensushebung 2018 (Zusammengefasste Ergebnisse) Statistische Berichte. A6201C 201800, 46 S.
- BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2019D): schriftliche Mitteilung, vom 09.08.2019
- BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2019E): Auswertung Altholzmengen Bayern 2016. Erhalten am 02.08.2019
- BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2019F): Auswertung Außenhandel mit Holz und Platten, erhalten am 07.05.2019
- BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2020): Auswertung Altholzmengen Bayern 2018. Erhalten am 17.03.2020
- BMEL, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2018): Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen. Charta für Holz 2.0. 3. Auflage
- BMU, BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (2019): Klimaschutzprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Informationspapier vom 09.10.2019, abgerufen am 30.10.2019 unter <https://www.bmu.de/download/klimaschutzprogramm-2030-zur-umsetzung-des-klimaschutzplans-2050/>
- BMWi, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2019A): Energiewende. abgerufen am 08.10.2019 unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/energiewende.html>
- BMWi, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2019B): Erneuerbare Energien. abgerufen am 08.10.2019 unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>
- BMWi, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2020A): Richtlinie zur Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Förderwettbewerb vom 22. Januar 2020. Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz.
- BMWi, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2020B): Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 30. Dezember 2019. Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz.
- BMWi, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2020C): Energetische Biomassenutzung. Informationsportal Erneuerbare Energien. abgerufen am 19.03.2020 unter <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Forschung/Energetische-Biomassenutzung/energetische-Biomassenutzung.htm>
- BORCHERT, H.; RENNER, F. (2018): Holzaufkommen und Waldumbau: ein Szenario für Bayern. AFZ/Der Wald 1/2018, S. 37 – 39.
- BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (2019): EEG-Anlagenregister – August 2014 bis Oktober 2019. Abgerufen am 15.10.2019 von https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/EEG_Registerdaten_node.html
- BUNDESREGIERUNG (2019): Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030. abgerufen am 12.03.2020 unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/997532/1673502/768b67ba939c098c994b71c0b7d6e636/2019-09-20-klimaschutzprogramm-data.pdf?download=1>

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 (2019): Zubau an Holzvergaseren in Bayern. Stand 19.09.2019. Schriftliche Auskunft durch Herrn C. Burkhardt.

BVSE, FACHVERBAND ERSATZBRENNSTOFFE, ALTHOLZ UND BIOGENE ABFÄLLE (2020): Altholzmarkt 2016/2017 abgerufen am 14.05.2020 unter <https://www.bvse.de/themen-altholz-ersatzbrennstoffe-bioabfall/altholz-verwertung/marktbericht.html>

C.A.R.M.E.N. E.V. (2020): Preisentwicklung bei Holzpellets – der Holzpellet-Preis-Index. Abgerufen am 08.01.2020 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 (2015): Biomasse zur Wärmeerzeugung – Methoden zur Quantifizierung des Brennstoffeinsatzes. Leipzig. S. 24: DBFZ Report Nr. 24.

DEPI, DEUTSCHES PELLETINSTITUT (2019A): Infothek – Grafiken. Abgerufen am 30.10.2019 von <https://depi.de/de/p/Pelletproduktion-und-verbrauch-in-Deutschland-wBn2BSnTotz2toATVPE3Cu>

DEPI, DEUTSCHES PELLETINSTITUT (2019B): Daten zum Pelletmarkt in Bayern 2018/2019. Unveröffentlichtes Informationsblatt mit Stand März 2020. Berlin

DEPV, DEUTSCHER ENERGIEHOLZ- UND PELLETVERBAND E.V. (2019A): Deutschland produziert erneut mehr Pellets. Pressemitteilung vom 14.02.2019. Abgerufen am 31.07.2019 von <https://depv.de/de/p/Deutschland-produziert-erneut-mehr-Pellets-6ZmkHjUR6GbeuhHzDiFLbV>

