

Abschlussbericht 07/2024

Energieholzmarkt Bayern 2022

Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern Eine Analyse von Aufkommen und Verbrauch

BAYERISCHE 
FORSTVERWALTUNG



Impressum

Projektleitung

Dr. Herbert Borchert
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Projektbearbeitung

Johannes Metsch
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

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

Herausgeber

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

Titelbilder: Herbert Borchert, Michael Lutze

Freising, Juli 2024

Zitiervorschlag:

Metsch, J.; Hiendlmeier S; Borchert, H.; Genßler, M. (2024): Energieholzmarkt Bayern 2022. Abschlussbericht, Freising. 167 S.

Inhalt

Impressum	2
Inhalt	3
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis.....	12
1 Einleitung.....	14
1.1 Zielsetzung.....	15
1.2 Untersuchungsrahmen.....	15
1.3 Umrechnungsfaktoren.....	17
2 Holzaufkommen.....	19
2.1 Energieholz aus Wald und Flur	19
2.1.1 Rohholzaufkommen aus dem Wald	21
2.1.2 Waldenergieholzaufkommen 2022	25
2.1.3 Hackschnitzelproduktion aus der Umfrage unter Hackerunternehmen	28
2.1.4 Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz.....	31
2.1.5 Holznutzungspotenziale.....	32
2.1.6 Preisentwicklung der Waldholzsortimente.....	35
2.1.7 Diskussion	38
2.1.8 Fazit und Trends	41
2.2 Nebenprodukte der Sägeindustrie.....	44
2.2.1 Datengrundlage.....	44
2.2.2 Rundholzeinschnitt im Jahr 2022	46
2.2.3 Struktur der Sägewerke in Bayern.....	47
2.2.4 Aufkommen von Nebenprodukten in den Sägewerken	50
2.2.5 Verwendung Nebenprodukte	51
2.2.6 Preissituation bei den Nebenprodukten.....	53
2.2.7 Herausforderungen aus Sicht der Sägewerksbetriebe	54
2.2.8 Diskussion	56
2.3 Pelletproduktion	58
2.3.1 Methode	58
2.3.2 Pellethersteller und Pelletproduktion	58
2.3.3 Pelletpreise	60
2.3.4 Fazit und Trends	62
2.4 Altholz.....	65

2.4.1 Erfassung und Befragung der Altholzaufbereitungs- und Entsorgungsbetriebe	65
2.4.2 Hochrechnung der Befragungsergebnisse	67
2.4.3 Altholzaufkommen und Altholzverwendung	67
2.4.4 Diskussion	72
2.4.5 Trends und Herausforderungen beim Altholz	78
2.5 Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsysteme	79
2.5.1 Flächenbestand und Ertragsabschätzung (KUP)	79
2.5.2 Nutzungspotenzial Kurzumtriebsplantagen	81
2.5.3 Fazit und Trends	82
3 Holzverbrauch	85
3.1 Energieholzverbrauch in Privathaushalten	85
3.1.1 Methode	85
3.1.2 Befragungsergebnisse	86
3.1.3 Entwicklung der Investitionen im Gebäudebestand	93
3.1.4 Wintertemperaturen in Bayern	98
3.1.5 Diskussion	99
3.1.6 Fazit und Trends	100
3.2 Mittlere Holzfeuerungen und Biomasseheiz(kraft)werke	103
3.2.1 Methode	103
3.2.2 Ergebnisse: Energieholzverbrauch Feuerungsanlagen > 50 kW	108
3.2.3 Diskussion	120
3.2.4 Fazit und Trends	123
3.3 Papier- und Zellstoffindustrie	127
3.3.1 Methode	127
3.3.2 Holz- und Altpapierverbrauch der bayerischen Papier- und Zellstoffindustrie	128
3.3.3 Diskussion	129
3.4 Holzwerkstoffindustrie	130
3.4.1 Methode	130
3.4.2 Holzverbrauch der bayerischen Holzwerkstoffindustrie	130
3.4.3 Diskussion	131
4 Holzbilanz	132
4.1 Aufkommensmengen	132
4.2 Verbrauchsmengen	133
4.3 Außenhandelsmengen	134
4.4 Bilanzen	137
4.5 Stoffstrommodell und Primärenergieverbrauch	142

4.6 Ableitung von Maßnahmen und Empfehlungen.....	144
5 Zusammenfassung	157
6 Literatur.....	159

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Forstliche Übersichtskarte über die Besitzverhältnisse in Bayern (© LDBV 2024).	20
Abbildung 2: Entwicklung der Holzeinschlagsmenge in Bayern von 2012 bis 2023. Das langjährige arithmetische Mittel von 2003-2012 liegt bei 17,6 Mio. Efm o. R. (Quelle: DESTATIS 2024B).	21
Abbildung 3: Holzeinschlag nach Waldbesitzarten für die Jahre 2018 bis 2022. Der Prozentsatz bezieht sich auf die anteilig eingeschlagene Holzmenge nach Waldbesitzart für 2022. (Quelle: DESTATIS 2024B).	22
Abbildung 4: Einschlagsmengen nach Einschlagsursache in Bayern zwischen 2013 und 2023. Anteil des gesamten Schadholzes am Gesamteinschlag (rote Linie). Die Namen bezeichnen Stürme, die in Bayern größere Schäden angerichtet haben (Quelle: DESTATIS 2024B, LWF).	23
Abbildung 5 Zeitreihe über den gemeldeten Energieholzeinschlag im Laubholz (Quelle: DESTATIS 2024B). Dargestellt ist die Entwicklung der absoluten Menge und die prozentuale Entwicklung anteilig am gesamten Holzeinschlag.	24
Abbildung 6 Zeitreihe über den gemeldeten Energieholzeinschlag im Nadelholz (Quelle: DESTATIS 2024B). Dargestellt ist die Entwicklung der absoluten Menge und die prozentuale Entwicklung anteilig am gesamten Holzeinschlag.	24
Abbildung 7: Holzeinschlag nach Sortimenten für die verschiedenen Besitzarten (links) und unterschiedliche Besitzgrößen im Privatwald (rechts) ohne das nicht verwertete Holz (Quelle: BAYSF AöR 2024 und eigene Berechnungen LWF).	26
Abbildung 8 Verteilung von stofflicher und energetischer Nutzung nach Baumartengruppe für 2022. Sonstiges Laubholz wird der Buchengruppe zugeordnet.	27
Abbildung 9 Altersklassenverteilung von Laubholz und Nadelhölzern nach bestockter Fläche in Hektar (Quelle: BWI 3).	32
Abbildung 10: Sortimentsverteilung im bewirtschafteten Staatswald (grün) und den Naturwäldern (blau); dargestellt ist auch die Differenz der beiden Kollektive.	35
Abbildung 11: Brutto-Durchschnittspreise für bayerisches Scheitholz von professionellen Händlern von 2013/14 bis 2023/24 (Quelle: Eigene Erhebung).	35
Abbildung 12: Entwicklung der Waldhackschnitzelpreise von 2012 bis 2023. Es handelt sich um Bruttopreise, inkl. MwSt (Quelle: C.A.R.M.E.N. E. V. 2024A).	37
Abbildung 13: Entwicklung der Preisindizes für Stammholz der 4 Hauptbaumarten, Industrieholz und zwei Energieholzsortimente von 2012 bis 2023 in Deutschland. (Quelle: DESTATIS 2024A, C.A.R.M.E.N. E. V. 2024A, LWF).	38
Abbildung 14: Sägewerke in Bayern 2022. Geodatenbasis © Bayerische Vermessungsverwaltung (www.geodaten.bayern.de).	45
Abbildung 15 Vergleich von Stammholzeinschlag, Einschnittmengen in den Sägewerken und produziertem Schnittholz in Mio. Fm für Bayern 2022.	46
Abbildung 16: Anzahl der Sägewerke je Größenklasse (GK) nach Einschnitt im Jahr 2022 [in Fm o. R.] und Sägewerkstyp.	48
Abbildung 17: Gesamteinschnitt [in Mio. Fm o. R.] je Größenklasse der Sägewerke und nach Laub- und Nadelholz getrennt für das Jahr 2022.	48
Abbildung 18: Strukturveränderung je Größenklasse [in Fm] und Sägewerkstyp von 2020 bis 2022.	49
Abbildung 19 Einschnitt (in Fm o. R.) in Anhängigkeit von der Betriebsfläche (in ha). Die repräsentierten Größenklassen GK 1-GK 6 sind entsprechend farblich gekennzeichnet.	50

Abbildung 20: Aufkommensmengen von Sägenebenprodukten, Rinde und Industrierestholz aus den Sägewerken in Mio. m ³	51
Abbildung 21: Preisentwicklung von Sägenebenprodukten seit 2012 (Quelle: EUWID 2024A)	54
Abbildung 22: Entwicklung des Einschnitts in den Sägewerken mit 20 und mehr Beschäftigten (Quelle: DESTATIS 2024D) im Vergleich zum Gesamteinschnitt nach den Ergebnissen der Energieholzmarktstudien seit 2010.	56
Abbildung 23: Karte der Pellethersteller 2022 in Bayern.	59
Abbildung 24 Preisentwicklung für Holzpellets, Heizöl und Erdgas (Bruttopreise; Datenquellen: Holzpellets: C.A.R.M.E.N. E.V. 2024B; Heizöl und Erdgas: DESTATIS)	61
Abbildung 25 Preisentwicklung für Holzpellets bei verschiedenen Liefermengen, (Bruttopreise; Datenquellen: C.A.R.M.E.N. E.V. 2024B).....	62
Abbildung 26 Marktentwicklung Wärmeerzeuger in Deutschland: Biomassekessel. Bundesförderprogramme lösten bis 2022 einen Absatzboom aus, 2023 folgt ein jäher Einbruch (BDH 2024, eigene Darstellung).....	63
Abbildung 27 Altholzmengen dargestellt nach Ihrer Herkunft sowie dem Anfallsort.....	69
Abbildung 28 Verteilung des Altholzaufkommens anhand der Altholzklassen.....	70
Abbildung 29 Altholzmengen getrennt nach ihrer weiteren Verwendung.....	70
Abbildung 30 Handelsvolumen des Altholzes in Bayern getrennt nach Altholzklasse und weiterer Verwendung.....	71
Abbildung 31 Herkunft des Altholzes, das 2020 in bayerische Abfallentsorgungsanlagen gelangte (BLFS 2024).....	73
Abbildung 32 Umfang der Grundgesamtheit für 2020 und 2022 getrennt nach Betriebsgrößenklassen.	75
Abbildung 33 Entsorgungskosten (Stand: 20218) für Altholz nach den Altholzklassen und Abgabeorte; Andere = andere kommunale Abgabestellen, Externe = private Entsorgungsunternehmen.	77
Abbildung 34 Altholzpreise 2020 bis 2024 für Hackschnitzel bis 150 mm frei Verwerter (Quelle: EUWID 2024). EUWID gibt die Minimum- und Maximumpreise an. Dargestellt ist die Mitte der Preisspanne.	77
Abbildung 36: Flächen auf denen Kurzumtriebsplantagen angebaut werden seit 2007 und die entsprechenden Erntemengen (bei 8-jährigem Umtrieb) seit 2015. (InVeKoS-Förderdatenbank und eigene Berechnungen).	80
Abbildung 37: Gesamtwuchsleitung (GWL) und aktueller Vorrat der bayerischen Kurzumtriebsplantagen (KUP). Die Vorratsentwicklung berücksichtigt Flächenstilllegungen und unterstellt potenzielle Nutzungen nach einer Umtriebszeit von 8 Jahren.	80
Abbildung 38 Energieholzpotenzial in GJ je Hektar, dargestellt auf Gemeindeebene.	82
Abbildung 39: Anteile der mit Holz heizenden Haushalte in Bayern.....	87
Abbildung 40: Entwicklung der Holzheizter in Bayern von 2016 – 2022.	87
Abbildung 41: Verteilung der Einzelraumfeuerungen und der Holzzentralheizungen über die Gebäudearten im Jahr 2022. Die Prozentangaben beziehen sich jeweils auf die Gesamtheit der genannten Anlagenart. Der Wert hinter den Balken entspricht der Anlagenzahl des Heizsystems im jeweiligen Gebäudetyp.	88
Abbildung 42: Anzahl der mit Holz heizenden Haushalten nach Gebäudetypen. Der Prozentsatz bezieht sich auf die Gesamtheit aller Haushalte von 6,4 Mio.....	89
Abbildung 42: In den Privathaushalten verwendete Energieholzsortimente. Berücksichtigt sind alle mit Holz heizenden Haushalte, die eine Angabe zu den verwendeten Sortimenten gemacht haben (Mehrfachnennungen möglich).....	90

Abbildung 43: Herkunft des Scheitholzes bei Haushalten, die Scheitholz verwenden (Mehrfachnennungen möglich).....	91
Abbildung 44: Holzverbrauch in Abhängigkeit von der mit Holz beheizten Wohnfläche für Haushalte, die nur oder überwiegend mit Holz heizen und solche, die überwiegend nicht mit Holz heizen. Haushalte ab 200 m ² sind selten.	92
Abbildung 45: Holzheizquote in Abhängigkeit vom Baujahr des bewohnten Gebäudes. Das Gebäudealter wurde von 93 % der Befragten angegeben.....	95
Abbildung 46: Anteil der Brennstoffe am gesamten Bestand der Holzzentralheizungen (links) und die Anteile der Brennstoffe bei neu installierten Anlagen seit 2010 (rechts). Die Zahlen beziehen sich auf Zentralheizungen im Leistungsbereich von ≥ 4 kW ≤ 50 kW. (Quelle: Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks 2024, eigene Darstellung).	96
Abbildung 47: Primäre Energieträger in neugebauten Wohngebäuden in den Jahren 2013 bis 2023 in Bayern. Im Jahr 2022 gab es 23.300 Neubauten von denen 2.000 primär mit Holz beheizt wurden. (Quelle: BLFS 2023B).....	96
Abbildung 48: Sekundäre Energieträger in neuen Wohngebäuden in Bayern der Jahre 2012 bis 2022. Von den 23.300 Neubauten können 5.700 zusätzlich mit Holz beheizt werden (Quelle: BLFS 2023B).	97
Abbildung 49: Anzahl der neugebauten Wohngebäude in Bayern der Jahre 2013 bis 2023. Die Holzbauquote zeigt den Anteil der ganz oder überwiegend aus Holz gebauten Gebäuden an der Gesamtzahl der Neubauten (Quelle: BLFS 2023B).....	98
Abbildung 50: Heizgradtage in der Heizperiode 2000/01 bis 2022/23 in Bayern (gewichtet). Je größer eine Säule ist, desto kälter war die Heizperiode. Das Langjährige Mittel entspricht dem Mittelwert aller Heizperioden im Betrachtungszeitraum. Die gestrichelte Linie zeigt in der Tendenz einen Rückgang der Heizgradtage pro Jahr.	99
Abbildung 51: Anzahl der mit Standort bekannten Biomasseheiz(kraft)werke, der schriftlich befragten Anlagen sowie die Befragungsbeteiligung jeweils nach Anlagenart.	106
Abbildung 52: Räumliche Verteilung der mit Standort bekannten Feuerungsanlagen > 100 kW in Bayern.....	109
Abbildung 53: 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 2022 (Datengrundlage: Erhebung und Hochrechnung C.A.R.M.E.N. E.V., LIV 2023).	112
Abbildung 54: Häufigkeit der Nennungen zur Wärmenutzung ohne Gewichtung der genutzten Wärmemenge, Mehrfachnennungen möglich (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2022, Wärmeerzeuger > 500 kW N=296, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) N=58, Holzgas Heizkraftwerk N=37).....	113
Abbildung 55: Art der Wärmenutzung und deren Anteil an der genutzten Wärmemenge (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2022, Wärmeerzeuger > 500 kW N=296, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) N=58, Holzgas Heizkraftwerk N=37).	114
Abbildung 56: Anlagenanzahl und installierte elektrische Leistung der in Betrieb befindlichen bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerke.	115
Abbildung 57: Anteil der unterschiedlichen Technologien zur Stromerzeugung aus fester Biomasse am Anlagenbestand der KWK-Anlagen sowie deren Anteile an der installierten elektrischen Leistung und produzierten Strommenge dieser Anlagen in Bayern.....	116
Abbildung 58: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2022 in bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerken. Der Gesamtverbrauch der stromerzeugenden Anlagen wurde auf 1,68 Mio. Tonnen atro hochgerechnet.	119

Abbildung 59: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2022 in bayerischen Holzheizwerken > 50 kW zur reinen Wärmeproduktion. Der Gesamtverbrauch der Heizwerke wurde auf 1,97 Mio. Tonnen atro hochgerechnet.	120
Abbildung 60: Monatliche Anzahl der Förderanträge zum Heizungstausch im BEG – Programmteil Einzelmaßnahmen von Januar 2022 bis Dezember 2023 (Quelle: BAFA 2024).	124
Abbildung 61 Rohstoffverbrauch der bayerischen Papier- und Zellstoffproduzenten, die Rohholz oder TMP-Hackschnitzel einsetzen, getrennt nach Sortimenten.	128
Abbildung 62: Außenhandel Bayerns mit Rundholz von 2012 bis 2023 (QUELLE: BLFS 2024A). Die Mengen beziehen sowohl Rundholz mit als auch ohne Rinde mit ein.	134
Abbildung 63 Außenhandel Bayerns mit Schnittholz (QELLE: BLFS 2024A).	135
Abbildung 64: Stoffströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in Bayern 2020 in Mio. Fm m. R. bzw. m ³	142
Abbildung 65: Primärenergieverbrauch in Bayern nach Energieträgern im Jahr 2021 (BLFS 2024c). Der Stromaustauschsaldo beträgt 1 %.	143
Abbildung 67: Die Treibhausgasbilanzierung des Waldspeichers.	148
Abbildung 68 Pellets: Produktion, Verbrauch und Außenhandel Deutschlands (Quelle: DESTATIS 2024E, DEPI 2024).	150

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sortimentsweise Umrechnungsfaktoren für Gewichts- und Raummaße.	17
Tabelle 2: Baumarten(gruppen)weise Umrechnungsfaktoren für Gewichtsmaße und Energieinhalt. .	18
Tabelle 3: Gesamteinschlag an Stamm-, Industrie- und Scheitholz sowie Waldhackschnitzeln nach Besitzart in Bayern 2022.	25
Tabelle 4: Hochgerechneter Holzeinschlag in den bayerischen Privatwäldern nach Größenklasse (Eigene Berechnungen LWF).	26
Tabelle 5: Gesamteinschlag an Stamm-, Industrie- und Scheitholz sowie Waldhackschnitzeln nach Baumarten(gruppe) in Bayern 2022.	27
Tabelle 6: Aufarbeitungsstruktur der Hackerunternehmen in Bayern 2022. Die Einteilung in Größenklassen erfolgte über die produzierten Mengen Hackschnitzel.	28
Tabelle 7: Hochgerechnete Hackschnitzelmenge 2022 nach Entstehungsort.	29
Tabelle 8: Nutzungspotenzial von Energieholz (Derbholz) nach Regierungsbezirken und Holzart.	33
Tabelle 9: Holzvorräte von Flur- und Siedlungsholz nach den Flächenkategorien des ALKIS- Objektartenkatalogs.	34
Tabelle 10: Scheitholzpreise im professionellen Scheitholzhandel im Winter 2023/24 (Quelle: Eigene Erhebung).	36
Tabelle 11: Scheitholzpreise im bayerischen Privatwaldbesitz im Winter 2023/24.	36
Tabelle 12: Geschätzte Anzahl und Einschnitt der kleinen und mittleren Sägewerke für ganz Bayern im Jahr 2022.	47
Tabelle 13: Anteile der Gesamtanzahl und des Gesamteinschnitts und des Nadel- bzw. Laubholzeinschnitts je Größenklasse auf Basis des Einschnitts 2022).	49
Tabelle 14: Verwertung der Sägenebenprodukte (inkl. Industrieresthölzer) in m ³ und %-Anteilen (getrennt nach Sägewerksgröße) für 2022.	52
Tabelle 15: Verwertung der Rinde in m ³ und %-Anteilen (getrennt nach Sägewerksgröße) für 2022. .	53
Tabelle 16: Adressbestand getrennt nach den Adressquellen.	66
Tabelle 17: Anzahl der Betriebe und Handelsvolumen nach Betriebsgrößenklasse.	68
Tabelle 18: Anteilige und absolute Altholz mengen nach Quelle und Größenklasse.	68
Tabelle 19: Durchschnittlicher Energieholzverbrauch der Haushalte im Winter 2022/23. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an. „Zuheizer“ sind Haushalte, die mit Holz heizen, aber überwiegend andere Energiequellen verwenden.	91
Tabelle 20: Energieholzverbrauch pro mit Holz beheizter Wohnfläche in Bayern 2022. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an.	92
Tabelle 21: Verbrauch der einzelnen Energieholzsortimente in den bayerischen Privathaushalten aus den Umfragen für die Heizperioden 2020/21 und 2022/23. Der Anteil der Sortimente bezieht sich auf die gesamte in den Privathaushalten eingesetzte Energieholzmenge des jeweiligen Erhebungsjahrs. Die Änderung bezieht sich auf die Veränderung innerhalb eines Sortiments zwischen den Erhebungen.	93
Tabelle 22: Stilllegungen und Neuanschaffungen von Holzheizungen aller Arten während der vergangenen fünf Jahre sowie geplante Anschaffungen in den nächsten fünf Jahren. Die Anteile beziehen sich auf die gesamten Haushalte in Bayern 2022.	94
Tabelle 23: Anlagenanzahl der Stichprobe je Leistungsklasse im Vergleich zur Grundgesamtheit aller Wärmeerzeuger < 1 MW.	108
Tabelle 24: Biomasseeinsatz in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2022 nach Anlagenart, deren Anteil am Verbrauch sowie an der Anlagenzahl (hochgerechnet und gerundet).	110

Tabelle 25: Durchschnittliche Leistung und durchschnittlicher Energieholzverbrauch der Stichprobe getrennt nach Leistungsklassen sowie das Hochrechnungsergebnis auf die Grundgesamtheit der Wärmeerzeuger < 1 MW.	111
Tabelle 26: Elektrische Leistungsbereiche verschiedener Technologien zur Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen in Bayern (N=445)	117
Tabelle 27: Energieholzverbrauch in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2022, (hochgerechnet).	118
Tabelle 28: Veränderung der Einflussgrößen auf das Hochrechnungsergebnis bei Wärmeerzeugern < 1 MW im Jahr 2022 im Vergleich zum Erhebungsjahr 2020	122
Tabelle 29 Schätzung der in der bayerischen Holzwerkstoffproduktion eingesetzten Mengen und Anteile nach Holzsortiment im Jahr 2022.	131
Tabelle 30: Holzbilanz für Bayern in Festmetern mit Rinde (Fm m. R.) bzw. m ³ der Jahre 2018, 2020 und 2022.	139
Tabelle 31: Holzbilanz für Bayern in Tonnen absolut trocken (Mio. Tonnen atro) der Jahre 2018, 2020, 2022.	140
Tabelle 32: Holzbilanz für Bayern in Petajoule (PJ) der Jahre 2018, 2020 und 2022.....	141
Tabelle 33: CO ₂ -Emissionen verschiedener Brennstoffe bezogen auf die bereitgestellte Energiemenge (SCHULZE ET AL. 2022).....	147

Abkürzungsverzeichnis

AFS	Agroforstsystem
ALKIS	Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem
AltholzV	Altholzverordnung
atro	absolut trocken (Darrgewicht)
AöR	Anstalt öffentlichen Rechts
BaySF	Bayerische Staatsforsten A.ö.R.
BWI	Bundeswaldinventur
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
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	Erntefestmeter
Efm o. R.	Erntefestmeter ohne Rinde
Fm	Festmeter
Fm m. R.	Festmeter mit Rinde
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GW _{th}	Gigawatt thermisch
ha	Hektar
HDF	Hochdichte Faserplatte
HH	Haushalt
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
LULUCF	Land use, land use change and forestry
LWF	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NGO	Non-governmental organization (Nichtregierungsorganisation)
MDF	mitteldichte Faserplatte
Mio.	Millionen
MJ	Megajoule
MWh	Megawattstunde
MW _{el}	Megawatt elektrisch
MW _{th}	Megawatt thermisch
N	Anzahl (statistisch)
ORC	Organic-Rankine-Cycle (Verfahren zur Stromerzeugung)
OSB	Oriented strand board (Grobspanplatte)
PJ	Petajoule
PM	Papiermaschine
Rm	Raummeter
Srm	Schüttraummeter

StMELF	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
TFZ	Technologie- und Förderzentrum Straubing im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
TMP	thermomechanischer Holzstoff zur Papiererzeugung
TWh	Terawattstunden
VBS	Verband der Bayerischen Entsorgungsunternehmen e.V.
VDP	Verband Deutscher Papierfabriken
Vfm	Vorratsfestmeter
WG	Wassergehalt
WPC	Wood Plastic Composites
ZE	Zufällige Erträge

1 Einleitung

Mit der Energiewende wurde im Jahr 2011 deutschlandweit eine grundlegende Umstellung der Energieversorgung beschlossen, die seitdem auch in Bayern Ziel bei der Energiebereitstellung ist (StMWi 2011). Ein wesentlicher Baustein ist dabei der Ausbau der erneuerbaren Energien, um insbesondere die fossilen Brennstoffe und die Kernenergie zu ersetzen. Die erneuerbaren Energieträger lassen sich grob in die emissionsfreien Energieträger Wind, Wasser und Solar sowie Biomasse einteilen. Die jährlichen Monitoringberichte zeigen für Bayern einen kontinuierlichen Anstieg der Biomasse im verwendeten Energiemix. Eine wichtige Rolle nimmt dabei Holz mit einem Anteil von aktuell 9 % am Primärenergieverbrauch ein (StMWi 2023).

Die Diskussion um die CO₂-Neutralität und Nachhaltigkeit von Holzenergie nahm im Zuge der Überarbeitung der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (RED III) neue Dimensionen an. Der geplante Ausschluss von Holz aus der Förderung für Heizwerke über 7,5 MW Gesamtfeuerungswärmeleistung und die geplanten Regelungen zu Biomasseheizungen im Rahmen des Gebäudeenergiegesetz (GEG) führten zu Unverständnis und Frustration in der Bevölkerung und der Forst- und Holzbranche. Grundsätzlich gilt die energetische Nutzung von Holz als CO₂-neutral, da bei der Verbrennung das CO₂ freigesetzt wird, das während des Wachstums im Baum gebunden wurde. Darüber hinaus können durch die Verwendung von Holz fossile Brennstoffe eingespart werden. Allein der Anteil von 17.9 %¹ an der Wärmeenergiebereitstellung in Bayern verdeutlicht die Bedeutung des Rohstoffs Holz im Energiesektor (StMWi 2023). Eine stoffliche Nutzung des Rohstoffes Holz in Form von Bauholz, Möbeln oder Holzwerkstoffen speichert den gebundenen Kohlenstoff, solange es verwendet wird. Doch auch hier schließt sich der Kreis am Ende der Lebensdauer des Holzprodukts mit der energetischen Verwendung. Eine erneut hohe Bilanzsumme von annähernd 40 Mio. m³ ist Indiz für die große Bedeutung des Holzmarkts in Bayern.

Gleichzeitig unterliegt der Holzmarkt verschiedensten Unsicherheiten, mitunter auch auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen. Beispielsweise kann das Aufkommen an Rohholz regional stark durch den Anfall von Schadholzmengen oder der Verbrauch / die Nachfrage durch die Veränderung von globalen Handelsströmen beeinflusst sein. Eine fortwährende Beobachtung des Aufkommens und Verbrauchs von holziger Biomasse ist deswegen ein wichtiger Baustein bei der Aufzeichnung von Entwicklungstendenzen.

Zusätzlich hat die Gesellschaft neben dem nachhaltig verfügbaren Rohstoff weitere und nicht weniger bedeutende Ansprüche an den Wald. So soll er beispielsweise als Erholungsraum für die Menschen und als unberührter Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten dienen. Schon allein die beiden vorgenannten Aspekte zeigen, dass das Holz und damit auch der Wald, in dem es wächst, nicht allen Anforderungen im höchsten Maß gerecht werden kann. Sich unter Umständen ergebende Zielkonflikte erfordern eine verstärkte Priorisierung mit der Folge von Trade-Offs zwischen den Ökosystemleistungen bzw. Funktionen des Waldes.

Klar ist, dass wir uns in einer Zeit befinden, in der es sich die Gesellschaft nicht leisten kann mit den zur Verfügung stehenden Rohstoffen verschwenderisch umzugehen. Aus diesen Gründen ist es wichtig, die Mengen des vielseitigen und natürlichen Rohstoffes möglichst genau zu erfassen, um die Potenziale zu erkennen und die Effizienz zu steigern. Eine fundierte Datenbasis ist dabei die notwendige

¹ Hier werden nur die biogenen Festbrennstoffe der Haushalte berücksichtigt, da in größeren Anlagen auch andere biogene Brennstoffe wie Stroh oder Miscanthus verwendet werden können.

Grundlage für zielführende Handlungen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Dies gilt gerade und besonders für die beiden größten Herausforderungen unserer Zeit, dem Klima- und Artenschutz.

Der Energieholzmarkt wird seit 2010 in einem zweijährigen Turnus von der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) und dem Centralen Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e. V. (C.A.R.M.E.N. e. V.) beobachtet (FRIEDRICH ET AL. 2012; GAGGERMEIER ET AL. 2014; WEIDNER ET AL. 2016, GÖBWEIN ET AL. 2018, GÖBWEIN ET AL. 2020). Vorher wurde die Marktbetrachtung nur alle fünf Jahre durchgeführt (WAGNER UND WITTKOPF 2000; BAUER ET AL. 2006). Der aktuelle Energieholzmarktbericht beschreibt die Marktsituation für das Jahr 2022.

1.1 Zielsetzung

Der Energieholzmarktbericht 2022 stellt ausführlich aktuelle Daten über Holzaufkommen und Holzverbrauch in Bayern dar. Dabei werden sowohl die energetische als auch die stoffliche Holznutzung detailliert betrachtet. Mittels einer umfangreichen und langjährig verfeinerten Datenerhebungen unter den Marktteilnehmenden wurde eine besonders breite und reliable Datenbasis geschaffen, die der Bericht in aggregierter Form verständlich darstellt. Auf Grundlage dieser turnusmäßigen Erhebungen und Auswertungen werden die aktuellen Entwicklungen auf dem bayerischen Holz- bzw. Energieholzmarkt detailliert erfasst und beschrieben. Darauf aufbauend können aktuelle und zukünftige Herausforderungen identifiziert und Handlungsempfehlungen gegeben werden. Der Bericht dient politischen Entscheidungsträgern, der Wissenschaft aber auch interessierten Bürgerinnen und Bürgern sowie den Marktteilnehmenden selbst als ausführliche Informationsquelle.

1.2 Untersuchungsrahmen

Die vorliegende Studie erfasst den Holz- bzw. Energieholzmarkt im Bundesland Bayern für das Jahr 2022. Die Datenerhebung erfolgte überwiegend für das Kalenderjahr 2022. Die Ergebnisse der Privathaushaltumfrage beziehen sich abweichend zum Kalenderjahr auf den Zeitraum der Heizperiode im Winter 2022/23. Zwischen den stofflichen und energetischen Nutzungspfaden von Holz besteht eine enge Verknüpfung. Eine Beschränkung auf die reine energetische Verwendung ohne Berücksichtigung stofflicher Produktionswege würde die Komplexität einer bayerischen Holzbilanz nur unzureichend darstellen.

Das Energieholzaufkommen setzt sich dabei insbesondere aus Waldenergieholz, Sägenebenprodukten, Industrierestholz, Flur- und Siedlungsholz, Holz aus Kurzumtriebsplantagen, Altholz und dem Holzimport zusammen.

Der Energieholzverbrauch findet im Wesentlichen in Holzheizwerken für die Wärmeversorgung von Schulen, Krankenhäuser, Schwimmbäder, Gewerbebetriebe und Bürogebäuden, in Holzheizkraftwerken sowie in kleineren Feuerungsanlagen der privaten Haushalte statt und wird durch die Exportmengen komplettiert.

Wichtige Marktteilnehmende (Energieholzproduktion und -verbrauch), die gleichzeitig auch den Untersuchungsrahmen der vorliegenden Studie bilden, sind die bayerischen Forstbetriebe und Waldbesitzenden, die bayerischen Sägewerke, die in Bayern ansässige Papier- und Zellstoffindustrie, die Holzwerkstoffindustrie, Altholzaufbereitungsunternehmen, Hackerunternehmen, Pelletproduzenten, Biomasseheiz(kraft)werke sowie 1.000 bevölkerungsrepräsentative Privathaushalte in Bayern.

Als zusätzliche Faktoren wirken sich Preise für stofflich genutzten Holzes und fossiler Energieträger auf den Energieholzmarkt aus. Von herausragender Bedeutung für die Entwicklung des Holzmarktes im

Betrachtungszeitraum war der Beginn des Ukrainekrieges am 24. Februar 2022 und die dadurch ausgelöste Energiekrise. Eine starke Reaktion für sämtliche Energieträger führte auch bei allen Energiewerksortimenten zu enormen Preissteigerungen. Die steigenden Energiepreise führten zusammen mit steigenden Löhnen und höheren Ausgaben für Betriebsmittel und Rohstoffe zu Preissteigerungen bei den verschiedenen Holzprodukten.

Die Energiewerkmarktstudie festigt durch die Anzahl von Wiederholungen die Datenbasis und erhöht damit von Bericht zu Bericht die Qualität der Datengrundlage. Vor diesem Hintergrund sollte berücksichtigt werden, dass entsprechende Mengenveränderungen zu früheren Studien neben der tatsächlichen Marktentwicklungen auch durch eine weiter verbesserte Datenbasis hervorgerufen werden können.

1.3 Umrechnungsfaktoren

Die verschiedenen Energieholzsortimente werden in unterschiedlichen Maßeinheiten gemessen und gehandelt. Um die Fragestellungen in den Umfragen möglichst einfach zu gestalten, wurden die Mengen in den für das jeweilige Produkt gängigen Einheiten erfasst. Im Zuge der Auswertungen wurden die jeweiligen Handelssortimente anschließend in die Bezugseinheit Festmeter (Fm) umgerechnet. Der Begriff „Festmeter“ wird im Bericht synonym für den Erntefestmeter ohne Rinde (Efm o. R.) verwendet. Er umfasst damit nur die oberirdische Derbholzmasse größer 7 cm ohne Rinde. Sortimente, bei denen die Rinde mitverwendet wird, wie zum Beispiel Scheitholz oder Hackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen (KUP), 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 (Srm); diese werden anhand der Lagerungsdichte in Rohholz umgerechnet. Beispielsweise liegt die mittlere Schüttdichte von Pellets bei 650 kg/Srm (KALTSCHMITT ET AL. 2016), was dem Gewicht (atro) von 1,7 Fm Fichtenholz entspricht. Briketts werden überwiegend in der Einheit nach Gewicht abgerechnet (t atro), in seltenen Fällen auch in Raummetern. Alle für diesen Bericht angewandten Umrechnungsfaktoren sind in Tabelle 1 dargestellt.

Für die Gewichtseinheiten wurde die Raumdichte nach KOLLMANN (1982) verwendet. Das bedeutet, dass die Trockenmasse je Festmeter ohne Trockenschwund angesetzt wurde. Für die Sägenebenprodukte und die Rinde wurde die Raumdichte der jeweiligen Baumart verwendet. War bei einem Sortiment die Zusammensetzung der Holzart nicht bekannt, dann war die Raumdichte von Rohholz, welche nach der Baumartenzusammensetzung der Holzeinschlagsstatistik gewichtet wurde, ausschlaggebend (Tabelle 1 und Tabelle 2). Zur Berechnung des Energieinhalts der Sortimente wurden die Angaben zum Heizwert aus KALTSCHMITT ET AL. (2016) 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 (Tabelle 2).

Tabelle 1: Sortimentsweise Umrechnungsfaktoren für Gewichts- und Raummaße.

Sortiment	Gewichtsmaße		Raummaße	
	t atro → Fm m. R.	t lutro ² → Fm m. R.	Rm → Fm o. R.	Srm → Fm o. R.
Erntemasse KUP	2,833	-	-	-
Scheitholz ³	2,28	1,9	0,7	0,5
Flur- und Siedlungsholz	2,3	-	-	-
Pellets	2,6	2,4	-	1,7
Briketts	2,6	2,4	1,8	-
Altholz	2,3	1,9	0,7	-
Hackschnitzel	2,5	-	-	0,4
Sägenebenprodukte	2,5	-	-	0,4
Rinde	2,5	-	-	-
Altpapier	-	1,7	-	-

² Wassergehalte: Scheitholz (WG=15 %), Altholz (WG=15 %), Pellets (WG=10 %), Briketts (WG=10 %), Altpapier (WG=9 %)

³ nach Baumartenzusammensetzung des Energieholzes in der Holzeinschlagsstatistik 2022.

Tabelle 2: Baumarten(gruppen)weise Umrechnungsfaktoren für Gewichtsmaße und Energieinhalt.

Baumart	t atro → Fm o. R.	t atro → GJ
Nadelholz (Fichte)	2,6	18,8
Laubholz (Buche)	1,8	18,4
Rohholz gesamt	2,5	-
Kiefer	2,3	-
Eiche	1,8	-
s. Laubholz	2,0	-
Pappel (KUP)	-	18,5
Gemischtes Brennholz ⁴	-	18,67

⁴ Zusammensetzung aus $\frac{2}{3}$ Fichte, $\frac{1}{3}$ Buche.

2 Holzaufkommen

Im folgenden Abschnitt wird das (Energie-)holzaufkommen in Bayern für die verschiedenen Sortimente und Marktteilnehmer detailliert dargestellt. Die Energieholzbereitstellung verteilt sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette und Nutzungskaskade des Rohstoffes Holz. Dementsprechend sind die Quellen von energetisch genutztem Holz vielfältig und reichen vom Wald an sich über Kurzumtriebsplantagen und Gehölzen, die Sägewerke bis hin zu Siedlungs- und Gewerbeabfällen. Um die komplexen Zusammenhänge verständlich darzustellen, werden die Erhebungen zum Holzaufkommen möglichst umfassend ausgewertet und diskutiert.

2.1 Energieholz aus Wald und Flur

Mit insgesamt 2,5 Mio. ha ist mehr als ein Drittel der bayerischen Landesfläche von Wald bedeckt (DESTATIS 2022). Bayern ist damit das Bundesland mit der größten Waldfläche, die sich auf rund 700.000 Waldbesitzende verteilt. Davon befinden sich 55,7 % der Fläche im Privateigentum, wovon knapp zwei Drittel im Besitz von Klein- und Kleinstbetrieben (< 20 ha) ist. Der größte Waldbesitzer ist der Freistaat Bayern, der 29,8 % der Waldfläche bewirtschaftet. Weitere 12,4 % entfallen auf die Kommunen und 2,1 % auf die Bundesrepublik Deutschland. Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die räumliche Verteilung der bayerischen Waldbesitzverhältnisse. Der gesamte Holzvorrat in Bayerns Wäldern liegt bei 987 Mio. Vorratsfestmetern (Vfm), was 396 Vorratsfestmeter pro Hektar (Vfm/ha) Wald entspricht. Die häufigste Baumart ist die Fichte, die auf 42 % der Waldfläche wächst, gefolgt von der Kiefer, die 17 % der Fläche einnimmt. Bei den Laubbaumarten sind die Buche mit 14 % und die Eiche mit 7 % am häufigsten. Andere Laubhölzer bedecken zusammen 15 % der bayerischen Waldfläche (LWF 2014).

Das Aufkommen von Waldenergieholz ist in gewissem Maße von den Schadholzmengen abhängig, die infolge von Sturm- und Dürreereignissen sowie Borkenkäfermassenvermehrungen anfallen können. Insbesondere Hitze und Trockenheit in den Jahren 2018 bis 2020 führten zu einem schlechteren Allgemeinzustand der Wälder in Bayern (STMELF 2020). Zwar konnten sich die Wälder 2021 wieder etwas erholen (STMELF 2022) doch führten schwere Gewitterstürme und ein trocken-heißer Sommer 2022 erneut lokal zu größeren Schadholzmengen (LWF 2022). Diese Auswirkungen kamen im Folgejahr zum Tragen: Im Jahr 2023 verschlechterte sich erstmals auch der Zustand der Wälder in den südbayerischen Regionen aufgrund von Hitze und Trockenheit. Besonders besorgniserregend sind die an Buchen stark zunehmend festgestellten Trockenschäden in Unter- und Mittelfranken (LWF 2024).

Mit der Ausweisung von rund 58.000 ha „Naturwäldern“ im Sinne des Art. 12a des BayWaldG und den Kernzonen der Nationalparke (33.000 ha) sind aktuell knapp 12 % der Staatswaldflächen aus der Nutzung genommen (vgl. BSTK 2020).

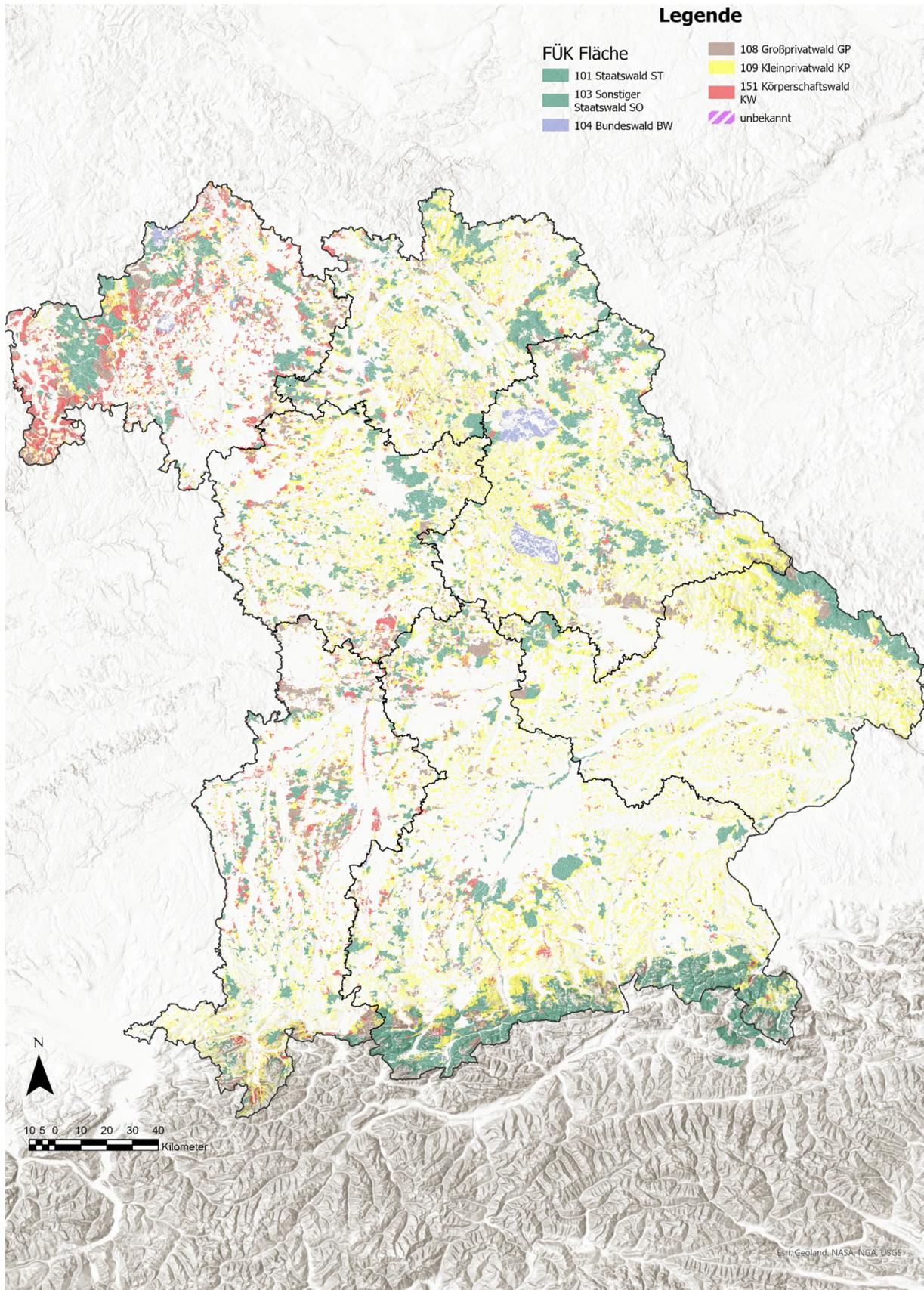


Abbildung 1 Forstliche Übersichtskarte über die Besitzverhältnisse in Bayern (© LDBV 2024).

2.1.1 Rohholzaufkommen aus dem Wald

Datengrundlage

Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) befragt jährlich rund 1.250 Forstbetriebe der Privat- und Körperschaftswälder in Bayern zu ihrem Holzeinschlag. Der Teilnehmerkreis dieser Befragung reicht dabei vom mehrjährig bei der Holznutzung aussetzenden Kleinprivatwald mit einer Eigentumsfläche von wenigen hundert Quadratmetern bis zu großen Betrieben, die Flächen über tausend Hektar bewirtschaften. Im Berichtsjahr 2022 nahmen 521 Körperschaftswaldbetriebe und 597 Privatwaldbetriebe an der Erhebung teil (HASTREITER 2023). Neben der LWF erfassen auch die Bayerischen Staatsforsten (BaySF, A.ö.R.) und die Bundesforsten (Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, BIMA) den Holzeinschlag im Landes- bzw. Bundeswald. Über das Landesamt für Statistik gehen die Daten an das Statistische Bundesamt, das die Ergebnisse aller Bundesländer zusammenführt, in ihrer Datenbank Genesis Online zur Verfügung stellt und letztendlich im Agrarbericht des Bundes veröffentlicht.

Holzeinschlag

Die Holzeinschlag 2022 in Bayerns Wäldern beträgt 20,89 Mio. Erntefestmeter ohne Rinde (Efm o. R.) und liegt damit um 16 % über dem Einschlag von 2020. Seit Gründung der BaySF lag nur der Holzeinschlag im Jahr 2007 mit 21,17 Mio. Efm. o. R. sowie 2023 noch höher. Gegenüber dem Erhebungsjahr 2020 stieg der Energieholzeinschlag um 15 % auf 7,68 Mio. Efm o. R., der Stammholzeinschlag um 16 % auf 10,87 Mio. Efm o. R. und der Energieholzeinschlag um 27 % auf 1,41 Mio. Efm o. R. (Abbildung 2).

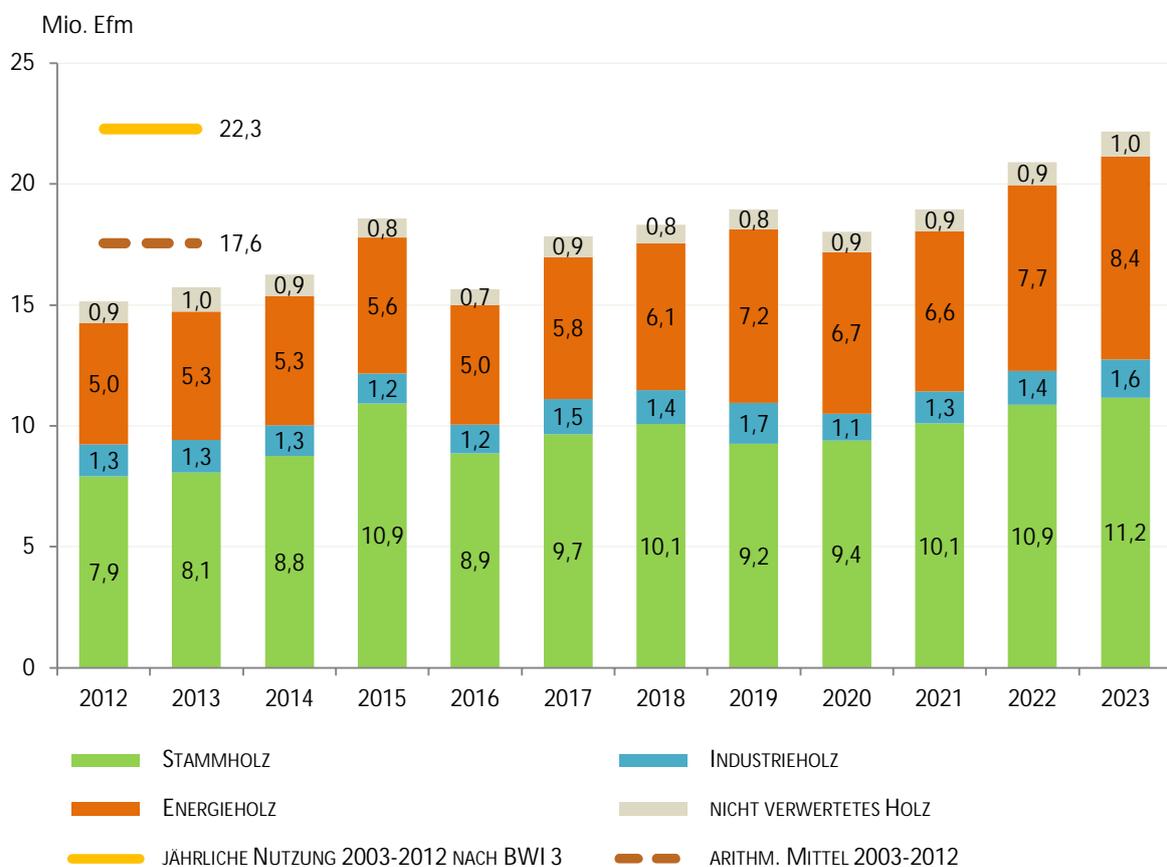


Abbildung 2: Entwicklung der Holzeinschlagsmenge in Bayern von 2012 bis 2023. Das langjährige arithmetische Mittel von 2003-2012 liegt bei 17,6 Mio. Efm o. R. (Quelle: DESTATIS 2024B).

In der Abbildung ist auch die aus Waldinventuren errechnete durchschnittliche jährliche Nutzungsmenge von 22,3 Mio. Efm o. R. für den Zeitraum 2003 bis 2012 dargestellt. Die statistisch erfasste Nutzungsmenge lag für diesen Zeitraum mit 17,6 Mio. Efm o. R. pro Jahr allerdings niedriger⁵. Demnach wird ein Teil des Holzeinschlags offensichtlich nicht erfasst. Für Deutschland schätzt das Thünen-Institut jährlich aus der Holzverwendung den tatsächlichen Holzeinschlag. So könnte nach JOCHEM ET AL. (2023) der tatsächliche Einschlag 2022 in Deutschland um 2,3 % größer gewesen sein als der amtlich erfasste. Träfe dies auch auf Bayern zu, könnte der Einschlag um 0,51 Mio. Efm o. R. größer gewesen sein.

Das Einschlagsvolumen verteilt sich unterschiedlich auf die drei Besitzarten Privat-, Staats⁶- und Körperschaftswald (Abbildung 3). Der Privatwald realisierte 2022 mit 13,76 Mio. Efm. o. R. den überwiegenden Teil des Holzeinschlags. Dadurch sind die beobachteten Veränderungen der Holzeinschlagsmengen maßgeblich auf das Einschlagsverhalten in den Privatwäldern zurückzuführen. Der Staatswald schlug 5,49 Mio. Efm o. R. ein, davon wurden 98 % im Landeswald realisiert und 2 % im Bundeswald. Gegenüber 2020 fiel der Holzeinschlag im Privatwald um 17 % höher aus, im Staatswald um 15 % und im Privatwald um 12 %.

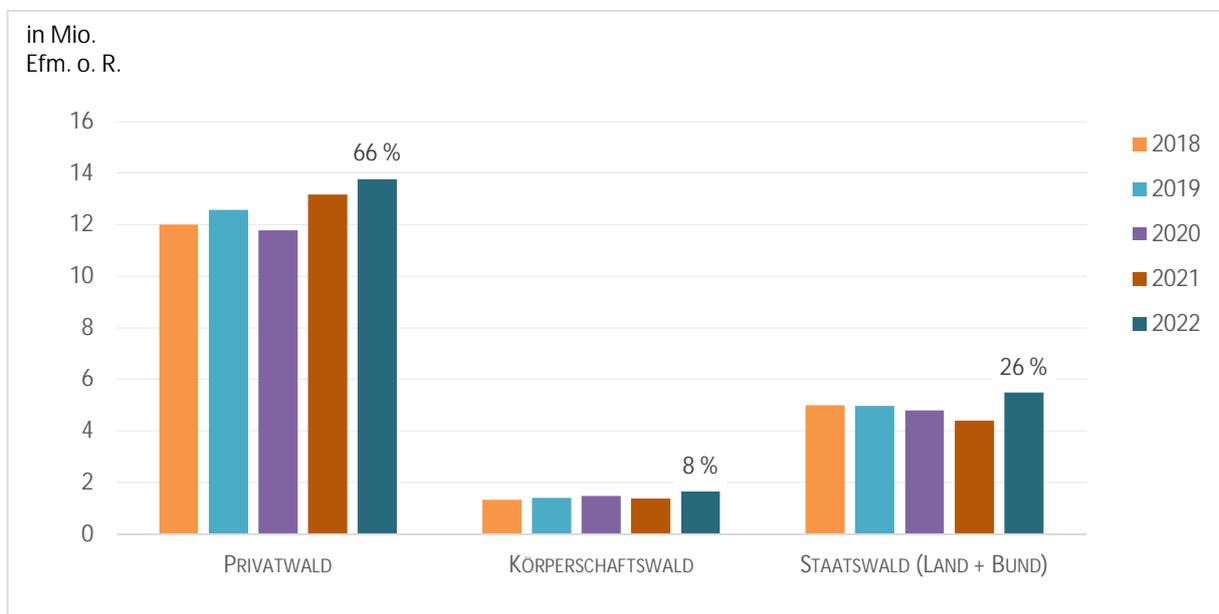


Abbildung 3: Holzeinschlag nach Waldbesitzarten für die Jahre 2018 bis 2022. Der Prozentsatz bezieht sich auf die anteilig eingeschlagene Holzmenge nach Waldbesitzart für 2022. (Quelle: DESTATIS 2024B).

Aktueller Schadholtzanfall

Die Entwicklungen des aktuellen Holzeinschlags müssen im Zusammenhang mit den gemeldeten Schadholtzmengen betrachtet werden, da das Einschlagsvolumen meist mit zunehmende Schadholtzaufkommen ansteigt. In Abbildung 4 sind der Gesamteinschlag und die anteilig anfallenden Schadholtzmengen nach Schadursache dargestellt. Seit 2015 stieg die Schadholtzmenge kontinuierlich auf über 10 Mio. Efm. o. R. in den Jahren 2019 und 2020 an. Das entspricht einen Anteil von knapp 60 % des Gesamteinschlags. Dass in den Jahren 2019 und 2020 der Gesamteinschlag trotz der hohen Schadholtzmengen nicht deutlich größer war, lag zum einen an der Fokussierung der Arbeitskapazitäten auf Schadholtzaufarbeitung und Schadensbegrenzung. Zum anderen wurde vermieden, frisches Holz auf

⁵ Für den Zeitraum 2013-2022 liegt der durchschnittliche jährliche Nutzungssatz bei 17,9 Mio. Efm o. R.

⁶ Wegen der geringen Einschlagsmengen im Bundeswald von 0,09 Mio. Efm o. R. wurden diese mit dem Landeswald zusammengefasst.

einem schlechten Holzmarkt zu niedrigen Holzpreisen zu verkaufen. Auch die Verordnung über die Beschränkung des ordentlichen Holzeinschlags in dem Forstwirtschaftsjahr 2021 zwang die Forstbetriebe ihre planmäßigen Nutzungen einzuschränken. So beschränkten vermutlich private und kommunale Forstbetriebe ähnlich den Bayerischen Staatsforsten A.ö.R. ihren Frischholzeinschlag (BAYSF 2020). Im Jahr 2021 gingen die Schadholzmengen dann erheblich zurück und hatten 2022 mit 7,00 Mio. Efm o. R. einen Anteil von 34 % am Gesamteinschlag. Gegenüber 2021 hat sich damit der Schadholzanteil zwar nur geringfügig erhöht (+ 1 %), allerdings sind die absoluten Schadholzmengen um 30 % bzw. 0,80 Mio. Efm. o. R. erneut deutlich gestiegen. Der Anstieg betrifft alle Schadursachen, abgesehen von Schäden durch Schnee und Eis.

Die größten Schäden entstehen nach wie vor durch Insektenbefall. Insgesamt wurden 4,30 Mio. Efm o. R. Schadholz überwiegend durch Borkenkäferbefall verursacht. Die durch Wind und Sturm angefallenen Schadholzmengen sind auf 1,47 Mio. Efm o. R. gestiegen. Rund 1,17 Mio. Efm o. R. sind auf sonstige Schadursachen zurückzuführen, wovon 0,76 Mio. Efm o. R Schäden in Folge von Trockenheit sind.

Das Schadholz fiel zu 67 % im Privatwald (4,66 Mio. Efm o. R), zu 25 % im Staatswald (1,7 Mio. Efm o. R.) und zu 8 % im Körperschaftswald (0,58 Mio. Efm o. R.) an. Unter Berücksichtigung der Flächenanteile der Waldbesitzart nach BWI 3 fiel auf einem Hektar Privatwald eine Schadholzmenge von 3,22 Efm/ha, im Staatswald 2,12 Efm/ha und im Körperschaftswald 1,79 Efm/ha an.

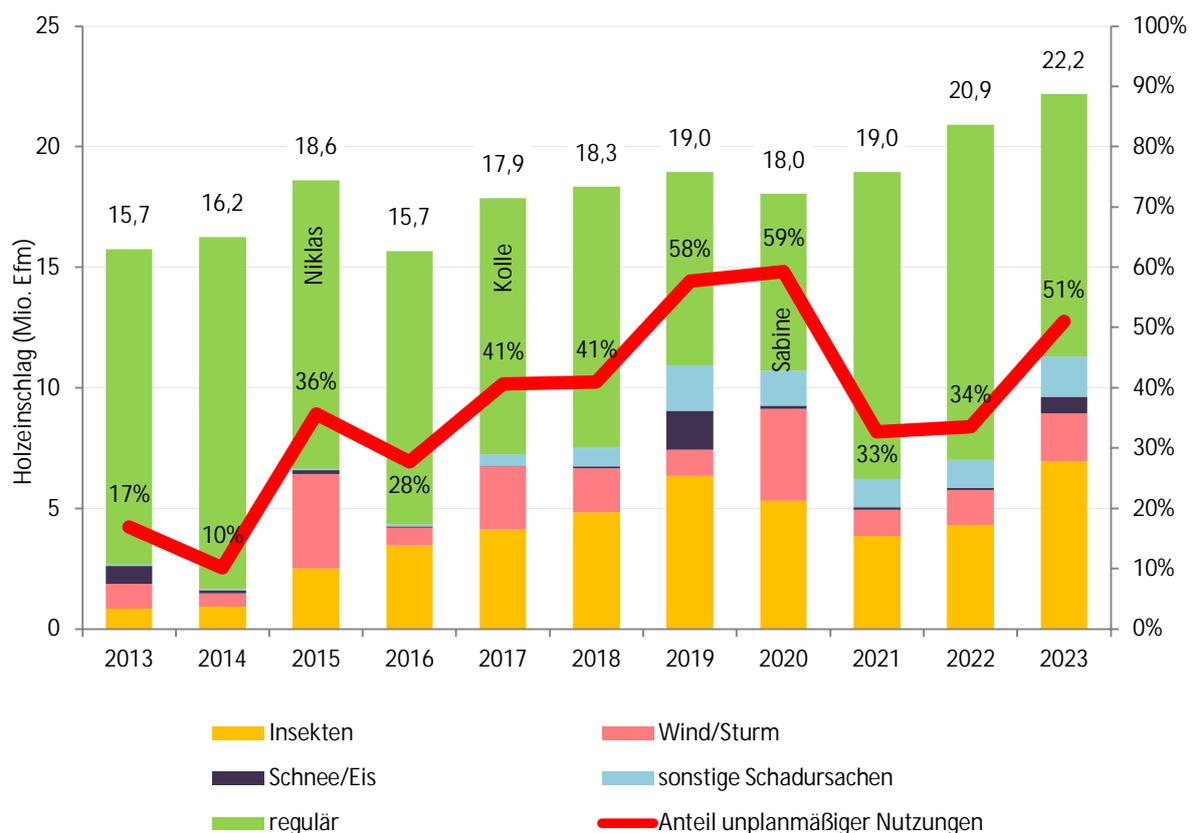


Abbildung 4: Einschlagsmengen nach Einschlagsursache in Bayern zwischen 2013 und 2023. Anteil des gesamten Schadholzes am Gesamteinschlag (rote Linie). Die Namen bezeichnen Stürme, die in Bayern größere Schäden angerichtet haben (Quelle: DESTATIS 2024b, LWF).

Interessant ist im Zusammenhang mit den Schadh Holzanteilen auch die Entwicklung des eingeschlagenen Waldenergieholzes, getrennt nach Laub- und Nadelholz. Beim Laubholz zeigt die Zeitreihe einen relativ konstanten Anteil des Energieholzsortiments am gesamten Laubholzeinschlag von etwa 60 % an. Erst im Jahr 2022 steigt der Anteil überproportional stark auf 64 % an. Während der Energieholzanteil im Laubholz weitestgehend nicht im Zusammenhang mit den größeren Schadmengen zu stehen scheint, zeichnen sich beim Nadelholz in den absoluten Mengen deutlich die Schadereignisse ab. Diese sind auch relativ zu sehen. Allerdings steigt im Vergleich zum Laubholz der Anteil des energetisch genutzten Holzeinschlags kontinuierlich und deutlich stärker an. Daraus lässt sich folgern: Immer höhere Anteile des Nadelholzeinschlags werden energetisch verwendet.

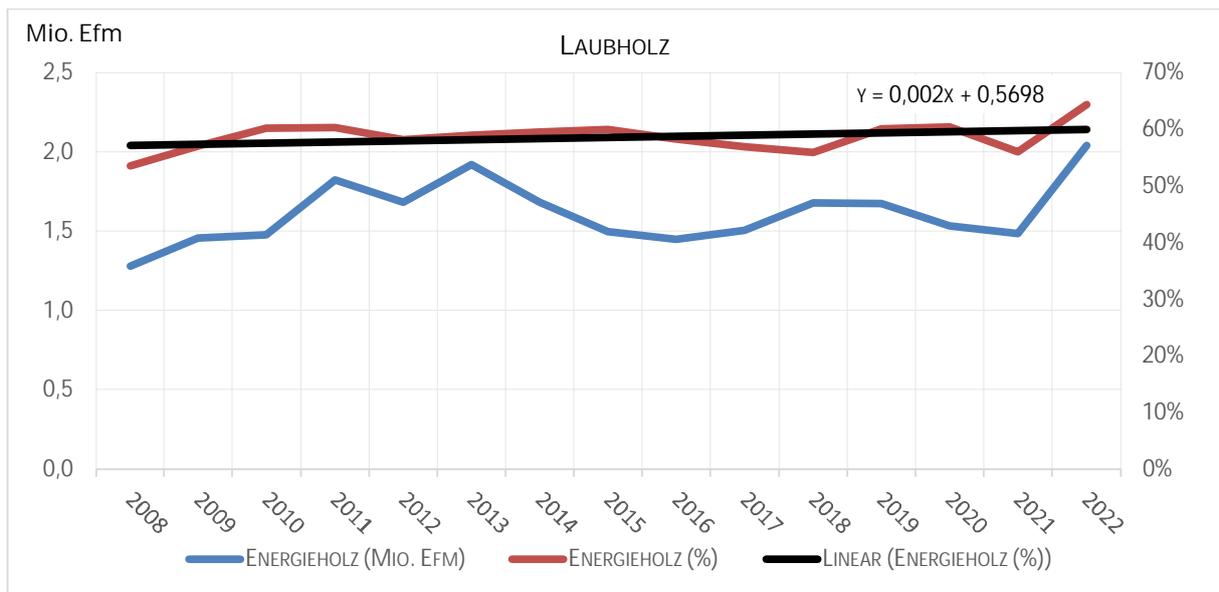


Abbildung 5 Zeitreihe über den gemeldeten Energieholzeinschlag im Laubholz (Quelle: DESTATIS 2024B). Dargestellt ist die Entwicklung der absoluten Menge und die prozentuale Entwicklung anteilig am gesamten Holzeinschlag.

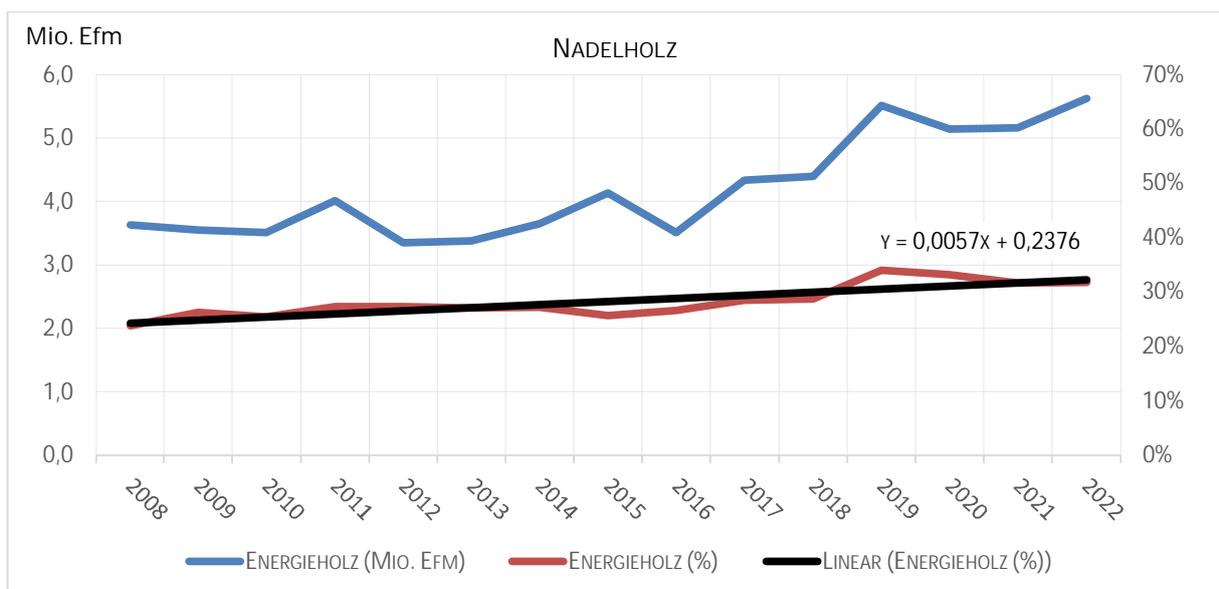


Abbildung 6 Zeitreihe über den gemeldeten Energieholzeinschlag im Nadelholz (Quelle: DESTATIS 2024B). Dargestellt ist die Entwicklung der absoluten Menge und die prozentuale Entwicklung anteilig am gesamten Holzeinschlag.

2.1.2 Waldenergieholzaufkommen 2022

Nach der Holzeinschlagsstatistik des Statistischen Bundesamtes schlug die bayerische Forstwirtschaft im Jahr 2022 rund 7,68 Mio. Efm o. R. Energieholz ein. Das entspricht etwa 37 % des Gesamteinschlags von 20,89 Mio. Efm o. R. Für den Privat-, Kommunal-, und Bundeswald kann die Zahl der amtlichen Statistik übernommen werden. Für den Staatswald Bayerns muss der Wert anhand der Holzverkaufsstatistik der Bayerischen Staatsforsten korrigiert werden⁷. Die daraus resultierende Energieholzmenge für Bayern wurde noch um die Rinde erhöht, weil das Rohholz in der Regel mitsamt der Rinde aus den Wäldern transportiert und bereitgestellt wird⁸. Daraus ergibt sich ein endgültiges Energieholzangebot aus dem Wald von 8,79 Mio. Efm m. R., welches zu 62 % als Scheitholz und zu 38 % als Hackschnitzel verwertet wird (Tabelle 3).

Tabelle 3: Gesamteinschlag an Stamm-, Industrie- und Scheitholz sowie Waldhackschnitzeln nach Besitzart in Bayern 2022.

	Stammholz	Industrie- holz	Scheitholz	Hack- schnitzel	un- verwertet	Gesamt
	[Mio. Efm m. R.]					
Privatwald	7,12	0,80	4,59	2,75	0,16	15,43
Körperschaftwald	1,11	0,19	0,34	0,14	0,07	1,85
Staatswald, Land	3,88	0,55	0,50	0,44	0,71	6,08
Staatswald, Bund	0,04	0,02	0,03	0,00	0,01	0,10
Summe	12,15	1,56	5,46	3,33	0,95	23,45

Im Mittel halten die Betriebe im Privatwald mit 48 % deutlich mehr Energieholz aus als im Körperschafts- (27 %) und Staatswald (18 %). Der Privatwald zeichnet sich durch eine diverse Betriebsstruktur aus. Eine differenzierte Betrachtung der Privatwaldbetriebe zeigt auch hier, dass die Menge des bereitgestellten Stammholzes mit der Betriebsgröße zunimmt. Privatwaldbetriebe mit über 100 ha halten demnach über 59 % des verkauften Holzes als Stammholz und nur etwa 21 % als Energieholz aus. In den privaten Klein- und Kleinstwaldbetrieben mit weniger als 20 ha halten dagegen nur 42 % Stammholz und 56 % Energieholz aus (Abbildung 7, rechts). Da diese Gruppe knapp 65 % der bayerischen Privatwaldfläche bewirtschaftet, ist der Einfluss auf das Gesamtergebnis dementsprechend groß: Von 15,3 Mio. Efm m. R. Holzeinschlag im Privatwald werden 70 % in dieser Besitzgrößenklasse realisiert (Tabelle 4).

⁷ Die Bayerischen Staatsforsten verbuchen in der Holzeinschlagsstatistik Derbholz, das auf dem Schlag liegen bleibt, als nicht verkaufsfertig aufbereitetes Holz, das in die amtliche Statistik als nicht verwertetes Holz (NH) eingeht. 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 Holzmenge damit vollständiger abbildet. Der korrigierte Einschlag liegt bei 20,95 Mio. Efm o. R. des insgesamt verwerteten Holzes und bei 7,82 Mio. Efm o. R. für das Energieholz.

⁸ 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.

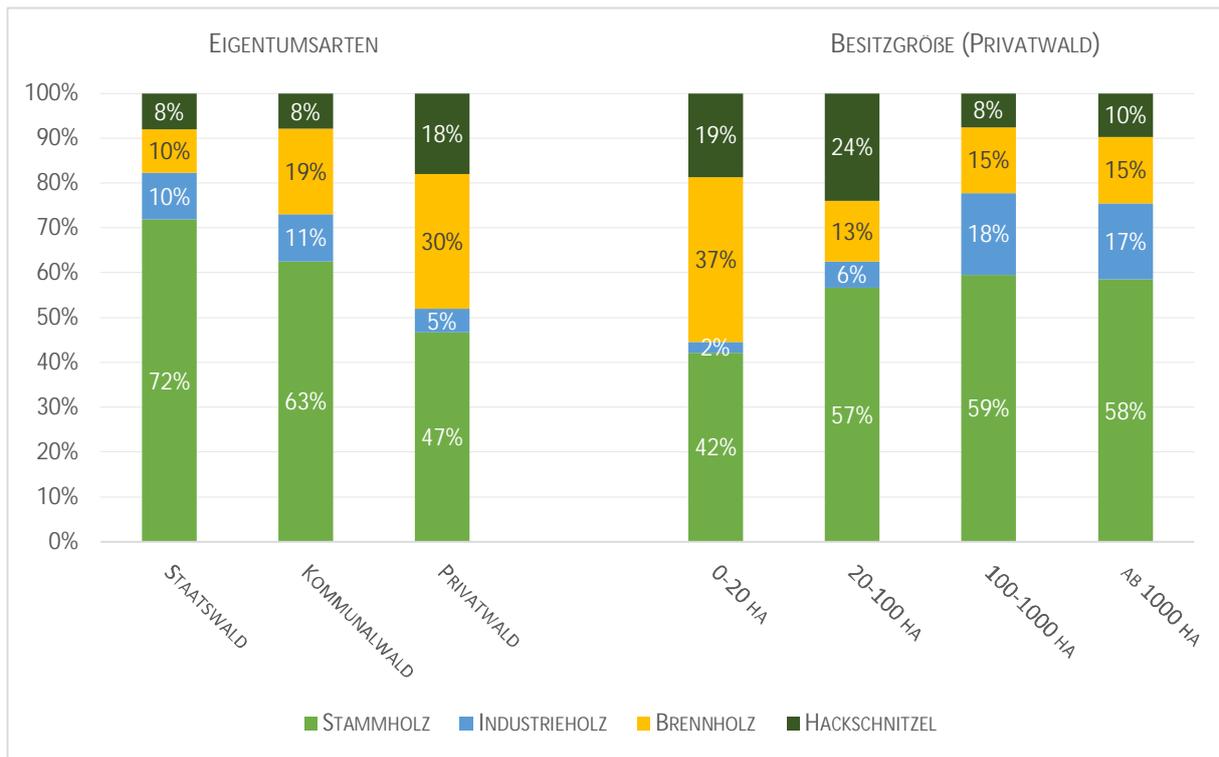


Abbildung 7: Holzeinschlag nach Sortimenten für die verschiedenen Besitzarten (links) und unterschiedliche Besitzgrößen im Privatwald (rechts) ohne das nicht verwertete Holz (Quelle: BAYSF AÖR 2024 und eigene Berechnungen LWF).

Tabelle 4 Hochgerechneter Holzeinschlag in den bayerischen Privatwäldern nach Größenklasse (Eigene Berechnungen LWF).

	0 - 20 ha	20 – 100 ha	100 – 1.000 ha	ab 1.000 ha	Gesamt
in Mio. Efm. m. R.	10,7	2,2	1,3	1,1	15,3
Anteil	70 %	14 %	8 %	7 %	100 %

In Tabelle 5 ist der Einschlag nach Baumartengruppen und Sortimenten aufgeführt. Mit 16,75 Mio. Efm m. R. nimmt die Baumartengruppe Fichte (inkl. Tanne, Douglasie) 71 % des Gesamteinschlags in Bayern ein. Damit ist sie mit Abstand die mengenmäßig wichtigste Baumartengruppe, gefolgt von der Kiefer (inkl. Lärche) mit 3,18 Mio. Efm m. R. bzw. 14 %. Das Laubholz nimmt insgesamt 3,52 Mio. Efm m. R. bzw. 15 % der Gesamteinschlagsmenge ein. Die Buche ist dabei mit 1,81 Mio. Efm m. R. mengenmäßig am bedeutendsten. 52 % des Gesamteinschlags wird als Stammholz ausgehalten. Zusammen mit den 7 % Industrieholz werden 58 % des Einschlags für eine stoffliche Verwertung bereitgestellt.

Tabelle 5: Gesamteinschlag an Stamm-, Industrie⁹- und Scheitholz sowie Waldhackschnitzeln nach Baumarten(gruppe) in Bayern 2022.

	Stammholz	Industrie- holz	Scheitholz	Hackschnit- zel	unverwer- tet	Gesamt
	[Mio. Efm m. R.]					
Fichte	9,96	1,00	2,83	2,37	0,58	16,75
Kiefer	1,64	0,19	0,90	0,35	0,11	3,18
Eiche	0,12	0,03	0,22	0,05	0,03	0,45
Buche	0,28	0,31	0,85	0,18	0,19	1,81
s. Laubholz	0,15	0,03	0,67	0,38	0,03	1,26
Summe	12,15	1,56	5,46	3,33	0,95	23,45

Insgesamt wurden 37 % des bayerischen Holzeinschlags direkt für die energetische Nutzung vorgesehen. Dieser Anteil setzt sich zu 23 % aus Scheitholz und 14 % aus Hackschnitzeln zusammen. Im Vergleich zu 2020 ist damit der Energieholzanteil leicht gesunken (-1 %), absolut wurden 2022 aber 1,13 Mio. Efm m. R. mehr bereitgestellt. Das entspricht einer Zunahme von 15 %. Getrennt nach Energieholzsortiment wurde 8 % (0,43 Mio. Efm m. R.) mehr Scheitholz und 27 % (0,70 Mio. Efm m. R.) mehr Hackgut bereitgestellt. Dabei hat sich das Verhältnis von Hackschnitzeln zu Scheitholz gegenüber 2020 kaum verändert. Mit 84 % ist der Privatwald weiterhin der mengenmäßig größte Anbieter von Waldenergieholz. Dabei ist Scheitholz mit 62 % das wichtigste Energieholzsortiment. Rund 52 % des Scheitholzes wird aus Fichte gewonnen, bei den Hackschnitzeln sind es sogar 71 %.

Gleichzeitig werden die Nadelhölzer auch überwiegend stofflich genutzt, die Fichte zu 68 % und die Kiefer zu 59 %. Dagegen zeigt sich bei den Laubhölzern eine überwiegend energetische Verwendung (Abbildung 8). Dies ist zum einen auf den höheren Stammholzanteil bei den Nadelhölzern und zum anderen auf unzureichende stoffliche Verwertungsmöglichkeiten bei den Laubhölzern zurückzuführen. Eine besonders hohe Energieholznutzung im Kleinprivatwald für den Eigenbedarf, aber auch eine mangelnde Pflege der Laubwälder können zu dieser Situation beitragen.

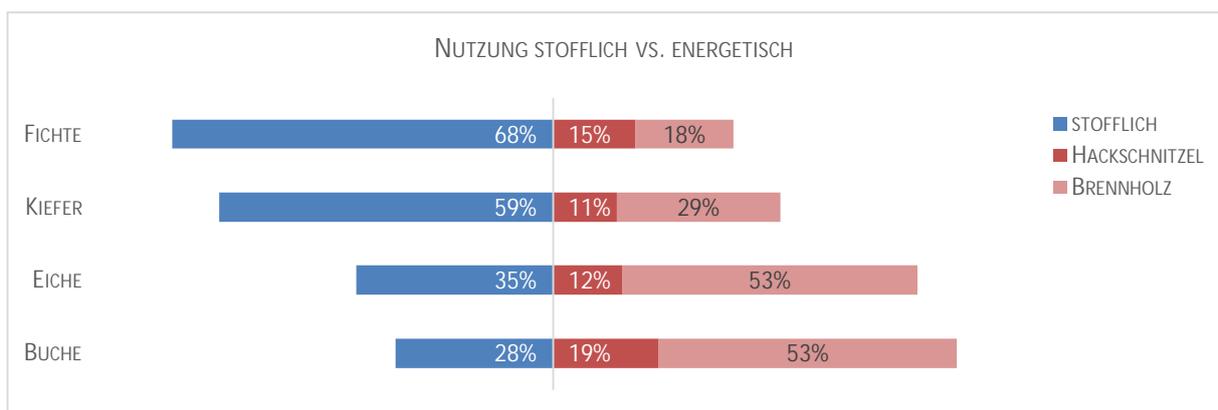


Abbildung 8 Verteilung von stofflicher und energetischer Nutzung nach Baumartengruppe für 2022. Sonstiges Laubholz wird der Buchengruppe zugeordnet.

⁹ Die aufsummierten Industrieholzmengen und der nicht verwertete Einschlag weichen jeweils rundungsbedingt leicht (0,01) von Tabelle 3 ab. Aus Gründen der besseren Nachvollziehbarkeit wurden in diesen beiden Fällen die Spaltensummen den Ergebnissen der Tabelle 3 angeglichen.

2.1.3 Hackschnitzelproduktion aus der Umfrage unter Hackerunternehmen

Neben der Auswertung vorhandener Einschlagsstatistiken wurde zusätzlich eine Umfrage unter forstlichen Dienstleistungsunternehmen durchgeführt, die das Hacken von Holz anbieten. Insbesondere zur Beschreibung einer detaillierten Aufkommenserhebung des Rohstoffes wurde in der Umfrage unter anderem nach dessen Herkunft gefragt. Mögliche Aufkommensquellen waren demnach der Wald, Flur und Siedlungen (inkl. Verkehrswege) sowie Kurzumtriebsplantagen (KUP).

Methode

Für die Studie wurden die in Bayern tätigen Hackerunternehmen zu ihren Hackschnitzel-Produktionsmengen befragt. Aus den Befragungsergebnissen wurden die von professionellen Hackerunternehmen produzierte Hackschnitzelmenge auf Bayern hochgerechnet. Damit konnte die tatsächlich gehackte und auf dem Markt verfügbare Hackschnitzelmenge abgeschätzt und mit den Aufkommensmengen des Waldbesitzes aus den Holzeinschlagsstatistiken abgeglichen werden.

Die Datenbank forstlicher Unternehmen der LWF¹⁰ war dabei die Grundlage. Aus der Erhebung 2022 liegen 86 auswertbare Fragebögen vor, davon 83 aus Antwortrückläufen und für drei große Betriebe wurden die Zahlen von 2018 fortgeschrieben. Von diesen Betrieben haben 56 Unternehmen zumindest einen Teil der angegebenen Mengen selbst gehackt. Die übrigen 30 Unternehmen waren ausschließlich als Vermittler der Dienstleistung „Hacken“ tätig. Für die Auswertung der Unternehmensstruktur wurden die Betriebe anhand der von ihnen selbst gehackten Holzmenge in Schüttraumetern in Größenklassen (GK1-GK4) eingeteilt. Lagen keine aktuellen Mengen eines schon einmal befragten Betriebs vor, wurde die in den Vorjahren gemeldeten Holzmenge für die Zuordnung zu einer der vier Größenklasse verwendet. Für die Strukturhebung liegen 89 Datensätze vor (Tabelle 6). Um Doppelzählungen zu vermeiden, wurden für die Hochrechnung nur die Mengen verwendet, die die Unternehmen selbst gehackt haben.

Tabelle 6: Aufarbeitungsstruktur der Hackerunternehmen in Bayern 2022. Die Einteilung in Größenklassen erfolgte über die produzierten Mengen Hackschnitzel.

