



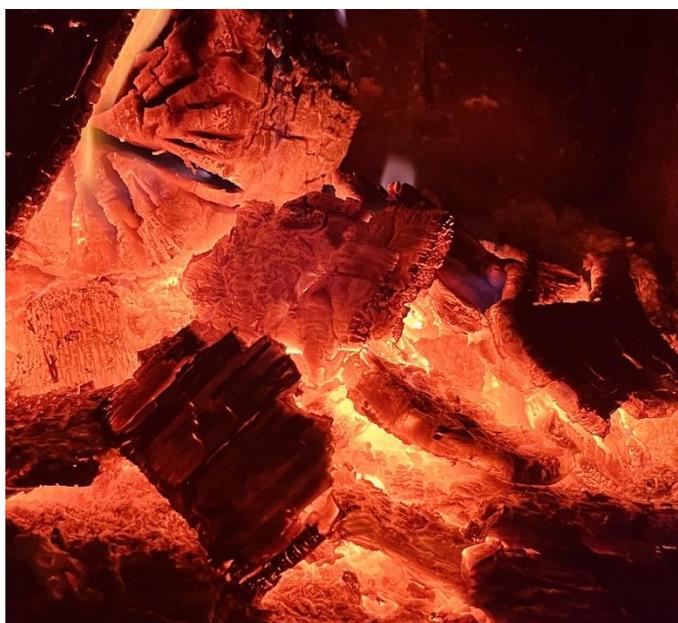
**Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft**

**Abschlussbericht 08/2022**

Energieholzmarkt Bayern 2020

## Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern hinsichtlich Aufkommen und Verbrauch

BAYERISCHE   
FORSTVERWALTUNG



## **Impressum**

### **Projektleitung**

#### **Kilian Stimm**

*Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*  
Kilian.Stimm@lwf.bayern.de

### **Projektbearbeitung**

#### **Kilian Stimm**

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

#### **Sabine Hiendlmeier**

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

### **Herausgeber**

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

Titelbild: Herbert Borchert

Freising, August 2022

### **Zitiervorschlag:**

Stimm, K.; Hiendlmeier S.; Hayashi, M.; Borchert, H. (2022): Energieholzmarkt Bayern 2020. Abschlussbericht, Freising. 133 S.

# Inhalt

<b>Impressum</b> .....	2
Inhalt .....	3
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis .....	9
Abkürzungsverzeichnis .....	11
1 Einleitung.....	13
1.1 Zielsetzung.....	14
1.2 Untersuchungsrahmen.....	14
1.3 Umrechnungsfaktoren .....	15
2 Holzaufkommen .....	17
2.1 Energieholz aus Wald und Flur .....	17
2.1.1 Rohholzaufkommen aus dem Wald .....	17
2.1.2 Waldenergieholzaufkommen 2020 .....	20
2.1.3 Hackschnitzelproduktion aus der Umfrage unter Hackerunternehmen.....	23
2.1.4 Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz.....	26
2.1.5 Holznutzungspotenziale .....	27
2.1.6 Preisentwicklung der Waldholzsortimente .....	32
2.1.7 Diskussion .....	35
2.1.8 Fazit und Trends .....	38
2.2 Nebenprodukte der Sägeindustrie .....	40
2.2.1 Datengrundlage.....	40
2.2.2 Rundholzeinschnitt im Jahr 2020 .....	42
2.2.3 Struktur der Sägewerke in Bayern.....	43
2.2.4 Aufkommen von Nebenprodukten in den Sägewerken.....	44
2.2.5 Verwendung Nebenprodukte.....	45
2.2.6 Preissituation bei den Nebenprodukten .....	47
2.2.7 Diskussion .....	48
2.3 Pelletproduktion.....	50
2.3.1 Methode .....	50
2.3.2 Pellethersteller und Pelletproduktion .....	50
2.3.3 Pelletpreise.....	52
2.3.4 Fazit und Trends .....	54
2.4 Altholz.....	57
2.4.1 Effizienz der Altholzsammlung .....	57

2.4.2 Befragung der Altholzverwerter.....	58
2.4.3 Altholzaufkommen und Altholzverwendung .....	59
2.4.4 Altholzensorgungskosten.....	60
2.4.5 Diskussion.....	61
2.4.6 Trends und Herausforderungen beim Altholz.....	63
2.5 Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsysteme .....	64
2.5.1 Flächenbestand und Ertragsabschätzung (KUP).....	64
2.5.2 Nutzungspotenzial Kurzumtriebsplantagen .....	65
2.5.3 Fazit und Trends .....	66
3 Holzverbrauch .....	68
3.1 Energieholzverbrauch in Privathaushalten .....	68
3.1.1 Methode .....	68
3.1.2 Befragungsergebnisse .....	69
3.1.3 Entwicklung der Investitionen im Gebäudebestand .....	75
3.1.4 Wintertemperaturen in Bayern.....	79
3.1.5 Diskussion.....	80
3.1.6 Fazit und Trends .....	81
3.2 Mittlere Holzfeuerungen und Biomasseheiz(kraft)werke.....	83
3.2.1 Methode.....	83
3.2.2 Ergebnisse: Energieholzverbrauch Feuerungsanlagen > 50 kW.....	88
3.2.3 Diskussion.....	100
3.2.4 Fazit und Trends .....	101
3.3 Papier- und Zellstoffindustrie.....	105
3.3.1 Methode.....	105
3.3.2 Holzverbrauch der bayerischen Papierindustrie .....	105
3.3.3 Holzverbrauch der bayerischen Zellstoffindustrie .....	106
3.3.4 Aufkommen und Verbrauch von Altpapier .....	106
3.4 Holzwerkstoffindustrie .....	106
3.4.1 Methode .....	106
3.4.2 Holzverbrauch der bayerischen Holzwerkstoffindustrie.....	107
3.4.3 Diskussion.....	107
4 Holzbilanz .....	108
4.1 Aufkommensmengen .....	108
4.2 Verbrauchsmengen .....	108
4.3 Außenhandelsmengen .....	109
4.4 Bilanzen .....	111

4.5 Stoffstrommodell und Primärenergieverbrauch .....	116
4.6 Ableitung von Maßnahmen und Empfehlungen .....	117
5 Zusammenfassung.....	127
6 Literatur .....	129

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Holzeinschlagsmenge in Bayern der Jahre 2006 bis 2021. (Quelle: DESTATIS 2021) .....	18
Abbildung 2: Holzeinschlag nach Waldbesitzarten für die Jahre 2014 bis 2021 (Quelle: DESTATIS 2021). .....	19
Abbildung 3: Einschlagsmengen nach Einschlagsursache in Bayern zwischen 2008 und 2021. Anteil des gesamten Schadholzes am Gesamteinschlag (rote Linie). Die Namen bezeichnen Stürme, die in Bayern größere Schäden angerichtet haben (Quelle: DESTATIS 2021a, LWF). .....	20
Abbildung 4: Holzeinschlag nach Sortimenten für die verschiedenen Besitzarten (links) und unterschiedliche Besitzgrößen im Privatwald (rechts) ohne das nicht verwertete Holz (Quelle: DESTATIS 2021A, BAYSF AÖR 2021). .....	21
Abbildung 5: Verteilung der genutzten Sortimente nach Baumarten(gruppe). Sonstiges Laubholz ist in der Baumartengruppe Buche enthalten .....	23
Abbildung 6: Energieholzpotenziale aus dem Wald in den Gemeinden Bayerns. ....	27
Abbildung 7: Karte zum Energiepotenzial aus Flur- und Siedlungsholz mit Energieangabe je Hektar Gemeindefläche .....	29
Abbildung 8: Verteilung der Vegetationsflächen in den Siedlungen, Gehölzen und dem Grünland auf Vegetationshöhenstufen. ....	30
Abbildung 9: Sortimentsverteilung im bewirtschafteten Staatswald (grün) und den Naturwäldern (blau); dargestellt ist auch die Differenz der beiden Kollektive .....	31
Abbildung 10: Durchschnittspreise für bayerisches Scheitholz von professionellen Händlern von 2007/08 bis 2021/22 (brutto). (Quelle: Eigene Erhebung) .....	32
Abbildung 11: Entwicklung der Waldhackschnitzelpreise von 2008 bis 2020 (Quelle: C.A.R.M.E.N. e. V.) .....	34
Abbildung 12: Entwicklung der Preisindizes für Stammholz der 4 Hauptbaumarten, Industrieholz und zwei Energieholzsortimente von 2008 bis 2020 in Deutschland. (Quelle: Destatis 2021b, C.A.R.M.E.N. e. V., LWF) .....	35
Abbildung 13: Sägewerke und Rundholzverbraucher in Bayern .....	41
Abbildung 14: Anzahl der Sägewerke je Größenklasse (Einschnitt im Jahr 2020 [in Fm]) und Sägewerkstyp .....	43
Abbildung 15: Gesamteinschnitt je Größenklasse (Einschnitt im Jahr 2020 [in Fm]) und Baumartengruppe .....	43
Abbildung 16: Veränderung der Sägewerksanzahl je Größenklasse [in Fm] und Sägewerkstyp von 2018 bis 2020 .....	44
Abbildung 17: Aufkommensmengen von Sägenebenprodukten, Rinde und Industrierestholz aus den Sägewerken in Mio. m <sup>3</sup> .....	45
Abbildung 18: Preisentwicklung von Sägenebenprodukten seit 2013 (Quelle: EUWID 2/2021) .....	47
Abbildung 19: Entwicklung des Einschnitts in den Sägewerken mit 10 und mehr Beschäftigten (Quelle: BLFS 2021A) im Vergleich zum Gesamteinschnitt nach den Studien zum Energieholzmarkt .....	48
Abbildung 20: Karte der Pellethersteller 2020 in Bayern .....	51
Abbildung 21: Preisentwicklung für Holzpellets, Heizöl und Erdgas (Bruttopreise; Datenquellen: Holzpellets: C.A.R.M.E.N. e.V. 2021A; Heizöl und Erdgas: Statistisches Bundesamt) .	53
Abbildung 22: Preisentwicklung für Holzpellets bei verschiedenen Liefermengen, (Bruttopreise; Datenquellen: C.A.R.M.E.N. e.V. 2021B) .....	53

Abbildung 23: Marktentwicklung Wärmeerzeuger in Deutschland: Biomassekessel. Bundesförderprogramme lösten ab 2020 einen Absatzboom aus (BDH 2022, eigene Darstellung) .....	55
Abbildung 24: Die hochgerechnete Menge und die Verwertung von Altholz 2020. ....	60
Abbildung 25: Entsorgungskosten (Stand: 2018) für Altholz nach Altholzklassen und Abgabeorte; Andere = andere kommunale Abgabestellen, Externe = private Entsorgungsunternehmen .....	60
Abbildung 26: Herkunft des Altholzes, das 2020 in bayerische Abfallentsorgungsanlagen gelangte (BLFS 2022A).....	61
Abbildung 27: Flächen auf denen Kurzumtriebsplantagen angebaut werden seit 2007 und die entsprechenden Erntemengen (bei 8-jährigem Umtrieb) seit 2015. (InVeKoS- Förderdatenbank und eigene Berechnungen).....	65
Abbildung 28: Anteile der mit Holz heizenden Haushalte in Bayern. ....	69
Abbildung 29: Installierte Anlagenkombinationen in den bayerischen Haushalten, die Holz als Brennstoff im Winter 2020/2021 nutzen. ....	70
Abbildung 30: Anteil von mit Holz heizenden Haushalten nach Gebäudetypen. ....	71
Abbildung 31: In den Privathaushalten verwendete Energieholzsortimente. Berücksichtigt sind alle mit Holz heizenden Haushalte, die ihre Holzfeuerung selbst betreiben (Mehrfachnennungen möglich). ....	71
Abbildung 32: Herkunft des Scheitholzes bei Haushalten, die Scheitholz verwenden (Mehrfachnennungen möglich). ....	72
Abbildung 33: 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.....	74
Abbildung 34: Anteil der mit Holz heizenden Haushalte nach Klassen von Baujahren der bewohnten Gebäude.....	76
Abbildung 35: Primäre Energieträger in neugebauten Wohngebäuden in den Jahren 2011 bis 2020 in Bayern. Der Anteil von Holz als Energieträger bleibt nahezu konstant. Große Zuwächse gab es bei der Umweltthermie, also den Wärmepumpen. (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).....	77
Abbildung 36: Anzahl der neugebauten Wohngebäude in Bayern der Jahre 2006 bis 2020. Aufgezeigt wird auch die Anzahl der aus Holz gebauten Gebäude und der Anteil des Holzbaus am Neubau von Wohngebäuden (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).....	78
Abbildung 37: Sekundäre Energieträger in neuen Wohngebäuden. (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik). ....	79
Abbildung 38: Heizgradtage in der Heizperiode in Bayern (gewichtet). Je größer eine Säule ist, desto kälter war die Heizperiode. ....	80
Abbildung 39: Anzahl der mit Standort bekannten Biomasseheiz(kraft)werke, der schriftlich befragten Anlagen sowie die Befragungsbeteiligung jeweils nach Anlagenart. ....	86
Abbildung 40: Räumliche Verteilung der mit Standort bekannten Feuerungsanlagen > 100 kW in Bayern.....	89
Abbildung 41: 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 2020 (Datengrundlage: Erhebung und Hochrechnung C.A.R.M.E.N. e.V., LIV 2021). ....	92
Abbildung 42: Häufigkeit der Nennungen zur Wärmenutzung ohne Gewichtung der genutzten Wärmemenge, Mehrfachnennungen möglich (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2020,	

Wärmeerzeuger > 500 kW n=220, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) n=45, Holzgas Heizkraftwerk n=45) .....	93
Abbildung 43: Art der Wärmenutzung und deren Anteil an der genutzten Wärmemenge (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2020, Wärmeerzeuger > 500 kW n=220, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) n=45, Holzgas Heizkraftwerk n=45) .....	93
Abbildung 44: Anlagenanzahl und installierte elektrische Leistung der in Betrieb befindlichen bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerke.....	95
Abbildung 45: 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.....	96
Abbildung 46: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2020 in bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerken. Der Gesamtverbrauch der stromerzeugenden Anlagen wurde auf 1,85 Mio. Tonnen atro hochgerechnet. ....	99
Abbildung 47: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2020 in bayerischen Holzheizwerken > 50 kW zur reinen Wärmeproduktion. Der Gesamtverbrauch der Heizwerke wurde auf 1,73 Mio. Tonnen atro hochgerechnet. ....	99
Abbildung 48: Monatliche Anzahl der Förderanträge zum Heizungstausch im BEG – Programmteil Einzelmaßnahmen von Januar 2021 bis April 2022 (Quelle: BAFA 2022A). ....	103
Abbildung 49: Außenhandel Bayerns mit Rundholz von 2006 bis 2021 (Quelle: BLFS 2021b).....	109
Abbildung 50: Stoffströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in Bayern 2020 in Mio. Fm m. R. bzw. m <sup>3</sup> . ....	116
Abbildung 51: Primärenergieverbrauch in Bayern nach Energieträgern im Jahr 2019 (BLFS 2022b). ....	116
Abbildung 52: Die Treibhausgasbilanzierung des Waldspeichers. ....	119
Abbildung 53: Entwicklung der Pelletimporte europäischer Länder (Quelle: Eurostat).....	122

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sortimentsweise Umrechnungsfaktoren für Gewichts- und Raummaße.....	15
Tabelle 2: Baumarten(gruppen)weise Umrechnungsfaktoren für Gewichtsmaße und Energieinhalt .	16
Tabelle 3: Gesamteinschlag an Stamm-, Industrie- und Scheitholz sowie Waldhackschnitzeln nach Besitzart in Bayern 2020.....	22
Tabelle 4: Gesamteinschlag an Stamm-, Industrie- und Scheitholz sowie Waldhackschnitzeln nach Baumarten(gruppe) in Bayern 2020.....	22
Tabelle 5: Aufarbeitungsstruktur der Hackerunternehmer in Bayern. Die Größenklassen wurden nach den von den Unternehmen selbst gehackten Holzmen gen eingeteilt.....	24
Tabelle 6: Hackschnitzelmengen 2020 nach Entstehungsort.....	25
Tabelle 7: Nutzungspotenzial von Energieholz (Derbholz) nach Regierungsbezirken und Holzart. ....	28
Tabelle 8: Holzvorräte von Flur- und Siedlungsholz nach den Flächenkategorien des ALKI-Objektartenkatalogs.....	29
Tabelle 9: Scheitholzpreise bayerischer Privatwaldbesitzer im Winter 2021/22 .....	33
Tabelle 10: Geschätzte Anzahl und Einschnitt der kleinen und mittleren Sägewerke für ganz Bayern im Jahr 2020. ....	42
Tabelle 11: Anteile der Gesamtanzahl und des Gesamteinschnitt je Größenklasse (Basis: Einschnitt im Jahr 2020) .....	44
Tabelle 12: Verwertung der Sägenebenprodukte (inkl. Industrieresthölzer) in m <sup>3</sup> und %-Anteilen (getrennt nach Sägewerksgröße).....	46
Tabelle 13: Verwertung der Rinde in m <sup>3</sup> und %-Anteilen (getrennt nach Sägewerksgröße).....	47
Tabelle 14: Struktur der altholzsammelnden Betriebe.....	59
Tabelle 15: Anteile der Heizungskombinationen von Haushalten in Bayern, die mit Holz heizen.....	70
Tabelle 16: Durchschnittlicher Energieholzverbrauch der Haushalte im Winter 2020/2021. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an. „Zuheizer“ sind Haushalte, die mit Holz heizen, aber überwiegend andere Energiequellen verwenden.....	73
Tabelle 17: Durchschnittlicher Holzverbrauchs nach Energieholzsortimenten. Berücksichtigt wurden nur die Haushalte, die nur ein Sortiment verwenden. Die Prozentwerte geben die Mengenanteile am Gesamtverbrauch jedes Sortiments wieder.....	73
Tabelle 18: Energieholzverbrauch pro mit Holz beheizter Wohnfläche. Die Prozentangaben geben den Anteil an den Gesamthaushalten in Bayern an.....	74
Tabelle 19: Verbrauch der einzelnen Energieholzsortimente in den bayerischen Privathaushalten aus den Umfragen für die Heizperioden 2018/19 und 2020/21.....	75
Tabelle 20: Stilllegungen und Neuanschaffungen von Holzheizungen während der vergangenen fünf Jahre sowie geplante Anschaffungen in den nächsten fünf Jahren. Die Anteile beziehen sich auf die gesamten Haushalte in Bayern.....	76
Tabelle 21: Anlagenanzahl der Stichprobe je Leistungsklasse im Vergleich zur Grundgesamtheit aller Wärmeerzeuger < 1 MW .....	88
Tabelle 22: Biomasseeinsatz in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2020 nach Anlagenart, deren Anteil am Verbrauch sowie an der Anlagenzahl (hochgerechnet und gerundet).....	90
Tabelle 23: Durchschnittliche Leistung und durchschnittlicher Energieholzverbrauch der Stichprobe getrennt nach Leistungsklassen sowie das Hochrechnungsergebnis auf die Grundgesamtheit der Wärmeerzeuger < 1 MW.....	90
Tabelle 24: Elektrische Leistungsbereiche verschiedener Technologien zur Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen in Bayern (n=398) .....	97

Tabelle 25: Energieholzverbrauch in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2020, (hochgerechnet) .....	98
Tabelle 26: Veränderung der Einflussgrößen auf das Hochrechnungsergebnis bei Wärmeerzeugern < 1 MW im Jahr 2020 im Vergleich zum Erhebungsjahr 2018.....	101
Tabelle 27: Holzbilanz für Bayern in Festmetern mit Rinde (Fm m. R.) bzw. m <sup>3</sup> der Jahre 2016, 2018 und 2020 .....	113
Tabelle 28: Holzbilanz für Bayern in Tonnen absolut trocken (Mio. Tonnen atro) der Jahre 2016, 2018 und 2020 .....	114
Tabelle 29: Holzbilanz für Bayern in Petajoule (PJ) der Jahre 2016, 2018 und 2020 .....	115
Tabelle 30: CO <sub>2</sub> -Emissionen verschiedener Brennstoffe bezogen auf die bereitgestellte Energiemenge (SCHULZE ET AL. 2022).....	118

# Abkürzungsverzeichnis

AFS	Agroforstsystem
ALKIS	Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem
AltholzV	Altholzverordnung
atro	absolut trocken (Darrgewicht)
AöR	Anstalt öffentlichen Rechts
BaySF	Bayerische Staatsforsten
BWI	Bundeswaldinventur
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen
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 <sub>th</sub>	Gigawatt thermisch
ha	Hektar
HDF	Hochdichte Faserplatte
HH	Haushalt
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
KUP	Kurzumtriebsplantage
kW <sub>el</sub>	Kilowatt elektrisch
kW <sub>th</sub>	Kilowatt thermisch
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LIV	Landesinnungsverband des Bayerischen Kaminkehrerhandwerks
lutro	lufttrocken
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 <sub>el</sub>	Megawatt elektrisch
MW <sub>th</sub>	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 8 % am Primärenergieverbrauch ein (BLFS 2022B).

Dabei befassen sich aktuelle und teilweise kontrovers geführte Diskussionen zunehmend mit dem Beitrag von Holz zu den Klimaschutzleistungen. Grundsätzlich gilt die energetische Nutzung von Holz als CO<sub>2</sub>-neutral, da bei der Verbrennung das CO<sub>2</sub> 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 16,8 % an der Wärmeenergiebereitstellung in Bayern verdeutlicht die Bedeutung des Rohstoffs Holz im Energiesektor (STMWI 2021). 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 leicht ansteigende Bilanzsumme von annähernd 40 Mio. m<sup>3</sup> Holz bis ins Jahr 2018 ist Indiz für die zunehmende 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 Grundlage für zielführende Handlungen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Dies gilt gerade und besonders für die beiden größten Herausforderungen der 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, GÖRWEIN ET AL. 2018, GÖRWEIN 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 2020.

## 1.1 Zielsetzung

Das Hauptziel des Berichtes zum Energieholzmarkt in Bayern 2020 ist die Bereitstellung von aktuellen Daten und Informationen zum Aufkommen und Verbrauch von Holz zur stofflichen sowie zur energetischen Nutzung. Mithilfe von umfangreichen Datenerhebungen bei den einzelnen Marktteilnehmern wurde eine besonders breite Datenbasis geschaffen, die im Bericht aggregiert und aufbereitet wurde. Auf Grundlage dieser turnusmäßigen Erhebungen und Auswertungen werden die aktuellen Entwicklungen auf dem bayerischen Holz- bzw. Energieholzmarkt detailliert erfasst und beschrieben. Darauf aufbauend können somit aktuelle und zukünftige Herausforderungen identifiziert und Handlungsempfehlungen gegeben werden. Damit dient der Bericht den politischen Entscheidungsträgern, der Wissenschaft aber auch interessierten Bürgern und den Marktteilnehmern selbst als ausführliche Informationsquelle.