DEPV, DEUTSCHER ENERGIEHOLZ- UND PELLETVERBAND E.V. (2019B): Rekordproduktion von Holzpellets 2018 – Absatz von Feuerungen moderat gestiegen. Pressemitteilung vom 14.02.2019. Abgerufen am 30.11.2019 von <https://depv.de/de/p/Rekordproduktion-von-Holzpellets-2018-Absatz-von-Feuerungen-moderat-gestiegen-xtacznrkacaUHE1tDvuycl>

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2012): Information zur Außenhandelsstatistik. Abgerufen am 11.04.2018 unter https://www-gene-sis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=6D61492048FDB390058BB198495B0131.tomcat_GO_2_3?operation=statistikLangtext&levelindex=0&levelid=1523443441979&index=2

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2017): Forstwirtschaftliche Bodennutzung - Holzeinschlagsstatistik 2016 - Fachserie 3 Reihe 3.3.1, Erschienen am 11.04.2017

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2018A): Forstwirtschaftliche Bodennutzung - Holzeinschlagsstatistik 2017 - Fachserie 3 Reihe 3.3.1, Erschienen am 16.04.2018

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2018B): Erläuterungen Außenhandelsstatistik. Abgerufen am 11.04.2018 unter: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Aussenhandel/Methoden/Aussenhandelsstatistik.html>

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2019A): Daten zur Energiepreisentwicklung - Lange Reihen von Januar 2005 bis Dezember 2019. Publikationen im Bereich Daten zur Energiepreisentwicklung Abgerufen am 29.10.2019 von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-pdf-5619001.pdf?blob=publicationFile>

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2019B): Baugenehmigungen und Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach Art der Beheizung und Art der verwendeten Heizenergie - Lange Reihen ab 1980 – 2018. Abgerufen am 29.10.2019 von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen->

[Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautatigkeit/baugenehmigungen-heizenergie-pdf-5311001.html;jsessionid=885893B0E13205A5ACE76C52F24461C6.internet732?nn=206104](https://www.destatis.de/DE/Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautatigkeit/baugenehmigungen-heizenergie-pdf-5311001.html;jsessionid=885893B0E13205A5ACE76C52F24461C6.internet732?nn=206104)

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2019C): Forstwirtschaftliche Bodennutzung - Holzeinschlagsstatistik 2018 - Fachserie 3 Reihe 3.3.1, Erschienen am 15.04.2019

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2019D): Knapp ein Viertel der Haushalte heizt die Wohnung 2018 immer noch mit Öl, Pressemitteilung Nr. N002 vom 2. Oktober 2019. Abgerufen am 12.02.2020 von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/10/PD19_N002_129.html

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2020A): Tabelle 32121-0001, Aufkommen an Haushaltsabfällen: Deutschland, Jahre, Abfallarten <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data?operation=statistic&levelindex=0&levelid=1582098090605&code=32121>, abgerufen am 19.02.2020

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2020B): Tabelle 51000-0015, Aus- und Einfuhr (Außenhandel) von Holzpellet: Deutschland, Jahre, Land, Warenverzeichnis <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1590570566160&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=51000-0015&auswahltext=&wertauswahl=436&wertauswahl=256&wertauswahl=253&wertauswahl=1308&wertauswahl=437&wertauswahl=257&wertauswahl=254&wertauswahl=1307&wertabruf=Werteabruf#astructure>, abgerufen am 30.04.2020

DIETZ, E.; RIEBLER, M.; BORCHERT, H. (2019): Nutrient saving effects of roughly delimbed energy roundwood in comparison to biomass supply of whole coniferous crowns caused by harvesting method and bucking. FORMEC 2019 – Exceeding the Vision: Forest Mechanisation of the Future 6-9 October, 2019 - Sopron, Hungary

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): Sägeindustrie 2015. Einschnitt- und Produktionsvolumen. Hamburg. 32 S.

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

DÖRING, P.; CORDS, M.; MANTAU, U. (2018A) Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommen und Verwertung 2016 Teilbericht. Hamburg 20 S.