Klasse [Srm]	Anteil 2022	Anzahl 2022
bis zu 10.000	31 %	51
10.001 – 50.000	30 %	49
50.001 – 100.000	26 %	42
mehr als 100.000	12 %	20
Summe	100 %	161

Ergebnisse

Für das Jahr 2022 gaben die befragten Betriebe an, aus rund 2,06 Mio. Efm m. R. Rohmaterial Hackschnitzel produziert zu haben. Davon haben die Betriebe 68 % selbst aufgearbeitet, der Rest wurde von Subunternehmen verarbeitet. Die Hochrechnung der selbstgehackten Mengen ergab für Bayern, dass aus 3,95 Mio. Efm. m. R. Hackgut 9,88 Mio. Srm bzw. 1,60 Mio. t atro Hackschnitzel erzeugt wurden. Das Hackgut bestand mit 76 % überwiegend aus Waldholz (3,0 Mio. Efm. m. R.). Auf Landschaftspflegeholz, also Holz aus der Verkehrswegepflege, Flur und Siedlungen entfielen 20 % der Menge (0,77 Mio. Fm m. R.). Auf Hackschnitzel aus Sägenebenprodukten und Industrieresthölzern der holzbe-

¹⁰ <https://udb.bayern.de/>

und verarbeitenden Industrie entfallen 4 % (0,15 Mio. Efm m. R.) und lediglich 1 % (0,03 Mio. Efm m. R.) entfällt auf Holz aus Kurzumtriebsplantagen (Tabelle 7).

Die Hackschnitzelmengen, die im Wald gewonnen wurden, wurden zu 82 % (2,45 Mio. Efm m. R.) aus Waldrestholz¹¹ und zu 18 % (0,54 Mio. Efm m. R.) aus Energierundholz erzeugt. Unter Energierundholz werden Stammstücke und grob entastete Gipfelstücke, bei denen die nährstoffreichen Nadeln und kleinen Äste im Wald verbleiben, verstanden. Hackschnitzel, die aus Energierundholz erzeugt werden, weisen zum einen eine höheren Hackschnitzelqualität auf, da sie weniger Fein- und Grünanteile enthalten. Zum anderen verbleiben durch die grobe Entastung mehr Nährstoffe im Wald als bei der klassischen Kronennutzung. Gegenüber 2020 ist der Anteil des Energierundholzes um 14 % gesunken. Gründe dafür können die deutlich gestiegenen Stammholz- und Industrieholzpreise sein, die eine entsprechende Sortimentsaushaltung wieder attraktiver machten. Zudem konkurrierten Unternehmen aus der stofflichen und energetischen Holzverwendung im Jahresverlauf zunehmend um den Rohstoff.

Tabelle 7: Hochgerechnete Hackschnitzelmenge 2022 nach Entstehungsort.

Herkunft der Hackschnitzel	Menge [Fm m. R.]	Anteil [%]	Menge [Srm]	Menge [t atro]
Waldholz	2.996.178	76 %	7.490.445	1.195.941
<i>davon aus Waldrestholz</i>	2.454.223	82 %	6.135.559	981.689
<i>davon aus Energierundholz</i>	535.629	18 %	1.339.071	214.251
Holz aus Kurzumtriebsplantagen	31.030	1 %	77.574	10.957
Holz aus der Verkehrswege- pflege, Flur und Siedlung	771.766	20 %	1.929.414	335.550
Sägenebenprodukte und Indust- rieresthölzer	154.157	4 %	385.393	154.157
Summe	3.953.131	100 %	9.882.827	393.131

Um die Genauigkeit des Hochrechnungsverfahrens zu überprüfen, erfolgt ein Vergleich der hochgerechneten Hackschnitzelmengen mit den von den Forstbetrieben gemeldeten Hackschnitzelmengen (siehe Kap. 2.1.2). Die Forstbetriebe meldeten eine Hackschnitzelproduktion aus 3,33 Mio. Efm m. R. Waldholz. Damit unterschätzt das Hochrechnungsverfahren die produzierte Menge um 10 %.

Die hochgerechnete absolute Menge aus der Befragung der Hackerunternehmen liegt diesmal näher an der von den Forstbetrieben gemeldeten Menge. In der Vergangenheit lagen die aus der Befragung der Hackerunternehmen errechneten Mengen deutlich unter denen, die von den Forstbetrieben gemeldet wurden (2018: 78 %, 2020: 70 %). Daher wurde für 2022 die Hochrechnungsgrundlage angepasst: Als Grundgesamtheit aller Hackerunternehmen in Bayern wurden 161 Unternehmen angenommen. Das sind alle Betriebe, die mit Dienstleistung Hacken, Firmensitz in Bayern und eigener gepflegter Hackmaschine im Maschinenbestand gelistet sind und nicht explizit angeben, mit einem Subunternehmen zu arbeiten. Die Untererfassung in Höhe von mindestens 10 % könnte darin begründet liegen, dass Firmen aus anderen Bundesländern in den grenznahen Gebieten – insbesondere den bayerischen

¹¹ Waldrestholz fällt bei der Waldbewirtschaftung an und kann u. a. Schlagabraum, Gipfel, Stöcke oder nicht verwertbares Derbholz beinhalten.

Hauptschadensgebieten in Franken – tätig sind und diese Mengen durch die Umfrage nur begrenzt erfasst wurden.

Für die Holzbilanz werden hinsichtlich des Waldholzes die Ergebnisse aus der Erhebung bei den Forstbetrieben zugrunde gelegt. Der sich daraus ergebende Trend eines zunehmenden Hackschnitzelaufkommens aus dem Wald erscheint plausibel. Zwar waren die Schäden durch den Fichtenborkenkäfer 2022 im Vergleich zu den Jahren 2018-2020 etwas geringer, doch herrscht nach wie vor ein hoher Befallsdruck, der in einem erneuten Anstieg der Insektenschäden 2023 deutlich wird. Insbesondere zahlreiche kleinere Sturmschäden in Südbayern sowie Sommertrockenheit und Hitze begünstigten ein weiteres Voranschreiten der Borkenkäferkalamität in Nord- und Ostbayern (TRIEBENBACHER UND LOBINGER 2023). Die erneut ansteigenden Schadholzmengen bedingen durch die notwendige saubere Waldwirtschaft ein erhöhtes Aufkommen an Hackholz. Hinzu kam 2022 aufgrund der Energiekrise eine besonders hohe Nachfrage nach Energieholzprodukten, sodass möglicherweise auch Pflegeeingriffe in schwächeren Beständen aufgrund des guten Hackschnitzelpreises lohnend erschienen.

Herausforderungen aus Sicht der Betriebe

Im Rahmen der Umfrage wird den Unternehmen die Möglichkeit gegeben, aus ihrer Sicht Herausforderungen und Handlungsbedarf in der Branche mitzuteilen. Insgesamt nahmen 51 Befragte die Möglichkeit wahr. Konkret wurde gefragt: „Wo sehen Sie für die Holzenergiebranche in Bayern zukünftig Herausforderungen und Handlungsbedarf?“

Aktuell liegt der Schwerpunkt der Antworten auf den politischen Rahmenbedingungen für Holzenergie (N=30). Aus Sicht der Betriebe hat die politische Debatte um die Nachhaltigkeit von Energieholz das Image der energetischen Holzverwendung in der öffentlichen Meinung stark beschädigt. Insbesondere die wechselnde politische Stoßrichtung hat die Bevölkerung aber auch die Branche selbst verunsichert. Eine abgewogene, klare und beständige politische Linie wäre für die Akzeptanz der Holzenergie, aber auch für das Vertrauen in die Regierung vorteilhafter gewesen und würde langfristige Investitionen planbarer machen. Mit den Vorgaben der EU wird zwar eine nachhaltige Waldbewirtschaftung sichergestellt (z.B. RED II), andererseits sehen sich die Unternehmen durch den erneuten bürokratischen Aufwand zunehmend belastet. Seitens der Unternehmen besteht die klare Forderung: Holz muss weiter als ein nachhaltiger Energieträger anerkannt bleiben!

Mit dem Neubau von großen Hackschnitzelfeuerungsanlagen sehen sich die Unternehmen andererseits aber auch mit einer steigenden Nachfrage konfrontiert. Diese Anlagen werden teils kritisch gesehen, weil die Versorgung „regionaler Projekte“ darunter leiden könnte. Die Verfügbarkeit von Energieholz hängt aktuell stark an Schadereignissen mit entsprechend hoher Volatilität der Energieholzpreise. Durch die Zunahme von Naturschutzauflagen, Zertifizierungsanforderungen und den Leitprinzipien Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft könnte der Rohstoff für eine energetische Nutzung verknappt werden. Dadurch könnte aus Sicht der Betriebe zukünftig zum einen weniger Material zur Versorgung der steigenden Nachfrage zur Verfügung stehen, zum anderen könnte sich die Hackschnitzelproduktion zunehmend auf Waldrestholz verlagern. Die Verwendung dieses minderwertigeren Sortiments führt zu einer schlechteren Hackschnitzelqualität mit höherem Feinanteil und damit schlechteren Verbrennungseigenschaften.

Im Zuge der Energiekrise sind auch die Preise für den Rohstoff und die Betriebskosten stark gestiegen. Insbesondere kleine Unternehmen hatten Schwierigkeiten mit den größeren Hackbetrieben preislich mithalten und mussten auf schlechtere Qualitäten ausweichen. Langfristig gesehen kann es vor allem für die kleineren Hackunternehmen schwierig werden, die stark gestiegenen Bereitstellungskosten in entsprechend konkurrenzfähigen Hackschnitzelpreisen umzusetzen.

Unter den Hackerunternehmen gibt es auch Stimmen, die sich für einen größeren Anteil stofflicher Nutzungen beim Holz z. B. in der Bauwirtschaft aussprechen.

Die Betriebe sehen Energieholz als ihren Beitrag zu sauberer Waldwirtschaft, zum Waldumbau und zum Gelingen der Energiewende. Würde das Restholz ungehäckselt im Wald verbleiben, wird „eine Borkenkäferplage nicht geahnten Ausmaßes“ befürchtet. Eine entsprechende politische Anerkennung hat für sie hohe Priorität.

2.1.4 Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz

Als Flur- und Siedlungsholz wird Holz aus der Garten- und Landschaftspflege verstanden. Dieses Material fällt in Form von Gehölzschnitt in den Privathaushalten, bei der kommunalen Pflege von Grünflächen und Parkanlagen sowie bei der Verkehrswegepflege an. Da nur ein Teil des Materials an Sammelplätzen ankommt, wurden für die vorliegende Studie verschiedene Quellen zur Mengenbestimmung zusammengefasst. Eingang findet das gehackte Landschaftspflegeholz aus der Befragung der Hackerunternehmen (siehe Kap. 2.1.3), das als Scheitholz verwendete Gartenholz aus der Privathaushaltsumfrage (siehe Kap. 3.1.2) sowie den Mengen an Grünschnitt aus der Abfallbilanz des LFU.

Die bayerische Abfallbilanz weist für das Jahr 2022 rund 560.000 t atro¹² Grünschnitt aus, der in den bayerischen Kommunen gesammelt wurde. Davon stammen 85 % aus den privaten Haushalten und 15 % aus der Pflege kommunaler Grünflächen (LFU 2023A). Unter der Annahme von 15 % Holzanteil im Grünschnitt (LETALIK 2020) haben die Kommunen 84.000 t atro gesammelt.

Die Umfrageauswertung der Hackerunternehmen ergab eine Menge an Landschaftspflege- bzw. Flur- und Siedlungsholz von etwa 336.000 t atro. Es wird davon ausgegangen, dass die 84.000 t atro aus dem Grünschnitt der Abfallbilanz darin enthalten sind. Weitere 31.000 t atro fielen bei den Altholzaufbereitern und Verwertungsbetrieben an. Die Scheitholz mengen, die in den Privathaushalten verfeuert wurden und aus dem Garten oder sonstiger Flur stammten, komplettieren das Gesamtaufkommen an Flur- und Siedlungsholz. Die Hochrechnung aus der Befragung ergab eine Menge von 414.000 t atro, die noch hinzugerechnet werden muss.

Damit errechnete sich für 2022 ein Gesamtaufkommen an Flur und Siedlungsholz von 781.000 t atro bzw. 1,9 Mio. m³, die in die Holzbilanz eingehen. Das entspricht einer Steigerung von knapp 5 % gegenüber der letzten Erhebung.

¹² Zur Umrechnung von Tonne in Tonne atro wurde ein Wassergehalt von 50 % angenommen.

2.1.5 Holznutzungspotenziale

Nutzungspotenzial von Energieholz in Bayern

Die Holzvorräte in Bayern waren bei der dritten Bundeswaldinventur 2012 (BWI 3) 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 (Abbildung 9).

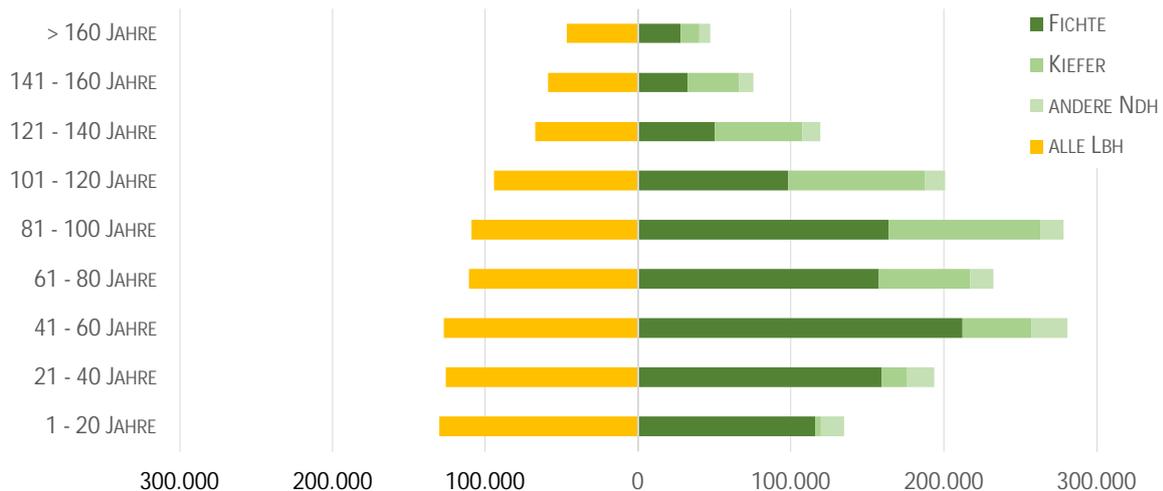


Abbildung 9 Altersklassenverteilung von Laubholz und Nadelhölzern nach bestockter Fläche in Hektar (Quelle: BWI 3).

Ein großer Teil der Fichtenwälder ist längst hiebsreif. BORCHERT UND RENNER (2018) modellierten auf der Datengrundlage der dritten Bundeswaldinventur ein Szenario, welches die Auswirkungen eines konsequenten Waldumbaus, aber auch einer vermehrten Flächenstilllegung zugunsten des Naturschutzes¹³ auf das bayerische Holzaufkommen aufzeigt. 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 Fichte stockt häufig auf Flächen, die durch die Klimaerwärmung inzwischen außerhalb ihres klimatischen Toleranzbereichs liegen. Auf diesen Flächen ist sie sehr 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 (rund 800 Mio. Vfm 1987).

Auf der Basis dieser Modellierung wurden auch die Energieholzpotenziale geschätzt und die regionale Verteilung der daraus möglichen Energiemengen im Energie-Atlas-Bayern veröffentlicht¹⁴. Die Energieholzpotenziale (Tabelle 8) 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

¹³ Die Auswirkungen der mittlerweile ausgewiesenen Naturwälder auf das Nutzungspotenzial werden weiter unten aufgezeigt.

¹⁴ Abrufbar unter www.karten.energieatlas.bayern.de.

des Betrachtungszeitraums dafür entsprechend weniger. Im Mittel könnten pro Hektar Waldfläche 3,9 Vfm m. R. an Energieholz anfallen.

Tabelle 8: Nutzungspotenzial von Energieholz (Derbholz) nach Regierungsbezirken und Holzart.

Regierungsbezirk	Nadelholz	Laubholz	Gesamt
	[in Mio. Efm m. R./Jahr]		
Mittelfranken	0,56	0,29	0,85
Niederbayern	1,08	0,43	1,51
Oberbayern	1,32	0,57	1,89
Oberfranken	0,65	0,29	0,94
Oberpfalz	1,15	0,32	1,47
Schwaben	0,63	0,28	0,92
Unterfranken	0,28	0,55	0,83
Bayern	5,67	2,74	8,41

Energiepotenziale aus Flur- und Siedlungsholz

Neben den Nutzungspotenzialen an Energieholz aus dem Wald wurden auch für die verbleibenden Flächen außerhalb des Waldes Energiepotenziale modelliert. Im Rahmen des vom StMELF und StMWI geförderten Projekts „Expertenteam LandSchafttEnergie“ wurde eine GIS-basierte Methodik entwickelt, die es zulässt, Biomasse- bzw. Energiepotenziale in Flur- und Siedlungsflächen auf Gemeindeebene abzuschätzen¹⁵.

Die so ermittelten Energiepotenziale aus Flur- und Siedlungsholz belaufen sich bayernweit auf insgesamt 8,95 Mio. GJ. Im Durchschnitt bedeutet dies ein Energiepotenzial von 1,23 GJ/ha. Das jährlich nutzbare Energiepotenzial in GJ pro ha Gemeindefläche kann online im Energie-Atlas Bayern abgerufen werden¹⁶. Weitergehende Informationen, beispielsweise über die bereits genutzten oder tatsächlich verfügbaren Mengen können daraus nicht abgelesen werden.

Das geschätzte Holzvolumen von Flur- und Siedlungsholz in den verschiedenen Flächenkategorien zeigt Tabelle 9. Die mit Flur- und Siedlungsholz bestockte Fläche beträgt rund 205.000 ha. Der Holzvorrat von Flur- und Siedlungsholz liegt bei 140 Efm/ha. Das gesamte Flur- und Siedlungsholz entspricht 3,7 % des Holzvolumens, das in den Wäldern Bayerns 2012 vorhanden war. Der größte Anteil entfällt auf Gehölze, also Flächen, die mit einzelnen Bäumen, Baumgruppen, Büschen, Hecken und Sträuchern bestockt sind. An zweiter Stelle steht das Grünland.

¹⁵ Methodik und Herleitung wurde von STIMM (2022) im Energieholzmarktbericht 2020, S. 31 beschrieben.

¹⁶ Abrufbar unter www.karten.energieatlas.bayern.de.

Tabelle 9: Holzvorräte von Flur- und Siedlungsholz nach den Flächenkategorien des ALKIS-Objektartenkatalogs.

Flächenkategorie	Holzvorrat (in Mio. Efm)
Siedlungsflächen	2,67
Industrie und Gewerbe	0,70
Flächen gemischter Nutzung	1,35
Flächen besonderer funktionaler Prägung	0,68
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen	1,97
Friedhöfe	0,23
Gehölz	8,32
Landwirtschaft – Acker	2,05
Landwirtschaft – Grünland	6,80
Heide, Sumpf, Moor	0,32
Unkultivierte Fläche	3,70
Flur- und Siedlungsholz, insgesamt	28,80

Theoretisches Holznutzungspotenzial in den „Naturwäldern“

Bis zum Jahr 2023 wurden in Bayern zur Schaffung eines sog. „grünen Netzwerks“ 58.000 ha Wald nach Art. 12a BayWaldG unter dauerhaften Schutz gestellt. Das theoretische Holznutzungspotenzial¹⁷ in den Naturwäldern umfasst insgesamt 214.000 Vfm. m. R pro Jahr. Davon entfallen 44 % auf die Baumartengruppe Buche und 41 % auf Fichte. Die Baumartengruppen Kiefer, Eiche und Sonstiges Laubholz nehmen jeweils 5 % des gesamten Nutzungspotenzials ein. Insgesamt entspricht das aktuelle Holznutzungspotenzial in den Naturwäldern einem Anteil von 1,1 % der Gesamteinschlagsmenge in Bayern bzw. 4,3 % des Einschlags im Staatswald. Aufgrund einer besonderen Baumartenzusammensetzung und teils sehr alten Beständen ist im Vergleich zum bewirtschafteten Staatswald von einer anderen Sortimentszusammensetzung auszugehen (Abbildung 10).

Unter der Annahme, dass sich die aktuelle Sortimentsverteilung beim Holzeinschlag auf die Baumarten in den Naturwäldern übertragen lässt, entfallen rund 121.000 Vfm m. R. auf die Stammholzsortimente. Das Brennholz in Form von Scheitholz umfasst 31.000 Vfm m. R. und Hackschnitzel gut 14.000 Vfm m. R. Industrie- und nicht verwertetes Holz nehmen 23.000 bzw. 26.000 Vfm m. R. ein. Die Einbußen beim Energieholzpotenzial sind mit ca. 0,4 % im Verhältnis zu dem gesamten Energieholzpotenzial aus den Wäldern (Tabelle 9) nur marginal.

¹⁷ Methodik und Herleitung wurde von STIMM (2022) im Energieholzmarktbericht 2020, S. 30-31 beschrieben.

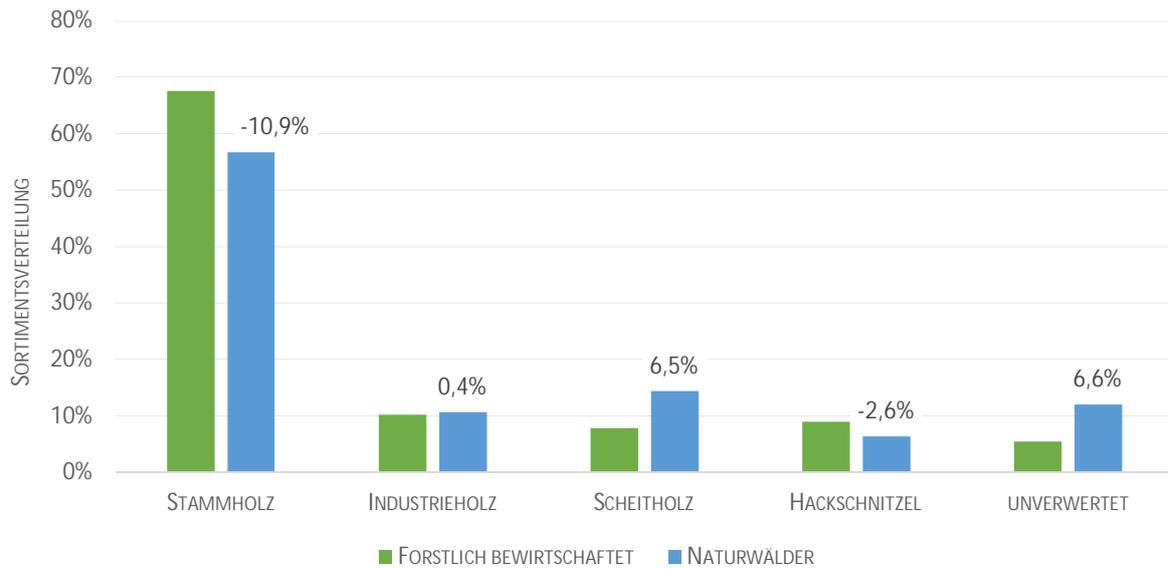


Abbildung 10: Sortimentsverteilung im bewirtschafteten Staatswald (grün) und den Naturwäldern (blau); dargestellt ist auch die Differenz der beiden Kollektive.

2.1.6 Preisentwicklung der Waldholzsortimente

Scheitholzpreise

In einer jährlichen Marktanalyse werden zu Beginn der Heizperiode die Brennholzpreise in Bayern erfasst (METSCH UND RIEBLER 2024). Die LWF erhebt in einer Online-Recherche die Preise des professionellen Brennholzhandels in Bayern. Seit fünf Jahren unterstützt das Bayerische Landwirtschaftliche Wochenblatt die Scheitholzpreiserhebung mit einer Umfrage im Privatwald. Brennholz wird von privaten Forstbetrieben meist zu niedrigeren Preisen angeboten als im professionellen Brennholzhandel. Seit Beginn der Beobachtungen sind die Preise für Scheitholz kontinuierlich gestiegen und erreichten im Winter 2022/23 Rekordniveau (Abbildung 11).

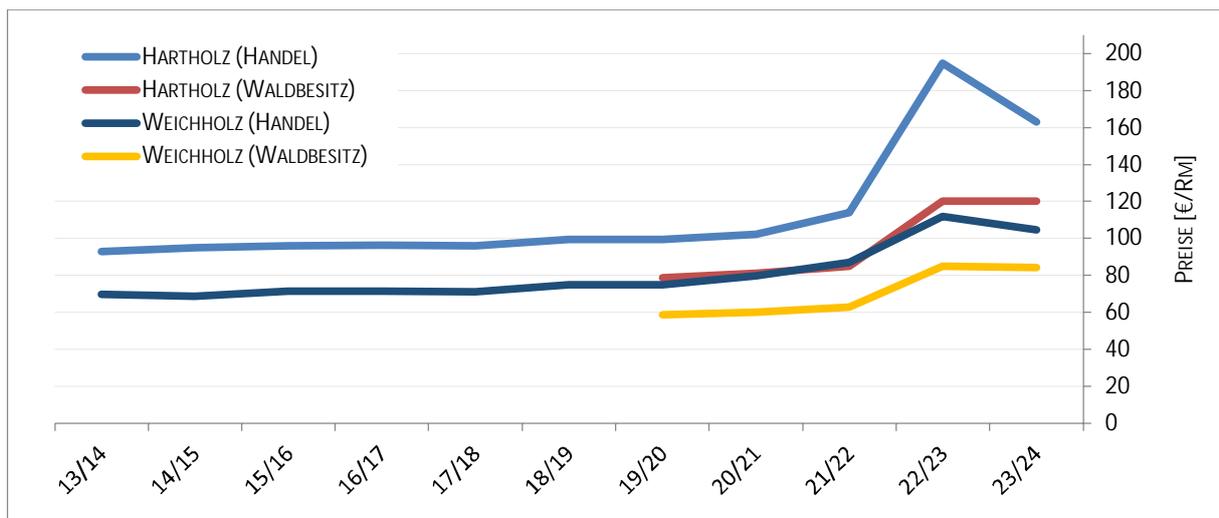


Abbildung 11: Brutto-Durchschnittspreise für bayerisches Scheitholz von professionellen Händlern von 2013/14 bis 2023/24 (Quelle: Eigene Erhebung).

In der Erhebung zu Beginn der Heizperiode 2023/24 wurden die Angebotspreise von 71 Händlern erfasst. Dabei handelt es sich um die Bruttoverkaufspreise für ofenfertiges¹⁸ Scheitholz pro Raummeter (Rm) ohne Lieferkosten. Aktuell liegt der bayernweite Durchschnittspreis für Hartholz bei 163 €/Rm und für Weichholz bei 105 €/Rm. Seit der letzten Heizperiode fiel der Preis damit um 16 % bzw. 7 %. Die Preise für Bayern sowie die Regionen Nord und Süd sind in Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 10 Scheitholzpreise im professionellen Scheitholzhandel im Winter 2023/24 (Quelle: Eigene Erhebung).

	Weichholz (Fichte, Kiefer, ...)		Hartholz (Buche, Eiche, Ahorn, ...)	
	1 m / 50 cm Scheite	Scheite ofenfertig	1 m / 50 cm Scheite	Scheite ofenfertig
	€/Rm	€/Rm	€/Rm	€/Rm
Bayern gesamt	98	105	157	163
(Min – Max)	(70 – 125)	(85 – 135)	(109 – 210)	(125 – 245)
Region Nord	93	96	143	141
(Min – Max)	(70 – 125)	(85 – 125)	(125 – 155)	(125 – 155)
Region Süd	100	109	163	174
(Min – Max)	(75 – 125)	(90 – 135)	(109 – 210)	(140 – 245)

Erläuterung: Preise (mit Preisspanne) auf ganze Euro gerundet inkl. MwSt., gespalten, lufttrocken (Wassergehalt max. 20 %), ohne Transport; Rm = Raummeter bzw. Ster; Region Nord = Unterfranken, Mittelfranken, Oberfranken, Oberpfalz; Region Süd = Schwaben, Oberbayern, Niederbayern

Ergänzend zur Preiserhebung beim Brennholzhandel wird seit der Heizperiode 2018/19 der Privatwald über ein Online-Panel zu den aktuellen Scheitholzpreisen befragt. An der Umfrage nahmen 2023/24 insgesamt 610 Privatwaldbetriebe teil, von denen 279 aus der Region Nord und 379 aus der Region Süd kommen. Die durchschnittlich bewirtschaftete Fläche der Befragten lag bei 10 ha. Die Preise sind in Tabelle 11 dargestellt. Im bayernweiten Durchschnitt verkauft der Privatwald ofenfertiges Scheitholz für 120 €/Rm (Hartholz) und 84 €/Rm (Weichholz).

Tabelle 11: Scheitholzpreise im bayerischen Privatwaldbesitz im Winter 2023/24.

	Weichholz (Fichte, Kiefer, ...)		Hartholz (Buche, Eiche, Ahorn, ...)	
	1 m / 50 cm Scheite	Scheite ofenfertig	1 m / 50 cm Scheite	Scheite ofenfertig
	€/Rm	€/Rm	€/Rm	€/Rm
Bayern gesamt	64	84	95	120
(Min – Max)	(20 – 120)	(20 – 200)	(35 – 150)	(30 – 300)
Region Nord	61	77	86	108
(Min – Max)	(21 – 110)	(20 – 120)	(40 – 130)	(50 – 180)
Region Süd	67	89	103	128
(Min – Max)	(20 – 120)	(20 – 200)	(35 – 150)	(30 – 300)

Erläuterung: Preise (mit Preisspanne) auf ganze Euro gerundet inkl. MwSt., gespalten, lufttrocken (Wassergehalt max. 20 %), ohne Transport; Rm = Raummeter bzw. Ster; Region Nord = Unterfranken, Mittelfranken, Oberfranken, Oberpfalz; Region Süd = Schwaben, Oberbayern, Niederbayern

¹⁸ „Ofenfertig“: luftgetrocknetes (WG=10-20 % bzw. Holzfeuchte=15-25 %) und gespaltenes Scheitholz mit einer Länge von 33 cm.

Verliefen die Preissteigerungen für Brennholzsortimente in der Vergangenheit äußerst moderat, wurden die stark gestiegenen Preise 2022 von einem interessanten Effekt begleitet. Preisunterschiede zwischen den Hart- und Weichholzsortimenten entsprachen exakt dem Heizwertunterschied von Buche und Fichte in Höhe von 41 %. Damit erfolgte eine In-Wert-Setzung der gespeicherten Energie in den unterschiedlichen Holzarten.

Waldhackschnitzelpreise

Die Preise der Waldhackschnitzel in Süddeutschland entwickelten sich bis 2014 positiv (siehe Abbildung 11). Mit zunehmenden Schadholzanfall durch Sturm- und Borkenkäferschäden bei gleichzeitig steigenden Einschlagsmengen (Abbildung 4) und geringerem Bedarf der Heizwerke aufgrund der milden Winter (Abbildung 50) fiel der Preis für Waldhackschnitzel im Jahre 2021 auf den niedrigsten Wert im Betrachtungszeitraum von 75,12 €/t lutro. Die deutlich anziehenden Preise seit 2022 sind auf stark gestiegene Erzeugerpreise und die im Zuge des Ukrainekriegs stark gestiegenen Energiepreise zurückzuführen.

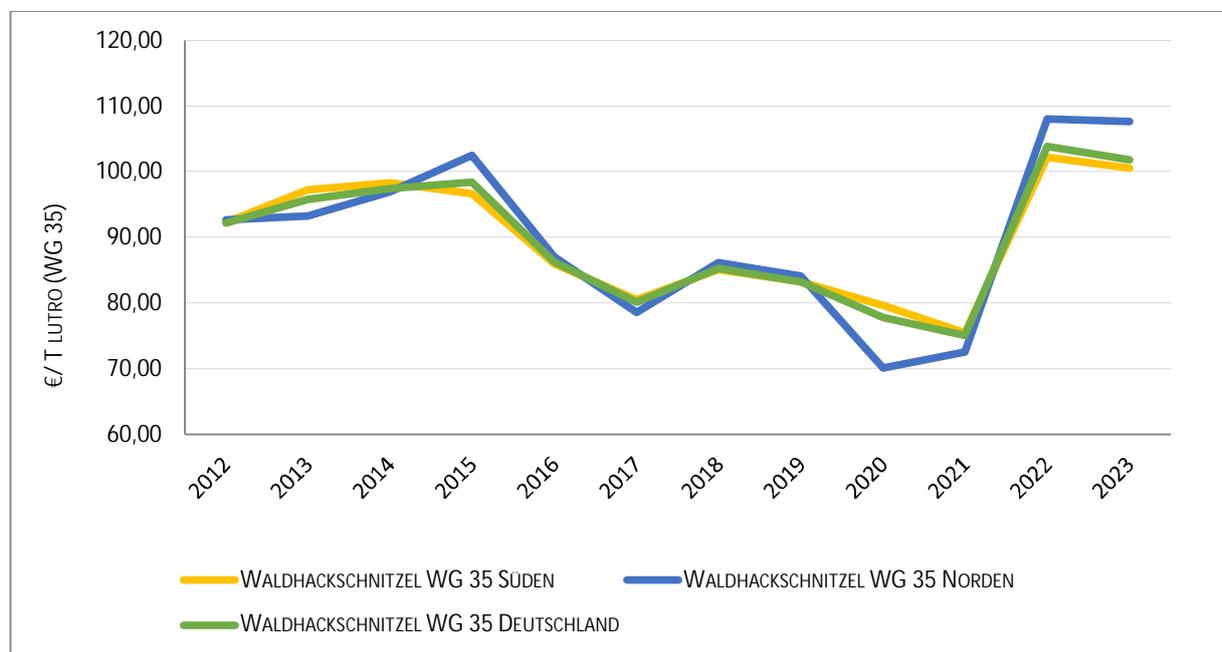


Abbildung 12: Entwicklung der Waldhackschnitzelpreise von 2012 bis 2023. Es handelt sich um Bruttopreise, inkl. MwSt.¹⁹ (Quelle: C.A.R.M.E.N. e. V. 2024A).

Stammholz- und Industrieholzpreise im Vergleich

Ergänzt man diese Beobachtung um die Preisentwicklung des Stamm- und Industrieholzes können insbesondere in den letzten 5 Jahren zwei Entwicklungstendenzen ausgemacht werden.

Im Betrachtungszeitraum stieg der Preisindex für Laubstammholz und Scheitholz²⁰ kontinuierlich. Im Jahr 2022 lag der Preisindex für Stammholz von Eiche (143 %) und Buche (134 %) sowie für die Scheitholzpreise (173 %) deutlich über dem Referenzjahr 2015. Dagegen zeigen Nadelstammholz, Industrieholz und Waldhackschnitzel eine andere Entwicklung: Analog zum steigenden Schadholzaufkommen ab 2015 fielen die Preise aufgrund von Überangebot. In Folge der Trockenjahre erreichten die Preise 2020 für Nadelstammholz und Industrieholz einen Tiefstand und stiegen 2021, getrieben durch die

¹⁹ Bis einschließlich 2022 beträgt der enthaltene Mehrwertsteuersatz 19 %, ab 2023 liegt er aufgrund einer geänderten Rechtsprechung bei 7 %.

²⁰ Berücksichtigt wurde hier nur die Scheitholzpreise des professionellen Scheitholzgewerbes.

starke Schnittholznachfrage aus Übersee zunächst wieder moderat an. Im Jahr 2022 lag der Preisindex für Fichtenstammholz schließlich bei 102 %, für Industrieholz bei 99 % und für Kieferstammholz bei 90 %. Der Waldhackschnitzelpreis stieg auf 106 %. Die positive Preisentwicklung von Nadelstammholz und Industrieholz stagnierte im Jahr 2023 aufgrund der rückläufigen Konjunktur im Baugewerbe, während die Preise für Laubstammholz und Industrieholz weiter stiegen. Die Preisentwicklung der Energieholzsortimente entwickelt sich wieder leicht rückläufig (Scheitholz -19 % und Waldhackschnitzel -2 %).

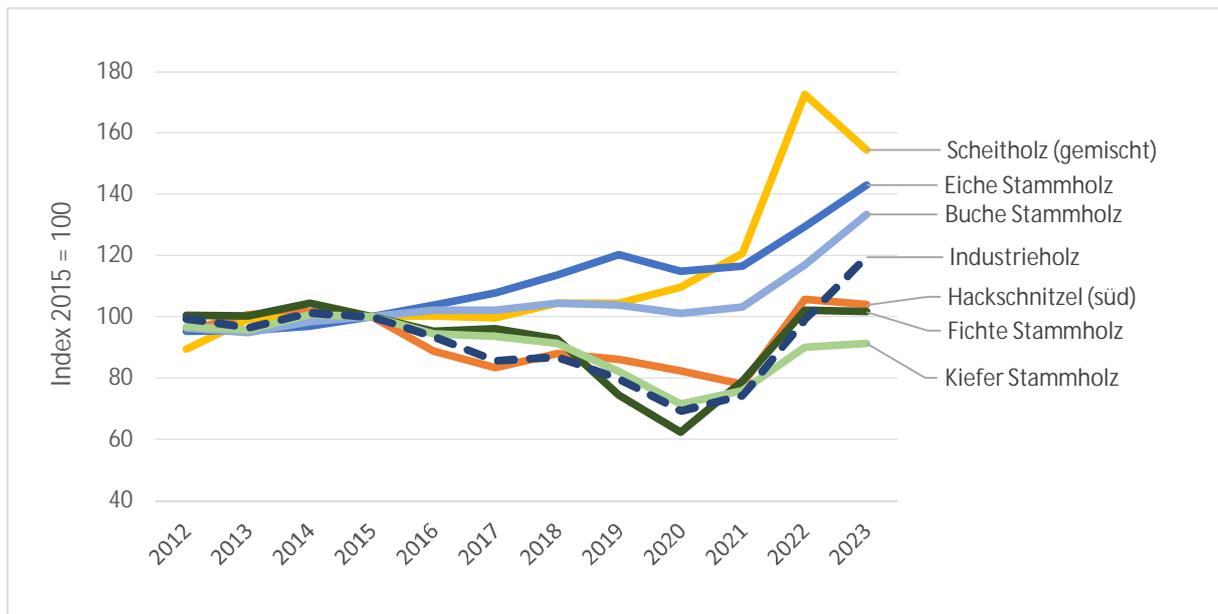


Abbildung 13: Entwicklung der Preisindizes für Stammholz der 4 Hauptbaumarten, Industrieholz und zwei Energieholzsortimente von 2012 bis 2023 in Deutschland. (Quelle: DESTATIS 2024A, C.A.R.M.E.N. E. V. 2024A, LWF).

2.1.7 Diskussion

Nachhaltigkeit der Holznutzung

Die durchschnittliche Holznutzung von 2013 bis 2022 lag in Bayern bei jährlich 17,9 Mio. Efm o.R. Das von BORCHERT UND RENNER (2018) für einen intensivierten Waldbau modellierte Holzaufkommen läge für diesen Zeitraum bei durchschnittlich 26 Mio. Efm. o. R. Auch wenn der statistisch erfasste Holzeinschlag in der Tendenz seit 2013 steigt und 2022 einen neuen Höchststand erreichte, wurden diese Potentiale bisher bei weitem nicht abgeschöpft. Sollte die Transformation insbesondere der Fichtenbestände in klimastabile und standortsangepasste Wälder nicht bald erfolgen, wird der Waldbau ungerichtet durch Kalamitäten wie Sturm-, und Insektenschäden oder Dürre initiiert (siehe Kap. 2.1.5 „Nutzungspotenzial von Energieholz in Bayern“).

Die Witterung in den Jahren 2019 und 2020, teilweise von extremer Trockenheit geprägt, macht genau diese Entwicklung im Frankenwald deutlich. Die Schadholzanteile lagen bei knapp 60 % (s. Abbildung 7). Zwar hat sich die Situation aufgrund günstigerer Witterungsbedingungen im Jahr 2021 und Anfang 2022 etwas entspannt und der Schadholzanteil sank auf 34 %. Doch der folgende Dürresommer 2023 verursachte einen erneuten, massiven Anstieg des Schadholzes in Bayern auf 51 %. Deutschlandweit geht der Schadholzanteil seit 2020 von 75 % zwar kontinuierlich zurück, lag aber 2022 mit 57 % immer noch deutlich höher als in Bayern (DESTATIS 2024B). Doch nicht nur der Borkenkäfer birgt Risiken für die Nadelwälder: Viele der Fichtenbestände wurden in der Vergangenheit nur unzureichend stabilisiert und haben daher ein ungünstiges Verhältnis von Höhe zu Durchmesser. Gleichzeitig kann der falsche

Standort die Standfestigkeit des Baumes erheblich beeinträchtigen. Mit zunehmendem Alter der Fichtenbestände wachsen diese immer noch weiter in die Höhe. Dadurch steigt die Hebelwirkung bei Sturm- oder Windeinwirkung, Windwürfe, Gipfel- oder Stammabbrüche sind die Folge.

Abgesehen von der quantitativen Betrachtung der Nachhaltigkeit der Holznutzungen hat die dargestellte Entwicklung auch qualitative Auswirkungen auf den Wald und seine Waldholzsortimente. Fällt Stammholz im Zuge einer Katastrophe (Wind, Dürre, Borkenkäfer) an, so leidet oft auch die Qualität der anfallenden Stämme. Beispielsweise kann beim Sturmholz der Anteil an Bruchholz erhöht sein oder es kann die notwendig gewordene Zwischenlagerung qualitätsmindernde Auswirkungen auf das Holz haben. Für sogenanntes „Käferholz“ drohen meist Preisabschläge, auch aufgrund oft beobachteter Bläue des Holzes. Bei der Nutzung von Waldenergieholz, v.a. Waldhackschnitzel aus Waldrestholz sind zwei wichtige Aspekte zu berücksichtigen: Zum einen werden mit dem Waldrestholz oft beachtliche Mengen an Ästen, Feinreisig und Nadeln mit entnommen. Diese Baumteile enthalten überproportional viele Nährstoffe. Bei einer nachhaltiger Waldbewirtschaftung sollte dieser Nährstoffexport langfristig die Nachlieferung am Standort durch Deposition und Mineralverwitterung nicht übersteigen. Zum anderen steht für das Hacken von Waldrestholz seitens der Forstleute meist die Absicht, möglichst kein Brutmaterial für Borkenkäfer anfallen zu lassen. Geschieht dies in Gebieten, in denen der Nährstoffexport durch die Hackschnitzel langfristig die Nachlieferung übersteigen würde, sollte eine Kompensationsdüngung erwogen werden. Die Landesanstalt entwickelt in einem Forschungsprojekt 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 Derbh Holzgrenze (< 7 cm Durchmesser) berechnen.

Die steigende Gesamtnutzungsmengen bei relativ niedrigen Schadh Holzanteilen zeigen, dass bayerische Waldbesitzende 2022 vermehrt Frischholz eingeschlagen haben. Die hohen Energiepreise sorgten dafür, dass die Rundholzpreise auch in den schlechteren Qualitäten stiegen. Wegen der hohen Sägerestholzpreise wurde der Rundholzeinkauf von schwächeren Sortimenten immer interessanter (EUWID 9/2022). Das zeigt sich auch in der geringeren Ausbeute bei den großen Sägewerken (vgl. Kap. 2.2.4). Die einigermaßen stabile Rundholznachfrage für den Export nach Österreich, rückläufige Importe aus Tschechien und gute Preise für schwache Holzdimensionen waren neben den gestiegenen Erzeugerpreisen verantwortlich für die Preissteigerungen beim Rundholz (siehe dazu auch Kap. 2.2.8).

Schutzaufgaben können wegen der Flächengröße, klaren Besitzverhältnissen und der Berücksichtigung von Eigentumsrechten am effizientesten in Staatswald umgesetzt werden. Allerdings nimmt der bayerische Staatswald mit den Bayerischen Staatsforsten (BaySF) als größten Forstbetrieb auch für die Holzbereitstellung eine herausragende Rolle ein. Aufgrund ihrer Größe und Professionalität können die BaySF der Holzwirtschaft zuverlässig Holz zur Verfügung stellen. Diese Versorgungssicherheit muss zumindest für eine Mindestmenge sichergestellt sein. Diese Sicherheit schwindet jedoch zunehmend, je mehr Fläche des größten bayerischen Forstbetriebs aus der Nutzung genommen wird.

Problematisch können in diesem Zusammenhang die auf europäischer Ebene geplanten „großflächigen“ Unterschutzstellungen sein. So sollen gemäß der Europäischen Biodiversitätsstrategie und Forststrategie 10 % der europäischen Landfläche streng geschützt werden. Rechnet man die Naturwälder (58.000 ha) und die Waldflächen in den Kernzonen der Nationalparks (22.000 ha) zusammen, betragen die aus der Nutzung genommenen und rechtlich gesicherten Waldflächen 3,1 % der gesamten bayerischen Waldfläche. Für den Staatswald Bayerns, der fast ausschließlich für die Wälder des „Grüne Netzwerks“ zuständig ist, bedeuten die Naturwälder 7,5 % ihrer Fläche. Zusammen mit den Waldflächen in den Kernzonen der beiden Nationalparke sind es 10,3 % der Waldflächen im Besitz des Freistaats, in

denen kein Holz genutzt wird. Damit erfüllt der Freistaat seinen Beitrag zum Ziel der nationalen Strategie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, wonach zehn Prozent der Waldfläche der öffentlichen Hand einer natürlichen Entwicklung überlassen werden sollen (BMUB 2007). Weitere Schutzgebietsausweisungen mit Nutzungsverböten im Staatswald wüorden unweigerlich auch produktive und wuchskräftige Waldflächen, ungeachtet ihrer ökologischen Eignung betreffen. Klimaschutzziele, die Energiewende, aber auch eine zuverlässige regionale Versorgung mit dem nachhaltig erzeugten Rohstoff Holz wüären akut gefährdet. Im Rahmen des Green Deals wurde seitens der EU 2024 die Verordnung über die Wiederherstellung der Natur (Nature Restoration Law) auf den Weg gebracht, welche am 17. Juni 2024 mit knapper Mehrheit vom EU-Rat angenommen wurde. Demnach müssen 20 % der Deutschen Land- und Meeresfläche in einen guten ökologischen Zustand zurückgeführt werden. Zwar erfordert dies keine Ausweisung von neuen Schutzgebieten, jedoch könnten sich Auflagen für aktuell bestehende Schutzstandards erhöhen. Prinzipiell soll eine forstliche Nutzung weiterhin möglich sein (BFN 2024). Ob die Standards der Natura 2000 Gebiete für bewirtschaftete Wälder dafür ausreichend sind, ist bisher nicht bekannt. Darüber hinaus liegen mit dem "Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework" (GBF), dem neuen globalen Rahmen für biologische Vielfalt der CBD, seit Juli 2022 neue globale Ziele zum Schutz der biologischen Vielfalt bis 2030 vor (BMUV 2023), mit dem sich Deutschland bereits zur effektiven Wiederherstellung degradierter Ökosysteme verpflichtet hat.

Energieholzaufkommen

Der gesamte Holzeinschlag ist im Jahr 2022 gegenüber dem Berichtsjahr 2020 um 16 % gestiegen. Das Aufkommen von Waldenergieholz nahm um 27 % zu. Das entspricht einer absoluten Steigerung der Mengen um 1,89 Mio. Efm m. R. Der Anstieg gegenüber 2020 entfällt zu 16 % auf die größere Scheitholzmenge und zu 11 % auf die gestiegene Menge Hackschnitzel. Die große Nachfrage und daraus resultierende gute Preise für Energieholz machten eine verstärkte Bereitstellung für Forstbetriebe und Waldbesitzende besonders attraktiv.

Des Weiteren ist die Sortimentsgestaltung auch von den forstbetrieblichen Handlungs- und Steuerungsmöglichkeiten abhängig, die im Staatswald deutlich besser sind als im Klein- und Kleinprivatwald. Die überwiegende Menge an Energieholz stammt demnach aus dem Privatwald; die absolut bereitgestellte Menge hat im Vergleich zu 2020 um 14 % zugenommen, anteilig am Gesamtholzeinschlag ist das Energieholzaufkommen aus dem Privatwald aber um 4 % gesunken.

Innerhalb des Privatwaldes ist die Spanne jedoch groß. Mit steigenden Eigentumsgrößen nimmt der Energieholzanteil ab. Bei einer Eigentumsgröße bis 20 ha wurde über die Hälfte (56 %) der eingeschlagenen Holzmenge zu Energieholz aufbereitet. In privaten Forstbetrieben über 1.000 ha dagegen 75 % stofflich verwendet. In beiden Fällen haben sich die Energieholzanteile mit der guten Vermarktungssituation gegenüber 2022 erhöht. 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 kann im Kleinprivatwald in vielen Fällen das Motiv sein, überhaupt Holz einzuschlagen. Andererseits werden

Waldbesitzer auch durch einen zunehmenden Kalamitätsholzanfall zu vermehrter Holznutzung gezwungen.

Im Staatswald blieb die Sortimentszusammensetzung weitestgehend unverändert. Die insgesamt guten Holzpreise und professionelle Vermarktungsstrukturen machten eine Umsteuerung Richtung Energieholz nicht notwendig. Auch im Körperschaftswald gab es kaum Veränderungen im Stammholzanteil. Allerdings haben sich Industrieholzanteile zu Energieholzanteilen hin verschoben. Diese Sortimente sind in gewissem Maße substituierbar. Zudem gab es möglicherweise verstärkte Nachfragen nach Energieholz aus der lokalen Bevölkerung und dem ortansässigen Brennholzgewerbe. Da die Körperschaftswälder lokal oft stark in der Gesellschaft verankert sind, wäre ein erhöhter Brennholzverkauf eine plausible Erklärung. In allen drei Waldbesitzarten haben sich die Anteile der Waldhackschnitzel nur marginal verändert. Die Steuerungsmöglichkeiten der Forstbetriebe bei den Einschlagsmengen sind bei den Sortimenten zur stofflichen Nutzung am größten. Große Waldenergieholzmengen entstehen hingegen häufig durch zufällige Erträge (ZE), also Holzeinschläge aufgrund von Sturm-, Schneebruch- oder Insektenschäden.

Wie schon im Vorgängerbericht lag auch diesmal die hochgerechnete Hackschnitzelmenge aus der Umfrage bei den Forstunternehmen unter der Menge aus der Holzeinschlagserhebung. Die Gründe dafür wurden schon bei der Umfrage selbst andiskutiert (siehe Kap. 2.1.3 „Ergebnisse“). Grundsätzlich liegen den Mengen beider Verfahren keine Vollerhebungen zugrunde und sind dementsprechend auch mit gewissen Unsicherheiten behaftet.

Energieholzpreise

Während die Preisentwicklung für die beiden Energieholzsortimente Scheitholz und Hackschnitzel bisher sehr unterschiedlich verliefen, stiegen 2022 die Preise in beiden Fällen deutlich an. Die Scheitholzpreise der Brennholzhändler scheinen, anders als der Scheitholzverbrauch, kaum von der Witterung beeinflusst zu sein. Hier spielt vielmehr das individuelle Heizverhalten eine Rolle. Durch enorme Steigerung der Energiepreise wurde Scheitholz sehr stark nachgefragt. Möglicherweise wurden andere Energieträger in Haushalten, die auch Einzelraumfeuerungen besitzen, in gewissem Maße durch Scheitholz substituiert. Zwar stieg der Gesamtverbrauch (siehe dazu Kap. 3.1), es ist aber auch von einer starken Bevorratung in den Privathaushalten auszugehen. Dies führte zeitweise zu Versorgungsengpässen und starken Preissteigerungen (METSCH UND RIEBLER 2023).

Bei den Waldhackschnitzeln stellt sich die Situation etwas anders dar. Die Preise der Waldhackschnitzel sind einerseits ein Koppelprodukt der regulären Holznutzung und ein notwendiges Nebenprodukt bei der waldschutzwirksamen Aufarbeitung von Kalamitätsflächen. Überangebote und niedrige Preise gehen meist mit hohen Schadholzanteilen einher. Dies hat sich insbesondere zwischen den Jahren 2016 – 2021 gezeigt. Im Gegensatz zu Scheitholz sind Hackschnitzel nur begrenzt lagerfähig. Dennoch wird davon ausgegangen, dass 2022 eine Bevorratung mit Hackschnitzel stattgefunden hat. Höhere Erzeugerpreise trugen außerdem zu den Preissteigerungen bei.

2.1.8 Fazit und Trends

Aufgrund der deutlich unterschiedlichen Entwicklungen bei den beiden Waldenergieholzsortimenten scheint auch ein differenziertes Fazit für die beiden wesentlichen Sortimente sinnvoll. Gleichzeitig sind Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels und Entscheidungen zur Umweltpolitik Rahmenbedingungen, die den Trend maßgeblich beeinflussen können.

Scheitholz wird weiterhin eine wichtige Rolle im Brennstoffmix spielen. Dabei werden die Gesamtmen gen durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Insbesondere milde Winter, effizientere Heizungen und

ein stark wachsender Markt für Pelletsheizungen auf der einen Seite, aber auch insgesamt mehr Einzelraumfeuerungen auf der anderen Seite machen eine Prognose schwierig. Durch die Corona-Pandemie hat es grundlegende Veränderungen von Lebensumständen und Arbeitsweisen gegeben, die auch weiterhin das Heizverhalten prägen.

Bei den Waldhackschnitzeln, die in der Regel als Koppelprodukte beim Einschlag von Stammholz mit anfallen, wird das Angebot eng mit dem des Stammholzes verbunden sein. Das Hauptprodukt Stammholz wird im Wirtschaftskreislauf benötigt, unabhängig davon wie die Witterung in der Heizperiode ist. Ebenso ist auch in Zukunft mit zufälligen Erträgen zu rechnen, die das Holzaufkommen aus dem Wald an Waldhackschnitzel temporär in die Höhe treiben können. Auch hier ist eine mittelfristige Preisentwicklung nicht absehbar. Durch einen verstärkten Waldumbau oder einen erhöhten Kalamitätsholzanfall können die Preise tendenziell negativ beeinflusst werden. Hinzu kommen mildere Winter und damit ein verringerter Verbrauch. Eine Maßnahme zur Erzeugung von hochwertigeren Hackschnitzeln und in begrenztem Maß zur Mengenreduktion bei hohem Aufkommen kann in diesem Zusammenhang das grobe Entasten der Baumgipfel sein. Wenn nur die Spindeln der Gipfel gehackt werden, ist der Holzanteil in den Hackschnitzeln größer, deren Qualität besser und mehr Nährstoffe verbleiben im Wald. Allerdings ist dabei die Waldschutzsituation zu beachten. Der Borkenkäfer „Kupferstecher“ ist in der Lage, sich in den abgetrennten Ästen fertig zu entwickeln. Bei erhöhter Kupferstecherdichte sollte diese Option daher nicht gewählt werden. Gleichzeitig wurden die Kommunen durch das *Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze* vom 20.12.2023 dazu verpflichtet Kommunale Wärmeplanungen zu erstellen. In diesem Zuge erwägen zahlreiche Kommunen den Ausbau der Holzenergie. Die Versorgung dieser Anlagen könnte große Mengen Hackschnitzel aufnehmen und preissteigernd wirken. Es gilt allerdings zu beachten, dass durch das Waldumbauszenario das Energieholzaufkommen nicht dauerhaft gesteigert würde, sondern sich nur während der Waldumbauphase mittelfristig erhöht. Langfristig dürfte sich das Holzaufkommen auf einem etwas niedrigerem Niveau wieder einpendeln.

Eine Unterschützstellung von Waldflächen und eine damit einhergehende Einschränkung der Nutzungsmöglichkeit ist per se nicht abzulehnen. Wichtig ist eine vorangehende Prüfung, insbesondere hinsichtlich der ökologischen Eignung der Flächen zusammen mit einer Betrachtung aller weiteren Funktionen des entsprechenden Waldgebiets. Sicher scheint jedoch, dass eine großflächige Stilllegung einen ebenso großflächigen Trade-off nach sich ziehen wird. Um beispielsweise die Nachfrage nach dem Rohstoff Holz weiterhin bedienen zu können, müssten notwendige Holzmenge vermehrt importiert werden (DIETER ET AL. 2020). Eine Verlagerung der Holzproduktion, ggf. unter geringeren Standards wären die Folge oder es werden statt Holz vermehrt andere Materialien verwendet, deren Herstellung zumeist mit einem größeren Energieverbrauch verbunden ist. Zielgerichtete Unterschützstellungen, wie sie aktuell mit der Ausweisung der Naturwälder geschehen sind, haben dabei weniger Auswirkungen auf den Holzmarkt. Planungen, so wie sie derzeit auf europäischer Ebene diskutiert bzw. vorgeschlagen werden, könnten weitreichende Effekte auf die gesamte Forst- und Holzbranche und darüber hinaus haben.

Eine abschließende Bewertung der zukünftigen nachhaltig verfügbaren Holzmenge lässt sich nur begrenzt treffen. Hinsichtlich der Vorrats- und Zuwachsentwicklung müssen die Ergebnisse der BWI 4 abgewartet werden, denn die Kalamitäten der vergangenen Jahre haben ihren Tribut gefordert. Deutschland verlor im Laufe der Jahre 2018 bis 2022 schätzungsweise 20 % des gesamten Fichtenvorrats (BMEL 2023A). Daraus sind rund 500.000 ha Kahlfäche entstanden, die dringend wiederbewaldet werden müssen. In Bayern sind von 2019 bis 2023 bezogen auf alle Baumartengruppen und Schadensursachen rund 36.000 ha Schadfläche entstanden, die zur Wiederbewaldung anstehen (STMELF 2024). Allerdings konnten die außerplanmäßigen Nutzungen durch eine Reduktion im planmäßigen Einschlag kompensiert werden. Daher ist nicht mit einem Rückgang der Vorräte auf Landesebene in Bayern zu

rechnen. Die Nachfrage nach Holz aus Bayern wird in den kommenden Jahren vermutlich weiter steigen.

2.2 Nebenprodukte der Sägeindustrie

Als meist erste Verarbeiter des Rohstoffs Holz nehmen die Sägewerke im Cluster Forst und Holz eine Schlüsselrolle ein. Durch die Verarbeitung des Rohholzes entstehen neben dem Hauptprodukt Schnittholz sogenannte Sägenebenprodukte, die ihrerseits ebenfalls einen wesentlichen Bestandteil für die nachfolgende Weiterverarbeitung darstellen. Zu den klassischen Sägenebenprodukten zählen dabei Sägespäne, Hackschnitzel, Schwarten, Spreißel und Kapphölzer. Hobelspäne, die bei der weiteren Veredelung der Produkte anfallen, werden zu den Industrieresthölzern gezählt. Die Sägenebenprodukte sind ein wichtiger Rohstoff zum einen für die stoffliche Verwendung in der Papier- und Holzwerkstoffindustrie und zum anderen für die energetische Verwendung in Form von Pellets, Briketts und Hackschnitzeln. Die ebenfalls in den Sägewerken anfallende Rinde wird entweder direkt energetisch oder stofflich als Rindenmulch im Garten- und Landschaftsbau sowie als Einstreu bei der Tierhaltung verwertet.

2.2.1 Datengrundlage

Im Rahmen der Studie wurde an alle bayerischen Sägewerke ein Fragebogen versendet. Darin wurde der Einschnitt nach Baumartengruppen, die Menge der im Betrieb anfallenden Sägenebenprodukte und die anteilige Verwendung der Rinde sowie der Industrieresthölzer erfragt. Basis der Befragung ist eine Adressliste, die im Rahmen der Energieholzmarktstudien gepflegt und aktualisiert wird. Insgesamt wurden 566 Sägewerksbetriebe angeschrieben. Aus den Antworten und unzustellbaren Rückläufern ergaben sich nach der Kontrolle 33 Betriebsaufgaben seit der Erhebung 2020. Letztendlich belief sich die Zahl der produzierenden Sägewerke in Bayern im Jahr 2022 auf 527 Sägewerke. Alle Betriebe, die mehr als 50.000 Festmeter Nadelholz oder 20.000 Festmeter Laubholz einschneiden, zählen zu den Großsägern. Für 2022 wurden 20 Betriebe zu den Großsägern gezählt; ein großer laubholzverarbeitender Betrieb schnitt im aktuellen Erhebungsjahr deutlich weniger ein als noch 2020 und wurde somit dieses Mal nicht unter den Großsägewerken miterfasst. Eine Übersicht über die geografische Verteilung der bayerischen Sägewerke zeigt Abbildung 14.

Letztendlich lagen 136²¹ auswertbare Antworten der Sägewerke vor. Dazu zählten 127 kleine und mittlere Sägewerke sowie 9 Großsäger. Zur Komplettierung des Datensatzes wurden die Einschnittmengen von weiteren 3 mittleren Sägewerken und 9 Großsägern aus der Fachpresse entnommen (HOLZKURIER 2023A, 2023B) und für 2 Großsägewerke seit dem letzten Berichtsjahr fortgeschrieben. Damit sind 29 % der produzierenden Sägewerke im vorliegenden Datensatz repräsentiert und können für die Hochrechnung verwendet werden.

Basis für die bayernweite Hochrechnung des Einschnitts war die Einteilung der kleinen und mittleren Sägewerke in folgende drei Gruppen: Nadelholz-, Laubholz- und Mischsägewerke. In die Gruppe der Nadel- bzw. Laubholzsägewerke wurden diejenigen eingeteilt, die höchstens (\leq) 10 % Anteil der jeweils anderen Baumartengruppe am Gesamteinschnitt aufwiesen. Alle übrigen Sägewerke wurden den Mischsägewerken zugeteilt. Anschließend wurden die Sägewerke zusätzlich anhand ihres Einschnitts in sechs Größenklassen eingeteilt. Unter den Großsägewerken wird von einer Vollerhebung ausgegangen.

Die Größenstruktur der Sägewerke in Bayern wurde auf Grundlage des von WEIDENER ET AL. (2016) telefonisch ermittelten Einschnittvolumens errechnet, wobei neuere Daten zu Betriebsaufgaben und

²¹ Von den 150 Betrieben haben 118 den Fragebogen direkt beantwortet, 18 beantworteten den Fragebogen auf telefonische Nachfrage.

Einschnitt – sofern vorhanden – genutzt wurden. Somit konnte die Größenstruktur der Sägewerke anhand von 330 noch aktiven Sägewerken abgeschätzt werden. Anhand der Struktur und des arithmetischen Mittelwerts des Einschnitts in den einzelnen Größenklassen wurde dann der Gesamteinschnitt hochgerechnet.

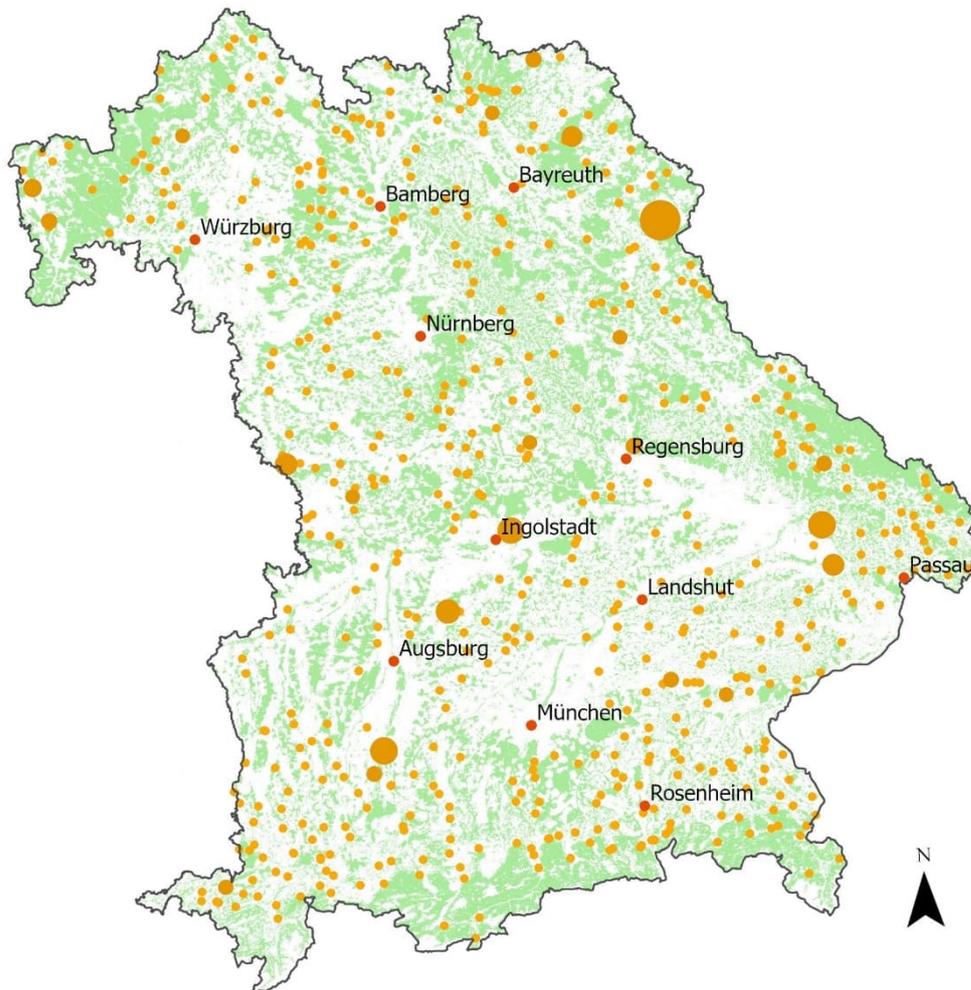


Abbildung 14: Sägewerke in Bayern 2022. Geodatenbasis © Bayerische Vermessungsverwaltung (www.geodaten.bayern.de).

Das Aufkommen der Sägenebenprodukte wurden 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) geschätzt²². Berechnungsgrundlage war der von den Sägewerken gemeldete Einschnitt des Jahres 2022. Zusätzlich wurde angenommen, dass 15 % der Rindenmenge von der Fällung bis zum Werk verloren gehen und somit 85 % der Rinde im Sägewerk ankommt.

²² Es wurde für alle Baumarten ein pauschaler Ernteverlust (Schnittverluste, Maßverluste, Baumstumpf) von 10 % bezogen auf den Vfm m. R. angenommen.

2.2.2 Rundholzeinschnitt im Jahr 2022

Der Einschnitt der bayerischen Sägewerke lag im Jahr 2022 bei insgesamt 12,15 Mio. Fm o. R. bzw. 13,55 Mio. Fm m. R., wovon 80 % in den Großsägewerken und 20 % in den kleinen und mittleren Sägewerken verarbeitet wurden. Der Rundholzeinschnitt bestand zu 92 % aus Nadelholz, das entspricht 11,25 Mio. Fm. o. R. Auf Laubholz entfielen 8 % des Rundholzeinschnitts, also 0,92 Mio. Fm o. R. Gegenüber 2020 stieg der Gesamteinschnitt damit um 1 %. Dabei erhöhte sich die eingeschnittene Menge Laubholz um 7,6 % und der mengenmäßig bedeutendere Nadelholzeinschnitt stieg um 0,4 %.

Aus dem Rundholz wurde mit einer durchschnittlichen Ausbeute²³ von 59 % insgesamt 7,20 Mio. m³ Schnittholz erzeugt. Davon entfielen 6,63 Mio. m³ auf Nadelschnittholz und 0,57 Mio. m³ auf Laubschnittholz. Zwischen den Großsägewerken und den kleinen und mittelgroßen Sägewerken gibt es einen Unterschied in der Schnittholzausbeute. Die Ausbeute lag bei den Großsägewerken bei 58,2 % und ist damit um 2,0 % gegenüber 2020 gesunken, wohingegen die Ausbeute bei den kleinen und mittelgroßen Sägewerken mit 62,7 % leicht gestiegen ist. Da die Großsägewerke auch überwiegend Nadelholz verarbeiten, wirkt sich das entsprechend auf die Schnittholzausbeute aus. Ein möglicher Grund für den Rückgang könnte die Verwendung schwächerer Nadelholzsortimente sein. Daraus resultiert trotz eines etwas höheren Einschnitts ein leichter Rückgang der produzierten Schnittholzmengen.

Der Vergleich des gemeldeten Stammholzeinschlags nach Baumarten mit den hochgerechneten Einschnittvolumen zeigt für Bayern eine Selbstversorgung mit Kiefer und den sonstigen Laubhölzern (Abbildung 15). Hier können überschüssige Stammholzmengen in andere Bundesländer oder das Ausland exportiert werden. Der Einschlag von Fichten-, Buchen- und Eichenrundholz liegt allerdings unter der Einschnittleistung der bayerischen Sägewerke. Entweder wurde der Einschlag unterschätzt, der Einschnitt überschätzt oder es musste Rundholz nach Bayern importiert werden. Ein gewisser Anteil könnte auch aus einem Abbau von Lagerbeständen der Sägewerke oder der Forstbetriebe stammen, der hier aber nicht erfasst wurde.

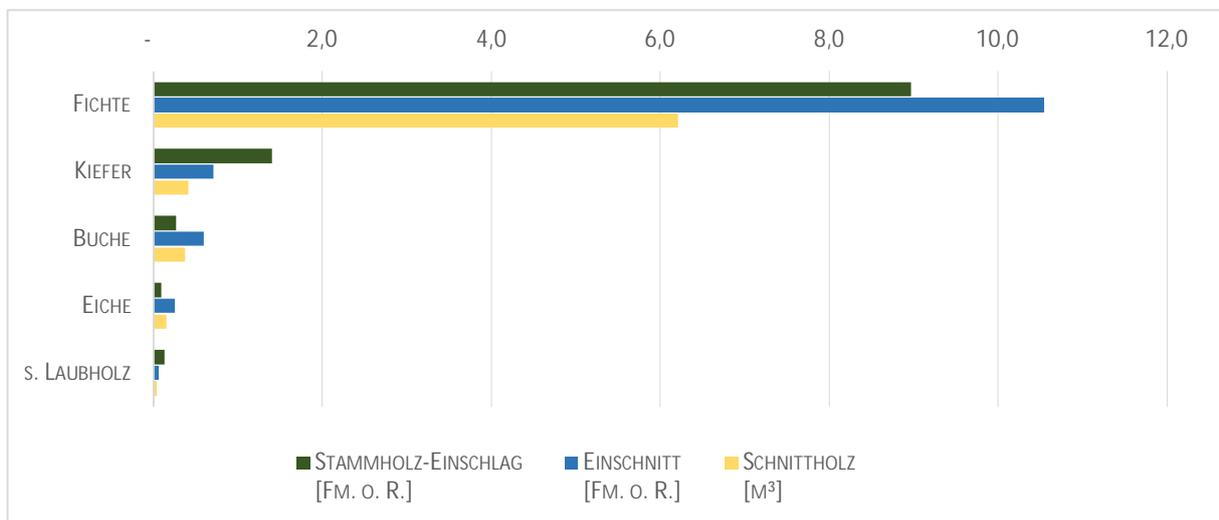


Abbildung 15 Vergleich von Stammholzeinschlag, Einschnittmengen in den Sägewerken und produziertem Schnittholz in Mio. Fm für Bayern 2022.

²³ Die Ausbeute wurde aus den hochgerechneten Einschnittsmengen in Efm. o. R. und den produzierten Schnittholzmengen in m³ über alle Baumarten hinweg berechnet.

Ergebnisse Großsägewerke

Von den 20 bayerischen Großsägewerke sind 15 Nadelholzsägewerke, 4 Laubholzsägewerke und eines ein Mischsägewerk. Im Jahr 2022 haben die Großsäger insgesamt 9,68 Mio. Fm o. R. eingeschnitten. Dabei war das Hauptsortiment mit knapp 8,73 Mio. Fm o. R. und 90 % des Gesamteinschnitts die Baumartengruppe Fichte (inkl. Tanne und Douglasie). Von der Baumartengruppe Kiefer (inkl. Lärche) wurden etwa 450.000 Fm o. R. verarbeitet. Der Laubholzeinschnitt umfasst insgesamt 496.000 Fm o. R., wovon 95 % auf die Baumartengruppe Buche, 3 % auf Eiche und 2 % auf sonstige Laubhölzer entfallen. Die durchschnittliche Schnittholzausbeute über alle Großsägewerke hinweg betrug 58,2 %. Bei den Laubholz- und Gemischtgroßsägern lag die Ausbeute mit 63,0 % bzw. 68,0 % wesentlich höher als bei den Nadelholzgroßsägern mit 57,9 %. Demnach produzierten die bayerischen Großsägewerke 5,64 Mio. m³ Schnittholz, was einer Auslastung der Sägekapazitäten von 95,6 % entspricht.

Ergebnisse für kleine und mittelgroße Sägewerke

An der Umfrage haben sich 127 kleine und mittlere Sägewerke beteiligt, die insgesamt knapp 732.000 Fm o. R. einschnitten. Diese Menge setzt sich aus rund 623.000 Fm o. R. Nadelholz und 109.000 Fm o. R. Laubholz zusammen. Die Schnittholzausbeute bei den Werken lag bei rund 62,7 %. Differenziert nach Sägewerksart lag die Schnittholzausbeute in den Nadelholz- und Laubholzsägewerke bei 63,5 % bzw. 64,9 %, bei den Mischsägern lag die Ausbeute bei 57,3 %. Die Sägewerkskapazitäten der kleinen und mittelgroßen Betriebe waren zu 82,6 % ausgelastet. Insgesamt wurden 2022 in Bayern 507 kleine und mittlere Sägewerke betrieben.

Nach der Hochrechnung der Produktionsmengen verarbeiteten diese Betriebe insgesamt 2,49 Mio. Fm o. R. Rundholz zu 1,56 Mio. m³ Schnittholz (Tabelle 12). Mit 78,2 % wurde der Großteil des Einschnitts in Nadelholz-Sägewerken realisiert. Gegenüber 2020 haben die kleinen und mittleren Sägewerke rund 33.000 Fm o. R. mehr Rundholz eingeschnitten. Während es beim Laubholz eine Steigerung um 73.000 Fm o. R. gab, sank der Nadelholzeinschnitt um rund 40.000 Fm o. R. Innerhalb der Sägewerkstypen reduzierten sich die Einschnittmengen bei den Nadel- und Laubholzsägewerken, wohingegen die Mischsägewerke ihren Einschnitt erhöhen konnten.

Tabelle 12: Geschätzte Anzahl und Einschnitt der kleinen und mittleren Sägewerke für ganz Bayern im Jahr 2022.

Art des Sägewerks	Anzahl	Rundholzeinschnitt	
		Fm o. R.	Anteil
Nadelholz Sägewerk	400	1.945.000	78 %
Laubholz Sägewerk	31	185.000	7 %
Mischsägewerk	73	357.000	14 %
Summe	504	2.49.000	100 %

2.2.3 Struktur der Sägewerke in Bayern

Zur Beurteilung der Sägewerksstruktur wurden zunächst alle 527 im Jahr 2022 produzierenden Sägewerke anhand ihrer eingeschnittenen Rundholzmengen in sechs Größenklassen (GK 1 - 6) eingeteilt und einem Sägewerkstyp (Nadelholz-, Laubholz- oder Mischsägewerk) zugeordnet (Abbildung 16). Der überwiegende Teil (449) der Sägebetriebe gehört den Größenklassen 1 und 2 an, die jährlich bis zu 10.000 Fm o. R. einschneiden. Den Größenklassen 3 bis 5 mit einem Jahreseinschnitt bis zu 200.000 Fm o. R. können 67 Betriebe zugeordnet werden. Betriebe mit einer Einschnittleistung von

mehr als 200.000 Fm o. R. gibt es nur 11 in Bayern. Der Gesamteinschnitt je Größenklasse zeigt, dass der überwiegende Teil des bayerischen Holzeinschnitts durch die wenigen Sägewerke der GK 6 realisiert wird (Abbildung 17). Mit 73,4 % des bayerischen Holzeinschnitts sind die 11 Werke ein wichtiger Motor in der bayerischen Holzwirtschaft.

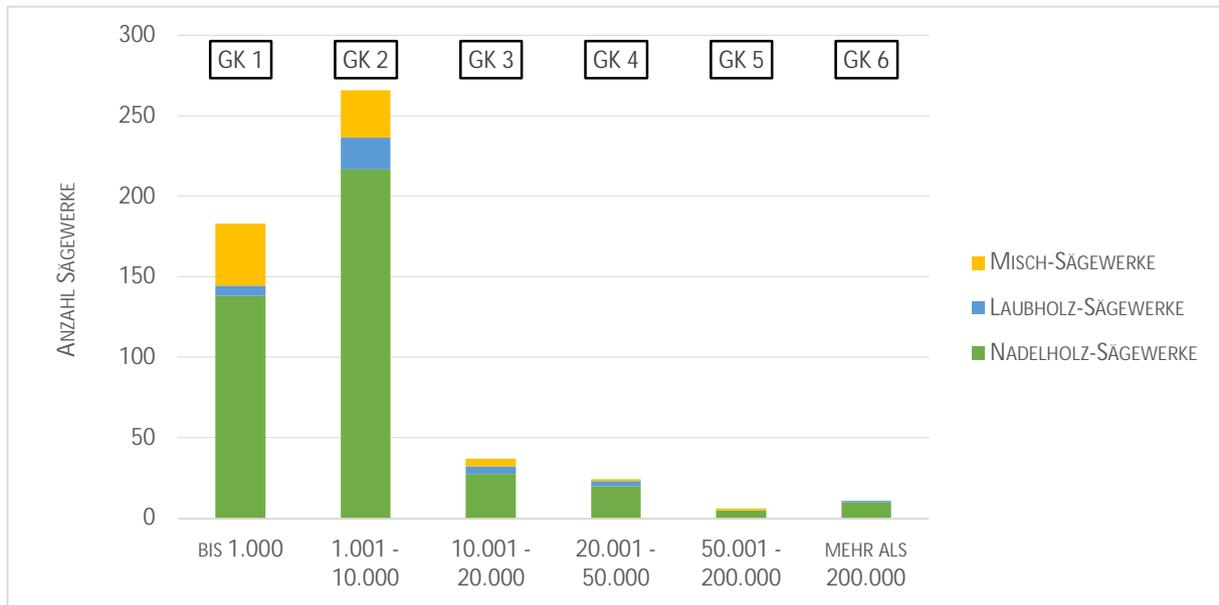


Abbildung 16: Anzahl der Sägewerke je Größenklasse (GK) nach Einschnitt im Jahr 2022 [in Fm o. R.] und Sägewerkstyp.

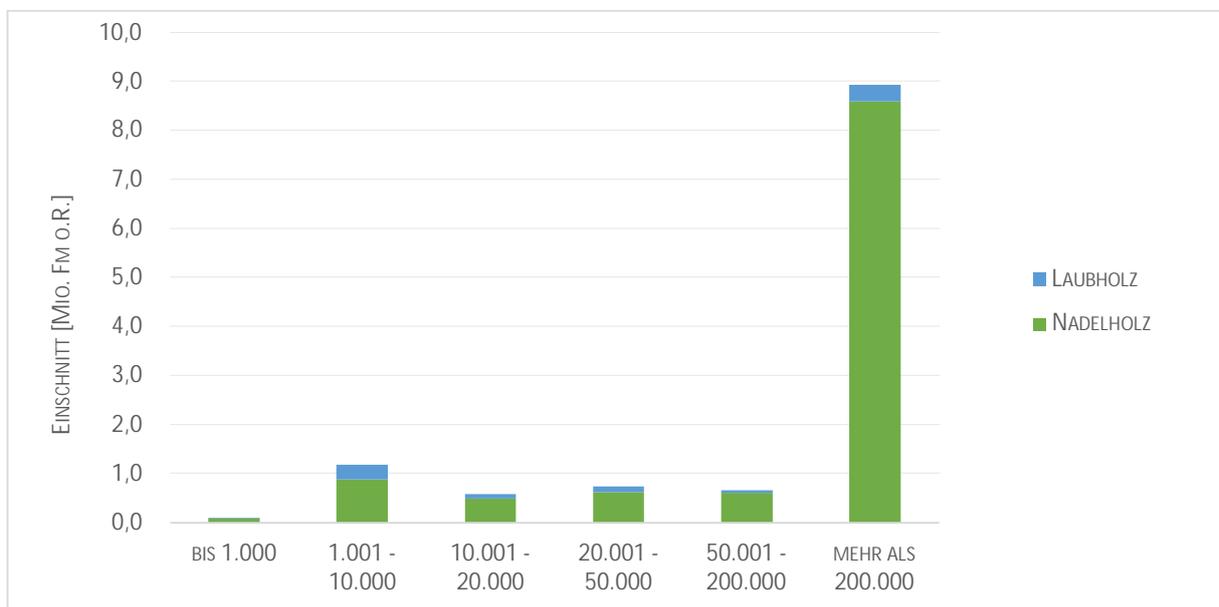


Abbildung 17: Gesamteinschnitt [in Mio. Fm o. R.] je Größenklasse der Sägewerke und nach Laub- und Nadelholz getrennt für das Jahr 2022.

Einen tabellarischen Überblick über die Verteilung des Einschnitts auf die Sägewerkszahl und das Einschnittsvolumen gibt Tabelle 13. Dabei zeigt sich, dass die Bedeutung der Sägewerke für den Gesamteinschnitt deutlich von der eingeschnittenen Baumartengruppe abhängt. So dominieren zwar die Säger der GK 6 analog zum Gesamteinschnitt auch den Nadelholzeinschnitt, doch für den Einschnitt von

Laubhölzern spielen insbesondere die kleinen Sägewerke (GK 1 und 2) eine große Rolle. Sie realisieren ein Drittel (33,1 %) des bayerischen Laubholzeinschnitts.

Tabelle 13: Anteile der Gesamtanzahl und des Gesamteinschnitt und des Nadel- bzw. Laubholzeinschnitts je Größenklasse auf Basis des Einschnitts 2022).