## 1.2 Untersuchungsrahmen

Die Studie umfasst den Holz- bzw. Energieholzmarkt im Bundesland Bayern für das Jahr 2020. Die Ergebnisse der Privathaushaltumfrage beziehen sich abweichend zum Kalenderjahr auf den Zeitraum der Heizperiode im Winter 2020/21. Die Datenerhebungen und Datenauswertungen wurden analog zu den Berichten aus den Jahren 2010, 2012, 2014, 2016 und 2018 durchgeführt. Die enge Verknüpfung von stofflicher und energetischer Nutzung des Rohstoffes Holz macht die Betrachtung beider Verwendungen notwendig. Eine Beschränkung auf die reine energetische Verwendung ohne Berücksichtigung stofflicher Produktionswege ist daher nicht sinnvoll.

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 den verschiedenen holzverarbeitenden Industrien sowie in den privaten Haushalten statt und wird durch die Exportmengen komplettiert.

Wichtige **Marktteilnehmer (Energieholzproduzenten und -verbraucher)**, die gleichzeitig auch den Untersuchungsrahmen der vorliegenden Studie bilden, sind die bayerischen Forstbetriebe und Waldbesitzer, 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.

Von zusätzlicher marktwirtschaftlicher Bedeutung ist die Preisentwicklung. Im Bereich des Energieholzes sind dies insbesondere die Preise des stofflich genutzten Holzes als Koppelprodukte sowie die Preise für die fossilen Brennstoffe, die durch Holz substituiert werden können. Aus diesen Gründen wurde im aktuellen Bericht zusätzlich die Preisentwicklung ausgewählter Sortimente betrachtet und in den Untersuchungsrahmen aufgenommen.

### 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 entsprechenden Einheiten erfasst. Im Zuge der Auswertungen wurden die jeweiligen Handelsortimente anschließend in die Bezugseinheit Festmeter (Fm) umgerechnet. Der Begriff „Festmeter“ steht im Bericht für den Erntefestmeter ohne Rinde (Efm o. R.). Er umfasst damit nur die oberirdische Derbholzmasse größer 7 cm. 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) und für Briketts der Raummeter (Rm), diese werden anhand der Lagerungsdichte in Rohholz umgerechnet. Beispielsweise liegt die mittlere Schüttdichte von Pellets bei 650 kg/Srm (KALTSCHMITT ET AL. 2009), was dem Gewicht (atro) von 1,7 Fm Fichtenholz entspricht (Tabelle 1).

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. (2009) übernommen. Für Nadelholz wurde der Wert von Fichte, für Laubholz der von Buche angesetzt. Konnten die Anteile nicht ermittelt werden, wurden zwei Drittel Nadelholz und ein Drittel Laubholz angenommen (Tabelle 2).

**Tabelle 1: Sortimentsweise Umrechnungsfaktoren für Gewichts- und Raummaße**

Sortiment	Gewichtsmaße		Raummaße	
	t atro → Fm m. R.	t lutro <sup>1</sup> → Fm m. R.	Rm → Fm o. R.	Srm → Fm o. R.
Erntemasse KUP	2,832	-	-	-
Scheitholz <sup>2</sup>	2,25	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	-	-

<sup>1</sup> Wassergehalte: Scheitholz, Altholz (WG=15 %), Pellets, Briketts (WG=10 %), Altpapier (WG=9 %)

<sup>2</sup> nach Baumartenzusammensetzung des Energieholzes in der Holzeinschlagsstatistik

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 <sup>3</sup>	-	18,67

---

<sup>3</sup> 2/3 Fichte, 1/3 Buche

## 2 Holzaufkommen

Im folgenden Abschnitt werden die Auswertungen zum (Energie-)holzaufkommen für die verschiedenen Sortimente und Marktteilnehmer im Detail dargestellt. Dabei sind die Quellen von energetisch genutztem Holz vielfältig und reichen vom Wald an sich über Kurzumtriebsplantagen, Sägewerke und Pelletproduzenten bis hin zu Abfallbeseitigungsunternehmen. Die Energieholzbereitstellung verteilt sich demnach entlang der gesamten Wertschöpfungskette und Nutzungskaskade des Rohstoffes Holz. Für das Verständnis dieser u. U. komplexen Zusammenhänge werden die Erhebungen zum Holzaufkommen im Folgenden möglichst umfassend ausgewertet und diskutiert.

### 2.1 Energieholz aus Wald und Flur

Mit insgesamt 2,6 Mio. ha ist mehr als ein Drittel der bayerischen Landesfläche von Wald bedeckt. Bayern ist damit das Bundesland mit der größten Waldfläche. Diese Waldfläche gehört rund 700.000 Waldbesitzern. 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. 12,4 % entfallen auf die Kommunen und 2,1 % auf die Bundesrepublik Deutschland. 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 % 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).

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). Damit geht auch eine Reduktion des theoretischen Nutzungspotenzials an Waldholz und folglich auch Waldenergieholz einher. Welche Größenordnung diese einnehmen kann, wird in folgendem Kapitel analysiert und diskutiert.

Ebenso wie die genannte Unterschützstellung von Wäldern ist das Aufkommen von Waldenergieholz in gewissem Maße von den Schadholzmengen, die infolge von Sturm- und Dürreereignissen sowie Borkenkäfermassenvermehrungen anfallen können, abhängig. Gerade in den Jahren 2018, 2019 und 2020 trugen Hitze und Trockenheit zu einem allgemein schlechteren Zustand der Wälder in Bayern bei (STMELF 2020). Ein vergleichsweise hoher Anteil an Schadholz ging damit einher.

#### 2.1.1 Rohholzaufkommen aus dem Wald

##### *Datengrundlage*

In Bayern erhebt die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) durch die Befragung einer Stichprobe von rund 1.250 Forstbetrieben jährlich die in den Wäldern eingeschlagenen Holzmengen. Der Teilnehmerkreis dieser Befragung reicht dabei vom mehrjährig bei der Holznutzung aussetzenden Kleinprivatwald mit einer Eigentumsfläche von wenigen hundert Quadratmetern bis zum Großprivatwald mit Betriebsflächen über tausend Hektar. Über das Landesamt für Statistik gehen die Daten an das Statistische Bundesamt, das die Ergebnisse aller Bundesländer zusammenführt und letztendlich im Agrarbericht des Bundes veröffentlicht. Im Berichtsjahr 2020 nahmen 555 Körperschaftswaldbetriebe und 649 Privatwaldbetriebe an der Erhebung teil (HASTREITER 2021).

## Holzeinschlag

Die Holzeinschlagsmenge in Bayerns Wäldern beträgt für das Jahr 2020 18,03 Mio. Erntefestmeter ohne Rinde (Efm o. R.) und liegt etwas unter der Menge aus dem Jahr 2019, die 18,95 Mio. Efm o. R. betrug. Die Entwicklung der Einschlagsmengen der letzten 15 Jahre ist in Abbildung 1 dargestellt. Im Vergleich mit dem langjährigen Mittel zeigt sich, dass die Holzeinschlagsmenge insgesamt auf einem durchschnittlichen Niveau liegt. Bei einem mehr oder weniger konstanten Gesamteinschlag ist jedoch auch erkennbar, dass sich die Mengen an Energieholz seit dem letzten Berichtsjahr 2018 in den Jahren 2019 und 2020 auf 7,2 bzw. 6,7 Mio. Efm o. R. erhöht haben. Dieser Anstieg geht zu einem großen Teil auch auf Kosten der Stammholzsportimente, deren Mengen gegenüber 2018 leicht abgenommen haben und sich aktuell auf 9,4 Mio. Efm o. R. belaufen (Abbildung 1).

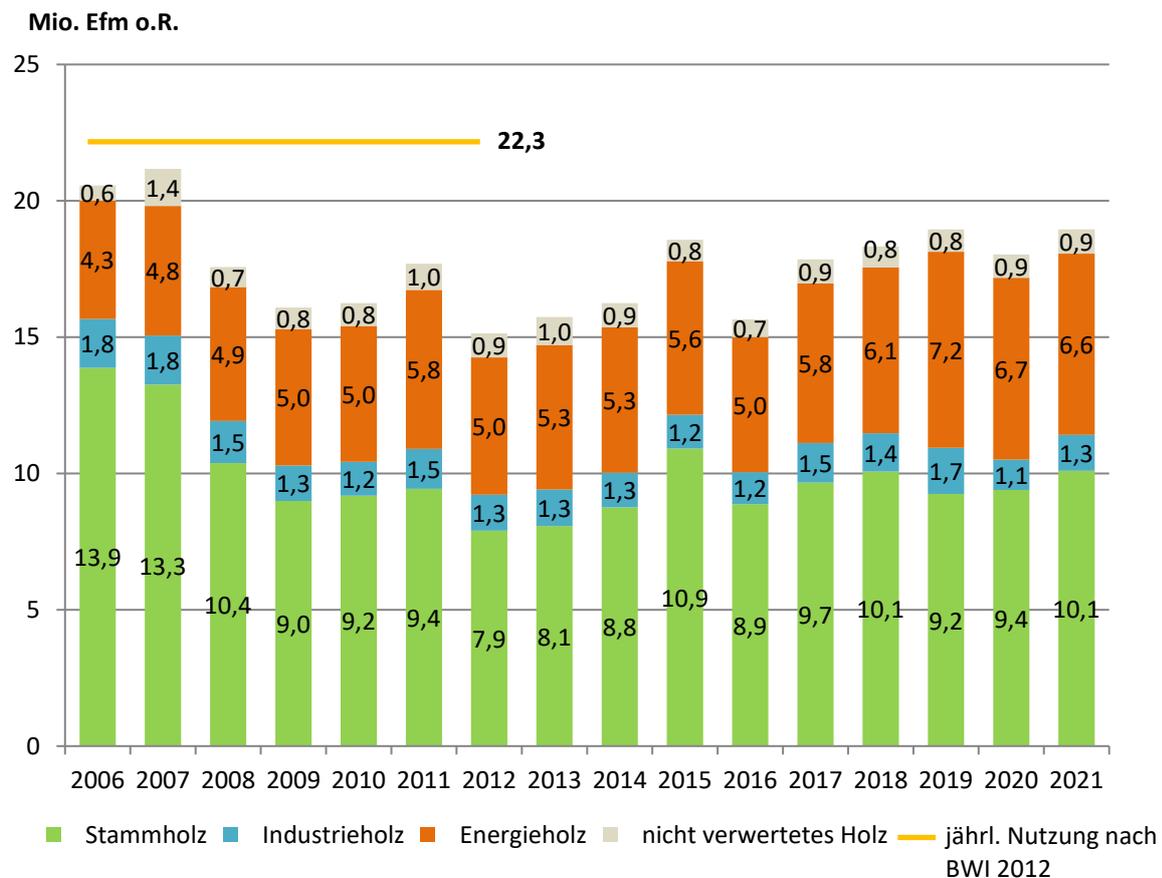


Abbildung 1: Holzeinschlagsmenge in Bayern der Jahre 2006 bis 2021. (Quelle: DESTATIS 2021)

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. Demnach wird ein Teil des Holzeinschlags offensichtlich statistisch nicht erfasst. Für Deutschland schätzt das Thünen-Institut jährlich aus der Holzverwendung den tatsächlichen Holzeinschlag. So könnte nach JOCHEM ET AL. (2021) der tatsächliche Einschlag 2020 in Deutschland um 7 % größer gewesen sein als der amtlich erfasste. Träfe dies auch auf Bayern zu, könnte der Einschlag um 1,3 Mio. Efm größer gewesen sein.

Abbildung 2 zeigt die Verteilung des Einschlags auf die drei wichtigsten Besitzarten, Privat-, Staats- und Körperschaftswald in den letzten Jahren von 2014 bis 2020. Im Jahr 2020 nahmen die Mengen des Privatwaldes rund 65 % des Gesamteinschlags ein. Dadurch sind die beobachteten Veränderungen der Holzeinschlagsmengen maßgeblich auf das Einschlagsverhalten der Privatwaldbesitzer zurückzuführen. Seit dem Jahr 2017 lag die eingeschlagene Holzmenge im Privatwald durchgehend über 11,5 Mio.

Efm o. R. In den vorangegangenen Jahren (hier dargestellt bis 2014) lagen die Einschlagsmengen teils unter 10 Mio. Efm o. R. Die auffallend hohe Einschlagsmenge im Jahr 2015 ist auf das Sturmtief Niklas zurückzuführen, das Ende März 2015 knapp 4 Mio. Festmeter Sturmholz verursachte. Davon waren neben dem Privatwald auch die beiden anderen Besitzarten merklich betroffen. In der Folge entwickelte sich zudem eine Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer, die unter anderem auch ein Grund für das höhere Einschlagsniveau zu sein scheint. Die Anhebung des Einschlagsniveaus ist insbesondere im Privatwald zu erkennen.

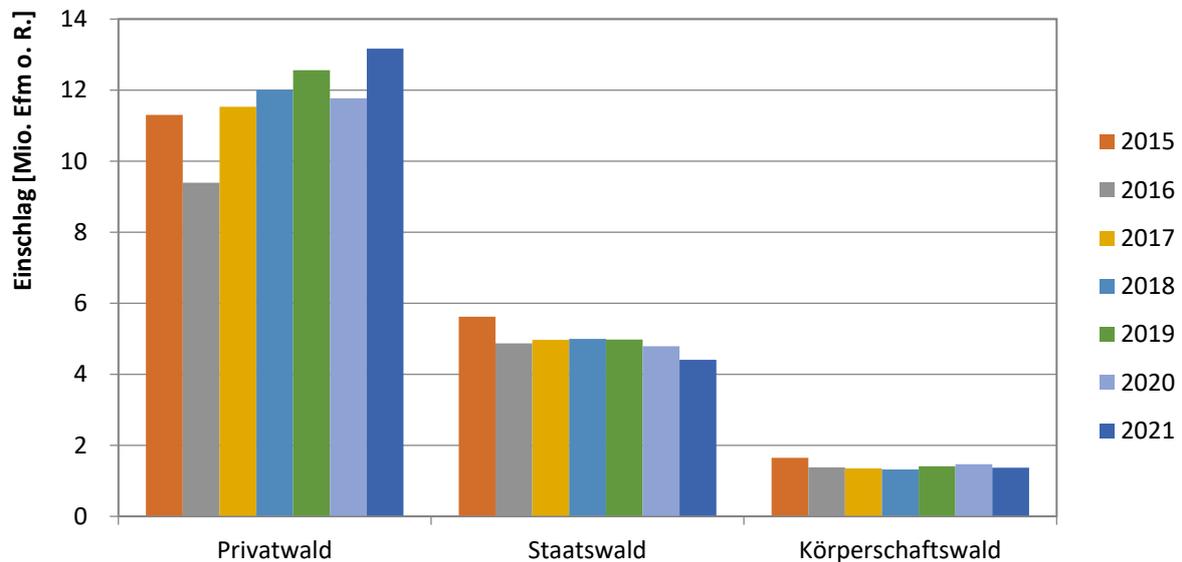


Abbildung 2: Holzeinschlag nach Waldbesitzarten für die Jahre 2014 bis 2021 (Quelle: DESTATIS 2021).

### Aktueller Schadholtzanfall

Die aktuellen Entwicklungen der vergangenen drei Jahre legen eine genauere Betrachtung der Ursachen der eingeschlagenen Holz mengen nahe. Betrachtet man die Entwicklung des Schadholtzanteils am Gesamteinschlag, zeigt sich, dass dieser gerade in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen ist. Für die Jahre 2019 und 2020 lag dieser Anteil bei 58 bzw. 59 %, was in absoluten Zahlen 10,9 bzw. 10,7 Mio. Efm o. R. Schadholtzmengen entspricht.

Häufigste Schadursache war im Jahr 2020 mit 5,3 Mio. Efm o. R. der Insektenbefall. Dieser ist zwar gegenüber dem Vorjahr um 1 Mio. Efm o. R. zurückgegangen, jedoch weiterhin auf hohem Niveau. Mit 3,8 Mio. Efm o. R. entfiel hingegen ein großer Anteil auf Wind und Sturm als Ursache. Die Schadholtzmengen infolge von Schnee- und Eisbruch gingen gegenüber 2019 stark zurück und nahmen lediglich rund 200.000 Efm o. R. ein. Auffallend hoch waren mit 1,9 und 1,4 Mio. Efm o. R. die Mengen bei den sonstigen Schadursachen. Darunter fallen insbesondere auch Schäden infolge von Trockenheit.

In der langjährigen Entwicklung stiegen die Schadholtzmengen im Jahr 2015 um 305 % gegenüber dem Vorjahr (HASTREITER 2017) und fielen im Jahr darauf wieder um 35 % auf 4,25 Mio. Efm o. R. (HASTREITER 2018). 2017 nahmen sie wieder um 70 % auf 7,23 Mio. Festmeter zu (HASTREITER 2019A) und blieben im Jahr 2018 auf diesem Niveau (HASTREITER 2019B). Die Entwicklung der Schadholtzmengen mit ihren Ursachen ist in Abbildung 3 abgebildet.

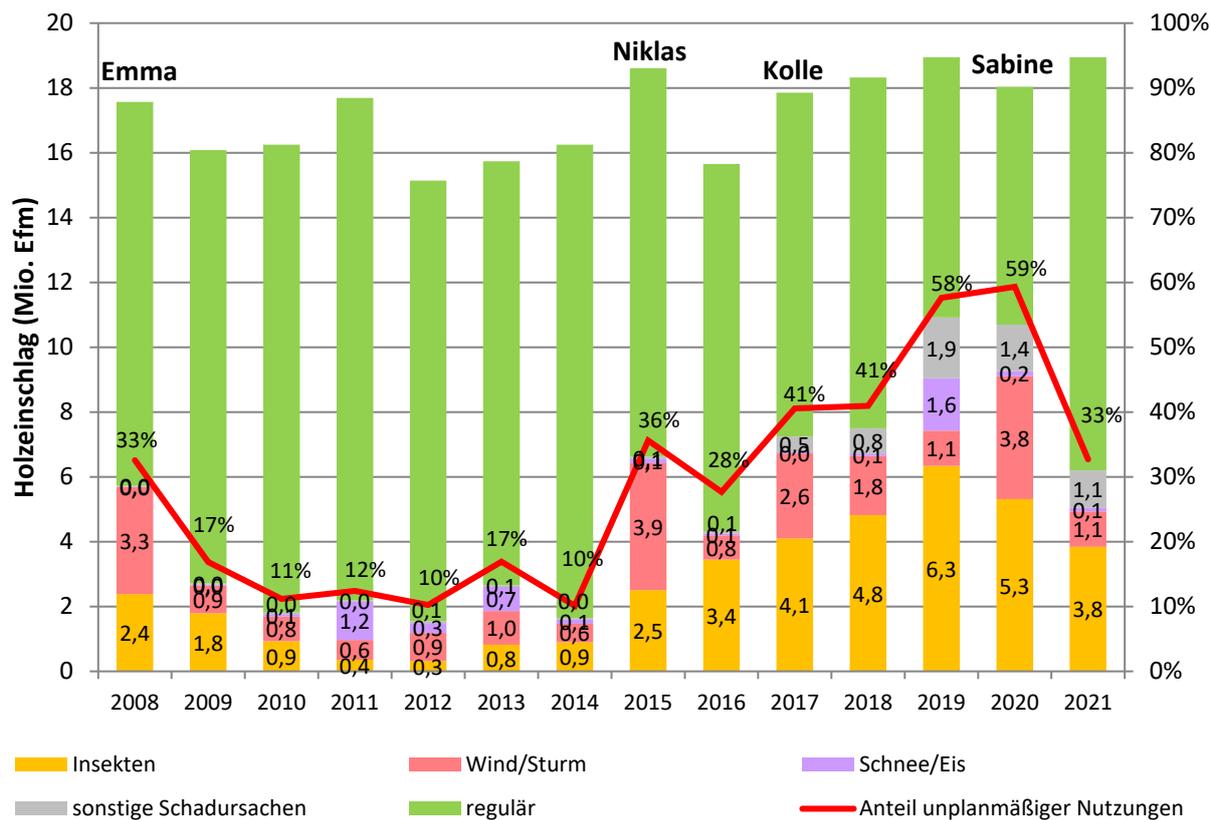


Abbildung 3: Einschlagsmengen nach Einschlagsursache in Bayern zwischen 2008 und 2021. Anteil des gesamten Schadholzes am Gesamteinschlag (rote Linie). Die Namen bezeichnen Stürme, die in Bayern größere Schäden angerichtet haben (Quelle: DESTATIS 2021a, LWF).

### 2.1.2 Waldenergieholzaufkommen 2020

Im Jahr 2020 belief sich die durch die Forstwirtschaft bereitgestellte Energieholzmenge auf 6,82 Mio. Efm o. R. Das entspricht in etwa 38 % des Gesamteinschlags von 18,03 Mio. Efm o. R. Bei geringfügig gesunkenen Gesamtmengen (2018: 18,3 Mio. Efm o. R.) stieg der Energieholzanteil gegenüber dem Jahr 2018 um 11 %. Dieser Wert wurde aus den Daten des Statistischen Bundesamtes für den Privat-, Kommunal-, und Bundeswald entnommen und für den Staatswald Bayerns anhand der Holzverkaufsstatistik der Bayerischen Staatsforsten<sup>4</sup> ermittelt.

Die so erfasste Energieholzmenge wird noch um die Rinde erhöht, weil das Rohholz in der Regel mit samt der Rinde aus den Wäldern transportiert und bereitgestellt wird<sup>5</sup>. Daraus ergibt sich ein endgültiges Energieholzangebot aus dem Wald von 7,65 Mio. Efm m. R., das zu 66 % als Scheitholz und zu 34 % als Hackschnitzel verwertet wird (Tabelle 3).

<sup>4</sup> 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 Holz mengen damit vollständiger abbildet.

<sup>5</sup> Die Differenz zwischen dem Vorratsfestmeter mit Rinde und dem Erntefestmeter ohne Rinde getrennt nach den Baumarten wurde aus den Daten der dritten Bundeswaldinventur für den Vorrat des Hauptbestandes in

Im Mittel wird im Privatwald mit 50 % deutlich mehr Energieholz ausgehalten als in den Körperschaftswald- (21 %) und Staatswaldbetrieben (19 %). Allerdings ist die Spanne innerhalb des Privatwaldes in Abhängigkeit der Besitzgröße sehr groß. Die Sortimentsaufteilung nach Besitzgröße zeigt, dass die Menge des bereitgestellten Stammholzes mit der Betriebsgröße zunimmt. Private Waldbesitzer mit über 100 ha halten demnach über 68 % des verkauften Holzes als Stammholz und nur etwa 20 % als Energieholz aus. Damit sind sie mit der Sortimentsaushaltung des Staatswaldes vergleichbar. Privatwaldbesitzer mit weniger als 20 ha dagegen halten nur knapp 40 % als Stammholz und 58 % als Energieholz aus. Da letztere Gruppe (Klein- und Kleinstwaldwälder) knapp 65 % der bayerischen Privatwaldfläche bewirtschaftet, ist der Einfluss auf das Gesamtergebnis dementsprechend groß.