DÖRING, P.; GLASENAPP, S.; MANTAU, U. (2018B): Rohstoffmonitoring Holz. Die energetische Nutzung von Holz in Biomassefeuerungsanlagen unter 1 MW in Nichthaushalten im Jahr 2016. Teilbericht. Hamburg

DÖRING, P.; GLASENAPP, S.; MANTAU, U. (2020): Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2018. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente. Hamburg.

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

EUWID (1/2014): Überangebot auf den Sägerestholzmärkten hat wieder zu Preisreduzierungen geführt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Marktbericht Sägerestholz vom 23.01.2014.

EUWID (3/2014): Auf den Sägerestholzmärkten zeichnen sich deutliche Preisabschläge im zweiten Quartal ab. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Marktbericht Sägerestholz vom 06.03.2014.

EUWID (12/2014): Reduzierte Einschnittstätigkeit führt zu einem geringeren Aufkommen von Sägeresthölzern. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Marktbericht Sägerestholz vom 04.12.2014.

EUWID (3/2015): Geringerer Verbrauch der Pelletindustrie hat zu Überangebot bei Sägespänen geführt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Marktbericht Sägerestholz vom 12.03.2015.

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

EUWID (3/2016): Ausfall von German Pellets und Walsum Papier hat Druck auf Sägerestholz verstärkt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Marktbericht Sägerestholz vom 17.03.2016.

EUWID (6/2016): Situation auf den Sägespanmärkten hat sich Anfang Juni wieder etwas entspannt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Marktbericht Sägerestholz vom 09.06.2016.

EUWID (26/2016): Rauch Spanplattenwerk will Produktion 2016/2017 erhöhen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 26/2016 vom 30.06.2016

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

EUWID (31/2016): Pfeleiderer investiert rund 9 Mio € in Werk II am Standort Neumarkt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 31/2016 vom 04.08.2016

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 (11/2017): Sägerestholzverarbeiter weiter an Übernahme von zusätzlichen Mengen interessiert. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Marktbericht Sägerestholz vom 30.11.2017.

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 (34/2017): Schleifholzbereitstellung und -abfuhr haben sich ab Mitte Juli wieder deutlich angenähert. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 34/2017 vom 24.08.2017

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

EUWID (44/2017A): Schleifholzpreis im Privatwald in Bayern wird bis Ende Oktober 2018 fortgeschrieben. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 44/2017 vom 03.11.2017

EUWID(44/2017B): Marktbericht für Altholz. Euwid – Recycling und Entsorgung 44/2017 vom 30.10.2017.

EUWID (2017): Preisspiegel Sägerestholz. Holz und Holzwerkstoffe, abgerufen am 16.11.2017.

EUWID (1/2018): Verhandlungen über Schleifholz-Vorverträge wurden meist noch im Dezember abgeschlossen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 1/2018 vom 11.01.2018

EUWID (8/2018): Schleifholz-Bereitstellung und Zufuhr zu den Werken hat sich im Laufe des Februars erhöht. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 8/2018 vom 22.02.2018

EUWID (12/2018): Anfuhr von Hackschnitzeln wird aufgrund hoher Lagerbestände vermehrt kontingentiert. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Marktbericht Sägerestholz vom 06.12.2018.

EUWID (15/2018A): Pfeleiderer hat Produktion und Absatz weiter gesteigert. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 15/2018 vom 12.04.2018

EUWID (15/2018B): Pfeleiderer hat Altholzaufbereitung in Betrieb genommen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 15/2018 vom 12.04.2018

EUWID (18/2018): Marktbericht für Altholz. Euwid – Recycling und Entsorgung 18/2018 vom 02.05.2018.

EUWID (24/2018): Schleifholzverarbeiter konnten Werkslager im Mai erhöhen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 24/2018 vom 14.06.2018

EUWID (32/2018A): Schleifholzlager stoßen verstärkt an Kapazitätsgrenzen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 32/2018 vom 09.08.2018

EUWID (32/2018B): Ladenburger wird Sägewerk Hürnheim im Herbst schließen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 32/2018 vom 09.08.2018.