GK	Größenklasse [Fm]	Anzahl	Einschnitt gesamt	Einschnitt Nadelholz	Einschnitt Laubholz
GK 1	bis 1.000	34,7 %	0,7 %	0,7 %	1,1 %
GK 2	1.001 – 10.000	50,4 %	9,7 %	7,9 %	32,0 %
GK 3	10.001 – 20.000	7,0 %	4,7 %	4,3 %	9,8 %
GK 4	20.001 – 50.000	4,7 %	6,1 %	5,5 %	12,4 %
GK 5	50.001 – 200.000	1,1 %	5,4 %	5,3 %	6,8 %
GK 6	mehr als 200.000	2,1 %	73,4 %	76,3 %	37,9 %

Auf Basis der Umfrage und der Hochrechnung konnten für die produzierenden Sägewerke Strukturveränderungen seit dem letzten Berichtsjahr abgebildet werden. Dabei zeigt sich, dass vor allem kleine Nadelholzsägewerke der GK 1 mit bis zu 1.000 Fm Einschnitt überproportional von Betriebsaufgaben betroffen sind (Abbildung 18). Bei der Interpretation der Grafik gilt zu beachten, dass es sich nicht immer um Schließungen und Neugründungen handelt. Aufgrund der in Kap. 2.2.1 beschriebenen Zuordnung können Sägewerke bei veränderten Holzartenanteilen einem anderen Sägewerkstyp zugeordnet werden oder durch einen geringeren Einschnitt in der Größenklassifizierung herabgestuft werden. Zudem werden im Zuge der Erhebung immer wieder Sägewerke, die schon länger existieren, aber bisher nicht bekannt waren, in das Kollektiv mit aufgenommen. Daher kann über die übrigen Größenklassen (GK 2-GK 4) keine qualitative Aussage über Schließungen oder Veränderungen getroffen werden. Netto konnte damit die Schließung von 33 Sägewerken festgestellt werden, die überwiegend Nadelholz einschnitten.

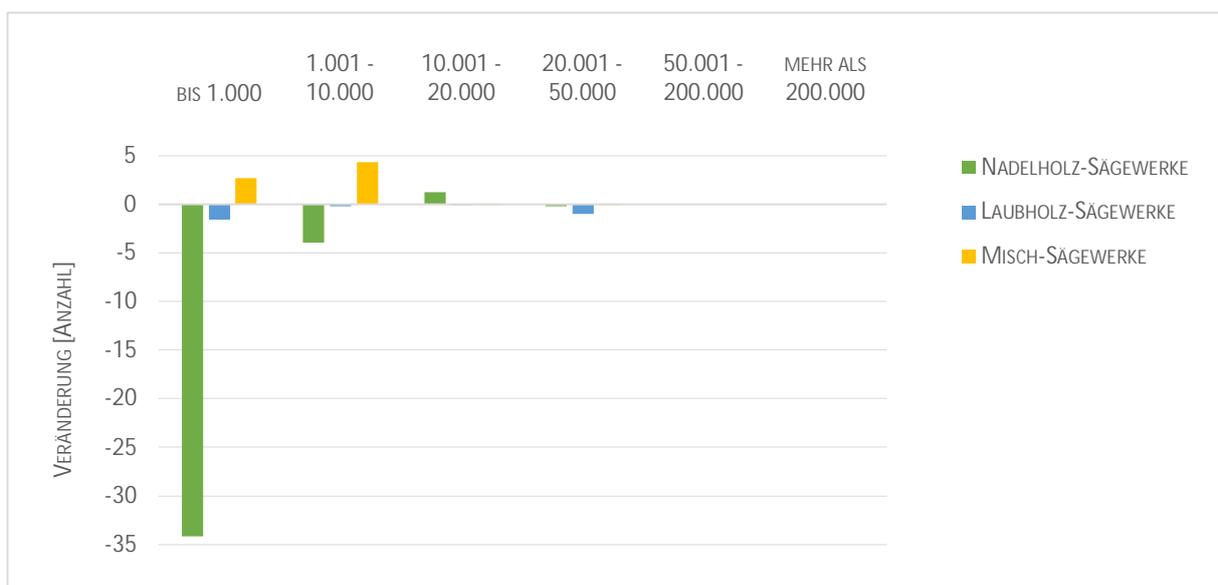


Abbildung 18: Strukturveränderung je Größenklasse [in Fm] und Sägewerkstyp von 2020 bis 2022.

Die Datenlage der Sägewerksstruktur ist bisher zufriedenstellend, könnte aber weiter verbessert werden. Ein möglicher Ansatz wird derzeit von der LWF erarbeitet. Auf Basis der Adresslisten wurden alle Standortskordinaten der uns bekannten Sägewerke erfasst. Anschließend wurden die Betriebsflächen einer Stichprobe von Sägewerken, für die aktuelle Einschnittmengen vorlagen, in Luftbildern vermessen. In den ersten Ergebnissen zeigt der Vergleich von Einschnittmenge und Flächengröße einen starken Zusammenhang (Abbildung 19). Die logarithmische Skala deutet darauf hin, dass bei zunehmendem Rundholzeinschnitt der zur Verfügung stehende Raum immer effizienter genutzt werden muss. Der Zusammenhang zwischen Betriebsfläche und Einschnittmenge könnte dafür genutzt werden, auch Sägewerke, die an der Umfrage nicht teilnehmen, treffender einer Größenklasse zuzuordnen und damit die Hochrechnung zu verbessern.

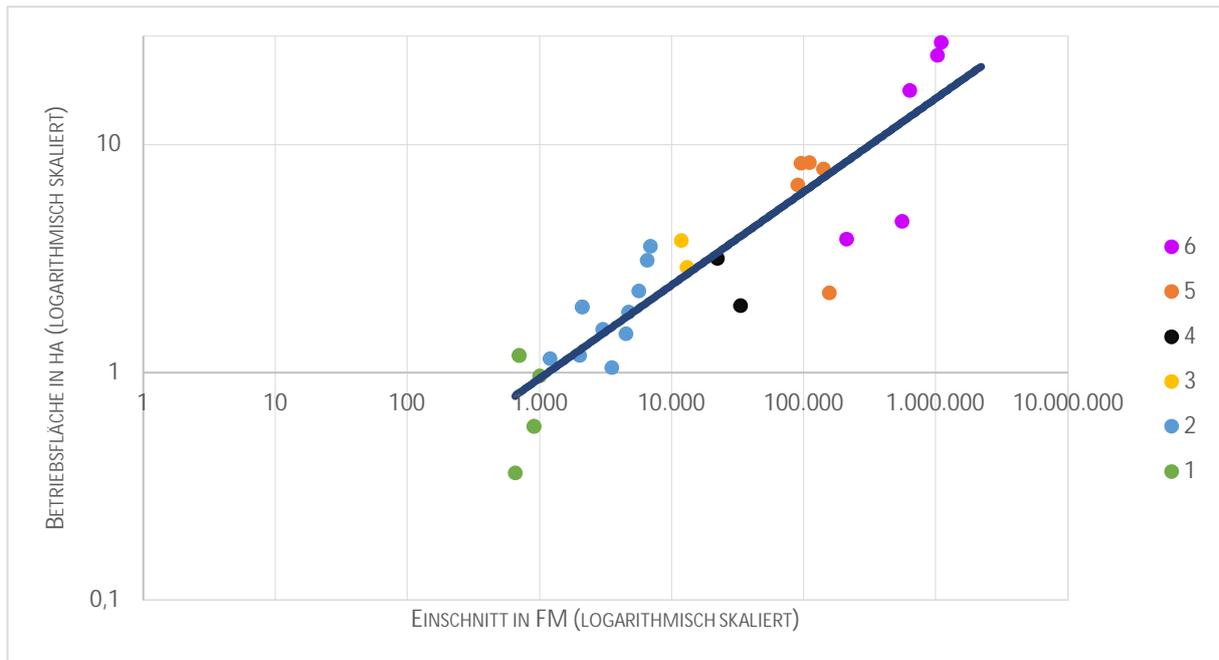


Abbildung 19 Einschnitt (in Fm o. R.) in Anhängigkeit von der Betriebsfläche (in ha). Die repräsentierten Größenklassen GK 1-GK 6 sind entsprechend farblich gekennzeichnet.

2.2.4 Aufkommen von Nebenprodukten in den Sägewerken

Im Zuge des Rundholzeinschnitts und der ersten Stufe der Schnittholzweiterverarbeitung fielen im Berichtsjahr insgesamt 7,17 Mio. m³ an Nebenprodukten in Form von Sägenebenprodukten (Sägespäne, Hackschnitzel, Schwarten, Spreißel und Kapphölzer), Rinde und Industrieresthölzern (z. B. Hobelspäne) an. Die mengenmäßige Verteilung auf die einzelnen Nebenprodukte und die entsprechenden Anteile sind in Abbildung 20 dargestellt. Von den Nebenprodukten fallen rund 5,87 Mio. m³ in den Großsägewerken und 1,31 Mio. m³ in den kleinen und mittleren Sägewerken an. Gegenüber der Erhebung 2020 ist das Gesamtaufkommen der Nebenprodukte um 19 % gestiegen. Die sortimentsweise Steigerung beträgt 6,9 % bei den SNP, eine Versechsfachung²⁴ der IRH und eine Abnahme des Rindenaufkommens um 2,5 %.

²⁴ Diese Steigerung kommt dadurch zustande, dass sich zwei Großsäger in der Befragung 2022 erstmalig zu den verarbeiteten Resthölzern geäußert haben. Möglicherweise wurde dort auch eine Weiterverarbeitung aufgebaut, bei der Industrieresthölzer anfallen.

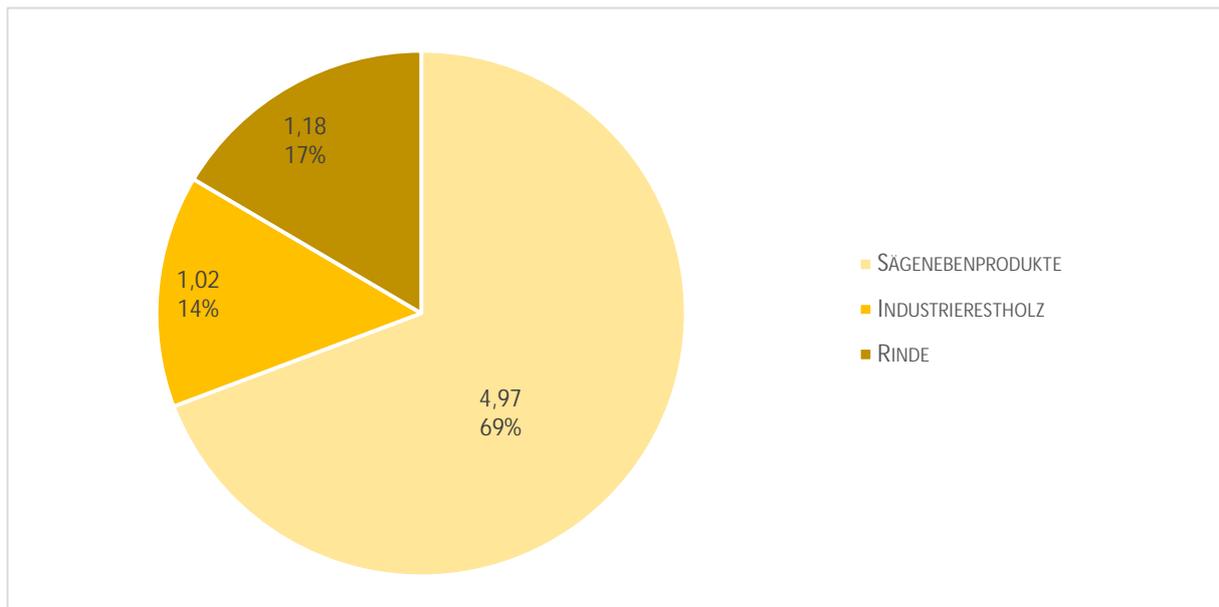


Abbildung 20: Aufkommensmengen von Sägenebenprodukten, Rinde und Industrierestholz aus den Sägewerken in Mio. m³.

Die Schnittholzausbeute und die damit anfallende Menge an Sägenebenprodukten ist von der Säge-technologie abhängig. So lag die gemeldete Ausbeute bei Sägegattern etwa bei 65 %, bei Bandsägen bei 67 % und bei Profilerspanern bei 55 %. Da Sägegatter und Bandsägetechnologie überwiegend in den kleineren Betrieben verwendet werden, ergibt sich dort auch ein geringeres Sägenebenprodukteaufkommen pro produziertem Kubikmeter Schnittholz. Für das Jahr 2022 beläuft sich dieser Wert auf 0,59:1. Bei den Großsägewerken liegt der Wert aufgrund der geringeren Ausbeute etwas höher bei 0,72:1. Neben der quantitativen Beurteilung der Sägenebenprodukte, kann man ausgehend von einer umfangreichen Erhebung im Jahr 2014 (WEIDNER ET AL. 2016) auch eine qualitative Aussage zu den anfallenden Sägenebenprodukten ableiten. Aufgrund der weit verbreiteten Bandsägen und Sägegatter in kleinen und mittelgroßen Sägewerken, produzieren diese deutlich mehr Schwarten und Spreißel. Das zusätzlich aufgeführte Industrierestholz umfasst z.B. Hobelspäne, Kapphölzer und Besäumungsabschnitte, die bei der Weiterverarbeitung von Schnittholz zu Brettsperrholz, KHV und Massivholzplatten in einigen Sägewerken anfallen. Das Rindenaufkommen bei den Sägewerken wurde nach Abzug von 15 % Transportverlust auf eine Menge von 1,18 Mio. m³ hochgerechnet. Der Transportverlust dürfte demnach etwa 0,21 Mio. m³ umfassen.

2.2.5 Verwendung Nebenprodukte

Die anfallenden Nebenprodukte sind ein wertvoller Rohstoff, der sowohl stofflich als auch thermisch verwendet wird. In der Erhebung wurden die Sägewerksbetriebe auch zur weiteren Verwendung der anfallenden Sägenebenprodukte (SNP), der Rinde und der Industrieresthölzer (IRH) befragt. Strukturelle Unterschiede, wie beispielsweise integrierte Pelletswerke bei den großen Sägewerken, machen eine getrennte Auswertung für die kleinen und mittelgroßen Sägewerke und die Großsägewerke notwendig. Die absolut und anteilig verwendeten Mengen der Sägenebenprodukte (inkl. Industrierestholzer) sind in Tabelle 14 dargestellt.

Bei den kleinen und mittelgroßen Sägewerken nimmt der Verkauf der Sägenebenprodukte mit 82 % den größten Anteil ein. Der Verkauf setzt sich zusammen aus 32 % für die energetische und 30 % für die stoffliche Verwendung. Etwa 20 % der Menge wurde weiterverkauft, ohne die Verwendung zu kennen. Etwa 18 % der Sägewerke nutzten ihre Sägenebenprodukte energetisch im betriebseigenen Bio-

masseheiz(kraft)werk. In den Großsägewerken werden 37 % der SNP (inkl. IRH) zu Energieholzprodukten wie Pellets oder Briketts weiterverarbeitet. Gegenüber 2020 ist die betriebseigene Energieholzproduktion zuungunsten der stofflichen Weiterverarbeitung anteilig deutlich gestiegen (+12 %): An die Holzwerkstoff- und Papierindustrie wurden 28 % der angefallenen SNP (inkl. IRH) verkauft und 10 % in den eigenen Werken verarbeitet. Zur betriebsinternen Energiegewinnung wurden mit 12 % ein ähnlicher Anteil wie auch bei den kleinen und mittelgroßen Sägebetrieben verwendet. Darin wird unter anderem die Bedeutung der technischen Trocknung des Schnittholzes deutlich. Nicht nur Großsägewerke bieten technisch getrocknetes Schnittholz an, sondern auch immer mehr mittlere Sägewerke. Es erscheint zunächst verwunderlich, dass die Großsäger anteilig (-8 %) aber auch absolut weniger Energieholz selbst verbraucht haben, da das Schnittholzaufkommen sich im Vergleich zur Erhebung 2022 nicht in diesem Maße verändert hat. Andererseits könnte dies auf die hohe Nachfrage und die preisliche Attraktivität von SNP zur Herstellung von Pellets hindeuten. Möglicherweise wurden der Eigenbedarf durch andere Energieholzsortimente gedeckt.

Insgesamt wurden 2022 also 13 % der anfallenden Sägenebenprodukte (inkl. IRH) direkt energetischen verwendet; das entspricht im Vergleich zur Vorerhebung einem Rückgang von -5 %. Weitere 43 % (+7 %) wurden direkt oder nach Verkauf zu Energieholzprodukten weiterverarbeitet und 37 % (+3 %) direkt oder nach Verkauf einer stofflichen Verwendung zugeführt. Etwa 7 % (-2 %) der SNP (inkl. IRH) wurden zu unbekanntem Zweck weiterverkauft.

Tabelle 14: Verwertung der Sägenebenprodukte (inkl. Industrieresthölzer) in m³ und %-Anteilen (getrennt nach Sägewerksgröße) für 2022.

Verbleib	Verwendung	Menge [m ³]	Anteil kl. Säger	Anteil Großsäger
Eigenverbrauch	energetisch	768.000	15 %	12 %
Verarbeitung	stofflich	522.000	2 %	10 %
	energetisch (Pellets)	1.853.000	1 %	37 %
	sonstiges	4.000	0 %	0 %
Verkauf	stofflich	1.711.000	30 %	28 %
	energetisch	741.000	32 %	8 %
	unbekannt (Handel)	392.000	20 %	4 %
Gesamt		5.991.000	100 %	100 %

Insgesamt fielen 1,18 Mio. m³ Rinde an, was exakt dem Wert der letzten Erhebung entspricht. Davon rund 335.000 m³ (23 %) in kleinen und mittelgroßen Sägewerken und rund 847.000 m³ (77 %) bei den Großsägern. Der hochgerechnete Transportverlust von Rinde in Bayern dürfte bei ca. 43.000 m³ Rinde liegen. Die in den Sägewerken anfallende Rinde wird in den Großsägewerken zu 58 % direkt im Betrieb zur Erzeugung von Prozesswärme für die Holz Trocknung verwendet. Die übrigen 42 % werden verkauft; davon 29 % zur stofflichen Verwendung als Rindenmulch, 4 % zur energetischen Verwendung und 9 % mit unbekannter Verwendung. Bei den kleinen und mittelgroßen Sägewerken spielt der Verkauf mit 62 % die größte Rolle; davon werden 35 % zur stofflichen Verwendung und 20 % mit unbekannter Verwendung verkauft. Weitere 7 % wurden zur energetischen Verwendung verkauft. Etwa 20 % der anfallenden Rinde nutzen die Betriebe selbst zur Energiegewinnung. Nur in diesem Fall war eine stärkere Verschiebung hin zur Eigennutzung zu erkennen. Etwa 10 % des Rindenaufkommens verbleiben wegen Entrindung ohne weitere Nutzung direkt im Wald. Unter den kleinen Sägewerken finden sich zudem

Betriebe, die auch oder ausschließlich Lohnschnitt anbieten; hier nimmt die Kundschaft die anfallenden Schwarten und Rinde wieder mit (8 % des Rindenaufkommens).

Tabelle 15: Verwertung der Rinde in m³ und %-Anteilen (getrennt nach Sägewerksgröße) für 2022.

Verwertung Rinde	Menge [m ³]	Anteil kl. Säger	Anteil Großsäger
eigene energetische Verwertung	586.000	20%	58%
Verkauf energetisch	56.000	7%	4%
Verkauf stofflich	354.000	35%	29%
Verkauf Handel	137.000	20%	9%
Entrindung im Wald	27.000	10%	0%
Sägen in Rinde	23.000	8%	0%
Gesamt	1.183.000	100%	100%

Vom gesamten Rindenaufkommen wurden 55 % direkt oder nach Verkauf energetisch verwendet, 30 % in Form von Rindenmulch stofflich verwendet. Etwa 12 % werden an den Handel mit unbekannter Verwendung verkauft und je 2 % verbleiben im Wald, weil das Holz dort entrindet wurde, oder werden von der Kundschaft selbst mitgenommen.

Sowohl bei den Sägenebenprodukten (inkl. IRH) als auch bei der Rinde ist anzunehmen, dass ein Teil der Mengen aus dem Verkauf mit unbekannter Verwendung ohne oder nach Veredelung zur Energieerzeugung dient. Für die Nebenprodukte aus dem Lohnschnitt ist eine überwiegende thermische Verwendung durch die Kunden anzunehmen.

2.2.6 Preissituation bei den Nebenprodukten

Zum Jahresbeginn 2022 wurden neue Rekordpreise für Sägespäne erreicht, die Preise für Hackschnitzel lagen zuletzt 2013 auf einem vergleichbaren Niveau. Die Preissteigerungen sind auf einen reduzierten Einschnitt der Sägewerke im vierten Quartal 2021 zurückzuführen, während die Sägerestholzverarbeitende Industrie weiter auf hohem Niveau produzierte. Zudem wurden neue (integrierte) Pelletwerke in Betrieb genommen oder hochgefahren. Gleichzeitig stand der Spanplattenindustrie nur ein stark begrenzter Altholzmarkt zur Verfügung, weshalb die Rohstoffversorgung verstärkt durch den Einkauf von Sägenebenprodukten gewährleistet werden musste. Fernbezüge wurden durch knappe Transportressourcen limitiert und durch gestiegene Transportkosten deutlich verteuert (EUWID 1/2022). Die Transportsituation verschärfte sich zur Jahresmitte durch Niedrigwassersituation und durch verstärkten Kohletransport gebundene Frachtkapazitäten in der Schifffahrt (EUWID 8/2022). Marktbedingte Produktionskürzungen in den Sägewerken zur Jahresmitte verknäpften das Angebot an Sägerestholzzern weiter. Zusätzlich fungierte die zahlungskräftige Energie- und Pelletwirtschaft als weiterer Preistreiber, da sie aufgrund der hohen Strom- und Gaspreise in der Lage war, deutlich höhere Preise als die stoffliche Industrie zu bezahlen (EUWID 7/2022). Ein abflauer Absatzmarkt für Nadelschnittholz im Sommer führte zu einer Reduktion des Einschnitts und verringerte die verfügbare Menge an Sägenebenprodukten weiter (EUWID 8/2022). Im letzten Quartal 2022 erreichten die Preise für SNP schließlich ein historisches Niveau. Umgerechnet auf einen Festmeter betrug die Höchstpreise knapp 89 €/Fm und erreichten damit Preise von Fichtenstammholz in Standard-Qualität (EUWID 10/2022). Dies hatte zur Folge, dass Verarbeiter von SNP teilweise mit eigenen Hackerkapazitäten auf Rundholz umsteuerten. Zum Jahresende führten eine sinkende Nachfrage nach Produkten der Holz-

werkstoffindustrie und eine sinkende Nachfrage nach Pellets in Kombination mit hohen Fertiglagerbeständen und mangelnder Lagermöglichkeit sowie einem erhöhten Rohstoffeinsatz von Nadelrundholz schließlich zu einem Preissturz der Sägenebenprodukte um bis zu 60 % (EUWID 11/2022).

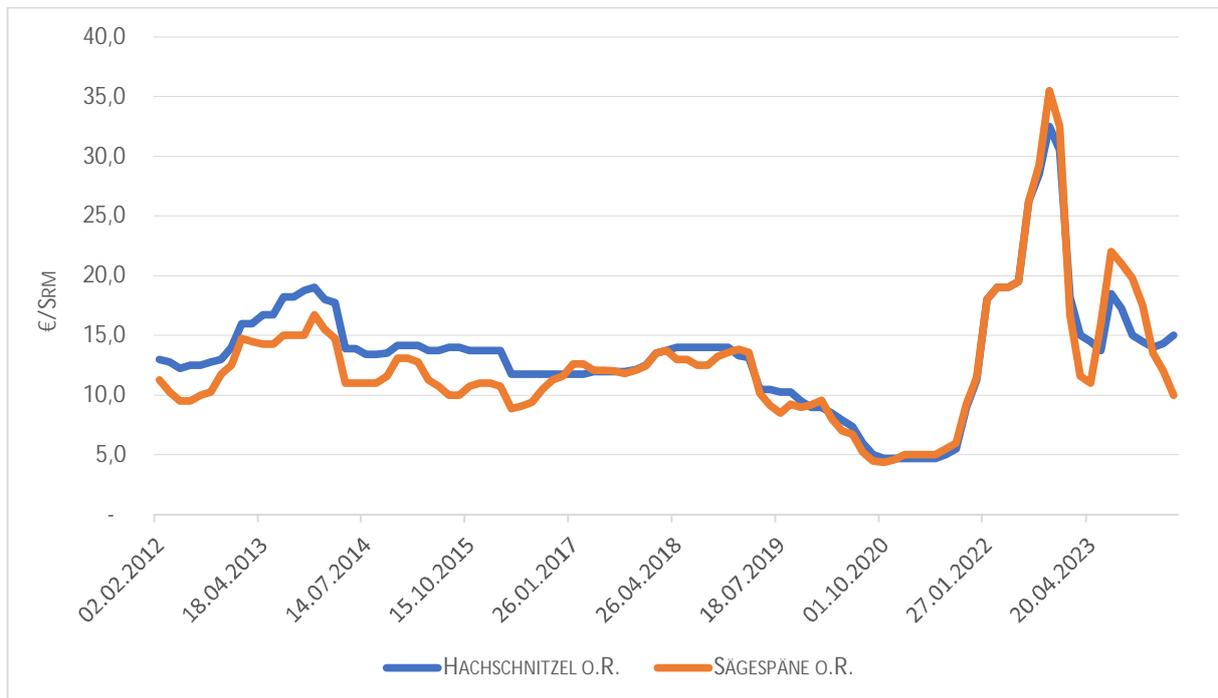


Abbildung 21: Preisentwicklung von Sägenebenprodukten seit 2012 (Quelle: EUWID 2024A).

2.2.7 Herausforderungen aus Sicht der Sägewerksbetriebe

Im Rahmen der Umfrage unter den Sägewerksbetrieben wurde den Teilnehmenden auch die Möglichkeit gegeben, sich zu aktuellen Herausforderungen der Branche zu äußern. Da sich an der Umfrage überwiegend kleine und mittelgroße Betriebe beteiligten, spiegeln diese Aussagen insbesondere die Situation dieser Größenklassen wider.

Nachdem es im Erhebungsjahr 2022 seitens der Politik vermehrt Bestrebungen gegen eine energetische Holzverwendung gab und die Nachhaltigkeit von Energieholz in Frage gestellt wurde, gab es zu den Themenfeldern „Holzenergie“ und „Politik“ auch die meisten Rückmeldungen. Die klare Forderung seitens der Säger: „Holz muss ein nachhaltiger Brennstoff bleiben!“ Dahinter steht einerseits die Sorge erhöhter Kosten durch eine mögliche CO₂-Bepreisung von Energieholz, was die Betriebe direkt betreffen würde. Andererseits führt das wiederholte Infragestellen der Nachhaltigkeit von Holzenergie zunehmend zu Skepsis und Imageverlust in der Bevölkerung, wodurch ein wichtiger Absatzmarkt für die Neben- und Restprodukte aus der Schnittholzerstellung zunehmend gefährdet würde. „Alles, was den Ausbau von Biomasse einschränkt oder gar zu einer Verringerung regional verfügbarer erneuerbarer Energieträger führt, ist in Zeiten einer Energiekrise völlig unverständlich.“ Konkret wird der Wunsch an die Politik geäußert, „dass sie diese Entscheidungen mehr an der Realität treffen. Dieser Brennstoff fällt bei der Holzverarbeitung unvermeidbar an, es ist der ideale Brennstoff ohne zusätzlichen Aufwand bei der Herstellung. Wenn man diesen Brennstoff nicht mehr in dieser Art und Weise verwerten dürfte, was sollte dann mit diesen Mengen, die jedes Jahr in der Holzverarbeitung und in der Forstwirtschaft anfallen, gemacht werden? Wenn z.B. in der Forstwirtschaft das Rohmaterial wie (Gipfelholz, oder Bruchholz) im Wald verbleiben, welches z.B. durch Kalamitäten wie Borkenkäfer, Sturm usw. angefallen ist, dann ist das in keinster Weise förderlich, weil dieses Schadholz den Schädlingsbefall nur noch weiter fördert.“

Von der Politik werden auch klare Zielvorgaben erwartet, die langfristige Planungssicherheiten für Investitionen z.B. in den Bereichen Energieversorgung und Technik möglich machen. Gleichzeitig wünschen sich viele Betriebe auch einen Bürokratieabbau: "Ich wünsche mir mehr Anerkennung für Handwerk und Kleinbetriebe und weniger Papier bzw. schriftl. Verordnungen und Erschwernisse." Gerade die kleineren Betriebe sehen sich durch den zunehmenden bürokratischen Aufwand immer stärker mit Arbeiten belastet, die neben dem eigentlichen Betriebsgeschehen stattfinden. Allerdings ist aufgrund der Strukturen solch kleiner Betriebe nicht immer die Einstellung von entsprechend qualifizierten Fachkräften möglich. Würde die EUDR in der Form eingeführt werden, wie es derzeit geplant ist, würde der bürokratische Aufwand für alle Betriebsgrößen nochmals immens steigen.

Nur durch die Schaffung fairer Bedingungen für alle Betriebsgrößen - sei es beim Rundholzeinkauf, der Besteuerung, oder Subventionen, wie durch den Bezug von deutlich günstigerem Industriestrom, welcher aktuell nur von Verbrauchern ab 100.000 kWh bezogen werden kann - würde die Existenz von kleinen und mittelständischen Unternehmen gesichert werden. Aber auch Anforderungen hinsichtlich des Brandschutzes machen insbesondere den kleineren Betrieben zunehmend zu schaffen. Die Auflagen fordern teure Sprinkleranlagen, „für die kleinen Betriebe die gleichen wie für die großen Betriebe, die aber deutlich mehr einschneiden.“ Aus Sicht eines Teilnehmers müsse man den kleinen Sägewerksbetrieben „eine Möglichkeit zur Brandversicherung ohne Sprinkleranlage bieten. Sonst droht ein großes Sägersterben!“

Ein weiteres Thema ist die langfristige Versorgung mit Rundholz, insbesondere Nadelholz. Die Ausweisung von Schutzgebieten, aber auch der stark laubholzdominierte Waldumbau lässt die Sorge um die Versorgungssicherheit wachsen.

2.2.8 Diskussion

Einschnittvolumen und Schnittholzproduktion

Das gesamte Einschnittvolumen der bayerischen Sägeindustrie lag im Jahr 2022 bei 13,55 Mio. Efm m. R. bzw. 12,15 Mio. Efm o. R. Das entspricht einer Zunahme von 130.000 Efm m.R. (+1 %) gegenüber dem Berichtsjahr 2020.

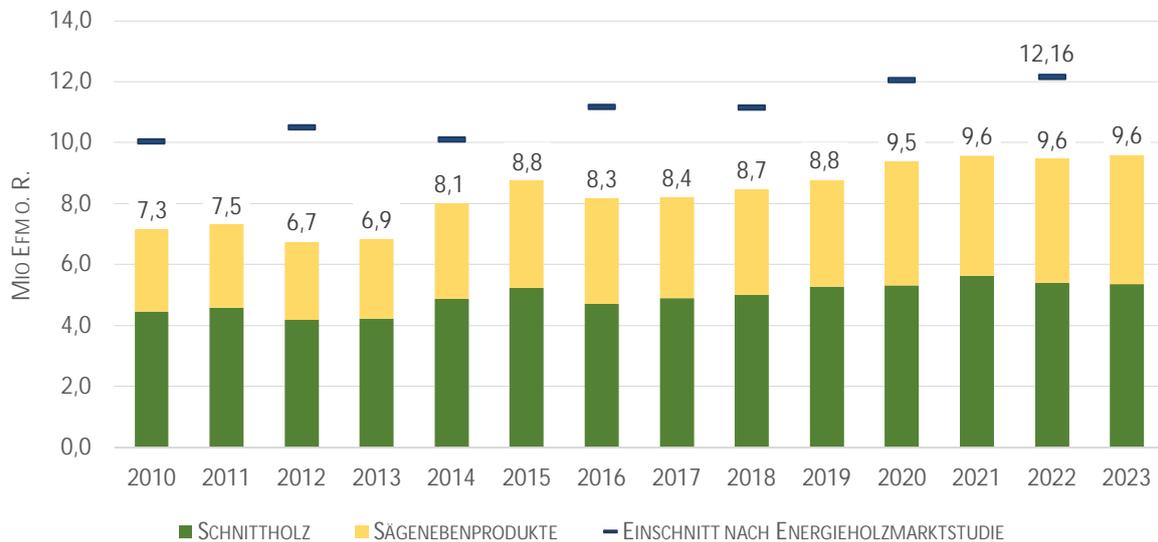


Abbildung 22: Entwicklung des Einschnitts in den Sägewerken mit 20 und mehr Beschäftigten (Quelle: DESTATIS 2024d)²⁵ im Vergleich zum Gesamteinschnitt nach den Ergebnissen der Energieholzmarktstudien seit 2010.

Diese leichte Zunahme gegenüber dem Erhebungsjahr 2020 zeigt sich auch beim Einschnitt der größeren Sägewerke nach den Ergebnissen der Produktionsstatistik (Abbildung 22). Allerdings scheint sich der Einschnitt der Sägewerke mit 20 oder mehr Beschäftigten auf einem stabilen Niveau bei 9,6 Mio. Efm o. R. einzupendeln. Der Nadelholzeinschnitt hat hier um 1,3 % zugenommen. Insgesamt ist der Export von Nadel-schnittholz in den vergangenen Jahren zunehmend gestiegen, insbesondere China und die USA sind relevante Exportdestinationen. So konnten die Mehrmengen der Kalamitätsjahre abgesetzt werden, aber auch ein rückläufiger inländischer Holzbedarf im Bausektor aufgrund der schwachen Konjunktur 2022 entsprechend kompensiert werden. Zudem fehlten aufgrund der eingeführten Sanktionen zunehmend günstige Schnittholzimporte aus Russland und Weißrundland, sodass die heimische Produktion weitestgehend abgesetzt werden konnte. Der von der Baukonjunktur weitestgehend unabhängige Markt für Verpackungsholz blieb in der Nachfrage stabil. Der Laubholzeinschnitt hingegen ist in den großen Sägewerken mit 20 und mehr Beschäftigten um 10 % gesunken. Verantwortlich dafür war der zunehmende Rückgang von Buchenschnitthollexporten in die Ziel-länder China und USA sowie eine gesunkene Nachfrage innerhalb Deutschlands. Wegen der schwachen Konjunktur kam es zu Produktionskürzungen in der Möbel- und Fußbodenindustrie (DESH 2023).

Die in der Umfrage unter den bayerischen Sägewerken erhobene Einschnittmenge von 12,15 Mio. Efm o. R. übersteigt das Aufkommen von Stammholz nach der Holzeinschlagstatistik um 2,59 Mio. Efm o. R. Diese große Differenz mag teils auf nicht erfasste Mengen des Holzeinschlags zurückzuführen sein. Zum großen Teil dürfte dies aber auf Zuflüsse von Rundholz nach Bayern zurückzuführen sein. Beim Nadelholz beträgt die Differenz zwischen Einschnitt und Einschlag

²⁵ Das Statistische Bundesamt hat mit dem Jahr 2020 die berichtsweise Veröffentlichung der Holzbearbeitungsstatistik eingestellt. Die Abfrage aus der Datenbank GENESIS-online stellt weniger detaillierte Informationen bereit, sodass die Zahlen seitdem geringfügig höher ausfallen.

2,16 Mio. Efm o. R. In der Vergangenheit konnte die Differenz teils über den Import von Nadelrundholz erklärt werden. Seit 2021 hat sich das Verhältnis zwischen Export und Import umgekehrt. Die Importmengen aus dem Hauptlieferland Tschechien sind aufgrund der dort abflauernden Borkenkäferkalamitäten aber auch der dadurch reduzierten Holzvorräte deutlich gesunken. Demgegenüber steht ein deutschlandweit durch Borkenkäferkalamitäten getriebener Holzeinschlag, welcher für größere Nadelholzströme aus den Hauptschadensgebieten Mitteldeutschlands geführt haben kann. Aus dem Differenzbetrag zwischen Einschnitt und Stammholzeinschlag in Höhe von 2,59 Mio. Efm o. R. und dem Nettoexport in Höhe von 0,88 Mio. Efm. o. R. ergibt sich ein Stammholzvolumen von 3,46 Mio. Efm o. R., welches durch Binnenhandel oder aus dem Abbau von Lagerbeständen oder durch Untererfassung zu erklären ist.

Seit 2016 folgen die Produktionsmengen von Nadelschnittholz in Deutschland einem positiven Trend. Dieser Trend setzte sich bis in das 1. Quartal 2022 fort, allerdings brach in Folge des Kriegsbeginns in der Ukraine die Baukonjunktur deutlich ein. Insgesamt wurden in Deutschland 4,1 % weniger Nadelschnittholz produziert als im Vorjahr (DESH 2023). Deutschland hat eine zentrale Bedeutung in der Nadelschnittholzproduktion: Nach den USA, Kanada, Russland und China ist Deutschland der fünftgrößte Produzent von Nadelschnittholz weltweit (EOS 2023). Zudem hilft Deutschland mit seinem hohen Exportüberschuss bei der Deckung der globalen Nachfrage. Im Jahr 2023 wurde Nadelschnittholz in 87 Destinationen exportiert (DESTATIS 2024E).

Seit der letzten Energieholzmarktstudie 2020 zeigte sich der Nadelschnittholzmarkt sehr volatil. Die hohe Nachfrage nach Schnittholz im In- und Ausland führt 2021 zu starken Preissteigerungen. Nach einem starken Preisanstieg bis ins 3. Quartal 2021 folgte ein rascher Einbruch der Schnittholzpreise. Im ersten Jahresverlauf 2022 blieb die Nachfrage nach Schnittholz im In- und Ausland zunächst einmal stabil. Im Zusammenspiel mit den stark steigenden Energiekosten und Handelsrestriktionen gegen Russland und Weißrussland stieg der Schnittholzpreis erneut auf ein hohes Niveau. Monatsweise Preispitzen bewegten sich zwar etwas unter den Vorjahresmonaten, im Jahresmittel jedoch waren die Erzeugerpreise für Schnittholz 2022 höher als 2021. Laut Statistischen Bundesamt stiegen die Preise gegenüber 2020 um 79 %²⁶ (DESTATIS 2024A).

Die deutschlandweite Entwicklung der Einschnitt- und Produktionsmengen zeigt sich auch in der Entwicklung der produzierenden Betriebe Bayerns. Im aktuellen Berichtsjahr schnitten die großen bayerischen Nadelholzsägewerke (GK 6) etwa 76,3 % der gesamten für die Sägeindustrie bereitgestellten Nadelholzmengen ein. Dieser Wert lag 2020 noch bei 73,1 %, 2018 bei 70,3 %. Diese Entwicklung deckt sich mit den zahlreichen Betriebsaufgaben unter den kleinsten Nadelholzsägern (GK 1). Gegenüber 2020 gaben etwa 6 % der kleinen und mittleren Sägewerke ihren Betrieb auf. Die kleinen und mittelgroßen Nadelholzsägewerke waren überproportional betroffen (8 % der Nadelholzsägewerke). Die Anzahl der Laubholzsägewerke nahm in Relation etwas weniger stark ab (6 % der Laubholzsägewerke). 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. Vermutlich haben sich die hohen Erzeugerpreise und die Konkurrenz um den Rohstoff mit größeren Betrieben ausgewirkt. Zudem sehen sich kleine Sägewerke immer häufiger mit hohem bürokratischem Aufwand konfrontiert. Auch Auflagen für einen ausreichenden Brandschutz können insbesondere von kleineren Unternehmen oft nicht mehr finanziert werden (EU-WID 4/2024).

²⁶ Das statistische Bundesamt hat als neues Bezugsjahr für die Indexbildung das Jahr 2021 festgelegt. Um eine Vergleichbarkeit zum Energieholzmarktbericht 2020 herstellen zu können, wurde im vorliegenden Bericht der Preisindex 2015 = 100 verwendet.

2.3 Pelletproduktion

2.3.1 Methode

Mitte des Jahres 2023 wurden alle Pelletproduzenten in Bayern schriftlich dazu eingeladen, an einer Umfrage mittels Fragebogen teilzunehmen. Von insgesamt 17 Herstellern haben 15 Unternehmen Informationen über ihre Produktionskapazität in Bayern sowie die erzeugten Tonnen im Betriebsjahr 2022 bereitgestellt. Die verbleibenden zwei Unternehmen waren trotz weiterer schriftlicher und telefonischer Kontaktaufnahme nicht bereit, an der Umfrage teilzunehmen. Jedoch konnten die Daten dieser Unternehmen aus einer Veröffentlichung des Print- und Online-Journals Holzkurier entnommen werden (HOLZKURIER 2023C).

2.3.2 Pellethersteller und Pelletproduktion

Mit einer Gesamtmenge von 3,75 Mio. Tonnen war Deutschland 2022 wiederholt mit Abstand der größte Pelletproduzent in der Europäischen Union und belegte weltweit den dritten Platz nach den USA und Kanada (DEPI 2023, BIOENERGY EUROPE 2023). Die jährliche Produktionskapazität in Deutschland betrug 4,00 Mio. t. Der Inlandsverbrauch belief sich auf 3,20 Mio. t, damit war Deutschland weiterhin ein Nettoexporteur von Pellets. Insbesondere die Nachbarländer Italien, Österreich und Frankreich (DESTATIS 2024E) sind Hauptabnehmer der in Deutschland ansässigen Produktion. Aufgrund steigender Inlandsnachfrage ist der Exportanteil im Vergleich zu den Vorjahren jedoch deutlich gesunken. Lag er im Jahr 2020 noch bei einem Viertel der Gesamtproduktion, so sind im Jahr 2022 nur noch 10 % der inländischen Produktion ins Ausland verkauft worden.

Die Ergebnisse der Umfrage unter den Pelletproduzenten in Bayern im Jahr 2022 zeigen, dass an 17 Standorten insgesamt 1,38 Mio. Tonnen Holzpellets hergestellt wurden. Dies entspricht einem Anstieg von 180.000 Tonnen bzw. 13 % im Vergleich zu 2020 (STIMM ET AL. 2022). Die Steigerungsrate hätte höher ausfallen können, jedoch musste ein niederbayerischer Hersteller, der den größten Einzelproduktionsstandort in Deutschland betreibt, aufgrund eines Werksbrandes seine Leistung über ein halbes Jahr auf die Hälfte drosseln. Dies hat die kriegsbedingten Engpässe am Pelletmarkt, die Mitte des Jahres 2022 zu verzeichnen waren, zusätzlich verschärft.

Die Gesamtproduktionskapazität erreichte Ende des Jahres 2022 1,60 Mio. Tonnen bei einer Auslastung von 86 %, womit der Freistaat die deutschlandweit größte Produktionskapazität aufweist. Rund 40 % der Holzpellets „Made in Germany“ kommen aus Bayern. Die Produktionskapazität ist von 2020 auf 2022 um 240.000 Tonnen gestiegen, hauptsächlich durch die Inbetriebnahme eines neuen Produktionsstandortes in Pressath durch das Unternehmen Ziegler Naturenergie im Oktober 2021. Das Werk in Pressath hat derzeit eine Produktionsleistung von 200.000 bis 225.000 Tonnen und soll in naher Zukunft um eine Presse erweitert werden. Gemäß den Angaben ihrer Fragebögen planen zwei weitere Hersteller eine Erweiterung ihre Kapazität um insgesamt 100.000 Tonnen. Ein anderer Hersteller hat jedoch angemerkt, aufgrund der unsicheren politischen Lage bezüglich der Rolle der Holzenergie in Deutschland seine Ausbaupläne vorerst zurückzustellen.

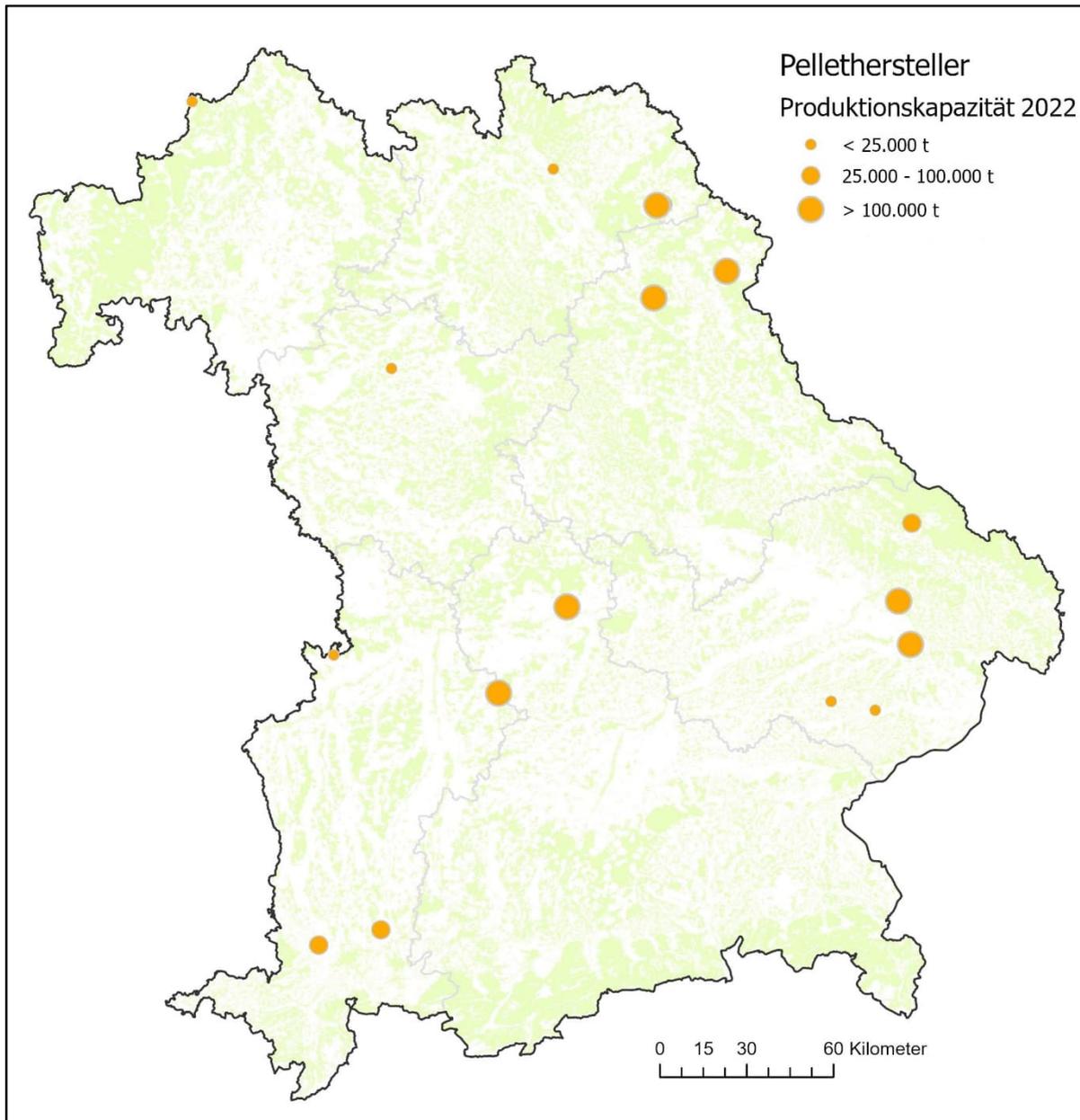


Abbildung 23: Karte der Pellethersteller 2022 in Bayern.

Sieben Pelletwerke mit einer Gesamtproduktionskapazität von 1,10 Mio. Tonnen (Stand 2022) befinden sich in Besitz großer Sägewerke oder einer Unternehmensgruppe, die mit einem Sägewerk verbunden ist. Diese Betriebe pelletieren ihre anfallenden Sägenebenprodukte direkt vor Ort. Die Verarbeitung von Spänen zu Holzpellets ermöglicht der Holzwirtschaft eine signifikante Erweiterung ihrer Wertschöpfungskette im Bereich der Nebenprodukte. Auch die übrigen Hersteller verwenden beinahe ausschließlich Sägenebenprodukte als Rohstoffe, die größtenteils bei benachbarten Sägewerken anfallen, welche selbst keine Kapazitäten zur Verarbeitung von Nebenprodukten aufgebaut haben.

Im Jahr 2022 ergibt sich bezüglich der Rohstoffversorgung bayerischer Pelletwerke folgendes Bild: 61 % der Rohstoffe stammen aus dem eigenen Sägewerk, 27 % werden von externen Sägewerken zugekauft und 12 % werden über das Handwerk oder den Handel bezogen. In einem Werk werden Holzpellets auch aus Waldrundholz und sonstigen Rohholzsortimenten hergestellt, die von Waldbesitzern und ihren Vereinigungen bereitgestellt werden, jedoch in sehr geringen Mengen. Laut Umfrage beträgt der Anteil für Bayern 1 %. Diese Chargen dienen hauptsächlich der Herstellung von sogenannten NawaRo-

Pellets zur Stromerzeugung in EEG-Anlagen oder der Produktion von A2-Pellets für größere Pelletheizungen. Deutschlandweit lag der Rundholzeinsatz in der Pelletindustrie bei etwa 10 % (DEPV 2023A und 2023B).

Basierend auf den erhobenen Daten ist anzunehmen, dass 98 % der in Bayern produzierten Pellets nach ENplus A1 zertifiziert sind. Sechs Hersteller haben ihre Pellets sowohl nach ENplus als auch nach DINplus zertifiziert, jedoch gab keiner der befragten Betriebe an, ausschließlich auf DINplus als Zertifizierungssystem zu setzen. Die Qualität der produzierten Pellets lag somit auch im Jahr 2022 auf einem sehr hohen Niveau. Die Frage der "Nachhaltigen Herkunft" von Holzpellets spielt eine wichtige Rolle bei der gesellschaftlichen Akzeptanz. Daher sind nahezu alle größeren Hersteller mit einer Produktionsleistung von über 20.000 Tonnen mit dem PEFC-Siegel zertifiziert und können somit garantieren, dass der Rohstoff aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern stammt. Kleinere Hersteller verzichten meist aus Kostengründen auf die Zertifizierung, betonen jedoch in ihrem Marketing, dass das Holz aus regionalen Wäldern bezogen wird.

2.3.3 Pelletpreise

Seit 2002 erhebt C.A.R.M.E.N. e.V. monatlich die Entwicklung der Verbraucherpreise für Holzpellets. Dabei werden deutschlandweit Preisdaten bei Pellethändlern abgefragt und ausgewertet. Im Schnitt nehmen monatlich ca. 50 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 Jahr 2022 befanden sich die Energiemärkte aufgrund des Kriegsausbruchs in der Ukraine in einer Ausnahmesituation. Die Preise für Holzpellets erreichten im Sog der Strom- und fossilen Brennstoffpreise Rekordhöhen. Nach einem jahrelang stabilen Preisniveau um die 250 € pro Tonne (Angebotsmarkt) sorgten ab Mitte 2021 sowohl eine zunehmende Nachfrage als auch die Auswirkungen der Corona-Pandemie in der Sägeindustrie zunächst für einen deutlichen Preisanstieg. Die Klimaschutzpolitik der Bundesregierung führte zu einem Boom bei Pelletheizungen im Gebäudebereich, wodurch vermehrt alte Ölheizungen durch Pelletheizungen ersetzt wurden. Gleichzeitig gab es im Jahr 2021 starke Schwankungen in der Nachfrage nach Bauholz, was dazu führte, dass die Sägewerke ihre Einschnitttätigkeiten Mitte des Jahres reduzierten. Sägenebenprodukte waren wie alle Energieholz-Sortimente zum Jahreswechsel 2021/2022 knapp am Markt.

Durch die beginnende Gasknappheit aufgrund der Drosselung der Gaslieferungen Russlands an Deutschland und den unvorhersehbaren Auswirkungen des Kriegsausbruchs in der Ukraine gerieten die Brennstoffmärkte im Jahr 2022 vollkommen außer Kontrolle. Die politische Unsicherheit löste Panikkäufe aus, die im bereits angespannten Nachfragemarkt zu Lieferengpässen bei Holzpellets führten und Mitte des Jahres 2022 sogar für leergekauften Lager sorgten. Der Pelletpreis, der Anfang des Jahres 2022 bei 380 € pro Tonne (bei einer Liefermenge von 5 Tonnen) lag, stieg auf Spitzenpreise von 790 € pro Tonne im September 2022. Vorratsbunker wurden aus Angst vor zukünftigen Engpässen bereits im Frühsommer wieder aufgefüllt, obwohl dies noch nicht erforderlich war. Lieferzeiten verlängerten sich und einige Pellet-Händler mussten aufgrund fehlender Ware ihre Geschäftstätigkeit vorübergehend einstellen. Zu Höchstpreisen wurde nur eine geringe Menge verkauft, da nur diejenigen einkauften, die dringend darauf angewiesen waren. Die höheren Produktions- und Auslieferungskosten durch die rasant steigenden Preise für Strom und Diesel spielten ebenfalls eine Rolle, jedoch waren die Spitzenpreise hauptsächlich durch das Ungleichgewicht von Angebot und Nachfrage bedingt. Gegen Ende des Jahres 2022 fielen die Preise genauso schnell, wie sie gestiegen waren. Der Markt war gesättigt, die Brennstoffsilos in den Kellern waren gefüllt. Nach einem turbulenten Jahr konnten LKW-Fahrer ihre Überstunden abbauen und Säge- sowie Pelletwerke in Revision gehen.

Nach weitgehender Beruhigung der Energiemärkte stabilisierte sich der Pelletpreis deutschlandweit im Jahr 2023 bei rund 390 Euro pro Tonne, in Bayern lag er durchschnittlich um 2 € tiefer. Im Vergleich zu Vorkriegszeiten im Jahr 2021 bedeutet das ein Preisniveau, das um rund 60 % über dem langjährigen Mittel liegt. Über einen Zeitraum von 15 Jahre (vor 2022) sind die Holzpellets, abgesehen von kleinen saisonalen Schwankungen, nicht teurer geworden, da die Produktionskapazitäten, die mit leistungsstarken Sägewerken verbunden sind, über die Jahre stärker gewachsen sind als der Verbrauch. Experten gehen davon aus, dass die Preise im Jahr 2024 weiter nachgeben werden und sich im Vergleich zu Vorkriegszeiten auf einem leicht erhöhten Niveau einpendeln werden. Aktuell bereitet der Branche die nachlassende Baukonjunktur aufgrund gestiegener Zinsen und hoher Baukosten Sorgen. Wenn weniger Bauholz nachgefragt wird, fehlen Sägenebenprodukte als Rohstoffbasis für die Pelletindustrie.

Heizöl oder Erdgas für den Individualkonsum kosteten im Jahr 2023 bezogen auf den Energieinhalt der Brennstoffe durchschnittlich 10,3 Cent pro kWh bzw. 13,3 Cent pro kWh (Preisbremse nicht berücksichtigt). Damit waren Holzpellets mit rund 8,0 Cent pro kWh um 20 % günstiger als Öl und sogar um 40 % günstiger im Vergleich zu Erdgas. Trotz der turbulenten Ereignisse im Jahr 2022 konnten Holzpellets somit bereits 2023 wieder einen deutlichen Preisvorteil verzeichnen. Seitdem hat sich der Preisunterschied weiter erhöht. Da die CO₂-Steuer für Heizöl und Gas weiter steigen wird - ab 2024 wird pro Tonne CO₂ eine Steuer von 45 € fällig - gewinnen Holzbrennstoffe zunehmend an Attraktivität. Im Gegensatz dazu unterliegen Holzpellets und andere Holzbrennstoffe weder der CO₂-Bepreisung durch die Bundesregierung noch durch die Vorgaben der EU.

Zu welchem Preis Holzpellets eingekauft werden können, ist maßgeblich von der Bezugsmenge abhängig. Abbildung 24 zeigt, dass zwischen einer Abnahmemenge von 20 Tonnen (Pelletbedarf von ungefähr vier Einfamilienhäusern) und der bei Besitzern von Pelletöfen beliebten Sackware ein Preisunterschied von rund 80 Euro pro Tonne liegt. Laut Pressemeldungen des DEPV (2023A und 2023B) betrug der Anteil der Pellets, die in Deutschland unter dem Siegel ENplus als Sackware vermarktet wurden, in den jeweiligen Quartalen des Jahres 2023 zwischen 20 und 27 %. Saisonale Preisschwankungen, wie sie in Abbildung 24 und Abbildung 25 bis zum Jahr 2021 dargestellt sind, sind eigentlich typisch für den Pelletmarkt. Es ist davon auszugehen, dass es nach Beruhigung der Märkte wieder vorteilhafter sein dürfte, das Pelletlager in den Sommermonaten zu füllen.

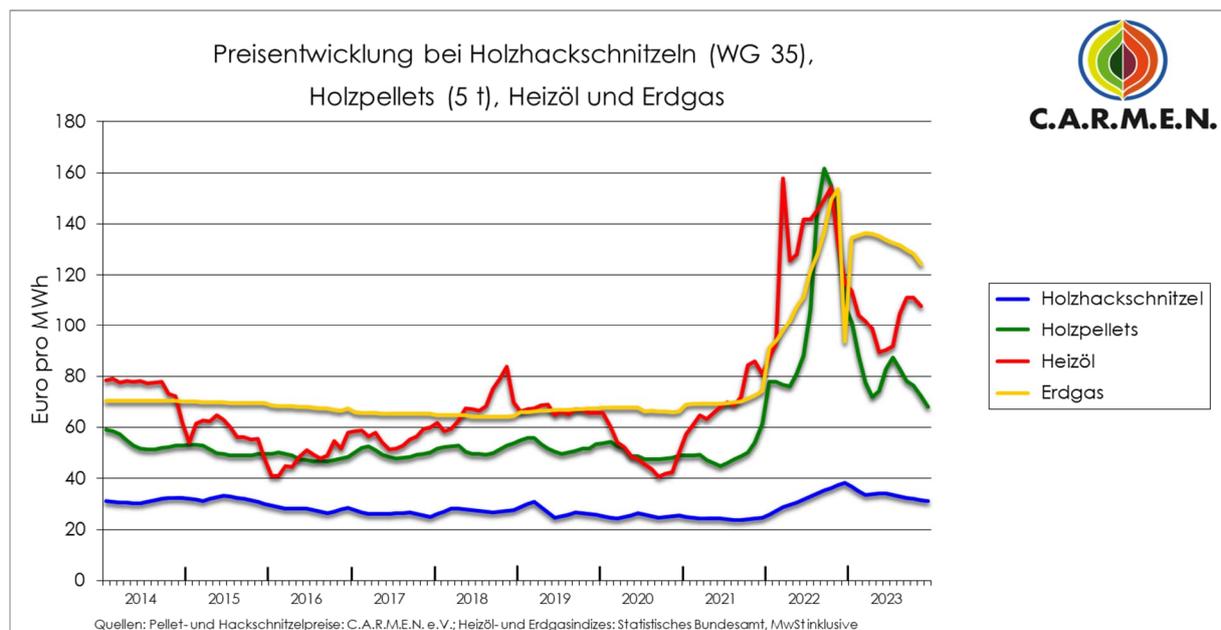


Abbildung 24 Preisentwicklung für Holzpellets, Heizöl und Erdgas (Bruttopreise; Datenquellen: Holzpellets: C.A.R.M.E.N. E.V. 2024b; Heizöl und Erdgas: DESTATIS).

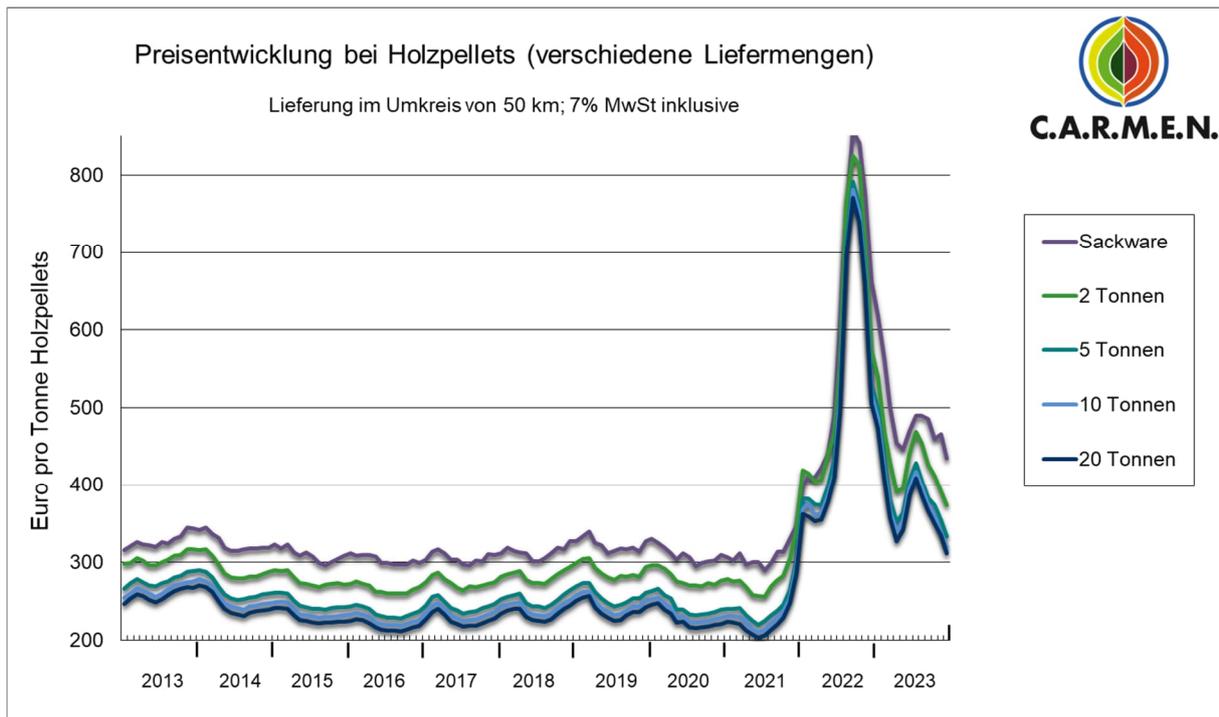


Abbildung 25 Preisentwicklung für Holzpellets bei verschiedenen Liefermengen, (Bruttopreise; Datenquellen: C.A.R.M.E.N. e.V. 2024b).

2.3.4 Fazit und Trends

Im Jahr 2022 konnte die Produktionsmenge in Bayern auf rund 1,38 Mio. Tonnen gesteigert werden, was einem Zuwachs von 13 % im Vergleich zum Jahr 2020 entspricht (vgl. STIMM ET AL. 2022). Diese Steigerung ist hauptsächlich auf die Inbetriebnahme eines neuen Pelletwerkes in der Oberpfalz zurückzuführen. Zum Ende des Jahres 2022 betrug die Produktionskapazität in Bayern 1,6 Mio. Tonnen. Es gibt derzeit keine Pläne für ein weiteres Pelletwerk in Bayern, jedoch soll die Produktionsleistung an bestehenden Standorten um 140.000 Tonnen erhöht werden. Die Qualität der Energiesticks bleibt weiterhin auf einem hohen Niveau, da 98 % der produzierten Pellets in zertifizierter A1-Qualität vermarktet werden. Sägenebenprodukte stellten nahezu die alleinige Rohstoffquelle für die Herstellung von Holzpellets in Bayern dar.

Diese Studie schätzt für Bayern einen Gesamtverbrauch an Holzpellets von 910.000 Tonnen atro bzw. 990.000 Tonnen lutro (vgl. Tabelle 21 und Tabelle 27). Der Produktionsüberschuss im Freistaat beträgt somit 390.000 Tonnen. Abnehmer der Pellet sind zu

- 65 % Privathaushalte
- 29 % Anlagen > 50 kW im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD)
- 6 % Feuerung > 1 MW bzw. KWK-Anlagen

Im Zeitraum von 2020 bis 2022 ist der Bedarf um rund 300.000 Tonnen gestiegen, was im Vergleich zu den 2010er Jahren eine deutlich stärkere Dynamik zeigt. Dieser Anstieg kommt nicht von ungefähr: Vor 2020 setzten ordnungspolitische und förderrechtliche Rahmenbedingungen kaum Anreize für den Umstieg auf regenerative Energieträger, und Holzpelletheizungen konnten wirtschaftlich nicht mit anderen Heizsystemen konkurrieren. Die ersten Maßnahmen des am 18.12.2019 in Kraft getretenen Klimaschutzgesetzes ab 2020 lösten jedoch einen regelrechten Boom bei Holzpelletheizungen aus. Fördersätze von bis zu 55 % der förderfähigen Investitionskosten für Holzheizungen im Förderprogramm

"Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)" sowie die Einführung der CO₂-Bepreisung fossiler Energieträger im Jahr 2021 haben zu einem enormen Schub bei der Heizungsmodernisierung geführt. Wie aus Abbildung 26 hervorgeht, sind die Verkaufszahlen für Pelletheizungen seit 2020 sprunghaft angestiegen. Zu dieser Zeit war eine Holzpelletheizung die Standardalternative zur alten Ölheizung. Im Vergleich dazu haftete der Wärmepumpe, obwohl ähnlich hohe Zuschüsse zu bekommen, immer noch das Narrativ an, für den Gebäudebestand nicht geeignet zu sein. Im Jahr 2022 wurden laut Marktforschung des BDH 71.000 Pelletheizungen verkauft, was einen Absatzanstieg um 80 % im Vergleich zum Jahr 2020 und um satte 430 % im Vergleich zu 2019 bedeutet. Diese immense Modernisierungswelle stellte sowohl die Hersteller der Kesseltechnik als auch den Heizungsbau - zusätzlich zu den Auswirkungen der Pandemie - vor große Herausforderungen.

Aufgrund des positiven Marktumfelds erwogen einige Hersteller, in den Ausbau ihrer Produktionskapazität zu investieren. Diese Aufbruchstimmung wurde Mitte des Jahres 2022 jedoch jäh unterbrochen. Angesichts der schon länger schwelenden Debatte bei NGOs und Teilen der Bundesregierung über die Nachhaltigkeit und CO₂-Neutralität von Holzbrennstoffen senkte die Koalition am 28. Juli 2022 mit einer Novelle des BEGs den Basis-Fördersatz für Biomasseheizungen auf 10 %. Zusätzlich wurde zu Beginn des Jahres 2023 eine Richtlinienänderung eingeführt, die eine Kombinationspflicht mit einer solarthermischen Anlage oder einer Wärmepumpe (mindestens zur Brauchwasserbereitung) vorsah.

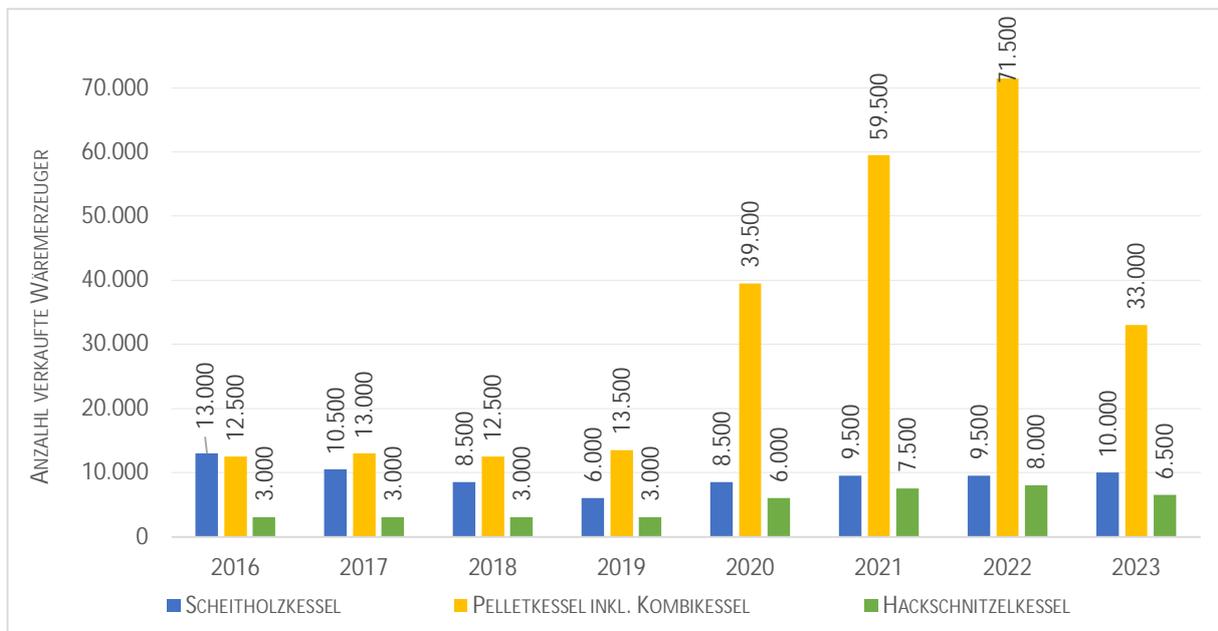


Abbildung 26 Marktentwicklung Wärmeerzeuger in Deutschland: Biomassekessel. Bundesförderprogramme lösten bis 2022 einen Absatzboom aus, 2023 folgt ein jährer Einbruch (BDH 2024, eigene Darstellung).

Die Preisexplosion von Holzpellets im Zuge der steigenden Preise fossiler Energieträger im Jahr 2022 hatte bereits zu einem erheblichen Vertrauensverlust in der Gesellschaft geführt. Kostensensible Bürger warfen den Pelletherstellern und Lieferanten vor, die durch kriegerische Ereignisse verursachten Turbulenzen auf den Energiemärkten auszunutzen und überhöhte Gewinne zu erzielen. Der über ein Jahrzehnt stabile Pelletpreis mit abnehmender Tendenz geriet schnell in Vergessenheit und wurde von einem kurzfristigen Preisanstieg überschattet. Zusätzlich sorgte der Anti-Holzfeuerungskurs der Bundesregierung für erhebliche Verunsicherung. Die Einführung einer CO₂-Bepreisung für den Brennstoff Holz wurde sowohl auf EU-Ebene als auch innerhalb der Regierung diskutiert. Darüber hinaus wurde vom Präsidenten des Umweltbundesamtes regelmäßig öffentlich das Ende von Holzfeuerungen gefordert. Im Jahr 2023 stand zudem die Debatte um das Heizungsgesetz (Gebäudeenergiegesetz GEG) im

Mittelpunkt, dessen erste Entwürfe vorsahen, Holzfeuerungen nur noch im bestehenden Gebäudebestand zuzulassen und nur in Kombination mit anderen erneuerbaren Energieträgern.

All diese Faktoren führten dazu, dass der Markt für Biomasseheizungen und insbesondere der Pelletheizungen 2023 völlig zum Erliegen kam. Neugeschäfte wurden kaum noch getätigt, es wurden lediglich aufgestaute Aufträge aus der Förderhochzeit vor August 2022 abgearbeitet.

Schließlich korrigierte die Bundesregierung ihren Kurs gegen einen weiteren Zubau an Holzfeuerungen jedoch weitgehend. Zum 01.01.2024 traten sowohl das GEG als auch die neue Heizungsförderung im Rahmen des BEG -Einzelmaßnahmen ohne Restriktionen bezüglich des Brennstoffs Holz in Kraft. Es ist jedoch anzunehmen, dass der Vertrauensverlust bei den Verbrauchern noch einige Zeit Auswirkungen auf die Pelletbranche haben wird. Zudem haben sich Bilder und Nachrichten von Reportagen eingepreßt, die suggerieren, dass der heimische Pelletkonsum für Waldrodungen in Rumänien und den USA verantwortlich sei. Obwohl diese Berichte durch die Tatsache widerlegt werden können, dass Deutschland ein Nettoexporteur ist, werden sie weiterhin die öffentliche Meinung beeinflussen und von Interessengruppen genutzt werden. Ebenso hält sich in sozialen Medien hartnäckig das falsche Bild, Holzpellets würden in Deutschland großteils aus Rundholz hergestellt. Für den Produktionsstandort Bayern kann dieses falsche Bild klar widerlegt werden, wie die Ergebnisse der Markterhebung dieser Studie zeigen. Das gilt im Übrigen auch für ganz Deutschland.

Der heimische Pelletmarkt ist noch immer sehr regional geprägt und auch der Import und Export spielt sich weitestgehend innerhalb der EU ab. Dabei sind die Warenströme des regenerativen Brennstoffs kurz, da der Absatzmarkt im benachbarten Ausland oft näher liegt als manche innerdeutschen Märkte. Im Jahr 2022 wurden laut dem Statistischen Bundesamt (DESTATIS 2024E) 451.000 Tonnen Pellets nach Deutschland importiert. Die Hauptlieferländer waren in absteigender Reihenfolge Polen, Dänemark, Russland, Belgien, Tschechien, Ukraine und die Niederlande. Die wichtigsten Abnehmerländer für deutsche Pellets im Ausland waren Italien, Österreich, Frankreich, Dänemark, Belgien, die Schweiz und die Niederlande (2022: ca. 705.000 Tonnen). Trotz Engpässen in den Sommermonaten des ersten Krisenjahres konnte Deutschland sich im Jahr 2022 zu 100 % selbst versorgen und verzeichnete einen Exportüberschuss von rund 254.000 Tonnen. Seit den Anfängen dieses Brennstoffmarktes vor etwa einem Vierteljahrhundert wurde stets mehr produziert als im Inland verbraucht. Allerdings ist der Exportüberschuss aufgrund der gestiegenen Inlandsnachfrage im Jahr 2022 gegenüber 2020 um etwa 50 % gesunken.

In Deutschland werden Holzpellets fast ausschließlich im Wärmemarkt eingesetzt, während die Nachbarländer Niederlande, Dänemark und Belgien große Mengen Industriepellets in Kohlekraftwerken zur Reduzierung ihrer Treibhausgasemissionen verstromen. Diese Länder importieren vor allem aus Kanada und den USA und machen Europa weltweit zum größten Verbraucher von Pellets mit der höchsten Importrate, wodurch Europa zum Nettoimporteure wird. Der Anteil der industriellen Nutzung ist zwar 2022 aufgrund der geringen wirtschaftlichen Attraktivität der Verstromung von Industriepellets und der gestiegenen Nachfrage bei Privathaushalten und Gewerbebetrieben prozentual etwas gesunken, prägt jedoch mit einem Anteil von 44 % deutlich den europäischen Pelletmarkt. Die Selbstversorgungsrate Europas liegt bei 75 %. Neben Europa sind auch Südkorea und Japan innerhalb kurzer Zeit zu bedeutenden Pelletverbrauchern geworden, die durch nationale Entwicklungspläne ebenfalls auf die Verstromung von Holzpellets in Kraftwerken setzen. Insbesondere Russland, das zuvor die EU belieferte, lenkt nun seine Mengen nach Südkorea um. Insgesamt lässt sich weltweit eine große Dynamik und Internationalisierung der Pelletmärkte beobachten. (BIOENERGY EUROPE 2023).

2.4 Altholz

Altholz ist ein wertvoller Rohstoff, dessen Recycling und Wiederverwendung einen wichtigen Beitrag zur Schonung natürlicher Ressourcen leistet. In Deutschland wird die Verwendung von Altholz durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG 2012) und die Altholzverordnung (ALTHOLZV 2020) geregelt. Altholz setzt sich aus Industrierestholz und Gebrauchtholz zusammen, wie es in § 2 der Altholzverordnung definiert ist. Beide Sortimente müssen mindestens zu 50 % aus Holz bestehen, um als Altholz klassifiziert zu werden; ansonsten wird es den gemischten Bauabfällen zugeordnet. Industrierestholz umfasst Holzreste, die während der Produktion von Holzwaren in Holzverarbeitenden Betrieben anfallen. Die Zuordnung von Industrierestholz zu den verschiedenen Altholzklassen gestaltet sich dabei unkompliziert, da die Produktionsprozesse bis zur Entstehung bekannt sind. Gebrauchtholz hingegen umfasst Holzwaren, die bereits in Gebrauch waren und anschließend gesammelt, sortiert und aufbereitet werden, bevor sie weiterverwendet werden können. Die in diesem Artikel behandelte Erhebung des Altholzaufkommens bezieht sich ausschließlich auf Gebrauchtholz. Industrierestholz wird in Kap. 2.2.4 behandelt. Wenn im weiteren Verlauf von Altholz die Rede ist, ist dabei stets Altholz im Sinne von Gebrauchtholz gemeint.

Je nach Schadstoffbelastung mit Lacken, Holzschutzmittel oder anderweitigen Verbindungen kann Altholz in eine von bis zu vier Klassen eingeteilt werden:

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

An diesen Klassen orientieren sich weitere Verwendungsmöglichkeiten. Klasse A I kann oft ohne eine aufwendige Behandlung direkt wiederverwendet werden, wohingegen die Klasse A II sowie A III oftmals weitere Aufbereitungsprozesse durchlaufen müssen, bevor sie wieder in Umlauf gelangen. Die Klasse A IV steht grundsätzlich nur einer thermischen/energetischen Verwertung in Anlagen, welche nach der 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung (17. BImSchV 2013) zertifiziert sind, zur Verfügung.

2.4.1 Erfassung und Befragung der Altholzaufbereitungs- und Entsorgungsfachbetriebe

Altholz fällt größtenteils im Gewerbe, auf Wertstoffhöfen und bei Abbruchunternehmen an. Jedoch gestaltet sich eine Erhebung der anfallenden Altholzmengen bei den eben genannten Institutionen aufgrund eines wenig transparenten Marktes und der schieren Menge an Betrieben als schwierig und sehr zeitintensiv. Um die anfallenden Mengen des Altholzes in Deutschland möglichst präzise zu ermitteln, setzen die Analysen bei den Altholzaufbereitungs- und Entsorgungsfachbetrieben an. Im weiteren Verlauf des Berichts werden diese als Altholzaufbereiter bezeichnet. Diese Betriebe sortieren (falls nicht schon sortiert angeliefert) das anfallende Altholz anhand der Altholzklassen und bereiten es in Form von grob vorgebrochenen Stückchen (bis 100 mm) oder Hackschnitzel auf. Anschließend wird das

aufbereitete Altholz weitervermarktet oder in betriebseigenen Biomasseheiz(kraft)werken zur Energiegewinnung verwendet.

Als Ausgangspunkt wurde bei der Erfassung der Altholzaufbereiter auf eine Adressliste aus dem Jahr 2012 zurückgegriffen, welche im Rahmen der Energieholzmarktberichte der LWF über die Jahre aufgebaut und gepflegt wurde. Aus diesem Adressbestand konnten, abzüglich einiger Betriebsschließungen, 169 Betriebe ermittelt werden. Zusätzlich wurden Mitgliederlisten des Bundesverbandes der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V. (BAV) sowie des Bundesverbandes Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V. (bvse) durchsucht. Laut diesen Listen sind 96 Betriebe im bvse der Rohstoffgruppe Altholz zugehörig sowie 6 Betriebe bayernweit im BAV gelistet. Mit der Entsorgungsfachbetriebsverordnung (EFBV 2016) wurde eine weitere Adressquelle eingeführt, die erstmals im Rahmen der Altholzerhebungen genutzt wurde. Im November 2018 erschien auf Basis dieser Verordnung ein online öffentlich zugängliches elektronisches Register über zertifizierte Entsorgungsfachbetriebe²⁷. Eine Recherche innerhalb dieses Fachbetriebsregisters ergab 312 Adressen potenzieller Aufbereitungsbetriebe. Damit erhöhte sich der vorläufige Adressbestand auf 583 Betriebe. Nach Abgleich der Quellen untereinander konnten 203 Adressdoppelungen ermittelt werden, wodurch sich eine Befragungsgesamtheit von 380 potenziellen Betrieben ergibt.

Tabelle 16 Adressbestand getrennt nach den Adressquellen.

Adressquelle	Anzahl
Adressbestand Bestandsliste	169
BAV	6
bvse	96
eEFBV	312
Doppelungen	-203
Summe	380

Diesen 380 Betrieben wurde anschließend ein Fragebogen zugeschickt. Dieser beinhaltete Fragen zur Herkunft des Altholzes sowie dessen weiterer Verwendungswege. Ebenso bestand die Möglichkeit in offenen Fragen Trends und Herausforderungen sowie mögliche Innovationspotenziale der Altholzbranche zu nennen.

Von den angeschriebenen 380 Betrieben antworteten 110 Betriebe. Darunter gab es vereinzelt Rückmeldungen, dass Altholz im betreffenden Betrieb von keiner oder nur von geringer Bedeutung wäre, und man deshalb den Fragebogen nicht ausfüllen könne. Zudem stellte sich heraus, dass einige Betriebe, welche als potenzielle Altholzaufbereiter angeschrieben wurden, gar nicht als solche agieren. Hierbei handelte es sich oftmals um reine Transportunternehmen oder Aufbereiter anderer Materialien, außer Holz.

Letztendlich konnten 84 ausgefüllte Fragebögen verwendet werden, was einer Rücklaufquote von insgesamt 22 % entspricht. Darunter befinden sich Rückmeldungen von 4 der 6 Mitglieder des BAV sowie von 27 der 96 Mitglieder des bvse.