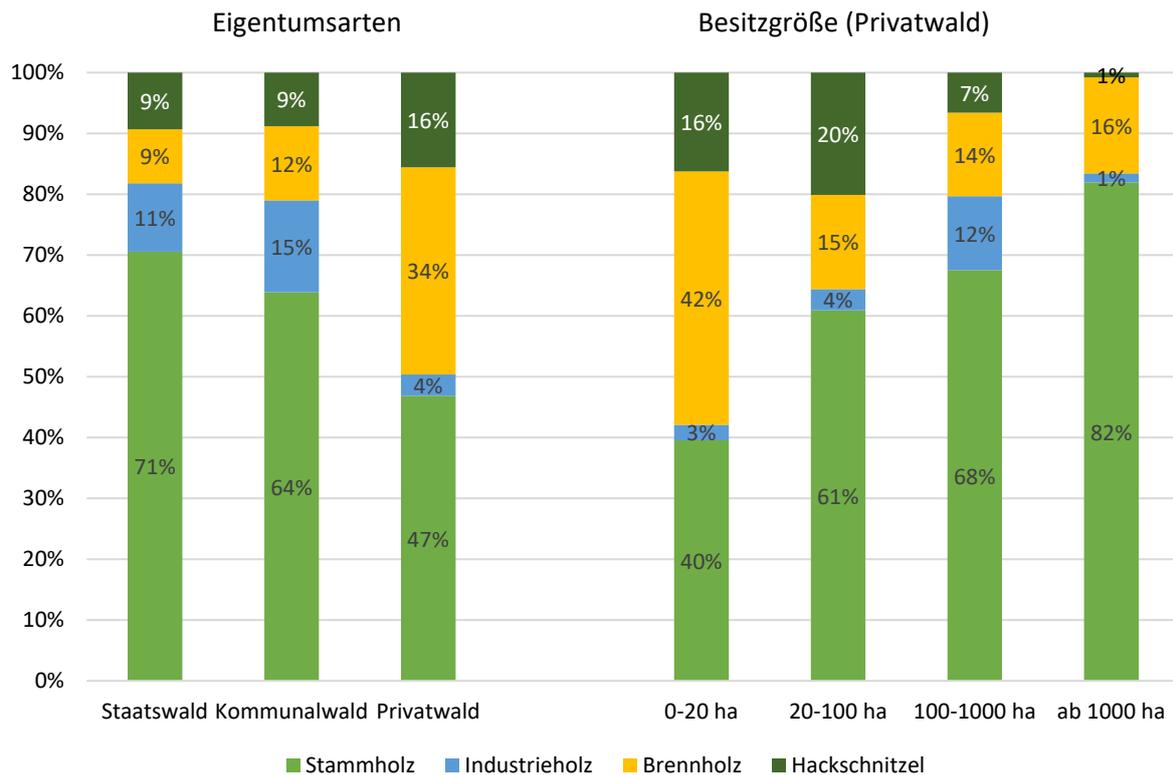


Abbildung 4: Holzeinschlag nach Sortimenten für die verschiedenen Besitzarten (links) und unterschiedliche Besitzgrößen im Privatwald (rechts) ohne das nicht verwertete Holz (Quelle: DESTATIS 2021A, BAYSF AöR 2021).

Bayern abgeleitet. Es wurde angenommen, dass 10 % der Differenz auf den Stock, den Verschnitt und die Maßverluste entfallen und die Rinde den Rest ausmacht.

**Tabelle 3: Gesamteinschlag an Stamm-, Industrie- und Scheitholz sowie Waldhackschnitzeln nach Besitzart in Bayern 2020.**

	Stammholz	Industrie- holz	Scheitholz	Hackschnit- zel	unverwer- tet	Gesamt
	[Mio. Efm m. R.]					
Privatwald	6,04	0,45	4,42	2,03	0,25	<b>13,19</b>
Körperschaftwald	1,01	0,24	0,19	0,14	0,06	<b>1,64</b>
Staatswald, Land	3,39	0,51	0,39	0,45	0,45	<b>5,20</b>
Staatswald, Bund	0,05	0,02	0,03	0,00	0,01	<b>0,11</b>
<b>Summe</b>	<b>10,49</b>	<b>1,22</b>	<b>5,03</b>	<b>2,62</b>	<b>0,78</b>	<b>20,14</b>

In Tabelle 4 ist der Einschlag nach Baumarten und deren Sortimenten aufgeführt. Mit 14,96 Mio. Efm m. R. nimmt die Baumartengruppe Fichte (inkl. Tanne, Douglasie) 74,3 % des Gesamteinschlags in Bayern ein. Damit ist sie mit Abstand die mengenmäßig wichtigste Baumartengruppe, gefolgt von der Kiefer (inkl. Lärche) mit 2,36 Mio. Efm m. R.. Laubholz nimmt mit insgesamt 2,81 Mio. Efm m. R. 13,8 % der Gesamteinschlagsmenge ein. Die Buche ist dabei mit 1,5 Mio. Efm m. R. mengenmäßig am bedeutendsten.

52,5 % des Gesamteinschlags wird als Stammholz ausgehalten. Zusammen mit den 6,1 % Industrieholz werden 58,6 % des Einschlags einer stofflichen Verwertung zugeführt.

**Tabelle 4: Gesamteinschlag an Stamm-, Industrie- und Scheitholz sowie Waldhackschnitzeln nach Baumarten(gruppe) in Bayern 2020.**

	Stammholz	Industrie- holz	Scheitholz	Hackschnit- zel	unverwer- tet	Gesamt
	[Mio. Efm m. R.]					
<b>Fichte</b>	9,02	0,69	3,04	1,83	0,38	<b>14,96</b>
<b>Kiefer</b>	1,03	0,16	0,78	0,28	0,12	<b>2,36</b>
<b>Eiche</b>	0,10	0,03	0,12	0,01	0,04	<b>0,30</b>
<b>Buche</b>	0,26	0,33	0,62	0,09	0,19	<b>1,50</b>
<b>s. Laubholz</b>	0,08	0,02	0,47	0,41	0,03	<b>1,01</b>
<b>Summe</b>	<b>10,49</b>	<b>1,22</b>	<b>5,03</b>	<b>2,62</b>	<b>0,78</b>	<b>20,14</b>

Insgesamt ist die Menge des Energieholzangebots aus dem Wald im Jahr 2020 um 760.000 Efm m. R. höher als die Menge im Jahr 2018. Dabei hat sich das Mengenverhältnis von Hackschnitzeln zu Scheitholz gegenüber 2018 kaum verändert. Mit 84 % ist der Privatwald weiterhin der mengenmäßig mit Abstand wichtigste Anbieter von Waldenergieholz. Dabei ist Scheitholz mit 69 % das wichtigste Energieholzsortiment. Beim Scheitholz wird gut 60 % der Menge aus Fichte gewonnen. Bei den Hackschnitzeln liegt dieser Wert bei 70 %.

Gleichzeitig werden die Nadelhölzer auch überwiegend stofflich genutzt, die Fichte zu 67 % und die Kiefer zu 53 %. 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.

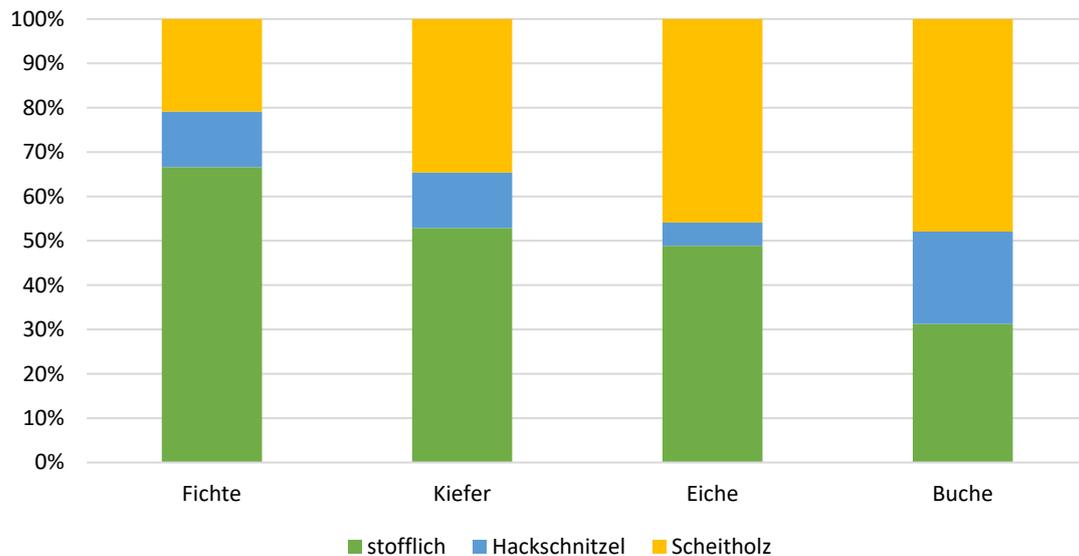


Abbildung 5: Verteilung der genutzten Sortimente nach Baumarten(gruppe). Sonstiges Laubholz ist in der Baumarten-gruppe Buche enthalten

### 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, die Flur und Siedlungen (inkl. Verkehrswege) sowie Kurzumtriebsplantagen (KUP).

#### Methoden

Für die Studie wurden die in Bayern tätigen Hackerunternehmen zu ihren Hackschnitzel-Produktionsmengen befragt. Damit konnte die tatsächlich gehackte und auf dem Markt verfügbare Hackschnitzelmenge abgeschätzt und mit den Aufkommensmengen des Waldbesitzes aus den Einschlagsstatistiken abgeglichen werden. Die aus der Befragung gewonnene Stichprobe diente als Basis für die Hochrechnung der von professionellen Hackerunternehmen produzierten Hackschnitzel-Gesamtmenge. Die Datenbank forstlicher Unternehmen der LWF war dabei die Grundlage, die um weitere, der LWF bekannte Unternehmen ergänzt wurde. Insgesamt boten im Jahr 2020 etwa 127 Unternehmen mit betriebseigenen Hackern das Hacken von Holz an. Dies entspricht in etwa der Anzahl von 2018 als 128 Unternehmen im Umfragekollektiv waren. Aufgrund der umfangreichen Unternehmensliste wurde angenommen, dass diese Zahl der Grundgesamtheit der in Bayern tätigen Hackerunternehmen entspricht. 107 Unternehmen beantworteten den Fragebogen, wovon 62 mindestens einen Hacker besitzen und die übrigen nur als Vermittler tätig waren. Um Doppelzählungen zu vermeiden, wurden die Fragebögen von den 62 selbst hackenden Hackerunternehmen ausgewertet. Damit lag die Rücklaufquote mit 49 % auf sehr hohem Niveau.

Für die Auswertung der Unternehmensstruktur wurden die Unternehmen anhand der von ihnen selbst gehackten Holzmenge in Schüttraumetern in Größenklassen eingeteilt. Die von Subunternehmern gehackten Holzmengen blieben dabei unberücksichtigt. Zur weiteren Abschätzung wurden zudem, wenn

keine aktuellen Mengen für das Unternehmen verfügbar waren, die in den Vorjahren gemeldeten Holz-mengen verwendet. Damit lagen im Berichtsjahr, seit Beginn der Umfragen die gehackten Mengen von 77 Unternehmen vor, was einem Anteil von 61 % aller Hackerunternehmen entspricht. Für die Abschätzung der Unternehmensstruktur wurde die so ermittelte Struktur als repräsentativ für die Branche angenommen (Tabelle 5).

**Tabelle 5: Aufarbeitungsstruktur der Hackerunternehmer in Bayern. Die Größenklassen wurden nach den von den Unternehmen selbst gehackten Holzmengen eingeteilt.**

Klasse [Srm]	Anteil 2020	Anzahl 2020
bis zu 10.000	30 %	38
10.001 - 50.000	29 %	36
50.001 - 100.000	27 %	35
mehr als 100.000	14 %	18
<b>Summe</b>	<b>100 %</b>	<b>127</b>

### Ergebnisse

Die 62 befragten Betriebe wiesen im Jahr 2020 insgesamt 1.036.000 Fm m. R. nach, von denen sie 994.000 Fm m. R. selbst aufgearbeitet haben. Damit wird das Hackschnitzelaufkommen bei den baye-rischen Hackunternehmern auf 2,38 Mio. Fm m. R. (siehe Tabelle 6) hochgerechnet. Davon entfielen rund 1,82 Mio. Fm m. R. auf Waldhackschnitzel, 6.000 Fm m. R. auf Hackschnitzel aus KUPs und 0,55 Mio. Fm m. R. auf Hackschnitzel aus der Verkehrswegepflege oder Flur und Siedlungen. Die Hackschnit-zelmengen, die im Wald gewonnen wurden, wurden zu 68 % (1,29 Mio. Efm m. R.) aus Waldrestholz<sup>6</sup> erzeugt und zu 32 % (0,62 Mio. Efm m. R.) aus Energierundholz. Gegenüber dem Jahr 2018 hat der Anteil des Energierundholzes um 11 % zugenommen. Energierundholz sind Stammstücke und grob ent-tastete Gipfelstücke, bei denen die nährstoffreichen Nadeln und kleinen Äste im Wald verbleiben. Die Nutzung als Energierundholz bringt zum einen den Vorteil einer höheren Hackschnitzelqualität, da nicht so viel Fein- und Grünanteile enthalten sind, und zum anderen verbleiben mehr Nährstoffe im Wald. Im Jahr 2020 stockte in einigen Gebieten der Absatz von Stammholz aus dem Einschlag von mit Borkenkäfern befallenen Bäumen. Um Borkenkäfern weiteren Brutraum zu entziehen, wurde zum Teil auch eigentlich sägefähiges Holz gehackt. Dies könnte den Anstieg an Energierundholz teilweise be-gründen.

<sup>6</sup> Waldrestholz fällt bei der Waldbewirtschaftung an und kann u. a. Schlagabraum, Gipfel, Stöcke oder nicht ver-wertbares Derbholz beinhalten.

Tabelle 6: Hackschnitzelmengen 2020 nach Entstehungsort

Herkunft der Hackschnitzel	Menge [Fm m. R.]	Menge [Srm]
Waldholz	1.821.000	4.553.000
Holz aus Kurzumtriebsplantagen	6.000	14.000
Holz aus der Verkehrswegepflege, Flur und Siedlung	549.000	1.373.000
<b>Summe</b>	<b>2.376.000</b>	<b>5.940.000</b>

Die nach den Ergebnissen der Befragung von Hackerunternehmen produzierte Menge an Hackschnitzeln aus Waldholz entspricht mit 1,82 Mio. Efm lediglich 70 % der Menge, welche sich aus der Erhebung bei den Forstbetrieben ergibt. Da es nicht unwahrscheinlich ist, dass die Erhebung bei den Forstbetrieben das tatsächliche Aufkommen unterschätzt, deutet dies eher auf eine erhebliche Untererfassung bei den Hackerunternehmen hin. Diese Diskrepanz zwischen beiden Erhebungen gab es auch bei der Studie zum Energieholzmarkt 2018. Allerdings deckte die Erhebung bei den Hackerunternehmen damals zumindest 78 % der Menge ab, welche bei den Forstbetrieben ermittelt worden war. Die bei den Hackerunternehmen insgesamt ermittelte Menge ist auch entgegen dem Trend der Erhebung bei den Forstbetrieben diesmal um 320.000 Efm niedriger als 2018. Ein Grund für eine größere Untererfassung diesmal könnte darin begründet sein, dass die Befragung der Hackerunternehmen nur bayerische Unternehmen berücksichtigt. Der Schadensschwerpunkt der Borkenkäferkalamität lag jedoch im Frankenwald und damit sehr grenznah. Womöglich waren dort auch viele Unternehmen im Einsatz, die ihren Firmensitz nicht in Bayern haben.

Für die Holzbilanz werden hinsichtlich des Waldholzes die Ergebnisse der Erhebung bei den Forstbetrieben zugrunde gelegt. Der danach sich ergebende Trend eines zunehmenden Hackschnitzelaufkommens aus dem Wald erscheint plausibel. Dieser kann auf die Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer, die seit 2015 in Bayern im Gange ist (LEMME UND GÖRWEIN 2017; TRIEBENBACHER UND PETERCORD 2019; TRIEBENBACHER UND LOBINGER 2020), zurückgeführt werden. Neben der Fichte war auch die Kiefer in dieser Zeit von einem erhöhten Schädlingsbefall betroffen (GÖRWEIN ET AL. 2017). Die erhöhten Schadholzmengen bedingen durch die notwendige saubere Waldwirtschaft ein erhöhtes Aufkommen an Hackholz.

#### *Herausforderungen aus Sicht der Betriebe*

Wie schon in den vergangenen Jahren, konnten die Umfrageteilnehmer auf dem Fragebogen Herausforderungen und Handlungsbedarf in der Branche mitteilen. Insgesamt nahmen 50 Befragte die Möglichkeit wahr und benannten aus ihrer Sicht wichtige Themen. Die Schwerpunkte der Antworten lagen dabei insbesondere bei den Absatzmöglichkeiten, der Preisgestaltung sowie der kontinuierlichen Versorgungssicherheit mit dem Rohstoff.

Zwei Drittel aller Betriebe sehen die Verbesserung der Absatzmöglichkeiten von Hackschnitzeln als besondere Herausforderung. Dieser Eindruck ist auch schon im Berichtsjahr 2018 aufgrund der damaligen Rückmeldungen entstanden. Die Forderungen umfassen dabei insbesondere den Bau von dezentralen Biomasseheiz(kraft)werken, um die Transportwege möglichst kurz zu halten bzw. den inländischen/regionalen Absatz zu stärken. Nicht selten gehen große Mengen ins angrenzende Ausland. Dabei sind kleine Anlagen ebenso erwünscht wie größere Anlagen, die die anfallenden Waldhackschnitzel auch verwerten können.

Eng mit den Absatzmöglichkeiten und -mengen scheinen die Preise für die Hackschnitzel selbst oder für die Dienstleistung verknüpft zu sein. So halten gut 20 % der Befragten die gezahlten Preise für zu niedrig. Sie wünschen sich bessere Preise, die in der Folge die Aufarbeitungskapazität im Falle einer Kalamität unterstützen und aufrechterhalten würden.

Ebenso sahen einige Betriebe die kontinuierliche Versorgungssicherheit mit dem Rohstoff Holz für die Hackschnitzelgewinnung als weitere Herausforderung. Konkret werden zunehmende Unsicherheiten und große Schwankungen bei der Versorgung mit dem Rohstoff Holz infolge von Kalamitäten genannt. In Zeiten hohen Schadholzanfalls kann es zu einem Überangebot und damit zu Problemen beim Abfluss der Holz mengen kommen, sofern keine großen Lagervolumen zur kurzfristigen Aufnahme bereitstehen. „Ruhezeiten“ bergen dabei gleichzeitig die Gefahr der Rohstoffknappheit.

Insgesamt sehen einige der Betriebe den Staat (insbesondere die Politik) in der Pflicht, sei es in Form von finanziellen staatlichen Anreizen für Biomasseheiz(kraft)werke oder von vereinfachten Genehmigungsverfahren beim Bau von Hackschnitzellagerplätzen oder Hackschnitzelheizungen.

#### 2.1.4 Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz

Das Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz setzt sich aus dem Anfall verschiedener Stellen des Holzmarktes zusammen. Herkunftsquellen können die bayerischen Hackerunternehmen, die Privathaushalte, die Mengen an Grünschnitt aus der Abfallbilanz des LFU sowie die Altholzaufbereiter sein. Um eine möglichst umfangreiche und genaue Abschätzung über das Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz geben zu können, wurde in der aktuellen Studie die Mengen aus den verschiedenen Bereichen erfasst und aufsummiert.

So werden in der bayerischen Abfallbilanz für das Jahr 2020 rund 620.000 Tonnen atro Grünschnitt ausgewiesen, der in den bayerischen Kommunen gesammelt wurde (LFU 2022). LETALIK (2020) gibt für Grünschnitt einen holzartigen Anteil von 15 % an, der auch als Basis für die Berechnung des Holzaufkommens verwendet wurde. Dementsprechend wurden 93.000 Tonnen atro an Flur und Siedlungsholz von den Kommunen gesammelt.

Die Umfrageauswertung der Hackerunternehmen ergab eine Menge an Landschaftspflege- bzw. Flur- und Siedlungsholz von etwa 239.000 Tonnen atro. Es wird davon ausgegangen, dass die 93.000 Tonnen aus dem Grünschnitt darin enthalten sind. Weitere 73.000 Tonnen 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 439.000 Tonnen atro, die noch hinzugerechnet werden muss.

Damit errechnete sich für 2020 ein Gesamtaufkommen an Flur und Siedlungsholz von 751.000 Tonnen atro bzw. 1,7 Mio. m<sup>3</sup>, die in die Holzbilanz eingehen.

## 2.1.5 Holznutzungspotenziale

### *Nutzungspotenzial von Energieholz in Bayern*

Die Holzvorräte in Bayern waren bei der Bundeswaldinventur (BWI) 2012 auf einem historischen Höchststand. Sie waren sowohl auf den Hektar bezogen (396 Vfm/ha) als auch absolut (fast 1 Mrd. Vfm) verglichen mit allen Bundesländern am höchsten. Die Hälfte des Holzvorrats entfiel auf die Fichte. Das ist deutlich mehr, als nach ihrem Flächenanteil (42 %) zu erwarten gewesen wäre. Dies liegt daran, dass es in Bayern einen Überhang an alten Fichtenwäldern gibt. Mehr als die Hälfte der Fichtenwälder sind mehr als 60 Jahre alt. Ein großer Teil der Fichtenwälder ist längst hiebsreif. Das jährliche Nutzungspotenzial in Bayern wurde von BORCHERT UND RENNER (2018) auf der Datengrundlage der dritten Bundeswaldinventur modelliert. Dabei sollten die Auswirkungen eines konsequenten Waldumbaus, aber auch vermehrte Flächenstilllegungen für den Naturschutz abgebildet werden. Nach diesem Szenario könnten die Holznutzungen zunächst auf mehr als 26 Mio. Efm o. R. pro Jahr ansteigen, würden nach 20 Jahren auf etwa 16,5 Mio. Efm o. R. sinken und auf diesem Niveau schließlich stabil bleiben. Diese „Welle“ eines erhöhten Holzaufkommens ist vor allem auf die große Fläche hiebsreifer Fichtenwälder zurückzuführen, die als Anpassung an den Klimawandel dringend in Mischwälder überführt werden sollten. Die Klimaerwärmung hat dazu geführt, dass die Fichte inzwischen häufig auf Flächen steht, die ein Klima erreicht haben, bei dem die Fichte in der Vergangenheit nicht überleben konnte. Auf diesen Flächen ist sie extrem stark durch Trockenheit und Borkenkäferbefall gefährdet. Die vorübergehend vermehrten Holznutzungen würden dazu führen, dass der in den Wäldern vorhandene lebende Holzvorrat etwas sinken, dann aber auf einem Niveau stabil bleiben würde, das immer noch höher ist als zum Zeitpunkt der ersten Bundeswaldinventur (1987).