EUWID (45/2018): Europa: Seit August 2017 sind 100 Mio fm Schadholz angefallen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 45/2018 vom 08.11.2018

EUWID (46/2018): Schleifholzpreise in Verträgen für 2018/2019 fortgeschrieben oder geringfügig gesenkt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 46/2018 vom 29.11.2018

EUWID (48/2018): Kronospan Luxembourg setzt neues Fertigungskonzept um. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 48/2018 vom 15.11.2018

EUWID (2018): Wird Deutschland in ein bis zwei Jahren zum Großabnehmer von Industriepellets? Euwid – Neue Energie. Onlineartikel vom 19.11.2018

EUWID (4/2019): Sägerestholzpreise teils auf Niveau von 2009 gefallen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Marktbericht Sägerestholz vom 11.04.2019.

EUWID (16/2019): Pfeleiderer: Produktionsmengen haben sich nur wenig verändert. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 16/2019 vom 18.04.2019

EUWID (21/2019): Papierfabriken drosseln Produktion und reduzieren Einkauf von Schleifholz. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 21/2019 vom 23.05.2019

EUWID (30/2019): UPM hat im Werk Plattling Produktion auf PM 10 eingestellt. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 30/2019 vom 25.07.2019

EUWID (45/2019): Preis für Schleifholz sinkt in Bayern 2019/2020 um 15 %. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 30/2019 vom 25.07.2019

EUWID (2019A): BayWa steigert Pelletabsatz mit Hilfe von WUN Pellets. Euwid – Neue Energie. Onlineartikel vom 22.12.2019

EUWID (2019B): Blue Energy Europe gibt Holzgas-Heizkraftwerk Ulm auf Euwid – Neue Energie. Onlineartikel vom 28.01.2019

EUWID (2019C): Markt für Altholz deutlich weniger volatil als andere Entsorgungsmärkte. Euwid Recycling und Entsorgung Themen-Special Altholzverwertung 2019, S. 4-8

EUWID (2019D): Projekt „Altholz – Quo vadis“ identifiziert vier Optimierungsoptionen für Altholzkraftwerke. Euwid Recycling und Entsorgung Themen-Special Altholzverwertung 2019, S. 13

EUWID (2020): EUWID-Preisspiegel: Sägerestholz Deutschland. Euwid – Holz und Holzwerkstoffe, abgerufen am 16.03.2020.

EUWID (6/2020): UPM-Kymmene wird Bioraffinerie in Leuna bauen. Euwid - Holz und Holzwerkstoffe Ausgabe 6/2020 vom 06.02.2020