²⁷ <https://fachbetrieberegister.zks-abfall.de/fachbetrieberegister/Entsorgungsfachbetriebe/dst=10&a=1&gl=1>

2.4.2 Hochrechnung der Befragungsergebnisse

Während der Auswertung der Rückmeldungen fiel auf, dass die Betriebe, welche durch das eEFBV der Adresdatenbank neu hinzugeführt wurden, zum Teil nicht unserer gewünschten Zielgruppe der Altholzaufbereiter entspricht. Dies hat verschiedene Gründe. Unter anderem hat es etwas mit der Struktur der Entsorgungsfachbetriebszertifikaten an sich zu tun. Der Vordruck für die Erstellung eines Zertifikates gemäß Anlage 3 EfbV²⁸ legt fest, dass die Tätigkeiten Behandeln und Lagern immer gemeinsam mit den Tätigkeiten Verwerten und/oder Beseitigen angegeben werden müssen. Dies gilt unabhängig davon, ob die Behandlung oder Lagerung eine abschließende Verwertung bzw. Beseitigung oder nur eine Vorbereitung zur Verwertung bzw. Beseitigung darstellt. Daraus resultiert, dass ein Betrieb, welcher lediglich einer lagernden Tätigkeit nachgeht, automatisch auch eine verwertende Tätigkeit laut Zertifikat zugeschrieben wird. Ist diese verwertende Tätigkeit nur eine Vorbereitung zur Verwertung, verfehlt dieser Betrieb unsere eigentliche Zielgruppe. Ein weiterer Grund ist, dass einige Betriebe laut ihren Entsorgungsfachbetriebszertifikaten über Berechtigungen zur Ausführung einer Tätigkeit besitzen, was aber nicht automatisch bedeuten muss, dass sie diese Tätigkeit tatsächlich ausführen. Zusätzlich kann es gelegentlich zwischen der Ausstellung eines Entsorgungsfachbetriebszertifikates und seiner Veröffentlichung im Fachbetrieberegister zu Verzögerungen kommen, sodass teils noch alte Zertifikate hinterlegt sind.

Folglich wurden für weitere Berechnungen diejenigen Betriebe des eEFBV von der Grundgesamtheit ausgeschlossen, die sich nicht zurückgemeldet hatten oder nicht in die Zielgruppe der Befragung passten. Damit ergibt sich für die Hochrechnung eine Befragungsgesamtheit von 249 Betrieben.

Für die Hochrechnung wurden die Betriebe, von denen wir eine Rückmeldung erhalten hatten, anhand ihrer Antworten in Größenklassen eingeteilt. Die daraus resultierende prozentuale Verteilung der Größenklassen der Betriebe wurde anschließend auf die Befragungsgesamtheit angewendet (Tabelle 17). Eine Ausnahme stellt hier die Größenklasse über 50.000 t atro da. Hier wird von einer Vollerhebung ausgegangen. Vier der sechs Daten stammen hierbei aus der aktuellen Befragung und zwei Mengen wurden aus den Vorjahresdaten fortgeschrieben. Innerhalb einer Größenklasse wurde je Kategorie der Mittelwert gebildet und anschließend mit der jeweiligen Anzahl der Betriebe in dieser Größenklasse multipliziert.

2.4.3 Altholzaufkommen und Altholzverwendung

Aufkommen

Das Handelsvolumen spiegelt die Menge an Altholz wider, die von den Altholzentsorgungsbetrieben aufgenommen wurde. Es repräsentiert nicht die reine Menge an Altholz, welche im Markt verfügbar ist, sondern beinhaltet auch die Mengen, die innerhalb der Branche gehandelt werden und dadurch mehrfach gezählt werden. Zieht man diese mehrfach gezählten Mengen vom Handelsvolumen ab, erhält man das Marktvolumen. Innerhalb dieses Berichtes beziehen sich alle Darstellungen stets auf das Handelsvolumen.

Im Jahr 2022 belief sich das Handelsvolumen der Altholzentsorgungsbetriebe laut Berechnungen auf 1.81 Mio. Tonnen atro²⁹. Tabelle 17 zeigt die Verteilung des Handelsvolumens nach Größenklassen.

²⁸ https://www.gesetze-im-internet.de/efbv_2017/anlage_3.html

²⁹ Umrechnung von lufttrockenem (lutro) Altholz (ca. 20 % Wassergehalt) zu absolut trockenem (atro) Altholz (0 % Wassergehalt) mit dem Faktor 0,8.

Tabelle 17 Anzahl der Betriebe und Handelsvolumen nach Betriebsgrößenklasse.

GK	Größenklasse [t atro]	Anzahl	[%]	Handelsvolumen (in Mio. t atro)	[%]
GK 1	0 -1.000	88	8 %	34.000	2 %
GK 2	1.001 - 10.000	116	74 %	425.000	23 %
GK 3	10.001 - 20.000	24	10 %	330.000	18 %
GK 4	20.001 - 50.000	15	6 %	481.000	27 %
GK 5	über 50.000	6	2 %	539.000	30 %
	Gesamt	249	100 %	1.809.000	100 %

Betriebe der Größenklassen eins und zwei, in welchen 82 % der Betriebe zugehörig sind, nahmen zusammen lediglich 25 % der gesamten Altholzmengen auf. In den Betrieben der dritten bis hin zur fünften Größenklasse steigen die umgesetzten Altholzmengen stetig an, bei gleichzeitiger Verringerung der Betriebsanzahl pro Größenklasse. Gesamt sind in den Größenklassen drei, vier und fünf 18 % der Betriebe vertreten, welche zusammen einen Anteil von 75 % der gesamten Altholzmengen umsetzen.

Tabelle 18 Anteilige und absolute Altholzmengen nach Quelle und Größenklasse.

Größenklasse [t atro]	Wertstoffhof [%]	Abbruch [%]	Gewerbe [%]	Privat [%]	Andere Aufbereiter [%]	Sonstige [%]	Ge- sam [%]
0 -1.000	0	25	58	16	0	1	100 %
1.001 - 10.000	17	19	50	9	1	4	100 %
10.001 - 20.000	63	16	18	3	0	0	100 %
20.001 - 50.000	23	15	47	2	13	0	100 %
über 50.000	19	14	25	3	18	21	100 %
Über alle Grö- ßenklassen	27	16	36	4	9	7	100 %

Die Altholzaufbereiter beziehen das Altholz von Wertstoffhöfen, aus der Abbruchindustrie, dem Gewerbe, anderen Altholzaufbereitern, privaten oder sonstigen Quellen (siehe Tabelle 18). Der Hauptanteil der Altholzmengen über alle Größenklassen hinweg wird von Gewerbe (36 %), Wertstoffhöfen (27 %) und von Abbruchunternehmen (16 %) bezogen. Zusätzlich lässt sich erkennen, dass die Betriebe der beiden größten Größenklassen große Anteile ihrer Altholzmengen von anderen Altholzaufbereitern beziehen.

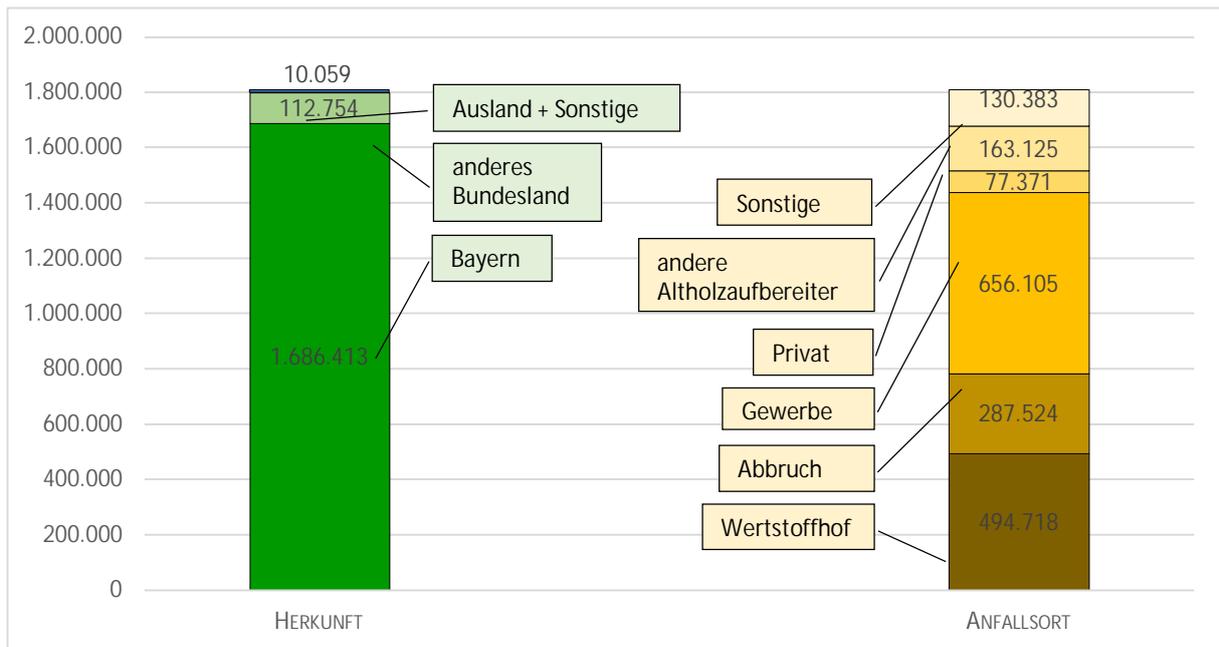


Abbildung 27 Altholzmengen dargestellt nach Ihrer Herkunft sowie dem Anfallsort

Betrachtet man die Altholzmengen nach ihrer Herkunft (Abbildung 27), so stammt Altholz zu 93,3 % bzw. 1,69 Mio. t atro fast ausschließlich aus Bayern. Aus anderen Bundesländern kommen 6,2 % (0,11 Mio. t atro) des bayerischen Altholzaufkommens, weitere 0,5 % stammen aus dem Ausland und sonstigen Quellen. Dieses setzt sich zusammen aus 3.000 t atro aus dem Ausland und 7.000 t atro aus sonstiger Herkunft.

Das gesamte Altholzaufkommen (Handelsvolumen) in Bayern im Bezugsjahr 2022 betrug nach unseren Berechnungen insgesamt 1,81 Mio. t atro. Eine Aufteilung dieser Menge in die einzelnen Altholzkategorien ist in Abbildung 28 zu sehen. Das meiste Altholz fällt in der Kategorie A II mit 458.000 t atro (25,3 %) an, gefolgt von der Mischkategorie A II - A III mit 303.000 (16,7 %). Auf Kategorie A I entfallen rund 253.000 t atro (14 %), die restlichen Kategorien sind mit jeweils rund 11 % recht homogen verteilt. Keiner Kategorie zugeordnet werden konnten 9,7 %.

Bei etwa der Hälfte der Betriebe fällt Altholz hierbei in mindestens einer Mischkategorie (A II - A III oder A I - A III) an. Bei der anderen Hälfte der Betriebe fällt es strikt separiert nach den Altholzklassen an.

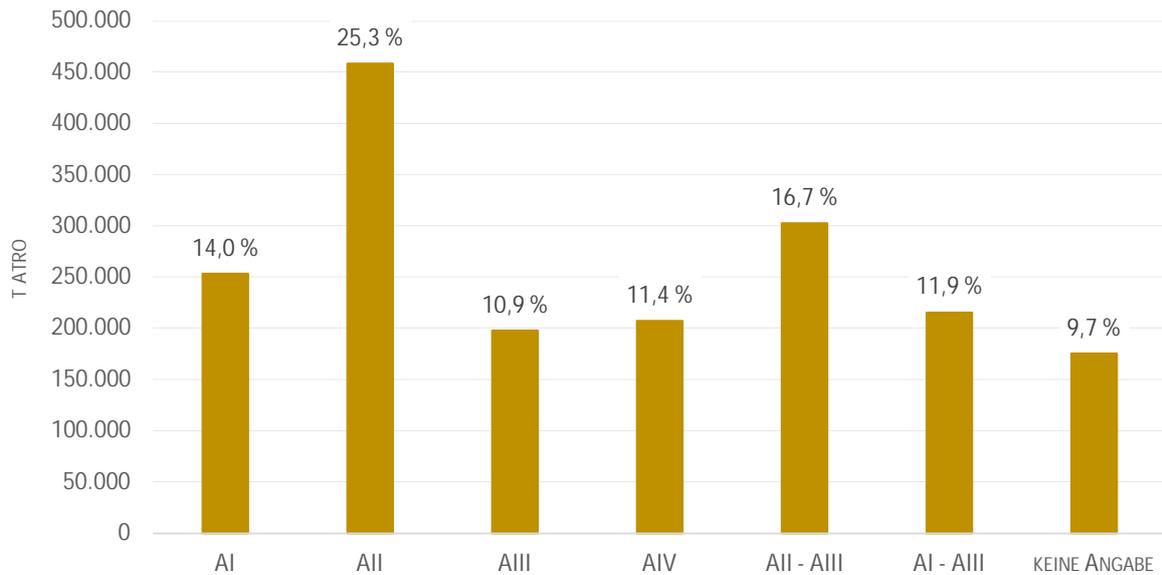


Abbildung 28 Verteilung des Altholzaufkommens anhand der Altholzklassen.

Verwendung

Die Altholzaufbereiter wurden auch zur weiteren Verwendung des aufbereiteten Altholzes befragt (Abbildung 29). Die größte Menge wird mit 731.000 t atro energetisch³⁰ genutzt, gefolgt von einer stofflichen Nutzung von 420.000 t atro. In andere Bundesländer sowie ins Ausland gehen Mengen von 105.000 t atro bzw. 220.000 t atro. Hinsichtlich dieser Altholzmengen ist soweit nicht bekannt, ob diese letztendlich stofflich oder energetisch genutzt werden. Zwischen den Altholzaufbereitern werden 298.000 t atro gehandelt.

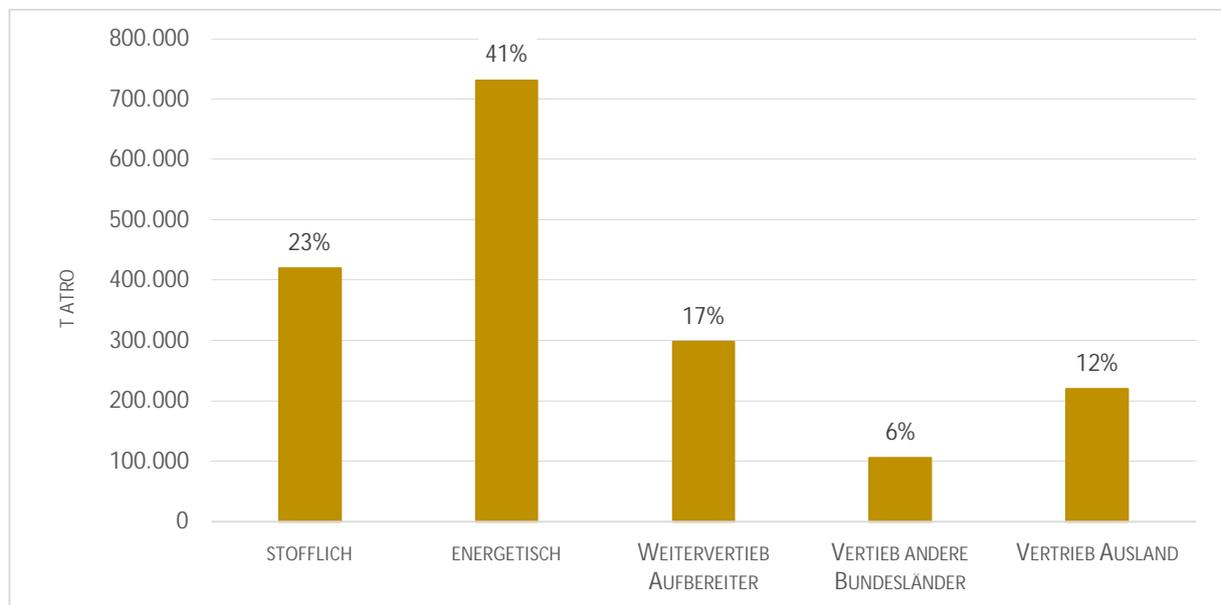


Abbildung 29 Altholzmengen getrennt nach ihrer weiteren Verwendung.

³⁰ Hiervon wird ein Anteil von 53 % innerbetrieblich genutzt. Dieser recht hohe Anteil der innerbetrieblichen energetischen Nutzung von Altholz spricht für eine häufige Integration von Altholzaufbereitungsanlagen und Biomassefeuerungsanlagen.

Die Art der Verwendung des Altholzes ist auch von der Altholzklasse abhängig (Abbildung 30). Da es sich bei Altholz der Kategorie A I um naturbelassenes Holz handelt, welches lediglich mechanisch aufbereitet wurde, ist es sowohl in der stofflichen als auch in der energetischen Verwendung sehr universell einsetzbar. Es kann im Gegensatz zu allen anderen Kategorien in allen Feuerungsanlagen eingesetzt werden, also auch in den nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen. Gleichzeitig ist es jedoch auch ein optimaler Rohstoff für eine stoffliche Verwendung. Dadurch erzielt es auf dem freien Markt auch den höchsten Preis unter den einzelnen Altholzkatgorien. Der energetisch verwendete Anteil an A I-Holz liegt bei 64.000 t atro (26 %).

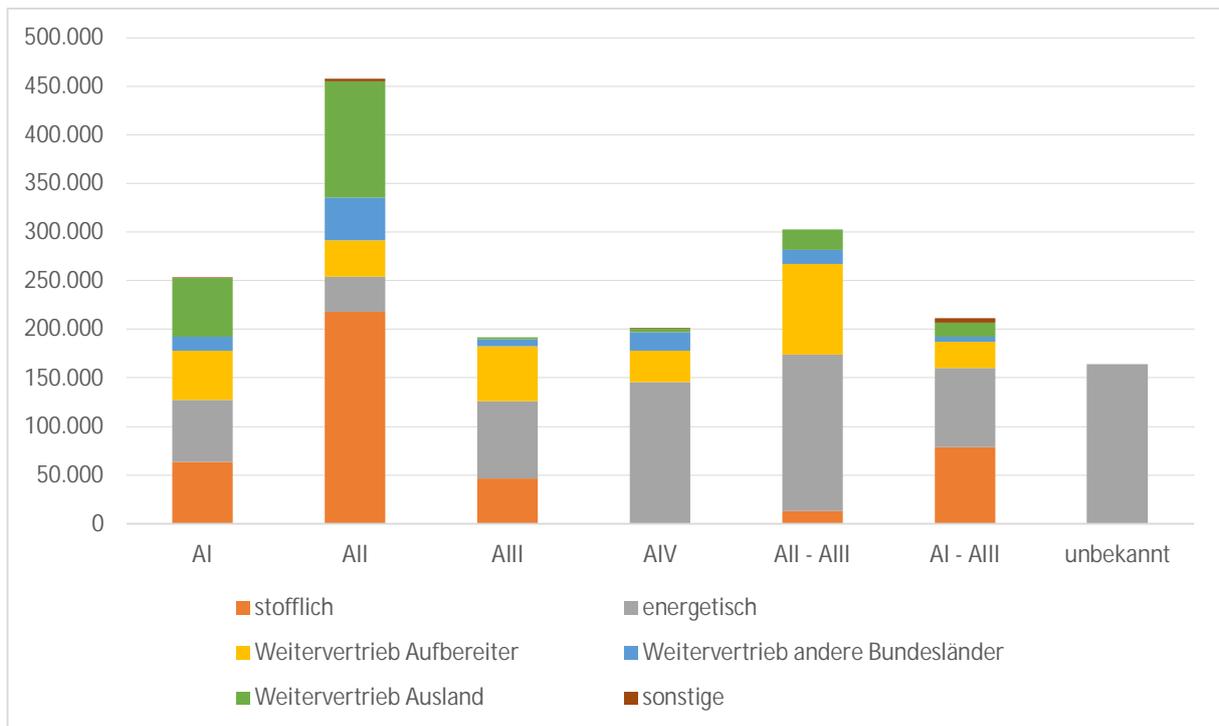


Abbildung 30 Handelsvolumen des Altholzes in Bayern getrennt nach Altholzklasse und weiterer Verwendung.

Mit 457.000 t atro ist die Kategorie A II mengenmäßig am bedeutendsten. Hiervon wird etwa die Hälfte stofflich verwendet. Dazu muss das Altholz mechanisch aufbereitet werden, indem man es von Störstoffen wie Metallen oder Kunststoffen befreit. Rund ein Drittel des A II-Holzes wird ins Ausland oder andere Bundesländer exportiert. Jeweils geringe Mengen werden an Aufbereiter bzw. andere Bundesländer weitervertrieben. Energetisch genutzt werden 36.000 t atro (8 %). Altholz der Klasse A II kann auch in nicht nach dem Immissionsschutzgesetz genehmigungspflichtigen Anlagen ab 30 kW in Betrieben der Holzbearbeitung oder Holzverarbeitung eingesetzt werden (vgl. § 5 (2) 1. BImSchV).

A III Altholz stellt mengenbezogen die kleinste Kategorie dar. Es wird zu rund 41 % (79.000 t atro) energetisch verwendet. Etwa gleiche Anteile werden an andere Aufbereiter weitervertrieben bzw. stofflich genutzt. Ein marginaler Teil wird in andere Bundesländer bzw. das Ausland exportiert.

Die Kategorie A IV wird mit einer Menge von 146.000 t atro (72 %) überwiegend energetisch verwendet. Die restlichen Anteile werden an andere Aufbereiter sowie in andere Bundesländer weitervertrieben.

Altholz der Mischkategorie AII - AIII wird zur Hälfte energetisch verwendet (161.000 t atro) und knapp ein Drittel an andere Altholzaufbereiter weitervertriebe. Zusätzlich werden geringe Mengen stofflich verwendet sowie ins Ausland exportiert.

Die Mischkategorie A I - A III wird zu jeweils einem guten Drittel stofflich (79.000 t atro) und energetisch (81.000 t atro) genutzt. Die restlichen Mengen werden hauptsächlich an andere Aufbereiter und ins Ausland weitervertrieben.

Bei weiteren 164.000 t atro ist bekannt, dass sie energetisch genutzt werden, jedoch lassen sich diese Mengen anhand der Antworten des Fragebogens keiner genauen Altholzkategorie zuordnen.

Zur Bestimmung des Marktvolumens wurde das errechnete Handelsvolumen um die Menge reduziert, die zur Weiterverarbeitung an andere Altholzaufbereiter abgegeben wurde. Das Marktvolumen enthält somit die in den Betrieben intern verwendeten Altholzmengen und die an Endverwerter vertriebenen Altholzmengen. Gemäß unseren Berechnungen belief sich das Marktvolumen im Jahr 2022 auf 1,51 Mio. t atro. Hinzu kommen die Mengen, welche in den bayerischen Privathaushalten in der Heizperiode 2022/2023 verheizt wurden. Diese beliefen sich auf rund 479.000 Fm, was 208.000 t atro entspricht. Addiert man diese Menge zum Marktvolumen so ergibt sich für das Altholzaufkommen in Bayern eine Menge von 1,72 Mio. t atro. Eine weitere Quelle für Altholz stellt der Sperrmüll dar. Daten darüber liefert das Landesamt für Umwelt in seiner jährlich veröffentlichten Serie „Hausmüll in Bayern“ (LFU 2023A). Das Aufkommen von Sperrmüll belief sich 2022 auf 312.000 Tonnen³¹, dies entspricht 250.000 t atro. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass der gesammelte Sperrmüll zu 45 % aus Altholz besteht (FLAMME ET. AL. 2020). Somit errechnet sich ein Altholzaufkommen aus dem Sperrmüll von 113.000 t atro. Das Aufkommen von Altholz aus Sperrmüll geht allerdings nicht in die Holzbilanz dieses Berichts ein, da die Verwertungspfade nicht eindeutig nachvollzogen werden können und somit Doppelzählungen als sehr wahrscheinlich gelten.

2.4.4 Diskussion

Die bei der Umfrage unter den Altholzaufbereitern ermittelten Altholzmengen werden mit den Mengen verglichen, die das Bayerischen Landesamts für Statistik für 2022 bei den zulassungsbedürftigen Abfallentsorgungsanlagen erhoben hat (BLFS 2024). Das Landesamt für Statistik erhebt die Abfallmengen nach ihrer Herkunft, die von bayerischen Entsorgungsanlagen angenommen werden. Bei den Entsorgungsanlagen wird nach Sortieranlagen, Schredderanlagen, Feuerungsanlagen und Übrige unterschieden. Wird z. B. Holz aus Bau- und Abbruchabfällen von einer Sortieranlage angenommen und nach der Sortierung an eine Schredderanlage zur Zerkleinerung geliefert, wird es bei ersterer als Holz aus Bau- und Abbruchabfällen gezählt und bei letzterer als Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen. Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden deshalb hier die Abfallmengen aus der mechanischen Behandlung von Abfällen nicht berücksichtigt. Das Altholzaufkommen bei den Entsorgungsanlagen betrug demnach 1,31 Mio. t lutro bzw. 1,05 Mio. t atro. Holz aus dem Sperrmüll ist bei dieser Menge allerdings nicht enthalten. Das größte Altholzaufkommen stammt aus dem Bau- und Abbruch mit 44 % und von der Holzbearbeitung, Möbel- und Plattenherstellern mit 34 % (Abbildung 31) (BLFS 2024B). Letzteres zählt allerdings zu den Sägenebenprodukten und dem Industrierestholz und ist nicht das Gebrauchtholz, welches hier quantifiziert werden soll.

³¹ Die Sperrmüllmenge zur Beseitigung umfasste 212.121 Tonnen, die zur Verwertung 99.483 Tonnen.

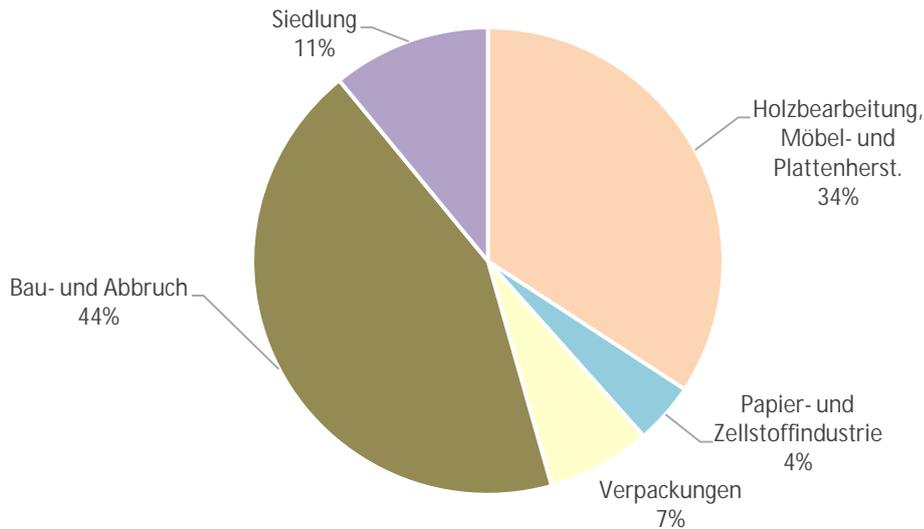


Abbildung 31 Herkunft des Altholzes, das 2020 in bayerische Abfallentsorgungsanlagen gelangte (BLFS 2024).

Ohne die Mengen aus der Holzbearbeitung und aus der Papier- und Zellstoffindustrie beträgt das aus Bayern stammende Altholzaufkommen bei den Entsorgungsanlagen 643.000 t atro. Darunter befinden sich 114.000 t atro aus Siedlungsabfällen, welche aus Bayern stammen. Diese Menge erscheint sehr gering, wenn sie mit der von den Kommunen gesammelten Altholzmenge von 312.000 t lutro bzw. 243.000 t atro (LFU 2023A) verglichen wird. Vermutlich handelt es sich bei der Differenzmenge um Altholz, das an Feuerungsanlagen geliefert wird, die nicht der abfallrechtlichen Überwachung unterliegen. Dies kann naturbelassenes Altholz sein (A I) oder A II, das in Betrieben der Holzbearbeitung oder Holzverarbeitung in Feuerungsanlagen zwischen 30 und weniger als 1.000 kW Leistung eingesetzt wird. Wird die Differenzmenge von 129.000 t atro zur Gesamtmenge der Entsorgungsanlagen hinzugerechnet, beträgt das Altholzaufkommen 772.000 t atro. Weiterhin gibt es noch Lieferungen von Altholz aus anderen Bundesländern, die stofflich genutzt werden und somit nicht in der Statistik zum Altholzaufkommen in den Entsorgungsanlagen aufgeführt sind. Diese Mengen können aber nicht genau abgeschätzt werden. Die Menge an Altholz, die laut unserer Hochrechnung in Bayern 2020 genutzt wurde (energetisch und stofflich), beträgt rund 1,15 Mio. t atro und ist damit beträchtlich größer als die aus den Daten des Bayerischen Landesamtes für Statistik und des Landesamts für Umwelt abgeleiteten Mengen. Die Altholzmenge, die von Altholzaufbereitern erfasst wurde, die sich an unserer Umfrage beteiligt hatten, beträgt 863.000 t atro bzw. 694.000 t atro, wenn die von anderen Altholzaufbereitern stammenden Mengen nicht berücksichtigt werden. Diese Altholzaufbereiter stellen nur 22 % der von uns angenommenen Grundgesamtheit dar. Es hatten sich auch zwei große Altholzaufbereiter (> 50.000 t atro) nicht an der Umfrage beteiligt, wobei es bekannt ist, dass diese Unternehmen ihren Betrieb nicht eingestellt haben. Da bereits die von den Teilnehmern an der Umfrage gemeldete Menge die vom Landesamt für Statistik erfasste Menge übersteigt und wir keine Falschmeldungen unterstellen, wird für die Holzbilanz das Altholzaufkommen der Befragung unter den Altholzaufbereitern zugrunde gelegt.

In der Dokumentation des Landesamtes für Statistik werden die in Feuerungsanlagen verbrannten Altholz mengen im Jahr 2020 mit 751.000 t atro beziffert, wobei davon nur rund 473.000 t atro unserer Definition von Altholz im Sinne von Gebrauchtholz entspricht. Die weiteren rund 278.000 t atro sind Nebenprodukte bzw. Reste der Produktion und zählen deshalb nicht zum Gebrauchtholz. Die aus unserer Umfrage unter den Altholzaufbereitern berechnete in Bayern energetisch genutzte Altholzmenge beträgt 731.000 t atro, ist also beträchtlich größer als die vom Landesamt für Statistik erfasste

Menge. In der Verbrauchsumfrage bei den Biomasseheiz(kraft)werken (siehe Kap. 3.2) wurde eine Menge von 577.000 t atro Altholz ermittelt. Die Menge von Altholz nach der Verbrauchserhebung ist damit ebenfalls größer als die vom Landesamt für Statistik bezifferte Menge. Allerdings umfasst die Verbrauchsumfrage bei den Biomasseheiz(kraft)werken auch die nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen, die somit nicht meldepflichtig gegenüber dem Landesamt für Statistik sind, und Altholz der Kategorie A I und teilweise A II verbrennen können. Zwischen der bei der Verbrauchserhebung unter den Biomasseheiz(kraft)werken und der bei den Altholzaufbereitern berechneten Menge bleibt eine ungeklärte Differenz von 154.000 t atro bestehen.

Der Export von Abfällen ist anzeigepflichtig. Eine Statistik über diese notifizierungspflichtigen Abfälle führt das Umweltbundesamt (UBA 2023b) in Form einer sogenannten „gelben Liste“. Einer Notifizierungspflicht unterliegt gemäß Anhang IV („gelbe Liste“) der europäischen Abfallverbringungsverordnung (VVA 2006) jenes Altholz, welches nach der Begriffsdefinition der aktuellen Altholzverordnung den Altholzkategorien A II bis A IV zuzuordnen ist. Keiner Notifizierungspflicht unterliegt Altholz der Kategorie A I. Dieses gilt als unbehandelt und wird nach dem Anhang III der europäischen Abfallverbringungsverordnung der sogenannten „grünen Liste“ zugeordnet.

Eine Auswertung der Daten des UBA für Bayern ergibt einen notifizierungspflichtigen Export (ohne Altholz der Kategorie A I) von 241.000 t atro sowie einen notifizierungspflichtigen Import von 47.000 t atro. Daraus ergibt sich ein Nettoexport von 194.000 t atro Altholz. Unsere, über die Befragung erhobenen Exportmengen (ohne A I) belaufen sich dagegen auf lediglich 160.000 t atro. Beim Import³² ergaben sich nach unseren Erhebungen 3.000 t atro. Das UBA hat hier 47.000 t atro erhoben. Diese Mengen lassen sich jedoch nochmals anhand ihrer Entsorgungsart nach der Anlage 2 des KrWG unterteilen: 44.000 t atro werden der Entsorgungsart R1 (Hauptverwendung als Brennstoff oder als anderes Mittel der Energieerzeugung) zugeteilt. Diese Mengen schlagen mutmaßlich direkt bei den Biomasseheiz(kraft)werken auf, welche von uns diesbezüglich nicht genauer befragt werden. Vergleicht man die restlichen 3.000 t atro, welche zugunsten der Entsorgungsart R3 (Recycling und Rückgewinnung organischer Stoffe) importiert werden, so stimmt diese Menge genau mit der von uns erhobenen Importmenge überein. Eine mögliche Erklärung für die Abweichung der Befragungsergebnisse von den Zahlen des UBA könnte im Weitervertrieb des notifizierungspflichtigen Altholzes an andere Altholzaufbereiter oder an Zwischenhändler liegen.

Entwicklung am Entsorgungsmarkt

Verglichen mit den Zahlen aus dem Berichtsjahr 2020, hat das Handelsvolumen um 16 % zugenommen. Nach wie vor stammt das Altholz fast ausschließlich aus Bayern. Die Verbringung von Altholz in andere Bundesländer hingegen ist um fast 30 % gestiegen, während die Verbringung ins Ausland (EU) gleichgeblieben ist. Die zwischen den Altholzaufbereitern gehandelte Menge hat um fast 60 % zugenommen. Dies könnte jedoch auch mit der in dieser Umfrage stattgefundenen Ausweitung der Grundgesamtheit zusammenhängen. In Bayern werden insgesamt 1,15 Mio. t atro einer weiteren Verwendung zugeführt. Dies entspricht einer Steigerung von 6 % gegenüber 2020. Laut der aktuellen Umfrage teilt sich diese Menge in 64 % energetische und 36 % stofflich Nutzung auf. Im Jahr 2020 wurden noch 81 % energetisch sowie 19 % stofflich genutzt. Ein Rückgang der energetischen Nutzung spiegelt sich ebenfalls bei den Biomasseheiz(kraft)werken wider (Kap. 3.2).

In der 4. Betriebsgrößenklasse (20.001 - 50.000 t atro) gab es auf stofflicher Seite mit 162.000 t atro den größten Zuwachs verglichen mit 2020. In der 5. Betriebsgrößenklasse (über 50.000 t atro) sind es 38.000 t atro mehr. Die restlichen Klassen haben zusammenaddiert einen Mehranteil von

³² Im Fragebogen wurde beim Import nicht nach den Altholzklassen gefragt, weswegen hier möglicherweise auch A I-Importe enthalten sind.

29.000 t atro. Das bedeutet jedoch nicht zwingend, dass diese beschriebenen Mengen ausschließlich stofflich verwendet werden. Die höheren Mengenangaben der Altholzbetriebe könnten darauf zurückzuführen sein, dass Spanplattenproduzenten oft auch Betreiber von Energieanlagen sind. Daher kennen die Altholzentsorger zwar den Abnehmer, aber nicht unbedingt dessen spezifische Verwendung.

Die Altholz mengen, welche in andere Bundesländer oder ins Ausland exportiert werden, belaufen sich insgesamt auf 325.000 t atro. Bei diesem Anteil gibts es jedoch keinerlei Informationen darüber, ob das Altholz letztlich energetisch oder stofflich verwendet wird.

Im Jahr 2020 wurde die Altholzmenge anhand von 172 Betrieben hochgerechnet. Mit den Zugängen aus dem Fachbetriebsregister der Entsorgungsfachbetriebeverordnung wurde die Gesamtzahl der Altholzaufbereitungsbetriebe für 2022 neu definiert und auf 249 Betriebe festgesetzt. Es lässt sich daher vermuten, dass die Zunahme der Gesamtmenge durch eine Untererfassung in früheren Erhebungen zu erklären ist. Eine exakte quantitative Bestimmung der damit verbundenen Altholzmengen ist nicht möglich. Dennoch zeigt ein Vergleich der Betriebszahlen für 2020 und 2022, differenziert nach Betriebsgrößenklassen, dass es sich bei den betroffenen Betrieben tendenziell um kleinere Entsorger mit entsprechend geringeren Marktanteilen handeln dürfte. Anteilig jedoch liegt die Untererfassung der Betriebe in den vier Größenklassen bis 50.000 t atro zwischen 30 und 40 %. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass aufgrund der unterschiedlichen Stichprobenbeschaffenheiten Einschränkungen hinsichtlich der Vergleichbarkeit zwischen den aktuellen Ergebnissen und den Ergebnissen früherer Erhebungen bestehen könnten.

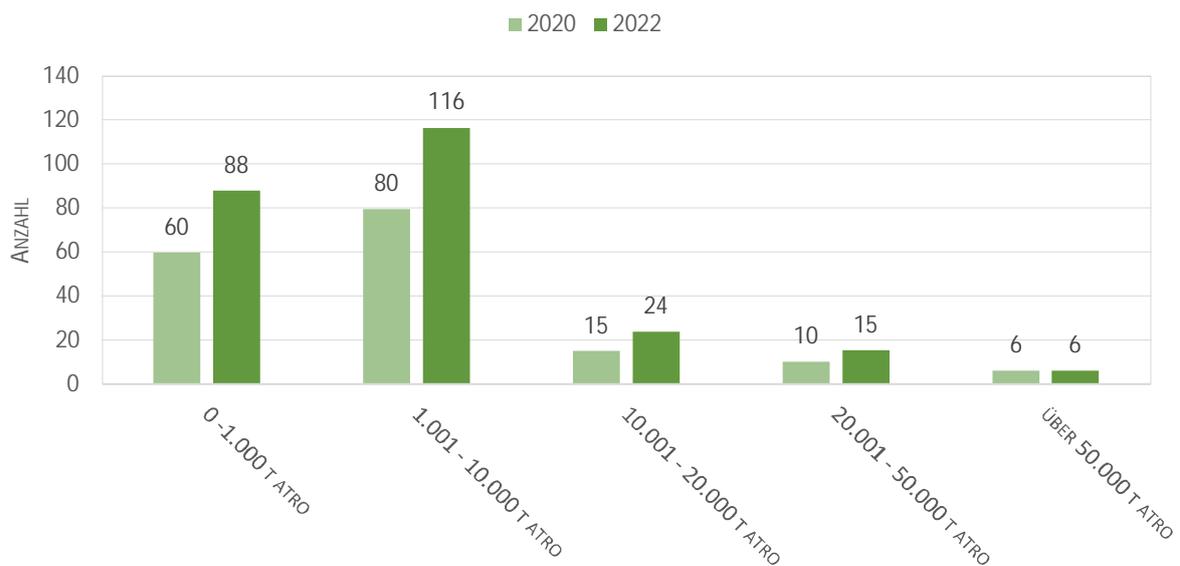


Abbildung 32 Umfang der Grundgesamtheit für 2020 und 2022 getrennt nach Betriebsgrößenklassen.

Potenzial der stofflichen Nutzung

Im Sinne der Kreislaufwirtschaft wird der stofflichen Verwertung von Altholz aktuell ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Umso erfreulicher ist es daher, dass sich die absoluten Mengen zur stofflichen Verwertung im Vergleich zu 2020 mehr als verdoppelt haben. Die Erfassung, Sortierung und entsprechende Aufbereitung sind grundlegende Voraussetzungen, um eine hochwertige Verwertung zu gewährleisten. Grundlegend kann gesagt werden, dass Mischsortimente eher energetisch verwendet werden, weil zusätzlicher Sortieraufwand sowie die damit verbundenen Kosten vermieden werden. Hier ist positiv zu erwähnen, dass besonders im Baubereich die getrennte Erfassung und damit eine

einfachere stoffliche Verwertung von Altholz an der Anfallstelle in den letzten Jahren durch die Einführung des selektiven Rückbaus und der Pflicht zur Getrennthaltung gemäß Gewerbeabfallverordnung weiter verbessert werden konnte. Zusätzlich haben viele Aufbereiter in den letzten Jahren in die Optimierung ihrer Sortier- und Aufbereitungstechniken investiert, wodurch der Anteil der zur stofflichen Verwertung geeigneten Althölzer weiter gestiegen ist (PROGNOS AG 2024). Branchen-Experten gehen davon aus, dass in der Praxis tatsächlich nur ca. 5 % Altholz in der Kategorie A III mit halogenorganischen Verbindungen verunreinigt sind und 10 - 15 % Altholz in der Kategorie A IV mit Holzschutzmitteln belastet sind. Hier spielt neben der technischen Entwicklung auch die Novellierung der Altholzverordnung eine Rolle. Erarbeitet und diskutiert wird die Novellierung bereits seit 2018. Das Umweltbundesamt gab jedoch Anfang 2024 bekannt, dass mit einer Fortsetzung der Arbeiten erst nach der Bundestagswahl 2025 zu rechnen sei.

Effizienz der Altholzsammlung

Eine ressourcenschonende und optimale Verwendung von Altholz ist auf ein effizientes Sammlungs- und Verwertungssystem angewiesen. Studien zu Altholzströmen, darunter auch die Energieholzmarktberichte beginnen ihre Analysen meist erst bei den Aufbereitungs- und Entsorgungsbetrieben. Die Wege vom Anfall des Altholzes hin zu den Aufbereitungsanlagen sind hingegen kaum bekannt und mitunter von verschiedenen Faktoren (z.B. Entsorgungskosten, Transportentfernung etc.) abhängig. Diese Lücke bzw. eine differenzierte Sortierung bei der Ersterfassung kann jedoch für eine hochwertige Verwendung entscheidend sein. Die Studie der LWF „Effizienz der Altholzsammlung“ (GÖßWEIN UND STIMM, K. 2021) widmete sich dieser Informationslücke bei der Ersterfassung von Altholz. Wesentliche Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus dem Projekt werden hier zusammengefasst dargestellt.

Die Abgabe von Altholz ist grundsätzlich bei Wertstoffhöfen der Landkreise und Kommunen, anderen kommunalen Stellen oder externen, privatwirtschaftlichen Unternehmen möglich. Interessanterweise zeigte sich eine Abhängigkeit des Entsorgungsweges von der Bevölkerungsdichte. So wurde im großstädtischen Bereich das Altholz ausschließlich in den Wertstoffhöfen entsorgt, obwohl alle drei Entsorgungsmöglichkeiten zur Verfügung standen. Mit abnehmender Bevölkerungsdichte scheint sich dies zu ändern. Die Gründe hierfür können vielfältig sein: Kurze Wege im großstädtischen Bereich, höheres Angebot an „kleinen“ Wertstoffhöfen und die teilweise Nichtannahme von Altholz an Wertstoffhöfen im ländlichen Bereich. Diese, insbesondere das Altholz der Kategorien A I - A III betreffenden Ergebnisse sind jedoch nicht direkt auf die Altholzkategorie A IV übertragbar. Ein geringeres Angebot an Entsorgungsmöglichkeiten sowie die im Vergleich hohen Entsorgungskosten scheinen hier die Entsorgungswege und -situation zu bestimmen. Hinsichtlich der meist höheren Schadstoffbelastung der Kategorie A IV scheint es gerade hier sinnvoll, ein flächendeckendes und kostengünstiges Entsorgungsangebot zu etablieren.

Betrachtet man die Entsorgungskosten aus der Studie von 2021, so lagen diese für die Altholzklassen A I bis A III im Mittel über alle Altholzerfassungsstellen bei 21,30 €/m³. Bei rund der Hälfte aller Sammelstellen kostete die Entsorgung der Klassen A I bis A III nichts. Die höchsten Kosten wurden mit 150 €/m³ beziffert. Für die Altholzklasse A IV lagen die durchschnittlichen Kosten 3-mal so hoch bei 58,40 €/m³ und im Maximum bei 185 € pro m³. Kostenfrei war die Entsorgung in 11 % der Annahmestellen. Zusätzlich konnte ein klarer Trend hin zu höheren Entsorgungskosten bei privaten Entsorgungsunternehmen festgestellt werden. Die Wertstoffhöfe stellten demnach die günstigste Variante dar (Abbildung 33)

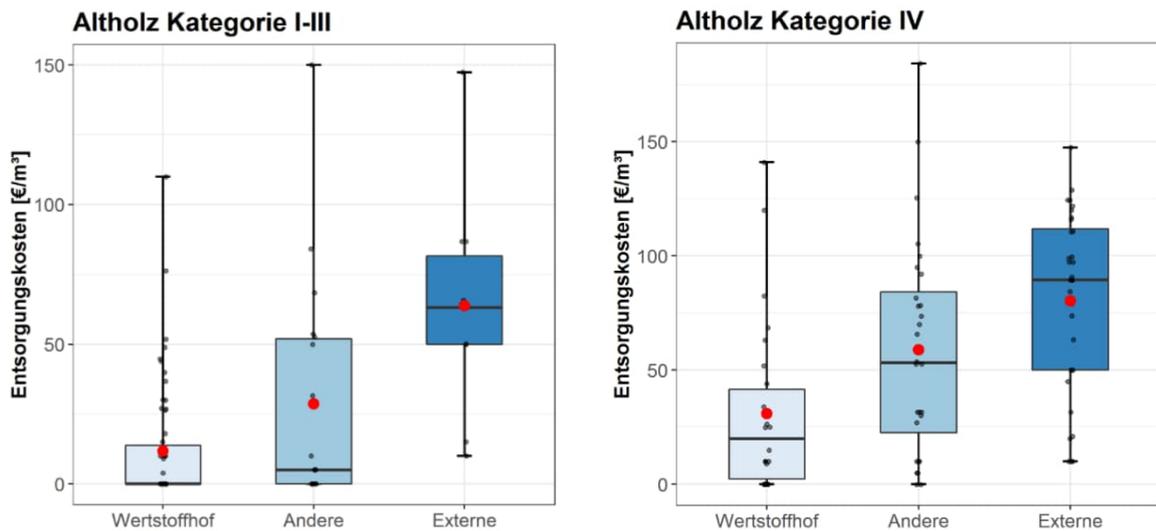


Abbildung 33 Entsorgungskosten (Stand: 20218) für Altholz nach den Altholzklassen und Abgabeorte; Andere = andere kommunale Abgabestellen, Externe = private Entsorgungsunternehmen.

Preise für aufbereitetes Altholz

Betrachtet man die Preisentwicklung des Altholzes von 2020 hin zu 2022, kam es regelrecht zu einem Umschwung in der Branche. Für vorgebrochenes behandeltes Altholz musste man für eine Verwertung in den letzten Jahren noch an die Aufbereiter bezahlen. Ab Winter 2021 überschritt die Preiskurve den Nullpunkt, sodass ab diesem Zeitpunkt vorgebrochenes behandeltes Altholz zunehmend gewinnbringend verkauft werden konnte. Im Maximum gab es hier Preissteigerungen um bis zu 200 %. Ebenso verhielt es sich mit vorgebrochenem unbehandeltem sowie kontaminiertem Altholz, wobei die maximale Preissteigerung hier jeweils 175 % betrug. Die teilweise knappe Verfügbarkeit von Altholz und die stoffliche und energetische Konkurrenz um die Ressource haben wesentlich zu dieser Preisentwicklung beigetragen (vgl. Kap. 2.2.6).

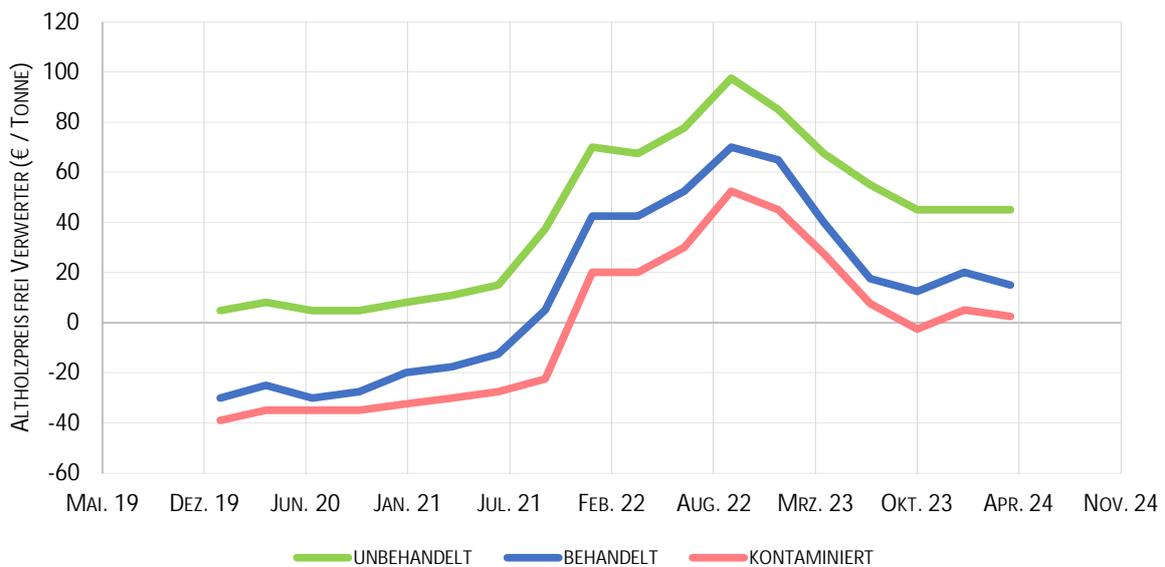


Abbildung 34 Altholzpreise 2020 bis 2024 für Hackschnitzel bis 150 mm frei Verwerter (Quelle: EUWID 2024). EUWID gibt die Minimum- und Maximumpreise an. Dargestellt ist die Mitte der Preisspanne.

2.4.5 Trends und Herausforderungen beim Altholz

Die Umfrage bei den Altholzaufbereitern enthielt auch eine offene Frage zu den Trends und Herausforderungen für die Zukunft. Aus den Rückmeldungen mehrerer Unternehmen geht hervor, dass die Konkurrenz zwischen der energetischen und der stofflichen Nutzung nach wie vor ein Dauerbrenner ist: „... die stoffliche und energetische Verwertung sind immer größere Konkurrenten geworden. Man beraubt sich gegenseitig über die Preisschraube der Mengen“. Auch steigende Transportkosten sowie starke Schwankungen am Markt bereiten vielen Unternehmen Sorge. Einige Unternehmen bemängeln die Gesetzgebung. Es ist von einer „auswuchernden Bürokratie“ oder von „gesetzlichen Auflagen in der Aufbereitung“ die Rede, welche die Arbeiten zunehmend erschweren: „Es gibt erhebliche Erschwernisse in der Aufbereitung durch Verschärfung gesetzlicher Grundlagen, wobei die Erfordernisse der Branche nicht mit in die Gesetzgebung einbezogen werden, Erschwernisse in der Vermarktung und Steigerung der Bürokratie durch gesetzliche Vorgaben und Dokumentationspflichten“. Des Weiteren wurde eine „fehlende europäische Lösung bei der landesübergreifenden Abfallentsorgung“ (Abschaffung/Öffnung Notifizierungspflicht bzw. grenzüberschreitenden Abfallverbringung) kritisiert.

Zudem konnten sich die Betriebe zum aus ihrer Sicht größten Innovationspotential in der stofflichen Altholzverwendung äußern. Eine gute Möglichkeit die stoffliche Verwertung zu stärken, wird in der Novellierung der Altholzverordnung gesehen. Genannt wurden hier die Punkte einer „sortenreinen Sammlung, um eine bestmögliche Verwertung zu gewährleisten“ sowie „eine leichtere Erkennung der Altholzklassen für Kunden und Personal“. Unter den Antworten fielen außerdem Stichworte wie: „Sortierung durch künstliche Intelligenz“, „Erkennung von Kontaminationen“ oder „Fortschritte in der Sensortechnik“, welche erkennen lassen, dass die Betriebe im Bereich der Sortierung noch Potenzial sehen. Zudem könne nach ihrer Meinung der Altholzanteil in den Spanplatten noch weiter gesteigert werden.

2.5 Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsysteme

Kurzumtriebsplantagen (KUP) sind Anpflanzungen von schnellwachsenden und stockausschlagfähigen Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen, die überwiegend energetisch genutzt werden (syn. „Energiewälder“). KUP zeichnen sich durch sehr kurze Umtriebszeiten von zwei bis 20 Jahren aus (u.a. geregelt nach §2 Abs.2 Nr.1 BWaldG) und können über Jahrzehnte wiederholt abgeerntet werden. Durch die Stockausschlagfähigkeit der verwendeten Baumarten treiben die Wurzelstöcke nach der Ernte im nächsten Frühjahr wieder aus.

Agroforstsysteme (AFS) kennzeichnen sich durch die Kombination von landwirtschaftlicher Nutzung mit Gehölkulturen auf derselben Fläche. Hutewälder, Streuobstwiesen aber auch Hecken oder Knicks (Wallhecken) zählen zu den traditionellen agroforstwirtschaftlichen Bewirtschaftungssystemen. In der Regel werden die Gehölze (meist) zur Energieholzgewinnung streifenförmig in die Acker- bzw. Grünlandfläche integriert. Eine quantitative Auswertung von AFS in Bayern ist aktuell aufgrund fehlender Datenverfügbarkeit nicht möglich.

2.5.1 Flächenbestand und Ertragsabschätzung (KUP)

Die KUP-Flächen in Bayern werden seit 2007 im Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem des Bundes (InVeKoS) erfasst. Die dort hinterlegten Flächen dienen als Datengrundlage für die weiteren Berechnungen sowie die Holzbilanz. In der InVeKoS-Datenbank werden nur landwirtschaftliche Betriebe mit Betriebssitz in Bayern erfasst³³, die innerhalb der Agrarförderung abgedeckt sind.

Die mit KUP bepflanzten Flächen sind seit Beginn der Erfassung im Jahr 2007 bis 2017 stetig auf 1.623 ha angestiegen. Seit einem deutlichen Rückgang von 2017 auf 2018 nahm die Anbaufläche zunächst um 179 ha ab, blieb seitdem einigermaßen konstant und liegt aktuell bei 1.479 ha. Die Flächenentwicklung der KUP ist in Abbildung 35 dargestellt. Die gesamte KUP-Anbaufläche in Deutschland betrug 2022 rund 6.600 ha (FNR 2023A). Davon befinden sich 22 % im Besitz bayerischer Betriebe.

Aufgrund der geringen Anzahl von KUP-Flächen gibt es bisher keine offiziellen Erntemengen. Eine Abschätzung der jährlichen Erntemenge kann allerdings über die dokumentierte Anbaufläche, den jährlichen Holzzuwachs und die durchschnittliche Umtriebszeit berechnet werden. Eine möglichst genaue Ertragsabschätzung wurde erreicht, indem aus den Daten zu den zweiten und dritten Umtrieben von BURGER ET AL. (2012, 2022) ein arithmetischer Mittelwert für alle nach SCHIRMER UND HAIKALI (2014) in Bayern empfohlenen Pappelklone (Max1, Max3, Max4, Fritzi-Pauly, Trichobel & Hybride275) für den fünf- und zehnjährigen Umtrieb errechnet wurde. 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 UND WITTKOPF (2012) planen die bayerischen KUP-Besitzer einen Ernteturnus von fünf bis zehn Jahren, weswegen in der Hochrechnung ein Umtrieb von 8 Jahren angenommen wurde.

³³ Erfasst werden auch Flächen, die von bayerischen Betrieben in anderen Bundesländern angelegt wurden. Flächen von nichtlandwirtschaftlichen Betrieben oder von Betrieben mit Betriebssitz außerhalb Bayerns sind nicht erfasst.

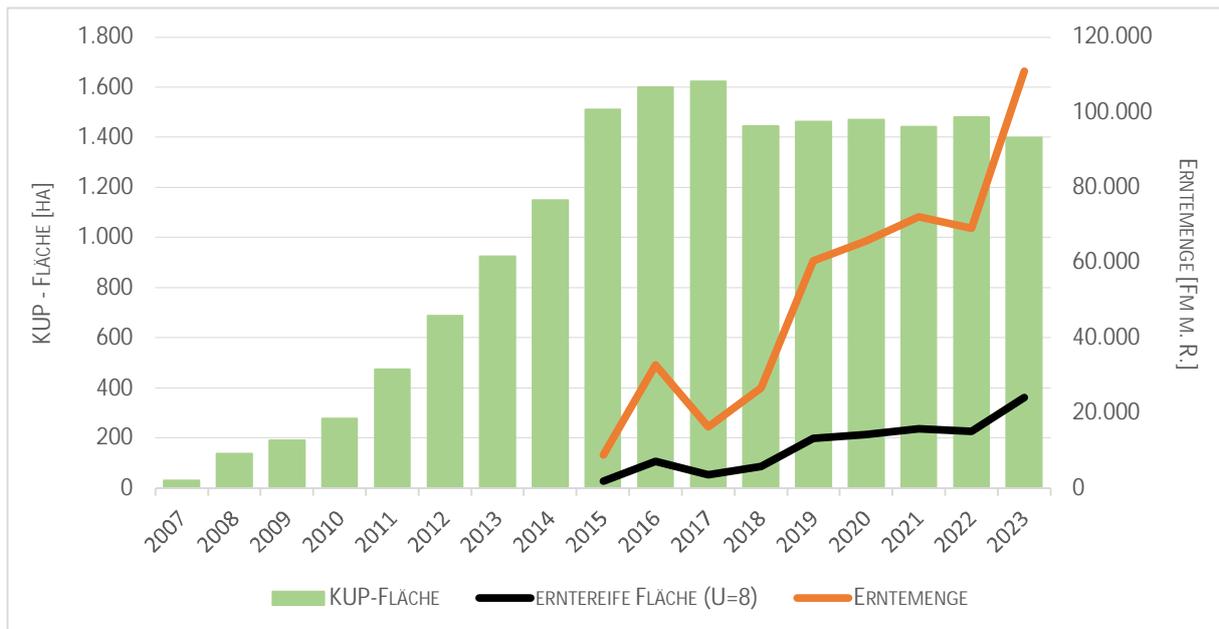


Abbildung 35: Flächen, auf denen Kurzumtriebsplantagen angebaut werden, seit 2007 und die entsprechenden Erntemengen (bei 8-jährigem Umtrieb) seit 2015. (InVeKoS-Förderdatenbank und eigene Berechnungen).

Im Jahr 2022 waren bei einem achtjährigen Umtrieb unter den genannten Annahmen 225 Hektar erntereif mit einem mittleren Zuwachs von 38 Fm m. R. (13,52 t atro)³⁴ pro ha und Jahr. Insgesamt ergibt sich dadurch eine potenzielles Holzaufkommen von 69.000 Fm m. R. (24.000 t atro) (Abbildung 35). Unter der Annahme, dass sich der Zuwachs von 38 Fm m. R. (13,52 t) pro ha gleichmäßig auf die acht Wachstumsjahre verteilt, dürften die bayerischen Kurzumtriebsplantagen inzwischen eine Gesamtwuchsleistung von 608.000 Fm m. R. bzw. 215.000 t atro geleistet haben (Abbildung 36).

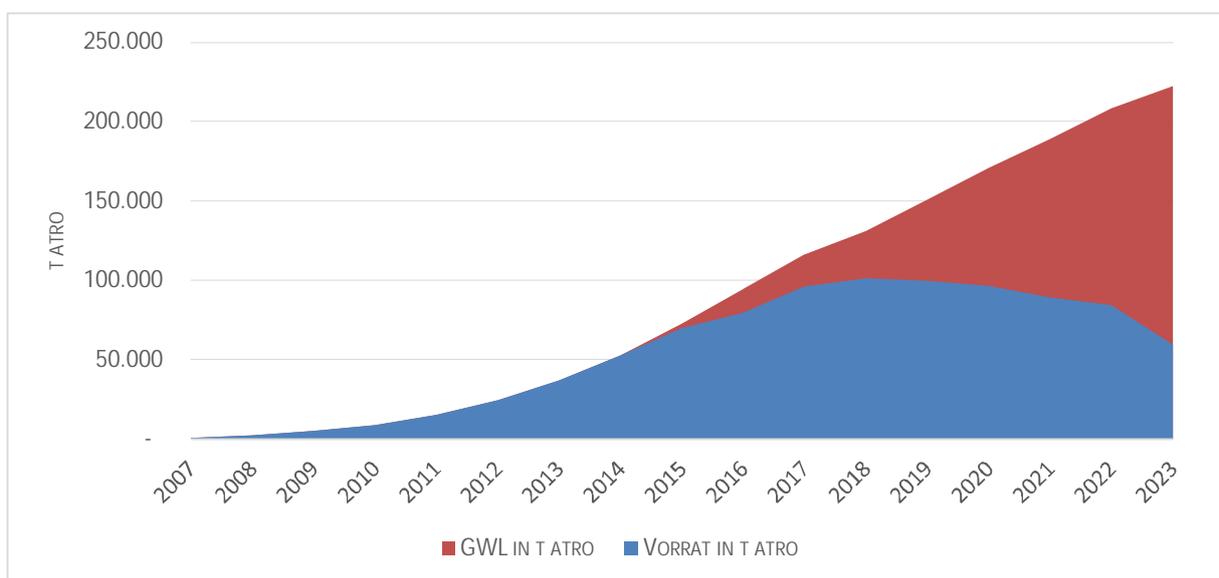


Abbildung 36: Gesamtwuchsleistung (GWL) und aktueller Vorrat der bayerischen Kurzumtriebsplantagen (KUP). Die Vorratsentwicklung berücksichtigt Flächenstilllegungen und unterstellt potenzielle Nutzungen nach einer Umtriebszeit von 8 Jahren.

³⁴ Der Umrechnungsfaktor zwischen t atro und Fm beträgt 2,832. Er wird berechnet aus der Raumdichte für Pappel von 353 kg/Fm.

Ein Vorteil von KUP ist auch, dass damit innerhalb kurzer Zeit große Mengen Kohlenstoff auf der Fläche gebunden werden. Nach einer Veröffentlichung von WIDMANN UND BURGER (2024) können abhängig von der Umtriebszeit in der oberirdischen und unterirdischen Biomasse durchschnittlich zwischen 18,56 t C/ha (5-jähriger Umtrieb) und 25,77 t C/ha (10-jähriger Umtrieb) gespeichert werden. Für einen achtjährigen Umtrieb ergibt sich daraus interpoliert eine durchschnittliche C-Speicherung von 23,64 t C pro Hektar. Daraus errechnet sich für das Jahr 2023 auf den 1.479 ha KUP-Anbaufläche in Bayern eine C-Speicherleistung von 35.000 t Kohlenstoff bzw. 128.000 t CO₂-Äquivalenten³⁵.

2.5.2 Nutzungspotenzial Kurzumtriebsplantagen

Die LWF hat in dem Projekt KUP-Scout vor einigen Jahren die Ertragspotenziale des Anbaus von Hybrid-Pappeln in KUPs kalkuliert. Da die Pappeln geringe Ansprüche an die Nährstoffversorgung stellen, wären für ihren Anbau vor allem Standorte mit geringer Bodengüte, aber guter Wasserversorgung geeignet. Dort würde der Anbau dieser Gehölze am wenigsten in Konkurrenz zum Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln stehen. Die LWF hat dafür die Ackerflächen mit geringer Ackerzahl (≤ 40) und guter Wasserversorgung ausgewiesen, was 8,6 % der Ackerfläche bzw. rund 180.000 ha ausmacht. Das Energiepotenzial kann im Energieatlas Bayern³⁶ abgerufen werden (Abbildung 37).

Würde dort der oben genannte Kohlenstoffvorrat von 23,64 t/ha aufgebaut, könnte damit ein C-Speicher von 4,3 Mio. Tonnen bzw. 15,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent neu etabliert werden. Zum Vergleich: Der Bund strebt nach § 3 a des Klimaschutzgesetzes im Jahr 2045 eine Senkenleistung der Wälder in Deutschland von 40 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent an. Zusätzlich könnten mit den laufenden Holzentnahmen aus den KUP große Mengen fossiler Brennstoffe ersetzt oder das Holz als Rohstoff für die Bioökonomie verwendet werden.

³⁵ Der Umrechnungsfaktor für Kohlenstoff in CO₂-Äquivalente beträgt 3,67.

³⁶ <https://www.karten.energieatlas.bayern.de/>

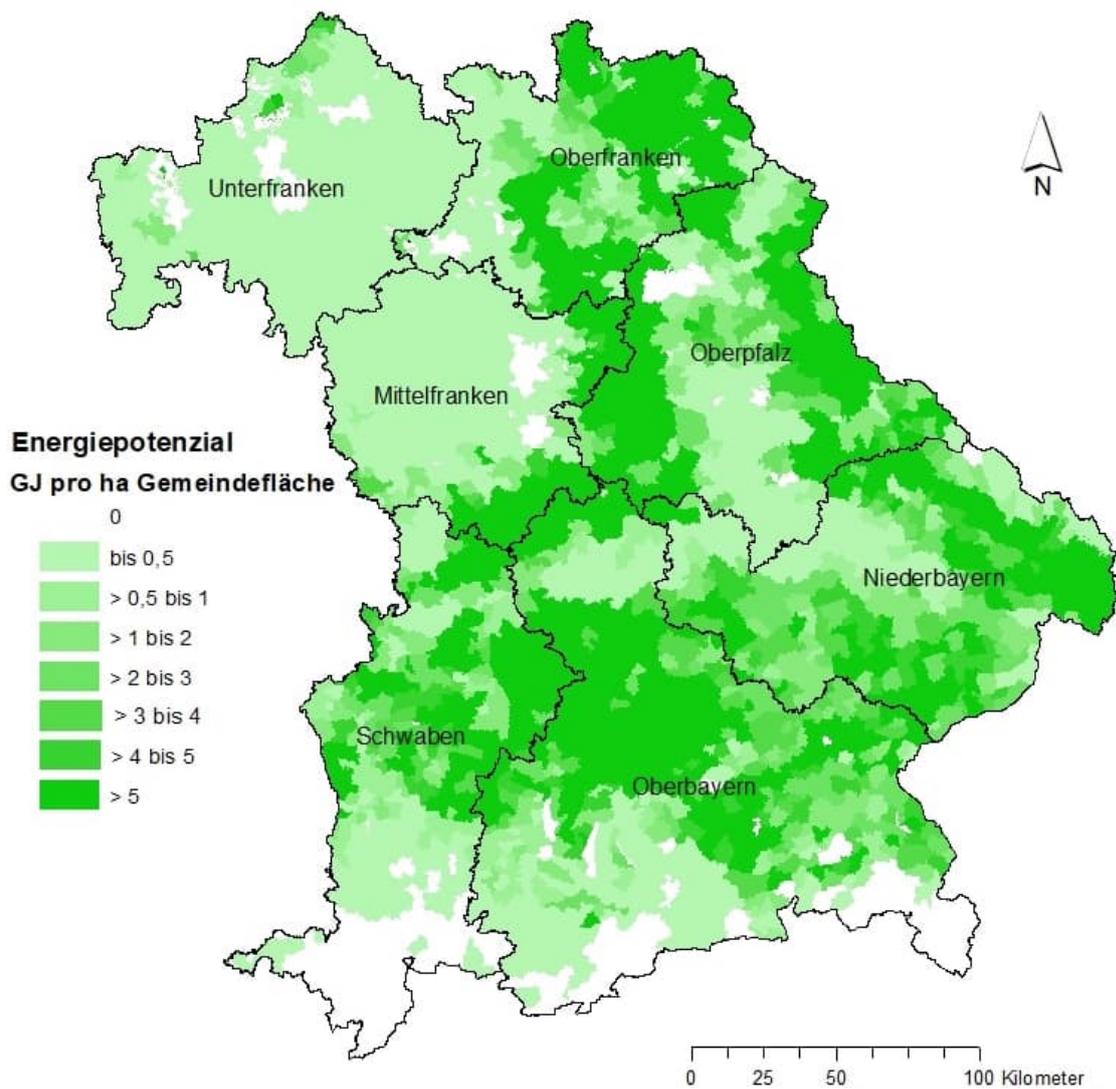


Abbildung 37 Energieholzpotenzial in GJ je Hektar aus Kurzumtriebsplantagen von Hybridpappeln, wenn diese auf den dafür geeigneten Ackerflächen angebaut würden.

2.5.3 Fazit und Trends

Kurzumtriebsplantagen

Mit 69.000 Fm m. R. hat sich das Holzaufkommen aus KUP gegenüber dem Berichtsjahr 2020 nur wenig erhöht. Auf dem bayerischen Energieholzmarkt stellen die KUP nach wie vor keine relevanten Mengen zur Verfügung. Das Niveau der zunächst stetig angestiegenen Flächensumme hat sich in den vergangenen Jahren auf knapp 1.500 ha stabilisiert. Die mehr oder weniger stagnierende Flächensummen bei der Neuanlage von KUP sind unter anderem auf die Zurückhaltung der Landwirte zurückzuführen. Lange Flächenbindungen und gefallene Hackschnitzelpreise infolge eines erhöhten Hackschnitzelanfalls aus Bayerns Wäldern aufgrund von Stürmen, Dürren oder Borkenkäferkalamitäten sind Gründe dafür. Zudem ist seit 2019 das Umbrechen von in Bayern gelegenen Dauergrünland in Ackerland und

Dauerkulturen durch Art. 3 Abs. 4 S. 1 Nr. 1 BayNatSchG (Bayerisches Naturschutzgesetz) bei der landwirtschaftlichen Nutzung grundsätzlich für jedermann verboten³⁷. In den kommenden Jahren ist zunächst nochmals mit einem kräftigen Anstieg des Holzaufkommens zu rechnen, bevor es auf ein deutlich niedrigeres Niveau absinkt. Gründe sind neben den stagnierenden Neuzugängen auch Flächenrückgänge in jüngerer Vergangenheit.

Die Nachfrageseite nach Hackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen unterliegt ebenfalls verschiedenen Restriktionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass Hackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen in Verbrennungsanlagen bis zu mittelgroßen Heizwerken als ein anspruchsvoller Brennstoff einzustufen sind (KUPTZ UND DIETZ 2018). Demnach kann es zu erhöhten Emissionen kommen, sofern die Hackschnitzel nicht durch Trocknung oder Siebung vorbehandelt und die Anlagen nicht direkt auf den Brennstoff eingestellt werden. Dennoch können Kurzumtriebsplantagen durch die vergleichsweise hohen Zuwächse und die sehr energieextensive Anbauweise einen hohen Beitrag zur CO₂-q-Vermeidung je Hektar erbringen, bei gleichzeitig geringen CO₂-Vermeidungskosten (BÄRWOLFF ET AL. 2013). BURGER UND SCHWEIER (2016) beziffern das Treibhausgas-Einsparpotenzial bis zu -13 t CO₂-q 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 Gesamtzuwachs der Kurzumtriebsplantage in den nächsten 10 bis 20 Jahren das Vielfache einer Erstaufforstung beträgt. Damit bindet die Kurzumtriebsplantage deutlich mehr CO₂ aus der Atmosphäre, bildet einen zusätzlichen C-Speicher und die Holzerträge können zur Substitution von fossilen Energieträgern eingesetzt werden.

Grundsätzlich sinkt die Nachfrage nach KUP-Hackschnitzel mit steigendem Waldhackschnitzelaufkommen. Dieses scheint mit der beobachteten Zunahme des Schadholzanteils (Kap. 2.1.2) ebenfalls anzusteigen. Damit wird ein Überangebot erzeugt, welches die Preise und damit die Rentabilität einer KUP ebenfalls herabsetzen kann.

Eine zukunftsfähige Nutzung des Rohstoffs Holz ist in erheblichem Maße von der kaskadischen Verwendung abhängig. Dadurch rückt auch vermehrt die stoffliche Nutzung von Holz aus KUP in den Fokus der Diskussionen und Forschung. SCHLENKER UND BURGER (2023) untersuchten in einer Literaturstudie den Einsatz von Pappelholz für traditionelle stoffliche Verwendungen und zukünftige neue Verwendungen. Grundsätzlich verfolgen die Ansätze das Ziel der Wertholzproduktion auf den KUP-Flächen, was im Wesentlichen über die Orientierung an und die Anwendung von forstlichen Pflegeeingriffen und Durchforstungsmaßnahmen auf den Flächen geschehen soll. Erste Versuche werden derzeit von der LWF durchgeführt. Bis dato können jedoch noch keine fundierten Aussagen zum Erfolg der Maßnahmen getroffen werden, erste Ergebnisse scheinen durchaus vielversprechend zu sein.

Agroforstsysteme

In den letzten Jahren kaum beachtet, werden zukünftig Agroforstsysteme (AFS) bei der Gestaltung einer nachhaltigen und multifunktionalen Landnutzung verstärkt an Bedeutung gewinnen. Sie vereinen eine Vielfalt an positiven Klima- und Umweltwirkungen. Sie erhöhen die Biodiversität in der Agrarlandschaft, verbessern die Bodenfruchtbarkeit und tragen zu Erosions- und Gewässerschutz bei. Damit leis-

³⁷ Es gelten in begrenztem Umfang Ausnahmen für Dauergrünland, welches ab dem 01.01.2021 im Sinn des § 6 Satz 1 des GAP-Konditionalitäten-Gesetzes neu entstanden ist.

ten sie auch einen Beitrag zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung in der Landwirtschaft. Zudem zeigen verschiedene Studien einen Anstieg der Ertragsleistung und eine höhere Ertragssicherheit. Bäume im Acker binden zudem Kohlendioxid und kühlen den Boden in Hitzeperioden.

Neben den genannten Effekten können Agroforstsysteme Energieholz bereitstellen, das in der weiteren Verwendung fossile Brennstoffe substituieren kann, ohne mit der Nahrungsmittelherstellung in Konflikt zu treten. Zusätzlich können sie in strukturarmen, ausgeräumten Ackerlandschaften das Landschaftsbild bereichern. Die Bewirtschaftung der Baumreihen in den AFS erfolgt ähnlich dem Vorgehen in den KUPs. In Deutschland werden für diese Form der Agroforstsysteme meist Pappel- oder Weidenklone verwendet. Pappel und Weide werden meist als 20 cm lange Steckhölzer nach einer gründlichen Bodenvorbereitung im März/April gesteckt – bodengleich, um sie vor Austrocknung zu schützen. Die anderen Baumarten werden gepflanzt. Weil die Bäume aus dem Stock wieder austreiben, können Landwirte mehrmals ernten. Bei den meisten Baumarten sind drei oder mehr Ernten möglich, bevor die Stöcke ermüden und nachgepflanzt werden müssen. Zwischen den Ernten – auch Umtriebe genannt – vergehen je nach Baumart meist drei bis zehn, maximal jedoch 20 Jahre. Die Ernte erfolgt im Winter.

Im Projekt „Erfolgreiche Etablierungsstrategien für multifunktionale Agroforstsysteme in trockenen Lagen“ (Förderkennzeichen G2/N/21/10) wird aktuell die Eignung weiterer Baumarten für Agroforstsysteme untersucht. Allerdings steht hier aufgrund der Baumartenwahl mehr eine Wertholzproduktion als der Beitrag zur Energieholzerzeugung im Vordergrund.

Laut dem Strategieplan zur neuen Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) sollen in Deutschland bis 2027 auf 200.000 ha neue Agroforstflächen entstehen. Seit 2023 wird in Bayern sowohl die erstmalige Einrichtung als auch die laufende Bewirtschaftung von Agroforstsystemen staatlich gefördert. Die Neuanlage von Agroforstsystemen ist im Rahmen des Bayerischen Kulturlandschaftsprogramms (KULAP) förderfähig (LFL 2023). Die laufende Bewirtschaftung eines Agroforstsystems kann über die Öko-Regelung 3 als Teil der Direktzahlungen (1. Säule) gefördert werden. Voraussetzung dafür ist u. a., dass keine Baumart angepflanzt wird, die in der Negativliste der Anlage 1 der Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen enthalten ist. Dadurch sind auch Baumarten wie die Robinie, Roteiche und der Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*) ausgeschlossen.

3 Holzverbrauch

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Verbraucher von Energieholzsortimenten beschrieben. Im Fokus stehen die privaten Haushalte, die Biomasseheiz(kraft)werke, aber auch die Papier- und Zellstoff- sowie die Holzwerkstoffindustrie werden betrachtet.

3.1 Energieholzverbrauch in Privathaushalten

Der private Sektor nimmt, analog zum Aufkommen von Waldenergieholz, auch beim Verbrauch von Energieholz einen bedeutenden Anteil an der gesamten Menge ein. In den privaten Haushalten in Bayern werden insbesondere Einzelraumfeuerungen und Zentralheizungen mit Energieholz betrieben, die die Gebäude heizen und/oder Brauchwasser erwärmen. Der Gesamtverbrauch an Energieholz wird jedoch nicht statistisch erfasst, weswegen er über eine repräsentative Umfrage unter den Privathaushalten abgeschätzt und hochgerechnet werden muss. In der Heizperiode 2022/23 haben die bayerischen Privathaushalte 10,3 Mio. Fm Energieholz verbraucht.

3.1.1 Methode

Die Datenerhebung unter den Privathaushalten erfolgte mittels einer repräsentativen, telefonischen Befragung (CATI) durch ein Marktforschungsinstitut. Die Umfrage wurde vom 04. – 18.08.2023 durchgeführt. Insgesamt wurden 20.214 Anrufe getätigt und 5.255 Gespräche geführt. Aus diesem Kollektiv wollten 4.044 Personen nicht an der Umfrage teilnehmen. Von den telefonisch erreichten Haushalten nahmen dementsprechend 19,0 % an der Umfrage teil.

In der Umfrage wurden u.a. Fragen zum grundsätzlichen Einsatz von Holz als Brennstoff, den eingesetzten Brennholzsortimenten samt ihrer Herkunft sowie zur Art und Planung von Heizungsanlagen gestellt. Zudem wurden wichtige Kennzahlen zum beheizten Wohnraum (Personen im Haushalt, Wohnfläche, Gebäudebaujahr) erhoben. Personen, die in Gemeinschaftsunterkünften leben, gehören nicht zur Zielgruppe.

Die vom Marktforschungsinstitut erhobenen Daten wurden anschließend folgendermaßen zur Auswertung aufbereitet.

- Prüfung auf Plausibilität und Ausreißer, um eine Verzerrung der Mengen zu vermeiden
- Umrechnung unterschiedlicher Mengenangaben in Festmeter (Fm)
- Imputation fehlender Daten und Antwortausfälle mit Mittelwerten aus gruppenweisen Auswertungen zur Verbesserung der Datenbasis
- Neugewichtung der Antworten
- Statistische Auswertung der Umfragedaten

Frühere Umfragen haben gezeigt, dass Haushalte, die mit Holz heizen oder Wald besitzen, eine größere Bereitschaft haben, an der Umfrage teilzunehmen. Um die Repräsentativität der Ergebnisse zu gewährleisten, wird eine Neugewichtung der Befragungsergebnisse vorgenommen. Diese erfolgt anhand der Haushaltsgröße nach Personen und dem Gebäudetyp gemäß dem Mikrozensus 2022, der Anzahl der

Holzzentralheizungen und der Einzelraumfeuerungen laut den Daten des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks sowie der Anzahl der Waldeigentümerstände³⁸ in Bayern.

Der Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks legt jährlich Statistiken zur Anzahl von Einzelraumfeuerungen und Zentralheizungen in Bayern vor: Im Jahr 2022 gab es insgesamt 2,72 Mio. Einzelraumfeuerungen in Bayern, das sind 0,7 % mehr als 2020. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass nicht alle Feuerungsstätten auch tatsächlich in Betrieb waren. Dieser Anteil wurde in der Privathaushaltsumfrage erhoben. Die Anzahl der Zentralheizungen in Bayern, die mit Holzbrennstoffen beschickt werden und eine Nennwärmeleistung ≤ 50 kW haben, stieg im Vergleich zu 2020 um 13 % auf rund 315.000 Anlagen. Die an der Befragung beteiligten Haushalte wurden so gewichtet, dass in der Hochrechnung die Anlagenzahlen erreicht werden.

Die Hochrechnung aus den Befragungsergebnissen ergab eine Anzahl von rund 770.000 Eigentümerständen. Nach der ALB-Auswertung von HASTREITER (2024) gab es 2022 nur 476.000 Eigentümerstände in Bayern. Es hatten sich an der Umfrage somit überproportional viele Waldbesitzende beteiligt. Daher wurden deren Antworten so gewichtet, dass in der Hochrechnung die tatsächliche Zahl der Waldbesitzverhältnisse getroffen wird.

Auf Basis der von den Privathaushalten angegebenen Verbrauchszahlen zu den Brennstoffen Scheitholz, Briketts, Pellets, Hackschnitzeln und Altholz wurde der Gesamtverbrauch der privaten Haushalte in Bayern hochgerechnet. Die Hochrechnung erfolgte über den arithmetischen Mittelwert und die Gesamtzahl der privaten Haushalte, die beim Landesamt für Statistik abgerufen wurden. Antwortausfälle bei den Verbräuchen wurden mit Mittelwerten von Vergleichsgruppen aus der Umfrage gefüllt.

3.1.2 Befragungsergebnisse

Die telefonische Umfrage ergab für die Heizperiode 2022/23, dass 36,8 % der befragten Haushalte ausschließlich oder überwiegend Holz als Brennstoff verwenden (Abbildung 38). Die Daten aus dem Mikrozensus 2022 weisen für Bayern 6,401 Mio. Haushalte aus (BLFS 2023A)³⁹. Hochgerechnet auf diese Anzahl ergeben sich in Bayern 2,36 Mio. Haushalte, die nur oder teilweise mit Holz heizen. Damit ist der Anteil der Holzheizer gegenüber dem Berichtsjahr 2020 um etwa 3,5 % gestiegen. Damals heizten 33,3 % mit Holz, das entspricht 2,26 Mio. Haushalten. Die Entwicklung der Holzheizer in Bayern ist in Abbildung 39 dargestellt.

³⁸ Der Begriff „Eigentümerstände“ berücksichtigt die verschiedenen Arten der möglichen Eigentumsverhältnisse: Alleineigentum und Eigentümergemeinschaft aus 2 oder mehreren Personen und vermeidet dadurch die Zuordnung derselben Waldfläche zu mehreren Personen (vgl. HASTREITER 2022).