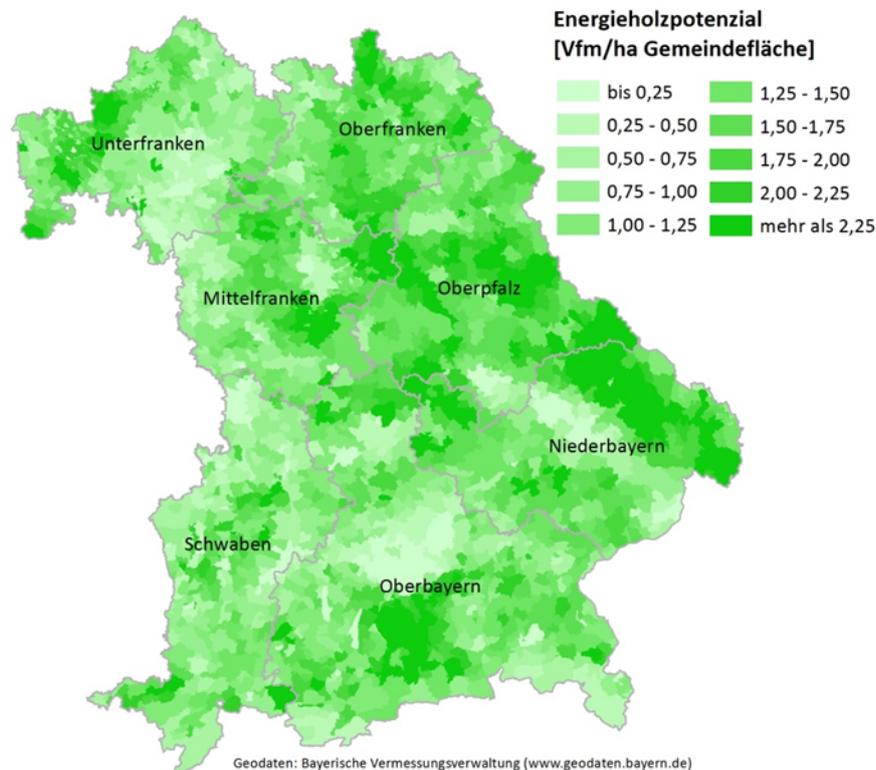


Abbildung 6: Energieholzpotenziale aus dem Wald in den Gemeinden Bayerns.

Auf der Basis dieser Modellierung wurden auch die Energieholzpotenziale geschätzt und die regionale Verteilung der daraus möglichen Energiemengen im Energie-Atlas-Bayern veröffentlicht. Die Energieholzpotenziale (Tabelle 7) stellen die über den 40-jährigen Modellierungszeitraum im Mittel verfügbaren Mengen dar. Das zeitliche Nutzungsprofil innerhalb dieses Zeitraums geht daraus nicht hervor. Bei einem forcierten Waldumbau könnte zunächst also sehr viel mehr Energieholz anfallen, gegen Ende des Betrachtungszeitraums dafür entsprechend weniger. Im Mittel könnten pro Hektar Landesfläche 1,3 Vfm m. R. an Energieholz anfallen, bezogen auf die Waldfläche sind es 3,9 Vfm/ha.

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

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

#### *Energiepotenziale aus Flur- und Siedlungsholz*

Neben den Nutzungspotenzialen an Energieholz aus dem Wald konnten für die verbleibenden Flächen außerhalb des Waldes Energiepotenziale modelliert werden. 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 abzuschätzen.

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 Ergebnis der Potenzialanalyse für die Siedlungs- und Wohnflächen ist zudem eine Bayernkarte, die das Energiepotenzial in GJ pro ha Gemeindefläche darstellt und auch online im Energie-Atlas Bayern abgerufen werden kann (Abbildung 7). Die Ergebnisse geben Auskunft über die jährlich nutzbaren Energiepotenziale. Weitergehende Informationen, beispielsweise über die bereits genutzten oder tatsächlich verfügbaren Mengen können daraus nicht abgelesen werden.

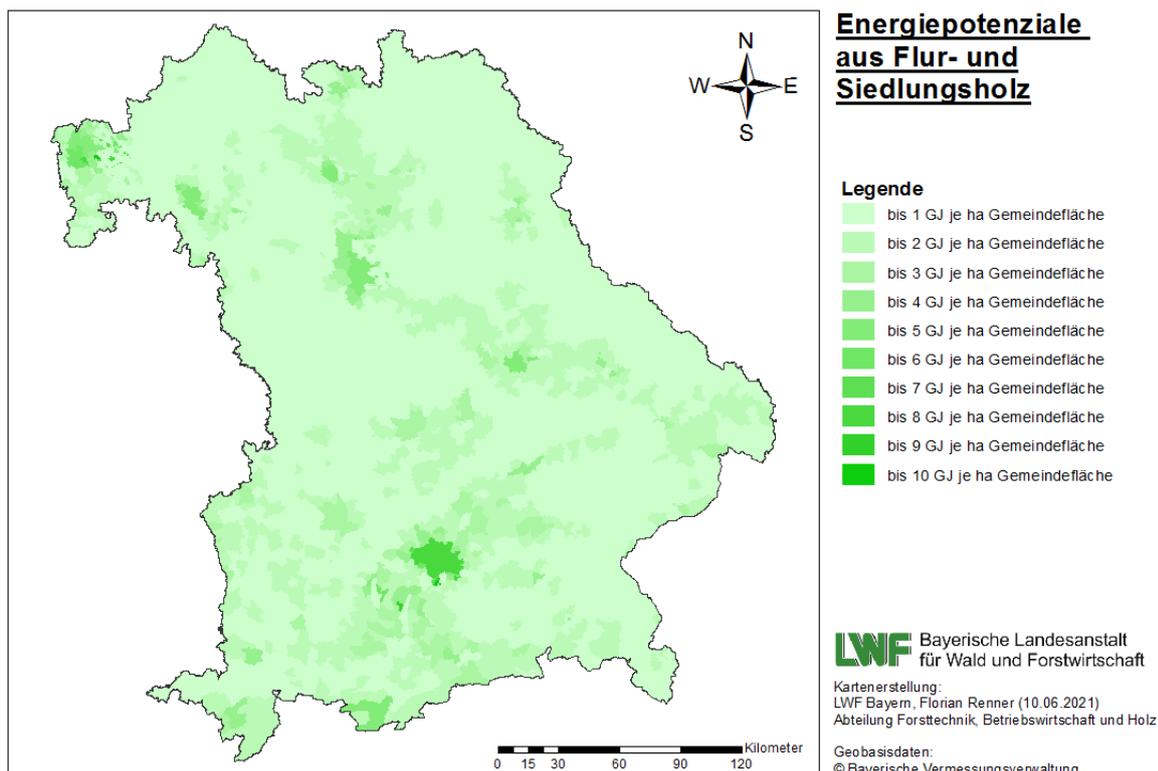
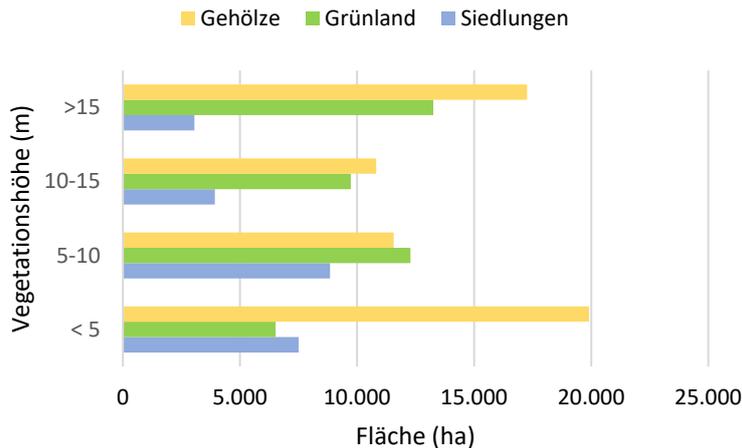


Abbildung 7: Karte zum Energiepotenzial aus Flur- und Siedlungsholz mit Energieangabe je Hektar Gemeindefläche.

Das geschätzte Holzvolumen von Flur- und Siedlungsholz in den verschiedenen Flächenkategorien zeigt Tabelle 8. Die mit Flur- und Siedlungsholz bestockte Fläche beträgt rund 205.000 Hektar. Der Holzvorrat beim Flur- und Siedlungsholz ist 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.

Tabelle 8: Holzvorräte von Flur- und Siedlungsholz nach den Flächenkategorien des ALKIS-Objektartenkatalogs.

Flächenkategorie	Holzvorrat (Efm)
Siedlungsflächen	2.672.000
Industrie und Gewerbe	700.000
Flächen gemischter Nutzung	1.351.000
Flächen besonderer funktionaler Prägung	680.000
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen	1.968.000
Friedhöfe	232.000
Gehölz	8.321.000
Landwirtschaft - Acker	2.052.000
Landwirtschaft - Grünland	6.802.000
Heide, Sumpf, Moor	316.000
Unkultivierte Fläche	3.702.000
<b>Flur- und Siedlungsholz, insgesamt</b>	<b>28.796.000</b>



**Abbildung 8: Verteilung der Vegetationsflächen in den Siedlungen, Gehölzen und dem Grünland auf Vegetationshöhenstufen.**

Abbildung 8 zeigt am Beispiel von den Siedlungen, Gehölzen und dem Grünland, wie sich die Flächen, die mit Flur- und Siedlungsholz bestockt sind, auf unterschiedliche Vegetationshöhen verteilen. In den Siedlungen überwiegen die Flächen mit Vegetationshöhen bis 10 m. Es dürfte sich dort im Wesentlichen um Sträucher und niedrige Bäume handeln. Bei den Gehölzen dominieren flächenmäßig sowohl die niedrigen Vegetationshöhen bis 5 m als auch die von Bäumen gebildeten Vegetationshöhen mit über 15 m Höhe. Ebenfalls zweigipflig stellt sich die Situation im Grünland dar, was bei der mittelhohen Vegetation scheinbar auf Hecken und bei Vegetationshöhen über 15 m auf Bäume zurückzuführen ist.

Für die Ableitung von Nutzungspotenzialen bedarf es einer Abschätzung des Biomassezuwachses beim Flur- und Siedlungsholz. Angesichts der Heterogenität der Vegetationsstrukturen ist diese Schätzung schwierig. Es wurden hilfsweise Daten aus der Bundeswaldinventur dafür herangezogen. Es wurden die Zuwächse im Wald in den verschiedenen Vegetationshöhen getrennt nach Laub- und Nadelbäumen berechnet. Dabei wurde die Höhenstufe > 15 m auf maximal 25 m begrenzt, da Bäume außerhalb geschlossener Waldbestände i.d.R. geringere Höhen erreichen. Die Zuwächse wurden mit den Flächen des Flur- und Siedlungsholzes in den Vegetationshöhenstufen gewichtet. Dabei wurde ein Verhältnis von 80 % Laub- zu 20 % Nadelbäumen angenommen. Daraus errechnet sich ein Holzzuwachs von 5,9 Efm/ha und Jahr. Wird dieser Zuwachs jedes Jahr abgeschöpft, ergibt sich eine mittlere Umschlagsdauer für den Holzvorrat von 24 Jahren. Würde im Wald der jährliche Holzzuwachs komplett abgeschöpft, entspräche dies dort einer Umschlagdauer von 33 Jahren. Es könnten beim Flur- und Siedlungsholz somit 4,2 % des Holzvorrats jährlich genutzt werden, was einer Menge von rund 1,2 Mio. Efm entspricht.

#### *Theoretisches Holznutzungspotenzial in den „Naturwäldern“*

Mit der Ausweisung von Naturwäldern in Bayern zur Schaffung eines sog. „grünen Netzwerks“ beläuft sich die Fläche an unter Schutz gestellten und aus der Nutzung genommenen Wälder aktuell auf gut 58.000 ha, ohne die Flächen der Nationalparke. Diese Flächen stehen demnach für eine reguläre forstwirtschaftliche Nutzung nicht mehr zur Verfügung. Um dieses wegfallende theoretische Potenzial quantifizieren zu können, wurde in der vorliegenden Studie die naturale Ausstattung der Naturwälder als Grundlage für die Abschätzung der bisherigen stofflichen sowie energetischen Nutzungsmengen verwendet. Mit den Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse auf den Einfluss der Unterschutzstellung von naturnahen Wäldern auf die Holzbereitstellungssituation ziehen.

Für die Berechnung wurden verschiedene Annahmen getroffen. Zunächst wurden die Gesamtzuwachsmengen in den Naturwäldern auf Basis der Inventurdaten der Bayerischen Staatsforsten für die jeweiligen Baumartengruppen ermittelt. Diese sind die Grundlage der Potenzialabschätzung, da sie Hinweise darauf geben, welche langfristig maximal nutzbaren Mengen für die Forstwirtschaft verfügbar sind. Für die weiteren Berechnungen wurde die aktuelle Sortimentsverteilung beim Holzeinschlag der Bayerischen Staatsforsten in den Baumartengruppen auf die Zuwachsmengen der Baumarten in den Naturwäldern übertragen, wenngleich sich diese in der Realität, auch aufgrund einer unterschiedlichen Altersklassenverteilung und veränderten Qualitätseigenschaften anders darstellen kann.

Das so ermittelte theoretische Holznutzungspotenzial umfasst insgesamt 214.000 Vfm m.R., wovon der größte Anteil mit rund 94.000 Vfm m.R. bzw. 44 % auf die Baumartengruppe Buche entfällt. Mit etwa 87.000 Vfm m.R. nimmt die Baumartengruppe Fichte ebenfalls einen beachtlichen Anteil von 41 % ein. 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 der besonderen Baumartenzusammensetzung in den Naturwäldern ist für das Nutzungspotenzial auch von einer veränderten Sortimentszusammensetzung auszugehen (Abbildung 9). 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.

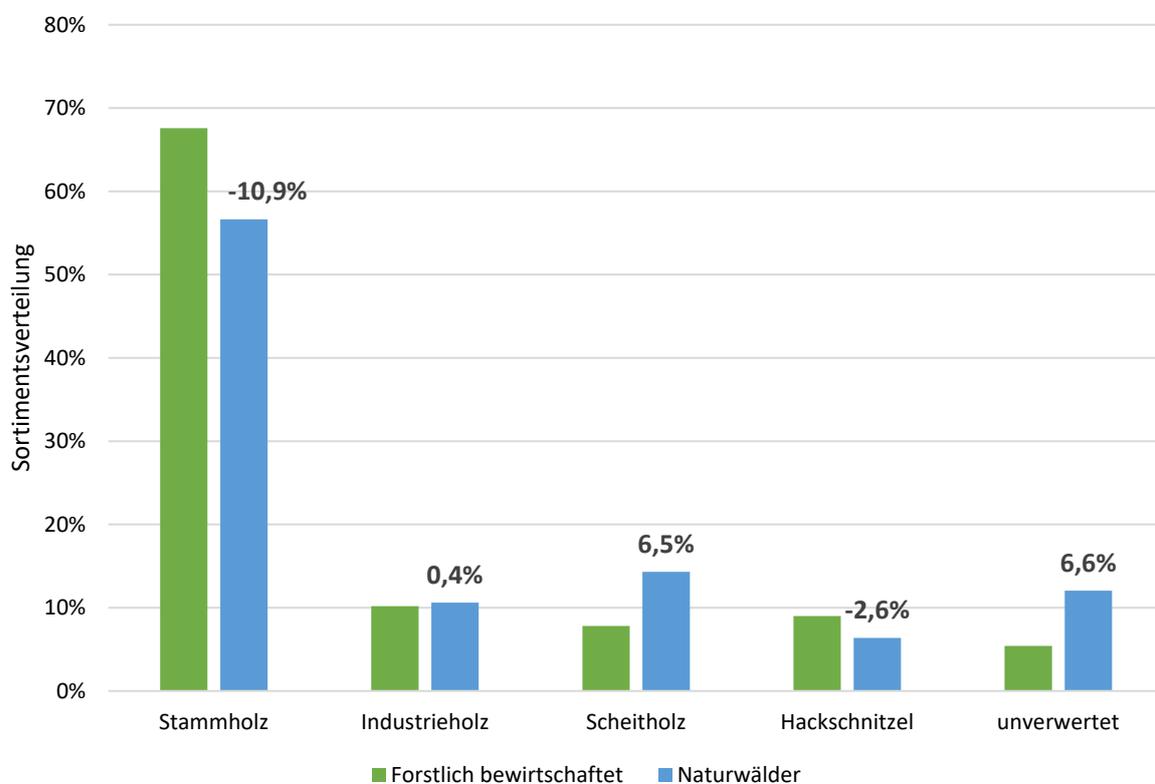


Abbildung 9: Sortimentsverteilung im bewirtschafteten Staatswald (grün) und den Naturwäldern (blau); dargestellt ist auch die Differenz der beiden Kollektive

## 2.1.6 Preisentwicklung der Waldholzsortimente

### *Scheitholzpreise des Brennholzhandels*

Seit nunmehr 13 Jahren erhebt die LWF im Zuge einer Marktrecherche die Scheitholzpreise des Brennholzhandels in Bayern (STIMM UND RIEBLER 2022). Die Erhebung wird jährlich in den Monaten zu Beginn der Heizperiode durchgeführt und umfasst die Angebotspreise von professionellen Brennholzhandlern und Anbietern aus Bayern. In der aktuellen Erhebung sind die von 68 Händlern enthalten. Bei den dargestellten Preisen handelt es sich um die Bruttoverkaufspreise für ofenfertiges<sup>7</sup> Scheitholz pro Raummeter (Rm).

Seit Beginn der Beobachtungen sind die Preise für Scheitholz kontinuierlich gestiegen und erreichten im Winter 2021/22 einen neuen Höchststand (Abbildung 9). Dieser liegt im bayernweiten Durchschnitt für Hartholz bei 114 €/Rm und Weichholz bei 87 €/Rm. Das entspricht einer Verteuerung gegenüber den Preisen des Winters 2007/08 von 56 % bzw. 66 %. Dabei stieg der Preis allein seit der letzten Heizperiode um 12 % bzw. 10 %. Hohe Energiepreise für fossile Energieträger scheinen sich auch auf die Preisgestaltung beim Brennholz auszuwirken.

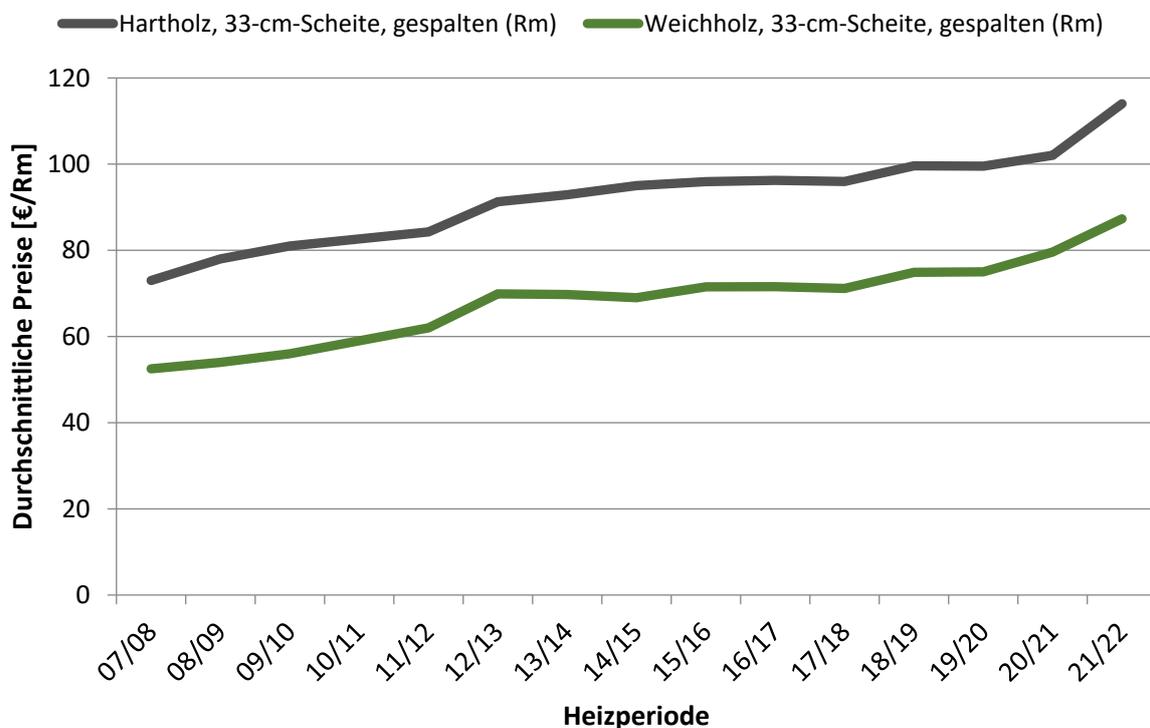


Abbildung 10: Durchschnittspreise für bayerisches Scheitholz von professionellen Händlern von 2007/08 bis 2021/22 (brutto). (Quelle: Eigene Erhebung)

<sup>7</sup> „Ofenfertig“: luftgetrocknetes (WG=10-20 % bzw. Holzfeuchte=15-25 %) und gespaltenes Scheitholz mit einer Länge von 33 cm

### Scheitholzpreise Waldbesitzer

Ergänzend zur Preiserhebung beim Brennholzhandel wird seit der Heizperiode des Winters 2018/19 jährlich eine Umfrage bei Waldbesitzern zu den aktuellen Scheitholzpreisen durchgeführt. In Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt wird zu Beginn der Heizperiode eine Online-Umfrage gestartet. An der aktuellen Umfrage nahmen insgesamt 374 Waldbesitzer teil, die zusammen rund 35.000 Rm Scheitholz vermarkteten.

**Tabelle 9: Scheitholzpreise bayerischer Privatwaldbesitzer im Winter 2021/22**

	Weichholz (Fichte, Kiefer, ...)		Hartholz (Buche, Eiche, Ahorn, ...)	
	1 m Scheite	Scheite ofenfertig	1 m Scheite	Scheite ofenfertig
	€/Rm	€/Rm	€/Rm	€/Rm
<b>Bayern gesamt</b>	<b>48</b>	<b>63</b>	<b>71</b>	<b>85</b>
<b>(Min - Max)</b>	<b>(10 - 75)</b>	<b>(30 - 100)</b>	<b>(35 - 100)</b>	<b>(45 - 135)</b>
<b>Region Nord</b>	<b>46</b>	<b>60</b>	<b>64</b>	<b>79</b>
<b>(Min - Max)</b>	<b>(10 - 70)</b>	<b>(35 - 85)</b>	<b>(35 - 85)</b>	<b>(45 - 100)</b>
<b>Region Süd</b>	<b>49</b>	<b>64</b>	<b>75</b>	<b>88</b>
<b>(Min - Max)</b>	<b>(10 - 75)</b>	<b>(30 - 100)</b>	<b>(45 - 100)</b>	<b>(50 - 135)</b>

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

Ofenfertiges Hartholz kostete demnach bei den privaten Waldbesitzern im bayernweiten Durchschnitt 85 €/Rm. Damit sind die Preise gegenüber dem Vorjahr um 2 % gestiegen. Die Preise für ofenfertiges Weichholz liegen bei 63 €/Rm und sind um 6 % gestiegen. Wie schon in den vergangenen Erhebungen sind die Preisspannen bei den angebotenen Sortimenten nach wie vor sehr groß. Auch der Vergleich von Nord- und Südbayern zeigte erneut einen deutlichen Niveauunterschied (Tabelle 9).