- EUWID (19/2020): BMU legt Diskussionsentwurf zur Novelle der Altholzverordnung vor. Euwid Recycling und Entsorgung Ausgabe 19/2020 vom 05.05.2020
- FNR, FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (HRSG.) (2017): Hackschnitzelheizungen - Marktübersicht. 5., aktualisierte Auflage.
- FNR, FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (HRSG.) (2020): Stromerzeugung aus Biomasse. Mediathek. Abgerufen am 07.01.2020 von <https://mediathek.fnr.de/stromerzeugung-aus-biomasse.html>
- FREIE MEDIEN (2020): Energie aus Papierabfällen! Diese organische Speichertechnologie übertrifft alles – Lignin statt Lithium, abgerufen am 20.05.2020 unter <https://freie-medien.tv/neue-organische-speichertechnologie-lignin-statt-lithium/>
- FRIEDRICH, S.; KNAUF, M. (2016): Holzbilanzen als Informationsquelle zur Holzverwendung auf Bundeslandebene am Beispiel der bayerischen Holzmarktbilanz, 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.
- FRÖLING (2019): Zubau an Holzvergäsern in Bayern mit Stand zum 31.12.2018. Mündliche Auskunft durch Herrn Wasensteiner am 27.06.2019
- 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.
- GÖBWEIN, S.; LEMME, H.; PETERCORD, R. (2017): Prachtkäfer profitieren vom Trockensommer 2015. LWF aktuell 112, S. 14 – 17.
- GÖBWEIN, S.; HIENDLMEIER, S.; BORCHERT, H. (2018): Energieholzmarkt 2016. Abschlussbericht. Freising
- GÖBWEIN, S.; SCHUSSER, M.; BORCHERT, H. (2019): Marktstudie Rundholzlogistik Bayern 2017. Endbericht, 83 S.
- GÖBWEIN, S.; RIEBLER, M. (2020): Waldbesitzer verkaufen günstiger. Bayrisches Landwirtschaftliche Wochenblatt 13/2020, S. 28-29.
- GROH, R. (2017): A3-Ausbau: Wohin mit dem Holz von der Autobahn-Rodung?, Nordbayerische Nachrichten vom 21.11.2017
- HARGASSNER (2019): Zubau an Holzvergäsern in Bayern mit Stand zum 31.12.2018. Mündliche Auskunft durch Herrn Linecker am 07.06.2020
- HARTMANN, M. (2019A): 2018 – ein sehr gutes Jahr. Holzkurier 23/2019, S. 12-13.
- HARTMANN, B. (2019B): Mit weniger mehr erreichen. Holzkurier 45 vom 07.11.2019, S. 14-15.
- HARTWIG, J. (2019): CM Blu Organic Flow Batteries. Vortrag anlässlich der Fortbildung Holz – Quelle einer nachhaltigen Bioökonomie am 11.07.2019 in Lohr am Main
- HASTREITER, H. (2017): Sturm und Dürre steigerten 2015 den Holzanfall. LWF aktuell 112, S. 52-55
- HASTREITER, H. (2018): Die Holzeinschlagserhebung 2016. LWF aktuell 116, S. 57-59
- HASTREITER, H. (2019A): Waldbesitzstände nach Automatischem Liegenschaftsbuch 2018 in Bayern. Mündliche Aussage