³⁹ Im Vergleich zu den Erhebungen vor 2020 ist die Zahl der Haushalte gesunken. Im Jahr 2020 gab es eine methodische Änderung in der Datenerfassung, was den scheinbaren Rückgang der Haushalte ab dem Jahr 2021 erklären kann. Das Landesamt für Statistik weist aber ausdrücklich darauf hin, dass beim Vergleich zum Jahr davor Ergebnisse keinesfalls als Veränderung gedeutet werden sollten, sofern diese im niedrigen einstelligen Prozentbereich liegen.

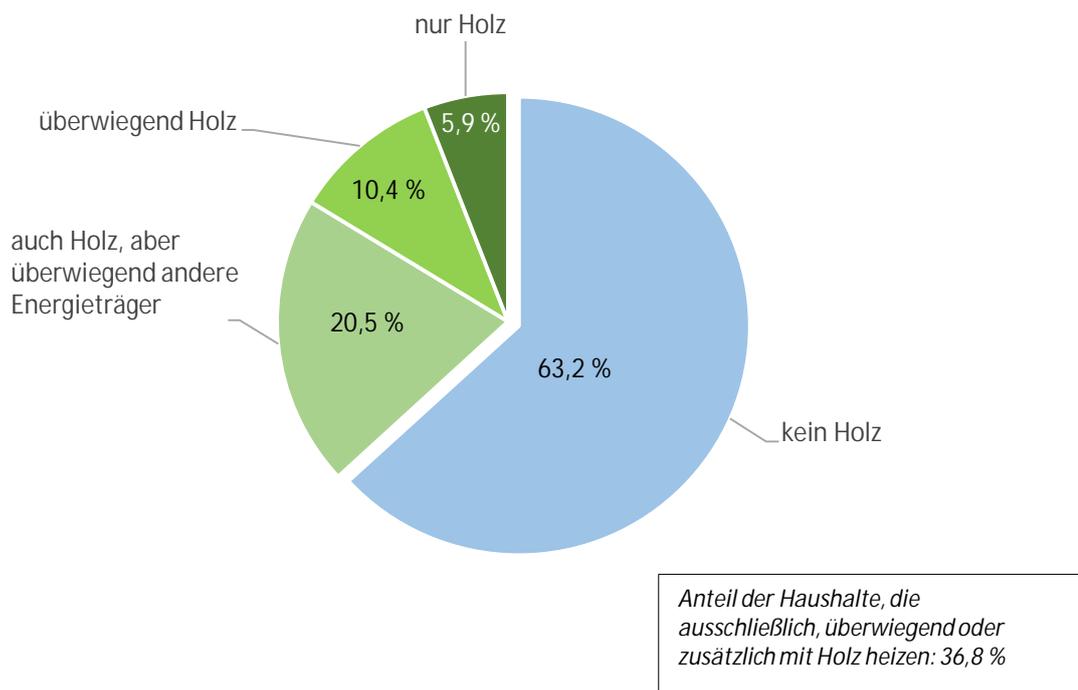


Abbildung 38: Anteile der mit Holz heizenden Haushalte in Bayern.

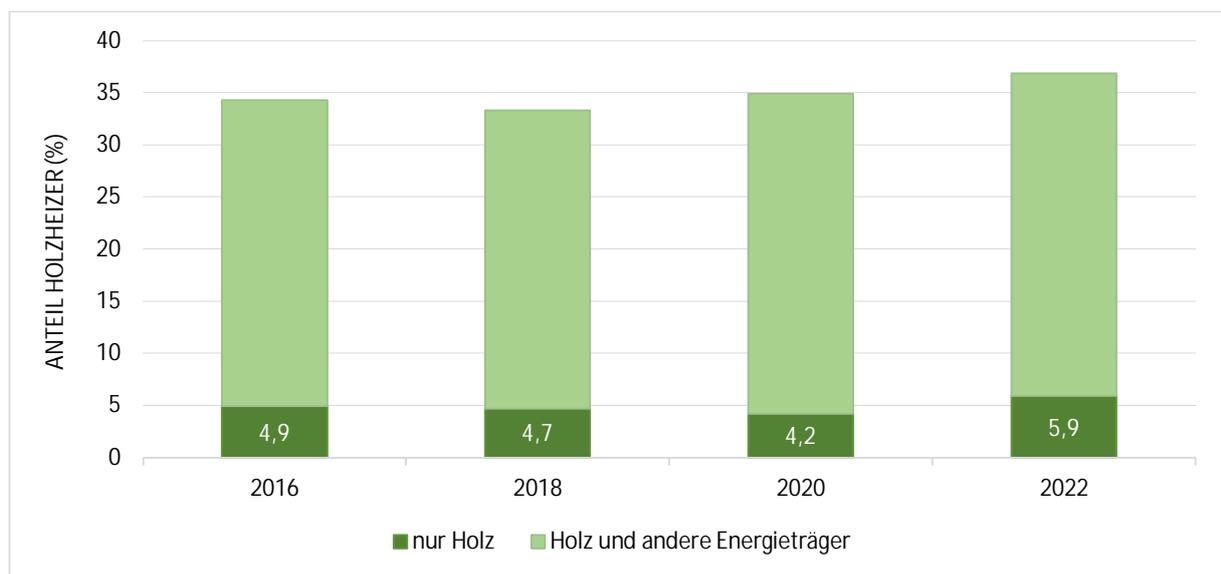


Abbildung 39: Entwicklung der Holzheizer in Bayern von 2016 – 2022⁴⁰.

Die unterschiedlichen Energieholzsortimente können in verschiedenen Heizsystemen, wie Einzelraumfeuerungen, Holzzentralheizungen, Holzheizanlagen oder in Nah- und Fernwärmesystemen eingesetzt werden. Auch eine Kombination von Anlagen ist möglich. In Bayern betreiben 32 % der Haushalte eine oder mehrere Einzelraumfeuerungen. Das entspricht 87 % aller Holzheizer bzw. rund 2,0 Mio. Haushalten. Nach der Statistik des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks gab es 2022 in Bayern

⁴⁰ Seit 2016 wurden die Befragungsdaten anhand der Statistik des Schornsteinfegerhandwerks neu gewichtet. Davor wurde der Anteil der Zentralheizungen überschätzt.

insgesamt 2,7 Mio. Einzelraumfeuerungen. Die mit Holz heizenden Haushalte betrieben 6.6 % der vorhandenen Einzelraumfeuerungen in der Heizperiode 2022/23 nicht. Zudem wurde angenommen, dass 2 % der Anlagen in Haushalten stehen, die nicht mit Holz heizen und diese Anlagen auch nicht betreiben⁴¹. Von den Einzelraumfeuerstätten in Haushalten, die mit Holz heizen, zählen 3,5 % zu Feuerstätten, die aufgrund einer Allgemeinverfügung für einen beschränkten Zeitraum wieder in Betrieb genommen werden durften (STMUV 2022).

Eine Holzzentralheizung nutzen 5 % aller bayerischen Haushalte. Das entspricht 13,2 % der Holzheizer. Mit 23 % dieser Anlagen werden neben dem eigenen Haushalt weitere Gebäude beheizt. Neben der Holzzentralheizung werden in 36,2 % dieser Haushalte zusätzlich noch eine oder mehrere Einzelraumfeuerungen betrieben. Im Mittel werden mit der Holzzentralheizung 160 Quadratmeter beheizt, die durchschnittlich installierte Nennwärmeleistung liegt bei 25,1 kW⁴². Die Leistung war etwas geringer, wenn nur ein Gebäude von der Zentralheizung versorgt wurde (21,7 kW) und deutlich größer, wenn es mehrere Gebäude waren (34,5 kW). Ein Viertel dieser Heizungen wird von Personen betrieben, die nicht dem Haushalt angehören und ein Viertel der Haushalte mit Holzzentralheizung besitzt eigenen Wald.

Die Verteilung der beiden weitverbreitetsten Holzheizsysteme Einzelraumfeuerungen und Zentralheizungen nach Gebäudeart ist in Abbildung 40 dargestellt. Nah- oder Fernwärme, die aus Energieholz erzeugt wird, nutzen nur 0,6 % der bayerischen Haushalte. Das entspricht 1,6 % der Holzheizer bzw. 37.000 Haushalten. Davon betreiben 53 % zusätzlich eine oder mehrere Einzelraumfeuerungen. Auch eine Kombination von mehreren Holzheizsystemen ist möglich.

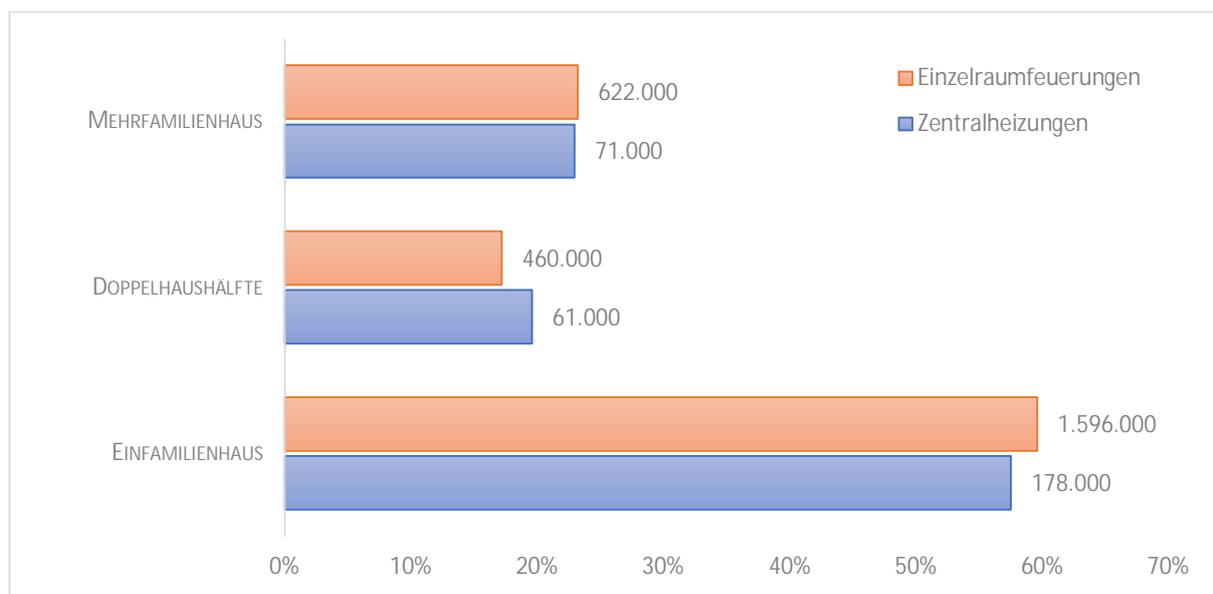


Abbildung 40: Verteilung der Einzelraumfeuerungen und der Holzzentralheizungen über die Gebäudearten im Jahr 2022. Die Prozentangaben beziehen sich jeweils auf die Gesamtheit der genannten Anlagenart. Der Wert hinter den Balken entspricht der Anlagenzahl des Heizsystems im jeweiligen Gebäudetyp⁴³.

⁴¹ Diese Einzelraumfeuerungen wurden nicht offiziell stillgelegt und werden daher, obwohl sie nicht mehr betrieben werden, weiterhin in der Statistik des Schornsteinfegerhandwerks geführt.

⁴² Eine Angabe zur Heizfläche wurden von 88 % der Haushalte mit Holzzentralheizung gemacht. Die Frage nach der Nennwärmeleistung konnten 40 % der Befragten beantworten.

⁴³ Ein Haushalt kann auch eine Kombination beider Heizsysteme nutzen. Zudem kann ein Haushalt mehrere Einzelraumfeuerungen betreiben.

6,2 % der mit Holz heizenden Haushalte beziehen ihre Wärme über eine Holzcentralheizungsanlage, die sie nicht selbst betreiben. Es handelt sich dabei durchweg um Haushalte in Häusern mit mehreren Wohnungen. Meist werden über die Anlage auch noch weitere Häuser mit Wärme versorgt. Diese Haushalte machten keine Angaben über den Holzverbrauch. Für diese Haushalte wurde kein Holzverbrauch berücksichtigt, um Doppelzählungen auszuschließen. Der Holzverbrauch kann bei den Haushalten enthalten sein, die eine Heizanlage bis 50 kW betrieben, die mehrere Gebäude versorgt oder der Verbrauch dieser Heizanlagen wird bei den mittleren Holzfeuerungen miterfasst. Auch beim Bezug von Nah- oder Fernwärme wird davon ausgegangen, dass der Verbrauch bei den Biomasseheizwerken miterfasst ist (Kapitel 3.2).

Rund 60 % der Befragten gaben an, dass sie in Ein- oder Zweifamilienhäusern wohnen. In diesen Haushalten wird weitaus häufiger mit Holz geheizt als in Mehrfamilienhäusern (Abbildung 41). Von den Haushalten mit Holzcentralheizung entfallen 77 % auf Ein- und Zweifamilienhäuser.

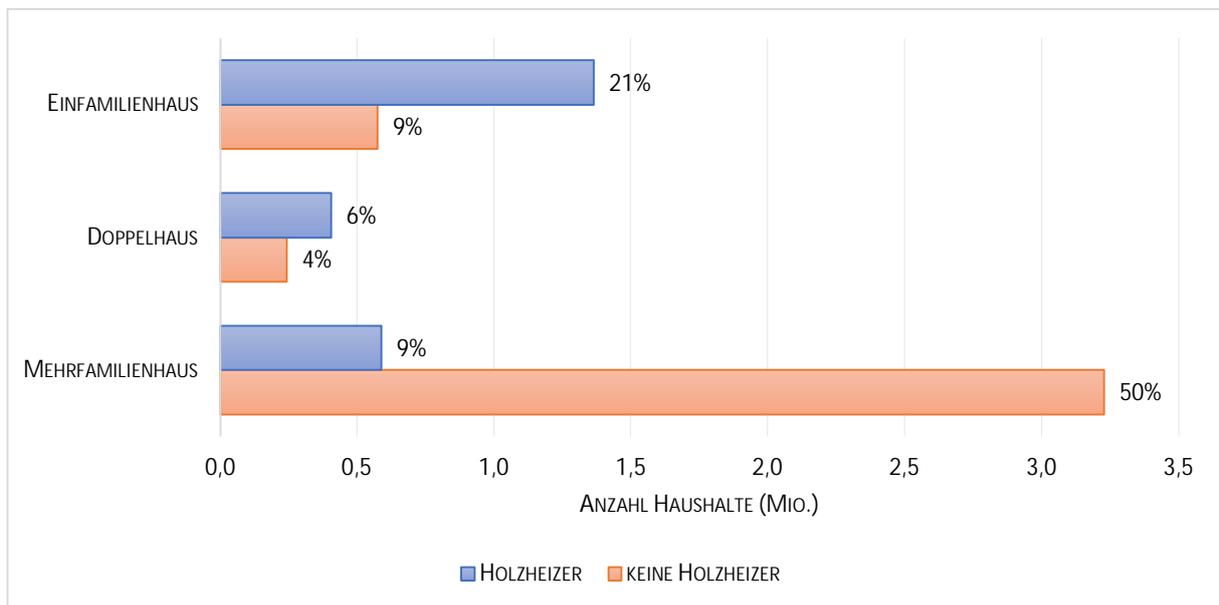


Abbildung 41: Anzahl der mit Holz heizenden Haushalten nach Gebäudetypen. Der Prozentsatz bezieht sich auf die Gesamtheit aller Haushalte von 6,4 Mio.

Verwendete Energieholzsortimente und deren Herkunft

Scheitholz wird in 82 % der mit Holz heizenden Privathaushalte verbrannt und bleibt nach wie vor das mit Abstand wichtigste Energieholzsortiment (Abbildung 42). Die Sortimente Pellets, Briketts, Altholz und Hackschnitzel nehmen eine untergeordnete Rolle ein. Auffällig ist jedoch eine Zunahme bei allen Energieholzsortimente im Vergleich zu 2020.

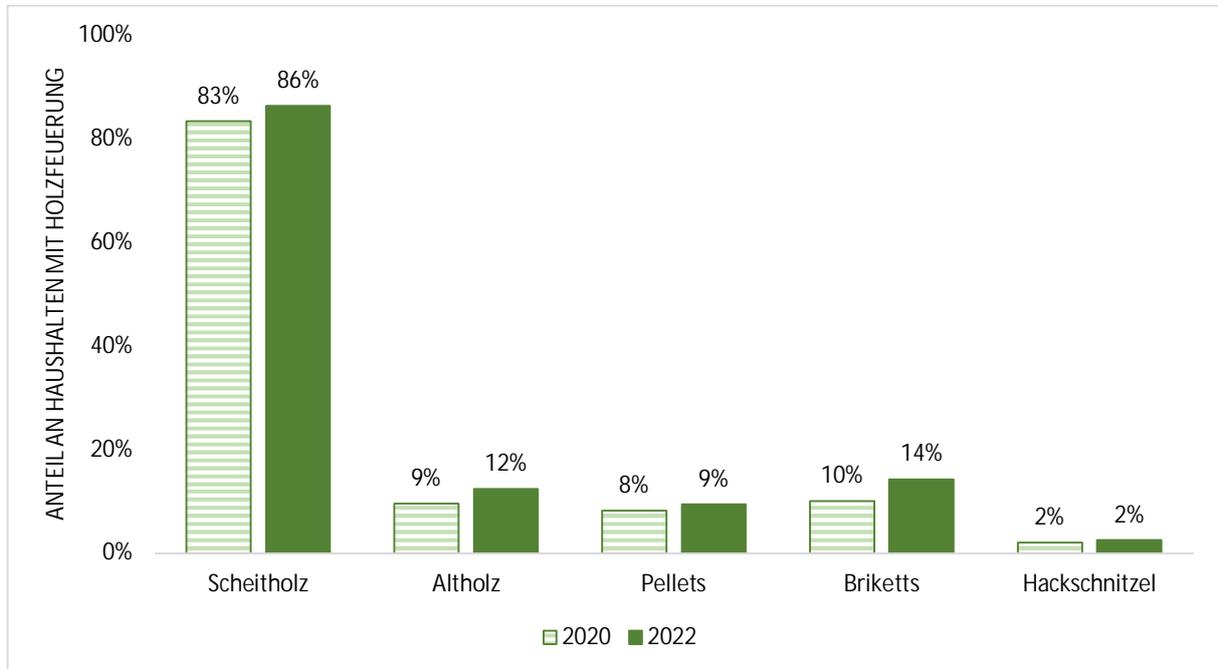


Abbildung 42: In den Privathaushalten verwendete Energieholzsortimente. Berücksichtigt sind alle mit Holz heizenden Haushalte, die eine Angabe zu den verwendeten Sortimenten gemacht haben (Mehrfachnennungen möglich).

Scheitholz ist ein regionales Produkt, welches schon mit einem geringen Mechanisierungsgrad in der forstlichen Produktion erzeugt werden kann. Dies führt dazu, dass verschiedene Bezugsquellen existieren. Der Großteil der Scheitholznutzer (70 %) bezog das Scheitholz von Waldbesitzenden oder aus dem gewerblichen Brennholzhandel (Abbildung 43). Weitere 36 % der Privathaushalte deckten ihren Scheitholzbedarf aus dem eigenen Besitz, davon kam das Holz bei 26 % aus dem eigenen Wald und bei 10 % aus dem eigenen Garten. Etwa 8 % der Haushalte versorgten sich über Selbstwerbung mit Brennholz aus Wäldern, die nicht im eigenen Besitz sind, und 6 % kauften ihr Scheitholz im Bau- oder Supermarkt.

Von den befragten Haushalten gaben 81 % der mit Scheitholz heizenden Haushalte an, nur eine Bezugsquelle für das Scheitholz zu nutzen, 17 % nutzen zwei Bezugsquellen und 3 % bezogen das Scheitholz aus drei oder mehr verschiedene Quellen. Gegenüber der Befragung 2020 haben die Haushalte das Scheitholz häufiger aus verschiedenen Quellen bezogen als noch vor zwei Jahren. Während die Energieholzsortimente Pellets und Briketts aufgrund des hohen Verarbeitungsgrades nur über den Handel bezogen werden, können Hackschnitzel insbesondere bei landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich geprägten Haushalten auch aus der eigenen Produktion stammen. Altholz hingegen stammt meist aus dem eigenen Haushalt oder Betrieb oder kann bei Holzverarbeitenden Betrieben (z.B. Zimmereien, Schreinereien) erworben werden.

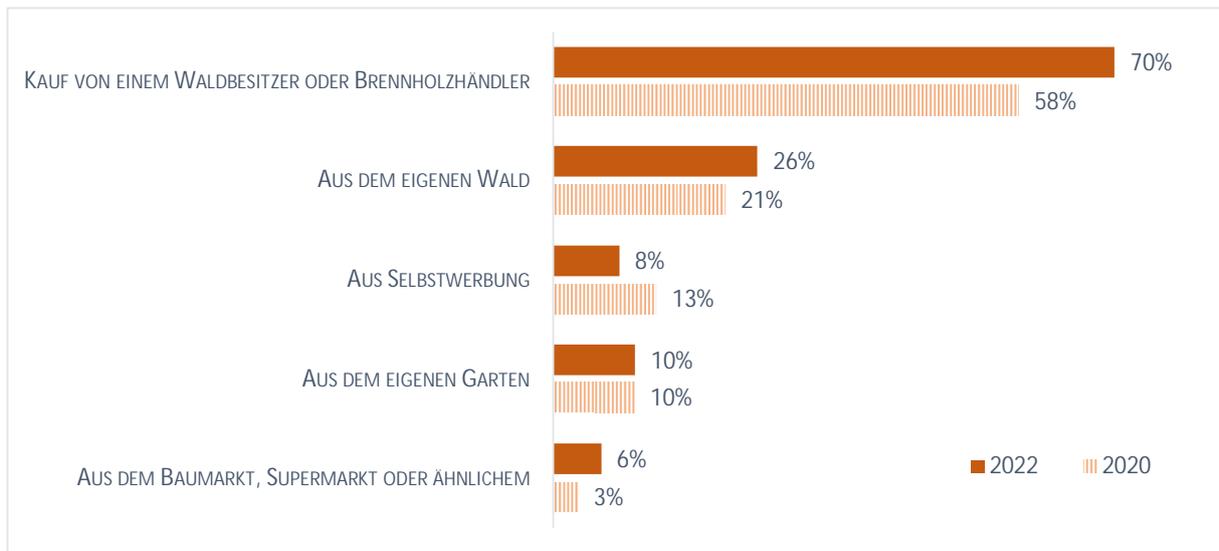


Abbildung 43: Herkunft des Scheitholzes bei Haushalten, die Scheitholz verwenden (Mehrfachnennungen möglich).

Durchschnittlicher Verbrauch an Energieholzsortimenten

Im Winter 2022/2023 haben die mit holzbasierten Energieträgern heizenden Haushalte durchschnittlich 4,3 Fm Holz verbraucht (Tabelle 19). Tendenziell steigt der Holzverbrauch mit der Haushaltsgröße. Allerdings unterscheidet sich der Verbrauch auch deutlich zwischen den Haushalten, die ausschließlich oder überwiegend mit Holz heizen von denen, die überwiegend andere Energieträger und zusätzlich noch Holzbrennstoffe verwenden („Zuheizer“). Von den Befragten Haushalten, die nur mit Holz bzw. überwiegend mit Holz heizen, betrieben 43 % ausschließlich Einzelraumfeuerungen und verbrauchten im Durchschnitt die 2,3-fache Menge an Holz im Vergleich zu den Zuheizern. Vom gesamten Energieholzverbrauch der Privathaushalte wurden 64 % von den Haushalten, die nur oder überwiegend mit Holz heizen verbraucht und 36 % durch die Zuheizern.

Tabelle 19: Durchschnittlicher Energieholzverbrauch der Haushalte im Winter 2022/23. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an. „Zuheizer“ sind Haushalte, die mit Holz heizen, aber überwiegend andere Energiequellen verwenden.

Haushaltsgröße	Nur Holz oder überw. Holz		Zuheizer		Alle Holzheizer	
	Anteil an Haushalten	Holzverbrauch (Fm)	Anteil an Haushalten	Holzverbrauch (Fm)	Anteil an Haushalten	Holzverbrauch (Fm)
1 Person	2,6 %	4,0	1,5 %	2,3	4,1 %	3,4
2 Personen	6,8 %	5,6	9,5 %	2,7	16,3 %	3,9
3 Personen	2,8 %	7,1	4,0 %	2,7	6,8 %	4,5
4 Personen	31 %	7,9	4,2 %	3,4	7,3 %	5,3
5+ Personen	0,9 %	9,8	1,4 %	3,1	2,2 %	5,8
Gesamt	16,2 %	6,3	20,5%	2,7	36,7 % ⁴⁴	4,3

⁴⁴ Haushalte, die ihre Wärme von einer Heizungsanlage beziehen, die sie nicht selbst betreiben, sind darin nicht enthalten.

Der Holzverbrauch eines Haushalts hängt neben der Personenzahl auch von der mit Holz beheizten Wohnfläche ab. Dieser Zusammenhang ist stark ausgeprägt bei Haushalten ab 100 m² Fläche, die nur oder überwiegend mit Holz heizen. Bei den Haushalten, die überwiegend mit anderen Energieträgern heizen, ist keine Tendenz erkennbar (Tabelle 20). Haushalte, die nur über Einzelraumfeuerungen heizen, verbrauchten durchschnittlich 2,7 Fm pro Anlage. Der Holzverbrauch von Haushalten, die ausschließlich eine Holzzentralheizung betreiben, lag im Schnitt bei 12,5 Fm pro Anlage.

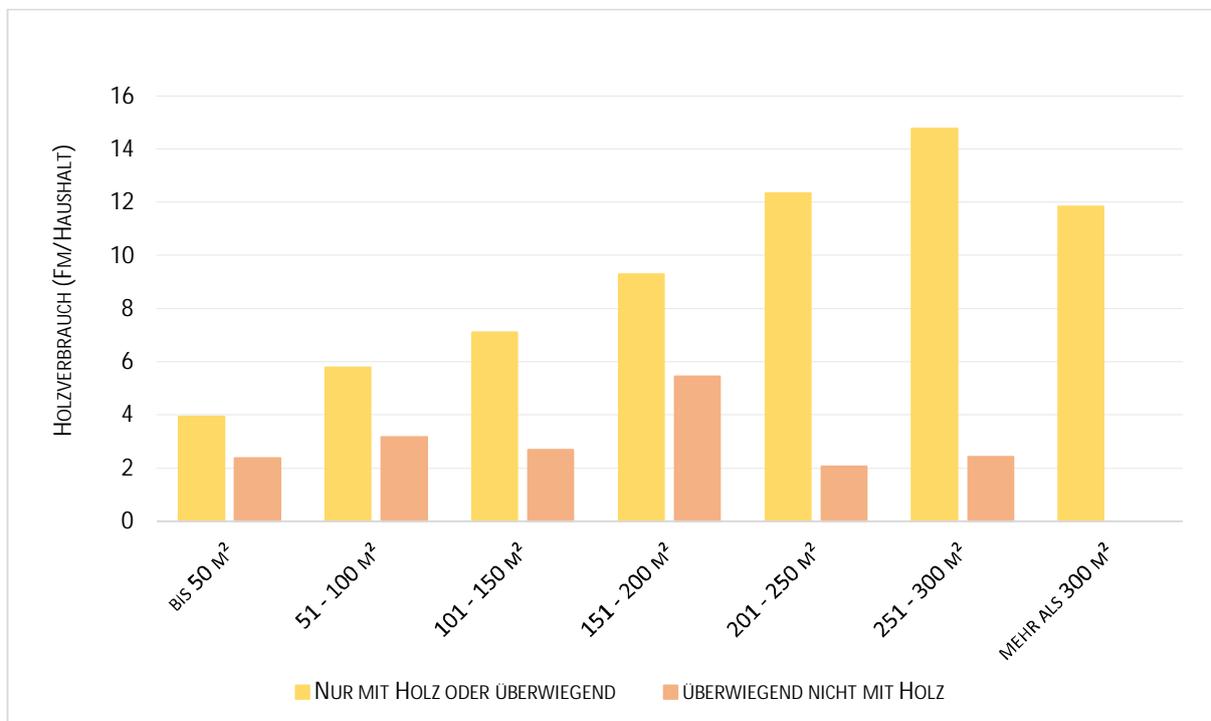


Abbildung 44: Holzverbrauch in Abhängigkeit von der mit Holz beheizten Wohnfläche für Haushalte, die nur oder überwiegend mit Holz heizen und solche, die überwiegend nicht mit Holz heizen. Haushalte ab 200 m² sind selten.

Tabelle 20: Energieholzverbrauch pro mit Holz beheizter Wohnfläche in Bayern 2022. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an.

Haushaltsgröße	Nur oder überwiegend mit Holz		Zuheizer		Alle Holzheizer	
	Anteil an Haushalten	Holzverbrauch [Fm/ HH]	Anteil an Haushalten	Holzverbrauch [Fm/ HH]	Anteil an Haushalten	Holzverbrauch [Fm/ HH]
bis 50 m ²	2,4 %	3,9	10,9 %	2,4	13,2 %	2,7
mehr als 50 bis 100 m ²	5,1 %	5,8	5,4 %	3,2	10,5 %	4,4
mehr als 100 bis 150 m ²	2,7 %	7,1	0,9 %	2,7	3,6 %	6,0
mehr als 150 bis 200 m ²	1,1 %	9,3	0,4 %	5,5	1,5 %	8,3
mehr als 200 bis 250 m ²	0,5 %	12,3	0,2 %	2,1	0,7 %	9,1
mehr als 250 bis 300 m ²	0,3 %	14,8	0,2 %	2,4	0,6 %	9,4
mehr als 300 m ²	0,3 %	11,8			0,3 %	11,8

Energieholzverbrauch nach Sortimenten

Die in der Umfrage ermittelten Energieholz-Verbrauchsmengen wurden sortimentsweise für Bayern hochgerechnet und sind in Tabelle 21 dargestellt. In der Heizperiode 2022/23 verbrauchten die bayerischen Privathaushalte insgesamt 3 % mehr Energieholz als im Winter 2020/21. Die Hackschnitzelverbrauch ist um 4 % gestiegen, der Pelletsverbrauch hat sich mit +82 % fast verdoppelt. Beide Energieholzsorimente werden überwiegend in Zentralheizungen eingesetzt. Besonders stark angestiegen ist auch der Verbrauch von Holzbriketts (+70 %). Bei Altholz ist der Verbrauch nahezu unverändert geblieben. Der Verbrauch von Scheitholz, welches sowohl in Einzelraumfeuerungen als auch in Zentralheizungen verwendet wird, ist um 8 % gesunken. Scheitholz bleibt mit 71 % Anteil das wichtigste Energieholzsortiment in den Privathaushalten.

Nach DÖRING ET AL. (2023) stammten 2020 in Deutschland 11,4 % des Scheitholzes aus dem Garten, 3,3 % aus der Landschaftspflege und 85,3 % aus dem Wald. Übertragen auf die ermittelte Gesamtmenge entspräche das einer Menge von 0,83 Mio. Fm aus dem Garten, 0,24 Mio. Fm aus der offenen Landschaft und 6,20 Mio. Fm aus dem Wald.

Tabelle 21: Verbrauch der einzelnen Energieholzsorimente in den bayerischen Privathaushalten aus den Umfragen für die Heizperioden 2020/21 und 2022/23. Der Anteil der Sortimente bezieht sich auf die gesamte in den Privathaushalten eingesetzte Energieholzmenge des jeweiligen Erhebungsjahrs. Die Änderung bezieht sich auf die Veränderung innerhalb eines Sortiments zwischen den Erhebungen.

Energieholz-Sortiment	2020/21		2022/23		Änderung
	[Fm]	Anteil [%]	[Fm]	Anteil [%]	
Scheitholz	7.862.000	79 %	7.265.000	71 %	-8 %
Altholz	439.000	4 %	445.000	4 %	+1 %
Pellets	842.000	8 %	1.532.000	15 %	+82 %
Briketts	266.000	3 %	453.000	4 %	+70 %
Hackschnitzel	577.000	6 %	578.000	6 %	+4 %
Summe	9.956.000	100 %	10.273.000	100 %	+3 %

3.1.3 Entwicklung der Investitionen im Gebäudebestand

Um die aktuelle Entwicklung von Investitionen abschätzen zu können, wurden die mit Holz heizenden Haushalte gefragt, ob sie sich innerhalb der vergangenen fünf Jahre eine Holzheizung oder Einzelraumfeuerungsanlage angeschafft haben und wenn ja, ob diese ein Ersatz für eine bestehende Holzheizung war. Ebenso wurden alle Haushalte gefragt, ob sie in den letzten fünf Jahren eine Holzheizung stillgelegt haben und ob diese Stilllegung aufgrund gesetzlicher Bestimmungen geschah. Eine in die Zukunft gerichtete Frage zielte darauf ab, ob eine Investition in eine Holzheizung in den nächsten fünf Jahren geplant ist.

Von den Holzheizern haben 16,9 % bzw. 399.000 Haushalte in den vergangenen 5 Jahren in eine neue Holzheizung investiert, das entspricht 6,2 % aller bayerischen Haushalte (Tabelle 22). Von den Neuananschaffungen dienten 46 %, das entspricht 183.000 Anlagen, als Ersatzbeschaffung für eine alte Holzfeuerungsanlage und 54 % ersetzen Heizungen mit anderen Energieträgern oder ergänzen bestehende Heizungssysteme. Damit hat sich der Bestand an Holzfeuerungen um 216.000 Anlagen erhöht. Rund 23.000 alte Holzfeuerungsanlagen wurden durch Holzzentralheizungen ersetzt. Der gesicherte

Neuzugang⁴⁵ beim Bestand der Holzzentralheizungen beträgt 25.000 Anlagen. Nach den Daten des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks erhöhte sich der Bestand an Holzzentralheizungen zwischen 2020 und 2022 allerdings um 35.000. In den letzten 5 Jahren wurden hochgerechnet 176.000 Holzheizungen stillgelegt. Damit stehen den 183.000 Ersatzbeschaffungen nur 107.000 Haushalte gegenüber, die aktuell mit Holz heizen und während der vergangenen fünf Jahre eine Holzheizung stillgelegt haben. Die Diskrepanz kann möglicherweise dadurch erklärt werden, dass unter den Befragten eine Stilllegung nur dann als solche angegeben wird, wenn kein Ersatz beschafft wurde. Bei 33 % dieser Haushalte erfolgte die Stilllegung aufgrund gesetzlicher Bestimmungen. Die Neuanschaffung einer Holzfeuerung in den nächsten fünf Jahren planen 241.000 Haushalte, das entspricht 3,8 % aller Haushalte. Davon entfallen 102.000 auf geplante Ersatzbeschaffungen von bestehenden Holzheizanlagen und rund 140.000 auf reine Neuanschaffung.

Im Vergleich zur Erhebung 2020/21 sind alle Aktivitäten zurückgegangen. Bei den realisierten Neuanschaffungen in den letzten fünf Jahren ging vor allem der Anteil der Ersatzbeschaffungen für bestehende Anlagen zurück. Bei den Stilllegungen sind gesetzliche Vorgaben seltener ein Grund zur Stilllegung und andere Gründe haben dafür leicht zugenommen.

Tabelle 22: Stilllegungen und Neuanschaffungen von Holzheizungen aller Arten während der vergangenen fünf Jahre sowie geplante Anschaffungen in den nächsten fünf Jahren. Die Anteile beziehen sich auf die gesamten Haushalte in Bayern 2022.

Aktivität	Haushalte %	davon	Grund
Neuanschaffung in den letzten 5 Jahren realisiert	6,2 %	2,9 %	Ersatz bestehender Anlage
		3,4 %	Neue Anlage
Neuanschaffung in den nächsten 5 Jahren geplant	3,8 %	1,6 %	Ersatz bestehender Anlage
		0,8 %	Nicht als Ersatz bestehender, aber schon Holzheizer
		0,8 %	Nicht als Ersatz bestehender, aktuell kein Holzheizer
Stilllegung in den letzten 5 Jahren	2,8 %	1,1 %	Nicht wegen gesetzlicher Bestimmungen, Holzheizer
		0,7 %	Nicht wegen gesetzlicher Bestimmungen, kein Holzheizer
		0,5 %	Wegen gesetzlicher Bestimmungen, Holzheizer
		0,4 %	Wegen gesetzlicher Bestimmungen, kein Holzheizer

Aktuelle Entwicklungen der Energieträger in Neubauten

Hinsichtlich der Holzheizquote spielt das Gebäudealter eine entscheidende Rolle (Abbildung 45). Rund ein Viertel der Befragten lebt in Gebäuden bis Baujahr 1960. Während in Gebäuden bis Baujahr 1920 noch etwa die Hälfte der darin wohnenden Haushalte mit Holz heizen, geht der Anteil der Holzheizer bei den neueren Gebäuden bis 1980 deutlich auf 30 % zurück. Insbesondere zwischen 1961-1980 ist der geringe Holzheizungsanteil vermutlich auf den damals besonders niedrigen Ölpreis zurückzuführen. In den Gebäuden von 1981-2000 liegt der Anteil der Holzheizer wieder bei knapp der Hälfte. In den neueren Gebäuden sinkt der Anteil der Haushalte, die mit Holz heizen, kontinuierlich und liegt aktuell bei etwa einem Viertel.

⁴⁵ Der gesicherte Neuzugang entspricht den Anlagen, die nicht als Ersatzbeschaffung für eine alte Holzfeuerung dienen.

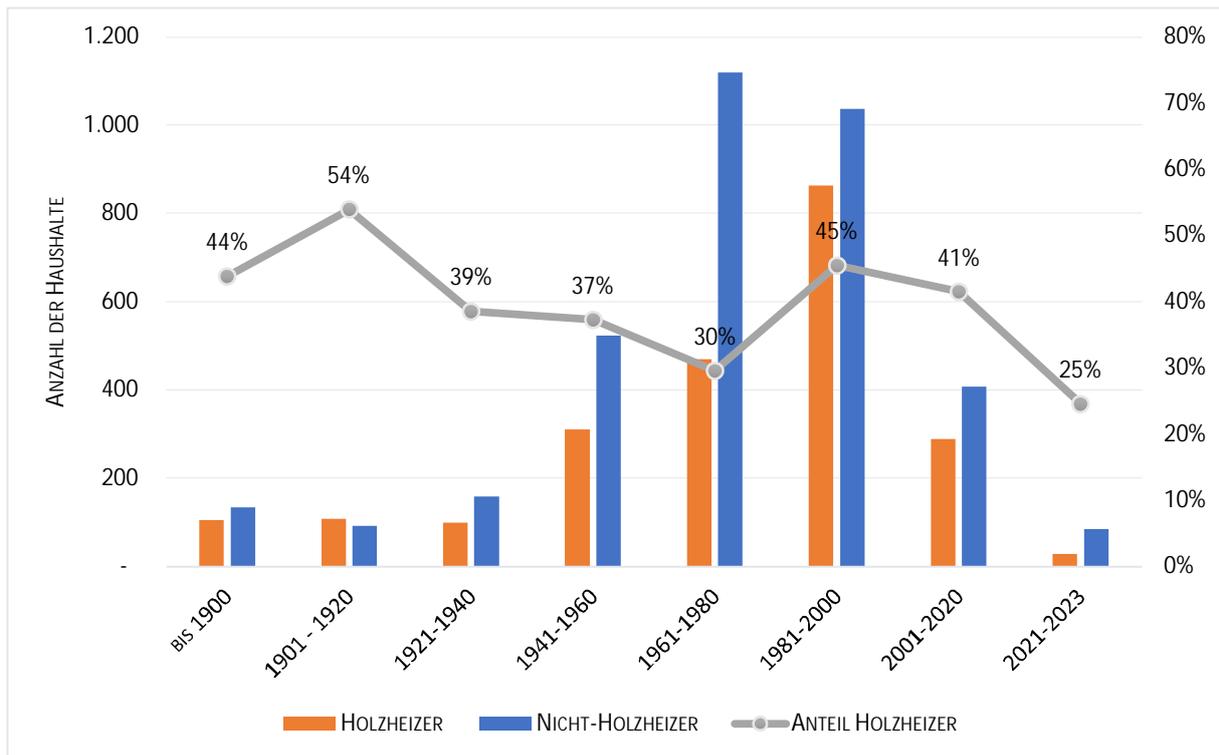


Abbildung 45: Holzheizquote in Abhängigkeit vom Baujahr des bewohnten Gebäudes. Das Gebäudealter wurde von 93 % der Befragten angegeben.

Für die neuere Entwicklung gilt es, zwischen Holz als primären und sekundären Energieträger zu unterscheiden. Die Daten zu den Baufertigstellungen in Abbildung 47 des Bayerische Landesamt für Statistik zeigen, dass 2022 in 8 % der neugebauten Wohngebäude (inkl. Renovierungen) Holz als primärer Energieträger verwendet wird (BLFS 2023B). Es kann davon ausgegangen werden, dass die Wärmeversorgung in diesen Gebäuden ausschließlich über Holzzentralheizungen realisiert wird. Für den Zeitraum von 2011 bis 2022 entspräche dies einem Zugang von 30.000 Holzzentralheizungen durch Wohnungsneubauten. Von 2010 bis 2022 wurden in Bayern rund 173.000 neue Holzzentralheizungen zwischen ≥ 4 und ≤ 50 kW Nennwärmeleistung installiert (LIV 2023). Der weit überwiegende Anteil davon muss somit in schon bestehenden Gebäuden als Ersatz oder Erweiterung bestehender Anlagen installiert worden sein⁴⁶. Im Jahr 2022 wurden entsprechend der Baufertigstellungsanzeigen insgesamt 2.000 Holzzentralheizungen in Neubauten verbaut. Seit 2015 ist sowohl anteilig als auch absolut ein Rückgang von Holz als primäre Energiequelle in den Neubauten zu verzeichnen. Der große Gewinner bei den Heizsystemen in Neubauten sind die Wärmepumpen und damit ein strombasiertes System. Inzwischen werden in jedem zweiten neuen Wohngebäude Wärmepumpen als primäre Heizsysteme eingebaut.

Anhand der Statistik des Schornsteinfegerhandwerks ist in Abbildung 46 die Brennstoffnutzung bei den bayerischen Holzzentralheizungen dargestellt. Seit 2014 ist der Anlagenbestand der mit Holz betriebenen Zentralheizungen insgesamt um 20 % auf 315.000 Anlagen gestiegen. Während der Anteil der mit Scheitholz betriebene Anlagen im Bestand sinkt, steigen insbesondere die Anteile der Pelletsheizungen. Der Rückgang der Scheitholzzentralheizungen kann zum einen durch Stilllegungen dieser Anlagen

⁴⁶ Von den zwischen 2020 und 2022 neu installierten Holzzentralheizungen dienten 27 % dem Ersatz alter Holzzentralheizungen und 73 % sind Neuzugänge, die entweder Heizsysteme mit anderen Brennstoffen ersetzen oder in Neubauten installiert wurden (eigene Berechnung aus den Daten des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks).

erklärt werden. Zum anderen werden aber auch bei Neubeschaffungen von Holzcentralheizungen zunehmend Pelletsheizungen installiert. In den Jahren 2021/22 wurden um 64 % mehr Holzcentralheizungen neu eingebaut als 2019/20.

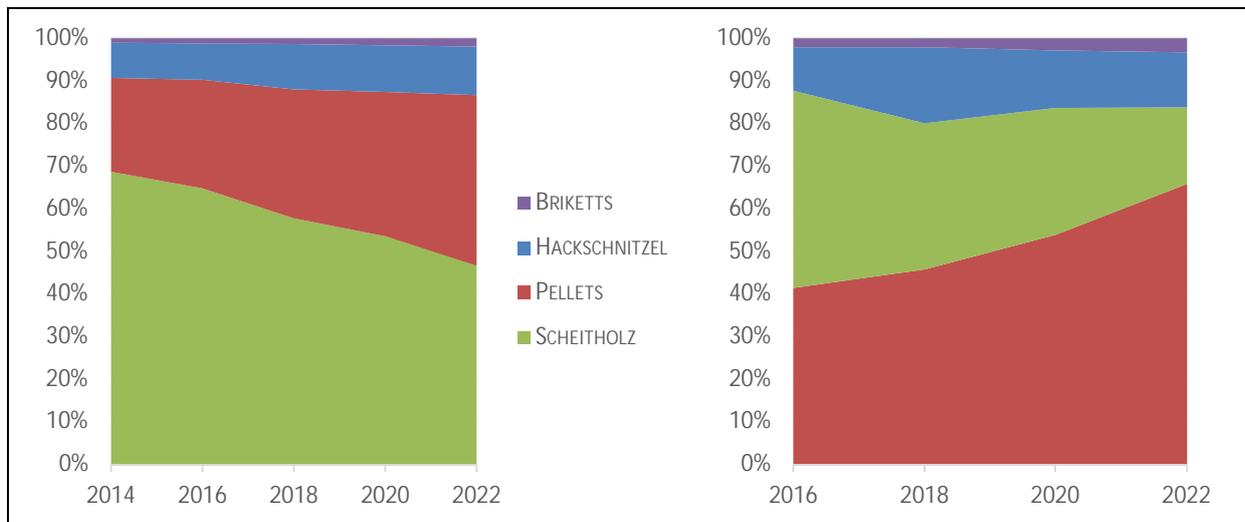


Abbildung 46: Anteil der Brennstoffe am gesamten Bestand der Holzcentralheizungen (links) und die Anteile der Brennstoffe bei neu installierten Anlagen seit 2010 (rechts). Die Zahlen beziehen sich auf Zentralheizungen im Leistungsbereich von $\geq 4 \text{ kW} \leq 50 \text{ kW}$. (Quelle: Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks 2024, eigene Darstellung).

Knapp die Hälfte (47 %) der neu errichteten Wohngebäude verfügten 2022 über eine weitere Energiequelle. Holz ist als sekundärer Energieträger wesentlich bedeutender als alle anderen Energieträger zusammen (Abbildung 48). In einem Viertel der Neubauten kann zusätzlich mit Holz geheizt werden. Doch auch hier ist die Holzenergie zugunsten von Stromheizungen rückläufig.

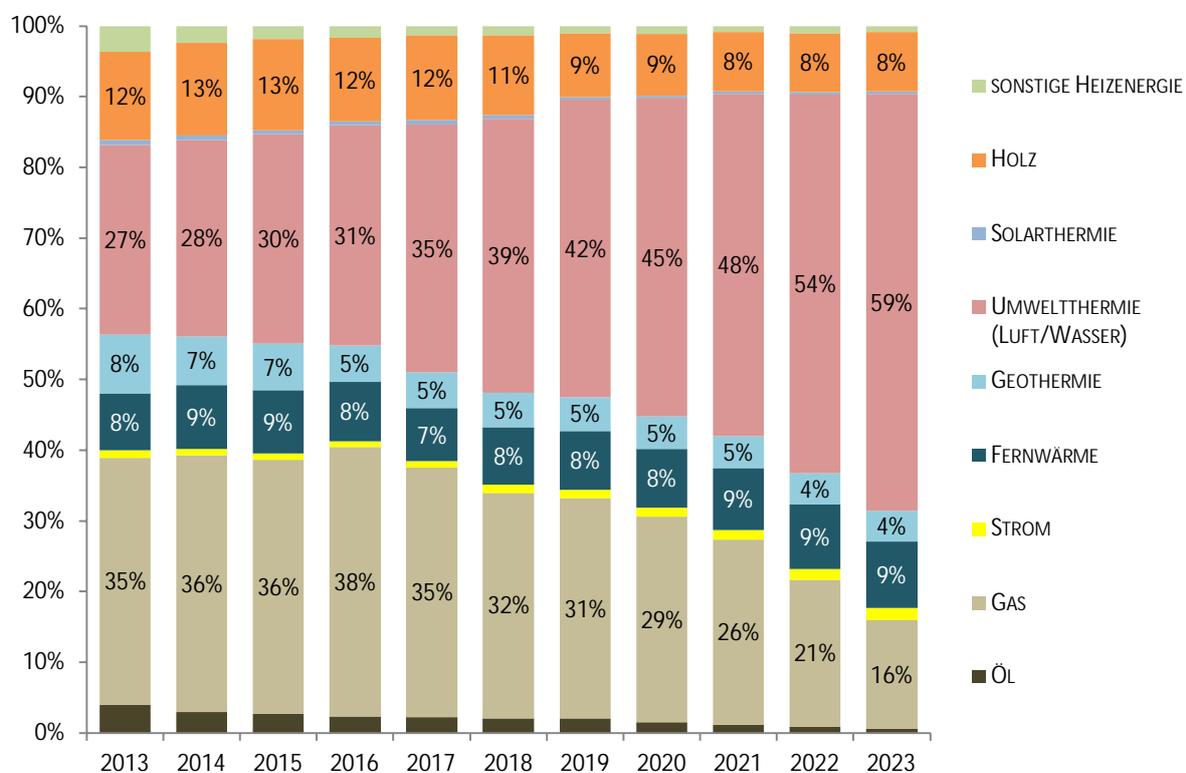


Abbildung 47: Primärenergieträger in neugebauten Wohngebäuden in den Jahren 2013 bis 2023 in Bayern. Im Jahr 2022 gab es 23.300 Neubauten von denen 2.000 primär mit Holz beheizt wurden. (Quelle: BLFS 2023B).

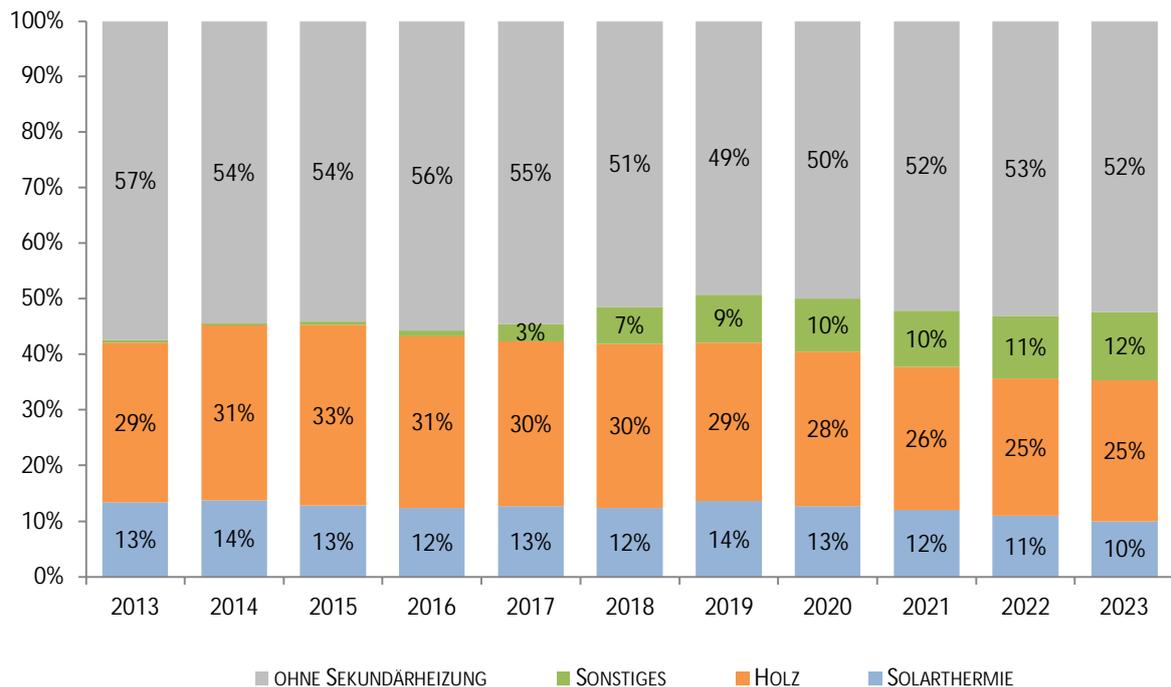


Abbildung 48: Sekundäre Energieträger in neuen Wohngebäuden in Bayern der Jahre 2012 bis 2022. Von den 23.300 Neubauten können 5.700 zusätzlich mit Holz beheizt werden (Quelle: BLFS 2023B).

In Abbildung 49 wird die Entwicklung bei den Wohnungsneubauten dargestellt. Im Betrachtungszeitraum steigt die Wohnungsbautätigkeit kontinuierlich bis 2020 an. Durch Corona, hochpreisige Baustoffe und die Energiekrise wurde die Neubautätigkeit schließlich gedämpft. Im Jahr 2022 wurden rund 23.000 neue Wohngebäude errichtet. Seit 2012 nahm der Wohnungsbau um knapp 9 % zu. Dabei stieg die Zahl der Holzbauten überproportional, sodass Holzhäuser 2023 einen Anteil von gut 25 % an den neuen Wohngebäuden hatten.

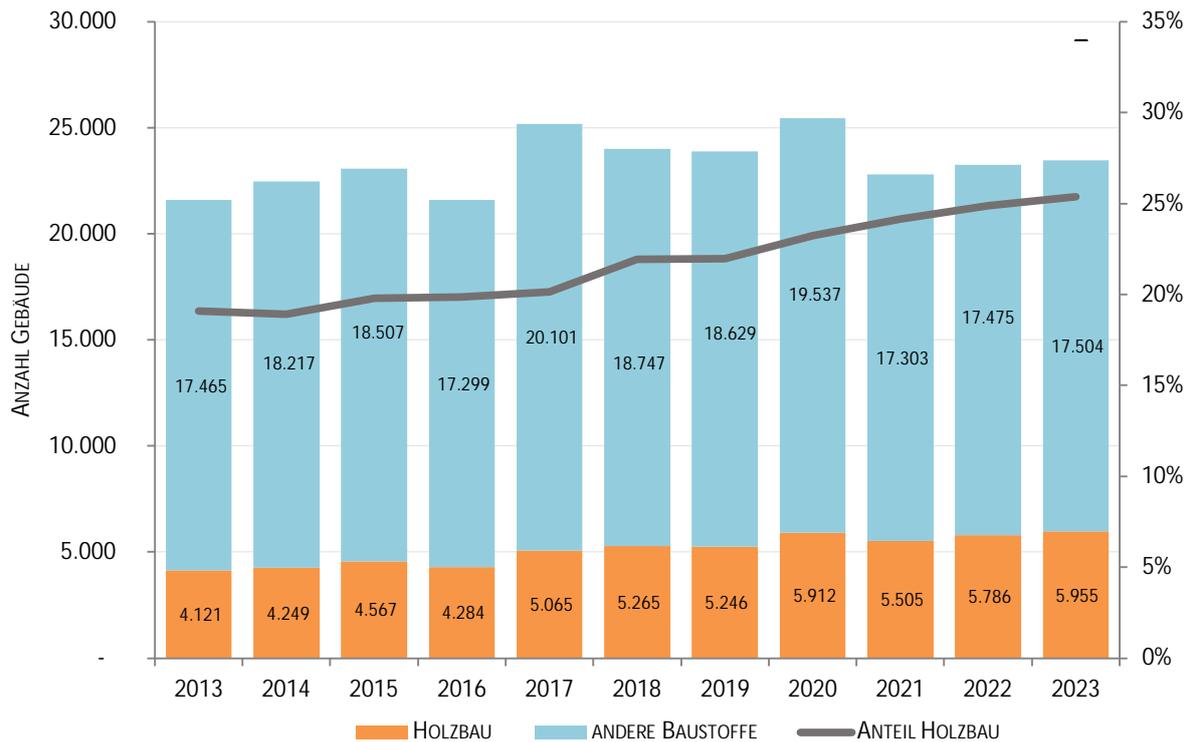


Abbildung 49: Anzahl der neugebauten Wohngebäude in Bayern der Jahre 2013 bis 2023. Die Holzbaquote zeigt den Anteil der ganz oder überwiegend aus Holz gebauten Gebäuden an der Gesamtzahl der Neubauten (Quelle: BLFS 2023b).

Rechnet man die Zahl der 2022 und 2023 neu errichteten Wohngebäude, welche Holz als primären und sekundären Energieträger nutzen, zusammen, ergibt sich ein Anteil von 33 % der Neubauten, in denen mit Holz geheizt werden kann. Dies ist deutlich mehr als der Anteil der Haushalte im gleichen Betrachtungszeitraum in Abbildung 45. Allerdings gilt es zu beachten, dass neben einer Holzzentralheizung zusätzlich auch Einzelraumfeuerungen installiert werden können, sodass vermutlich in manchen Neubauten Holz sowohl der primäre als auch sekundäre Energieträger ist.

3.1.4 Wintertemperaturen in Bayern

Die Witterung bzw. die Temperatur im Speziellen ist ein wesentlicher Einflussfaktor auf den Brennstoffverbrauch zum Heizen von Wohnungen und Gebäuden. Um diesen Faktor zu erfassen, werden als Maßzahl sogenannte Heizgradtage errechnet. In Deutschland wurde die Heizgrenze bei 15°C festgelegt (vgl. DIN V 4108-6). Heiztage sind demnach Tage, an denen das Tagesmittel der Außentemperatur unter der Heizgrenze liegt. Für solche Heiztage werden die Differenzen zwischen der Außentemperatur und der Heizgrenztemperatur gebildet und zu einem Monatswert aufsummiert (IWU 2024). Ein Beispiel: Liegt die Außentemperatur an einem Tag bei 5°C, dann ergibt sich eine Differenz von 10 Kelvin (15°C – 5°C). Diese Differenz wird zu den Heizgradtagen gezählt. Damit stellen Heizgradtage eine Temperatursumme dar. Die Heizgradtage aller Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sind beim Institut Wohnen und Umwelt aus Darmstadt abrufbar (IWU 2024).

Um für die Auswertung einen Wert für Bayern zu bekommen, wurden zehn gleichmäßig über die Fläche Bayerns verteilte Wetterstationen des DWD verwendet⁴⁷. Die dort gemessenen Heizgradtage wurden für die Heizperiode, also dem Zeitraum von September bis Mai des Folgejahres aufsummiert. Um

⁴⁷ Augsburg, Bamberg, Fichtelberg, Hof, Hohenpeißenberg, Kempten, München/Flughafen, Nürnberg, Straubing, Würzburg.

den Energieholzverbrauch über Bayern realistisch abzubilden, wurden die Heizgradtage entsprechend den Bevölkerungszahlen in den betrachteten Städten gewichtet⁴⁸.

Die Zeitreihe der gewichteten Heizgradtage zeigt die letzten 20 Jahre eine abnehmende Tendenz (Abbildung 50). Auf einen außergewöhnlich warmen Winter 2019/20 folgten zwei Heizperioden im langjährigen Mittel. Im Vergleich zur Heizperiode 2020/21 war es 2022/23 um 4 % wärmer (2.260 Kelvin).

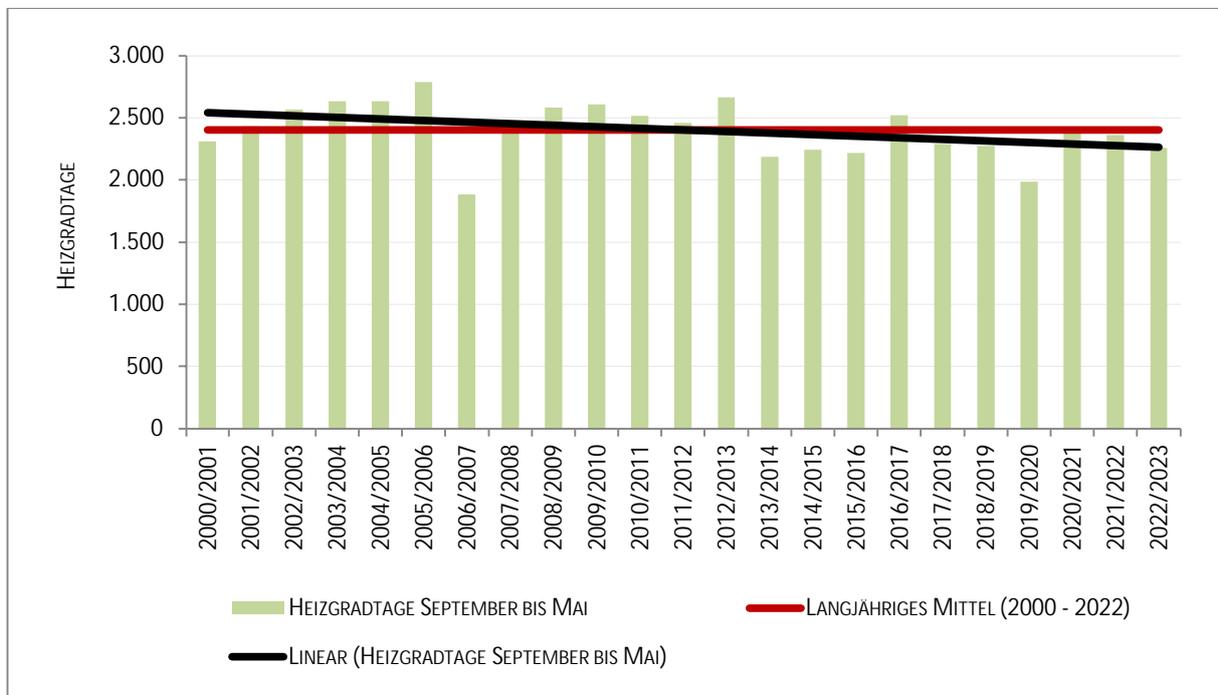


Abbildung 50: Heizgradtage in der Heizperiode 2000/01 bis 2022/23 in Bayern (gewichtet). Je größer eine Säule ist, desto kälter war die Heizperiode. Das Langjährige Mittel entspricht dem Mittelwert aller Heizperioden im Betrachtungszeitraum. Die gestrichelte Linie zeigt in der Tendenz einen Rückgang der Heizgradtage pro Jahr.

3.1.5 Diskussion

In der Heizperiode 2022/23 haben die bayerischen Privathaushalte 10,3 Mio. Fm Energieholz verbraucht. Das ist ein um 3 % höherer Verbrauch als in der Heizperiode 2020/21. Der Verbrauch hat sich bei allen Energieholzsportimenten mit Ausnahme des Scheitholzes gesteigert.

Der Witterungsvergleich der Heizperioden 2020/21 und 2022/23 ließe aufgrund des milderen Winters eigentlich eine Verbrauchsabnahme erwarten. Als erheblicher Treiber für den Mehrverbrauch wird die Energiekrise gesehen, ausgelöst mit Beginn des Ukrainekriegs am 24.02.2022. Stark steigende Preise für fossile Energieträger wie Gas und Öl führten, sofern möglich, zu Substitutionskäufen mit Energieholzsportimenten und großzügiger Vorratshaltung bei Privathaushalten. Dies führte im Zusammenspiel mit den ebenfalls stark gestiegenen Erzeugerpreisen (DESTATIS 2024A) zu einer historischen Preissteigerung bei allen holzbasierten Energieträgern (METSCH UND RIEBLER 2023). Der deutlich gestiegene Ener-

⁴⁸ Zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Datengrundlagen können die Heizgradtage dazu verwendet werden, den Energieholzverbrauch der Heizperioden auf die Kalenderjahre umzulegen. Dafür werden die Verbrauchsmengen zwischen den Erhebungsjahren der Energieholzmarktberichte interpoliert. Die Heizgradtage der 10 Stationen in Bayern werden dazu monatsweise gewichtet und aufsummiert. Daraus ergeben sich bevölkerungsgewichtete, durchschnittliche Heizgradtage pro Monat in Bayern. Diese werden dann anteilig der Monate den Heizperioden zugeordnet. Im Bezug zur gesamten Heizgradtageszahl pro Kalenderjahr gesetzt ergibt sich daraus jeweils der Anteil des in einer Heizperiode verbrauchten Energieholzes pro Kalenderjahr.

gieholzverbrauch in den Privathaushalten ist auf eine starke Steigerung der eingesetzten Pelletsmengen (+ 82 %) zurückzuführen. Grund dafür ist ein Anlagenzuwachs von 31.000 Pellet-Zentralheizungen. Für den Heizungswechsel von fossilem Heizöl hin zu Holzenergie sind gerade Pelletsheizungen eine attraktive Option. Der Raumbedarf für die Brennstofflagerung von Pellets ist vergleichbar mit Ölheizungen, was einen Heizungstausch deutlich vereinfacht.

Auffällig ist, dass sich die Haushalte nach Möglichkeit scheinbar auch mit verschiedenen Sortimenten eingedeckt haben (Abbildung 42). Dies könnte auf ein Ausweichen auf nicht fossile Brennstoffe, aber auch auf eine Wiederinbetriebnahme von bereits stillgelegten Einzelraumfeuerungen hindeuten.

Der Verbrauch des wichtigsten Energieholzsortiments, dem Scheitholz, ist um 8 % gesunken, wie es aufgrund der warmen Witterung und dem Rückgang der mit Scheitholz betriebenen Zentralheizungen zu erwarten war. Zwar wurden im Jahr 2022 aufgrund einer Allgemeinverfügung 3,5 % aller betriebenen Einzelraumfeuerungen aus dem bereits still gelegten Bestand wieder in Betrieb genommen. Daraus dürfte sich u. a. die enorme Nachfragesteigerung nach Scheitholz erklären, zu einem Mehrverbrauch hat diese Entwicklung letztendlich jedoch nicht geführt. Laut einer Studie für Niedersachsen werden etwa 10 % aller Einzelraumfeuerungen nicht betrieben (KOMPETENZZENTRUM 3N 2015). Die Privathaushaltsumfrage 2022 zeigt, dass in Bayern 6,6 % der Einzelraumfeuerungen im Erhebungsjahr nicht betrieben wurden. Zusammen mit den Einzelraumfeuerungen, die wieder in Betrieb genommen wurden, kann diese Annahme aus Niedersachsen bestätigt werden.

Scheitholz als wichtigstes Sortiment wird zum großen Teil aus dem Wald gewonnen. Nach den Ergebnissen der Holzeinschlagsstatistik wurde 2022 eine Menge von 5,46 Mio. Efm mit Rinde in den bayerischen Wäldern eingeschlagen. Verbraucht wurden in Bayern rund 7,27 Mio. Efm mit Rinde Scheitholz aus dem Wald. Damit ergibt sich eine Differenz von 1,81 Mio. Efm mit Rinde. Der Brennholzeinschlag in Bayern war 2022 um 13 % höher als 2021. Möglicherweise hat das professionellen Scheitholzgewerbe auf die erhöhte Nachfrage von Bestands- und Neukunden reagiert (METSCH UND RIEBLER 2023) und vermehrt technisch getrocknetes Scheitholz produziert. Neben Brennholz aus bayerischen Wäldern sind andere Bundesländer und das Ausland weitere Bezugsquellen für Brennholz. Allerdings wird der Binnenhandel statistisch nicht erfasst und aus dem Außenhandel lässt sich über Brennholz keine gesicherte Aussage ableiten (siehe Kap. 4.3). Während der mehrjährigen Borkenkäferkalamität fielen die größten Mengen an Käferholz in den Jahren 2017 bis 2020 in Bayern an. Möglicherweise wurde ein Teil davon, wenn es nicht verkauft werden konnte oder die Preise zu niedrig waren, obwohl es als Stammholz ausgehalten wurde, schließlich als Brennholz verwendet. Auf der anderen Seite kann auch der Energieholzverbrauch in Privathaushalten überschätzt worden sein. Es gibt allerdings keine Hinweise darauf, dass der Verbrauch systematisch überschätzt wird. Außerdem könnte es sein, dass die Holzeinschlagsstatistik das Aufkommen von Energieholz unterschätzt.

3.1.6 Fazit und Trends

Grundsätzlich ist langfristig mit einem Sinken des Energieholzverbrauches im Sektor Privathaushalte zu rechnen, da moderne Holzheizungen effizienter sind (UTH 2015) und moderne Häuser oder sanierte Gebäude immer weniger Heizenergie benötigen (CO2ONLINE 2024). Hinzu kommt, dass die Winter durch den Klimawandel wärmer werden und die Zahl der Heizgradtage tendenziell abnimmt. 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 bis 2070 (DWD 2018). Die Ergebnisse der regelmäßigen Marktberichterstattungen zeigen bisher durchgehend diesen signifikanten Zusammenhang zwischen den Heizgradtagen einer Heizperiode und dem Energieholzverbrauch in Privathaushalten. Im Winter 2022/23 zeigt sich dieser Zusammenhang im Rückgang des

Scheitholzbedarfs, trotzdem wurde insgesamt mehr Energieholz verbraucht: Zwar wurde in den einzelnen Haushalten weniger Holz verbraucht als im Winter 2020/21, doch stieg insgesamt der Anteil der Holzheizer. Es gab mehr Haushalte, die nur oder überwiegend mit Holz heizen oder die mit Holz zuheizen. Vermutlich wurde aufgrund der hohen Energiepreise eher mit Holz geheizt, wenn dies möglich war. Insgesamt führte das trotz einer mildereren Witterung zu einem um 3 % höheren Energieholzverbrauch gegenüber dem Vorjahr.

Wie sich der Energieholzverbrauch in Privathaushalten zukünftig entwickeln wird, hängt aber nicht nur von den Energiepreisen und der Witterung ab, sondern auch von der Entwicklung des Anlagenbestandes. Seit 2020 gab es deutliche Zuwächse bei den Biomassekesseln, insbesondere bei Pellets- und Kombikesseln. Allerdings sinkt der Anteil der Neubauten, die eine Holzzentralheizung installieren (vgl. Abbildung 47), denn beim Bau eines Niedrigenergiehauses und der damit verbundenen geringen benötigten Heizenergie werden moderne Holz-Zentralheizung wirtschaftlich unrentabel (KRANEBITTER 2015; IER 2018). Hier hat die Luft-Wasserwärmepumpe mit ihren vergleichsweise geringen Anschaffungskosten Vorteile. Es ist auch politischer und wissenschaftlicher Konsens, dass im Neubaubereich die elektrifizierte Wärmeerzeugung am besten in Kombination mit einer Stromerzeugung vor Ort mit PV-Anlagen erfolgt. Zwar wurde bei 25 % aller Bauten dennoch ein Kamin für einen Holzofen als Zusatzheizung installiert (Abbildung 48), wenngleich auch hier ein Rückgang zugunsten der Stromheizungen zu verzeichnen ist. Für das Jahr 2024 dürfte vorerst mal ein deutlicher Rückgang der Bautätigkeit (BLFS 2024D) und damit auch ein absoluter Rückgang der in Neubauten installierten Holzheizungen zu erwarten sein. Gründe für den Rückgang sind hohe Zinsen und hohe Materialkosten. Positiv auf die Baubranche könnten sich neue KfW-Förderprogramme, insbesondere das für 2024 mit einer Milliarde ausgestattete Programm „Klimafreundlicher Neubau im Niedrigpreissegment“ (KNN) ab 2025 auswirken.

Mit dem zum 01.01.2024 in Kraft getretenen Gebäudeenergiegesetz (GEG) gilt die Wärmeerzeugung aus Holz gesichert als erneuerbarer Energie. Dem Gesetz entsprechend müssen Heizungen in Neubauten mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden. Auch bei Neuinvestitionen in Heizungen in Bestandsgebäuden ist ab 2029 ein steigender Anteil von erneuerbaren Energieträgern verpflichtend. Mit dem GEG trat auch die Bundesförderung energieeffiziente Gebäude (BEG) in Kraft: Zwischen 30 % und 70 % der Kosten einer neuen Heizung sind förderfähig⁴⁹. Diese Entwicklungen könnten zu einem weiteren Zubau führen und die Nachfrage nach Energieholz, insbesondere Pellets, in den kommenden Jahren weiter zunehmen lassen (vgl. auch 2.3.4). Andererseits haben Pelletheizungen inzwischen aufgrund der starken Preisschwankungen einen herben Imageverlust erlitten. Gleichzeitig werden Wärmepumpen inzwischen auch im Gebäudebestand immer mehr nachgefragt, was eine längerfristige Einschätzung erschwert.

Mit dem Klimaschutzgesetz wurden ab 2020 neue Rahmenbedingungen für den Wärmemarkt geschaffen, die den Anteil erneuerbarer Heizsysteme erhöhen sollen. Über das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) wurde eine jährlich steigende CO₂-Bepreisung fossiler Energieträger eingeführt, um die Neuinstallation von Ölheizungen zu reglementieren und ein sehr starker Förderanreiz für alle regenerativen Wärmeerzeuger geschaffen. Seit Beginn des Jahres 2024 liegt der CO₂-Preis bei 45 €/Tonne. Um die Heizungswende finanzierbar zu machen, werden Biomasseheizungen ab 2024 mit 30 % Grundförderung und einzelfallabhängigen weiteren Boni gefördert (Stand: BEG EM 2023⁵⁰). Die bisher hohen Fördersätze sowie hohe Preise fossiler Energieträger ließen die Antragszahlen zwischenzeitliche im Jahr 2022 enorm steigen, ebenso den Absatz von Holzfeuerungen (vgl. Abbildung 26 und Abbildung

⁴⁹ Bei Einfamilienhäusern und der ersten Wohneinheit von Mehrparteienhäusern liegt der maximale Fördersatz bei 30.000 €.

⁵⁰ Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen.

60). Insbesondere Pelletheizungen wurden als Ersatz für alte Ölheizungen neu installiert, denn im unsanierten Gebäudebestand ist eine Wärmepumpe nicht in jedem Fall effektiv zu betreiben. Holzheizungen hingegen können jedes Temperaturniveau bedienen.

Infolge des Ukraine-Krieges und der daraus folgenden Energiekrise ist mit einer weiterhin stabilen Nachfrage nach Energieholz zu rechnen. Zwar wirken sich extreme Preissteigerungen bei Energieträgern auch auf Energieholzsortimente aus, allerdings sind diese mit Ausnahme von Pellets deutlich weniger volatil. Die regionale Verfügbarkeit, Erzeugung und verhältnismäßig leichte Vorratshaltung macht es als zusätzliche Energiequelle attraktiv. Er bietet den Bürgern in einer Zeit, in der die weitere Versorgung mit fossilen Brennstoffen ungewiss ist, eine gewisse Sicherheit bei der Wärmeversorgung.

3.2 Mittlere Holzfeuerungen und Biomasseheiz(kraft)werke

In diesem Abschnitt werden die Holzverbräuche von Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 50 kW analysiert. Diese Anlagen kommen in der Regel nicht in Privathaushalten zum Einsatz, sondern decken den Wärmebedarf von Wohnanlagen, öffentlichen oder gewerblich genutzten Gebäuden und stellen Prozesswärme bereit. Viele dieser Anlagen stehen in holzbe- und -verarbeitenden Betrieben (z. B. Schreinereien, Sägewerke und Möbelhersteller), die ihre vor Ort anfallenden Resthölzer energetisch verwerten. In der Landwirtschaft sind meist Hackschnitzelkessel der mittleren Leistungsklasse anzutreffen, um Tierställe zu beheizen oder über sogenannte Mikronetze benachbarte Gebäude mit Wärme zu versorgen. Holzpellettheizungen mit einer Leistung von mehr als 50 kW finden hauptsächlich in Mehrfamilienhäusern, öffentlichen Gebäuden und kleineren, der Primärproduktion fernen Gewerbebetrieben Anwendung und ersetzen zunehmend fossile Heizsysteme.

Holzfeuerungen, die große Liegenschaften mit Wärme versorgen, Wärme in ein Nah- bzw. Fernwärmenetz einspeisen oder Prozesswärme bereitstellen, werden üblicherweise als Biomasseheizwerke bezeichnet. Es gibt aber keine einheitliche Definition des Begriffs "Biomasseheizwerk" in der Literatur. Die thermische Leistung dieser Anlagen liegt normalerweise zwischen 300 kW und 3 MW, wobei auch Anlagen bis in den zweistelligen MW-Bereich für die Bereitstellung von Prozesswärme existieren. Wenn Holz verbrannt oder vergast wird und dabei nur Strom erzeugt wird, spricht man von Biomasse- oder Holzkraftwerken. Wird dabei Wärme aus dem Konversionsprozess ausgekoppelt und/oder die bei der Verstromung entstehende Abwärme thermisch genutzt, bezeichnet man die Anlage als Biomasse- oder Holzheizkraftwerk bzw. als Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK-Anlage).

3.2.1 Methode

Die Verbrauchergruppe in der Anlagenklasse > 50 kW (Nicht Haushalte) ist äußerst vielfältig. Aus diesem Grund verfolgt der Bericht 2022, ebenso wie die Vorberichte von 2018 und 2020, den Ansatz, die Brennstoffverbräuche separat für stromerzeugende Anlagen (Biomasse(heiz)kraftwerke) und für reine Wärmeerzeuger > 50 kW auszuweisen (STIMM ET AL. 2022). Letztere Gruppe wird gemäß den Regelungen des deutschen Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) nochmals in Wärmeerzeuger mit einer Leistung weniger als 1 MW und solche mit einer Leistung von mehr als 1 MW differenziert.

Im Energieholzmarktbericht werden Kleinfeuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von bis zu 50 kW der Verbrauchergruppe „Privathaushalte“ zugeordnet, deren Energieholzbedarf wird in Kapitel 3.1 behandelt. Die Verbrauchergruppe der Holzfeuerungen mit einer Leistung von mehr als 50 kW, die in der Holzbilanz als mittlere und große Feuerungsanlagen bezeichnet werden, wird innerhalb dieses Fachkapitels weiter differenziert. Dabei erfolgt eine Unterteilung nach den folgenden Kriterien:

- Wärmeerzeuger mit einer Nennwärmeleistung größer 50 kW und einer Feuerungswärmeleistung bis 1.000 kW, zukünftig abgekürzt mit „Wärmeerzeuger < 1 MW“ und als mittlere Feuerungsanlagen bezeichnet
- Wärmeerzeuger mit einer Feuerungswärmeleistung größer 1.000 kW, zukünftig abgekürzt mit „Wärmeerzeuger > 1 MW“ und als große Feuerungsanlagen bezeichnet
- Stromerzeugende Anlagen inkl. Holzvergaser, zukünftig als „Biomasse(heiz)kraftwerke“ bezeichnet

Insbesondere im Leistungsbereich größer 100 kW ist anzunehmen, dass die Feuerungsanlagen ausschließlich in den Bereichen Landwirtschaft, Kommune, Gewerbe, Handel und Dienstleistung sowie in

der Industrie (also in Nichthaushalten) zu finden sind. Im Leistungsbereich unter 100 kW besteht aufgrund der in dieser Studie festgelegten Untergrenze von 50 kW eine gewisse Unschärfe zwischen den Verbrauchergruppen „Privathaushalte“ und „Nichthaushalte“. Einerseits können in Privathaushalten auch Kessel mit einer Leistung von mehr als 50 kW installiert sein, andererseits gibt es beispielsweise auch kommunale Einrichtungen wie Kindergärten, deren Heizlast unter 50 kW liegt. DÖRING ET AL. (2021) nähert sich dieser Problematik in seinem gesamtdeutschen Rohstoffmonitoringbericht für Holz an, indem er anhand von Veröffentlichungen des Informationsportals Biomasseatlas⁵¹ eine Zuordnung des Anlagenbestandes unter 100 kW zu Privathaushalten und Nichthaushalten vornimmt. Dieses Portal weist die Antragsteller im Marktanreizprogramm für Wärme aus Erneuerbaren Energien (MAP) bestimmten Wirtschaftszweigen zu. Da die Methode, die für den bayerischen Bericht gewählt wurde, keine Erfassungslücken aufweist und der Fehler der Abgrenzung für die Ermittlung des gesamten Energieholzbedarfes in Bayern wahrscheinlich nicht sehr relevant sein dürfte, wird in der Anlagenklasse „50 \geq 100 kW“ aus Gründen der Vereinfachung auf eine weitere Differenzierung gemäß dem Biomasseatlas verzichtet.

Anlagenbestand Wärmeerzeuger < 1 MW

Wie bereits in den Berichtsjahren seit 2016 konnte zur Erfassung der Gesamtzahl der Wärmeerzeuger < 1 MW auf eine statistische Erhebung des Landesinnungsverbands für das Bayerische Kaminkehrerhandwerk (LIV) zurückgegriffen werden. Diese Erhebung umfasst, gegliedert nach Regelbrennstoffen, alle immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftigen Holzfeuerungen in Bayern, also alle Feuerstätten mit einer Feuerungswärmeleistung von weniger als 1 MW, die in die „Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen“ (1. BImSchV) fallen. Ende 2022 gab es in Bayern rund 22.700 holzbefeuerte Zentralheizkessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung zwischen 51 kW und 900 kW (LIV 2023). Die Nennwärmeleistung von 900 kW entspricht dabei einer Feuerungswärmeleistung von 1.000 kW (Annahme: Wirkungsgrad 90 %) (LIV 2023), was nach dem BImSchG als Grenze für die Genehmigungsbedürftigkeit von Holzfeuerungen gilt. Die Statistik des Kaminkehrerhandwerks unterteilt den Anlagenbestand in die drei Leistungsgruppen 51 bis 100 kW, 101 bis 500 kW und 501 bis 900 kW. Diese Daten bilden zusammen mit den Ergebnissen der Verbrauchserhebung die Grundlage für die Hochrechnung des Energieholzbedarfs der Wärmeerzeuger < 1 MW. Zur Durchführung der Verbrauchsbefragung wurde auf eine bei C.A.R.M.E.N. e.V. vorliegende Datenbank zurückgegriffen, die hauptsächlich vom Freistaat Bayern geförderte Holzheizwerke auflistet und Informationen zu Standorten, Betreiber und installierten thermischen Leistungen enthält. Obwohl der Adressbestand über Jahre hinweg durch Recherche auch um nicht geförderte Anlagen erweitert wurde, umfasst die Datenbank nur einen Bruchteil der tatsächlich existierenden Anlagen im Leistungsbereich < 1 MW. Die Erfahrung zeigt, dass die Recherche von Anlagestandorten mit abnehmender Anlagenleistung schwieriger wird. Die Hochrechnung der Holzverbräuche bei den mittleren Holzfeuerungen musste daher über eine Stichprobe erfolgen.