In der aktuellen Umfrage wurde zudem nach der Nachfrageentwicklung gefragt. Dabei gaben rund 52 % der Befragten an, dass die Nachfrage nach Brennholz zum Vorjahr etwas (34 %) bzw. stark (18 %) zugenommen hat. Mit rund 40 % blieb die Nachfrage jedoch bei den meisten Waldbesitzern gleich. Nur bei wenigen 8 % nahm die Nachfrage etwas (6 %) bzw. stark (2 %) ab. Für die Brenn- und Scheitholzpreise erwarten rund 68 % der Umfrageteilnehmer in Zukunft einen Anstieg, 30 % keine Veränderung und lediglich 2 % eine Senkung. Durch den Krieg in der Ukraine und der damit verbundenen Energiekrise hat sich die Situation inzwischen geändert.

### Waldhackschnitzelpreise

Die Preise der Waldhackschnitzel entwickelten sich seit 2008 positiv und erreichten im süddeutschen Raum 2014 mit 98,32 €/t lutro im Jahresschnitt ihren bisherigen Höchststand (siehe Abbildung 10). Danach kehrte sich dieser Trend um. Ein zunächst leichter Rückgang um 1,64 €/t lutro im Jahr 2015 verstärkte sich im Jahr 2016, in dem der Preis um weitere 11 % auf nur noch 85,91 €/t lutro abfiel. 2017 sank der Preis weiter um 6 % auf 80,50 €/t lutro. Im letzten Berichtsjahr 2018 erholten sich die Preise wieder leicht und stiegen auf 85,11 €/t lutro. Seitdem sind sie in Süddeutschland erneut mit 79,62€/t lutro auf das Niveau von 2017 gefallen.

Der beobachtete Preisverfall seit 2015 deutet auf ein Überangebot hin, dessen Ursachen im niedrigen Bedarf der Heizkraftwerke aufgrund der warmen Winter und der zusätzlichen Mengen durch

Sturm- und Borkenkäferschäden gesehen wird. 2018 haben sich die Preise nur leicht erholt. Der aktuelle, v.a. für Norddeutschland beobachtete, Negativtrend ist auf die großen Schadh Holz mengen infolge von Trockenheit und Borkenkäferkalamitäten zurückzuführen.

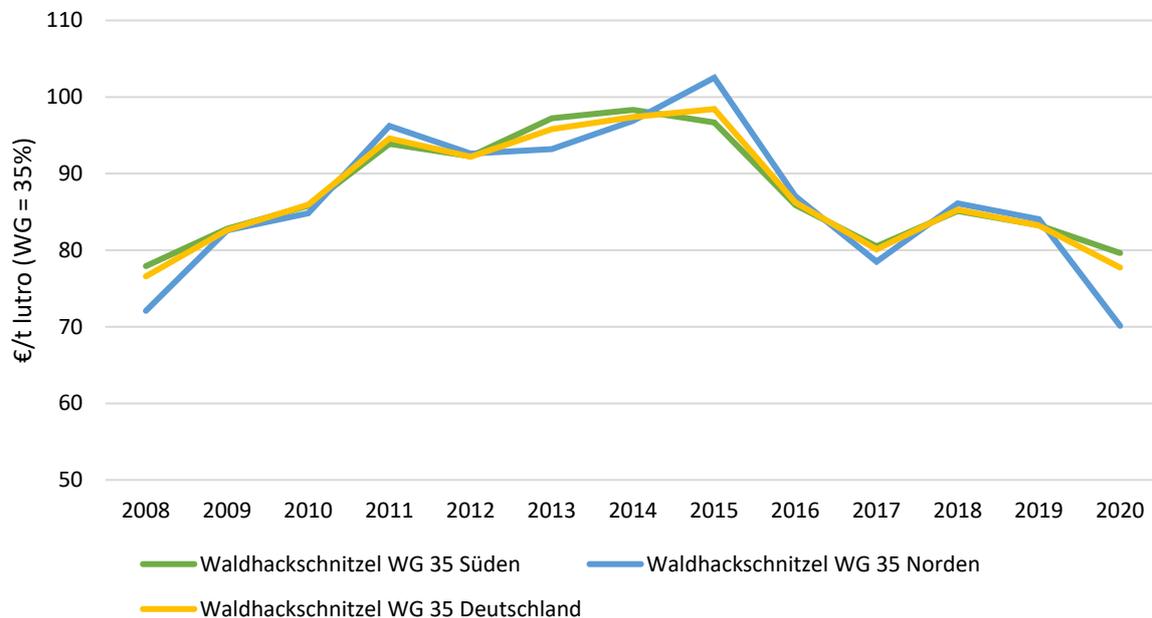


Abbildung 11: Entwicklung der Waldhackschnitzelpreise von 2008 bis 2020 (Quelle: C.A.R.M.E.N. e. V.).

#### Stammholz- und Industrieholzpreise im Vergleich

Wie aus den vorigen Abschnitten ersichtlich verläuft die Preisentwicklung der beiden Waldenergieholzsortimente in unterschiedlicher Weise. Ergänzt man diese Beobachtung um die Preisentwicklung des Stamm- und Industrieholzes können insbesondere in den letzten 5 Jahren zwei Entwicklungstendenzen ausgemacht werden. Dabei liegt der Stammholzpreisindex für die Laubhölzer Eiche (115 %) und Buche (101 %) sowie für die Scheitholzpreise (107 %) über dem Referenzjahr 2015. Dagegen zeigen die Nadelhölzer Fichte (62 %) und Kiefer (72 %) beim Stammholz sowie die Waldhackschnitzel (82 %) eine negative Tendenz, die auch für das Industrieholz (69 %) zu beobachten ist.

Diese unterschiedlichen Trends sind insbesondere durch das Überangebot an Schadh Holz zu erklären, das vor allem die Nadelhölzer Fichte und Kiefer betrifft. Das gilt für das Stammholz gleichermaßen wie für die Waldhackschnitzel. Ein zunächst moderater Rückgang der Stammholzpreise bis 2018 ist darauf zurückzuführen, dass große Mengen infolge der Sturmereignisse im Jahr 2015 noch mithilfe der Nasslagerung aufgefangen werden konnten. Die Preise der Waldhackschnitzel hingegen fielen in den ersten beiden Jahren nach dem Sturm verstärkt und konnten sich dann erst wieder etwas stabilisieren. Ein erneuter Schadh Holz anfall in den Trockenjahren 2018, 2019 und 2020 ließ den Fichten und Kiefernpreis stark fallen. Dieser Entwicklung scheint auch der Preis für die Waldhackschnitzel zu folgen. In den betroffenen Regionen ist dies verstärkt zu beobachten.

Anders zeigt sich die Situation bei den Laubhölzern. Die Holzpreise sind für Stamm- bzw. Scheitholz gegenüber den Nadelhölzern vergleichsweise konstant. Doch auch für die Preise für Eichen- und Buchenstammholz ist im Jahr 2020 ein Rückgang zu erkennen. Wir führen dies auf die allgemeine wirtschaftliche Lage infolge der Corona-Pandemie zurück. Die Investitionen gerade bei der Verwendung hochwertigen Eichenholzes waren im Jahr 2020 geringer.

Aktuell haben sich die Preise für Stammholz wieder etwas erholt. Hohe Schnittholzpreise wurden von den Sägewerken zunächst nur zögerlich, nun aber verstärkt an den Waldbesitzer weitergegeben.

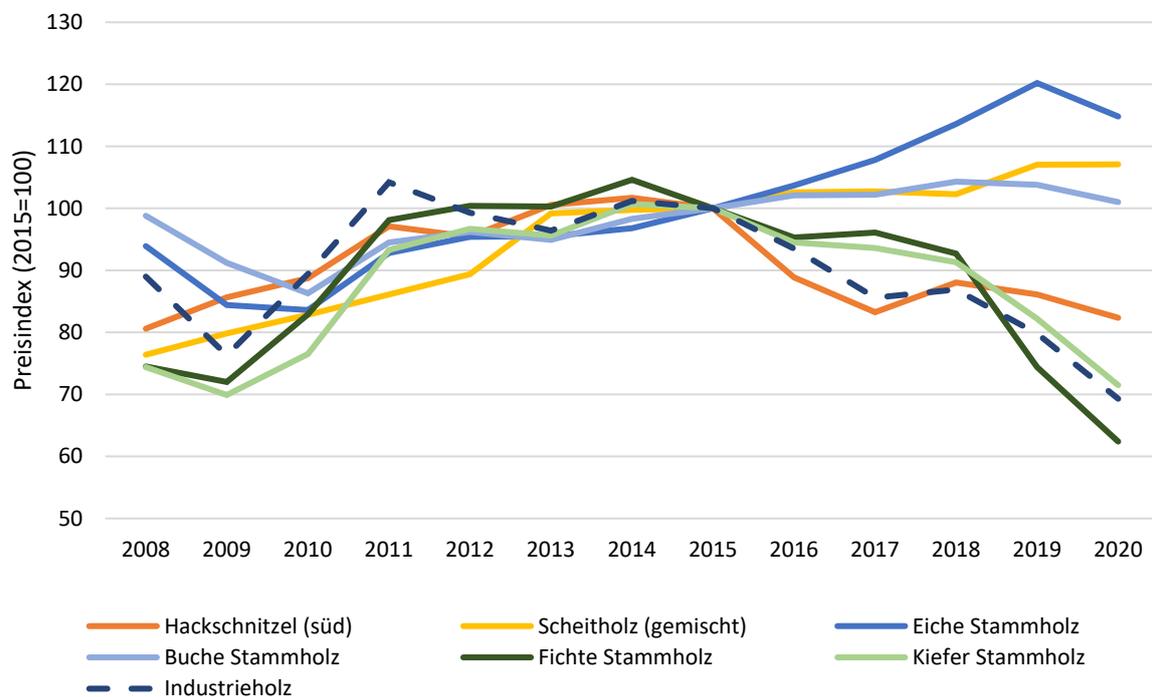


Abbildung 12: Entwicklung der Preisindizes für Stammholz der 4 Hauptbaumarten, Industrieholz und zwei Energieholzsortimente von 2008 bis 2020 in Deutschland. (Quelle: Destatis 2021b, C.A.R.M.E.N. e. V., LWF)

## 2.1.7 Diskussion

### *Nachhaltigkeit der Holznutzung*

Wie schon in den vergangenen Jahren kann man auch für den Holzeinschlag im Jahr 2020 festhalten, dass dieser weit unter dem Nutzungspotenzial von 26 Mio. Efm lag. Die „Welle“ eines vermehrten Holzaufkommens im Zuge des Waldumbaus, wie es von BORCHERT UND RENNER (2018) modelliert worden war, hatte auch 2020 noch nicht eingesetzt. Sollte durch den aktiven Waldumbau das Holzaufkommen, insbesondere der Fichte nicht bald deutlich gesteigert werden, ist zu befürchten, dass dies durch Katastrophen wie Sturm-, und Insektenschäden oder Dürre geschehen wird (s.a. 2.1.4 „Nutzungspotenzial von Energieholz in Bayern“). Die Entwicklung der Witterung in den letzten Jahren, teilweise von extremer Trockenheit geprägt, macht genau diese Entwicklung deutlich. Die Schadholzanteile sind in den letzten Jahren in Bayern auf 59 % gestiegen (s. Abbildung 4). Deutschlandweit lag dieser Anteil im Jahr 2020 mit 75 % des Gesamteinschlags noch weit höher (DESTATIS 2021a). Gerade diese Beobachtungen der letzten Jahre machen die Notwendigkeit des Waldumbaus sichtbar.

Die gleichbleibenden Gesamtnutzungsmengen deuten in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die Waldbesitzer aufgrund der niedrigen Preise kaum Frischholz eingeschlagen haben und somit keine zusätzlichen Holz mengen auf dem Holzmarkt verfügbar waren. Für eine Entlastung des Holzmarktes sorgte zudem der Ausbau der Nasslagerkapazitäten. Ein Überangebot bestimmter Sortimente konnte jedoch auch dadurch nicht verhindert werden, was letztendlich auch zu den fallenden Preisen bei Nadelstammholz und Waldhackschnitzeln (s. Abbildung 12) geführt hat. Weiterhin hohe Fichtenvorräte und zunehmende Witterungsextreme werden also auch in Zukunft den Holzmarkt mengen- als auch preismäßig mitbestimmen. Eine aktive Nutzung dieser hohen Nadelholzvorräte kann in diesem Fall die

Risiken effektiv senken und damit zu einer geregelteren Entwicklung und einem stabileren Holzmarkt beitragen. Langfristig werden, mit oder ohne die erwähnte aktive Nutzung die Laubhölzer im Wald und bei der Holznutzung an Bedeutung gewinnen.

Neben dem Einfluss von hohen Schadholzmengen auf die Entwicklung am Holzmarkt gewinnt auch die Unterschützstellung von Waldflächen an Bedeutung für die nachhaltige Holzbereitstellung. Unter Berücksichtigung des Zuwachses in den neu geschaffenen Naturwäldern konnten theoretische Nutzungspotenziale abgeschätzt werden. Mit rund 214.000 Vfm m. R. liegt dieses Potenzial bei etwa 1,1 % des Gesamteinschlags in Bayern. Dieser vergleichsweise niedrige Wert resultiert aus dem niedrigen Zuwachs von 3,7 Vfm m.R. pro ha und Jahr in den Naturwäldern. Dieser liegt weit unter dem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs in Bayerns Wäldern, der aktuell 11,9 Vfm je ha und Jahr beträgt. Insbesondere die insgesamt geringere Bonität (v.a. Flächen im Hochgebirge, magere Standorte) sowie die unterschiedliche Baumartenzusammensetzung der Naturwaldflächen führen zu dem errechneten Potenzial. Demnach ist die Bonität über alle Naturwälder hinweg auf 3,24 beziffert. Bei der Baumartenzusammensetzung wird die zuwachsstarke Fichte von der weniger wüchsigeren Buche als häufigste Baumartengruppe in den Naturwäldern abgelöst. Letztendlich wären die theoretisch zusätzlich nutzbaren Holzmengen in den Naturwäldern begrenzt. Die durch die Unterschützstellung wegfallenden Holzmen- gen sind deutlich geringer, als es der betroffene Flächenanteil erwarten lassen würde.

Für die Bereitstellung von Holz nimmt der bayerische Staatswald mit den Bayerischen Staatsforsten (BaySF) als größten Forstbetrieb eine herausragende Rolle ein. Aufgrund ihrer Größe und Professionalität können die BaySF der Holzwirtschaft zuverlässig Holz zur Verfügung stellen. Diese Versorgungssi- cherheit 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“ Unterschützstellungen sein. So sollen gemäß der Europäischen Biodiversitätsstrategie und Forst- strategie 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 bayeri- schen Waldfläche. Für den Staatswald Bayerns, der fast ausschließlich für die Wälder des „Grüne Netz- werks“ 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 Stra- tegie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, wonach zehn Prozent der Waldfläche der öffentlichen Hand einer natürlichen Entwicklung überlassen werden sollen (BMUB 2007). Weitere Schutzgebiets- ausweisungen mit Nutzungsverbieten im Staatswald würden unweigerlich auch produktive und wuchs- kräftige Waldflächen, ungeachtet ihrer ökologischen Eignung betreffen. Klimaschutzziele, die Energie- wende, aber auch eine zuverlässige regionale Versorgung mit dem nachhaltig erzeugten Rohstoff Holz wären akut gefährdet.

Abgesehen von der quantitativen Betrachtung der Nachhaltigkeit der Holznutzungen hat die darge- stellte 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. Beim Waldenergieholz, v.a. Waldhackschnitzel aus Waldrestholz sind bei der quali- tativen Betrachtung zwei Aspekte zu berücksichtigen. Zum einen ist es der mit der Nutzung des Wald-

restholzes verbundene Nährstoffexport. Mit dem Waldrestholz werden oft beachtliche Mengen an Ästen, Feinreisig und Nadeln mit entnommen. Diese Baumteile enthalten überproportional viele Nährstoffe. Bei nachhaltiger Bewirtschaftung sollte dieser Nährstoffexport langfristig die Nachlieferung am Standort durch Deposition und Mineralverwitterung nicht übersteigen. Der zweite Aspekt ist der Waldschutz. Das Hauptmotiv für das Hacken von Waldrestholz ist 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 Derbholtzgrenze (< 7 cm Durchmesser) berechnen.

### *Energieholzaufkommen*

Der gesamte Holzeinschlag ist im Jahr 2020 gegenüber dem Berichtsjahr 2018 leicht gesunken, aber weiterhin auf vergleichbarem Niveau. Demgegenüber steht eine Zunahme des Waldenergieholzes. Eine Steigerung der Mengen um 750.000 Efm m. R. bedeuten einen Anstieg gegenüber 2018 von 11 %, wovon allein 10 % auf die größere Scheitholzmenge entfielen. Diese Entwicklung scheint einerseits darauf zurückzugehen, dass große Energieholzmengen als Koppelprodukte bei der Aufarbeitung von Kalamitätsholz angefallen sind und es andererseits mehr Holz von schlechterer Qualität gab, das nicht mehr als Stammholz vermarktet wurde. Des Weiteren ist die Sortimentsgestaltung auch von den forstbetrieblichen Handlungs- und Steuerungsmöglichkeiten abhängig, die im Staatswald deutlich besser sind als im Klein- und Kleinstprivatwald. Die überwiegende Menge an Energieholz stammt demnach aus dem Privatwald, in dem der Anteil an Energieholz insgesamt um 7 % gegenüber 2018 zugenommen hat. Innerhalb des Privatwaldes ist die Spanne jedoch groß. Mit steigenden Eigentumsgrößen nimmt der Energieholzanteil ab. Bei einer Eigentumsgröße bis 20 ha wird mehr als die Hälfte (58 %) der eingeschlagenen Holzmenge zu Energieholz aufbereitet. In privaten Forstbetrieben über 1.000 ha dagegen 82 % stofflich verwendet. Der große Energieholzanteil in den kleinen Betrieben ist sicher auf den hohen Eigenbedarf der Waldbesitzer zurückzuführen und nicht auf eine schlechtere Holzqualität. Es muss davon ausgegangen werden, dass erhebliche derzeit als Energieholz genutzte Mengen auch stofflich verwendet werden könnten, was eine größere Wertschöpfung verspricht. Der stofflichen Holznutzung wird außerdem eine größere Beschäftigungswirkung zugesprochen. FRÜHWALD UND KNAUF (2013) kalkulierten für den Nordschwarzwald, dass 3 Arbeitsplätze auf 1.000 Efm energetische Holznutzung und 8 – 17 Arbeitsplätze auf 1.000 Efm stoffliche Nutzung kommen. Auch Szenario-Analysen von WEBER-BLASCHKE UND FRIEDRICH (2015) ergaben einen Beschäftigungsrückgang bei einer Verschiebung von der stofflichen zur energetischen Holznutzung. Allerdings war die durchschnittliche jährliche Holznutzung im Privatwald bis 20 ha zwischen 2003 und 2012 nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventur um die Hälfte größer als in der Periode davor. Dieser enorme Anstieg dürfte unter anderem auf die Renaissance der Brennholznutzung zurückzuführen sein. Der Eigenbedarf an Energieholz mag im Kleinprivatwald in vielen Fällen das Motiv gewesen sein, überhaupt Holz einzuschlagen. Im Zuge dessen ist dann eventuell auch mehr Stammholz für die stoffliche Holzverwendung bereitgestellt worden.

Doch auch der Staatswald erhöhte den Anteil an Energieholz im Berichtsjahr um 3 %. Hier spielte sicher auch der Einschlagsstopp infolge der großen Schadholtzmengen eine entscheidende Rolle. Darin könnte auch der Grund für die beobachtete höhere Variabilität (GÖBWEIN ET AL. 2020) der Energieholzmengen im Vergleich mit den stofflich genutzten Holzmengen liegen. 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 (s. 2.1.3 „Ergebnisse“). Grundsätzlich liegen den Mengen beider Verfahren keine Vollerhebungen zugrunde und sind dementsprechend auch mit gewissen Unsicherheiten behaftet.

### *Energieholzpreise*

Die Preisentwicklung für die beiden Energieholzsortimente Scheitholz und Hackschnitzel verlief in den vergangenen Jahren völlig unterschiedlich. Die Scheitholzpreise der Brennholzhändler scheinen, anders als der Scheitholzverbrauch, kaum von der Witterung beeinflusst zu sein. Stagnierende oder gar sinkende Preise sind nicht zu erkennen. Die Preise sind in den letzten Jahren seit dem Winter 2015/16 zunächst leicht und zuletzt stark (Heizperiode 2021/22) gestiegen. Ein Grund für die Preissteigerung könnten die hohen Preise für fossile Brennstoffe Gas und Öl sein. Ein beobachteter Anstieg bei der Gesamtzahl der Einzelraumfeuerungen kann ebenso die Nachfrage nach Scheitholz erhöht und damit den positiven Preistrend unterstützt haben.

Anders die Situation bei den Waldhackschnitzeln. Die Preise der Waldhackschnitzel sind infolge der großflächigen Kalamitäten, die Mitteleuropa im Jahr 2018 getroffen haben, stark gefallen. Dies ist auf das Überangebot an Waldrestholz und damit an Waldhackschnitzel zurückzuführen. Zusätzlich haben die Nutzer von Hackschnitzeln in der Regel nicht die Möglichkeit wie Scheitholznutzer, auf andere Energieträger auszuweichen<sup>8</sup>, da sie die Hackschnitzel meist als primäre Wärmequelle nutzen und ausschließlich mit Holz heizen. Die ermittelten Preise scheinen demnach durch verschiedene Ursachen beeinflusst. Hier zu nennen sind insbesondere (1) die Windwürfe in Bayern durch Niklas 2015 mit der anschließenden (2) über mehrere Jahre andauernden Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer, (3) die Kalamitäten in Europa, die zwischen August 2017 und Ende 2018 rund 100 Mio. Fm an Schadh Holz verursacht haben (EUWID 45/2018) und (4) die großen Schadh Holz mengen infolge der extremen Trockenjahre 2018, 2019 und 2020. Das Aufkommen von Hackschnitzeln wird aus den genannten Gründen maßgeblich vom Anfall an Waldrestholz und nicht von der Nachfrage bestimmt. Gleichzeitig sind Hackschnitzel nur begrenzt lagerfähig. Für eine längere Lagerdauer müssen diese getrocknet werden und vor Niederschlag und Wiedervernässung geschützt werden. Ein solcher Lagerraum ist jedoch knapp und teuer, weshalb die Preise für Hackschnitzel aktuell so niedrig sind.

### 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 Gesamt mengen durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Insbesondere milde Winter und effizientere Heizungen auf der einen Seite, aber auch insgesamt mehr Einzelraumfeuerungen auf der anderen Seite machen eine Prognose schwierig. Auch durch die Corona-Pandemie scheint das Jahr 2020 geprägt von einer

---

<sup>8</sup> 86 % der Scheitholznutzer verbrennen das Holz in Einzelraumfeuerungen, die nur als sekundäre Energiequelle dienen.

deutlichen Verschiebung von Lebensumständen und Arbeitsweisen, die sich auch in den Heizgewohnheiten niederschlägt (s.a. 3.1). Ob dies in einer grundsätzlichen Trendwende mündet oder es sich nach Abklingen der Pandemie wieder zurückentwickelt wird sich erst in den kommenden Jahren zeigen.