- HASTREITER, H. (2019B): Auf und ab beim Holzeinschlag. LWF aktuell 120, S. 54-56
- HASTREITER, H. (2019C): Schadholz mengen auch 2018 auf hohem Niveau. LWF aktuell 123, S. 56-58
- HASTREITER, H. (2020): Mündliche Mitteilung.
- HAUK, S.; WITTKOPF, S. (2012): Kurzumtriebsplantagen in Bayern LWF aktuell 86/2012, S. 27-28.
- HD-PELLETSTECHNOLOGIE (2019): Gute Gründe für Pellets in HD-Qualität. Im Internet: <https://www.hd-pellets.de/> abgerufen am 30.10.2019
- 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. (2019): Betriebsdaten geförderter bayerischer Biomasseheizwerke – Auswertung Jahresberichte 2017. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V.
- HIENDLMEIER, S. (2020): Betriebsdaten geförderter bayerischer Biomasseheizwerke – Auswertung Jahresberichte 2018. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V.
- 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 89
- HÖGLMEIER, K.; WEBER-BLASCHKE, G.; RICHTER, K. (2015): Effiziente Erfassung und Aufbereitung entscheidend. Holzcentralblatt (5), S. 108 -109 vom 30.Januar 2015
- HÖGLMEIER, K.; WEBER-BLASCHKE, G.; RICHTER, K. (2016): Kaskadennutzung von Altholz in Bayern. LWF aktuell 109, S. 8 – 11.
- HOLZKURIER (2019A): Nadelholzsägewerke Deutschland Edition 2019. Holzkurier 11/2019 vom 14.03.2019, S. 4–6.
- HOLZKURIER (2019B): Konjunkturhöhepunkt überschritten, Holzkurier 23/2019, S. 5.
- HOLZKURIER (2019C): Eintrübung, Holzkurier 44/2019 S. 4-5.
- IER, INSTITUT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT UND RATIONELLE ENERGIEANWENDUNG (2018): Heizkostenvergleich für Wohn- und Nichtwohngebäude. Online-Tool. Universität Stuttgart. abgerufen am 28.02.2018, unter http://www.ier.uni-stuttgart.de/online_tools/heizkostenvergleich/index.html,
- IWU, INSTITUT FÜR WOHNEN UND UMWELT (2019): Gradtagszahlen in Deutschland – Excel Mappe, Info & Download. Abgerufen am 11.11.2019 unter <https://www.iwu.de/veroeffentlichungen/fachinformationen/energiebilanzen/#c205>
- 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.
- 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.
- KUPTZ, D.; SCHULMEYER, F.; HÜTTL, K.; DIETZ, E.; TUROWSKI, P.; ZORMAIER, F.; BORCHERT, H.; HARTMANN, H. (2015): Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel, Berichte aus dem TFZ Nr. 40, 324 S.
- KUPTZ, D.; DIETZ, E. (2018): Hackschnitzel aus dem Kurzumtrieb. Brennstoffqualität und Verbrennungsverhalten. Schule und Beratung 1-2/2018, S. 70 – 73.
- LEMME, H.; GÖßWEIN, S. (2017): Das Borkenkäferjahr 2016. LWF aktuell 112, S. 32 -34.
- LETALIK, C. (2020): mündliche Mitteilung.
- LFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2019A): Hausmüll in Bayern Bilanzen 2018. Informationen aus der Abfallwirtschaft, Augsburg, S. 99
- LFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2019B): Datenbestand Holzfeuerungen > 1 MW FWL. Datenauskunft vom 07.10.2019. Augsburg (unveröffentlicht)
- LIV, LANDESINNOVATIONSVORBEREITUNG FÜR DAS BAYERISCHE KAMINKEHRERHANDWERK (2017): Datenerfassung. Mündliche Auskunft durch Herrn Knothe am 21.11.2017
- LOGA, T., GROßKLOS, M.; KNISSEL, J. (2003): Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten – Konsequenzen für die Verbrauchsabhängige Abrechnung. Institut Wohnen und Umwelt GmbH
- LUND, H.; WERNER, S.; WILTSHIRE, R. SVENDSEN, S.; THORSEN, J.E.; HVELPLUND, F.; MATHIESEN, B.V. (2014): 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. Energy (68), S. 1-11
- 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.
- LWF, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2020): Internetbeitrag zur Waldbesitzstruktur in Bayern. Abgerufen am 07.01.2020 von <https://www.lwf.bayern.de/waldbesitz-forstpolitik/waldbesitz/index.php>
- NORTON, M.; BALDI, A.; BUDA, V.; CARLI, B.; CUDLIN, P.; JONES, M. B.; KORHOLA, A.; MICHALSKI, R.; NOVO, F.; OSLÁNYI, J.; SANTOS, F.D.; SCHINK, B.; SHEPERD, J.; VET, L.; WALLOE, L.; WIJIKMAN, A. (2019): Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy. GCB Bioenergy 11/2019, S. 1256 – 1263
- ØSTERGAARD, P.A.; ANDERSEN, A.N. (2016): Booster heat pumps and central heat pumps in district heating. Applied Energy (184), S. 1374 – 1388.
- PICHLER, W. (2019): Laubholz: Pelletzukunft?. Artikel in Holzkurier.com. Abgerufen am 30.11.2019 unter https://www.holzkurier.com/energie/2019/10/laubholz_pelletzukunft.
- PÜTZ, C. (2010): Fehlende Werte in der Marktforschung: Eine Fallstudie zur Aufdeckung von Datenausfallmechanismen. Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt) Heft 10, S. 512-515.
- QUASCHNING, V. (2016): Sektorkopplung durch die Energiewende Anforderungen an den Ausbau erneuerbarer Energien zum Erreichen der Pariser Klimaschutzziele unter Berücksichtigung der Sektorkopplung, Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin, 38 S.
- REWOBIOREF, MOBILISATION AND UTILISATION OF RECYCLED WOOD FOR LIGNOCELLULOSIC BIREFINERY PROCESSES (HRSG.)(2017): Technical news, abgerufen am 19.05.2020 von <http://www.rewobioref.eu/index.php/news>
- RISSE, M. (2019): Resource and eco-efficiency assesment of utilizing recovered solid wood in cascades. Dissertation, Technische Universität München, 129 S.
- RISSE, M.; WEBER-BLASCHKE, G.; RICHTER, K. (2019): Eco-efficiency analysis of recycling recovered solid wood from construction into laminated timber products. Science of the total environment, Ausgabe 661, S. 107-119.