Anlagenbestand Wärmeerzeuger > 1 MW

Im Gegensatz zu den mittleren Anlagen spiegelt der bekannte Adressbestand bei den großen Wärmeerzeugern in Bayern nahezu vollständig den Gesamtbestand wider. Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LFU 2023B) stellte im Frühjahr 2023 eine Liste aller immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Holzfeuerungsanlagen zur Verfügung, deren biomassebasierte Gesamtfeuerungswärmeleis-

⁵¹ www.biomasseatlas.de

tion an einem Standort mehr als 1 MW beträgt und die gemäß der 4. BImSchV im Jahr 2020 verpflichtet waren, eine Emissionserklärung abzugeben. Zusätzlich wurden Standortänderungen von Anlagen aus der behördeninternen ISA-B Datenbank⁵² in die Liste aufgenommen.

Die Anzahl der Feuerungsanlagen hat sich im Vergleich zu 2020 leicht erhöht. Während 8 Anlagen kürzlich außer Betrieb gegangen sind oder nun eine Leistung unter 1 MW aufweisen, wurden zwischen 2021 und 2022 insgesamt 20 neue Anlagen installiert oder ihre Existenz wurde erst durch die Anlagenliste des LfU bekannt. Es wird angenommen, dass die Markterhebung für Holzheizwerke mit einer Leistung von über 1 MW, die von 194 Standorten ausgeht, einen hohen Deckungsgrad aufweist. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass in der Holzbe- und -verarbeitenden Industrie eine hohe Dynamik herrscht, einschließlich Fusionen, Übernahmen und Insolvenzen. Viele Betreiber von Großfeuerungsanlagen sind in dieser Branche tätig, was bedeutet, dass der erhobene Datenbestand aufgrund der Fluktuation mit einer gewissen Unsicherheit verbunden ist. Es ist daher ratsam, diese Dynamik und Veränderungen in der Branche bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen.

Anlagenbestand Biomasse(heiz)kraftwerke

Zur Validierung und Ergänzung des Adressbestandes an stromerzeugenden Biomasse(heiz)kraftwerken in Bayern wurden das Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur sowie die Stamm- und Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber, die für Bayern zuständig sind (BUNDESNETZAGENTUR 2023, TENNET 2023, AMPRION 2023), herangezogen. Es wird angenommen, dass der Bestand der Biomasse(heiz)kraftwerke mit Dampf- oder ORC-Technik, die Ende 2022 in Betrieb waren vollständig in der Adressdatenbank erfasst ist. Des Weiteren liegen zu einer Vielzahl von Holzvergäsern durch oben genannte Quellen, Referenzlisten der Hersteller und Förderanträge im Rahmen des bayerischen Förderprogramms BioSol Standortdaten und Angaben zum Betreiber vor. Da Stromerzeugungseinheiten von Holzvergasungsanlagen im Marktstammdatenregister nicht immer eindeutig über die Zuordnung eines holzartigen Hauptbrennstoffes⁵³ identifiziert werden konnten, wurden zusätzlich Hersteller hinsichtlich ihrer in Bayern verkauften Stromerzeugungseinheiten befragt. Die Angaben zur Anzahl der Holzvergasungsanlagen einschließlich der installierten Leistung wurde mit dem recherchierten Anlagenbestand abgeglichen und bildeten so die Grundlage für die Hochrechnung. Bereits in den vorangegangenen Erhebungsjahren flossen die Verkaufszahlen der Hersteller in die Auswertung mit ein.

Verbrauchserhebung

Zur Vorbereitung der Verbrauchserhebung mittels Fragebogenversand wurde die Adressdatenbank über mittlere und große Feuerungsanlagen bei C.A.R.M.E.N. e.V., wie vorab beschrieben, ergänzt und auf Aktualität überprüft. Von 1.418 Holzfeuerungsanlagen konnten sowohl die Betreiber als auch die Standortadressen identifiziert werden. Es liegen bereits umfangreiche Jahresdaten zu den eingesetzten Energieholzarten sowie den Verbräuchen im Jahr 2022 von einer Reihe von mittleren und großen Biomasseheiz(kraft)werken⁵⁴ vor, die über den Freistaat Bayern bzw. das Technologie- und Förderzentrum in Straubing (TFZ) gefördert wurden. Ebenso sind detaillierte Daten zur Auslastung, den zu versorgenden Objekten sowie dem geplanten Brennstoffeinsatz von Heizwerken bekannt, die in den letzten drei Jahren einen Antrag im Förderprogramm BioKlima gestellt haben. Diese insgesamt 188

⁵² behördeninterne Datenbank „Informationssystem immissionsschutzrechtlich relevanter Anlagen in Bayern“ (ISA-B)

⁵³ Vielfach wurde „Biogas“ oder „andere Gase“ als Hauptbrennstoff angegeben.

⁵⁴ C.A.R.M.E.N. e.V. lagen zur Auswertung 107 detaillierte Jahresberichte über das Betriebsjahr 2022 von Heiz(kraft)werken vor.

Betreiber wurden deshalb im Rahmen der Erhebungen zum Energieholzmarktbericht 2022 nicht kontaktiert.

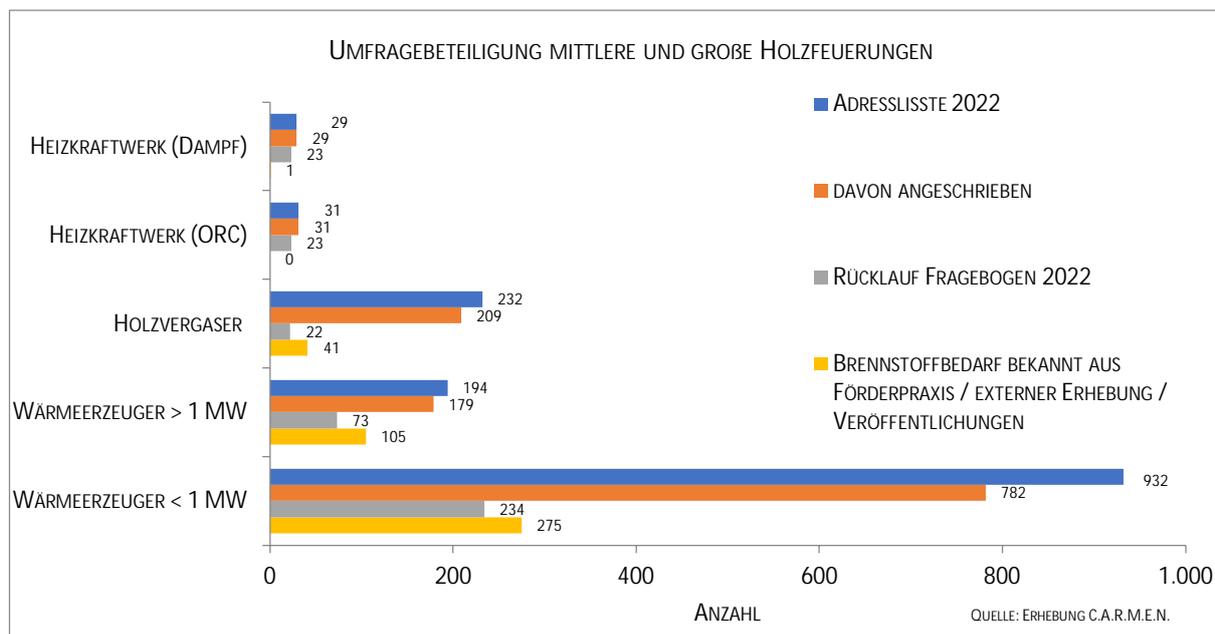


Abbildung 51: Anzahl der mit Standort bekannten Biomasseheiz(kraft)werke, der schriftlich befragten Anlagen sowie die Befragungsbeteiligung jeweils nach Anlagenart.

Die Befragung bildete eine Fortführung der Studie aus dem Jahr 2020 und wurde mittels eines zweiseitigen Fragebogens durchgeführt. Dabei wurden Informationen zu den erzeugten Energiemengen im Strom- und Wärmebereich, dem Brennstoffverbrauch, den eingesetzten Brennstoffsportimenten und der Art der Wärmeverwertung erfasst. Zur Steigerung der Rücklaufquoten wurden im Juni, Juli, September und Oktober 2023 schriftliche Erinnerungen versandt und telefonische Nachfragen durchgeführt. Die Rücklaufquoten variierten stark je nach Anlagentyp (Abbildung 51). So wurde bei Biomasseheizkraftwerken, die mit Dampf Strom erzeugen, eine Rücklaufquote von 79 % und bei Heizkraftwerken mit ORC-Technik eine Quote von 74 % erreicht. Hingegen belief sich der Rücklauf bei Holzvergassungsanlagen auf nur 11 %. Bei den reinen Wärmeerzeugern < 1 MW gaben 30 % des befragten Adressbestandes Auskunft zum Brennstoffeinsatz, der Rücklauf bei den Betreibern von Anlagen > 1 MW lag bei 41 %. Dank der wiederholten Unterstützung durch die Schornsteinfeger-Innung Niederbayern⁵⁵ konnten in der Verbrauchergruppe „Wärmeerzeuger < 1 MW“ weitere 121 Fragebögen zur Auswertung herangezogen werden. Diese wurde von den örtlichen Schornsteinfegern gemeinsam mit ihren Kunden ausgefüllt, anonymisiert und anschließend postleitzahlenscharf zur Verfügung gestellt.

In der Verbrauchergruppe „Wärmeerzeuger > 1 MW“ war das ursprüngliche Ziel der Studie, eine Vollbefragung durchzuführen. Allerdings waren mehr als die Hälfte der Betreiber nicht bereit, an der Umfrage teilzunehmen. Daher wurden die Verbräuche dieser Anlagenstandorte mit den Daten aus dem Jahr 2020 abgebildet, die von den Betreibern im Rahmen ihrer Emissionserklärung dem bayerischen Landesamt für Umwelt übermittelt wurden⁵⁶.

⁵⁵ An dieser Stelle geht ein Dank an die Schornsteinfeger-Innung Niederbayern und an den Landesverband des bayerischen Kaminkehrerhandwerks für die freundliche Unterstützung der Studie. Der Dank gilt sowohl für das Ausfüllen von Fragebögen als auch für die Bereitstellung der bayerischen Anlagenstatistik 2022 (Feuerungsanlagen für feste Biomasse ausgenommen Einzelraumfeuerungen).

⁵⁶ Sofern diese Information vom Betreiber nicht als Betriebsgeheimnis in der Emissionserklärung deklariert wurde.

Zusammen mit den bereits erwähnten Jahresberichtsdaten geförderter Heiz(kraft)werke sowie anlagenspezifischen Zahlen, die C.A.R.M.E.N. e.V. aufgrund seiner gutachterlichen Tätigkeit im Rahmen der bayerischen Förderpraxis oder im Rahmen anderer Auftragsgutachten vorlagen, konnten mit 797 Datensätzen die Energieholzverbräuche von 52 % der in der Adressdatenbank erfassten Anlagen⁵⁷ ermittelt werden. Diese 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 2022 erzeugten Strommenge hochgerechnet. Die Informationen über die erzeugte Strommenge wurde den Bewegungsdaten der für Bayern zuständigen Übertragungsnetzbetreiber entnommen (TENNET 2023, AMPRION 2023). Auch bei den standörtlich bekannten Holzvergäsern wurde die produzierte Strommenge anhand der Bewegungsdaten ermittelt. Falls die Anlage als Teileinspeisungsanlage gekennzeichnet war, so wurde die erzeugte Strommenge pauschal um 15 % erhöht. Die Hochrechnung der Brennstoffverbräuche auf den Gesamtbestand an Holzvergasungsanlagen basiert auf Annahmen über die mittleren Volllaststunden der Anlagen⁵⁸ und dem Brennstoffbedarf je erzeugter MWh, wie ihn die Hersteller produktbezogen veröffentlichten. Die Rückmeldungen aus den Fragebögen bestätigten im Wesentlichen die Herstellerangaben zum Brennstoffbedarf. Somit sollte die Hochrechnung auf den gesamten Anlagenbestand hinreichend genau sein. Wenn die eingesetzten Brennstoffsortimente aufgrund der Anlagenart oder von Literaturquellen bekannt waren, wurde eine individuelle prozentuale Aufteilung nach den Brennstoffklassen vorgenommen. Andernfalls erfolgte eine Zuteilung über Mittelwerte.

Die Brennstoffverbräuche der Wärmeerzeuger > 1 MW (6 Anlagen), die entweder nicht an der Umfrage teilgenommen haben oder für die keine Verbrauchswerte aus den Emissionsberichten des Jahres 2020 verfügbar waren, wurden anhand des durchschnittlichen Brennstoffbedarfs von 0,73 Tonnen atro pro kW Nennwärmeleistung hochgerechnet, der aus den Umfrageergebnissen ermittelt wurde. Zur Festlegung der individuellen Anteile der eingesetzten Energieholzsortimente konnten teilweise Informationen aus den Rückmeldungen früherer Erhebungsjahre herangezogen werden. Falls keine Hinweise vorlagen, erfolgte die Aufteilung auf Basis von Mittelwerten aus der Umfrage.

Die mittleren Holzfeuerungen bilden mit einer Anzahl von 22.760 Wärmeerzeugern < 1 MW die größte Verbrauchsgruppe außerhalb der Haushalte. Aus den 509 auswertbaren Datensätzen der Umfrage wurde somit der Verbrauch von 2,2 % des gesamten Anlagenbestandes erfasst. Der Holzverbrauch dieser Stichprobenanzahl wurde für die Hochrechnung auf den gesamten Anlagenbestand verwendet. Dabei wurden sowohl die mittlere Leistung als auch der mittlere Holz Brennstoffverbrauch in Tonnen atro pro installiertem kW in der entsprechenden Leistungsklasse berücksichtigt. Die Daten in Tabelle 23 zeigen, dass 64 % der Wärmeerzeuger eine Kesselleistung von weniger als 101 kW haben, 34 % eine Leistung zwischen 101 und 500 kW und nur 2 % eine Leistung von mehr als 501 kW. Die Grundgesamtheit weist somit eine deutliche Linksschiefe auf. In der Adressdatenbank sind jedoch hauptsächlich Anlagen mit einer Leistung von mehr als 150 kW erfasst, sodass die Verteilung der Stichproben aus der Verbrauchserhebung nicht den realen Verteilungsverhältnissen entspricht. Verschneidet man die Anzahl der Anlagen in der Leistungsklasse 501 kW bis 900 kW gemäß Kaminkehrerstatistik mit dem Rücklauf aus der Umfrage, so konnten 17 % des gesamten Anlagenbestandes mit Brennstoffverbräuchen dokumentiert werden, was zu einer verlässlichen Hochrechnung für diese Leistungsklasse führen

⁵⁷ inkl. der anonymisierten Standorte, die durch die Erhebung der Schornsteinfeger-Innung Niederbayern bekannt wurden

⁵⁸ Die Auswertung der eingespeisten EEG-Strommengen und der Fragebogenrückläufe ergeben im Mittel rund 7.000 Volllaststunden.

sollte. Je kleiner die Anlagen werden, desto größer ist jedoch die statistische Unsicherheit. Im Erhebungsjahr konnten jedoch dank der Unterstützung der niederbayerischen Kaminkehrerinnung deutlich mehr Fragebögen der Leistungsklasse 51 bis 100 kW in die Hochrechnung einbezogen werden als in früheren Jahren.

Tabelle 23: Anlagenanzahl der Stichprobe je Leistungsklasse im Vergleich zur Grundgesamtheit aller Wärmeerzeuger < 1 MW

	51 ≥ 100 kW	101 ≥ 500 kW	501 ≥ 900 kW	Summe
Anlagenanzahl gemäß Kaminkehrerstatistik	14.508 ⁵⁹	7.739	510	22.757
Anteil	64%	34%	2%	100%
Anzahl der Anlagen mit Kenntnis zum Holzverbrauch aus Stichprobe	122	299	87	508
Anteil	24%	59%	17%	100%

3.2.2 Ergebnisse: Energieholzverbrauch Feuerungsanlagen > 50 kW

Es wird angenommen, dass bis Ende 2022 etwa 23.400 Feuerungsanlagen in Bayern mit einer thermischen Leistung größer 50 kW in Betrieb waren, wobei den Verfassern dieser Studie die Anlagenstandorte und Betreiber von 1.418 Anlagen bekannt sind. Die räumliche Verteilung dieser Feuerungsanlagen kann Abbildung 52 entnommen werden. Die Betreiberdatenbank von C.A.R.M.E.N. e.V. weist eine hohe Vollständigkeit bei Holz(heiz)kraftwerken mit Dampf- oder ORC-Technik sowie bei Holzheizwerken mit einer Feuerungswärmeleistung von über 1 MW auf. Im Gegensatz dazu umfasst die Datenbank nur 4,1 % der tatsächlich existierenden Anlagen bei Wärmeerzeugern mit einer Leistung von weniger als 1 MW. In Bezug auf den Gesamtbestand dieser Verbrauchergruppe sind Standorte mit einer Leistung zwischen 500 und 900 kW prozentual häufiger vertreten, was auch anhand einer Gegenüberstellung der mittleren Nennwärmeleistung deutlich wird. Während diese für den bekannten Anlagenbestand 390 kW beträgt, lässt die Hochrechnung über alle Wärmeerzeuger mit weniger als 1 MW auf eine mittlere Leistung von 149 kW in diesem Verbrauchssegment schließen. Daher sind in der nachfolgenden Karte nur vereinzelt Feuerungsanlagen mit einer Leistung von unter 100 kW berücksichtigt.

⁵⁹ Davon haben 762 Feuerungsanlagen eine Leistung zwischen 31 und 50 kW. Da ein Teil dieser Feuerungsanlagen Brennstoffe mit der Nummer 6 und 7 gemäß § 3 der 1. BImSchV einsetzen und eindeutig in der Branche der Holzbe- und verarbeitenden Betriebe angesiedelt sind und nicht bei den Privathaushalten, werden sie der Verbrauchsgruppe Wärmeerzeuger < 1 MW zugeordnet. Zudem wird angenommen, dass Anlagen dieser Leistungsklasse, die Briketts in handbeschickten Anlagen nutzen, ebenso der Gruppe der Gewerbetreibenden zuzuordnen sind.

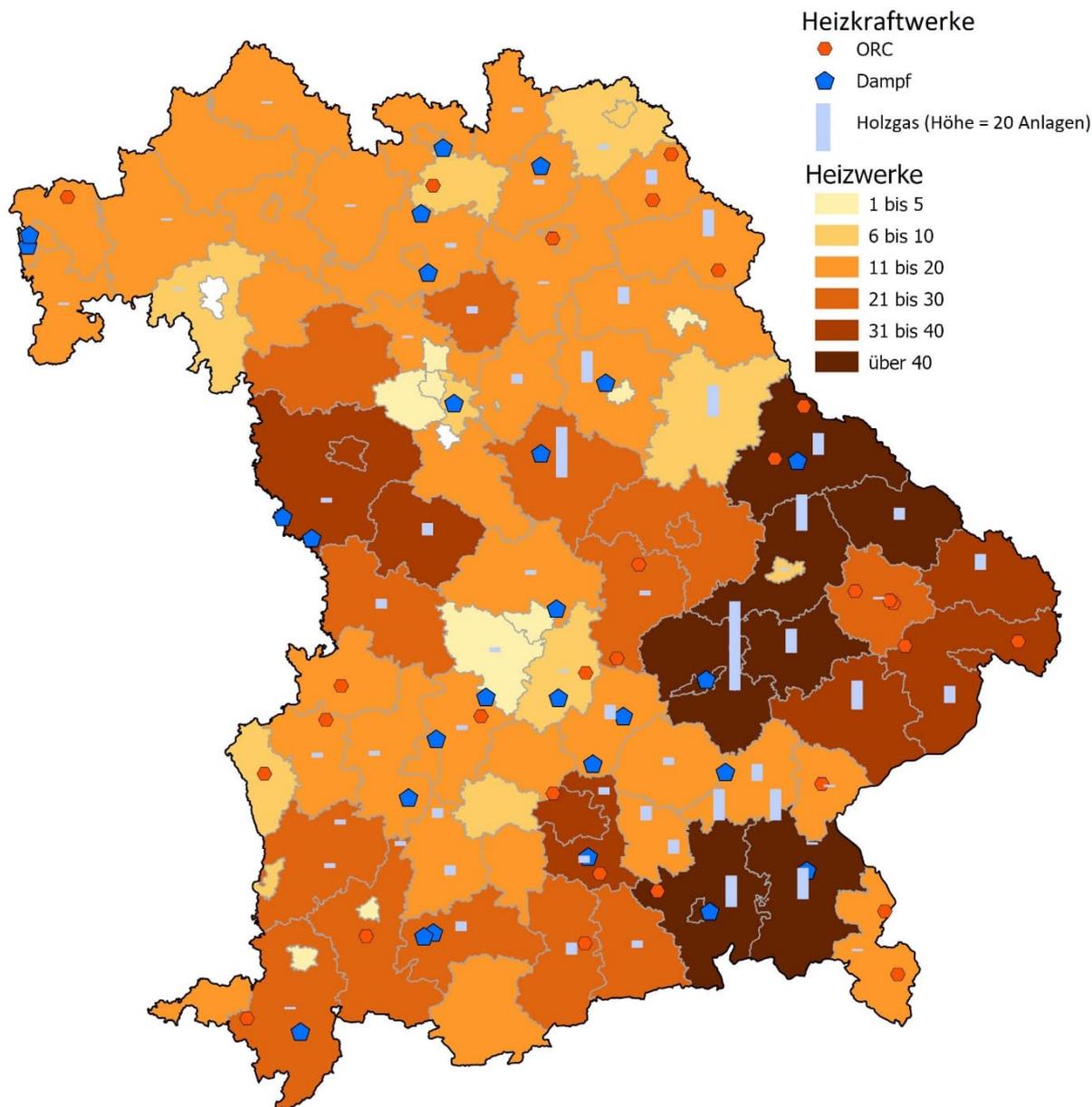


Abbildung 52: Räumliche Verteilung der mit Standort bekannten Feuerungsanlagen > 100 kW in Bayern.

Brennstoffverbrauch und installierte thermische Leistung

Die Analyse der schriftlichen und telefonischen Umfragen sowie der Förderdatenbank von C.A.R.M.E.N. e.V. weist für das Jahr 2022 einen Energieholzverbrauch von 1,73 Millionen Tonnen atro für 714 mittlere und große Holzfeuerungen aus. Hochgerechnet auf den gesamten Bestand an Holzfeuerungen mit einer Leistung von über 50 kW in Bayern wird der Bedarf an holziger Biomasse für das Jahr 2022 auf 3,65 Millionen Tonnen atro geschätzt. Der Energieholzmarktbericht Bayern 2020 hatte den Brennstoffbedarf dieser Verbrauchergruppe auf 3,57 Millionen Tonnen atro (STIMM ET AL. 2022) beziffert, während für 2018 ein Bedarf von 3,46 Millionen Tonnen atro (GÖBWEIN ET AL. 2020) angegeben wurde. In den letzten Jahren ist die Nachfrage nach Energieholz nur leicht gestiegen, im Gegensatz zu den signifikanten Zuwächsen in den 2000er Jahren. Jedoch gab es von 2020 bis 2022 eine Verschiebung der Verbrauchsmengen zwischen den stromerzeugenden Anlagen und den reinen Heizwerken. Eine eingehende Diskussion dieser Verschiebung erfolgt in 3.2.3.

Obwohl Biomasse(heiz)kraftwerke (inkl. Holzvergaser) nur 2 % des gesamten Anlagenbestandes der Feuerungsanlagen mit einer Leistung von über 50 kW in Bayern ausmachen, verbrauchen sie mit einem Anteil von 46 % beinahe die Hälfte des Energieholzes, wie aus Tabelle 24 ersichtlich ist. Insbesondere Dampf(heiz)kraftwerke spielen hierbei aufgrund ihrer beträchtlichen Feuerungswärmeleistung im Mittel von 30 MW und ihrer hohen Anlagenauslastung eine herausragende Rolle. Holzvergasungsanlagen und Standorte mit ORC-Technologie nehmen eine untergeordnete Position in der Betrachtung des Energieholzverbrauchs ein, bedingt durch ihre geringere Feuerungswärmeleistung. Weitere 41 % des gesamten Energieholzverbrauchs entfallen auf Wärmeerzeuger mit einer Leistung von weniger als 1 MW, von denen im Jahr 2022 laut LIV (2023) rund 22.800 Feuerungsanlagen erfasst wurden. Biomasseheizwerke mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 1 MW verbrauchen hochgerechnet etwa 480.000 Tonnen Holzbrennstoffe, was einem Anteil von 13 % am gesamten Energieholzbedarf der Anlagen mit einer Leistung von über 50 kW entspricht.

Tabelle 24: Biomasseeinsatz in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2022 nach Anlagenart, deren Anteil am Verbrauch sowie an der Anlagenzahl (hochgerechnet und gerundet).

	Energieholzverbrauch 2022 [Tonnen atro]	Anteil am Verbrauch in Bayern	Anlagenzahl in Bayern (gerundet)
Biomasse(heiz)kraftwerke	1.677.000	46%	445
(Heiz)kraftwerk (Dampf)	1.224.000	34%	29
Heizkraftwerk (ORC)	307.000	8%	31
Holzvergaser	146.000	4%	385
Wärmeerzeuger < 1 MW	1.495.000	41%	22.760
Wärmeerzeuger > 1 MW	478.000	13%	194
Summe (gerundet)	3.650.000	100%	23.400

Für die Verbrauchergruppen "Wärmeerzeuger > 1 MW" und "Biomasse(heiz)kraftwerke mit Dampf- oder ORC-Technik" wurde in dieser Studie das Ziel verfolgt, eine Vollerhebung durchzuführen, da ein umfassender Adressbestand zur Verfügung stand. Die Brennstoffverbräuche der Wärmeerzeuger < 1 MW wurden hingegen über eine Stichprobe geschätzt. Die Ergebnisse der Stichprobenbefragung zur durchschnittlich installierten Leistung und zum mittleren Holzverbrauch sind in Tabelle 25 nach Leistungsklassen gegliedert dargestellt. Zusätzlich werden in der Tabelle die Hochrechnungsergebnisse für den gesamten Anlagenbestand der Wärmeerzeuger mit einer Leistung von weniger als 1 MW in den entsprechenden Leistungsklassen präsentiert.

Tabelle 25: Durchschnittliche Leistung und durchschnittlicher Energieholzverbrauch der Stichprobe getrennt nach Leistungsklassen sowie das Hochrechnungsergebnis auf die Grundgesamtheit der Wärmeerzeuger < 1 MW.

	Nennwärmeleistung [kW] ⁶⁰				Summe
	51 ≥ 100	101 ≥ 150	151 ≥ 500	501 ≥ 900	
Anlagenanzahl (Grundgesamtheit)	14.508 ⁶¹	3.174	4.565	510	22.757
Stichprobe [n]	122	59	240	87	508
Ø Nennwärmeleistung [kW]	81	132	299	763	
Ø Holzverbrauch [t atro/kW]	0,335	0,452	0,494	0,673	
Summe Holzbedarf [t atro]	379.000	190.000	666.000	261.000	1.496.000

Es ist zu erkennen, dass der mittlere Holzverbrauch je installiertem kW mit zunehmender Anlagenleistung ansteigt. Im Jahr 2022 verbrauchten Feuerungen mit einer Leistung zwischen 51 und 100 kW durchschnittlich nur 0,335 Tonnen atro pro kW, während Kessel ab einer Leistung von 501 kW im Durchschnitt das Doppelte, nämlich 0,673 Tonnen atro pro kW, verbrauchten. Dies deutet darauf hin, dass größere Anlagen im Durchschnitt stärker ausgelastet sind und somit höhere Volllaststunden aufweisen. Holzkessel mit einer Leistung zwischen 50 und etwa 300 kW werden häufig monovalent betrieben, was bedeutet, dass sie die alleinige Wärmeversorgung von Liegenschaften übernehmen und daher so dimensioniert sind, dass sie auch Lastspitzen im Winter abdecken können. Diese Betriebsweise führt über das gesamte Jahr hinweg zu einer geringeren Auslastung der Kessel. Feuerungsanlagen mit einer Leistung zwischen 300 und 900 kW sind hingegen in der Regel Grund- und Mittellastkessel, die beispielsweise in einen Nahwärmeverbund integriert sind oder Prozesswärme bereitstellen. Daher erreichen diese Kessel oft deutlich höhere Auslastungen.

Die gesamte installierte Nennwärmeleistung des Anlagenbestands an Wärmeerzeugern mit einer Leistung von über 50 kW wird auf etwa 3.990 MW geschätzt, wovon 500 MW auf die Feuerungsanlagen der an der Umfrage teilgenommenen Betreiber entfallen. Alle Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zusammen weisen eine thermische Leistung von 706 MW auf, was bedeutet, dass in Bayern insgesamt eine installierte thermische Gesamtleistung bei Holzfeuerungen mit einer Leistung von über 50 kW von etwa 4,7 GW angenommen werden kann. Für das Jahr 2020 wurde eine thermische Leistung von 4,2 GW ermittelt. Insbesondere der Zubau von Wärmeerzeugern < 1 MW hat zu dieser Steigerung zwischen den Marktanalysen von 2020 und 2022 beigetragen. Die thermische Nutzleistung der Biomasse-

⁶⁰ Die Kaminkehrerstatistik weist lediglich die Klasse 101 ≥ 500 kW aus. Die zur Hochrechnung verwendete weitere Gliederung dieser Klasse in die beiden Klassen 101 ≥ 150 kW und 151 ≥ 500 kW erfolgt in Anlehnung an die Ergebnisse des Forschungsprojekts „Kleinf Feuerungsanlagen in Deutschland – Kehr bucherhebung mit dem Kaminkehrerhandwerk“ des Deutschen Biomasseforschungszentrum in Leipzig (DBFZ). Deren Autoren haben im Jahr 2017 zur Erstellung des bayerischen Energieholzmarktberichts 2016 eine bundeslandbezogene Auswertung zur Verfügung gestellt, in der die Anteile der Feuerungen in den Klassen 101 ≥ 150 kW und 151 ≥ 500 kW ausgewiesen wurden und dabei für Bayern eine geringe Linksverteilung zeigen. Datengrundlage waren Kehr buchauszüge von 219 bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegern in Bayern (RÖNSCH 2017). Da es bis dato keine neuere statistische Datengrundlage gibt, greift auch der Energieholzmarktbericht 2022 für die Hochrechnung, wie bereits die vorangegangenen Berichte, auf die Ergebnisse der Studie des DBFZ zurück. Zukünftig wird es jedoch möglich sein, diese Daten über das bayerische Landesamt für Statistik zu erhalten, denn gemäß Artikel 6 des Bayerischen Klimaschutzgesetzes (BayKlimaG) erfolgt fortan eine Vollerhebung der Kehr buchdaten bevollmächtigter Bezirksschornsteinfeger und -fegerinnen.

⁶¹ Davon haben 762 Heizkessel eine Leistung < 51 kW. Aufgrund der eingesetzten Brennstoffe wurden sie den Nichthaushalten zugeordnet.

heizkraftwerke (Dampf und ORC) ist hingegen leicht gesunken. Dies kann einerseits auf die Schwankungen in den Angaben der Betreiber bei den Umfragerückläufen von Jahr zu Jahr zurückgeführt werden, andererseits wurde im betrachteten Zeitraum auch ein großes Heizkraftwerk stillgelegt.

Die aus Energieholz bereitgestellte Wärmemenge wird für den gesamten Anlagenbestand auf etwa 11,6 Terawattstunden hochgerechnet. Dabei entfallen 71 % dieser Menge auf die reinen Wärmeerzeuger und 29 % auf die Nutzwärme bzw. den ausgekoppelten Dampf von KWK-Anlagen. Im Vergleich zu den Hochrechnungen für mittlere und große Feuerungsanlagen aus dem Jahr 2020 (vgl. STIMM ET AL. 2022) kann der Energieholzmarktbericht 2022 für den Energieträger Holz eine um 5 % höhere bereitgestellte Wärmemenge nachweisen.

In Abbildung 53 wird der Fokus erneut auf die reinen Wärmeerzeuger > 50 kW gelegt. Es wird dargestellt, in welchen Anteilen sie im Bestand vertreten sind und wie sie zur installierten Gesamtleistung und zur gesamten Wärmeerzeugung beitragen. Die Holzfeuerungen im Bereich der 1. BImSchV bis zu einer Nennwärmeleistung von 900 kW dominieren den Bestand mit einer Anteilsquote von 99 % und erzeugen 77 % der bereitgestellten Wärmemenge. Ihr Anteil an der installierten Leistung beträgt 83 %. Obwohl es etwa doppelt so viele Kessel mit einer Leistung zwischen 51 und 100 kW wie solche mit einer Leistung zwischen 101 und 500 kW gibt, trägt die letztere Leistungsklasse mit 44 % den größten Anteil zur insgesamt erzeugten Wärmemenge bei. Die immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Feuerungen mit einer Nennwärmeleistung größer als 900 kW stellen ein Viertel der Wärmemenge bereit. Obwohl diese Verbrauchsgruppe mit erfassten 194 Standorten zahlenmäßig klein ist, ist sie aufgrund der hohen installierten Leistung und der in der Regel längeren Betriebszeiten⁶² bedeutsam. Diese Heizwerke erzeugen in vielen Fällen Prozesswärme oder speisen ihre Wärme in ein ausgedehntes Nahwärmenetz ein. Der größte bekannte reine Wärmeerzeuger hat eine Leistung von 35 MW und befindet sich bei einem Holzverarbeitenden Betrieb.

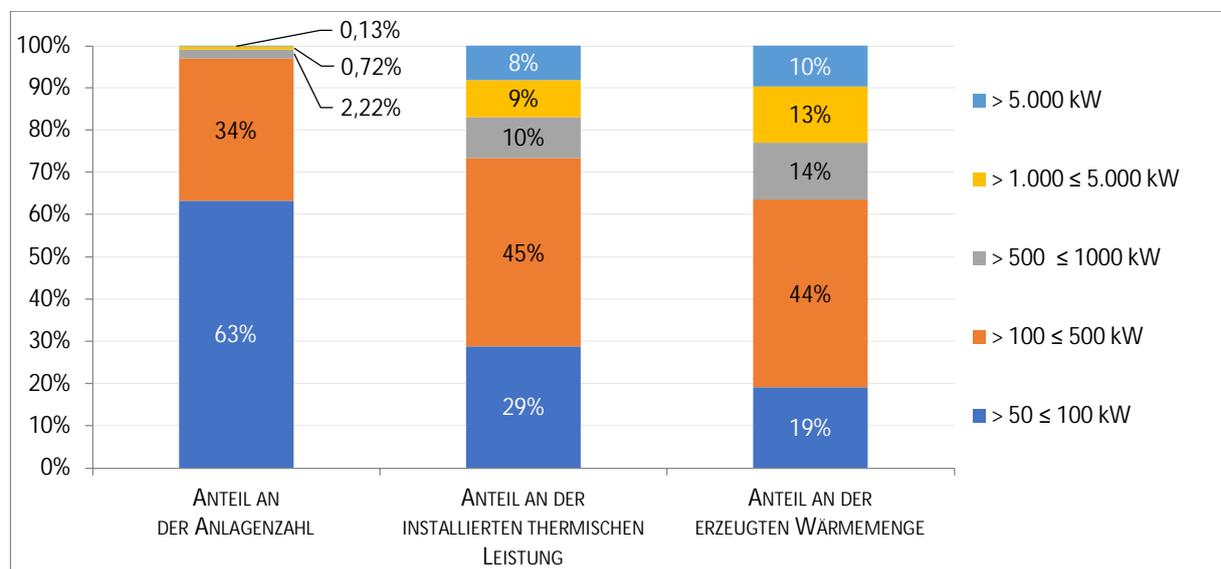


Abbildung 53: Anteile der unterschiedlichen Leistungsklassen am Anlagenbestand aller Wärmeerzeuger > 50 kW sowie deren Anteil an der installierten thermischen Leistung und der erzeugten Wärmemenge in Bayern im Jahr 2022 (Datengrundlage: Erhebung und Hochrechnung C.A.R.M.E.N. e.V., LIV 2023).

⁶² Die Umfrage bei genehmigungsbedürftigen Wärmeerzeugern ergab einen arithmetischen Mittelwert von 3.074 Volllaststunden, berechnet aus der erzeugten Wärmemenge 2022 und der installierten Nennwärmeleistung.

Umfrageergebnisse zur Wärmenutzung

Die Anlagenbetreiber von Holzfeuerungen haben im Fragebogen auch Angaben zur Art der Wärmenutzung gemacht. Diese Datenbasis wurde durch Kenntnisse aus der Erhebung 2020 und aus der Förderdatenbank von C.A.R.M.E.N. e.V. ergänzt. Zur Auswertung wurden die Angaben von 391 Feuerungen mit einer thermischen Leistung von über 500 kW herangezogen. Dabei wurden auch die Angaben von Holzvergasungsanlagen bei geringerer Leistung berücksichtigt. 81 % aller Rückmelder mit einer Leistung von über 500 kW gaben an, unter anderem Wärme für die Gebäudeheizung bzw. für die Warmwasserversorgung bereitzustellen (Abbildung 54). Sowohl bei den reinen Wärmeerzeugern als auch bei den stromerzeugenden Anlagen ist somit diese klassische Art der Wärmenutzung in der Regel anzutreffen, jedoch mit unterschiedlichen Anteilen bei der Wärmemenge, wie aus Abbildung 54 hervorgeht. Insbesondere bei den Anlagen mit Dampf- oder ORC-Prozess spielt die Nutzung der Abwärme als Prozesswärme für die Holzbe- und verarbeitung bei 43 % der Standorte eine bedeutende und auch führende Rolle. Weitere Anwendungsfälle für die Nutzung von Prozesswärme sind im Bereich der Trocknung landwirtschaftlicher Güter angesiedelt, aber auch Wäschereien oder die Lebensmittelindustrie sind bedeutende Dampfkunden. Auf die Darstellung der Wärmenutzungsart im Leistungsbe- reich unter 500 kW wird in diesem Zusammenhang verzichtet, da nur 1,8 % des tatsächlichen Anlagenbestandes über die Umfrage abgebildet werden konnte. Es ist jedoch anzunehmen, dass die in diesem Leistungssegment erzeugte Wärmemenge größtenteils für Raumwärme und Warmwasser genutzt wird.

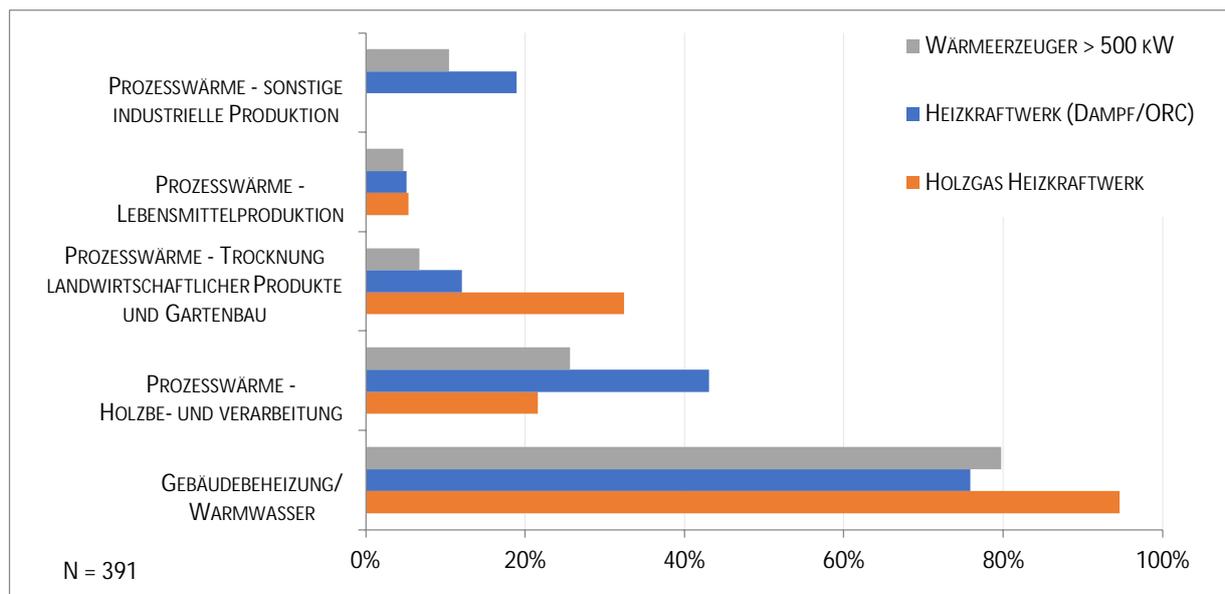


Abbildung 54: Häufigkeit der Nennungen zur Wärmenutzung ohne Gewichtung der genutzten Wärmemenge, Mehrfachnennungen möglich (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2022, Wärmeerzeuger > 500 kW N=296, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) N=58, Holzgas Heizkraftwerk N=37).

Abbildung 55 veranschaulicht die Ergebnisse der Umfrage zur Art der Wärmenutzung und den jeweiligen Anteilen in Bezug auf die insgesamt genutzte Wärmemenge. Die 391 Anlagen im Stichprobenumfang stellten insgesamt 5,3 TWh Nutzwärme zur Verfügung. Davon wurden 35 % für die Gebäudebeheizung und die Bereitstellung von Warmwasser benötigt. Die größte Wärmemenge, nämlich 43 %, wurde für Trocknungsprozesse in holzbe- und verarbeitenden Betrieben genutzt, wobei hier die Nutzwärme von KWK-Anlagen dominiert. Wie bereits die Ergebnisse der vorangegangenen Energieholzmarktberichte belegten, wird somit ein nicht unerheblicher Anteil des Energieholzes, insbesondere Altholz und Koppelprodukte der Holzverarbeitenden Betriebe, in Prozesswärme für die Holz- trocknung

umgewandelt und dient der Bereitstellung stofflicher Holzprodukte. Ein weiterer nennenswerter Anteil von 12 % der Wärme wird für sonstige industrielle Prozesse verwendet. Insbesondere die Wärmemengen, die in Papier- und Zellstofffabriken genutzt werden, tragen hier signifikant dazu bei.

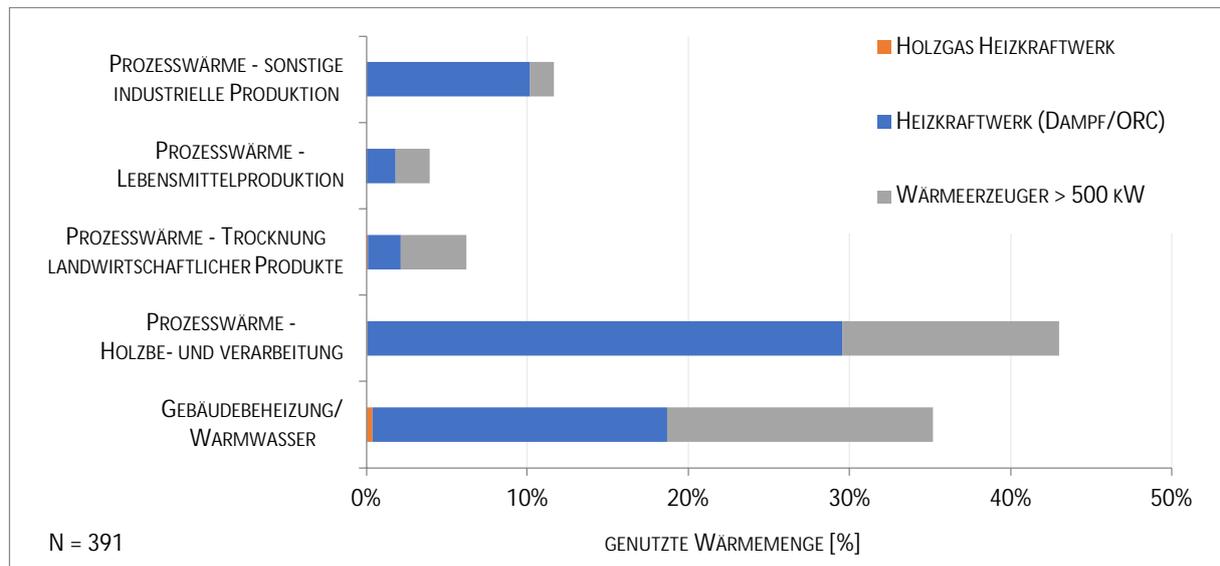


Abbildung 55: Art der Wärmenutzung und deren Anteil an der genutzten Wärmemenge (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2022, Wärmeerzeuger > 500 kW N=296, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) N=58, Holzgas Heizkraftwerk N=37).

Stromproduktion in Biomasse(heiz)kraftwerken

Nach aktuellem Kenntnisstand waren Ende 2022 in Bayern rund 450 Anlagen mit einer kumulierten installierten elektrischen Leistung in Summe von 256 MW_{el} in Betrieb, die aus holziger Biomasse im Betrachtungsjahr geschätzt 1,49 Terrawattstunden Strom produzierten⁶³. Im Energieholzmarktbericht für das Jahr 2020 wurde die Stromproduktion mit rund 1,59 Terrawattstunden bei einer installierten elektrischen Leistung von 260 MW_{el} angegeben. Sowohl die Stromproduktion aus Holz als auch die installierte Leistung sind somit im Vergleich zu 2020 leicht gesunken (STIMM ET AL. 2023). Dieser Rückgang ist hauptsächlich auf eine geringere Auslastung einiger großer Altholzkraftwerke zurückzuführen. Deutschlandweit haben biogene Festbrennstoffe 11,19 Terrawattstunden Strom bereitgestellt (FNR 2023b). Auf bayerische Anlagen entfällt somit ein Anteil von rund 13 %.

Wie aus Abbildung 56 ersichtlich ist, fand in Bayern der wesentliche Zubau an elektrischer Leistung in den Jahren 2002 bis 2012 statt. Obwohl sich die Anzahl der Anlagen seit 2012 mehr als verdreifacht hat, ist die installierte Leistung seitdem nur um 8 % gestiegen.

⁶³ Die Beifeuerung von Biomasse in Müllverbrennungsanlagen wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt.

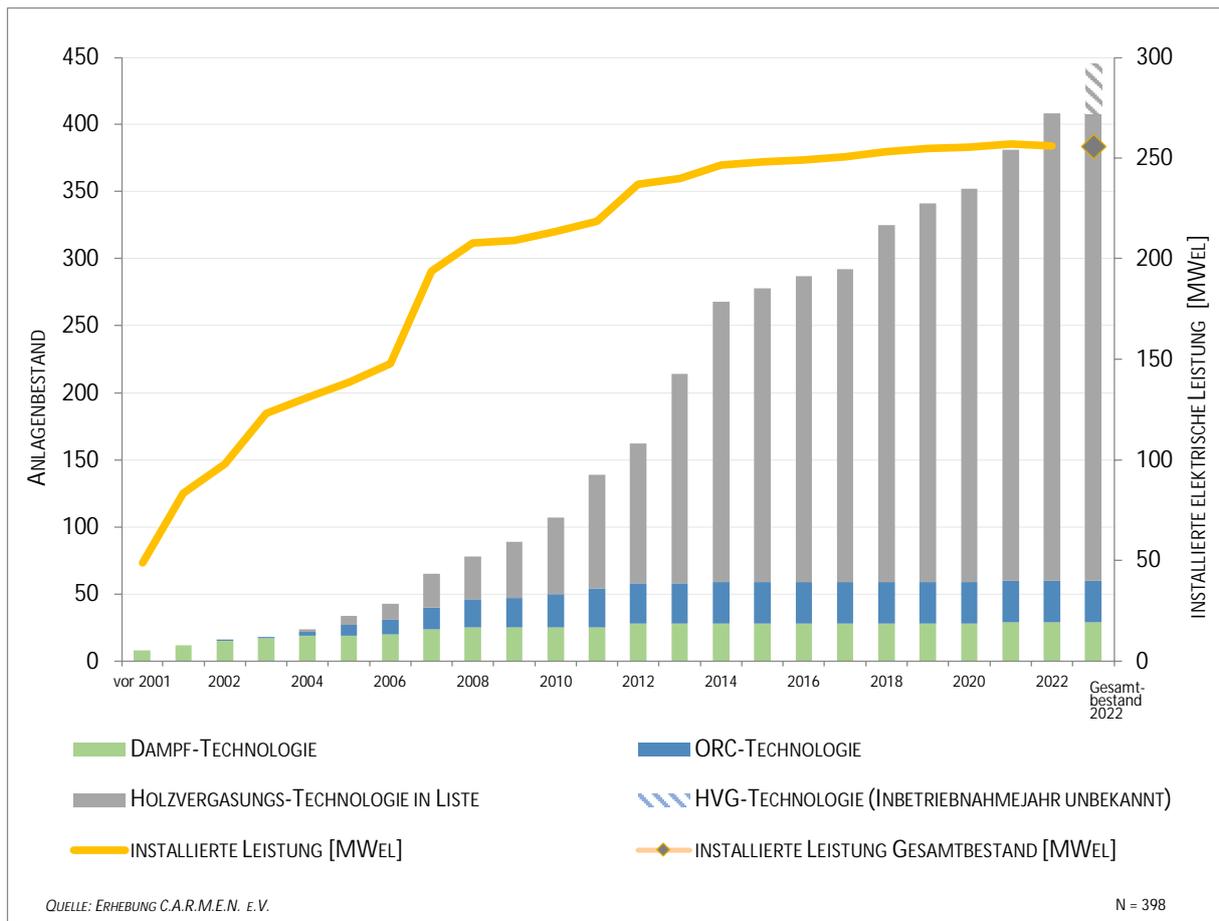


Abbildung 56: Anlagenanzahl und installierte elektrische Leistung der in Betrieb befindlichen bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerke.

Die Stromerzeugung aus Energieholz wird von drei Technologien getragen: Dem klassischen Dampfkraftprozess mit Verstromung des Dampfes in einer Dampfturbine bzw. einem Dampfmotor, dem ORC-Prozess (Organic Rankine Cycle) und der thermochemischen Vergasungstechnologie (Abbildung 57).

Die ersten Dampf-(Heiz)kraftwerke mit Dampfturbinen gingen bereits im letzten Jahrtausend in Betrieb, weitere folgten im Rahmen des Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG). Von 2012 bis 2022 wurde in Bayern kein neues Kraftwerk mit dieser Technologie mehr errichtet, allerdings ist Repowering bei älteren Standorten mittlerweile ein Thema. Typische Vertreter dieser Anlagenkategorie sind die Altholz-(Heiz)kraftwerke der Iqony 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}. Der größte Einzelstandort in Bayern mit einer Feuerungswärmeleistung von 100 MW und einer elektrischen Leistung von 17 MW_{el} befindet sich in Neumarkt beim Holzwerkstoff-Hersteller Pfeleiderer Deutschland GmbH. Im Leistungsbereichen unter 2 MW_{el} sind Dampfturbinen wirtschaftlich kaum darstellbar, deshalb kamen auch Dampfkolbenmotoren zum Einsatz, eine Weiterentwicklung der klassischen Dampfmaschine. Einzelne dieser älteren Anlagen sind auch heute noch in Betrieb. Aktuell hat ein niederbayerischer Hersteller wieder ein neues Produkt auf den Markt gebracht, erste Referenzanlagen sind in Planung.

Durch den Technologie-Bonus im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2004 und EEG 2009 angereizt, wurden bis 2014 Feuerungsanlagen mit nachgeschaltetem ORC-Prozess in Betrieb genommen, von denen heute noch 31 Anlagen aktiv sind. Ähnlich dem konventionellen Dampfkraftprozess basiert auch

der ORC-Prozess auf einem Kreisprozess. Allerdings wird anstelle von Wasser ein organisches Arbeitsmedium wie Silikonöl verwendet, das niedrigere Siede- und Kondensationstemperaturen aufweist. Diese meist wärmegeführten Anlagen ermöglichen die Stromerzeugung aus fester Biomasse im Leistungsbereich zwischen 300 kW_{el} und 3 MW_{el}, wobei lediglich elektrische Wirkungsgrade von höchstens 12-14 % bezogen auf den eingesetzten Brennstoff erreicht werden (KARL 2012).

Mit dem Inkrafttreten des EEG 2012 und insbesondere des EEG 2014 wurde die Neuinbetriebnahme von größeren KWK-Anlagen wirtschaftlich unattraktiv, weshalb es in den folgenden Jahren keinen Zubau mehr in Bayern gab. Im Gegenteil, die installierte Gesamtleistung nahm leicht ab, da immer wieder Kraftwerksstandorte stillgelegt wurden. Zum Beispiel wurde im Jahr 2022 die zweite Ofenlinie beim Müllheizkraftwerk Kempten-Ursulasried, die mit Gebrauchtholz betrieben wurde, außer Betrieb genommen, und Ende 2023 wurde in der unterfränkischen Zellstoff- und Papierfabrik in Stockstatt aufgrund einer Betriebsschließung der Ofen abgeschaltet. Dadurch verschwanden rund 100 MW Feuerungswärmeleistung und 20 MW_{el} vom Markt.

Kontinuierlich zugebaut wurden im vergangenen Jahrzehnt hingegen Holzvergassungsanlagen, wie in Abbildung 56 ersichtlich ist. Diese Anlagen ermöglichen eine Stromerzeugung auch im kleinen Leistungsbereich bei vergleichsweise hohen elektrischen Wirkungsgraden zwischen 25 % und 35 %. Erst ab etwa 2008 wurde diese Technologie von einigen Herstellern zur Serienreife geführt, zuvor gingen hauptsächlich Prototypen und Eigenbauten ans Netz. Die Mehrheit der Holzvergassereinheiten haben eine Leistung zwischen 20 und 180 kW_{el}, wobei durch Kaskadenlösungen an einem Standort auch höhere installierte Leistungen auftreten können. Die vorliegende Studie schätzt, dass Ende 2022 385 Holzvergassungseinheiten mit einer Gesamtleistung von rund 29 MW_{el} in Betrieb waren, wobei über das Marktstammdatenregister 300 Standorte anhand eindeutiger Brennstoffkategorisierung identifiziert werden konnten.

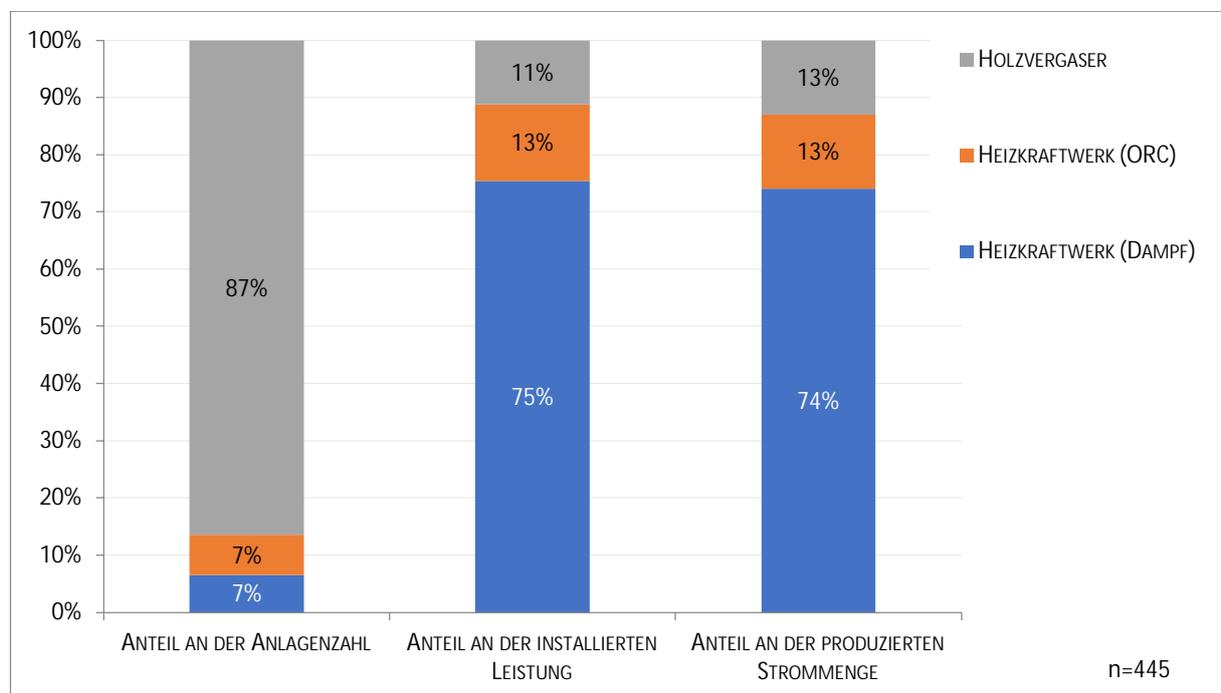


Abbildung 57: Anteil der unterschiedlichen Technologien zur Stromerzeugung aus fester Biomasse am Anlagenbestand der KWK-Anlagen sowie deren Anteile an der installierten elektrischen Leistung und produzierten Strommenge dieser Anlagen in Bayern.

Die Stromerzeugung aus fester Biomasse wird zu 74 % von Dampf(heiz)kraftwerken getragen, obwohl lediglich 29 (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 von im Mittel 6,7 MW_{el}. So erzeugen beinahe die gleiche Anzahl an ORC-Anlagen nur 13 % der Strommenge bei einer mittleren Leistung von 1,1 MW_{el}. Tabelle 26 gibt statistische Werte für den im Rahmen dieser Studie ermittelten Anlagenbestand aus.

Tabelle 26: Elektrische Leistungsbereiche verschiedener Technologien zur Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen in Bayern (N=445)

	Median [MW _{el}]	Mittelwert [MW _{el}]	Kleinste Anlage [MW _{el}]	Größte Anlage [MW _{el}]
Heizkraftwerk (Dampf)	5,45	6,65	0,10	19,50
Heizkraftwerk (ORC)	0,89	1,10	0,32	2,80
Holzgas Heizkraftwerk	0,07	0,10	0,01	0,45

Von den insgesamt 60 Biomasse(heiz)kraftwerken mit Dampf- oder ORC-Technik speisen 51 Anlagen die gesamte produzierte Strommenge ins Netz ein, was bedeutet, dass sie als Volleinspeiser fungieren. Sieben Anlagen hingegen sind Teileinspeiser und nutzen einen Teil zur Deckung des Eigenstrombedarf. Darüber hinaus ist bekannt, dass an zwei weiteren Standorten 100 % des erzeugten Stroms intern im Unternehmen verwendet werden, wobei eine dieser Anlagen außerhalb des EEGs der Papierindustrie zuzuordnen ist. Bei den Holzvergasungsanlagen beträgt der Anteil der Erzeugungseinheiten, die einen Teil der erzeugten Strommenge vor Ort nutzen, 30 %.

ORC-Anlagen werden bis auf wenige Ausnahmen wärmegeführt betrieben, und auch bei den Holzvergaseren überwiegt diese Betriebsweise. Bei Dampfkraftwerken ist sowohl die stromgeführte Betriebsweise als auch die Wärmeführung in etwa gleich häufig anzutreffen, wobei auch Wechselformen existieren. Mit Ausnahme von vier Altholzwerkwerken, die keine oder nur sehr geringe Mengen an Abwärme nutzen, werden alle stromerzeugenden Holzfeuerungen in Bayern mehr oder weniger vollständig in der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben.

Eingesetzte Energieholzsortimente

Gemäß den Hochrechnungen dieser Studie sind Hackschnitzel direkt aus dem Wald mit einem Anteil von 32 % der am häufigsten eingesetzte Holzbrennstoff in Holzfeuerungen > 50 kW, gefolgt von Gebrauchtholz und naturbelassenen Sägenebenprodukten einschließlich Resthölzern mit Anteilen von 16 % bzw. 15 % (siehe Tabelle 27). Wenn alle Holzsortimente, die ab der 1. Holzverarbeitungsstufe bis hin zur letzten Stufe der Kaskadennutzung anfallen, einschließlich Holzpellets, zusammengerechnet werden, ergeben sich 52 % der energetisch genutzten Holzsortimente als Koppelprodukte der stofflichen Holznutzung.

Der Einsatz der Brennstoffsortimente in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW variiert stark in Abhängigkeit von der Anlagengröße und -art. Bei stromerzeugenden Anlagen dominieren Altholz und Waldhackschnitzel, während bei reinen Wärmeerzeugern Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer eine bedeutende Rolle spielen, ergänzt durch Waldhackgut. Altholz spielt hingegen bei dieser Verbrauchsgruppe eine untergeordnete Rolle (siehe Abbildung 58 und Abbildung 59). In den folgenden Absätzen werden die hochgerechneten Verbräuche der Energieholzsortimente sowie deren Verteilung auf die Anlagentypen näher beschrieben.

Tabelle 27: Energieholzverbrauch in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2022, (hochgerechnet).

	Energieholzverbrauch 2022 [Tonnen atro]	Energieholzverbrauch 2022 [Fm]	Anteil am Verbrauch in Bayern
Gebrauchtholz	580.000	1.334.000	16 %
Industrierestholz (nicht naturbelassen)	170.000	425.000	5 %
Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer aus der Holzbe- und -verarbeitung	560.000	1.400.000	15 %
Waldhackschnitzel	1.160.000	2.900.000	32 %
Rinde	275.000	688.000	8 %
Landschaftspflegeholz	415.000	955.000	11 %
Holzpellets	325.000	845.000	9 %
Sonstiges (inkl. KUP)	170.000	481.000	5 %
Summe	3.650.000	9.028.000	100 %

Die Marktanalyse geht von rund 580.000 Tonnen atro Gebrauchtholz aus, die im Jahr 2022 in Bayern in mittleren und großen Holzfeuerungen energetisch genutzt wurden. Dies entspricht einem Rückgang von etwa 13 % im Vergleich zum Erhebungsjahr 2020. Mögliche Ursachen für diesen deutlichen Rückgang werden im nachfolgenden Kapitel erörtert. Ein Großteil des Gebrauchtholzes wird in Dampf(heiz)kraftwerken, den sogenannten Altholzkraftwerken, verbrannt. Die Rückmeldungen der Umfragen zeigen, dass 14 von 29 Dampfanlagen Alt-/Gebrauchtholz verwenden, teilweise auch ausschließlich. Im Durchschnitt über alle Dampf(heiz)kraftwerke beträgt der Anteil dieses Brennstoffsortiments hochgerechnet 41 %. Gemäß § 2 der Altholzverordnung umfasst Altholz neben Gebrauchtholz auch Industrierestholz. Es wird 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 2020). Den Fragebogenrückläufen zufolge wurden rund 170.000 Tonnen atro behandeltes Industrierestholz der energetischen Nutzung zugeführt. Die Abgrenzung zwischen den einzelnen Altholzkategorien ist mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

Naturbelassene Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer spielen bei den Brennstoffen für KWK-Anlagen aufgrund der Brennstoffvergütungsklassen innerhalb des EEG eine untergeordnete Rolle. Diese Rohstoffe werden entweder zu Holzpellets weiterverarbeitet oder direkt in den werkseitigen Feuerungen der holzbe- und -verarbeitenden Betriebe eingesetzt, beispielsweise zur Betreuung von Schnittholztrocknungsanlagen. Die Hochrechnung der Holzverbräuche unter Berücksichtigung entsprechender Anteile an den Brennstoffsortimenten ergibt eine Menge von rund 560.000 Tonnen atro

Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer (ohne Berücksichtigung der zu Pellets aufbereiteten Mengen).

Der Einsatz reiner Rindensortimente wurde separat erfasst, wobei für 2022 ein Verbrauch von 275.000 Tonnen atro festgestellt wurde. Insbesondere die Groß-Sägewerke verwenden die vor Ort anfallende Rinde direkt in den werkseigenen Biomasseheiz(kraft)werken als Brennstoff. Anlagen, die unter den Regelungen des EEG 2004 oder 2009 in Betrieb genommen wurden, können den Strom, der unter Einsatz von Rinde erzeugt wird, mit einem NawaRo-Bonus vergütet bekommen, da Rinde als nachwachsender Rohstoff im Sinne des EEG definiert wurde (CLEARINGSTELLE 2010). Die energetisch genutzten Mengen an Rinde blieben im Vergleich zu den vorangegangenen Erhebungsjahren relativ konstant.

Hackschnitzel aus Waldrestholz und Energierundholz direkt aus dem Wald werden in allen Feuerungsarten in großem Umfang eingesetzt. Mit einer gesamten Verbrauchsmenge von 1.160.000 Tonnen atro sind sie laut Hochrechnungen das mit Abstand größte Energieholzsortiment. Im Vergleich zum Jahr 2020 haben die Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Industrie etwa 130.000 Tonnen mehr Hackschnitzel aus Waldrestholz genutzt. Bei ORC-Anlagen wird angenommen, dass sie rund 53 % ihres Brennstoffbedarfs mit dieser Energieholzfraktion decken, während Dampf-Heizkraftwerke etwa ein Sechstel ihres Brennstoffbedarfs damit abdecken. Reine Wärmeerzeuger > 50 kW werden zu 39 % mit Brennstoff direkt aus dem Wald betrieben.

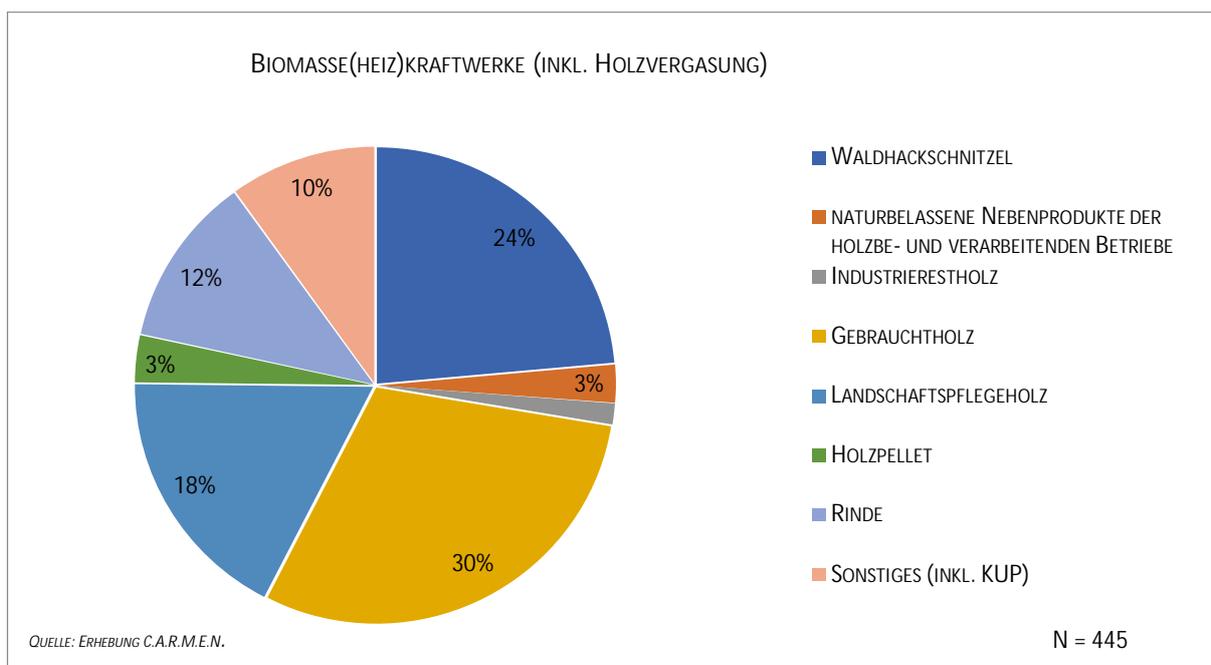


Abbildung 58: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2022 in bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerken. Der Gesamtverbrauch der stromerzeugenden Anlagen wurde auf 1,68 Mio. Tonnen atro hochgerechnet.

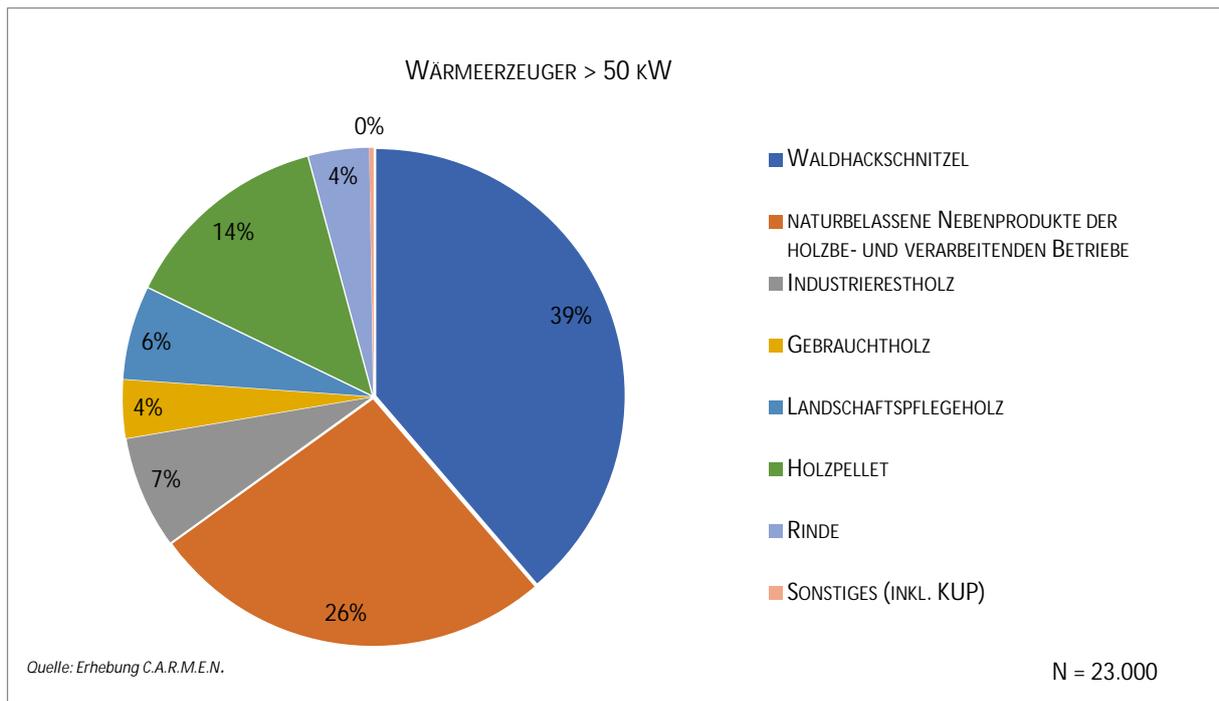


Abbildung 59: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2022 in bayerischen Holzheizwerken > 50 kW zur reinen Wärmeproduktion. Der Gesamtverbrauch der Heizwerke wurde auf 1,97 Mio. Tonnen atro hochgerechnet.

Landschaftspflegeholz spielt mit lediglich 11 % am massenmäßigen Input im Reigen der Energieholzsortimente zwar eine untergeordnete Rolle, ergänzt jedoch über alle Anlagentypen hinweg den naturbelassenen Brennstoff Waldrestholz und Rinde. Durch den Einsatz von Landschaftspflegeholz sichern sich im EEG 2004 und 2009 vergütete Heizkraftwerke den NawaRo-Bonus bzw. die Zuordnung zu den entsprechenden Einsatzstoffvergütungsklassen im EEG 2012. Für das Jahr 2022 wurde der Verbrauch von energetisch verwertetem Landschaftspflegeholz auf 415.000 Tonnen atro in Feuerungsanlagen > 50 kW hochgerechnet.

83 % des erfassten Holzpelletverbrauchs von 325.000 Tonnen atro werden in Wärmerezeugern < 1 MW verbrannt. Der LIV (2023) geht von etwa 4.700 Pelletfeuerungen im Leistungsbereich von 51 bis 900 kW aus, wobei nur 55 Standorte mit einer Leistung von mehr als 500 kW in Betrieb waren. Der Trend, dass kommunale und gewerbliche Verbraucher zunehmend auf den zwar teureren, aber homogenen Holzbrennstoff setzen, setzt sich fort. Eine Sonderrolle spielen sogenannte NawaRo-Holzpellets, die mit 17 % des Verbrauchs zu Buche schlagen und vor allem in EEG-vergüteten Holzvergäsern eingesetzt werden.

Unter der Kategorie „Sonstiges“ werden neben KUP auch Mengen an Schwarzlauge und Zellulosefaser aus der Altpapieraufbereitung berücksichtigt, die in KWK-Anlagen an Standorten der Zellstoff- und Papierindustrie verwendet werden. Die Position „Sonstiges“ summierte sich auf 170.000 Tonnen atro, wobei über die Fragebogenrückläufe nur eine unbedeutende Menge an KUP-Hackschnitzel erfasst werden konnte.

3.2.3 Diskussion

Der Verbrauch an Energieholz in mittleren und großen Feuerungsanlagen wird für das Jahr 2022 auf 3,65 Millionen Tonnen geschätzt, was im Vergleich zur Verbrauchserhebung von 2020 mit 3,57 Millionen Tonnen atro eine Steigerung um etwa 2 % darstellt. Auf den ersten Blick könnte man angesichts

dieser vergleichsweise geringen Zunahme davon ausgehen, dass im Markt im Gegensatz zur Verbrauchergruppe der Privathaushalte keine Dynamik herrschte. Die detaillierten Ergebnisse zeigen jedoch, dass sich die Verbräuche der reinen Wärmeerzeuger entgegengesetzt, zu denen der Heizkraftwerke entwickelten und teilweise ausglich. Während sich bei Wärmeerzeugern > 1 MW ein Mehrbedarf von etwa 60.000 Tonnen atro und bei den Wärmeerzeugern < 1 MW ein Mehrbedarf von gerundet 190.000 Tonnen atro im Vergleich zu 2020 abzeichnet, ist der Holzverbrauch der stromerzeugenden Anlagen trotz des kontinuierlichen Zubaus von Holzvergasungsanlagen um rund 170.000 Tonnen atro gesunken.

Insbesondere Altholzkraftwerke haben im Jahr 2022 eine geringere Menge an Brennstoffen verbraucht. Bei einer Anlage führten längere Revisionszeiten zu einem reduzierten Betrieb. In anderen Fällen wurden die Anlagen aufgrund des knappen Angebots an Altholz, bedingt durch eine schwächelnde Baukonjunktur bei gleichzeitig hoher Nachfrage und Preisspitzen, im Teil- oder Schwachlastbetrieb betrieben. Der Altholzpreis stieg im Herbst 2021 zunächst aufgrund der Corona-Krise an, jedoch verschärfte sich die Situation am Altholzmarkt im Jahr 2022 drastisch mit dem Einmarsch Russlands in die Ukraine (vgl. Kapitel Altholz). Zu bestimmten Zeiten war Altholz nicht verfügbar. Auch Heizkraftwerke, die naturbelassene Holzbrennstoffe verwendeten, waren aufgrund der kriegsbedingten Turbulenzen auf den Brennstoffmärkten vereinzelt in ihrer Leistung eingeschränkt.

Der geringere Holzverbrauch der Heizkraftwerke wurde durch den deutlich gestiegenen Bedarf der Feuerungsanlagen im Leistungssegment zwischen 51 kW und 900 kW überkompensiert. Zwischen 2020 und 2022 wurden 3.100 mittlere Holzfeuerungen (davon 28 % Pelletfeuerungen) zugebaut (LIV 2023), was grundsätzlich auf eine erhöhte Nachfrage nach Energieholz hindeutet. Der Anlagenbestand ist, wie Tabelle 28 zeigt, insgesamt um 13 % angewachsen, wobei vor allem Kessel bis 100 kW neu installiert wurden (+ 15%). Die Leistungsklasse „101 ≤ 500“ verzeichnete einen Zubau von 12 %. Das Wachstum in der Leistungsklasse „501 ≤ 900“ war hingegen mit einer Rate von 3 % deutlich weniger ausgeprägt. Neben der Veränderung der Grundgesamtheit beeinflusst auch die Veränderung der installierten Leistungen in den verschiedenen Klassen die Hochrechnungsergebnisse des Gesamtverbrauchs. Wie aus Tabelle 28 hervorgeht, hat sich die durchschnittliche Nennwärmeleistung der Leistungsklasse „> 101 ≤ 500“ gemäß Betreiberbefragung um 4 % erhöht. Bei den beiden anderen Klassen blieb dieser Wert mit ±1 % nahezu unverändert. Es ist schwierig, basierend auf prozentualen Veränderungen im niedrigen einstelligen Bereich Rückschlüsse darauf zu ziehen, ob sich der tatsächliche Anlagenbestand in Richtung kleinerer oder größerer Kessel in einer bestimmten Leistungsklasse entwickelt hat. Bislang liegen keine offiziellen Angaben zu den installierten Leistungen bei den Wärmeerzeugern in Nichtaushalten mit einer Feuerungswärmeleistung von unter 1 MW vor. Daher besteht auch im Berichtsjahr 2022 eine gewisse Unsicherheit bei der Hochrechnung. Erst in zukünftigen Berichten wird es möglich sein, die tatsächlich installierten Leistungen genau abzubilden. Das bayerische Landesamt für Statistik hat bereits seine Unterstützung für den Energieholzmarktbericht 2024 zugesagt, da gemäß Artikel 6 des Bayerischen Klimaschutzgesetzes (BayKlimaG) ab dem Jahr 2024 jährlich eine Erhebung von Kkehrbuchdaten als Landesstatistik durchgeführt wird. Obwohl das Jahr 2022 als erstes Betrachtungsjahr dient, befindet sich die Auswertung zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts noch in Bearbeitung. In Zukunft wird diese neue statistische Datenbasis, die auf einer Vollerhebung beruht, wesentlich zur Steigerung der Genauigkeit und Belastbarkeit der Ergebnisse beitragen können.

Tabelle 28: Veränderung der Einflussgrößen auf das Hochrechnungsergebnis bei Wärmeerzeugern < 1 MW im Jahr 2022 im Vergleich zum Erhebungsjahr 2020

Leistungsklassen [kW]	Veränderung 2022 zu 2020			
	spezifischer Brennstoffverbrauch	mittlere Leistung	Anzahl Grundgesamtheit	Heizgradtage ⁶⁴
51 ≤ 100	1%	-1%	15%	
101 ≤ 500	-4%	4%	12%	
501 ≤ 900	-8%	1%	3%	
alle	-3%	0,4%	13%	9%

Die dritte Einflussgröße, die das Hochrechnungsergebnis der Verbräuche bei den Wärmeerzeugern < 1 MW bestimmt, ist der spezifische Verbrauch, der je kW installierter Leistung ermittelt und in die Berechnung einbezogen wurde. Die Stichprobe zeigt für die Klassen „101 ≤ 500“ und „501 ≤ 900“ eine Reduktion des spezifischen Verbrauchs um 4 % bzw. 8 %, während der Wert für die Klasse „51 ≤ 100“ um 1 % gestiegen ist. Im Mittel führte dies über alle Anlagen zu einer Verringerung des spezifischen Holzbedarfs um 3 %. Bei der Verbrauchergruppe der Privathaushalte zeigen die Erhebungen der Energieholzmarktberichte regelmäßig, wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Energieholzverbrauch und der Witterung während der jeweiligen Heizperiode. Ähnliche Effekte sind auch bei mittleren und großen Feuerungen zu erwarten, insbesondere wenn diese überwiegend Raumwärme bereitstellen. In einem kälteren Jahr mit mehr Heizgradtagen sollten demnach die spezifischen Brennstoffverbräuche im Durchschnitt höher sein. Tatsächlich wies das Kalenderjahr 2022 um 9 % mehr Heizgradtage während der Monate mit Heiz- bzw. Raumwärmebedarf auf als das Jahr 2020 (siehe Tabelle 26). Die durchschnittliche Jahrestemperatur war jedoch so hoch wie nie zuvor seit Beginn der Wetteraufzeichnungen (LFU 2023c), was die Interpretation der Witterungseinflüsse erschwert.

Die Entwicklung des spezifischen Verbrauchs der zugrundeliegenden Stichprobe korreliert somit nicht mit der Entwicklung der Heizgradtage, sondern weist sogar in die entgegengesetzte Richtung. Die Ursachen für die geringere Auslastung der mittleren Anlagen trotz einer höheren Anzahl von Heizgradtagen sind nicht eindeutig nachvollziehbar. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass Wärmeerzeuger in Nichthaushalten weniger elastisch auf Witterungsänderungen reagieren (vgl. Kapitel 2.7.4 GÖBWEIN ET AL. 2020), jedoch erscheint eine Umkehrung dieses Effekts unplausibel. Die Abweichung könnte auf statistische Unsicherheiten aufgrund der Stichprobengröße hinweisen. Insbesondere bei der Anlagenklasse „> 50 ≤ 100“ und „> 100 ≤ 500“ meldeten einige Betreiber aus dem Holzverarbeitenden Gewerbe sehr geringe Verbräuche. Diese sind bei genauer Betrachtung einzelner Fälle nachvollziehbar, beeinflussen jedoch signifikant die Mittelwertbildung. In den letzten Jahren wurden Nahwärmenetze, die zuvor ausschließlich mit Biogas-Abwärme gespeist worden sind, im Zuge einer Wärmenetzerweiterung um einen Hackschnitzelkessel als zusätzlichen Wärmequelle ergänzt. Diese Hackschnitzelkessel dienen als Spitzenlast- und Redundanzkessel und erreichen daher nur wenige Volllaststunden. Gerade im Leistungsbereich zwischen 500 und 900 kW kann dies zu einem geringeren spezifischen Holzenergieverbrauch je kW installierter Leistung geführt haben. Ein weiterer Trend, der langfristig zu geringeren Auslastungen beiträgt, ist die veränderte Planung neuer Biomasseheizwerke. Diese werden nur noch selten bivalent mit einem fossilen Spitzenlastkessel konzipiert. Stattdessen decken zwei oder

⁶⁴ Quelle: IWU 2024

mehr Holzkessel in Kaskade geschaltet die gesamte Heizlast ab, was zwangsläufig zu geringeren Volllaststunden je Einzelkessel führt. Ob die Energie-Einsparbemühungen der Wärmeabnehmer in Wärmenetzgebieten im Jahr 2022, dem ersten Kriegsjahr, den Holzenergiebedarf von mittleren Feuerungen beeinflusst haben, bleibt spekulativ. Die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanz (AG ENERGIEBILANZEN 2023) geht jedoch aufgrund der Energiekrise von einer temperaturbereinigten Reduzierung des Energieverbrauchs von 4 % aus.