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. Ein weiterer Preisverfall oder gleichbleibend niedrige Hackschnitzelpreise sind die Folge, sofern sich die Nachfrage, z. B. infolge von milden Wintern nicht maßgeblich erhöht. Eine Maßnahme zur Mengenreduktion 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.

Eine Unterschutzstellung 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 Holz mengen vermehrt importiert werden. 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 Unterschutzstellungen, 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.

Insgesamt kann man festhalten, dass die Nachfrage nach Waldenergieholz stark vom Heizverhalten abhängt. Die Temperatur in der Heizperiode oder im aktuellen Berichtsjahr 2020 die Corona-Pandemie sind dabei wesentliche Einflussfaktoren (s.a. 3.1). Das Angebot wiederum wird stark durch den Anfall von Waldrestholz bestimmt. Ein Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage wird sich auch weiterhin in den Preisen niederschlagen.

## 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.

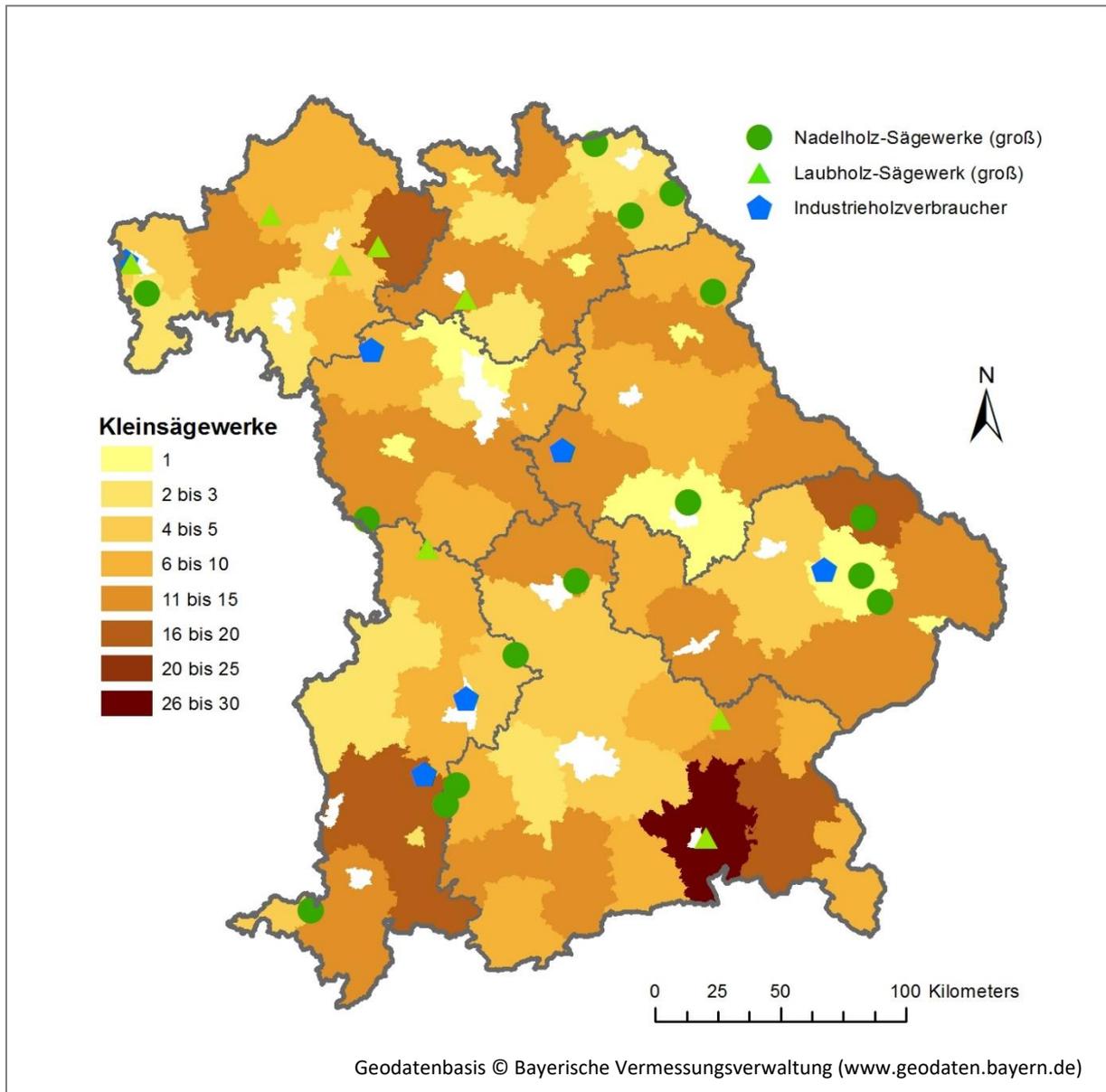
### 2.2.1 Datengrundlage

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 Verwendung der Rinde sowie der Industrieresthölzer erfragt. Basis der Befragung war die Adressliste des Energieholzmarktberichts aus dem Jahr 2018. Die Liste der in Bayern ansässigen Sägewerke wurde dabei aktualisiert. Insgesamt wurden somit 685 Betriebe angeschrieben. Aus den unzustellbaren Rückläufern und Antworten der Sägewerke ergaben sich nach der Kontrolle 46 Betriebsaufgaben. Letztendlich belief sich die Zahl der produzierenden Sägewerke in Bayern im Jahr 2020 auf 560 Sägewerke. Davon zählen 21 zu den Großsägewerken, die mehr als 50.000 Festmeter Nadelholz oder 20.000 Festmeter Laubholz einschneiden. Eine Übersicht über die geografische Verteilung der bayerischen Sägewerke und wichtiger Rundholzverbraucher zeigt Abbildung 13.

Letztendlich haben 142 Sägewerke den Fragebogen beantwortet. Dazu zählten 133 kleine und mittlere Sägewerke sowie 9 Großsäger. Zur Komplettierung des Datensatzes wurden die Einschnittmengen von weiteren 5 mittleren Sägewerken und 9 Großsägern aus der Fachpresse entnommen (HOLZKURIER 2021A) und für 3 Großsägewerke seit dem letzten Berichtsjahr fortgeschrieben. Damit konnte ein möglichst detaillierter Datensatz aller produzierenden Sägewerke erstellt und 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 4 Größenklassen eingeteilt.

Die Größenstruktur der Sägewerke in Bayern wurde auf Grundlage des 2014 telefonisch ermittelten Einschnittvolumens errechnet, wobei neuere Daten zu Betriebsaufgaben und Einschnitt – sofern vorhanden – genutzt wurden. Somit konnte die Größenstruktur der Sägewerke anhand von 347 Sägewerken abgeschätzt werden. Anhand der Struktur und des arithmetischen Mittelwerts des Einschnitts in den einzelnen Größenklassen wurde dann der Gesamteinschnitt hochgerechnet.



**Abbildung 13: Sägewerke und Rundholzverbraucher in Bayern**

Das Aufkommen der Sägenebenprodukte wurde anhand der gemeldeten Schnittholzausbeute und des gemeldeten Einschnitts errechnet. Die Rindenmenge wurde anhand der Faktoren für die Umrechnung von Festmeter ohne Rinde zu Festmeter mit Rinde aus STMELF (2018) geschätzt<sup>9</sup>. Berechnungsgrundlage war der von den Sägewerken gemeldete Einschnitt des Jahres 2020. Zusätzlich wurde angenommen, dass 15 % der Rindenmenge von der Fällung bis zum Werk verloren gehen und somit 85 % der Rinde im Sägewerk ankommt.

<sup>9</sup> 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 2020

Der Einschnitt der bayerischen Sägewerke lag im Jahr 2020 bei insgesamt 12,06 Mio. Fm o. R. bzw. 13,42 Mio. Fm m. R., wovon 80 % in den Großsägewerken und 20 % in den kleinen und mittleren Sägewerken verarbeitet wurden. Insgesamt bestand der überwiegende Teil des eingeschnittenen Rundholzes aus Nadelholz. Dieser Nadelholzanteil beläuft sich auf 93 % des Gesamteinschnitts bzw. 11,20 Mio. Fm o. R. Dementsprechend wurde Laubholz zu 7 % bzw. 0,85 Mio. Fm o. R. eingeschnitten.

Aus dem Rundholz wurde mit einer durchschnittlichen Ausbeute von 61 % insgesamt 7,31 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz erzeugt. Davon entfielen 6,79 Mio. m<sup>3</sup> auf Nadelschnittholz und 0,53 Mio. m<sup>3</sup> auf Laubschnittholz. Der im Vorjahresbericht beobachtete Unterschied bei der Schnittholzausbeute zwischen den Großsägewerken und den kleinen und mittelgroßen Sägewerken konnte auch im Jahr 2020 festgestellt werden. Dieser ist jedoch mit 1,8 % gegenüber einem Wert von 4,5 % im Jahr 2018 deutlich gesunken. Die Ausbeute lag bei den Großsägewerken bei 60,3 % und bei den kleinen und mittelgroßen Sägewerken bei 62,1 %.

### *Ergebnisse Großsägewerke*

Die 21 bayerischen Großsägewerke haben im Jahr 2020 Rundholz von insgesamt 9,60 Mio. Fm o. R. eingeschnitten. Dabei war das Hauptsortiment mit knapp 8,79 Mio. Fm o. R. und 92 % des Gesamteinschnitts die Baumartengruppe Fichte (inkl. Tanne und Douglasie). Von der Baumartengruppe Kiefer (inkl. Lärche) wurden etwa 313.000 Fm o. R. verarbeitet. Der Laubholzeinschnitt umfasst insgesamt 504.000 Fm o. R., wovon 89 % auf die Baumartengruppe Buche entfallen. Die durchschnittliche Schnittholzausbeute über alle Großsägewerke hinweg betrug 60,3 %. Bei den Laubholz- und Gemischtgroßsägern lag die Ausbeute mit 65,8% wesentlich höher als bei den Nadelholzgroßsägern mit 60,0 %. Demnach produzierten die bayerischen Großsägewerke 5,79 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz, was einer Auslastung der Sägekapazitäten von 92,5 % entspricht.

### *Ergebnisse für kleine und mittelgroße Sägewerke*

An der Umfrage haben sich 136 Sägewerke beteiligt, die insgesamt knapp 705.000 Fm o. R. einschnitten. Diese Menge setzt sich aus rund 592.000 Fm Nadelholz und 113.000 Fm Laubholz zusammen. Die Schnittholzausbeute bei den Werken lag bei rund 62,9 %. Die Sägewerkskapazitäten waren damit zu 82,6 % ausgelastet. Die Gesamtzahl der kleinen und mittleren Sägewerke, die im Jahr 2020 in Bayern in Betrieb waren, beläuft sich auf 539. Die Produktion der kleinen und mittleren Sägewerke wurde mithilfe einer Hochrechnung für Bayern geschätzt. Demzufolge verarbeiteten die Betriebe insgesamt 2,45 Mio. Fm o. R. Rundholz zu 1,52 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz (Tabelle 10). Mit 81 % wurde der Großteil des Einschnitts in Nadelholz-Sägewerken realisiert.

**Tabelle 10: Geschätzte Anzahl und Einschnitt der kleinen und mittleren Sägewerke für ganz Bayern im Jahr 2020.**

Art des Sägewerks	Anzahl	Rundholzeinschnitt	
		Fm o. R.	Anteil
Nadelholz Sägewerk	439	1.995.000	81 %
Laubholz Sägewerk	33	235.000	10 %
Mischsägewerk	67	225.000	9 %
<b>Summe</b>	<b>539</b>	<b>2.455.000</b>	<b>100 %</b>

### 2.2.3 Struktur der Sägewerke in Bayern

Zur Beurteilung der Sägewerksstruktur wurden zunächst alle im Jahr 2020 produzierenden Sägewerke anhand ihrer eingeschnittenen Rundholzmengen in sechs Größenklassen und den Sägewerkstyp eingeteilt (Abbildung 14). Rein zahlenmäßig (500 Betriebe) konzentrieren sich die Sägewerke demnach bei Einschnittsmengen bis 10.000 Fm. Vergleichsweise wenige 11 Sägewerke haben eine Einschnittsleistung von mehr als 200.000 Fm. Trägt man nun den Gesamteinschnitt im Jahr 2020 auf die verschiedenen Größenklassen, ergibt sich ein grundsätzlich verändertes Bild (Abbildung 15). Auf die 11 größten Sägewerke (> 200.000 Fm) entfielen rund 72,1 % des Gesamteinschnitts in Bayern, wobei die kleinen Betriebe lediglich knapp 10,7 % des Gesamteinschnitts ausmachen.

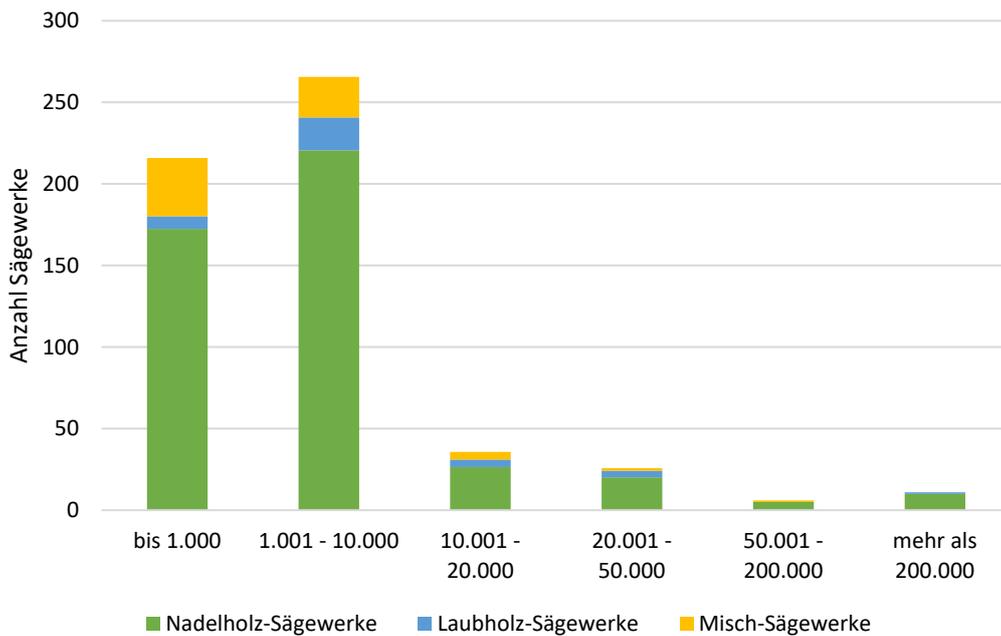


Abbildung 14: Anzahl der Sägewerke je Größenklasse (Einschnitt im Jahr 2020 [in Fm]) und Sägewerkstyp.

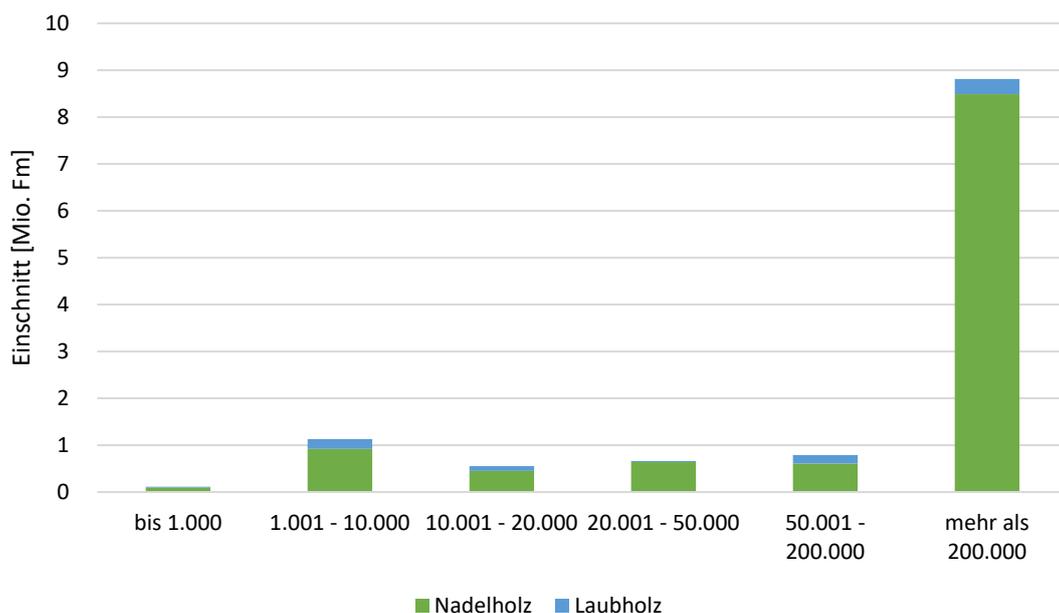


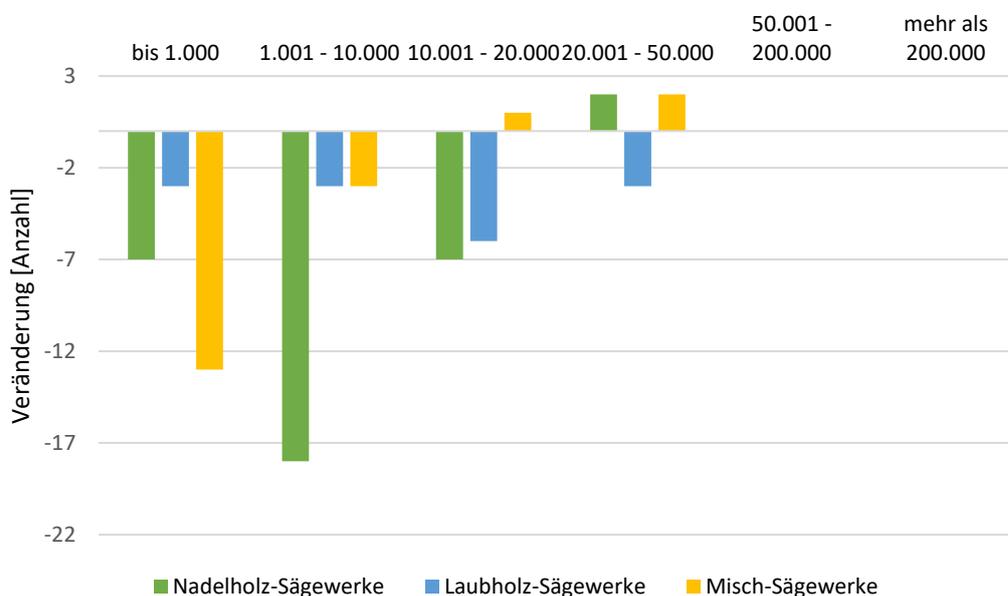
Abbildung 15: Gesamteinschnitt je Größenklasse (Einschnitt im Jahr 2020 [in Fm]) und Baumartengruppe.

Einen tabellarischen Überblick über die Verteilung des Gesamteinschnitts auf die Sägewerkszahl und das Einschnittvolumen gibt Tabelle 11. Es gibt in Bayern sehr viele kleine Sägewerke, die oft auch im Nebenerwerb geführt werden, und wenige große Sägewerke, welche aber den Markt dominieren.

**Tabelle 11: Anteile der Gesamtanzahl und des Gesamteinschnitt je Größenklasse (Basis: Einschnitt im Jahr 2020)**

Größenklasse [Fm]	Anzahl	Einschnitt
bis 1.000	38,6 %	0,9 %
1.001 - 10.000	47,4 %	9,4 %
10.001 - 20.000	6,4 %	4,6 %
20.001 - 50.000	4,6 %	5,5 %
50.001 - 200.000	1,1 %	6,5 %
mehr als 200.000	2,0 %	73,1 %

Auf Basis der Umfrage und der Hochrechnung konnten für die produzierenden Sägewerke Strukturveränderungen seit dem letzten Berichtsjahr abgebildet werden. Dabei zeigt sich, dass ein Großteil (85 %) der Betriebsaufgaben in den Größenklassen bis 20.000 Fm zu beobachten ist. Für die Nadelholz- und Misch-Sägewerke nimmt die Anzahl der Betriebsaufgaben mit der Größenklasse ab. Für die Laubholz-Sägewerke ist dieser Trend nicht zu erkennen, Betriebsaufgaben waren über alle Größenklassen bis 50.000 Fm gleichermaßen zu beobachten (Abbildung 16).



**Abbildung 16: Veränderung der Sägewerksanzahl je Größenklasse [in Fm] und Sägewerkstyp von 2018 bis 2020.**

## 2.2.4 Aufkommen von Nebenprodukten in den Sägewerken

Im Zuge des Rundholzeinschnitts und der ersten Stufe der Schnittholzweiterverarbeitung fielen im Berichtsjahr insgesamt 6,02 Mio. m<sup>3</sup> an Sägebeneprodukten, Rinde und Industrieresthölzern bzw. Hobelspänen an. Die mengenmäßige Verteilung auf die einzelnen Nebenprodukte und die entsprechenden Anteile sind in Abbildung 17 dargestellt. Von den Nebenprodukten fallen rund 4,81 Mio. m<sup>3</sup> in den Großsägewerken und 1,22 Mio. m<sup>3</sup> in den kleinen und mittleren Sägewerken an.

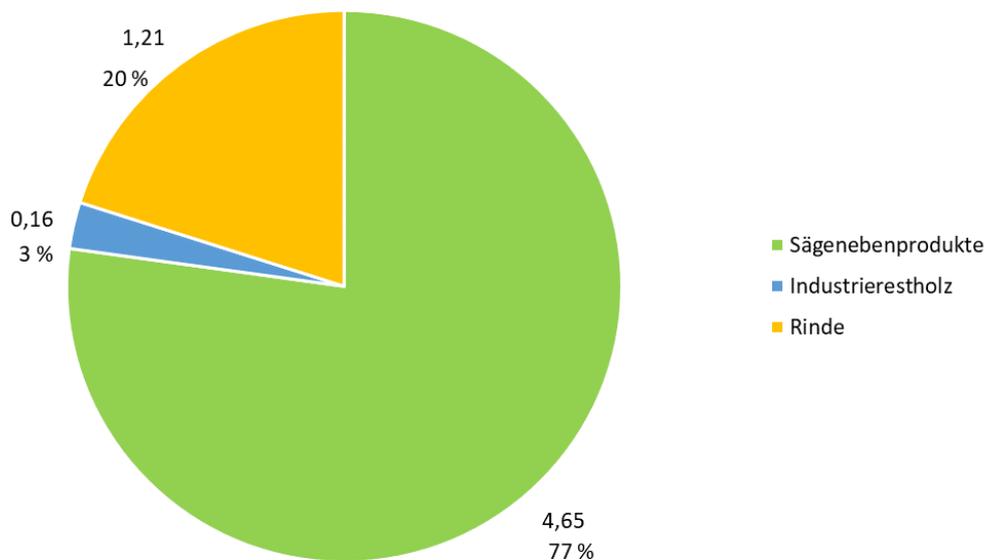


Abbildung 17: Aufkommensmengen von Sägenebenprodukten, Rinde und Industrierestholz aus den Sägewerken in Mio. m<sup>3</sup>.