- RÖNSCH, C. (2017): Auswertung zur Verteilung der Größenklassen bei Holzheizkesseln > 50 kW in Bayern auf Datengrundlage des Forschungsprojekts "Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland - Kehrbocherhebung mit dem Kaminkehrerhandwerk" am Deutschen Biomasseforschungszentrum - DBFZ. Leipzig (unveröffentlicht)
- SACHVERSTÄNDIGENRAT BIOÖKONOMIE BAYERN (2017): Die Potenziale von Bioraffinerien für die bayerische Bioökonomie, abgerufen unter http://www.biooekonomierat-bayern.de/dateien/Publikationen/SVB-Schwerpunktthema_Bioraffinerien.pdf
- SAPPI (2019): Umwelterklärung 2018 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.
- SCHÖBERL, W. (2019): Betriebsdaten geförderter bayerischer Holzvergaser – Auswertung Jahresberichte 2018. Straubing. C.A.R.M.E.N. e.V.
- SCHOLL, F.; WERN, B.; VOGLER, C. (2019): Altholzkraftwerke im Post-EEG-Zeitalter Teil 2. Holzzentralblatt 47, S. 1034-1035
- 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.
- SIEGMUND, T. (2019): Certification of sustainable wood energy in practice: the SURE system. Vortrag im Rahmen des 19. Fachkongresses Holzenergie vom 25.-26.09.2019, Festung Marienberg Würzburg.
- SOLAR PROMOTION (2017): Marktübersicht Pelletproduktion in Deutschland 2017. Pellets Markt und Trends. Ausgabe 04.17
- SPANNER (2019): Zubau an Holzvergäsern in Bayern mit Stand zum 31.12.2018. Schriftliche Auskunft durch Herrn Pölt am 21.10.2019.
- SRU, SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (2020): Umweltgutachten 2020, Berlin, Stand Januar 2020, 558 S.
- STADTWERKE MÜNCHEN (2020): Heizkraftwerke der SWM, <https://www.swm.de/privatkunden/unternehmen/energieerzeugung/heizkraftwerke.html> abgerufen am 21.02.2020.
- 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.) (2017): Waldbericht 2017, 86 S.
- STMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (HRSG.) (2018): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung, München 352 S.
- STMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (HRSG.) (2019): Holzmarktbericht zum III. Quartal in Bayern
- STMWI, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND MEDIEN, ENERGIE UND TECHNOLOGIE (2016): Bayerisches Energieprogramm für eine sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Energieversorgung. 68 S.
- TENNET (2019): Dateien zu Stammdaten mit Stand 31.12.2018 der im Jahr 2018 in Betrieb befindlichen EEG-Anlagen der gesamten Regelzone der TenneT und deren Bewegungsdaten für das Jahr 2018. Abgerufen am 15.07.2019 von <https://www.tennet.eu/de/strommarkt/strommarkt-in-deutschland/eeg-kwkg/erneuerbare-energien-gesetz/anlagen-berichte-bilanzkreis/>