3.2.4 Fazit und Trends

Die Schätzung des Energieholzverbrauchs in bayerischen Feuerungsanlagen mit einer Leistung von mehr als 50 kW, die den Verbrauch außerhalb von Privathaushalten widerspiegelt, beläuft sich für das Jahr 2022 auf etwa 3,65 Millionen Tonnen atro. Etwa 46 % davon wurden in stromerzeugenden Anlagen genutzt, die in Bayern 1,5 TWh erneuerbaren Strom erzeugten. Mit wenigen Ausnahmen im Bereich der Altholzverwertung werden diese Anlagen nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben, wodurch neben Strom auch 3,4 TWh Wärme genutzt oder vermarktet werden konnten. Die installierte elektrische Leistung aus fester Biomasse wird laut Erhebung auf rund 256 MW_{el} geschätzt und liegt damit leicht unter dem Niveau von 2020. Bis auf eine Anlage mit einer Leistung von etwa 3 MW_{el} in Kempten blieben alle (Heiz)kraftwerke mit Dampf- oder ORC-Technik über die beiden betrachteten Jahre hinweg in Betrieb, während keine neuen Anlagen hinzukamen. Lediglich Holzvergasungsanlagen mit einer Leistung von rund 3 MW_{el} in Summe wurden neu errichtet. Die Studie ordnet den reinen Wärmeerzeugern > 50 kW einen Verbrauch von rund 1,97 Mio. Tonnen atro bei einer Wärmebereitstellung von 8,2 TWh zu.

Im Vergleich zur Erhebung von 2020 wurde für das Jahr 2022 ein um 2 % höherer Energieholzbedarf über alle Verbrauchergruppen ermittelt, wobei Feuerungsanlagen mit Kraft-Wärmekopplung weniger Energieholz verbrauchten. Hingegen stieg der Bedarf der reinen Wärmeerzeuger deutlich an. Immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Wärmeerzeugern wird aufgrund neuer Standorte und neuer Erkenntnisse bei bisher nicht an den Umfragen teilnehmenden Betreibern ein Mehrbedarf von 14 % zugewiesen. Der Anlagenbestand bei den Wärmeerzeugern mit einer Leistung von weniger als 1 MW hat sich um etwa 3.100 Anlagen auf insgesamt 22.700 erhöht, was einen entsprechenden Mehrbedarf von 190.000 Tonnen atro verursachte. Gleichzeitig ist jedoch der spezifische Holzverbrauch je installierter Anlagenleistung im Vergleich zu 2020 um ca. 3 % gesunken. Es gibt verschiedene mögliche Gründe für einen Rückgang der Kesselauslastung, jedoch konnte im Rahmen dieser Studie kein statistischer Zusammenhang nachgewiesen werden.

In den Jahren vor 2020 waren nur geringfügige Veränderungen auf dem Energieholzmarkt zu verzeichnen. Die Änderungen des EEG brachten keine Anreize für den Ausbau von KWK-Anlagen, und Initiativen zum Bau großer holzbasierter Wärmenetze scheiterten landesweit immer wieder an niedrigen Gaspreisen. Lediglich der durch Waldschäden bedingte Angebotsdruck aus der Forstwirtschaft führte zu einem moderaten Anstieg der energetischen Verwertungskapazitäten von Waldrestholz im Bereich der Objekt- und Nahwärmeversorgung.

Seit dem Jahr 2020 hat sich jedoch in der Holzenergie-Branche einiges getan. Eine gesteigerte Nachfrage wurde durch verschiedene Änderungen bei Förderprogrammen, Verordnungen und Gesetzen ausgelöst, die vor dem Hintergrund des Bundes-Klimaschutzprogramms neue Impulse am Wärmemarkt setzten. Das Ziel dieser Maßnahmen ist es, bis 2045 einen weitgehend klimaneutralen Gebäudebestand in Deutschland zu erreichen. Zu erwähnen sind hier beispielsweise die progressive CO₂-Bepreisung fossiler Energieträger seit 2021 sowie zeitweise Fördersätze von bis zu 50 % oder mehr für ein regeneratives Heizsystem (auch Holzfeuerungen), die Bürger, Unternehmen und Kommunen zum Handeln motivierten.

Die positive Marktlage bei der energetischen Nutzung von Holz wurde jedoch durch Gegensteuerungsmaßnahmen seitens der Politik und von NGOs gedämpft, was zu Unsicherheit auf dem Markt führte und eine regelrechte Achterbahnfahrt in Bezug auf die Nachfrage auslöste. Holzenergie wurde zum Spielball von Klimaschutzstrategien. Ein Beispiel hierfür ist das Bundesförderung für effiziente Gebäude – Programmteil Einzelmaßnahmen – (BEG EM), das verdeutlicht, wie stark die Förderpolitik die Marktentwicklungen beeinflusst. Wie aus Abbildung 60 hervorgeht, wurden bis Mitte des Jahres 2022 um ein Vielfaches mehr Förderanträge für Holzfeuerungen gestellt als im Jahr 2023. Im Jahr 2021 belief sich die Anzahl der Anträge pro Monat auf etwa 6.000, stieg jedoch in der ersten Jahreshälfte 2022 angesichts des beginnenden Ukraine-Krieges auf rund 11.000 pro Monat an. Im August 2022 erreichten die Antragszahlen mit 56.000 ihren Höhepunkt. Mit Inkrafttreten einer Richtliniennovelle am 14.08.2022 brach der Markt jedoch abrupt zusammen, da der Basisfördersatz für Holzessel von 35 % auf 10 % sank und ab 2023 die Förderwürdigkeit von Holzfeuerungen an die Hybridpflicht mit einem brennstofffreien Heizsystem geknüpft wurde. Dies führte zu einem Rückgang auf durchschnittlich 400 Zuschussanträge pro Monat. Während der Diskussion um die Novelle des Gebäude-Energiegesetzes (GEG, „Heizungsgesetz“) im Jahr 2023 gab es politische Stimmen, die Holz per Gesetz den uneingeschränkten Status als erneuerbaren Energieträger entziehen wollten, ähnlich der Debatte rund um die Novelle der Erneuerbaren Energien-Richtlinie (RED III) auf EU-Ebene. Letztendlich wurde jedoch ein politischer Konsens erzielt, und das Gesetz trat zum 01.01.2024 in Kraft, wobei Holzenergie mit Wärmepumpen und anderen erneuerbaren Energie gleichgestellt wurde. Auch die Fördersätze im BEG EM wurden nachgezogen, sodass seit 2024 für alle regenerativen Heizsysteme die gleichen Fördersätze gelten.

Des Weiteren wird auch der Anschluss an ein Gebäude- oder ein Wärmenetz in gleicher Höhe gefördert wie die Investition in ein eigenes Heizsystem. Netzbetreiber, die in Bayern meist Wärme aus Hack-schnitzel oder Nutzwärme von Biogas-Anlagen in das Netz einspeisen, verzeichnen eine erhöhte Nachfrage nach neuen Hausanschlüssen – möglicherweise auch als Folge der Energiekrise. Diese Nachfrage dürfte weiter steigen, da das neue GEG die Gebäudebesitzer verpflichtet, nach gewissen Übergangsfristen beim Heizungstausch 65 % Erneuerbare Energien zu nutzen, wobei eine zentrale Wärmeversorgung als Erfüllungsoption gilt.

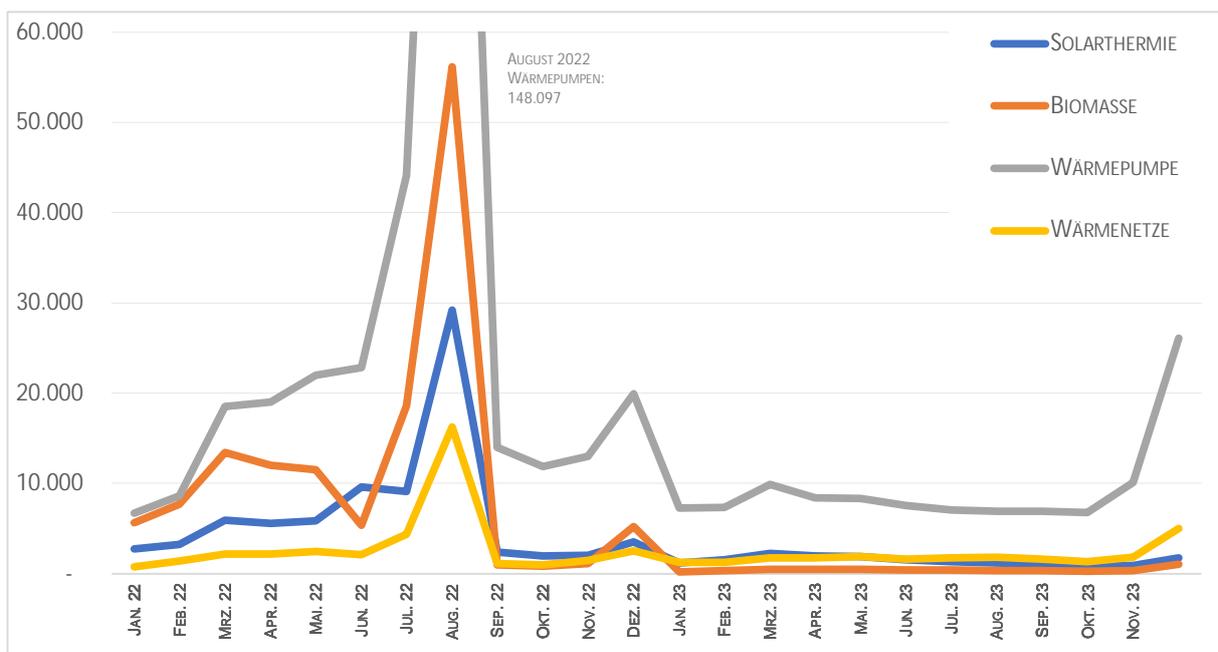


Abbildung 60: Monatliche Anzahl der Förderanträge zum Heizungstausch im BEG – Programmteil Einzelmaßnahmen von Januar 2022 bis Dezember 2023 (Quelle: BAFA 2024).

Parallel zum GEG trat Anfang des Jahres 2024 das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung von Wärmenetzen (WPG) in Kraft. Gemäß diesem Gesetz sind Kommunen verpflichtet, bis spätestens Mitte 2028 einen Wärme-Fahrplan zu erstellen und zu prüfen, in welchen Gebieten zukünftig eine zentrale Wärmeversorgung sinnvoll ist. Das Ziel besteht darin, die Ergebnisse und Empfehlungen der kommunalen Wärmepläne entsprechend umzusetzen, da der Ausbau der zentralen Wärmeversorgung neben der Elektrifizierung von Gebäudeheizungen als ein wesentlicher Baustein der Wärmewende in Deutschland betrachtet wird. Es ist davon auszugehen, dass von der kommunalen Wärmeplanung spürbare Impulse für den Ausbau der Holzenergienutzung ausgehen, sei es für die Versorgung neuer Netzgebiete oder für die Erweiterung und Transformation bereits bestehender Netze.

Während in der Vergangenheit hauptsächlich reine Holzheizwerke gebaut wurden, die allenfalls einen fossilen Spitzenlastkessel einsetzen, werden in neueren Planungen nun dezidiert Möglichkeiten zur Integration von brennstofffreien Energiesystemen geprüft. Neben der Erschließung bisher ungenutzter Abwärmepotentiale sollen insbesondere Großwärmepumpen künftig einen signifikanten Anteil an der Wärmebereitstellung übernehmen. Diese nutzen Flusswasser, den Erdboden oder Luft als Wärmequelle. Noch sind Praxisbeispiele und Betriebserfahrungen mit Großwärmepumpen rar, doch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) reizt diese neue Technologie durch eine 10-jährige Betriebskostenförderung stark an. Die Wärmepumpe soll eine effiziente Kopplung der Sektoren Strom und Wärme ermöglichen. Auch die Möglichkeit der Stabilisierung des Stromnetzes mittels Wärmepumpe und Großspeicher in Wärmenetzen wird zunehmend diskutiert. Immer öfter werden die Konzepte dabei mit Photovoltaik-Anlagen zur Eigenstromnutzung entwickelt. Letztlich hängt es aber von den lokalen Rahmenbedingungen ab, ob ausreichend Flächen und finanzielle Mittel vorhanden sind, um Solarenergie in Form von Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen in ein Wärmenetz zu integrieren. Wie bereits im Neubausektor, wird vermutlich auch in Nah- und Fernwärmenetzen der Elektrifizierungsgrad steigen. In multivalenten Netzen wird dem Biomassekessel zukünftig in der Regel nicht mehr die Rolle der Grundlastabdeckung zugewiesen, sondern er soll lastvariabler eingesetzt werden. Holz als speicherbarer Energieträger ist ein Teamplayer, der für eine sichere Energieversorgung sorgt. In Kombination mit Solarenergie und Wärmepumpen wird Energieholz mittelfristig dennoch den Großteil der Winterlast übernehmen.

Deutschland steht vor der bedeutenden Herausforderung, bestehende Fernwärmenetze zu defossilisieren, da ein Großteil der Fernwärme aus Steinkohle, Braunkohle und Erdgas stammt. Die Transformationspläne der Betreiber sehen auch vor, zumindest für eine gewisse Übergangszeit fossile Energieträger teilweise durch Holz zu substituieren. Es ist zu erwarten, dass ein Wechsel des Energieträgers in der Fernwärme das Potential hat, einen erhöhten Bedarf an Energieholz zu generieren, der außerhalb von Zeiten großer Schadereignissen im Wald voraussichtlich nicht allein durch nachhaltig bereitgestellte heimische Ressourcen gedeckt werden kann. Insbesondere in den waldarmen Regionen Norddeutschlands - Fernwärme ist vor allem in Nordrhein-Westfalen, den Stadtstaaten und Ostdeutschland verbreitet - könnte daher verstärkt auf Importe zurückgegriffen werden müssen. Sowohl das WPG als auch das BEW spielen hierbei eine lenkende Rolle, da in Wärmenetzen mit einer Länge von mehr als 50 km - im BEW zusätzlich bereits ab einer Netzlänge von über 20 km - der maximale Anteil der Wärmemenge, die aus Holz gewonnen werden darf, begrenzt ist. Dennoch ist aufgrund solcher Großprojekte auch in Bayern eine steigende Nachfrage nach Energieholz zu erwarten.

Die Förderanreize im Rahmen der Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) zur Bereitstellung von Prozesswärme aus Energieholz wurden im Mai 2023 signifikant zurückgenommen. Gemäß der neuen Richtlinie dürfen bei geförderten Anlagen nur noch pflanzliche Abfall- und Reststoffe verbrannt werden, Energieholz aus dem Wald ist nicht unter den zugelassenen Brennstoffen aufgeführt (auch kein Waldrestholz oder Schadholz). Holz aus dem Wald kann nur noch

in Anlagen bis 700 kW eingesetzt werden, wobei der Anteil dieser primären bzw. naturbelassenen Biomasse an der insgesamt eingesetzten Biomasse nicht mehr als 25 % im Jahresdurchschnitt betragen darf. Die Bundesregierung erkennt in der Direktelektrifizierung ein bedeutendes Potential zur Dekarbonisierung von Industriebetrieben und räumt dieser Technologie im Rahmen der EEW einen Fördervorrang gegenüber biogenen Brennstoffen ein, sofern sie technisch geeignet ist. Dieser fehlende Förderanreiz für die Nutzung von Holzenergie hat möglicherweise dazu geführt, dass einige Unternehmen ihre Pläne zur Umstellung auf erneuerbare Wärme vorerst auf Eis gelegt oder zumindest verschoben haben. Die große Aufbruchstimmung hin zur Verwendung von Energieholz, die in den Jahren 2020 bis 2022 in der Industrie spürbar war, wurde zudem durch die Debatten des EU-Parlaments zur Überarbeitung der RED III gedämpft. Ursprünglich wurde im Parlament mehrheitlich beschlossen, dass primäre holzige Biomasse bis 2030 seinen Status als erneuerbare Energie verlieren sollte. Solche Diskussionen hemmen die Investitionsentscheidungen von Unternehmen, die sich auf den Weg Richtung nachhaltigem Wirtschaften machen möchten. Investitionssicherheit ist ein entscheidender Faktor für die langfristige Planung von Unternehmen. Letztendlich konnten sich die Trilog-Partner (EU-Kommission, EU-Parlament und Rat) Mitte März 2023 nach einem intensiven Verhandlungsmarathon darauf einigen, dass Holz aus dem Wald weiterhin als erneuerbarer Energieträger anerkannt wird. Diese Grundsatzentscheidung auf EU-Ebene war von großer Bedeutung für die gesamte Branche. Es ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren bei Industriefirmen neue Großfeuerungsanlagen für Energieholz errichtet werden, um die Energieversorgung ihrer Standorte auf nachhaltige Beine zu stellen. Bekannt geworden sind beispielsweise Bauvorhaben oder Neuinbetriebnahmen bei Unternehmen wie dem BMW-Werk in Dingolfing, dem Pharmakonzerns Roche in Penzberg oder der Firma Pfeleiderer in Teisnach mit einer Gesamtleistung von etwa 30 MW. Darüber hinaus ist für den Chemiepark Gendorf in Burgkirchen an der Alz die Errichtung eines Biomasseheizkraftwerks mit einer Feuerungswärmeleistung von rund 50 MW in der Vorplanung. Gemäß den Vorgaben der RED III muss sichergestellt werden, dass in Großanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von über 7,5 MW nur Holzbiomassen verwendet werden, die den festgelegten Nachhaltigkeitskriterien entsprechen und entsprechend zertifiziert sind.

Ausblick: In den vergangenen Jahren sind erste Pyrolyse-Anlagen in Bayern in Betrieb gegangen, die aus organischem Material, derzeit meist Waldrestholz, Pflanzenkohle herstellen. Dabei wird die Biomasse unter kontrollierten Bedingungen in einem geschlossenen System unter Sauerstoffabschluss auf Temperaturen von 350°C bis 900°C erhitzt. Die flüchtigen Anteile der Biomasse (Pyrolysegase & Pyrolyseöle) trennen sich dabei vom festen Kohlenstoff, der als Pflanzenkohle zurückbleibt. Eine hohe innere Oberfläche gepaart mit einer hohen Langzeitstabilität verleiht der Pflanzenkohle einige interessante Eigenschaften, welche für verschiedene Anwendungen in der Landwirtschaft sowie der Industrie von Bedeutung sind. Die entstehenden brennbaren Gase werden zur Erzeugung von Wärme genutzt, die zum einen zur Aufrechterhaltung des Pyrolyseprozesses benötigt wird und zum anderen als Abwärme ausgekoppelt wird und für die Beheizung von Gebäuden oder zur Bereitstellung von Prozesswärme zur Verfügung steht. Da Pflanzenkohle gegenüber biologischen Abbauprozessen weitgehendst resistent ist, bietet sich neben der hochpreisigen Vermarktung als zertifizierte Kohle, beispielsweise als Zusatz für die Tierfütterung, auch die visionäre Möglichkeit einer pyrogenen CO₂-Abscheidung und -Speicherung als Klimaschutzmaßnahme im großen Maßstab an. Im Zusammenhang mit der Erzeugung von Negativemissionen durch das Pyrolyseprodukt Pflanzenkohle hat sich hier der Begriff PyCCS etabliert (englisch: pyrogenic carbon capture and storage). Die aktuell in Pyrolyseanlagen konvertierten Holzmengen sind noch vernachlässigbar und deshalb im Rahmen dieser Studie nicht erfasst. Es ist jedoch geplant, den technologischen Fortschritt und die Marktdurchdringung in zukünftigen Studien zu dokumentieren. Der Markt wird derzeit von deutschen und österreichischen Anlagenherstellern dominiert. Aktuell dürfte die Anzahl der in Bayern betriebenen Anlagen im einstelligen Bereich liegen.

3.3 Papier- und Zellstoffindustrie

Die Holzverarbeitende bayerische Papierindustrie bestand 2022 noch aus vier großen Papierfabriken in Schwaben und Niederbayern, die zur europäischen Gruppe des börsennotierten Großkonzerns der United Paper Mills (UPM GmbH) mit Sitz in Helsinki gehören. An den Standorten Augsburg, Ettringen und Plattling setzte UPM Papierholz zur Produktion graphischer Papiere ein, in Schongau werden ausschließlich TMP-Hackschnitzel verwendet. Weitere kleinere Produzenten (Palm, Leipa etc.) nutzen v.a. Altpapier und Zellstoff im Rahmen ihrer Papier- und Kartonagenproduktion. Die bayerische Zellstoffindustrie bestand 2022 aus einem Zellstoffwerk des südafrikanischen Konzerns SAPPi in Stockstadt.

3.3.1 Methode

Aufgrund der geringen Anzahl der Betriebe in der bayerischen Papierindustrie publiziert das Landesamt für Statistik aus Datenschutzgründen keine Informationen zum Holzeinsatz in der Papierindustrie. Die Verbrauchsmengen können jedoch über die aktuelle Produktionsentwicklung und alten Daten zum Frischholzeinsatz abgeschätzt werden.

Die in Bayern produzierte Menge Papier wurde dem Produktionsdiagramm der Bayerischen Papierverbände (BAYPAPIER 2023) entnommen, die sich wiederum auf Zahlen des LfStat und dem Verband DIE PAPIERINDUSTRIE e.V. stützen. Demnach sank die in Bayern produzierte Menge Papier von 2020 auf 2022 um 5 % auf rund 3,75 Mio. Tonnen. In der Papierherstellung werden überwiegend recycelte Fasern aus Altpapier verwendet, nur ein geringer Anteil wird aus Frischholz gewonnen. Frischholzfaser werden ergänzend bzw. bei der Herstellung von Spezialpapieren eingesetzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass Altpapier fast ausschließlich wieder in der Papierherstellung eingesetzt wird. Daher entspricht der Altpapiereinsatz in der Papierherstellung dem inländischen Aufkommen zuzüglich des Nettoimports. Unter Berücksichtigung der Faserausbeute aus dem Altpapier und der hergestellten Menge Papier kann der tatsächlich wieder in der Papierprodukten eingesetzte Altpapieranteil bestimmt und der Frischholzeinsatz berechnet werden.

Das Bundesamt für Statistik führt nur Statistiken zum Altpapieraufkommen aus Haushaltsabfällen. Der Verband DIE PAPIERINDUSTRIE publiziert in seinen Statistikbänden das Gesamtaufkommen des Altpapiers (DIE PAPIERINDUSTRIE 2023). Daraus kann ein Faktor berechnet werden, der den Anteil des Altpapiers aus den Privathaushalten am gesamten Altpapieraufkommen beschreibt. Dieser Faktor lag im Jahr 2022 bei 38,4 %. Wird dieser Faktor auf Bayern übertragen, kann aus der Abfallbilanz des Landesamts für Umwelt (LFU 2023A) anhand des Altpapieraufkommens aus bayerischen Privathaushalten auf das gesamte Altpapieraufkommen in Bayern hochgerechnet werden. Mit diesen Informationen konnte das Gesamtaufkommen an Altpapier in Bayern geschätzt werden. Letztendlich ergab sich eine Altpapier-Einsatzquote von 79 % für die Papierfabriken (VDP 2023), anhand der zusammen mit der Papierproduktion in Bayern (BayPapier 2023) der Altpapierverbrauch geschätzt wurde. 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. Dafür wurde mit Hilfe der Kohlenstoff-Faktoren (C-Faktoren) von DIESTEL UND WEIMAR (2014) das Volumen an Holz errechnet, das dem Kohlenstoffgehalt des im Altpapier enthaltenen Holzes entspricht. Dabei wurde unterstellt, dass die Sortenzusammensetzung von Altpapier der Zusammensetzung des nach Deutschland importierten Papiers entspricht. Somit errechneten sich für einen Festmeter Holz im Jahr 2022 ein Wert von 0,6211 Tonnen Papier sowie ein Umrechnungsfaktor von t_{lutro} zu $Fm \text{ m. R.}$ von 1,610. Für die Umrechnung von t_{lutro} in t_{atro} wurde ein Wassergehalt im Altpapier von 9 % angenommen (WEIDNER ET AL. 2016).

Der südafrikanische Konzern SAPPI gibt jährlich eine Umwelterklärung (EMAS) für jeden seiner Standorte heraus. Darin wurden neben anderen umweltrelevanten Parametern auch die Rohstoffverbräuche des im Jahr 2022 noch betriebenen Zellstoffwerks in Stockstadt veröffentlicht.

Die Verbrauchsmengen der bayerischen Papier- und Zellstoffindustrie für das Jahr 2022 wurden in Abbildung 61 dem Jahr 2020 gegenübergestellt.

3.3.2 Holz- und Altpapierverbrauch der bayerischen Papier- und Zellstoffindustrie

Die UPM-Papierfabriken in Augsburg, Plattling und Ettringen verwenden zur Papierherstellung zusätzlich Holzschliff, neben den Rohstoffen Altpapier und Zellstoff. Holzschliff wird aus frischem Waldholz (Schleifholz) hergestellt. Der aktuelle Verbrauch an Schleifholz in den drei Werken wurde für das Jahr 2022 auf 1.100.000 Fm m. R. geschätzt, das entspricht 978.000 Fm o. Rinde bzw. 423.077 t atro. 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 bzw. 154.000 t atro geschätzt.

Wenn das Rundholz in den Papierwerken verarbeitet wird, fallen – wie in den Sägewerken – Nebenprodukte an: Sägemehl, Rinde sowie Bruch- und Kapphölzer werden entweder selbst verwendet oder an verschiedene weiterverarbeitende Betriebe verkauft. Im Jahr 2022 wird der Anfall an Nebenprodukten für die Sägespäne auf 3.000 m³ (rund 1.000 t atro), für das Bruch- und Kappholz auf 22.000 m³ (rund 9.000 t atro) und für die Rinde auf 133.000 m³ (rund 51.000 t atro) geschätzt. 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.

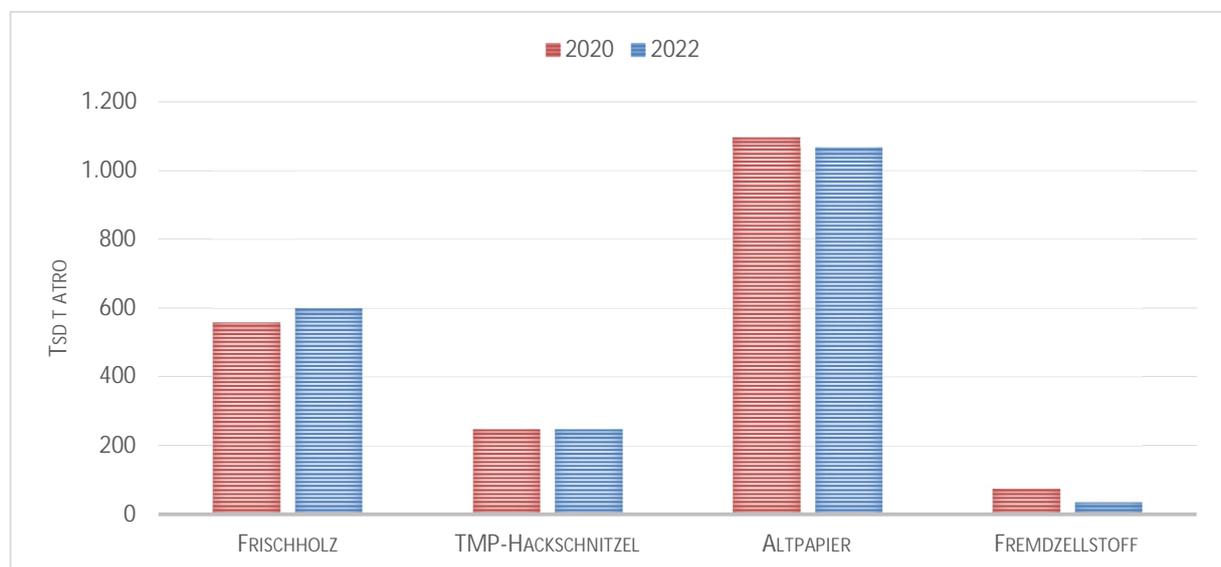


Abbildung 61 Rohstoffverbrauch der bayerischen Papier- und Zellstoffproduzenten, die Rohholz oder TMP-Hackschnitzel einsetzen, getrennt nach Sortimenten.

Das Zellstoffwerk in Stockstadt produziert gestrichenes Feinpapier und Naturpapier aus Buchenzellstoff. Im Jahr 2022 wurden dort rund 213.000 Tonnen Papier und 126.000 Tonnen Zellstoff produziert (SAPPI 2023A). Sappi Stockstadt ist ein integriertes Werk mit eigenem Kraftwerk und Zellstoffproduktion für die Papierherstellung. Die dafür benötigten Holz mengen werden in der Umwelterklärung 2022 des Unternehmens mit 177.000 t atro Rundholz (318.000 Fm m. R.) und 95.000 t atro TMP-Hackschnitzel

aus Sägenebenprodukten (171.000 Fm m. R.) angegeben. Außerdem wurden 35.000 Tonnen Fremdzellstoff für die Papierproduktion eingesetzt. Der Einsatz von Holz in der Zellstoffindustrie wird auf rund 489.000 Fm m. R. berechnet. Damit stieg der Verbrauch von Holz gegenüber der letzten Erhebung 2020 um 1,3 %. Bei den einzelnen Sortimenten wurde der Rundholzanteil leicht gesteigert (+2,1 %), der Einsatz von Hackschnitzel ging geringfügig zurück. Der Einsatz von Fremdzellstoff halbierte sich.

Zusammengefasst haben die bayerischen Papier- und Zellstoffwerke, die Rohholz oder TMP-Hackschnitzel verwenden, im Jahr 2022 rund 600.000 t atro Frischholz und 249.000 t atro TMP-Hackschnitzel verarbeitet. Zusätzlich wurden 1,07 Mio. t atro Altpapier und 0,04 Mio. t atro Fremdzellstoff eingesetzt (Abbildung 61).

Der wichtigste Rohstoff für die bayerische Papierindustrie ist das Altpapier. Das Aufkommen wird für das Jahr 2022 auf 2,23 Mio. t lutro⁶⁵ geschätzt, hinzu kommt ein Nettoimport von 419.000 t lutro Altpapier, was einem bayerischen Gesamtaufkommen von 2,65 Mio. t lutro entspricht. Der Verbrauch bei der Papierherstellung wurde im Berichtsjahr auf 2,96 Mio. t lutro geschätzt. Die Differenz von 0,31 Mio. t lutro ist auf den Binnenhandel zurückzuführen. Damit ergeben sich für die Holzbilanz ein Aufkommen von 2,43 Mio. t atro und ein Verbrauch von 2,72 Mio. t atro.

3.3.3 Diskussion

Laut dem VDP (2023) stieg der rechnerische Papierverbrauch in Deutschland bis 2016 kontinuierlich an und erreichte mit knapp 21 Mio. Tonnen ein Maximum. Seither geht der Verbrauch zurück, mit Ausnahme der Corona-Krise. Dabei entwickelte sich der Papierverbrauch zwischen den verschiedenen Sortimenten sehr unterschiedlich. Der Bedarf der ehemals mengenmäßig bedeutendsten Gruppe, den graphischen Papieren, sank mit zunehmendem Grad der Digitalisierung. Im Gegenzug stieg der Bedarf an Papier, Kartonagen und Pappe für Verpackungszwecke kontinuierlich an. Auch der Bedarf an den mengenmäßig weniger relevanten Hygienepapieren wuchs und liegt aktuell bei 1,5 Mio. Tonnen. Technische und Spezialpapiere bewegen sich konstant auf einem niedrigen Niveau von 1,0 Mio. Tonnen. Insgesamt kann die Deutsche Papierindustrie 121 % des Inlandsbedarfs an Papier und Papierprodukten durch eigene Produktion decken.

Die sinkende Nachfrage und stark gestiegene Energiepreise führten in der Folge zu einer rückläufigen Produktion, auch in Bayern. Die Konsequenz war die Schließung der beiden Produktionsstandorte SAPPI-Stockstadt (SAPPI 2023B) und UPM-Plattling Ende 2023. Mit dem Standort Plattling wird der Verbrauch von knapp 1 Mio. Rm Schleifholz, das entspricht ca. 600.000 Efm. o. R., wegfallen. Inwieweit diese Holz mengen in Schwachholzsägewerken Verwendung finden, wird maßgeblich von der Rundholzverfügbarkeit auf dem Holzmarkt abhängen. Daher ist eine Vermarktung als Industrie- oder Energieholz wahrscheinlicher. Mögliche Abnehmer sind Holzwerkstoffhersteller und Energieversorger in Deutschland, Tschechien und Österreich. Langfristig wäre auch die Verwendung in Bioraffinerien denkbar (EUWID 37/2023).

Auch in Stockstadt werden zukünftig erhebliche Rohholzmengen frei. Mit der Übernahme durch die Progroup AG soll in Stockstadt bis 2030 ein hochmodernes Werk zur Herstellung von Wellenrohpapier entstehen. Als Rohstoff kommt ausschließlich Altpapier zum Einsatz (PROGROUP 2024). Möglicherweise können die freigewordenen Holz mengen zur Versorgung der UPM-Bioraffinerie in Leuna verwendet werden.

⁶⁵ Für die Tonne lutro wurde ein Wassergehalt von 9 % angenommen.

3.4 Holzwerkstoffindustrie

Grundsätzlich bestehen Holzwerkstoffe aus Holz, das zuvor mechanisch zerkleinert wurde. Die Art und das Maß der Zerkleinerung ist vom Endprodukt abhängig. Dabei ist die Produktpalette vielfältig und reicht von kaum zerkleinerten bzw. kaum veränderten Massivholzplatten über Span- und Faserplatten bis hin zu Verbundwerkstoffen, die aus Mischungen von Holz mit anderen Materialien bestehen. Die Holzwerkstoffindustrie in Bayern bestand 2020 aus insgesamt 18 Betrieben mit mehr als 20 Beschäftigten (BLfS 2023c). 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 einen Hersteller von Palettenklötzen.

3.4.1 Methode

Die Produktionsmengen der bayerischen Holzwerkstoffindustrie werden nicht regelmäßig veröffentlicht. Sofern keine aktuellen Produktionsmengen über die Firmen selbst oder die Fachpresse veröffentlicht werden, müssen Rückschlüsse auf den Holzverbrauch aus Umfragen, amtlichen Statistiken oder der Fortschreibung älterer Datensätze gezogen werden. Die amtlichen Produktionsstatistiken wiesen für die Spanplatte⁶⁶ deutschlandweit von 2020 bis 2022 eine Steigerung von 1,5 % der Produktionsmengen aus (DESTATIS 2024c). Diese Entwicklung wurde ebenfalls für die in Bayern produzierenden Spanplattenhersteller Egger (ehem. Rauch) und Pfeleiderer angenommen und auf diese übertragen.

Der Holzanteil in den Spanplatten von 84 %⁶⁷ wurde dem IBU (2020) entnommen und die Anteile der verschiedenen Rohstoffe (Rundholz, Sägenebenprodukte, Altholz) von WEIDNER ET AL. (2016) übernommen bzw. an neue Erkenntnisse angepasst.

3.4.2 Holzverbrauch der bayerischen Holzwerkstoffindustrie

Im Jahr 2022 wurden in Bayern schätzungsweise 1,47 Mio. m³ Spanplatten produziert. Das entspricht analog zur Entwicklung auf Bundesebene einer Steigerung von 1,5 % gegenüber dem Jahr 2020. Weitere 281.000 m³ an Palettenklötzen komplettieren die betrachteten Produktionsmengen.

Der Rohstoffeinsatz für die oben beschriebenen Produktionsmengen verteilt sich auf die Sortimente Waldholz, Sägenebenprodukte und Altholz (Tabelle 29). Die im Jahr 2022 in der stofflichen Produktion eingesetzten Mengen an Waldholz werden auf 252.000 Fm o. R. (289.000 Fm m. R.) geschätzt. Die verwendeten Sägenebenprodukte belaufen sich auf 1,23 Mio. Fm und das verwendete Altholz auf 0,61 Mio. Fm. In Summe entspricht das einer Menge 2,01 Mio. Fm, die in die Holzbilanz eingeht.

⁶⁶ Betrachtet wurde nur das Produkt Spanplatte roh oder geschliffen (GP19-162112001).

⁶⁷ Laut der Umweltproduktdeklaration von Pfeleiderer schwanken die Holzanteile (t atro) zwischen 82,9 % und 86,6 %.

Tabelle 29 Schätzung der in der bayerischen Holzwerkstoffproduktion eingesetzten Mengen und Anteile nach Holzsortiment im Jahr 2022.

Sortiment	Fm o. R.	t atro	%
Waldholz (Industrieholz)	252.000	108.000	12 %
Sägespäne	535.000	218.000	26 %
Hobelspäne	-	-	0 %
Schwarten	124.000	50.000	6 %
Hackschnitzel	501.000	204.000	24 %
Bruchholz	67.000	27.000	3 %
Altholz	607.000	264.000	29 %
Summe	2.086.000	871.000	100 %

3.4.3 Diskussion

Die Gegenüberstellung der ermittelten Holzverbräuche und der Verkaufsmengen von Sägenebenprodukten aus der Sägewerksumfrage zeigt, dass der Holzbedarf der bayerischen Holzwerkstoffindustrie an Sägenebenprodukten und Industrieresthölzern leicht gedeckt werden kann. Die von den Sägern für die stoffliche Verwendung insgesamt bereitgestellten Mengen an SNP (inkl. IRH) beträgt 2,23 Mio. Fm⁶⁸ (vgl. Tabelle 14). Davon verbraucht die Papierindustrie etwa 0,57 Mio. m³ (0,25 Mio. t atro) und die Holzwerkstoffindustrie 1,23 Mio. m³. Ebenso kann der von DÖRING ET AL. (2017) ermittelte Faktor von 1,3 Faserholz (Fm) pro Produktion (m³) für die Spanplattenindustrie im Wesentlichen bestätigt werden. Allerdings zeigen die Erhebungen in dieser Arbeit auch die Abhängigkeit des Faktors vom eingesetzten Altholzanteil.

In Spanplatten und Palettenklötzen können Industrieholz, Sägenebenprodukte (inkl. IRH) und Altholz (Altholzklassen A I, A II und nach aufwendiger Aufbereitung auch A III) 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). Da es sich bei Altholz um ein Recycling-Produkt handelt, gilt es per se als nachhaltig und kann dementsprechend zertifiziert und in den Produktgruppen *FSC-Mixed* oder *FSC-Recycled* verwendet werden (FSC 2011). Insgesamt wurden in Bayern 0,26 Mio. t atro (0,61 Mio. Fm) Altholz in der Spanplattenproduktion verwendet. Das entspricht 62 % des Altholzaufkommens zur stofflichen Verwendung (Abbildung 29).

Insgesamt hat sich im Vergleich zum Erhebungsjahr 2020 der eingesetzte Anteil von Waldholz und Altholz erhöht, die eingesetzten Mengen an SNP (inkl. IRH) haben sich leicht verringert. Die starke Konkurrenz zu den energetischen Verbrauchern der Industrieresthölzer, insbesondere der Pelletindustrie, aber auch der Papierindustrie könnte zu Umsteuerungen beigetragen haben. So waren die Holzwerkstoffproduzenten irgendwann nicht mehr in der Lage, steigende Einkaufspreise von SNP (inkl. IRH) auf ihre Produkte umzulegen (EUWID 08/2022).

⁶⁸ Darin enthalten sind die Mengen, die Betriebe im eigenen Werk stofflich weiterverarbeiten, sowie die Mengen, die zur stofflichen Verwendung weiterverkauft werden.

4 Holzbilanz

Die in der Studie ermittelten Aufkommens- und Verbrauchsmengen auf dem Holzmarkt werden im folgenden Kapitel in der Holzbilanz für das Jahr 2022 zusammengefasst und gegenübergestellt. Dieser Überblick über die Herkunft und Verwendung des Holzes liefert die Grundlage für eine effiziente und zukunftsfähige Nutzung des Rohstoffes Holz. Die Darstellung der Mengen vorangegangener Erhebungen erlaubt, sofern nicht explizit eingeschränkt, einen zeitlichen Vergleich.

4.1 Aufkommensmengen

Im Jahr 2022 betrug das verfügbare Aufkommen an Waldholz insgesamt 23,45 Mio. Fm m. R. und lag damit 16 % über dem Waldholzaufkommen von 2020 (20,14 Mio. Fm m. R.). Dabei nahmen die Sortimente zur energetischen Verwendung (Scheitholz +26 %, Hackschnitzel +31 %) überproportional zu, die Sortimente zur stofflichen Verwendung (Stammholz +8 %, Industrieholz ±0 %) nur geringfügig.

Die Sägenebenprodukte erreichten 2022 einen Wert von 4,97 Mio. m³ und sind damit gegenüber 2020 um 0,32 Mio. m³ angestiegen. Die Menge der Industrieresthölzer stieg auf 1,02 Mio. m³. Die in den Sägewerken angefallene Rindenmenge ging mit 1,18 Mio. m³ etwas zurück. Weitere 0,03 Mio. m³ Rinde verbleiben im Wald.

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 bei 7,20 Mio. m³. Abzüglich des Nettoexports von Schnittholz in Höhe von 2,44 Mio. m³ verbleiben 4,76 Mio. m³ Schnittholz zur Weiterverarbeitung in Bayern. Dabei fällt ein Verschnitt von 1,42 Mio. m³ an. Die Spanplattenproduktion erreichte 1,47 Mio. m³. Der Nettoexport von Spanplatten betrug 0,07 Mio. m³ (BLfS 2024A). Damit verbleiben 1,40 Mio. m³ Spanplatten zur Weiterverarbeitung in Bayern. Der Verschnitt bei den Holzwerkstoffen liegt demnach bei 0,21 Mio. m³. Damit summiert sich das Industrierestholz zu 1,63 Mio. m³.

Das Aufkommen an Altholz wurde auf 4,61 Mio. m³ hochgerechnet. Diese Menge setzt sich aus den Meldungen der Altholzaufbereiter (4,16 Mio. m³) und den Meldungen aus der Haushaltsumfrage (0,45 Mio. m³) zusammen.

Das Aufkommen an Altpapier wird auf 3,59 Mio. m³ ⁽⁶⁹⁾ oder 2,05 Mio. t atro geschätzt.

Unter Flur und Siedlungsholz sind die Meldungen der Hackerunternehmen von 0,77 Mio. Fm m. R., das Aufkommen bei den Altholzaufbereitern von 0,07 Mio. Fm m. R. und die Mengen aus der Haushaltsumfrage von 1,07 Mio. Fm m. R. zusammengefasst. Es ergibt sich hieraus eine Gesamtmenge von 1,91 Mio. Fm m. R.

Das Hackschnitzelaufkommen aus Kurzumtriebsplantagen belief sich im Jahr 2022 auf 0,07 Mio. Fm m. R.

⁶⁹ Holzäquivalent: Die Zahl stellt nicht das tatsächliche Volumen an Altpapier dar, sondern das Volumen an Holzfasern, das im Altpapier enthalten ist.

4.2 Verbrauchsmengen

Der Verbrauch an Energieholz beläuft sich 2022 auf 19,3 Mio. Fm. Davon haben die Privathaushalte 10,27 Mio. Fm und die Biomasseheiz(kraft)werke 9,03 Mio. Fm verbraucht. Der Gesamtverbrauch hat sich gegenüber 2020 um 2,9 % erhöht.

Der Rohstoffverbrauch der Papierindustrie hat sich seit dem letzten Bericht kaum verändert. Der Verbrauch 2022 liegt bei 7,35 Mio. m³.

Im Jahr 2022 hat der Holzeinsatz auch in der Holzwerkstoffindustrie im Vergleich zu 2020 weiter abgenommen und betrug insgesamt 2,09 Mio. Fm.

Die bayerischen Sägewerke verarbeiteten im aktuellen Berichtsjahr 13,55 Mio. Fm m. R Rohholz zu 7,20 Mio. m³ Schnittholz. Die Gesamtmenge an dort angefallenen Sägenebenprodukten, Industrieresthölzern und Rinde summierte sich zu insgesamt 7,17 Mio. Fm auf.

4.3 Außenhandelsmengen

Mit dem Ausbau der Einschnittskapazität der Sägewerke ab 2005 stieg auch der Holzbedarf in Bayern zunehmend an. Das spiegelte sich in den bis 2019 stetig steigenden Importen von Rundholz wider. Seit 2015 sind die Auswirkungen der anhaltenden Borkenkäferkalamität und einiger Stürme durch den ansteigenden Export von Rundholz zu sehen (Abbildung 62).

Das Jahr 2019 markiert einen Wendepunkt im Außenhandel mit Rundholz. Seitdem fallen die Importmengen konstant ab, während sich die Exportmengen bei etwa der 2 Mio. Marke stabilisierten. Im Vergleich zum Erhebungsjahr 2020 steigerten sich die Rundholz-Exportmengen 2022 um 9 % auf 2,13 Mio. Fm⁷⁰, der Import von Rundholz fiel um 41 % auf 1,25 Mio. Efm und halbierte sich im Folgejahr nochmal. Der Nettoexport von Rundholz betrug im Jahr 2022 demnach 0,88 Mio. Fm und 1,48 Mio. Fm im Jahr 2023.

Im Jahr 2022 gab es eine Warenbewegung von insgesamt 3,3 Mio. Fm Rundholz, was einen leichten Rückgang um 3 % gegenüber dem Vorjahr entspricht. Der Export von Rundholz ist im Vergleich zum Vorjahr um 5 % auf knapp 2,1 Mio. Fm gestiegen, während der Import um rund 13 % auf 1,4 Mio. Fm zurückgegangen ist. Dies ist vor allem auf den stark rückläufigen Nadelrohholzimport aus Tschechien und einen steigenden Holzeinschlag in Bayern zurückzuführen. Nach den Daten des Bayerischen Landesamts für Statistik (BLFS 2024A) wurde 2022 Rundholz im Wert von 338 Mio. € bewegt; das sind 16 % mehr als im Vorjahr. Davon entfallen 197 Mio. € auf den Export und 141 Mio. € auf den Import. Der durchschnittliche Wert pro gehandelte Einheit (Fm) liegt demnach bei 95,9 €/Fm (Export) bzw. 112,6 €/Fm (Import).

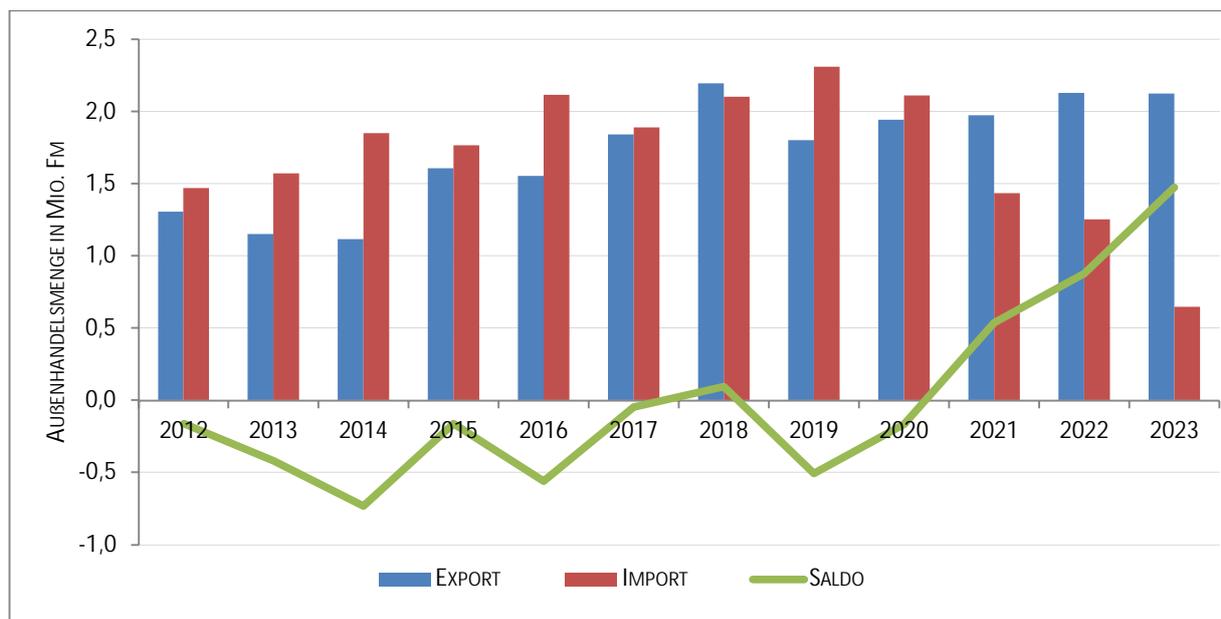


Abbildung 62: Außenhandel Bayerns mit Rundholz von 2012 bis 2023 (QUELLE: BLFS 2024A). Die Mengen beziehen sowohl Rundholz mit als auch ohne Rinde mit ein.

Nadelrundholz ist im Durchschnitt mit 86 % am Export und mit 94 % am Import beteiligt und bildet damit weitgehend die Entwicklung des gesamten Rundholzmarktes ab. Beim Laubholz ist Bayern ein

⁷⁰ Die Außenhandelsstatistik weist die Mengen in der besonderen Maßeinheit Fm aus. Darin ist sowohl Rundholz mit als auch ohne Rinde enthalten, weswegen die Einheit Fm hier nicht näher spezifiziert wird.

Exportland mit einem positiven Außenhandelssaldo. Im Jahr 2022 lag dieser Saldo trotz eines starken Einbruchs der Exportmengen bei knapp 107.000 Fm.

Die Rundholz-Importmengen stammen mit einem Anteil von 87 % fast ausschließlich aus der Tschechischen Republik. Im Jahr 2022 belaufen sich die Importmengen auf 1,09 Mio. Fm., das entspricht einem Rückgang von 54 % gegenüber 2020. Die nächstgrößten Rundholzlieferanten sind Frankreich (68.000 Fm) und Österreich (62.000 Fm). Bei den Mengen aus Frankreich handelt es sich fast ausschließlich um Laubholz.

Der Außenhandel mit Österreich wird hauptsächlich über den Export bestimmt. Die exportierten Mengen lagen bei 1,81 Mio. Fm und damit auf ähnlichem Niveau wie 2020. Ein weiteres wichtiges Exportland ist die Volksrepublik China. Im Jahr 2022 betrug das Exportvolumen gut 123.000 Fm und stieg im Jahr 2023 um mehr als das Doppelte auf 316.000 Fm. Rundholzexporte nach China bestanden bis 2018 noch fast ausschließlich aus Buchen- und Eichenrundholz. Inzwischen liegt der Nadelholzanteil bei 79 % (2022) bzw. 91 % (2023).

Beim Außenhandel mit Schnittholz hatte Bayern durchweg einen Exportüberschuss zu verzeichnen (Abbildung 63). Der Exportüberschuss wächst seit 2013 stetig und lag 2022 bei 2,44 Mio. m³ und ging 2023 erstmals um 3 % leicht zurück. Der Nettoexport beträgt damit 34 % der Schnittholzproduktion. Die absoluten Exportmengen erreichten 2022 mit 3,27 Mio. m³ ihren Höchststand, während die Importmengen nach langer Verstetigung aufgrund der hohen inländischen Schnittholzproduktion zurückgingen.

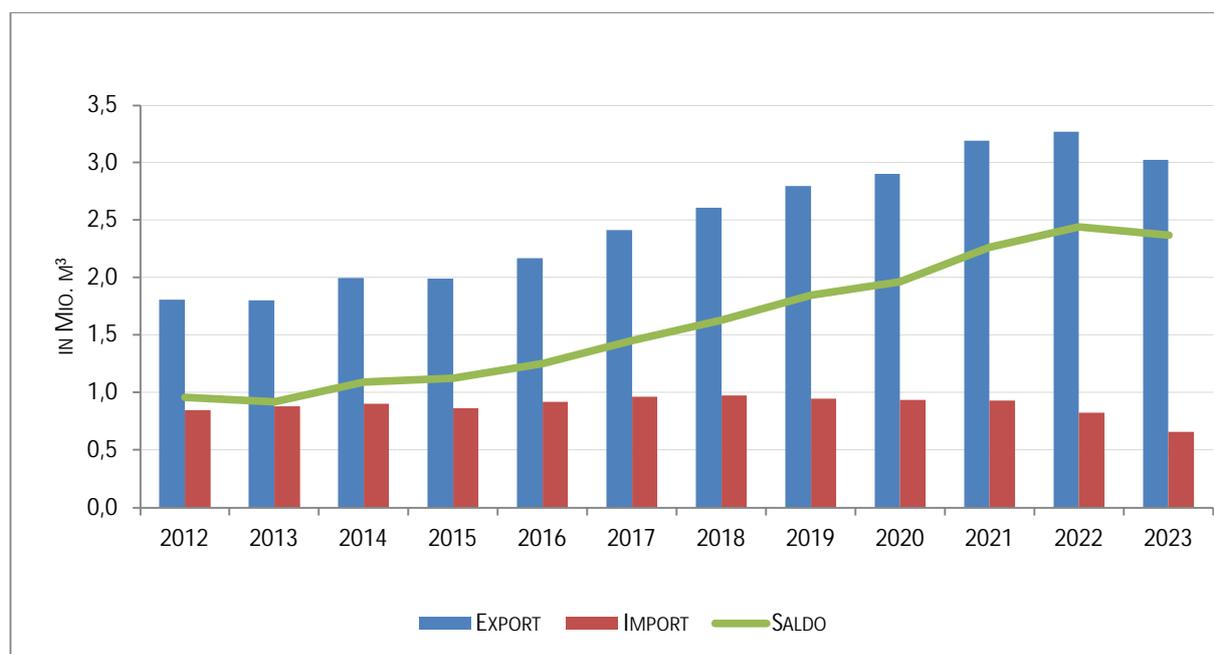


Abbildung 63: Außenhandel Bayerns mit Schnittholz (QUELLE: BLFS 2024A).

Seit 2021 sind Pellets das mengenmäßig wichtigste Handelsgut bei den Energieholzsortimenten. Pellets werden aus Sägebeneprodukten meist in oder nahe von großen Sägewerken hergestellt. Im Jahr 2022 wurden 226.000 t lutro bzw. 203.000 t atro Pellets exportiert. Der Exportüberschuss lag bei 190.000 t lutro (171.000 t atro) und ging damit gegenüber 2020 um 23 % zurück. Zusätzlich wurden 2022 rund 10.000 t lutro (9.000 t atro) Holzbriketts exportiert und 29.000 t lutro (26.000 t atro) importiert.

Das zweitwichtigste potenzielle⁷¹ Energieholzsortiment im Außenhandel sind Hackschnitzel, die größtenteils aus den Sägewerken (als SNP) und nur zu einem geringen Anteil aus dem Wald stammen dürften. Die Exportmenge lag im Jahr 2022 bei etwa 180.000 t lutro, das entspricht 144.000 t atro und stehen einer Importmenge von 67.000 t lutro gegenüber. Damit sind die Exportmengen gegenüber 2020 um 39 % zurückgegangen, es bleibt aber weiterhin bei einem Exportüberschuss von 113.000 t lutro (90.400 t atro).

Weitere Sägenebenprodukte wie Sägespäne und andere teilweise schon gepresste Holzabfälle werden in Bayern vor allem in der Spanplattenindustrie, aber auch zur Herstellung von Pellets verwendet. Die Importe lagen bei 152.000 t lutro (91.000 t atro⁷²) und überstiegen die Exporte von 46.000 t lutro deutlich, was ein negatives Außenhandelsaldo von 106.000 t lutro (64.000 t atro) ergab. Gegenüber 2020 sind die SNP-Importe um 14 % niedriger ausgefallen.

Scheitholz ist in der Außenhandelsstatistik nur in sehr geringen Mengen enthalten. Im Jahr 2022 wurden 41.000 t lutro (35.000 t atro) exportiert und 33.000 t lutro (28.000 t atro) importiert. Damit sank der Export um 19 % gegenüber 2020. Die erfassten Mengen dürften aber geringer sein als die tatsächlich gehandelten. 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 je Verkehrsrichtung nicht übersteigen.“

Die von der Statistik nicht direkt erfassten Holzmengen werden geschätzt und in einem gesonderten Posten gesammelt – allerdings für die gesamte Warengruppe „Holz und Holzwaren; Holzkohle“ gemeinsam. Brennholz dürfte aufgrund des geringen Warenwertes und weil die anderen Sortimente meist von größeren Sägewerken gehandelt werden, von dieser Regelung stärker als die anderen Waren betroffen sein. Im Jahr 2022 ergaben die Zuschätzungen einen Nettoimport von 11.000 Tonnen für die gesamte Warengruppe. Die große Differenz zwischen dem Scheitholzaufkommen beim Holzeinschlag in Bayern und dem Verbrauch in den Privathaushalten deutet darauf hin, dass doch größere Mengen an Scheitholz nach Bayern importiert worden sein könnten.

Weitere aufbereitete Diagramme zum Außenhandel mit Holz und Holzprodukten sind auf der Internetseite der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft unter folgendem Link zu finden:

<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. Gerade in Jahren überregional großer Schadholzmengen ist ein stetiger Abfluss des Rohstoffes auch über Bundeslandgrenzen hinweg notwendig. Es ist bekannt, dass große Mengen des Schadholzes, das während der zurückliegenden Jahre in den in der Mitte Deutschlands gelegenen Bundesländern anfiel, per Bahn zu bayerischen Sägewerken transportiert wurden. Es wird unterstellt, dass der Binnenhandel einen großen Teil des Bilanzausgleichs ausmacht, ohne dass er sich genau beziffern lässt.

⁷¹ Inwieweit die Hackschnitzel am Zielort energetisch oder stofflich verwendet werden, geht aus den Außenhandelsstatistiken nicht hervor.

⁷² Der Wassergehalt liegt bei Anlieferung im Werk bei ca. 40 % (BAUMGARTNER ET AL. 2015).

4.4 Bilanzen

Im Folgenden wird die Holzbilanz für das Jahr 2022 dargestellt⁷³. In ihr sind die Aufkommens- und Verbrauchsmengen in tabellarischer Form gegenübergestellt. Links die ermittelten Aufkommensmengen und rechts die Verbrauchsmengen von Holz. Zwischensummen sind fett gedruckt. Für die verschiedenen Marktteilnehmenden wird die Holzbilanz in folgenden Einheiten dargestellt:

Festmeter mit Rinde (Fm m. R.)	→	Tabelle 30
Tonne absolut trocken (t atro)	→	Tabelle 31
Petajoule (PJ)	→	Tabelle 32

Einige Werte wurden nur nachrichtlich aufgenommen, um Doppelzählungen von Holz zu vermeiden. Beispielsweise ist auf der Verbrauchsseite das Schnittholz physisch im Einschnittvolumen bereits enthalten. Ebenso sind die Sägenebenprodukte auf der Aufkommensseite eine Teilmenge des Stammholzes. 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 wird. 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 Aufkommensseite wurde deshalb die im Sperrmüll enthaltene Holzmenge ebenfalls nicht hinzugerechnet.

Das Holzaufkommen in Bayern umfasst 2022 erneut rund 40 Mio. m³. Die energetische Verwendung ist gegenüber 2020 um 3 % gestiegen, während die stoffliche Verwendung um -1 % gesunken ist. Die energetische Nutzung von Holz in Fm hatte 2022 einen Anteil von 54 %. Nach den vorangehenden Studien lag dieser Anteil 2020 bei 53 % und 2018 bei 50 %.

Beim Aufkommen muss noch ein Bilanzausgleich von 1,07 Mio. Fm 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. In der vorliegenden Studie wurden die nicht erfassten Mengen in Anlehnung an die Einschlagsrückrechnung des Thünen-Instituts für Waldwirtschaft (Jochem et. al. 2023) auf 0,51 Mio. Fm. o. R. geschätzt.

Allerdings gibt es mit dem deutschen Binnenhandel eine weitere unbekannte Größe. So kann der innerdeutsche Handel weder in den Umfragen noch offiziellen Statistiken erfasst werden. Es ist aber davon auszugehen, dass Frisch- und Schadholz aus anderen Bundesländern nach Bayern geliefert wurde. Außerdem werden Brennholzimporten aus den benachbarten östlichen EU-Ländern aufgrund des geringen Warenwerts nicht von der Statistik erfasst.

Beim Altholz errechnet sich aus den Erhebungen und den Importmengen ein Aufkommen von 4,72 Mio. m³. Der Altholzverbrauch ist in der Bilanz zwar nicht im Einzelnen dokumentiert, summiert sich jedoch auf 2,94 Mio. m³. Würde beim Aufkommen die Menge berücksichtigt, die aus den Daten

⁷³ Durch Fehlerkorrektur können in den Bilanzen einzelne Werte der Jahre 2018 und 2020 leicht von den veröffentlichten Zahlen in den Bilanzen der jeweiligen Energieholzmarktberichten EHMB 2018 und EHMB 2020 abweichen.

des Landesamts für Statistik zu den Entsorgungsbetrieben berechnet wurde, würde die Differenz zwischen Aufkommen und Verbrauch somit deutlich geringer ausfallen, der Bilanzausgleich würde sich dadurch aber erhöhen.

Für die Berechnung des Aufkommens und des Verbrauchs von Altpapier in Bayern wurden Kennwerte von Deutschland auf Bayern übertragen. Dadurch entstehen Unsicherheiten im Schätzverfahren. Das Aufkommen ist um 0,31 Mio. m³ geringer als der Verbrauch, was den Bilanzausgleich auf Aufkommenseite erhöht. Altpapier wird zudem zu Dämmstoffen verarbeitet und damit stofflich genutzt. Ob dies relevante Mengen sind, ist nicht bekannt. Die dazu genutzten Mengen fehlen sowohl auf der Aufkommens- als auch auf der Verwendungsseite.

Grundsätzlich wirken sich statistische Unsicherheiten in den Erhebungsmethoden und Hochrechnungsverfahren auf beide Seiten der Bilanz aus.

Holzbilanz für Bayern in Fm. m. R.

Tabelle 30: Holzbilanz für Bayern in Festmetern mit Rinde (Fm m. R.) bzw. m³ der Jahre 2018, 2020 und 2022.

Aufkommen	Menge [Mio. Fm m.R. bzw. m³]			Verbrauch	Menge [Mio. Fm m.R. bzw. m³]		
	2018	2020	2022		2018	2020	2022
Jahr	2018	2020	2022		2018	2020	2022
Waldholz in Form von:	19,71	20,14	23,45	Energetische Nutzung	17,47	18,76	19,30
Stammholz	11,26	10,49	12,15	Privathaushalte	9,01	9,96	10,27
Scheitholz	4,35	5,03	5,46	Biomasseheiz(kraft)werke	8,46	8,80	9,03
Hackschnitzel	2,55	2,62	3,33				
Industrieholz	1,55	1,22	1,56	Stoffliche Nutzung	17,55	16,79	16,64
Nicht verwertets Holz		0,78	0,95	Holzwerkstoffindustrie	2,21	2,14	2,09
<i>nicht erfasster Einschlag</i>			0,51	Papier- / Zellstoffindustrie	8,66	7,34	7,35
Holz aus Produktion und Recycling	10,10	9,54	9,84	davon Frischholz	2,05	1,88	1,99
<i>Sägenebenprodukte</i>	4,46	4,65	4,97	davon Zellstoff (ohne Eigenherzeugung)	0,61	0,46	0,59
<i>Rinde</i>	1,11	1,21	1,21	davon Altpapier	6,00	5,00	4,77
<i>Hobelspäne, Kapphölzer, Besäumungsabschnitte</i>	0,16	0,16	1,02	<i>Sägeindustrie – Einschnitt</i>	12,46	13,42	13,55
Industrierestholz	1,79	1,89	1,64	davon Schnittholz	6,68	7,31	7,20
Altholz	3,66	3,61	4,61	davon <i>Sägenebenprodukte, Rinde</i>	5,58	5,86	6,12
Altpapier	4,65	4,04	3,59				
Weitere Quellen	1,58	1,81	1,98				
Flur- und Siedlungsholz	1,55	1,74	1,91				
Holz aus Kurzumtriebsplantagen	0,03	0,07	0,07				
Import	5,39	5,57	4,10	Export	5,22	4,65	4,50
Rundholz	2,10	2,11	1,25	Rundholz	2,16	1,83	2,13
<i>Schnittholz</i>	0,97	0,91	0,82	<i>Schnittholz</i>	2,60	2,90	3,27
Sägespäne, Brennholz, Pellets	0,72	0,91	0,58	Sägespäne, Brennholz, Pellets	1,86	1,87	1,01
Altholz		0,58	0,11	Altholz		0,12	0,56
Altpapier	1,25	1,09	1,20	Altpapier	0,84	0,81	0,53
Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,62	0,48	0,54	Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,01	0,02	0,03
Zuschätzungen Import	0,70	0,40	0,42	Zuschätzungen Export	0,34		0,24
Bilanzausgleich	3,45	3,14	1,07	Bilanzausgleich	-	-	-
Summe	40,23	40,20	40,44	Summe	40,23	40,20	40,44

Holzbilanz für Bayern in t atro

Tabelle 31: Holzbilanz für Bayern in Tonnen absolut trocken (Mio. Tonnen atro) der Jahre 2018, 2020, 2022.

Aufkommen	Menge [Mio. Tonnen atro]			Verbrauch	Menge [Mio. Tonnen atro]		
	2018	2020	2022		2018	2020	2022
Jahr	2018	2020	2022		2018	2020	2022
Waldholz in Form von:	8,10	7,86	9,62	Energetische Nutzung	7,44	7,90	8,07
Stammholz	4,46	4,10	4,78	Privathaushalte	3,98	4,33	4,42
Scheitholz	1,91	2,14	2,39	Biomasseheiz(kraft)werke	3,46	3,57	3,65
Hackschnitzel	1,05	1,08	1,37				
Industrieholz	0,68	0,54	0,67	Stoffliche Nutzung	7,78	7,62	7,53
Nicht verwertets Holz			0,41	Holzwerkstoffindustrie	0,90	0,88	0,87
<i>nicht erfasster Einschlag</i>			0,21	Papier- / Zellstoffindustrie	4,29	3,84	3,79
Holz aus Produktion und Recycling	4,85	4,71	4,73	davon Frischholz	0,82	0,80	0,85
<i>Sägenebenprodukte</i>	1,78	2,12	1,97	davon Zellstoff (ohne Eigenherzeugung)	0,28	0,19	0,24
<i>Rinde</i>	0,45	0,48	0,48	davon Altpapier	3,20	2,85	2,69
<i>Hobelspäne, Kapphölzer, Besäumungsabschnitte</i>	0,07	0,06	0,40	<i>Sägeindustrie – Einschnitt</i>	5,00	5,24	5,42
Industrierestholz	0,78	0,82	0,70	davon Schnittholz	2,72	2,90	2,88
Altholz	1,59	1,57	1,98	davon <i>Sägenebenprodukte, Rinde</i>	2,23	2,34	2,45
Altpapier	2,48	2,32	2,05				
Weitere Quellen	1,58	1,81	0,85				
Flur- und Siedlungsholz	0,68	0,76	0,83				
Holz aus Kurzumtriebsplantagen	0,01	0,02	0,02				
Import	2,33	2,38	1,85	Export	2,19	1,96	1,90
Rundholz	0,81	0,84	0,50	Rundholz	0,86	0,73	0,85
<i>Schnittholz</i>	0,39	0,36	2,28	<i>Schnittholz</i>	1,03	1,14	1,31
Sägespäne, Brennholz, Pellets	0,29	0,31	0,23	Sägespäne, Brennholz, Pellets	0,74	0,71	0,40
Altholz		0,25	0,05	Altholz		0,05	0,24
Altpapier	0,67	0,62	0,68	Altpapier	0,45	0,46	0,30
Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,28	0,20	0,22	Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,00	0,01	0,01
Zuschätzungen Import	0,28	0,16	0,17	Zuschätzungen Export	0,14		0,10
Bilanzausgleich	1,58	1,75	0,45	Bilanzausgleich	-	-	-
Summe	17,55	17,48	17,50	Summe	17,55	17,48	17,50

Holzbilanz für Bayern in PJ

Tabelle 32: Holzbilanz für Bayern in Petajoule (PJ) der Jahre 2018, 2020 und 2022

Aufkommen	Menge [PJ]			Verbrauch	Menge [PJ]		
	2018	2020	2022		2018	2020	2022
Jahr	2018	2020	2022		2018	2020	2022
Waldholz in Form von:	151,61	147,27	180,09	Energetische Nutzung	138,96	147,49	150,71
Stammholz	83,64	77,08	89,83	Privathaushalte	74,36	80,84	82,47
Scheitholz	35,69	39,96	44,57	Biomasseheiz(kraft)werke	64,60	66,65	68,24
Hackschnitzel	19,58	20,13	25,58				
Industrieholz	12,70	10,10	12,42	Stoffliche Nutzung	147,89	142,59	140,98
Nicht verwertetes Holz			7,69	Holzwerkstoffindustrie	16,88	16,43	16,24
<i>Nicht erfasster Einschlag</i>			3,92	Papier- / Zellstoffindustrie	80,10	71,71	70,0
Holz aus Produktion und Recycling	89,37	87,90	88,30	davon Frischholz	15,31	14,94	15,85
<i>Sägenebenprodukte</i>	<i>33,64</i>	<i>39,87</i>	<i>36,97</i>	davon Zellstoff (ohne Eigenherzeugung)	5,14	3,55	4,56
<i>Rinde</i>	<i>8,40</i>	<i>9,09</i>	<i>9,09</i>	davon Altpapier	59,65	53,23	50,30
<i>Hobelspäne, Kapphölzer, Besäumungsabschnitte</i>	<i>1,24</i>	<i>1,20</i>	<i>7,43</i>	<i>Sägeindustrie – Einschnitt</i>	<i>93,90</i>	<i>98,37</i>	<i>101,74</i>
Industrierestholz	13,44	15,31	13,09	davon Schnittholz	50,91	54,44	54,03
Altholz	29,69	29,31	36,97	<i>davon Sägenebenprodukte, Rinde</i>	<i>42,04</i>	<i>43,93</i>	<i>45,97</i>
Altpapier	46,25	43,28	38,24				
Weitere Quellen	12,78	13,44	15,87				
Flur- und Siedlungsholz	12,60	13,07	15,50				
Holz aus Kurzumtriebsplantagen	0,18	0,37	0,37				
Import	43,51	44,57	30,04	Export	41,03	36,69	35,52
Rundholz	15,21	15,76	4,87	Rundholz	16,20	13,67	15,99
<i>Schnittholz</i>	<i>7,27</i>	<i>6,72</i>	<i>4,78</i>	<i>Schnittholz</i>	<i>19,36</i>	<i>21,28</i>	<i>24,60</i>
Sägespäne, Brennholz, Pellets	5,41	5,79	4,29	Sägespäne, Brennholz, Pellets	13,82	13,26	7,47
Altholz		4,67	0,93	Altholz		0,93	4,48
Altpapier	12,47	11,63	12,70	Altpapier	8,38	8,64	5,60
Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	5,23	3,73	4,11	Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,09	0,19	0,19
Zuschätzungen Import	5,19	2,99	3,14	Zuschätzungen Export	2,54	0,00	1,79
Bilanzausgleich	30,60	33,59	12,91	Bilanzausgleich	-	-	-
Summe	327,88	326,77	327,21	Summe	327,88	326,77	327,21

4.5 Stoffstrommodell und Primärenergieverbrauch

Das folgende Modell zeigt die Holzströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in einer vereinfachten Form (Abbildung 64). 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. Etwa 37 % des Waldholzes wurde direkt energetisch verwertet. Den größten Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leistet die Papierwirtschaft durch die Wiederverwendung von Altpapier.

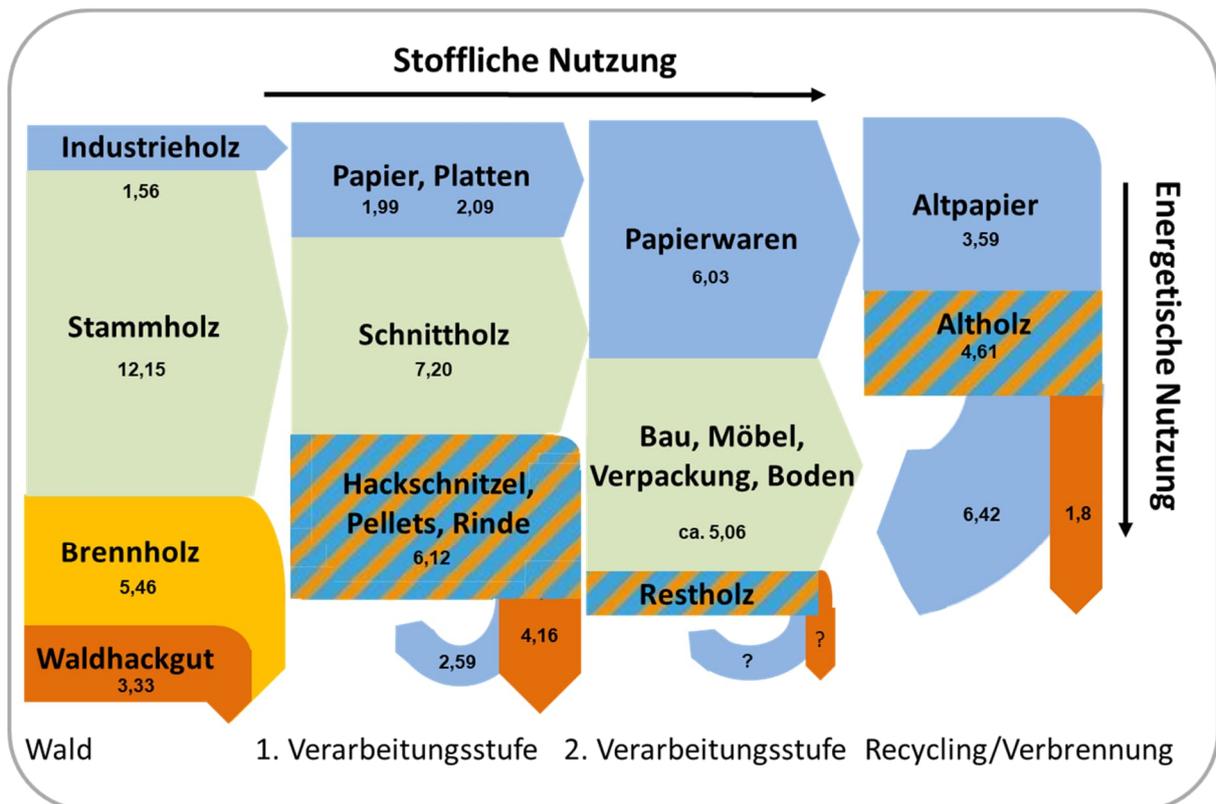


Abbildung 64: Stoffströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in Bayern 2022 in Mio. Fm m. R. bzw. m³.

Der Primärenergieverbrauch für Bayern wird vom Bayerischen Landesamt für Statistik veröffentlicht. Die bisher neuesten Zahlen beziehen sich auf das Jahr 2021. In Abbildung 65 wird der Primärenergieverbrauch in Bayern dargestellt. Der Anteil der erneuerbaren Energien ist gegenüber 2019 um 2 % gestiegen. Holz ist dabei mit 8,6 % der bedeutendste erneuerbare Energieträger und gegenüber dem Jahr 2019 um 0,9 % gestiegen. Absolut ist der Primärenergieverbrauch gegenüber 2019 um 2 % gesunken (BLFS 2024c).

Für das Jahr 2022 wurden die Daten zum bayerischen Energieverbrauch in einer vorläufigen Schätzbilanz veröffentlicht. Demnach ging der Primärenergieverbrauch gegenüber dem Vorjahr nochmal um 6 % zurück, der Anteil der erneuerbaren Energien stieg für 2022 weiter auf 23,7 % (LEIPZIG INSTITUT FÜR ENERGIE GMBH 2023).

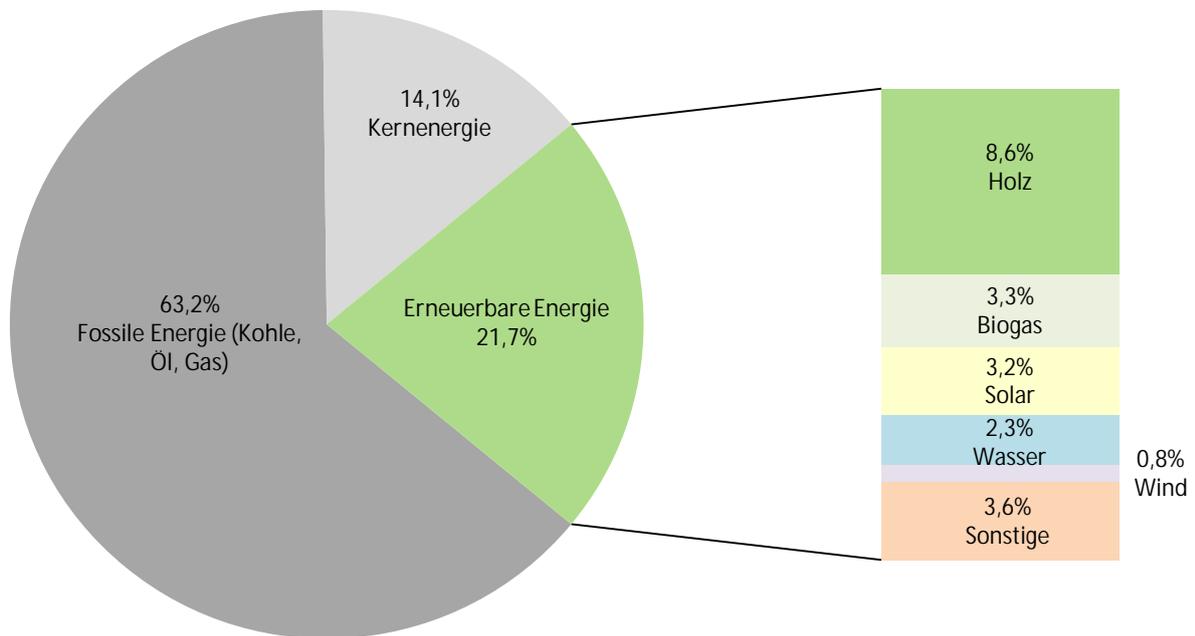


Abbildung 65: Primärenergieverbrauch in Bayern nach Energieträgern im Jahr 2021 (BLfS 2024c). Der Stromausstauschsaldo beträgt 1 %.

4.6 Ableitung von Maßnahmen und Empfehlungen

Die Berichterstellung zum Energieholzmarkt 2022 erfolgt in einer Zeit, in der eine nachhaltige, ökologische und sichere Energieversorgung in Deutschland im Mittelpunkt der gesellschaftlichen Debatte steht. Der Beginn des Ukrainekriegs machte Deutschland über Nacht zum Opfer seiner immer noch stark fossil geprägten Energieversorgung. Durch die Abhängigkeit von russischen Gaslieferungen schien die Versorgungssicherheit zwischenzeitlich akut gefährdet zu sein, die Energiepreise stiegen auf Rekordniveau. Eine resiliente Energieversorgung unter Berücksichtigung der gesteckten Klimaziele bedarf demnach einer möglichst regionalen, unabhängigen und krisensicheren Versorgung mit einem steigenden Anteil erneuerbarer Energien. Während der Strombedarf in Deutschland 2023 bereits zu 51,2 % aus Erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden konnte, beläuft sich dieser Anteil bei der Wärmeerzeugung auf gerade einmal 18,8 % des Endenergieverbrauchs an Wärme und Kälte. (UBA 2024A). Dabei ist Holz⁷⁴ mit 64 % der mit Abstand wichtigste erneuerbare Energieträger. Vor diesem Hintergrund erscheint es befremdlich, dass die politische Stoßrichtung sowohl auf EU- als auch auf Bundesebene in der jüngeren Vergangenheit die Bereitstellung und Verwendung eines solchen Energieträgers zunehmend einschränken möchte.

Hinter dieser Entwicklung stehen Zielkonflikte rund um das Ökosystem Wald und dessen Ressource Holz. Eine besonders große Rolle wird den heimischen Wäldern im Kampf gegen den Klimawandel zugeschrieben: „Um die LULUCF-Ziele lt. KSG einzuhalten, müssen Quellen wie THG-Emissionen aus drainierten Moorböden verringert und die Senkenleistungen von Wäldern und die Kohlenstoffspeicher in Holzprodukten stark ausgebaut werden“ (VOB-STEMPING 2024). Allerdings ist es fraglich, ob der Wald in den kommenden Jahrzehnten seine Funktion als CO₂-Senke im gleichen Ausmaß wie in den vergangenen Dekaden aufrechterhalten kann. Natürliche Störungen können den Bestrebungen einer vermehrten Senkenleistung im Wald entgegenstehen und sogar zu einer Reduktion des CO₂-Speichers im Wald führen. Darüber hinaus ist der Wald ein bedeutender Wirtschaftsfaktor, der einen Schlüssel-Rohstoff für eine biobasierte Kreislaufwirtschaft liefert. Eine Nachfragesteigerung nach dem Rohstoff Holz ist daher sehr wahrscheinlich. Es sei jedoch an dieser Stelle betont, dass sich aus den unterschiedlichen Aufgaben des Waldes und den eingeleiteten Entwicklungsprozessen auch Synergien ergeben. So eröffnet gerade der notwendige Waldumbau hin zu resilienten Waldbeständen mit einer kurzen Phase der verstärkten Einzelbaumnutzung und der damit verbundenen Strukturerrhöhung Chancen für mehr Biodiversität im Ökosystem und mehr Holzbauprojekte.