Aufgrund einer höheren Schnittholzausbeute in den kleinen und mittleren Sägewerken fallen dort auch etwas weniger Sägenebenprodukte pro produziertem m<sup>3</sup> Schnittholz an. Für das Jahr 2020 beläuft sich dieser Wert auf 38,1 %. Bei den Großsägewerken liegt der Wert bei 39,4 %. 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 die Hobelspäne, die bei der Weiterverarbeitung von Schnittholz in einigen Sägewerken anfallen. Allerdings stellen die Mengen aus der Umfrage nur einen Teil des Aufkommens dar, da die befragten Sägewerke kaum Schnittholz weiterverarbeiten und somit auch nur ein geringer Teil der Weiterverarbeitungsbetriebe von Schnittholz sind. Als Rindenaufkommen wurde nach Abzug von 0,03 Mio. m<sup>3</sup>, die im Wald verbleiben, eine Menge von 1,21 Mio. m<sup>3</sup> errechnet.

### 2.2.5 Verwendung Nebenprodukte

In der Umfrage wurde neben den Aufkommensmengen auch die Verwendung der anfallenden Sägenebenprodukte, der Rinde und der Industrieresthölzer abgefragt. Die Mengen in den verschiedenen Verwendungsarten wurden für die kleinen und mittelgroßen Sägewerke und die Großsägewerke getrennt ausgewertet. Die Übersichten zur Verwendung sind für die Sägenebenprodukte (inkl. Industrieresthölzer) in Tabelle 12 und für die Rinde in Tabelle 13 dargestellt.

Bei den kleinen und mittelgroßen Sägewerken nimmt der Verkauf der Sägenebenprodukte den größten Anteil ein. 29 % der Befragten gaben an ihre Sägenebenprodukte an den Handel zu verkaufen, ohne die Verwertung zu kennen. Mit 27 % folgte der Verkauf zur energetischen und mit 22 % zur stofflichen Verwertung. Des Weiteren nutzen gut 18 % der Sägewerke ihre Sägenebenprodukte energetisch im betriebseigenen Biomasseheiz(kraft)werk. Bei den Großsägewerken ist der Verkauf zur stofflichen Weiterverarbeitung an die Holzwerkstoff- und Papierindustrie mit 36 % mengenmäßig mit Abstand am

bedeutendsten, gefolgt von der eigenen Pellet- oder Brikett-Produktion zur energetischen Verwendung mit 25 %. Diese Weitererarbeitung der Sägenebenprodukte findet nahezu ausschließlich in den Großsägewerken statt. Im Gegensatz zu den kleinen und mittelgroßen Sägewerken nehmen dafür der Handel beim Verkauf bei den Großsägern einen deutlich geringeren Anteil ein. Die energetische Verwertung im eigenen Werk liegt dagegen mit 20 % auf ähnlich hohem Niveau, wie bei den kleineren Sägewerken. 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. Die stoffliche Weiterverarbeitung der Sägenebenprodukte spielt bei beiden Sägewerksgruppen nur eine untergeordnete Rolle.

**Tabelle 12: Verwertung der Sägenebenprodukte (inkl. Industrieresthölzer) in m<sup>3</sup> und %-Anteilen (getrennt nach Sägewerksgröße).**

Verbleib	Verwendung	Menge [m <sup>3</sup> ]	Anteil kl. Säger	Anteil Großsäger
Eigenverbrauch	energetisch	1.021.000	18 %	20 %
Verarbeitung	stofflich	95.000	2 %	2 %
	energetisch (Pellets)	1.094.000	1 %	25 %
	sonstiges	10.000	1 %	0 %
Verkauf	stofflich	1.803.000	22 %	36 %
	energetisch	833.000	27 %	13 %
	unbekannt (Handel)	451.000	29 %	4 %
<b>Gesamt</b>		<b>5.307.000</b>	100 %	100 %

Bei der Rindenverwertung unterscheiden sich die beiden Sägewerkskollektive teilweise deutlich. Der größte Unterschied liegt dabei bei der energetischen Verwertung der Rinde im eigenen Werk. Während die Großsägewerke mit 61 % mehr als die Hälfte des gesamten Rindenaufkommens energetisch nutzen, verwerten die kleineren Sägewerke lediglich 9 % der Rinde auf diese Weise. Bei den kleinen und mittelgroßen Sägewerken spielt hingegen der Verkauf der Rinde mit 83 % eine entscheidende Rolle. Die drei Verkaufsverwendungen energetisch (22 %) und unbekannt/Handel (21 %) verteilen sich dabei annähernd gleich, während die stoffliche Nutzung (40 %) als Rindenmulch die größte Bedeutung hat. In der aktuellen Umfrage wurde aufgrund der Erfahrungen aus der letzten Befragung 2018 die Verwertung „Sägen in Rinde“ in den Fragenkatalog mit aufgenommen. Die im Vorgängerbericht geäußerte Vermutung, dass dieses Sortiment mit 9.000 m<sup>3</sup> (Wert 2018) unterrepräsentiert sei konnte mit der aktuellen Auswertung bestätigt werden. Somit nahm der Anteil gegenüber dem Jahr 2018 um 6 % auf 8 % zu. Von rund 28.000 Fm Rundholz verbleibt die Rinde im Wald. Die Anlieferung im Werk erfolgt entrindet.

Tabelle 13: Verwertung der Rinde in m<sup>3</sup> und %-Anteilen (getrennt nach Sägewerksgröße).

Verwertung Rinde	Menge [m <sup>3</sup> ]	Anteil kl. Säger	Anteil Großsäger
eigene energetische Verwertung	577.000	9 %	61 %
Verkauf energetisch	95.000	22 %	4 %
Verkauf stofflich	336.000	40 %	25 %
Verkauf Handel	151.000	21 %	10 %
Sägen in Rinde	23.000	8%	0 %
<b>Gesamt</b>	<b>1.182.000</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

## 2.2.6 Preissituation bei den Nebenprodukten

Die Preisentwicklung in den letzten Jahren war im Jahr 2014 zunächst durch einen starken Rückgang der Preise geprägt. Ein warmer Winter mit geringer Pelletproduktion und ein gleichbleibend hohes Aufkommen an Sägeresthölzern aus den Sägewerken waren die Hauptgründe dafür. Das hohe Ausgangspreisniveau erhöhte zudem die Importtätigkeit, was den inländischen Absatz zusätzlich reduzierte. Preisreduktionen von 17 % bzw. 30 % bei Hackschnitzeln bzw. Sägespänen waren die Folge. In den Folgejahren stabilisierten sich die Preise und zeigten bis zum Jahresbeginn 2019 auch wieder eine leicht positive Tendenz, u.a. durch den Aufbau von überdurchschnittlich hohen Rohstofflagern bei den Verbrauchern. Dann jedoch fielen die Preise wieder stark. Eine verhaltene Pelletproduktion und ein hohes Industrieholzangebot reduzierte die Nachfrage und damit die Preise bei Sägespänen und Hackschnitzeln (EUWID 1/2020). Eine weiterhin hohe Einschnittstätigkeit traf auf einen geringen Absatz aufgrund einer Produktionsreduktion bei Pellets und Spanplatten, was eine weitere Absenkung der Preise nach sich zog (EUWID 2/2020). Im Vergleich zum Vorjahr fielen die Preise um 50-60 %, was in etwa dem Preis für Sägeresthölzer des Jahres 2002 entsprach (EUWID 3/2020). Im 4. Quartal des Jahres 2020 hat sich die Preisentwicklung etwas beruhigt. Saisonbedingte Produktionssteigerungen bei der Pelletproduktion auf der Nachfrageseite haben u.a. dazu beigetragen (EUWID 1/2021).

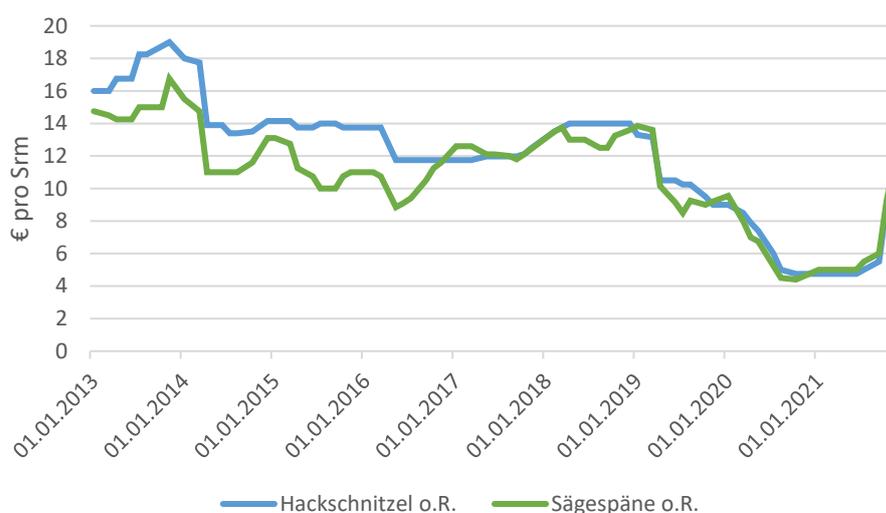


Abbildung 18: Preisentwicklung von Sägenebenprodukten seit 2013 (Quelle: EUWID 2/2021)

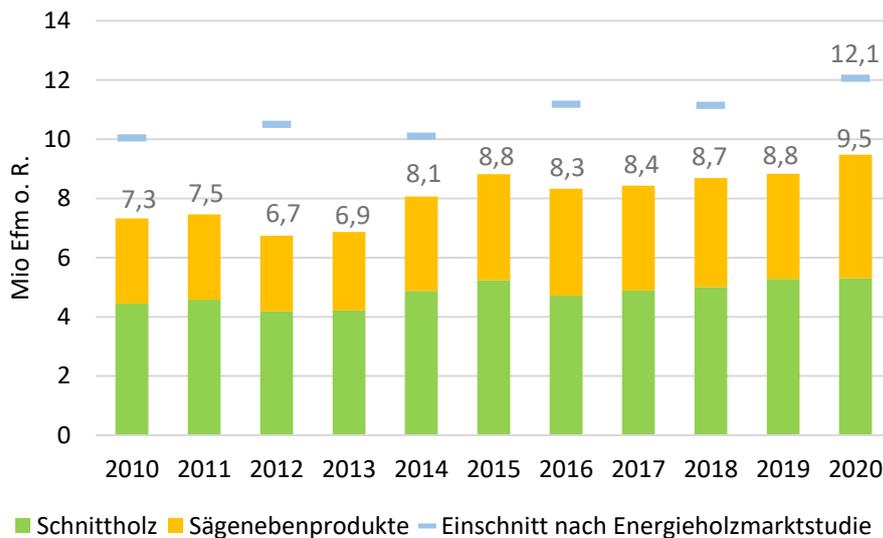
Insgesamt war die im Berichtsjahr beobachtete Preisentwicklung bei den Sägeresthölzern stark von den überdurchschnittlich hohen Einschnittsmengen der Sägewerke getrieben. Produktionsstillstände

auf Abnehmerseite verstärkten das Überangebot und führten zu hohen Lagerbeständen und sehr niedrigen Preisen. Aktuell hat sich der Markt etwas beruhigt, was mit einem Anstieg der Marktpreise einherzugehen scheint (Abbildung 18).

## 2.2.7 Diskussion

### *Einschnittsvolumen und Schnittholzproduktion*

Das gesamte Einschnittsvolumen der bayerischen Sägeindustrie lag im Jahr 2020 bei 13,42 Mio. Fm m. R. Das entspricht einer Zunahme von 940.000 Fm gegenüber dem Berichtsjahr 2018.



**Abbildung 19: Entwicklung des Einschnitts in den Sägewerken mit 10 und mehr Beschäftigten (Quelle: BLFS 2021A) im Vergleich zum Gesamteinschnitt nach den Studien zum Energieholzmarkt.**

Diese Zunahme ist auch beim Einschnitt der größeren Sägewerke erkennbar (Abbildung 19). Dieser positive Trend ist auf einen verstärkten Nadelholzeinschnitt zurückzuführen. Die Menge an produziertem Laubschnittholz nahm seit 2016 hingegen um 21 % ab. Die Abnahme betrifft auch den Einschnitt der großen Laubholzsägewerke mit 10 und mehr Beschäftigten. Diese unterschiedlichen Entwicklungen beim Nadel- und Laubholz sind v.a. das Ergebnis unterschiedlicher Nachfrageentwicklungen und angefallener Schadh Holz mengen. So herrschte zunächst zu Beginn des Jahres mit dem Ausbruch der Corona-Pandemie große Unsicherheit bei den Unternehmen. Betriebliche Einschränkungen hatten innerhalb der Branche unterschiedliche Auswirkungen. Der starke Bausektor und Heimwerkermarkt sorgte Mitte des Jahres für eine hohe Nachfrage, sodass die Sägeindustrie im Laufe des Jahres von der Krise zunehmend profitieren konnte. Diese positive Ertragslage wurde von einigen Betrieben zur Umsetzung weiterer Investitionen genutzt. Der Laubholzmarkt litt hingegen stark unter einem corona-bedingten Nachfragerückgang und konnte sich erst gegen Ende des Berichtsjahres wieder erholen (DESH 2021).

Die deutschlandweite Entwicklung der Einschnitt- und Produktionsmengen zeigt sich auch in der Entwicklung der produzierenden Betriebe Bayerns. Gegenüber 2018 nahmen die Anteile der Laubholzsägewerke in Bayern um 3 %, gemessen an der Anzahl der Betriebe ab. D.h. die beobachteten Betriebsaufgaben treffen vermehrt die Laubholzsägewerke. Die Anzahl an Nadelholz- und Mischsägewerke nahm in Relation etwas weniger stark ab. Des Weiteren führten Dürre und Borkenkäferkalamitäten auch im Jahr 2020 zu einem hohen Schadh Holz aufkommen, das die Sägeindustrie zusätzlich zu einer

Ausweitung der Produktion, insbesondere beim Nadelholz veranlasste. Auf die hohe in- und ausländische Nachfrage konnte demnach reagiert und die inländische Schnittholznachfrage vorrangig bedient werden (DESH 2021).

Die hier erhobene Einschnittmenge von 12,1 Mio. Efm o. R. übersteigt das Aufkommen von Stammholz nach der Holzeinschlagstatistik um 2,66 Mio. Diese große Differenz mag zum Teil auf nicht erfasste Mengen des Holzeinschlags zurückzuführen sein. Zum großen Teil geht dies aber auf Zuflüsse von Rundholz nach Bayern zurück. Beim Nadelholz beträgt die Differenz zwischen Einschnitt und Einschlag 2,16 Mio. Efm o. R. Im Jahr 2020 gab es beim Nadelholz einen Importüberschuss an Sägerundholz von 0,44 Mio. Fm. Somit bleibt dort eine Differenz von 1,7 Mio. Fm. Diese dürfte zum großen Teil auf Zuflüsse von Nadelstammholz aus den Hauptschadensgebieten in einigen nördlichen Bundesländern beruhen. Die großen Sägewerke in Bayern haben sich über Bahntransporte in erheblicher Menge mit Rundholz aus diesen Gebieten versorgt.

Insgesamt zog sich der positive Trend in den Produktionsmengen weiter bis ins Jahr 2021, sodass im ersten Halbjahr 2021 15 % mehr Schnittholz produziert wurde als im Vorjahr (DESH 2021). Die weiterhin hohe Nachfrage nach Schnittholz im In- und Ausland hatte einen starken Preisanstieg zur Folge. Laut Statistischen Bundesamt (DESTATIS 2021b) erhöhten sich die Preise für Schnittholz bis zum April 2021 um 35,7 % gegenüber dem Vorjahresmonat. Dies hatte zur Folge, dass im Jahr 2021 vielfach von Holzknappheit die Rede war, was jedoch die Einschlags- und Produktionsstatistiken für Deutschland oder Bayern nicht bestätigen konnten. Festzuhalten ist jedoch, dass der regionale Schnittholzmarkt von globalen Lieferketten abhängig ist. Die Verschiebung solcher Lieferketten führte insbesondere im Jahr 2020 zur beobachteten Preis- und Mengenentwicklung beim produzierten Schnittholz.

Wie schon in den Vorjahresberichten beobachtet, schreitet bei den Sägewerken der Konzentrationsprozess voran. Im aktuellen Berichtsjahr schnitten Sägewerke > 200.000 Fm etwa 73,1 % des gesamten Einschnitts ein. Im Jahr 2018 lag dieser Wert noch bei 70,3 %.

Die ermittelten Betriebsaufgaben sind bei den Nadelholz- und Mischsägewerken insbesondere vom Einschnittvolumen abhängig. Bei den Laubholzsägewerken ist dieser Trend so nicht zu erkennen. 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.

Mit den gestiegenen Schnittholz mengen verzeichnen auch die Sägenebenprodukte einen Anstieg bei den Aufkommensmengen gegenüber dem Jahr 2018. Die Mengenverhältnisse der anfallenden Nebenprodukte entsprachen in etwa den Anteilen, wie sie auch schon 2018 bestanden. Bei der Verwendung sank die Weiterverarbeitung für eine stoffliche Nutzung gegenüber 2018 und der Verkauf für eine energetische Verwendung nahm zu. Die Anteile der anderen Verwertungswege blieben nahezu unverändert.

## 2.3 Pelletproduktion

### 2.3.1 Methode

Alle in Bayern ansässigen Pelletproduzenten wurden Mitte 2021 schriftlich eingeladen, an einer Erhebung mittels Fragebogen teilzunehmen. Von den 15 Herstellern gaben neun Unternehmen Auskunft zur Produktionskapazität der bayerischen Standorte sowie zu den erzeugten Tonnagen im Betriebsjahr 2020. Die übrigen sechs Unternehmen waren auch nach weiterer schriftlicher oder telefonischer Kontaktaufnahme nicht bereit, an der Umfrage teilzunehmen. Für vier dieser Unternehmen konnten die Produktionsmengen im Jahr 2020 einer Veröffentlichung des Print- und Online-Journals Holzkurier entnommen werden (HOLZKURIER 2022A). Diese deckten sich weitgehend mit den Umfragerückläufen zum Energieholzmarktbericht 2018, so dass davon ausgegangen werden kann, dass an diesen Standorten keine Erweiterung der Produktionskapazitäten zwischen 2018 und 2020 stattfand. Ein weiterer Hersteller wurde über den Umfragerücklauf 2018 abgebildet und ein Unternehmen (Produktionskapazität kleiner 25.000 Tonnen) wurde über Literaturquellen abgeschätzt (DÖRING 2012).

### 2.3.2 Pellethersteller und Pelletproduktion

Mit einer Gesamtmenge von 3,1 Mio. Tonnen war Deutschland 2020 wiederholt mit Abstand der größte Pelletproduzent in der Europäischen Union, die im weltweiten Ranking nach China auf Platz zwei steht, gefolgt von den USA und Kanada (DEPI 2022, BIOENERGY EUROPE 2019, BIOENERGY EUROPE 2021). Von der Produktion in Deutschland wurden 2,24 Mio. t im Inland verbraucht. Die Differenz wurde exportiert, insbesondere nach Italien, Frankreich, Österreich und Dänemark (DESTATIS 2022A). Diese Länder sind Nettoimporteure für deutsche Pellets. Die Produktionskapazität in Deutschland beträgt 3,40 Mio. t jährlich.

In Bayern wurden im Jahr 2020 an 15 Standorten Holzpellets in einem Umfang von 1,20 Mio. Tonnen produziert. Die Gesamtproduktionskapazität lag Ende des Jahres 2020 bei 1,36 Mio. Tonnen bei einer Auslastung von 88 %. Damit besitzt der Freistaat die deutschlandweit größte Produktionskapazität. 39 % der Holzpellets „Made in Germany“ kommen aus Bayern.

Im Vergleich zu 2018 ist das Pelletangebot um 280.000 Tonnen bzw. 30 % gestiegen (GÖßWEIN ET AL. 2020). Das liegt zum einen daran, dass die bestehenden Pressen etwas stärker ausgelastet wurden, zum anderen wurde die Produktionskapazität deutlich erweitert, wie etwa bei der Firma Schwaiger Holzindustrie GmbH & Co. KG in Hengersberg oder der Firma Holzwerke Weinzierl GmbH in Vilshofen. Darüber hinaus ging im Oktober 2018 im oberfränkischen Wunsiedel ein zweites Pelletwerk am Standort des bereits bestehenden Werkes der Wun Bioenergie GmbH in Betrieb. Investiert hat die Betriebsgesellschaft Wun Pellet GmbH, an der u. A. die BayWa beteiligt ist. Das neue Werk war 2020 mit vier Pressen und einer Produktionskapazität von 150.000 Tonnen pro Jahr ausgestattet. Im Jahr 2021 wurde das Werk um eine fünfte Presse erweitert.

Weitere drei Hersteller planen gemäß Umfragerücklauf in den kommenden Jahren den Ausbau ihrer Verarbeitungskapazitäten um insgesamt 180.000 Tonnen. Mit der Inbetriebnahme eines neuen Produktionsstandortes in Pressath durch die Ziegler Naturenergie ist im Oktober 2021 das Pelletangebot aus heimischer Produktion in Bayern sprunghaft gestiegen, denn die Jahresleistung dieses Werkes beträgt bereits in der ersten Ausbaustufe 225.000 Tonnen (HOLZKURIER 2022B).