- TRIEBENBACHER, C.; PETERCORD, R. (2019): Buchdrucker und kupferstecher im Steifflug, LWF aktuell 120, S. 43 - 45.
- TRIEBENBACHER, C.; LOBINGER, G. (2020): 2019: Borkenkäferdichte auf sehr hohem Niveau, LWF aktuell 124, S. 42 - 45.
- ULRICH, A. (2020): Merkel für klimafreundlichen Neustart – Petersberger Dialog. Abgerufen am 28.04.2020 von <https://www.tagesschau.de/inland/petersbergerer-klimadialog-coronavirus-103.html>
- UMWELTBUNDESAMT (HRSG.) (2017): Biomassekaskaden Mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse – von der Theorie zur Praxis. Texte 53/2017 Endbericht, Dessau-Roßlau, Juni 2017.
- UMWELTBUNDESAMT (2020): Ausenhandel mit Holz Altholzverbringung_Bayern, erhalten am 13.03.2020, Daten nicht öffentlich verfügbar.
- 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, 9 S.
- 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.
- VDP, VERBAND DEUTSCHER PAPIERFABRIKEN E. V. (2019): Papier 2019 Ein Leistungsbericht. Annual Report, Bonn.
- 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.
- WANG, J.; YOU, S.; ZONG, Y.; TRAEHOLT, C. (2017): Energylab Nordhavn: An integrated community energy system towards green heating and e-mobility. Proceedings of 2017 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, S. 1-6, DOI: 10.1109/ITEC-AP.2017.8080846
- WEBER-BLASCHKE, G.; FRIEDRICH, S. (2015): Stoffliche oder energetische Holznutzung? AFZ/Der Wald Nr. 23, S. 23-25.
- WEGSCHEID (2019): Zubau an Holzvergäsern in Bayern. Schriftliche Auskunft durch Herrn Schätzl.
- 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.
- ZECH, D., ULLRICH, S.; WÜLBECK, H.-F.; STUIBLE, A.; WAPLER, J.; VALENBREDER, P.; MEYER, R.; MIARA, M.; HARTMANN, H.; REISINGER, K.; WERNER, F.; OROZALIEV, J.; VAJEN, K.; SCHUHMAN, E.; ERLER, R.; HEINRICH, P.; SCHRÖDER, G. (2018): Evaluation des Marktanreizprogramms zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt im Förderzeitraum 2015 bis 2018 - Evaluation des Förderjahres 2018. Abgerufen am 20.12.2019 von https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/evaluierung-marktanreizprogramm-2018.pdf;jsessionid=ACD81C6F501CAE5FF18311E22A9DACF2?_blob=publicationFile&v=2
- ZIV, BUNDESVERBAND DES SCHORNSTEINFEGERHANDWERKS (2019): Datenauskunft zum Anlagenbestand an Holzzentralfeuerungen im Gültigkeitsbereich der 1. BImSchV in Bayern Ende 2018 (unveröffentlicht)

6 Anhang

Tabelle 33: Hackleistung der Unternehmen in der Einteilung nach kW. Es gibt im Mittelwert fast keine Differenzierung. Die Summe der kW kann nicht als Leistungsmerkmal herangezogen werden.

| Hackleistung | Mittelwert | Minimum | Maximum |
|-----------------|------------|---------|---------|
| | [Srm/kW] | | |
| 0 - 300 kW | 134 | 2 | 374 |
| 301 - 600 kW | 141 | 3 | 487 |
| mehr als 600 kW | 124 | 84 | 167 |

Tabelle 34: Hackleistung der Unternehmen gestaffelt nach der gehackten absoluten Holzmenge. Die Mittelwerte steigen mit den Größenklassen, genau wie Minimum und Maximum an.

| Hackleistung | Mittelwert | Minimum | Maximum |
|----------------------|------------|---------|---------|
| | [Srm/kW] | | |
| 0 - 10.000 Srm | 16 | 2 | 54 |
| 10.001 - 50.000 Srm | 118 | 58 | 179 |
| 50.001 - 100.000 Srm | 176 | 85 | 374 |
| mehr als 100.000 Srm | 257 | 114 | 487 |