Vor dem Hintergrund der unterschiedlichen gesellschaftlichen Ansprüche und den sich daraus ergebenden Zielkonflikten hat die Politik Abwägungsprozesse zu führen. Zum einen sind die Besonderheiten des Ökosystems Wald mit seinen langen Entwicklungszyklen und der notwendigen Anpassung an den Klimawandel zu berücksichtigen, zum anderen muss die Politik aber auch die Bioökonomie und vor allem die Klimaziele im Blick haben. Dabei ist es essenziell, bei Gesetzesvorlagen und angedachten Lenkungsmechanismen die Bevölkerung mitzunehmen. Insbesondere mit dem Entwurf des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) haben sich in der Vergangenheit weite Teile der Bevölkerung betroffen, aber nicht gesehen gefühlt. Die Folge waren Verunsicherung und Frustration gegenüber den politischen Entscheidungsträgern (DEUTSCHER BUNDESTAG 2023). Auch die von der EU beschlossene European Deforestation Regulation (EUDR) sorgt hinsichtlich Umsetzbarkeit und Mehrwert für die deutsche Forst- und Holzwirtschaft aktuell für Ratlosigkeit. Jeder dritte Haushalt in Bayern heizt mit Holz und für rund 700.000 Waldbesitzende und 163.500 Beschäftigte im Sektor Forst und Holz ist der Wald eine Einkommensquelle. In keinem anderen Sektor ist die Leitlinie der Nachhaltigkeit traditionell so fest verankert

⁷⁴ inkl. anderer fester Biomasse wie Klärschlamm und Holzkohle.

wie bei der Waldbewirtschaftung. Darüber hinaus wird die angestrebte Bioökonomie im Cluster Holz und Forst im Gegensatz zu anderen Wirtschaftszweigen längst gelebt.

Im Folgenden werden Aspekte angeführt, die in diesem Zusammenhang als richtungsweisend gesehen werden.

CO₂-Neutralität von heimischen Energieholz

Auch wenn Energieholz in der RED III und dem GEG als erneuerbarer Energieträger anerkannt wird, ist die von der Politik in den vergangenen zwei Jahren gesendete Botschaft nicht eindeutig. So stellt das Umweltbundesamt beispielsweise einen CO₂-Rechner⁷⁵ bereit, mit dem die persönliche CO₂-Bilanz berechnet werden kann. Im Gegensatz zu den oben genannten Entscheidungen pro Holzenergie enthält der CO₂-Rechner bei der Auswahl von Energieholz „wichtige Hinweise zum Heizen mit Holz“: „Die Treibhausgasemissionen aus der Verbrennung von Holz setzen sich zusammen aus den direkten Emissionen, die bei der Verbrennung entstehen, sowie aus den Emissionen der Vorkette (Transport, Bearbeitung).“ Damit schneidet das Heizen mit Holz im CO₂-Rechner schlechter ab als die Verwendung von Heizöl oder Erdgas. Das UBA argumentiert u. a. mit der langen Wuchsdauer der Bäume: „Denn ein Baum, der im Schnitt mit rund 80 Jahre als erntereif geschlagen wird, würde über viele Jahrzehnte hinweg weiter zusätzlichen Kohlenstoff speichern. Ein neu gesetzter „Ersatzbaum“ hat dagegen erst wieder in 80 Jahren die Menge an CO₂ gebunden, die heute durch Verbrennung freigesetzt würde. Deutschland muss aber spätestens 2045 klimaneutral sein.“ Das UBA verkennt jedoch, dass der CO₂-Umschlag in den Wäldern viel schneller vonstattengeht als die Wuchszeiträume der Bäume vermuten lassen. So wird der im Derbholz gebundene Kohlenstoff in den Wäldern Deutschlands binnen etwa 30 Jahren rechnerisch komplett ausgetauscht (BORCHERT 2024). Das UBA empfiehlt, „an erster Stelle den Wärmebedarf durch Wärmedämmung weitgehend zu reduzieren. Der verbleibende Wärmebedarf sollte durch eine möglichst CO₂-neutrale Heizung wie die Wärmepumpe gedeckt werden.“ (UBA 2024). Dem UBA gefiel es offensichtlich nicht, dass eine Wärmedämmung im CO₂-Rechner bisher nicht besser abschnitt als eine Umstellung auf Holzheizungen. Da Wärmepumpen strombasiert sind, liegt der fossile Anteil der Energie auch dort noch bei etwa der Hälfte. Die Haltung des UBA zur Klimawirksamkeit der energetischen Holzverwendung ist im Übrigen widersprüchlich. In seinen Statistiken zum Anteil erneuerbarer Energieträger am Energieverbrauch wird das Holz weiterhin zu den Erneuerbaren gerechnet.

Auch das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) veröffentlichte im November 2023 ein Diskussionspapier zur Nachhaltigkeit von Holzenergie (SCHINDLER ET AL 2023). Hier wird unter anderem die Ausrichtung der Holznutzung nach dem Prinzip des „effizienten Klimaschutzes“ beworben. Zielsetzung dahinter ist die sektorübergreifende Minimierung der Klimaschutzkosten. Holz solle somit so eingesetzt werden, wie es aus Sicht des Klimaschutzes am besten ist. Hier stellt sich jedoch die Frage, ob eine derart komplexe Abwägung überhaupt möglich ist. Schließlich müssten für jede Anwendung in situ verschiedene Szenarien untereinander verglichen und bewertet werden. Dabei spielen die Region, Waldanteil, Bevölkerungsreichtum, Transportdistanzen sowie Substituierbarkeit und Verfügbarkeit eines Rohstoffs sicherlich eine entscheidende Rolle. Zudem wird ein CO₂-Preis auf Emissionen aus biogenen Emissionen aus Holz und einer gleichzeitigen finanziellen Honorierung von Kohlenstoffspeichern als notwendig für eine effiziente, nachhaltige Energieholznutzung gesehen (SCHINDLER ET AL. 2023). Eine Besteuerung würde allerdings die Botschaft senden, Holzenergie wäre nicht erneuerbar und Emissionen aus erneuerbarer Holzenergie gleichsetzen mit Emissionen aus fossilen Energieträgern. Hier ist eine tiefgreifende Betrachtung der Verhältnisse notwendig:

Gegen Holzenergie wird häufig das Argument vorgebracht, der CO₂-Ausstoß von Holzfeuerungen überträte sogar die CO₂-Emissionen von fossilen Energieträgern.

⁷⁵ https://uba.co2-rechner.de/de_DE/living-hs#panel-calc

Tabelle 33: CO₂-Emissionen verschiedener Brennstoffe bezogen auf die bereitgestellte Energiemenge (SCHULZE ET AL. 2022).

Brennstoff	CO ₂ -Emission (kg/ kWh)
Erdgas	0,20
Diesel	0,27
Steinkohle	0,34
Braunkohle	0,35
Holz	0,35
Stroh	0,47

Es ist richtig, dass bei der Verbrennung von Erdgas und Heizöl weniger CO₂ je bereitgestellte Energiemenge freigesetzt wird, siehe Tabelle 33. Allerdings handelt es sich bei diesen fossilen Brennstoffen um CO₂ das viele Mio. Jahre im Erdboden gespeichert war und nun neu in den Kohlenstoffpool der Atmosphäre und Biosphäre gelangt und diesen Pool zusätzlich aufbläht. Dies ist bei CO₂ aus Holz nicht der Fall. Ist fossiler Kohlenstoff erst einmal in den Kohlenstoffpool der Atmosphäre und Biosphäre gelangt, lässt er sich von dort nur ganz schwierig wieder entfernen. Jeder zusätzliche Input von Kohlenstoff aus fossilen Quellen in den Kohlenstoffpool der Atmosphäre und Biosphäre schafft für die Menschheit ein langfristiges Problem. Bei der Holzverbrennung hingegen schließt sich der Kohlenstoffkreislauf durch nachwachsende Bäume auf der gleichen Fläche üblicherweise in wenigen Jahrzehnten. Mehr noch: Da Entnahme und Aufwuchs im nachhaltig bewirtschafteten Wald auf Landschaftsebene gleichzeitig stattfinden, bleibt die Kohlenstoffmenge im Ökosystem Wald annähernd gleich. Die CO₂-Neutralität ist somit gewahrt, da das bei der Verbrennung von Holz entstehende CO₂ zeitgleich bzw. zeitnah kompensiert wird. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen argumentiert in seiner Stellungnahme zum Entwurf der Nationalen Biomassestrategie die CO₂-Bindung der bestehenden Vegetation könne nicht gegengerechnet werden, da sie bereits in den Klimazielen eingerechnet sei (SRU 2022). Es handelt sich allerdings um eine politische Entscheidung, dass der Wald CO₂-Emissionen anderer Sektoren durch eine weitere Erhöhung des Waldspeichers kompensieren soll, weil in anderen Sektoren, wie z.B. dem Verkehr, nicht im erforderlichen Maß die Emissionen vermieden werden. Es dürfte schwierig sein, den Bürgerinnen und Bürgern zu vermitteln, dass das Heizen mit Holz deshalb nicht mehr klimaneutral sei.

Beim Vergleich von Holz mit fossilen Brennstoffen ist im Übrigen auch der unterschiedliche Energieaufwand bei der Gewinnung der Brennstoffe zu berücksichtigen. Dieser dürfte die Relationen weiter zugunsten von Holz verschieben, insbesondere, wenn man den vergleichsweise geringen Energieaufwand bei der Holzernte den industriellen Großanlagen zur Förderung oder Weiterverarbeitung und Transport von fossilen Brennstoffen gegenüberstellt.

In der Treibhausgasberichterstattung werden im Sektor Energie bei der Verwendung von Biomasse und damit auch von Holz zwar keine Treibhausgasemissionen berechnet. Das bedeutet aber nicht, dass die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Holz in der Berichterstattung nicht berücksichtigt werden. Im Sektor LULUCF⁷⁶, in dem u. a. der Waldspeicher bilanziert wird, werden Holzentnahmen aus dem Wald als Emissionen betrachtet und somit auch die Entnahme von Holz für energetische Zwecke.⁷⁷ Diese Emissionen werden durch den Holzzuwachs ausgeglichen. Solange der Waldspeicher nicht

⁷⁶ LULUCF = Land use, land use change and forestry.

⁷⁷ Holzentnahmen für die stoffliche Verwendung werden seit einigen Jahren bei der Treibhausgasberichterstattung als Zufluss in den Holzproduktespeicher gerechnet. Nur wenn der Abfluss aus dem Holzproduktespeicher größer als der Zufluss ist, wird dies als Emission verbucht.

schrumpft, ist die Holzentnahme und damit auch die energetische Holznutzung klimaneutral (unterer Balken in Abbildung 66) und die Atmosphäre wird durch die Verbrennung von Holz nicht mit zusätzlichem CO₂ belastet. Ist die Holzentnahme kleiner als der Holzzuwachs, wirkt der Wald als CO₂-Senke (mittlerer Balken in Abbildung 66). Umgekehrt wird der Wald jedoch zu einer CO₂-Quelle (oberer Balken in Abbildung 66), wenn mehr Holz entnommen wird als zuwächst, was so auch in der Treibhausgasberichterstattung aufscheinend wird. Würde man die CO₂-Emissionen von Holz auch im Energiesektor berücksichtigen, käme es zu einer Doppelzählung. Damit würde Holz wie ein fossiler Brennstoff behandelt.

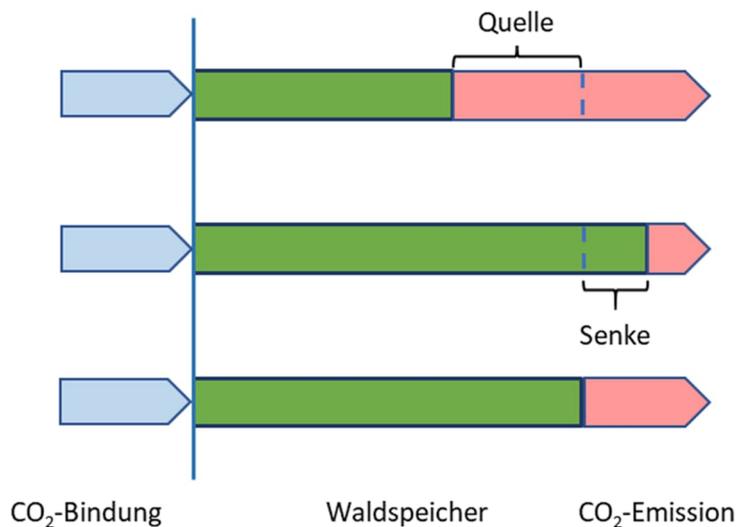


Abbildung 66: Die Treibhausgasbilanzierung des Waldspeichers.

Klimaexperten meinen, dass die nächsten Jahre für die Erreichung der Klimaziele entscheidend seien. Es käme darauf an, sofort weniger CO₂ zu emittieren. Kritiker der energetischen Holznutzung plädieren dafür, für die gleiche Energiemenge lieber etwas weniger CO₂ aus fossilen Quellen in die Atmosphäre zu emittieren als eine größere Menge CO₂ aus der Biosphäre. Sie vertreten also die Meinung, man solle die Holzmenge, die zuwächst (und die in Abbildung 66 als Senke dargestellt ist), im Wald belassen und stattdessen fossile Brennstoffe verwenden. Kurzfristig sind solche Überlegung durchaus berechtigt – aber nur unter der Voraussetzung, dass das CO₂ tatsächlich im Wald verbleibt. Es darf nicht vergessen werden, dass Waldrestholz, das im Zuge der Holzernte anfällt, in großen Teilen von Organismen wieder abgebaut wird, wenn es im Wald belassen wird. Das ursprünglich im Holz gebundene CO₂ wird dadurch wieder freigesetzt. Wird Waldrestholz nicht energetisch verwendet und verbleibt stattdessen im Wald, gelangt der größte Teil des CO₂ trotzdem sehr bald wieder in die Atmosphäre. Aber nicht nur Waldrestholz ist eine bedeutende Quelle von Holzbrennstoffen. Beim Einschnitt von Stammholz im Sägewerk entstehen neben Balken und Brettern auch Holzreste wie Sägespäne und Sägemehl. Werden diese nicht energetisch genutzt, sondern stattdessen kompostiert, wird das CO₂ ebenfalls größtenteils in die Atmosphäre freigesetzt. Folglich führt ein Verzicht auf energetische Nutzung nicht zu einer CO₂-Konservierung in der Biosphäre. In der Summe führt dieser Verzicht sogar zu mehr CO₂-Emissionen: die aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und die aus dem Abbau von Waldrestholz oder Resten der Holzverarbeitung durch Organismen.

Auch ein gänzlicher Verzicht auf Holznutzungen ließe keinen positiven Effekt erwarten. Dies hätte die Konsequenz, dass auch die stofflichen Holzprodukte durch andere Materialien ersetzt werden müssten – und dies wäre wiederum meist mit einem erheblich größeren Verbrauch fossiler Energieträger ver-

bunden. Außerdem würde der CO₂-Speicher in Holzprodukten wie Dachstühlen, Möbeln und Holzfußböden nach und nach schrumpfen, wenn nicht laufend neue Holzprodukte als Ersatz erzeugt würden. Der Holzproduktespeicher würde damit zu einer CO₂-Quelle werden. Ein positiver Effekt von Waldstilllegungen auf den Waldspeicher selbst ließe sich nur dann erwarten, wenn eine Erweiterung des Waldspeichers möglich wäre. Diese Option ist unserer Meinung nach jedoch unrealistisch.

Solange der Waldspeicher durch geplante Holzentnahmen nicht schrumpft und solange fossile Energieträger in bedeutendem Umfang in den Sektoren Gebäude, Industrie und Energie zu den Treibhausgasemissionen beitragen, ist die Holzentnahme und damit auch die energetische Holznutzung als klimaneutral zu werten. Eine Einführung eines CO₂-Preises auf Holzbrennstoffe aus heimischer nachhaltiger Waldbewirtschaftung ist daher bis zur Erreichung der Klimaneutralität vor allem im Sektor Wärme nicht angezeigt.

Grenzen der Erhöhung des Waldspeichers

Im Zuge des Klimawandels werden die Rufe nach einer Erhöhung des Waldspeichers immer lauter. Der Bund etablierte dafür bereits entsprechende Förderprogramme. So können sich Waldbesitzende über das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) über die Richtlinie für Zuwendungen zu einem klimaangepassten Waldmanagement mit 100 €/ha stillgelegter Waldfläche fördern lassen (BMEL 2023B). Zielsetzung dahinter ist die Vergrößerung der Kohlenstoffsenske im Wald: Es wird oftmals vorgebracht, dass die Vergrößerung des Waldspeichers mehr CO₂ binde als durch Substitution fossiler Brennstoffe vermieden würde. Dieses Argument überschätzt allerdings die Möglichkeiten einer Speicherung von zusätzlichem CO₂ in den Wäldern und damit die Möglichkeiten eines weiteren Vorratsaufbaus. In einzelnen Waldbeständen können zwar Holzvorräte von mehr als 1.000 m³ Holz pro Hektar aufgebaut werden, auf Landschaftsebene und auf Landesebene sind solch hohe Holzvorräte aber nicht möglich. Auf diesen Ebenen kommen Waldbestände aller Altersstufen vor, weshalb dort weitaus niedrigere Durchschnittsvorräte die Regel sind. Wir gehen davon aus, dass die maximal erreichbaren Holzvorräte auf Landschaftsebene bei rund 400 m³ pro Hektar liegen. Nach der FAO (2015) gibt es nur neun Staaten weltweit, in denen die Holzvorräte in den Wäldern mehr als 300 m³ pro Hektar betragen, wozu auch Deutschland zählt. Die höchsten Vorräte gibt es mit 392 m³ pro Hektar in Neuseeland. Eine Untersuchung von KNOKE (1998) in 13 Plenterwäldern des Bayerischen Waldes (Gemeinde Kreuzberg) ergab 408 m³ pro ha. Plenterwälder zeichnen sich dadurch aus, dass Bäume aller Altersstufen nebeneinander vorkommen. Dieses Ergebnis wird durch eine Untersuchung von SCHULZE ET AL. (2022) bestätigt. Sie werteten Inventurdaten mehrerer hundert Waldbestände aus und ermittelten Durchschnittsvorräte von etwas mehr als 400 m³, wobei darin auch die Totholzvorräte enthalten waren. Nach der BWI 2012 betrug der Holzvorrat in den Wäldern Bayerns 396 m³/ha. Experten gehen davon aus, dass eine weitere Zunahme des Vorrats die Risiken von Kalamitäten erhöhen wird. Aus der Altersstruktur der Wälder geht hervor, dass inzwischen viele Wälder hiebsreif sind oder es in Kürze werden. Zudem wird ein Waldumbau zu klimastabileren Wäldern nicht weniger, sondern mehr Holznutzungen erfordern. Nach dem von der LWF mit Hilfe des Programms WEHAM modellierten „Waldumbau-Szenario“ (BORCHERT UND RENNER 2017) könnten die Holznutzungen vorübergehend deutlich zunehmen und den Holzzuwachs übersteigen. Der Holzvorrat in Bayern würde dadurch etwas sinken. Sollten die Mehrnutzungen nicht planmäßig erfolgen, sind sie aufgrund von Kalamitäten zu erwarten.

Energieholzimport aus Drittländern – Nachhaltigkeit und Legalität sichern

Im Zentrum der Diskussion um die Nachhaltigkeit der energetischen Holznutzung stehen derzeit insbesondere Pellets. Durch die Energiekrise und den Ausbau der Pelletsheizungen stiegen sowohl die Produktionsmengen als auch zwischenzeitlich die Preise enorm. Vor diesem Hintergrund stellt sich schnell die Frage, ob Deutschland ausreichend mit Pellets aus nachhaltigen Quellen versorgt werden

kann. Eine Bilanzierung für das Jahr der Energiekrise 2022 zeigt, dass Deutschland sich trotz einer besonders hohen Nachfrage noch selbst mit Pellets versorgen konnte und einen Überschuss von 0,62 Mio. t lutro (0,56 Mio. t atro) produzierte.

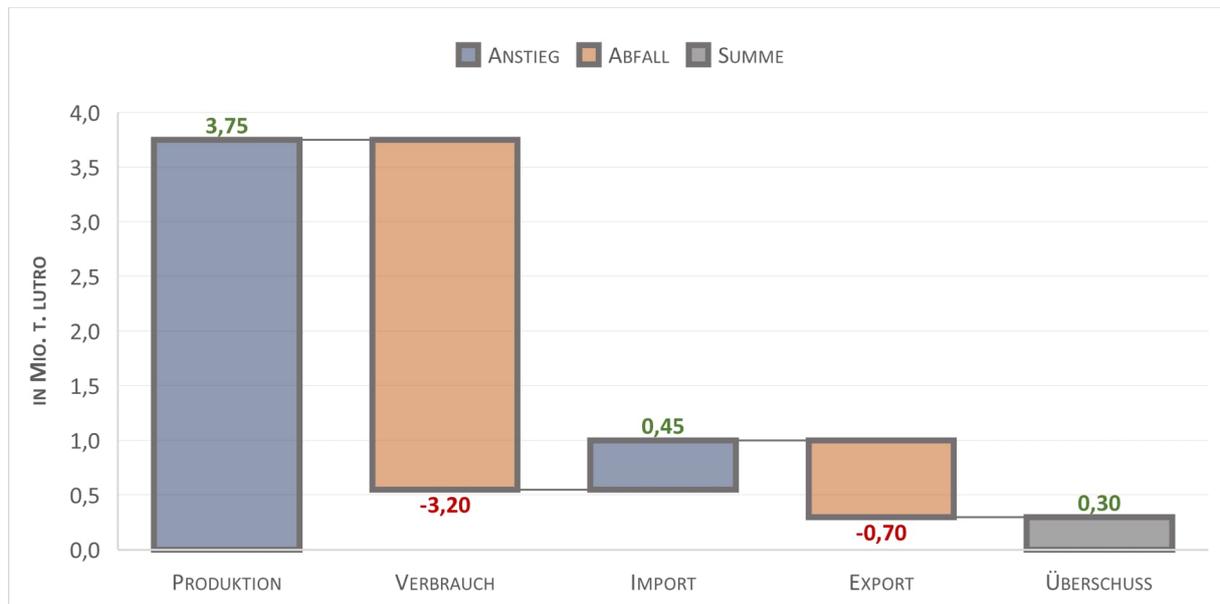


Abbildung 67 Pellets: Produktion, Verbrauch und Außenhandel Deutschlands (Quelle: DESTATIS 2024E, DEPI 2024).

Bisher sind für Deutschland rechnerisch keine Importe aus anderen Staaten notwendig. Der angesetzte Emissionsfaktor für Biomasseverbrennung von Null führte dazu, dass einige europäische Staaten, insbesondere Küstenländer, ihre Kohlekraftwerke auf Pellets umgerüstet haben und die Pellets zum großen Teil aus Übersee importieren, um die gesteckten Klimaziele zu erreichen. Kritisiert wird insbesondere, wenn dort nicht Resthölzer, sondern ganze Bäume ausschließlich für die Pelletherstellung geerntet werden (z. B. RAVEN ET AL. 2021). In Deutschland werden Pellets dagegen in der Regel aus Holzresten hergestellt, die bei der Verarbeitung von Rohholz zu Produkten für die stoffliche Verwendung anfallen. Dieses Verfahren wird von Seiten der Wissenschaftler nicht kritisiert. Allerdings führte die hohe Nachfrage nach Pellets und die hohen Preise zeitweise auch zum Einsatz von Nadelrundholz für die Pelletproduktion (EUWID 11/2022). Der Anteil des eingesetzten, nicht sägefähigen Rundholzes liegt bei ca. 10 %. Da es sich um eine Ausnahmesituation im Zuge der Energiekrise handelte und die massiven Preisstürze bei Pellets gegen Ende 2022 auch auf eine überproportionale Nachfrage durch Bevorratung hindeuten, ist derzeit noch keine verstärkte Rundholznutzung im Pelletbereich zu befürchten. Dennoch muss bei einem weiteren Anstieg des Pelletverbrauchs auf eine nachhaltige Versorgung mit Pellets geachtet werden.

RED II und RED III

Umso wichtiger ist es, dass die Bereitstellung dieser Biomasse über Vorschriften und weltweite Überwachungsmaßnahmen bezüglich Nachhaltigkeitsaspekten und den zu erreichenden Klimazielen geregelt ist. In Europa unterliegt die energetische Verwendung von Holz bereits einer strengen Nachhaltigkeitskontrolle. Ende des Jahres 2021 trat in Deutschland die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung in Kraft. Dabei handelt es sich um die nationale Umsetzung des Artikels 29 der europäischen Erneuerbare Energien Richtlinie bzw. Renewable Energy Directive (kurz: »RED II«). Im Kern besagt die Verordnung, dass Biomasseheizkraftwerke, die eine Förderung (z. B. nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz) erhalten und über eine Gesamtfeuerleistungswärmeleistung von mehr als 20 MW verfügen, zertifiziert sein müssen, um förderfähig zu bleiben. Auch für forstliche Biomasse, die in solchen Heizkraftwerken eingesetzt wird, muss demnach seit dem 1. Januar 2022 die Nachhaltigkeit belegt werden.

Nachhaltigkeitskriterien im Sinne der Verordnung sind dabei unter anderem die Legalität des Holzeinschlags, eine nachhaltige Walderneuerung, die Erhaltung von Bodenqualität und biologischer Vielfalt sowie die Achtung von Schutzgebieten. In der RED II gilt dies für große Biomasseheizkraftwerke ab 20 MW und kann als Reaktion der EU auf die zunehmenden Pelletimporte für europäische Kraftwerke aus Übersee interpretiert werden. Für große Aufregung sorgte die Novellierung der RED. Die RED III trat am 20.11.2023 in Kraft und muss bis zum 21. Mai 2025 von den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umgesetzt werden. Mit der RED III wurde die Regelung auf Biomasseheizkraftwerke ab 7,5 MW ausgeweitet und Nachhaltigkeitsforderungen an forstliche Biomasse nachgeschärft. In einem ersten Entwurf sollte „primäre holzige Biomasse“ nicht mehr als förderfähig eingestuft werden. Damit wären aber auch Sortimente, die aufgrund einer fehlenden anderweitigen stofflichen Nutzung vor allem energetisch genutzt werden, nicht mehr zur Verfügung gestanden. Erst durch massiven Protest von Verbänden wurden die starken Einschränkungen hinsichtlich des Biomasseeinsatzes zurückgenommen. Kritisch zu sehen ist hier die Regelungseffizienz: Während die RED II 5 % der deutschen Anlagen und ca. 80 % der verbrauchten Biomasse betraf, betrifft die RED III zusätzlich etwa ein weiteres Viertel der Anlagen, die aber nur einen Anteil am Biomasseverbrauch von 16 % haben (DÖRING ET AL. 2018). Der damit verbundene vermeintliche Nutzen für den Klimaschutz steht hier im Gegensatz zu unverhältnismäßigem Mehraufwand.

Stärkung der Kaskadennutzung – aber keine Pauschalforderung

Die Speicherung von Kohlenstoff in langlebigen Holzprodukten leistet einen großen Beitrag zum Klimaschutz, denn Kohlenstoff wird damit über Jahrzehnte hinweg der Atmosphäre entzogen. Darüber hinaus tragen Holzprodukte, die in ihrer Herstellung energieintensive Produkte wie Stahl, Glas oder Ziegel ersetzen, zur Einsparung fossiler Energien bei (Materialsubstitution). Holz zunächst – möglichst mehrfach – stofflich und erst nach Gebrauch energetisch zu nutzen (Kaskadennutzung) ist daher eine vielfach formulierte Forderung, die einleuchtend erscheint. Allerdings eignen sich nicht alle Bäume bzw. Baumteile für eine stoffliche Verwendung oder die Mengennachfrage reicht bisher nicht aus, um alles stofflich zu verwerten. Sehr schwaches oder krummes Holz ist nicht für Sägewerke geeignet. Dieses Holz könnte für die Herstellung von Spanplatten oder Papier und Zellstoff verwendet werden. Der Verbrauch von grafischen Papieren ist in den vergangenen Jahren gesunken, weshalb in Bayern auch der Bedarf an Rohholz für die Papierherstellung gesunken ist. Eine ortsnahe energetische Verwendung des Schwachholzes ist dann zweckmäßiger als ein Ferntransport zu weit entfernt liegenden Werken. Zudem werden Baumteile wie Fichtengipfel oftmals nur aus Waldschutzgründen gehackt und energetisch verwertet, um den Brutraum für Borkenkäfer und andere Schadinsekten zu minimieren.

Energieholz hatte 2023 einen Anteil von 37 % am Holzeinschlag in Bayern. Im Kleinprivatwald wird ein größerer Anteil des Holzes energetisch verwertet als in größeren Forstbetrieben. Es kann vermutet werden, dass darunter zum Teil auch Stammteile sind, die sägefähig wären und stofflich genutzt werden könnten. Ein Grund ist vermutlich der Bedarf an Energieholz für die eigene Wärmeversorgung. Außerdem scheuen manche Waldbesitzer den größeren Aufwand bei der Vermarktung von Kleinmengen. Wenn z. B. durch einen Sturm nur einzelne Bäume entwurzelt werden, sehen sich manche Eigentümer organisatorisch nicht in der Lage, das eigentlich sägefähige Holz an ein Sägewerk zu verkaufen.

Eine Pauschalforderung nach grundsätzlicher Kaskadennutzung des Rohstoffes Holz geht daher an der Praxis vorbei. Wichtig ist jedoch, die Nachfrage nach Bauholz und anderen langlebigen Holzprodukten zu stärken. Das Bayerische Holzbauförderprogramm (BayFHolz) unterstützt die Bindung von Kohlenstoff in Gebäuden mit Holzbauweise mit 500 € pro Tonne CO₂. Solche Maßnahmen zur Steigerung der Holzbauquote sind sehr zu begrüßen.

Energieholz: Teamplayer und Back-up

Im Vergleich zu anderen regenerativen Energiequellen hat der Energieträger Holz den großen Vorteil der unkomplizierten natürlichen Speicherfähigkeit. Durch Holz kann daher jederzeit bedarfsgerecht Wärme oder in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen neben Wärme auch Strom bereitgestellt werden. Holzenergie ist also bestens dazu geeignet, die fluktuierenden regenerativen Energiequellen wie Wind und Sonne auszugleichen.

Grundsätzlich sind regenerative Heizsysteme ohne Emissionen am Ort der Energieumwandlung sowohl aus Klimaschutzgründen als auch hinsichtlich der Luftreinhaltung Verbrennungsprozessen vorzuziehen. Somit müssen in Zukunft brennstofffreie Heizsysteme, wie die direkte solare Nutzung oder die Generierung von Umweltwärme über Wärmepumpen, erneuerbarer Strom als Antriebsenergie vorausgesetzt, den größten Teil unseres Wärmebedarfes decken und deshalb stark ausgebaut werden. Allerdings kann Solarenergie jahreszeitlich und witterungsbedingt stets nur einen gewissen Anteil an benötigter Raumwärme beisteuern und auch für Wärmepumpen fehlen mitunter in alten Häusern die Voraussetzungen, um ganzjährig einen effizienten Betrieb zu gewährleisten. In Hybridsystemen können deshalb Holzfeuerungen insbesondere im Winter Wärmeversorgungslücken schließen und sind somit ein notwendiger Teil der Lösung zum Erreichen eines klimaneutralen Gebäudebestandes. Für energetisch schwer sanierbare Gebäude mit hoher Heizlast dürfte jedoch ein monovalentes Holz-Heizsystem auch zukünftig die wirtschaftlichste und technisch am besten umzusetzende erneuerbare Lösung sein. So sind beispielsweise Pelletheizungen in der Regel gut in Denkmalschutzobjekten einzubauen.

Die Novelle des GEG 2024, die Holzcentralheizungen sowohl in Neubauten als auch in Bestandsbauten als pauschale Erfüllungsoption im Rahmen der 65 %-Regel anerkennt, lässt eine individuelle Abwägung nach den Gegebenheiten vor Ort zu. So kann der Eigentümer zusammen mit Fachunternehmen und Energieberater die Vor- und Nachteile der erneuerbaren Heizvarianten im konkreten Fall gegenüberstellen und auch persönliche Präferenzen in die Entscheidung mit einfließen lassen. Es gab Stimmen, die im Gebäudebestand eine Nutzungspflicht von Solarenergie forderten. Im Falle einer Hybridpflicht bei einer Heizungsmodernisierung wären jedoch oft hohe Mehrkosten die Folge, die unter dem Gesichtspunkt der Sozialverträglichkeit generell kritisch zu bewerten sind. Auch im Neubausektor – in Diskussion stand ein Verbot von Holzcentralheizungen – ist im Grunde kein Regulierungsbedarf angezeigt und würde die Bevölkerung in puncto „Heizen mit Holz“ nur weiter verunsichern. Wie die Daten zur Beheizungsstruktur im Wohngebäude-Neubau belegen, wurden bereits im Jahr 2023 nur 3,3 % der Neubauten mit Holz als primären Energieträger geplant. Mit 76,3 % war klar die Wärmepumpe vorherrschend, mit steigender Tendenz (BDEW 2024). Vom Neubausektor ist somit trotz der im GEG 2024 verankerten grundsätzlichen Nutzungserlaubnis des Brennstoffes Holz kein signifikant steigender Energieholzverbrauch zu erwarten.

Neben der Verdrängung von Heizöl und Erdgas aus der dezentralen gebäudeweisen Wärmeversorgung ist der verstärkte Zubau von Wärmenetzen und die Transformation bzw. Defossilisierung vorhandener Fernwärmenetzstrukturen der zweite Baustein der Wärmewende. So hat der Wärmeverbund insbesondere bei hoher Anschlussdichte (z.B. historische dicht bebaute Ortskerne und Stadtteile mit kommunalen Liegenschaften oder Gewerbebauten) viele Vorteile gegenüber einer Einzelversorgung von Gebäuden. In der Regel kommen neben einer Steigerung der Kosteneffizienz auch Vorteile bei der Treibhausgasbilanz zum Tragen, denn Nahwärmenetze ermöglichen die effektive Einbindung verschiedener erneuerbarer Energiequellen. Sie gelten darüber hinaus als Beschleuniger der Wärmewende, denn die Umstellung auf treibhausneutrales Heizen kann in einem Schritt quartiers- und straßenzugsweise erfolgen.

Die flächendeckend verpflichtende kommunale Wärmeplanung, wie sie seit 2024 nun gesetzlich verankert ist, ist dafür eine wichtige Unterstützung. Die Frage, wie wir in Zukunft ohne den Einsatz fossiler Ressourcen und kostengünstig heizen können, kann nicht ausschließlich durch den einzelnen Haushalt oder das einzelne Unternehmen beantwortet werden. Es bedarf einer ganzheitlichen Wärmestrategie auf übergeordneter Ebene, die bei den langen Investitionszyklen im Gebäude- und Infrastrukturbereich größtmögliche Planungssicherheit bietet. Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) verpflichtet nun alle Gemeinden, bis spätestens 2028 zu untersuchen, welche Gebiete sich besonders für eine zentrale Wärmeversorgung eignen. Zudem sind Etappenziele festgelegt, um in bestehenden Nah- und Fernwärmenetzen schrittweise den Anteil Erneuerbarer Energien zu erhöhen. Es ist politischer Konsens, dass die Zwischenziele und das Endziel einer vollständigen Treibhausgasneutralität von Wärmenetzen nicht ohne Holzenergie erreichbar sein werden. Deshalb wird Energie aus Holz im WPG den anderen erneuerbaren brennstofffreien Energiesystemen gleichgestellt. Lediglich bei neuen Fernwärmenetzen mit einer Leitungslänge größer 50 km schreibt das WPG eine Deckelung des Anteils an Biomasse auf 25 % vor. Ab 2045 zielt der Gesetzgeber bei Fernwärmenetzen ab 50 km auf eine vor Ort überwiegend brennstofffreie Wärmebereitstellung ab und begrenzt den Biomasseanteil auf 15 %. Bei Netzen kleiner 50 km ist hingegen kein Maximalanteil an Holz oder anderen biomassebasierten Energieträgern vorgegeben.

Bereits bestehende Nahwärmenetze in Bayern - der weitaus größte Teil hat eine Leitungslänge kleiner 20 km - werden in der Regel mit Wärme aus Holzheizwerken oder Abwärme aus Biogasanlagen gespeist. Noch in den Nullerjahren war es aus wirtschaftlichen Gründen darüber hinaus üblich, die Spitzenlast in einem Biomasseheizwerk über einen Öl- oder Gaskessel abzudecken, der nur geringe Investitionen abverlangte. Durch das WPG werden nun flächendeckend Neuplanungen von Wärmenetzen angestoßen. Diese prüfen neben dem Einsatz von Holzenergie durchgängig die in der Region vorherrschenden Möglichkeiten der Einbindung industrieller Abwärme, der Errichtung von Solarenergieanlagen und den Einsatz von Großwärmepumpen. Freiflächen-Solarthermieanlagen wurden bereits so mit einem Biomasseheizwerk kombiniert, dass mindestens die Sommerlast der Wärmenetze komplett brennstofffrei abgedeckt werden kann. Neun umgesetzte Projekte sind bis dato mit dieser kombinierten Erzeugerstruktur in Bayern bekannt. Als Beispiel sei das Nahwärmenetz im oberfränkischen Hallerndorf oder das Nahwärmeprojekt in Moosach bei München genannt. Eine relativ neue Technologie stellen hingegen Großwärmepumpen im Wärmenetz dar, die Flusswasser, Grundwasser oder Luft als Wärmequelle nutzen und im Optimalfall erneuerbar bereitgestellten Strom als Hilfsenergie einsetzen. Wie bei der Einzelgebäudeversorgung auch gelten Wärmepumpen als Hoffnungsträger beim Netzausbau. Erste Prototypen von Großwärmepumpen werden derzeit verbaut und in Betrieb genommen. Auch hierzu sei mit dem Nahwärmenetz in Mertingen ein Beispiel genannt. Wie bei jeder Pionierarbeit üblich, gilt es nun von Seiten der Hersteller, Planer sowie Betreiber in den kommenden Jahren Betriebserfahrungen zu sammeln.

Noch setzen Ingenieurbüros bei Neuplanungen für Kommunen oder Contractoren weiterhin auf den heimischen Brennstoff Hackschnitzel, denn Holzenergie ermöglicht einen schnellen, erprobten und kostengünstigen Einstieg in die leitungsgebundene Wärmeversorgung. Deutschland ist nämlich noch weit davon entfernt, den Wärmemarkt weitgehend zu elektrifizieren. Eine große Herausforderung besteht darin, dass die Bereitstellung von erneuerbarem Strom aus Wind und Photovoltaik mit der rapide steigenden Nachfrage aus den Bereichen Verkehr, Industrie und Gebäude Schritt halten muss. Es ist auch notwendig, die Stromnetze auszubauen und stabil zu halten. Je schneller dies gelingt, desto schneller kann Energieholz seine neue Rolle als Teamplayer im Reigen der erneuerbaren Energieträger einnehmen. Ziel ist es, Energieholz nicht mehr wie früher üblich in der Grundlast, sondern zukünftig lastvariabler einzusetzen, um die schwankende Sonnen- und Windenergie auszugleichen.

Angesichts der voraussichtlich steigenden Anzahl von Biomassekesseln in der Nah- und Fernwärme erscheint es umso wichtiger, die nachhaltige und regionale Versorgung der Heizwerke mit Energieholz zu sichern. Entsprechende Liefermodalitäten und Bereitstellungskapazitäten sollten bei der Planung daher immer mit den lokalen Forstbetrieben geklärt und entsprechend berücksichtigt werden. Gerade der jetzt dringend notwendige Waldumbau hin zu resilienten Waldbeständen bietet jedoch die Chance für eine schnelle Defossilisierung des Wärmemarktes. Holzenergie kann deshalb weiterhin als Katalysator bzw. Türöffner für den Ausbau von Wärmenetzen dienen. Stets ist dabei zu berücksichtigen, dass mit Wärmenetzen Versorgungsstrukturen geschaffen werden, die über mehrere Generationen hinweg Bestand haben. Die Energiequellen und -träger können im Laufe der Zeit angepasst werden, abhängig vom Stand der Technik und dem Ausbau der regenerativen Stromversorgung. Sie sind ergänzbar oder austauschbar, während das Wärmenetz bestehen bleibt.

EU-Taxonomieverordnung

Über die EU-Taxonomieverordnung, die zum 12.07.2020 in Kraft trat, wurden einheitliche Kriterien geschaffen, anhand derer die ökologische Nachhaltigkeit einer Tätigkeit eingestuft werden kann. Sie definiert, was unter nachhaltigen Projekten zu verstehen ist und wie die Nachhaltigkeit von Projekten sicherzustellen ist. Finanzdienstleister müssen nun offenlegen, wieviel ihrer Kredite in nachhaltige Projekte investiert werden. Seit Januar 2023 ist diese Verordnung auf die Umweltziele *Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft, Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und der Ökosysteme* anzuwenden. Für die Forstwirtschaft müssen Bewirtschaftungspläne aufgestellt werden, die regelmäßig einer externen Prüfung unterzogen werden. Hier gibt es zwar Ausnahmen für kleine Betriebe (< 13 Hektar), jedoch dürfte es auch hier zu mehr bürokratischen Aufwand kommen. In der Forstwirtschaft dürfte die Fremdfinanzierung wohl eher eine Ausnahme sein, weshalb die Auswirkungen eher gering sein werden. Eine eher positive Auswirkung dürfte die Verordnung auf den Holzbau haben. Holz gilt als ökologischer, nachhaltig erzeugter Baustoff, der in der Herstellung kaum Emissionen verursacht und über lange Zeiträume Kohlenstoff im Holzprodukt-speicher binden kann. Hinsichtlich der Kreislaufwirtschaft könnte sich die Taxonomieverordnung auf eine vermehrte stoffliche Nutzung von Altholz auswirken. Dies könnte dazu führen, dass sich der Altholzanteil beispielsweise in herkömmlichen Spanplatten weiter erhöht. Dadurch würden möglicherweise Mengen an Industrieholz aus dem Wald frei, die einer anderweitigen Nutzung zur Verfügung stehen. Mögliche Rückkopplungen einer verstärkten stofflichen Altholznutzung auf Waldholz werden aktuell im Rahmen des REGULUS-Projekts „ISAR“ an der LWF und der TUM erforscht. Für den Bau von Biomasseheiz(kraft)werken ist die Taxonomieverordnung bedeutsam, weil dort die Fremdfinanzierung eine große Rolle spielt. Würde Holz nicht mehr als erneuerbar gelten, könnten diese Projekte wohl nicht als nachhaltige Projekte eingestuft werden.

Aspekte der Luftreinhaltung

Am 15. Mai 2024 verabschiedete das Bundeskabinett das 2. Nationale Luftreinhaltungsprogramm (NLRP). Dieses wurde zuvor durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) überarbeitet. Die modellierten Szenarien zeigen die voraussichtliche Emissionsentwicklungen unter Berücksichtigung bereits beschlossener Maßnahmen zur Luftreinhaltung: Darin wird aufgeführt, dass die Einführung der 65 %-Erneuerbare-Energievorgabe im Rahmen des Gebäudeenergiegesetz (GEG) zu einem höheren Einsatz von fester Biomasse führen kann. In der Folge würde es zu einer Erhöhung des Anlagenbestands im privaten Sektor kommen, wodurch sich nach Einschätzung des BMUV auch mit Umsetzung aller bisher beschlossenen Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität die Belastung mit NO_x und Feinstaub weiter erhöhen könnte. Das gesetzte Reduktionsziel für 2023 würde somit knapp verfehlt werden, weshalb im Nationalen Luftreinhaltungsprogramm (NLRP) weiterführende Maßnahmen für eine Reduzierung für notwendig erachtet werden.

Als solche werden Verschärfungen der Grenzwerte der Ökodesign-Verordnungen der EU für Zentralheizungsanlagen und Einzelraumfeuerungen angestrebt.

Zur Einordnung müssen dabei die Feinstaubemissionen $PM_{2,5}$ und PM_{10} betrachtet werden. Die Hauptquellen für Feinstaub $PM_{2,5}$ sind der Verkehr (27 %), Haushalte und Kleinverbraucher (27 %) sowie Industrieprozesse (26 %). Bei den Haushalten und Kleinverbrauchern gingen die Feinstaubemissionen $PM_{2,5}$ zwischen 2005 und 2020 um 23 % zurück. Das BUMV führt dazu aus: „Zwar nahm der Einsatz von Brennholz zu Heizzwecken in den vergangenen Jahren sehr deutlich zu, durch die Umsetzung der anspruchsvollen Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV für Kleinfeuerungen sowohl im privaten als auch im gewerblichen Bereich konnten die $PM_{2,5}$ -Emissionen aber insgesamt reduziert werden.“ Die aktuellen Immissionsgrenzwerte der EU für Feinstaub (PM_{10}) werden in Deutschland eingehalten. Einzelne Überschreitungen gab es hauptsächlich an verkehrsnahen Stationen in Gebieten und Ballungsräume im Osten und Süden Deutschlands. Seit 2019 wurden die Tagesgrenzwerte an keiner Messstation in Deutschland mehr überschritten. Auch die aktuellen $PM_{2,5}$ -Grenzwerte werden in Deutschland eingehalten. Vergleicht man die Karten mit den modellierten Jahresmittelwerten der Feinstaubkonzentrationen 2020 in Deutschland mit den geplanten neuen Grenzwerten der EU, so dürften die neuen Grenzwerte fast überall eingehalten werden. Allenfalls in Ballungsräumen dürften vereinzelt Überschreitungen zu erwarten sein. Die Darstellung der gemessenen Feinstaubkonzentrationen im NLRP zeigt, dass Grenzwertüberschreitungen sehr selten sind und wenn, dann vom Verkehr in städtischen Bereichen verursacht werden.

Laut BMUV könnte sich durch höhere Sanierungsraten, die hohen Effizienzstandards im Neubau und die kommunale Wärmeplanung durchaus auch ein Rückgang beim Einsatz fester Biomasse ergeben, allerdings seien belastbare Abschätzungen aktuell nicht möglich. Deshalb wurden die Maßnahmen zur Verschärfung der Grenzwerte in den Ökodesign-Verordnungen der EU in das NLRP aufgenommen. Die Bundesregierung will sich auf EU-Ebene für eine entsprechende Novellierung einsetzen. Die Staubgrenzwerte sollen nach dem Vorschlag des BMUV für Festbrennstoffkessel von 40 bzw. 60 (automatisch bzw. manuell beschickt) laut EU-Ökodesign-VO 2015/1189 auf $2,5 \text{ mg/m}^3$ bezogen auf 13 % Bezugssauerstoffgehalt herabgesetzt werden. Für Einzelraumfeuerungen sollen sie von 40 auf 20 mg/m^3 verschärft werden. Der für neue Einzelraumfeuerungen aktuell gültige Grenzwert von 40 mg für Stückholz bzw. 20 mg/m^3 für Pellets basiert auf der EU-Ökodesign-VO 2015/1185 und ist seit 2022 verbindlich. Für Anlagen, die zwischen 2015 und 2021 errichtet wurden, galten die Grenzwerte der zweiten Stufe aus der 1. BImSchV von 40 mg bei Einzelraumfeuerungen mit Stückholz und 30 bzw. 20 mg für Pelletöfen (ohne bzw. mit Wassertasche). Davor lagen die Grenzwerte nach der 1. BImSchV noch bei 150 mg/m^3 .

Die emissionsrelevanten Defizite bestimmter Holzfeuerungen sind von der Branche erkannt und weitreichend wissenschaftlich untersucht worden. Während moderne, mit Pellets oder Hackgut betriebene Zentralheiz- aber auch Scheitholzvergaserkessel nur noch sehr geringe Feinstaubemissionen aufweisen, insbesondere wenn sie mit einem elektrostatischen Feinstaubabscheider betrieben werden, bereitet ein nennenswerter Anteil der rund 11 Mio. Einzelraumfeuerstätten in Deutschland Sorge. Denn die Betreiberinnen und Betreiber haben im Falle der händisch beschickten Einzelraumfeuerungen selbst einen hohen Einfluss auf das Emissionsverhalten des Ofens. 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 Nutzer, wie z. B. Signale zum optimalen Nachlegezeitpunkt. Neben diesen technischen Entwicklungen und dem forcierten Austausch alter Öfen muss stets die Sensibilisierung der Bürger zum richtigen Heizen mit Holz im Fokus stehen. Der Staat oder auch einzelne Kommunen haben die Möglichkeit, über Förderprogramme lenkend einzugreifen und die freiwillige Nachrüstung

von Feuerstätten oder einen Ofentausch voranzutreiben und Bürger zum Kauf von Produkten zu überzeugen, die die derzeitigen gesetzlichen Anforderungen schon heute deutlich übertreffen. Low-Dust-Feuerungskonzepte, Ofensteuerungen, Feinstaubabscheider, Katalysatoren zur Reduktion organischer Emissionen und auch die Brennwerttechnik werden damit deutlich schneller Einzug in die Heizungskeller und Wohnzimmer halten. Peu à peu muss jedoch der technische Fortschritt – unter Berücksichtigung unbilliger Härten bei Bestandsanlagen – als Mindestanforderungen in den Gesetzen verankert bzw. in ordnungspolitischen Maßnahmen umgesetzt werden.

Bekanntnis der Politik zur nachhaltigen Holznutzung

Aktuell ist der Wald und dessen Funktionen im Fokus zahlreicher politischer Entscheidung. Da der Wald die Bedürfnisse zahlreicher Anspruchsgruppen erfüllen muss, kommt ihm damit in jedem Fall die gebührende Aufmerksamkeit zu. Eine Erhöhung des Anteils stofflich genutzten Holzes, die Vermeidung der globalen Entwaldung und der Ausbau der erneuerbaren Energien stellen Schritte in einem längst überfälligem Transformationsprozess dar. Allerdings senden die dazu gefassten Beschlüsse und Vorgaben mit teils widersprüchlichen Aussagen inkonsistente Signale an die Bevölkerung. Deshalb wäre ein grundsätzliches Bekenntnis der politischen Entscheidungsträger und der Regierung zu einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung und zur energetischen Restholznutzung wünschenswert. In Bayern gab es in der Vergangenheit klare Positionierungen zur Waldbewirtschaftung und zur nachhaltigen Holzenergie (Waldpakt, Pakt Holzenergie Bayern, Salzburger Erklärung). Ein klares Zeichen seitens der EU- und Bundespolitik würde mehr Verlässlichkeit und Planbarkeit in der Bevölkerung schaffen und damit das Vertrauen in politische Entscheidungsträger stärken.

5 Zusammenfassung

Die Privathaushalte in Bayern verbrauchten im Winter 2022/23 gut 10 Mio. m³ Energieholz. Im Vergleich zu 2020/21 war dies eine Steigerung von 3 %. Aufgrund der Witterung wäre eine Abnahme von 4 % zu erwarten gewesen. Die Zunahme im Verbrauch kann auf den Zubau bei Biomassekessel und den steigenden Anteil an Haushalten, die mit Holz heizen (+1,9 %) zurückgeführt werden. Insbesondere der Ausbau der Pelletheizungen hat sich auf den Energieholzverbrauch ausgewirkt. Als weiterer Treiber für den Mehrverbrauch wird die mit dem Beginn des Ukrainekriegs ausgelöste Energiekrise gesehen. Den größten Anteil am Energieholzverbrauch hatte mit 71 % das Sortiment Scheitholz. Zusammen mit den Waldhackschnitzeln machen die aus dem Wald, der offenen Landschaft und den Gärten stammenden Holz mengen einen Anteil von 77 % aus. Die Sortimente Pellets und Briketts, die aus Reststoffen der Holzverarbeitung hergestellt werden, hatten einen Anteil von 19 %. Der Rest entfällt auf Gebrauchtholz und Holzreste, die in den Privathaushalten selbst anfallen.

Hinsichtlich Stilllegung und Neuanschaffung von Holzheizungen gibt es bei den Privathaushalten immer noch rege Aktivität, wenn auch auf einem etwas niedrigeren Niveau als bei der letzten Erhebung. Von den Haushalten, die mit Holz heizen, hatten in den vorausgegangenen fünf Jahren 17 % eine neue Holzfeuerung angeschafft. Bei knapp der Hälfte dieser Haushalte erfolgte dies als Ersatz für eine alte Anlage. Bei den anderen waren es Erweiterungen oder Erstanschaffungen. Ein Drittel der Haushalte, die während der vorausgegangenen fünf Jahre eine Anlage stillgelegt hatten, taten dies aufgrund gesetzlicher Bestimmungen. Dies dürfte auf die Stilllegungsverpflichtungen für alte Öfen im Rahmen der 1. BImSchV zurückzuführen sein.

Holzfeuerungsanlagen außerhalb der Privathaushalte und Biomasseheiz(kraft)werke, zusammengefasst unter der Verbrauchergruppe der Holzfeuerungen größer 50 kW, hatten 2022 einen Energieholzbedarf in Höhe von 9,03 Mio. m³ bzw. 3,65 Mio. Tonnen atro. Im Vergleich zu 2020 lässt sich eine Verbrauchssteigerung um 2 % ableiten. Dabei verbrauchten Biomasse(heiz)kraftwerke etwas weniger Energieholz, während der Bedarf der reinen Wärmeerzeuger hingegen deutlich anstieg. Insbesondere die Wärmeerzeuger < 1 MW, die einen Zubau von rund 3.100 Anlagen in zwei Jahren verzeichnen konnten, sind für den Mehrbedarf verantwortlich.

Insgesamt ist der Bestand an Holzfeuerungen mit einer Leistung größer 50 kW auf rund 23.400 Anlagen angewachsen. Davon erzeugten ca. 450 Anlagen, die bis auf wenige Ausnahmen im Bereich der Altholzverwertung nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, neben Nutzwärme 1,5 TWh erneuerbaren Strom. Die installierte elektrische Leistung aus fester Biomasse wird laut Erhebung auf rund 256 MW_{el} geschätzt und liegt damit leicht unter dem Niveau von 2020. Mit einem Bedarf von 1,67 Mio. Tonnen verbrauchten die KWK-Anlagen rund 46 % der in den Feuerungsanlagen > 50 kW eingesetzten Energieholzmenge. Knapp ein Drittel dieser Menge ist Altholz. KWK-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 54 % an der Holzmenge ein, die in stromerzeugenden Anlagen verbrannt wurde.

Den reinen Wärmeerzeugern > 50 kW weist die Studie einen Verbrauch von rund 1,97 Mio. Tonnen atro zu. Im Gegensatz zum stromerzeugenden Anlagenbestand dominieren bei den Biomasseheizwerken die Brennstoffe Waldhackschnitzel mit einem Anteil von 39 % 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 11 % lediglich untergeordnet eingesetzt. Es wird hauptsächlich in werksinternen Feuerungen der Holzbranche verbrannt und dient zu einem Großteil der Prozesswärmebereitstellung zur Trocknung von Holzprodukten.

Ordnungspolitische Maßnahmen und Förderkonditionen auf Bundesebene haben seit 2020 zu einem deutlichen Anstieg der Investitionen in erneuerbare Heizsysteme geführt, darunter auch Holzfeuerungen. So ist der Bestand an Holzzentralheizungen in den Privathaushalten in zwei Jahren um 13 % gestiegen und in den Sektoren GHD- und Industrie konnten Holzfeuerungen einen Zuwachs von 16 % erzielen. Bürger und Bürgerinnen investierten vor allem in Pelletheizungen, die im Rahmen einer Heizungsmodernisierung häufig alte Ölkessel ersetzen. Auch der Anschluss an ein Nahwärmenetz gewann als komfortable erneuerbare Heizungsoption nicht zuletzt aufgrund der kriegsbedingten Verwerfungen am Energiemarkt an Attraktivität. Bestehende Nahwärmenetze haben daher im Rahmen einer Erweiterung ihre Erzeugerkapazitäten ausgebaut, es sind aber auch viele neue Nahwärmenetze auf Basis von Energieholz entstanden. Ein starker Impuls zum flächendeckenden Ausbau leitungsgebundener Wärmeversorgung wird in den kommenden Jahren vom Wärmeplanungsgesetz erwartet, das Anfang 2024 in Kraft getreten ist und jede Kommune in Deutschland verpflichtet, geeignete Wärmenetzgebiete zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Sowohl im Einfamilienhaus-Bereich als auch in der Nah- und Fernwärme kommen jedoch mittlerweile verstärkt strombasierte Technologien wie die Wärmepumpe zum Einsatz, die im hybriden Betrieb von Holzfeuerungen unterstützt werden.

Die Holzbilanz 2022 ergibt einen Holzverbrauch von 54 % für die energetische Verwendung. Gegenüber der Erhebung 2020 ist der Anteil des energetisch verwendeten Holzes erneut leicht gestiegen. Insgesamt ist der Holzverbrauch um 0,6 % gestiegen. Der größere Anteil der energetischen Verwendung geht auf einen Rückgang im Volumen der stofflichen Verwendung zurück. An dieser Stelle sei aber hervorgehoben, dass 37 % des Holzeinschlags in den bayerischen Wäldern direkt energetisch verwendet werden. Da der Holzeinschlag weiter gestiegen ist, wurde somit absolut mehr Energieholz eingeschlagen als 2020. Bei der Bilanzierung des Holzverbrauchs werden auch die bei der Holzverarbeitung anfallenden Holzreste und das Altholz mitberücksichtigt.

Nach der Bilanzierung war der Holzverbrauch um 3 % größer als das dokumentierte Holzaufkommen. Auf Ebene eines Bundeslandes lassen sich beim Holzaufkommen die Zu- und Abflüsse aus anderen Bundesländern nicht quantifizieren. Daraus kann ein Teil der Bilanzlücke erklärt werden. Vor allem beim Rundholz gehen wir davon aus, dass es netto einen Zufluss aus den Hauptschadensgebieten der Borkenkäferkalamität nach Bayern gab. Aber auch der Warenaustausch zwischen den EU-Staaten bildet statistisch nicht alle Details ab, wie etwa den Zufluss von Brennholz aus osteuropäischen Ländern. Auch kann nicht ausgeschlossen werden, dass immer noch relevante Mengen des Holzeinschlags statistisch nicht erfasst werden. Die Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur werden derzeit ausgewertet und einen Aufschluss über die Holznutzung der vergangenen zehn Jahre geben.

6 Literatur

17. BImSchV (2013): Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 1021, 1044, 3754), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Februar 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 43) geändert worden ist, die durch Artikel 2 der Verordnung vom 6. Juli 2021 (BGBl. I S. 2514) geändert worden ist.

AG ENERGIEBILANZ E.V. (2023): Kräftiger Rückgang beim Energieverbrauch, abgerufen am 02.01.2024 von <https://ag-energiebilanzen.de/ag-energiebilanzen-legt-bericht-fuer-2022-vor/>

ALTHOLZV, VERORDNUNG ÜBER ANFORDERUNGEN AN DIE VERWERTUNG UND BESEITIGUNG VON ALTHOLZ (2020): Altholzverordnung vom 15. August 2002 (BGBl. I S. 3302), die zuletzt durch Artikel 120 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

AMPRION (2023): Dateien zu Bewegungsdaten für das Jahr 2023 -EEG-Einspeisung in der Regelzone der Amprion GmbH. Abgerufen am 15.08.2021 von <https://www.netztransparenz.de/de-de/Erneuerbare-Energien-und-Umlagen/EEG/EEG-Abrechnungen/EEG-Jahresabrechnungen/EEG-Jahresabrechnungen-2022-2000>

BAFA, BUNDEAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE (HRSG.) (2024): Monatsstatistik Bundesförderung effiziente Gebäude - BEG EM – Anlagen zur Wärmeerzeugung, Tweet vom 06.01.2023 und 24.01.2024, abgerufen von https://twitter.com/BAFA_Bund/status/1750065709609095224 am 24.01.2024

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

BAUER, J.; ZORMAIER, F.; BORCHERT, H.; BURGER, F. (2006): Energieholzmarkt Bayern. LWF-Wissen Nr. 53. 67 S.

BAUMGARTNER, T.; LERMER, A.; SCHÖN, C.; KUPTZ, D.; HARTMANN, H. (2015): Brennstoffqualität von Holzpellets. Europaweites Holzpelletsscreening mit Fokus auf den deutschen Pelletmarkt. Berichte aus dem TFZ 43.

BAYPAPIER, BAYERISCHE PAPIERVERBÄNDE (2023): Entwicklung von Produktionsmenge und Umsatz in der bayerischen Papierindustrie (Diagramm) <https://www.baypapier.com/daten-fakten/papiererzeugung/>

BAYSF AÖR, BAYERISCHE STAATSFORSTEN (2020): Geschäftsjahr 2020: Positive Waldbilanz trotz hoher Schäden / Folgen des Klimawandels sorgen erstmals für Verlust. Pressemitteilung zur Pressekonferenz am 16.10.2020.

BAYSF AÖR, BAYERISCHE STAATSFORSTEN (2024): Auszüge aus Holzpreisstatistik und Holzeinschlagsstatistik.

BDEW, BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E.V. (2024): Beheizungsstruktur im Neubau in Deutschland – Baugenehmigungen, abgerufen am 10.06.2024 von <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizungsstruktur-baugenehmigungen-aktuell/>

BDH, BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN HEIZUNGSINDUSTRIE (2024): Marktentwicklung Wärmemarkt 2023, abgerufen am 17.01.2024 von https://www.bdh-industrie.de/fileadmin/user_upload/Pressemeldungen/Marktentwicklung_Waermemarkt_2023_Januar_bis_September.pdf

BfN, BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2024): Häufig gefragt: EU Nature Restoration Law (Wiederherstellungs-Verordnung). Abgerufen am 17.05.2024 unter <https://www.bfn.de/haeufig-gefragt-eu-nature-restoration-law-wiederherstellungs-verordnung#anchor-11282>.

BIOENERGY EUROPE (2023): Statistical Report – Report Pellet 2023. Brüssel

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

BITTER, A.; NAU, L. (2024): EUDR: Kleinprivatwald droht Ausschluss vom Holzmarkt. Holzzentralblatt 9/2024. S. 142-143.

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2023A): AUSWERTUNG zu Haushalten nach Haushaltsgröße und Haushaltsnettoeinkommen aus dem Mikrozensus 2022. Erhalten am 23.11.2023.

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2023B): Baufertigstellungen in Bayern 2022. Abgerufen am 19.07.2023.

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2023C): „Produktion des Verarbeitenden Gewerbes in Bayern 2022 (sowie Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden)“. Vierteljährliche Produktionserhebung in Bayern.

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2024A): Auswertung Außenhandel mit Holz und Platten in der Besonderen Maßeinheit, erhalten am 12.03.2024

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2024B): Auswertung Altholzmengen Bayern 2022. Erhalten am 29.05.2024.

- BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2024c): Energiebilanz Bayern 2021. Berechnungsstand 19.02.2024. Abgerufen am 10.07.2024.
- BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2024d): 23,4 Prozent weniger Wohnungsbaugenehmigungen in Bayern 2023 gegenüber Vorjahr. Pressemitteilung vom 07.02.2024, abgerufen unter <https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2024/pm031/index.html>.
- BMEL, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2023A): Massive Schäden – Einsatz für die Wälder. Abgerufen am 17.05.2024 unter <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/wald-trockenheit-klimawandel.html>.
- BMEL, BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2023B): Richtlinie für Zuwendungen zu einem klimaangepassten Waldmanagement vom 28. Oktober 2022 (geändert am 15. Mai 2023; BAnz AT 15.05.2023 B3).
- BMUB, BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt.
- BMUV, BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, NUKLEARE SICHERHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2023): Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt. Stand 14.06.2023, abgerufen 02.05.2024 unter <https://www.bmu.de/themen/naturschutz/allgemeines-und-strategien/nationale-strategie#:~:text=Fortentwicklung%20der%20NBS%2C%20die%20NBS,biologischen%20Vielfalt%20bis%202030%20vor>
- BORCHERT, H. (2024): Kohlenstoffkreislauf in Wäldern schneller als vielfach angenommen. LWF aktuell 145, S. 26-27.
- BORCHERT, H.; RENNER, F. (2018): Holzaufkommen und Waldumbau: ein Szenario für Bayern. AFZ/Der Wald 1/2018, S. 37 – 39.
- BSTK, BAYERISCHE STAATSKANZLEI (2020): Bayerisches Ministerialblatt Nr. 695, 2 Dezember 2020
- BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (2023): Marktstammdatenregister – erweiterte Einheitenübersicht. Abgerufen am 01.10.2023 von <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/ErweiterteOeffentlicheEinheiteneuebersicht>
- BUNDESVERBAND DES SCHORNSTEINFEGERHANDWERKS (2024): Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe ausgenommen Einzelraumfeuerungsanlagen in Bayern. Exceldatei, erhalten am 07.03.2024.
- BURGER, F.; SCHWEIER, J. (2016): Die Ökobilanz von Kurzumtriebsplantagen. LWF-Wissen Nr. 79. S. 73 – 81.
- BURGER, F.; STOLL, B.; HENTSCHEL-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.
- BURGER, F.; WIDMANN, B., HOHE, H. (2022): Dreißig Jahre KUP in Bayern. Waldwachstumskundliche Ergebnisse des Projekts »Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb«. Materialien der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 18.
- C.A.R.M.E.N. E.V. (2024A): Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln. <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-hackschnitzel/>
- C.A.R.M.E.N. E.V. (2024B): Preisentwicklung bei Holzpellets – der Holzpellet-Preis-Index. <https://www.carmen-ev.de/infotehk/preisindizes/holzpellets>
- CLEARINGSTELLE (2010): NawaRo-Bonusfähigkeit von „Sägewerks-Rinde“. Abgerufen am 24.11.2017 von <https://www.clearingstelle-eeg.de/votv/2009/10>
- CO2ONLINE (2024): Heizenergieverbrauch – Trend bis 2020. Abgerufen am 20.03.2024 unter <https://www.wohngebaeude.info/daten/#/heizen/bayern:main=allgemein:sub=trend>
- DEPI, DEUTSCHES PELLETINSTITUT (2024): Infothek – Grafiken zur Pelletproduktion. Abgerufen am 01.03.2024 von <https://www.depi.de/p/Pelletproduktion-und-verbrauch-in-Deutschland-oyVBFVPfs7BzqqG88deHeK>
- DEPV, DEUTSCHER ENERGIEHOLZ- UND PELLETVERBAND E. V. (2023A): Mehr Pellets im ersten Quartal 2023. Pressemitteilung vom 26.04.2023. Abgerufen am 14.12.2023 unter <https://depv.de/p/Deutsche-Pelletwerke-starten-2020-mit-erneuter-Produktionssteigerung-jrpGFHfZEZBSEXVyN13KWf>
- DEPV, DEUTSCHER ENERGIEHOLZ- UND PELLETVERBAND E. V. (2023B): Pelletproduktion im dritten Quartal weiter gestiegen. Pressemitteilung vom 25.10.2023. Abgerufen am 14.12.2023 von <https://depv.de/p/Mehr-Pellets-im-ersten-Quartal-2023-ttv8HuvpiokHBgne4TJcP>
- DESH, DEUTSCHE SÄGE- UND HOLZINDUSTRIE BUNDESVERBAND E.V. (2023): Branchenbericht Säge- und Holzindustrie in Deutschland.

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2022): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2020 – Fachserie 3 Reihe 5.1.

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2024A): Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (61241-003) / Erzeugerpreisindizes der Produkte des Holzeinschlags aus den Staatsforsten (61241-002).

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2024B): Holzeinschlagsstatistik (forstl. Erzeugerbetriebe). Genesis-Online, Code 41261.

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2024C): 42131-0002: Produktionswert, -menge, -gewicht und Unternehmen der Vierteljährlichen Produktionserhebung. Genesis-Online.

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2024D): Holzbearbeitungsstatistik (42341-0010), Genesis-online.

DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2024E): Außenhandelsstatistik (51000-0007), Genesis-online.

DEUTSCHER BUNDESTAG (2023): Bundestag beschließt das Gebäudeenergiegesetz trotz heftiger Kritik. Abgerufen unter <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2023/kw36-de-gebäudeenergiegesetz-957824> am 28.05.2024.

DIE PAPIERINDUSTRIE (2023): Leistungsbericht Papier 2023.

DIESTEL, S.; WEIMAR, H. (2014): Der Kohlenstoffgehalt in Holz- und Papierprodukten – Herleitung und Umrechnungsfaktoren. Thünen Working Paper 38. 110 S.

DIETER, M.; WEIMAR, H.; IOST, S. ENGLERT, H.; FISCHER, R.; GÜNTER, S.; MORLAND, C.; ROERING, H-W; SCHIER, F.; SEINTSCH, B.; SCHWEINLE, J; ZHUNUSOVA, E. (2020): Abschätzung möglicher Verlagerungseffekte durch Umsetzung der EU-KOM-Vorschläge zur EUBiodiversitätsstrategie auf Forstwirtschaft und Wälder in Drittstaaten. Thünen Working Paper 159a.

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

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

DÖRING, P.; GLASENAPP, S.; WEIMAR, H.; MANTAU, U. (2018): Die energetische Nutzung von Holz in Biomassefeuerungsanlagen unter 1 MW in Nichthaushalten im Jahr 2016. Teilbericht, 21 Seiten.

DÖRING, P.; MORLAND, C.; GLASENAPP, S.; WEIMAR, H. (2023): Energetischer Holzverbrauch der privaten Hasuhalte. Projektkurztitel: Energieholz PHH. Abschlussbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes.

DÖRING, P.; WEIMAR, H.; MANTAU, U. (2021): Die energetische Nutzung von Holz in Biomassefeuerungsanlagen unter 1 MW in Nichthaushalten im Jahr 2019. Teilbericht. 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

ErbV (2016): Entsorgungsfachbetriebsverordnung vom 2. Dezember 2016 (BGBl. I S. 2770), die zu-letzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2240) geändert worden ist

EOS, EUROPEAN ORGANISATION OF THE SWAMILL INDUSTRY (2023): Annual Report of the European Swamill Industry 2023-2024.

EUWID (01/2022): EUWID-Preisspiegel: Sägereistholz Deutschland. Onlineartikel vom 27.01.2022.

EUWID (07/2022): EUWID-Preisspiegel: Sägereistholz Deutschland. Onlineartikel vom 14.07.2022.

EUWID (08/2022): EUWID-Preisspiegel: Sägereistholz Deutschland. Onlineartikel vom 25.08.2022.

EUWID (10/2022): EUWID-Preisspiegel: Sägereistholz Deutschland. Onlineartikel vom 07.10.2022.

EUWID (11/2022): EUWID-Preisspiegel: Sägereistholz Deutschland. Onlineartikel vom 17.01.2022.

EUWID (2024A): EUWID-Preisspiegel: Sägereistholz Deutschland. Preisentwicklung, abgerufen am 02.02.2024.

EUWID (2024B): EUWID-Preisspiegel: Altholz Deutschland. Preisentwicklung, abgerufen am 06.06.2024.

EUWID (37/2023): Für Holzlieferanten bestehen zum UPM-Werk in Plattling alternative Verkaufsmöglichkeiten. Onlineartikel vom 20.09.2023.

EUWID (4/2024): DeSH: Immer mehr Sägewerke ohne Brandschutzversicherung.

EUWID (9/2022): EUWID-Preisspiegel: Nadelrundholz Deutschland. Onlineartikel vom 29.09.2022.

FAO (2015): The global forest resources assessment 2015.

FLAMME, S.; HAMS, S.; BISCHOFF, J.; FRICKE, C.; (2020): Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novel-lierung. Hrsg.: Umweltbundesamt

FNR, FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (HRSG.) (2023B): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2024. Gülzow-Prüzen.

FNR, FACHAGENTUR NACHWACHSENDER ROHSTOFFE E.V. (2023A): Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland Gülzow-Prüzen.

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.

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.

FSC; FOREST STEWARDSHIP COUNCIL (2011): Sourcing reclaimed material for use in FSC Product Groups or FSC Certified Projects. Document reference code: FSC-STD-40-007 (V2-0) EN.

GAGGERMEIER, A., FRIEDRICH, S., HIENDLMEIER, S., ZETTING, 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.; HIENDLMEIER, S.; BORCHERT, H. (2018): Energieholzmarkt 2016. Abschlussbericht. Freising

GÖBWEIN, S.; HIENDLMEIER, S.; BORCHERT, H. (2020): Energieholzmarkt 2018. Abschlussbericht. Freising

GÖBWEIN, S.; STIMM, K. (2021): Expertenteam Energiewende im ländlichen Raum.

HASTREITER, H. (2022): Waldbesitz. Abgerufen am 18.03.2024 unter <https://www.lwf.bayern.de/waldbesitz-forstpolitik/waldbesitz/index.php>.

HASTREITER, H. (2023): Holzeinschlag 2022: Heiß begehrt und teuer. LWFaktuell 5/2023.

HASTREITER, H. (2024): Eigentümerstände im Wald. Schriftliche Mitteilung.

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

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

HOLZKURIER (2023A): Nadelholzsägewerke Deutschland Edition 2023. Holzkurier 10/2023 vom 09.03.2023, S. 06–07.

HOLZKURIER (2023B): Laubholzsägewerke Deutschland Edition 2023. Holzkurier 35/2023 vom 31.08.2023, S. 12–13.

HOLZKURIER (2023C): Kein Rückgang der Pelletproduktion. Online-Artikel vom 18.10.2023, abgerufen am 12.12.2023 unter <https://www.holzkurier.com/energie/2023/10/pelletproduktionen-in-oesterreich--deutschland-und-der-schweiz--.html>

IBU, INSTITUT BAUEN UND UMWELT E.V. (2020): Umwelt-Produktdeklaration Spanplatte, roh, 13 S. Abgerufen unter https://www.pfleiderer.com/file_pim/Dokumente/umwelt-produktdeklaration-epd-spanplatte-roh-im0028197.pdf

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 (2024): Gradtagszahlen in Deutschland – Excel Mappe mit Stand 06.02.2024 unter <https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/energiebilanzen/gradtagzahltool/>

JOCHEM, D.; WEIMAR, H.; DIETER, M. (2023): Holzeinschlag im Jahr 2022 erreicht 80,7 Mio. m³. Holz-Zentralblatt Nr. 40, S. 675.

KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H.; HOFBAUER, H. (2016): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Auflage.

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

KNOKE, T. (1998): Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald: Zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 170. 198 S.

- 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.
- KOMPETENZZENTRUM 3N - NIEDERSACHSEN NETZWERK NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (2015) (HRSG.): Verbrauchsdatenerhebung Holzfeuerungen Niedersachsen für holzbefeuerte Anlagen im Geltungsbereich der 1. BImSchV. 20 S.
- KRANEBITTER, B. (2015): Wirtschaftlichkeitsvergleich für Heizwärmeerzeugung in einem Niedrigenergiehaus Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 63 S.
- KRWG (2012): KREISLAUFWIRTSCHAFTSGESETZ VOM 24. FEBRUAR 2012 (BGBl. I S. 212), DAS ZULETZT DURCH ARTIKEL 5 DES GESETZES VOM 2. MÄRZ 2023 (BGBl. 2023 I NR. 56) GEÄNDERT WORDEN IST.
- KUPTZ, D.; DIETZ, E. (2018): Hackschnitzel aus dem Kurzumtrieb. Brennstoffqualität und Verbrennungsverhalten. Schule und Beratung 1-2/2018, S. 70 – 73.
- LEIPZIGER INSTITUT FÜR ENERGIE GMBH (2023): Energiedaten.Bayern – Schätzbilanz. Daten bis zum Jahr 2022. Eine Studie im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie.
- LEMME, H.; GÖBWEIN, S. (2017): Das Borkenkäferjahr 2016. LWF aktuell 112, S. 32 -34.
- LETALIK, C. (2020): mündliche Mitteilung.
- LFL, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2023): Agroforst in Bayern. Lfi-Information.
- LFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2023A): Hausmüll in Bayern. Bilanzen 2022. Informationen aus der Abfallwirtschaft.
- LFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2023B): Immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Holzfeuerungen. Datenauskunft vom 04.04.2023 Augsburg (unveröffentlicht).
- LFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2023C): Witterung im regionalen Überblick, abgerufen am 02.01.2024 von https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserkundlicher_jahresbericht_2022/meteorologie/witterung_regional/index.htm
- LIV, LANDESINNUNGSVERBAND FÜR DAS BAYERISCHE KAMINKEHRERHANDWERK (2023): Datenauskunft zum Anlagenbestand an Holzzentralfeuerungen im Gültigkeitsbereich der 1. BImSchV in Bayern Ende 2022 (unveröffentlicht).
- 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 (2022): Waldzustand 2021: Nord-Süd-Gefälle und keine Entwarnung. LWF aktuell 2/2022.
- LWF, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2024): Waldzustand 2023: Hitze und Trockenheit werden sichtbar. LWF aktuell 2/2024.
- METSCH, J.; RIEBLER, M. (2023): Brennholz kostet deutlich mehr. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt Nr. 8 vom 24.02.2023.
- PROGNOS AG (2024): Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2024. Prognos AG Berlin (Herausgeber).
- PROGROUP AG (2024): Progroup übernimmt Gelände der Sappi Stockstadt GmbH. Presseinformation, abgerufen unter: <https://www.presseportal.de/pm/125847/5774603>.
- RAVEN, P. ET AL. (2021): Letter Regarding Use of Forests for Bioenergy.
- RÖNSCH, C. (2017): Auswertung zur Verteilung der Größenklassen bei Holzheizkesseln > 50 kW in Bayern auf Datengrundlage des Forschungsprojekts "Kleinf Feuerungsanlagen in Deutschland - Kehr bucherhebung mit dem Kaminkehrerhandwerk" am Deutschen Biomasseforschungszentrum - DBFZ. Leipzig (unveröffentlicht)
- SAPPI (2023A): Umwelterklärung 2022 Sappi Stockstadt GmbH. 8 S.
- SAPPI (2023B): Sappi concludes consultation process at Stockstadt Mill and commences consultation process on future of Lanaken Mill. Pressemitteilung vom 10.10.2023.
- SCHINDLER, H.; MAJER, S.; THRÄN, D.; LENZ, V. (2023): Nachhaltigkeit von Holzenergie: Diskussionspapier. Leipzig: DBFZ. III, 4-35 S. DOI: 10.48480/EDBC-EC31
- 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.
- SCHLENKER, V., BURGER F. (2023): Nutzungsszenarien für das in KUP erzeugte Pappelholz mit Schwerpunkt auf die stoffliche Nutzung – Bioökonomie (unveröffentlicht).
- SCHULZE, E. D., BOURIAUD, O., IRLINGER, R., VALENTINI, R. (2022): The role of wood harvest from sustainably managed forests in the carbon cycle. *Annals of Forest Science* 79, 17 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13595-022-01127-x>.
- SRU, SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (2022): Kurzstellungnahme des SRU zu den Eckpunkten der Nationalen Biomassestrategie vom 19.12.2022.
- STIMM, K.; HIENDLMEIER S.; HAYASHI, M.; BORCHERT, H. (2022): Energieholzmarkt Bayern 2020. Abschlussbericht, Freising. 133 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.) (2020): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2020.
- STMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (HRSG.) (2022): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2022.
- STMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2024): Schadflächen zur Wiederbewaldung von 2019 bis 2024. Schriftliche Mitteilung, erhalten am 29.05.2024.
- STMUV, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2022): „Glauber: Vorbereiten auf Gasmangellage – Notbetrieb stillgelegter Holzöfen spart fossile Energie ein“. Pressemitteilung vom 12.08.2022.
- STMWI, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, MEDIEN, ENERGIE UND TECHNOLOGIE (2011): Bayerisches Energiekonzept „Energie innovativ“, 86 S.
- STMWI, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, MEDIEN, ENERGIE UND TECHNOLOGIE (2023): Energiedaten.Bayern - Schätzbilanz.
- TENNET, TENNET TSO GMBH (2023): Dateien zu Bewegungsdaten für das Jahr 2022 – EEG-Einspeisung in der Regelzone der Tennet TSO GmbH. Abgerufen am 15.08.2021 von <https://www.netztransparenz.de/de-de/Erneuerbare-Energien-und-Umlagen/EEG/EEG-Abrechnungen/EEG-Jahresabrechnungen/EEG-Jahresabrechnungen-2022-2000>
- TRIEBENBACHER, C.; LOBINGER, G.; BORK, K. (2023): Borkenkäferjahr 2022, LWF aktuell 144, S. 15-17.
- UBA, UMWELTBUNDESAMT (2020): Texte 95/2020: Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung
- UBA, UMWELTBUNDESAMT (2024A): Erneuerbare Energien in Zahlen. 08.03.2024. Abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- UBA, UMWELTBUNDESAMT (2024B): Außenhandel mit Holz Altholzverbringung_Bayern. Daten nicht öffentlich verfügbar.
- UBA, UMWELTBUNDESAMT (2024C): CO₂-Rechner des Umweltbundesamtes. Abgerufen unter https://uba.co2-rechner.de/de_DE/living-hs#panel-calc und der Einstellung „Art der Heizung: Erneuerbar“ am 29.05.2024.
- 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
- VDP, VERBAND DER DEUTSCHEN PAPIERFABRIKEN E. V. (2023): Papier 2022 Ein Leistungsbericht. Annual Report, Bonn.
- VOB-STEMPING, J. (2024): Netto-null in 2045: Ausbau der Senken durch klimaresiliente Wälder und langlebige Holzprodukte. Ergebnisse sektorenweiter Szenarien zu Kohlenstoffspeichern in Wäldern und Holzprodukten im LULUCF-Sektor. Herausgeber: Umweltbundesamt.
- VVA (2006): Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom (14. Juni 2006) über die Verbringung von Abfällen.
- WAGNER, K.; WITTKOPF, S. (2000): Der Energieholzmarkt Bayern. LWF-Wissen Nr. 26.
- WALTER-THOSS, J. (2017): Anforderungen an eine Klimaschutzgerechte und nachhaltige Bioenergienutzung. Vortrag im Rahmen des 17. Fachkongresses Holzenergie vom 28.-29.09.2017, Festung Marienberg Würzburg.

WEBER-BLASCHKE, G.; FRIEDRICH, S. (2015): Stoffliche oder energetische Holznutzung? AFZ/Der Wald Nr. 23, S. 23-25.

WEGSCHEID (2019): Zubau an Holzvergaseren 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

WIDMANN, B.; BURGER, F. (2024): Kohlenstoffspeicherung in KUP. LWF aktuell 146.