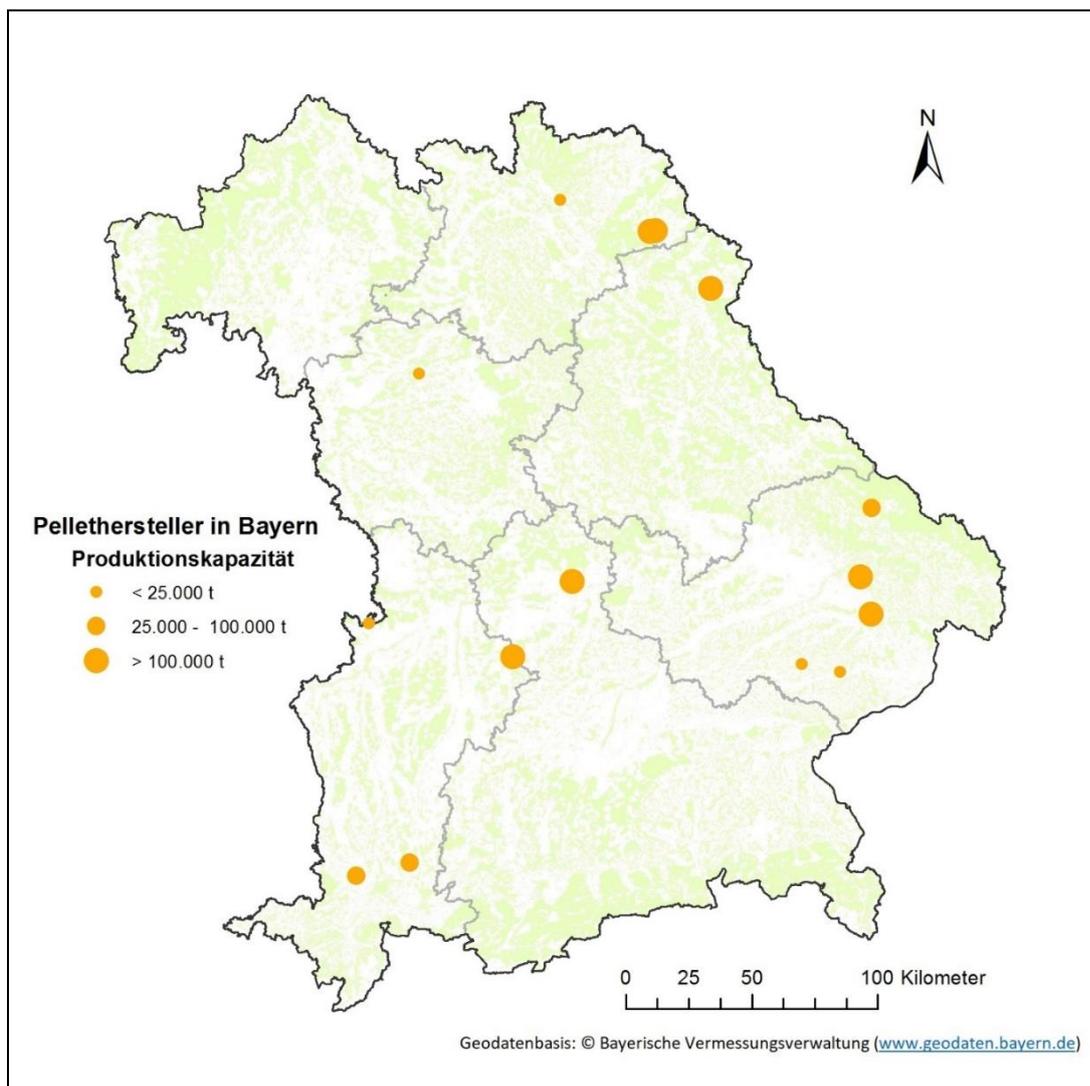


Abbildung 20: Karte der Pellettersteller 2020 in Bayern.

Sechs Pelletwerke mit einer Produktionskapazität in Summe von 860.000 Tonnen (Stand 2020) sind in Händen großer Sägewerke, die ihre anfallenden Sägenebenprodukte direkt vor Ort pelletieren. Die Weitererarbeitung der Späne zum Brennstoff Holzpellet ermöglicht der Holzwirtschaft, ihre Wertschöpfungskette im Bereich der Nebenprodukte deutlich zu erweitern. Auch die übrigen Hersteller verwenden nahezu ausschließlich Sägenebenprodukte als Rohstoffe. Meist fallen diese bei benachbarten Sägewerken an, die selbst keine Verarbeitungskapazität für Koppelprodukte aufgebaut haben.

Insgesamt ergibt sich bezüglich der Rohstoffversorgung bayerischer Pelletwerke im Jahr 2020 folgendes Bild: 58% der Rohstoffe stammen aus dem eigenen Sägewerk, 27 % werden von externen Sägewerken zugekauft und 12 % werden über das Handwerk oder den Handel bezogen. Zu geringen Mengen werden Holzpellet aber auch aus Waldrestholz und sonstigen Rohholzsortimenten produziert, die Waldbesitzer bzw. deren Vereinigungen bereitstellen. Diese Chargen dienen vor allem der Herstellung von sogenannten NawaRo-Pellets zur Stromerzeugung in EEG-Anlagen oder der Produktion von A2-Pellets für größere Pelletheizungen.

Anhand der erhobenen Daten ist davon auszugehen, dass 98 % der in Bayern produzierten Pellets nach ENplus A1 zertifiziert sind. Sechs Hersteller zertifizierten ihre Pellets sowohl nach ENplus als auch nach DINplus, keiner der befragten Betriebe gab jedoch an, ausschließlich DINplus als Zertifizierungssystem zu verwenden. Die Qualität der produzierten Pellets lag damit auch 2020 auf einem sehr hohen Niveau.

Seit etwa vier Jahren gibt es einen weiteren Pelletproduktions-Standard: HD und HD+ verspricht eine homogenere Längenverteilung der Pellets, wodurch die Förder- und Verbrennungseigenschaften der Pellets positiv beeinflusst werden sollen (HD-PELLETSTECHNOLOGIE 2019). Fünf bayerische Hersteller werben mit dem HD-Logo.

### 2.3.3 Pelletpreise

Die Entwicklung der Verbraucherpreise für Holzpellets wird von C.A.R.M.E.N. e.V. seit 2002 monatlich erhoben. Dabei werden deutschlandweit Preisdaten bei Pellethändlern abgefragt und ausgewertet. Im Schnitt nehmen monatlich ca. 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 Durchschnitt kosteten Holzpellets im Jahr 2020 in Deutschland 244 Euro je Tonne bei einer Liefermenge von 5 Tonnen. Wie in den Jahren zuvor lag das Preisniveau in Bayern mit etwa zwei Euro mehr je Tonne marginal über dem bundesweiten Durchschnitt. Zu welchem Preis Holzpellets eingekauft werden können, ist maßgeblich von der Bezugsmenge abhängig. Abbildung 22 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 DEUTSCHEN PELLETVERBAND (2020A und 2020B) betrug der Anteil der Pellets, die in Deutschland unter dem Siegel ENplus als Sackware vermarktet wurden, in den jeweiligen Quartalen des Jahres 2020 zwischen 20 und 28 %. Saisonale Preisschwankungen, wie sie in Abbildung 21 und Abbildung 22 zu erkennen sind, sind typisch für den Pelletmarkt, weshalb den Verbrauchern regelmäßig empfohlen wird, ihr Pelletlager in den Sommermonaten zu füllen.

Umgerechnet auf den Energiegehalt kostete im Jahr 2020 die kWh aus Holzpellets 4,98 Cent. Der regenerative Energieträger war damit rund 26 % günstiger als der Brennstoff Erdgas, wenn der Erdgaspreis für die Zwecke des Individualkonsums zu Grunde gelegt wird. Dieser war im Rückblick auf die vergangenen Jahre relativ konstant. Der Heizölpreis hingegen ist im Jahr 2020 ausgehend von einem mittleren Preisniveau in 2018 und 2019 aufgrund der Corona-Krise und den weltweit verhängten Lockdowns stark eingebrochen. Mit einem Tiefstwert von 4,07 Cent pro kWh war Heizöl über Monate hinweg im Jahr 2020 günstiger zu beziehen als Holzpellets. Produktionskürzungen bei den ölfördernden Ländern und die rasche wirtschaftliche Erholung Chinas sorgten zum Jahreswechsel 2020/2021 aber wieder für einen raschen Anstieg der Heizölpreise.

Die Pelletpreise waren über Jahre hinweg sehr stabil mit abnehmender Tendenz seit 2019. Der Großteil der Produktionskosten bei der Pelletherstellung ist von den Rohstoffpreisen (Sägespäne) abhängig, weshalb diese einen wesentlichen Einfluss auf die Endkundenpreise haben. Aufgrund deutschlandweiter Sturm-, Trocken- und Käferschäden von 2018 bis 2020 und damit einhergehender sehr hoher Schnittholzproduktion gab es ein massives Überangebot an Sägerestholz. Die Preise für die Nebenprodukte fielen im Jahr 2020 zeitweise um mehr als 50 % im Vergleich zum Vorjahr (EUWID 1/2020). Die Lager der Pellethersteller waren voll und die in den vergangenen Jahren nur moderat gewachsenen Absatzmärkte für Pellets gesättigt. Auch die Aufnahmefähigkeit der angrenzenden Importländer war begrenzt. Dieses Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage hielt bis Mitte 2021 an und änderte sich dann schlagartig gegen Ende 2021. Beinahe wie aus dem Nichts drehte sich der Markt um und der Preis für Pellets stieg auf ein bisher noch nie dagewesenes Niveau. Die Einflüsse hierfür werden im folgenden Kapitel diskutiert.

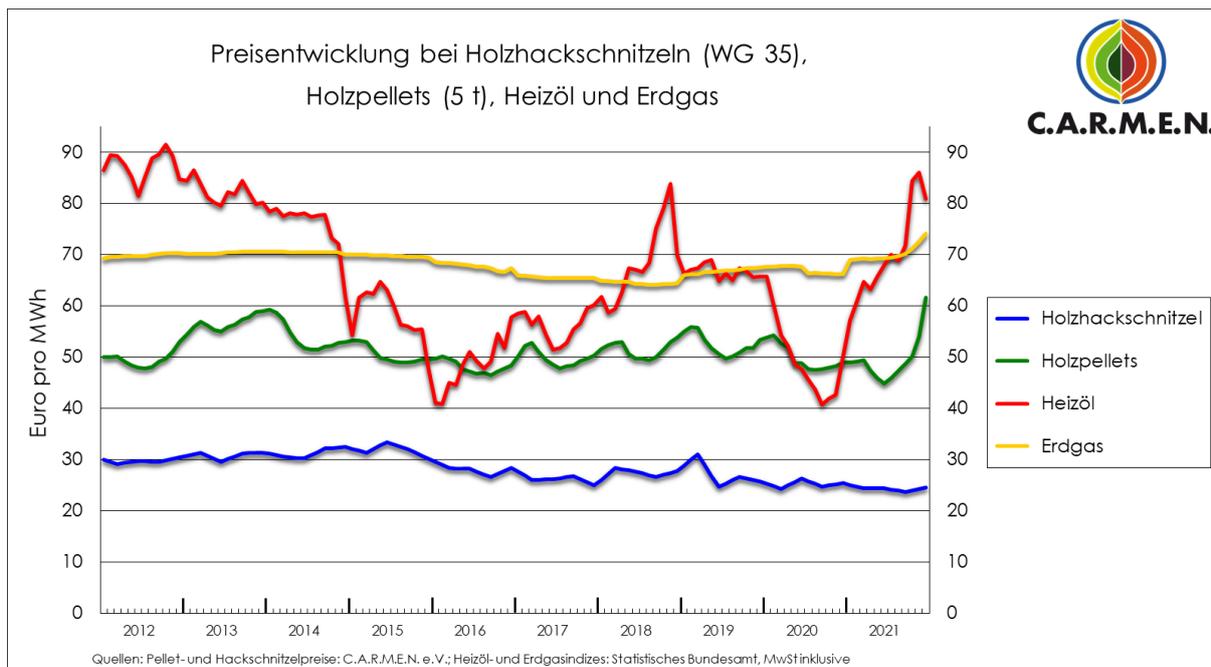


Abbildung 21: Preisentwicklung für Holzpellets, Heizöl und Erdgas (Bruttopreise; Datenquellen: Holzpellets: C.A.R.M.E.N. e.V. 2021A; Heizöl und Erdgas: Statistisches Bundesamt)

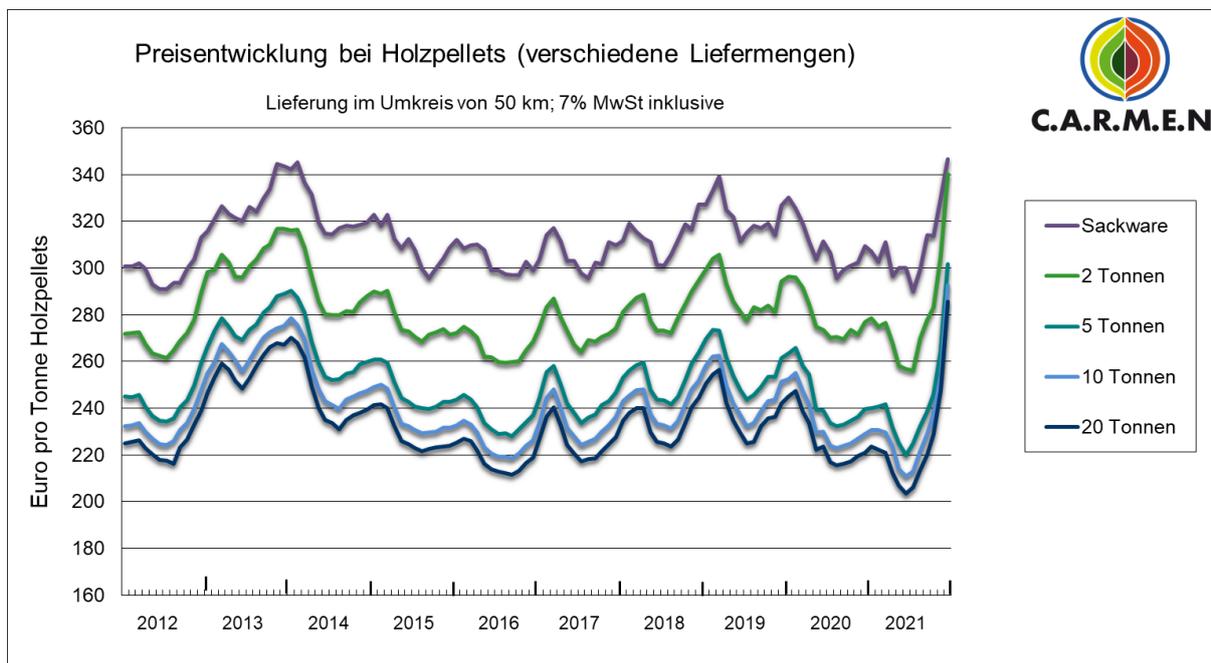


Abbildung 22: Preisentwicklung für Holzpellets bei verschiedenen Liefermengen, (Bruttopreise; Datenquellen: C.A.R.M.E.N. e.V. 2021B)

### 2.3.4 Fazit und Trends

Die Produktionsmenge in Bayern konnte im Jahr 2020 mit rund 1,2 Mio. Tonnen deutlich ausgebaut werden (vgl. GÖBWEIN ET AL. 2020). Die Mehrproduktion um 30 % im Vergleich zum Erhebungsjahr 2018 ist neben einer teilweise erhöhten Auslastung der bestehenden Pressen vor allem mit dem Zubau weiterer Produktionslinien in den Unternehmen und der Inbetriebnahme eines neuen Pelletwerkes in Wunsiedel zu begründen. Gegen Ende 2020 verfügte Bayern über eine Produktionskapazität von 1,36 Mio. Tonnen. Der Trend setzt sich fort, denn im Jahr 2021 gingen weitere Pressen mit einer Gesamtleistung von 265.000 Tonnen in Betrieb.

Sägeebenebeiprodukte, die nahezu die alleinige Rohstoffquelle für die Erzeugung von Holzpellets in Bayern bilden, waren wegen der intensiven Einschnitt-Tätigkeit der Sägewerke im Betrachtungszeitraum am Markt im Überangebot vorhanden, was auch 2019 zu stabilen Pelletpreisen und ab 2020 bis Mitte 2021 sogar zu leichten Preisnachlässen geführt hat. Unverändert hoch ist das Qualitätsniveau der Energiesticks. 98 % der produzierten Pellets konnten mit dem Zertifikat ENplus A1 vermarktet werden. In Verbindung mit dem neuen Produktionsstandard HD+ machen die Pellethersteller nochmals Fortschritte in Richtung eines störungs- und emissionsarmen Betriebs kleiner Pelletfeuerungen.

Der heimische Pelletmarkt ist noch immer sehr regional geprägt. Deutschlandweit betrachtet spielt sich der Import und Export weitestgehend innerhalb der EU ab. Dabei gehen die Warenströme des regenerativen Brennstoffes kurze Wege, d.h. der Absatzmarkt im Nachbarland liegt unter Umständen näher als innerdeutsche Märkte. Laut statistischem Bundesamt (DESTATIS 2022A)) werden in geringem Umfang Pellets aus Dänemark, Polen, Belgien, Ukraine, Russland, Österreich, Tschechien und Niederlande (2020: ca. 302.000 Tonnen) importiert. Hauptabnehmer im Ausland für deutsche Pellets sind Italien, Frankreich, Österreich, Dänemark, Schweiz, Belgien und Niederlande (2020: ca. 808.000 Tonnen). Mit einem Exportüberschuss von rund 600.000 Tonnen konnte sich Deutschland 2020 somit zu 100 % selbst versorgen, wie regelmäßig seit den Anfängen dieses Brennstoffmarktes vor rund einem Vierteljahrhundert. Es wurde stets mehr produziert als inländisch verbraucht.

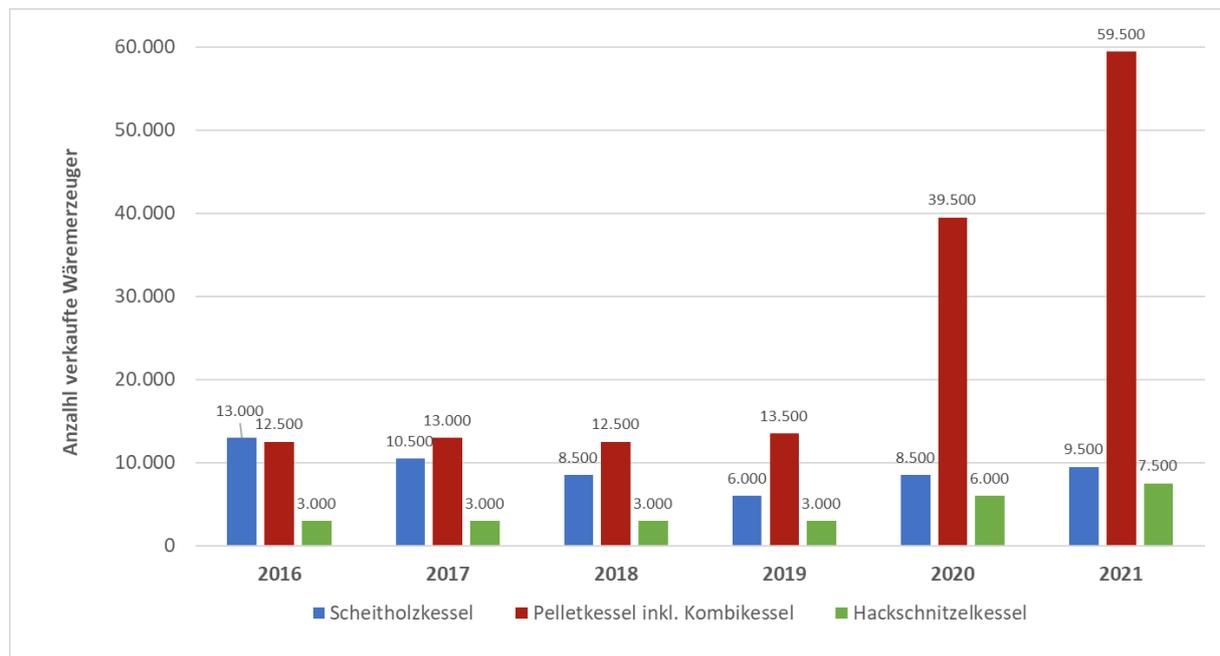
Weltweit gesehen ist eine große Dynamik und Internationalisierung der Märkte zu beobachten. Länder wie Großbritannien, Niederlande, Dänemark und Belgien importieren große Mengen Industriepellets aus Kanada, den USA und Russland, um über die Verbrennung in Kohle-Kraftwerken die Treibhausgasemissionen zu verringern. Sie machen damit die Europäische Union nicht nur zum zweitgrößten Pelletproduzenten, sondern weltweit auch mit Abstand zum größten Verbraucher mit den höchsten Importraten. Neben Europa wurden auch Südkorea und Japan innerhalb kurzer Zeit zu marktrelevanten Pelletverbrauchern, die unterstützt durch nationale Entwicklungspläne auf Verstromung von Holzpellets in Kraftwerken setzen. Dieser asiatische Importmarkt wird in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter stark wachsen. Die USA, Russland und die baltischen Staaten stehen hier als Lieferanten bereit (BIOENERGY EUROPE 2021).

Pelletfeuerungen in Privathaushalten sind nach wie vor die größten Verbraucher in Deutschland. Gleiches gilt für das Land Bayern, für das der Bericht einen Gesamtpelletverbrauch von 604.000 Tonnen bzw. 654.000 Tonnen im Jahr 2020 ausweist (vgl. Tabelle 19 und Tabelle 25). Der Produktionsüberschuss in Bayern beträgt somit 546.000 Tonnen. Abnehmer der Pellet in Bayern sind zu

- 54 % Privathaushalten
- 37% in Anlagen > 50 kW im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD)
- 9 % in Feuerung > 1 MW bzw. KWK-Anlagen

In den Jahren vor 2020 zeigen Marktzahlen des Bundesverbands der deutschen Heizungsindustrie zwar einen stetigen, aber nur verhaltenen, Zubau an Pelletheizungen (siehe Abbildung 23: Marktentwicklung Wärmerezeuger in Deutschland: Biomassekessel. Bundesförderprogramme lösten ab 2020 einen Absatzboom aus (BDH 2022, eigene Darstellung)Abbildung 23). Die ordnungspolitischen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen setzten keine erhöhten Anreize, um Bürger und Unternehmen dazu zu bewegen, im Neubau wie auch im Gebäudebestand vermehrt auf regenerative Energieträger zu setzen. Eine wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit von Holzpellettheizungen im Vergleich zu fossilen Heizsystemen war selten gegeben.

Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 vom 09.10.2019 und dem am 18.12.2019 in Kraft getretenen Klimaschutzgesetz, das später noch nachgeschärft wurde, haben sich jedoch die Vorzeichen geändert. Das Ziel eines bis 2045 nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes wurde ausgerufen und dem Sanierungsstau in deutschen Heizungskellern wurde der Kampf angesagt. Mit heißer Nadel gestrickt, trat Anfang 2020 das Förderprogramm „Heizen mit Erneuerbaren Energien“ in Kraft, das beispielsweise Pelletkessel oder Wärmepumpen mit 45 % bezuschusste, sofern Heizölkessel getauscht werden. Fördersätze bis zu 55 % der förderfähigen Investitionskosten reicht der Staat seit 2021 für Holzheizungen im Nachfolgeprogramm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ aus. Zusammen mit der im Jahr 2021 eingeführten CO<sub>2</sub>-Bepreisung fossiler Energieträger und der Vorgabe im Gebäudeenergiegesetz, dass Heizölkessel ab 2026 nur bei Einbindung eines regenerativen Energieträgers erlaubt sind, hat die ambitionierte Förderpolitik zu einem enormen Schub bei der Heizungsmodernisierung geführt. Wie Abbildung 23 zeigt, sind die Verkaufszahlen für Pelletheizungen von 2019 auf 2021 sprunghaft um das 4,5-fache gestiegen.



**Abbildung 23: Marktentwicklung Wärmerezeuger in Deutschland: Biomassekessel. Bundesförderprogramme lösten ab 2020 einen Absatzboom aus (BDH 2022, eigene Darstellung)**

Entsprechend erhöhte sich die inländische Nachfrage nach Holzpellets ab dem Jahr 2021 aus dem Haushaltssektor spürbar. Aber auch der GHD-Sektor und die Industrie müssen ihre Wärmeversorgung dekarbonisieren und haben den Energieträger Holz im Fokus. Daher ist zu erwarten, dass es in den kommenden Jahren zu einer deutlichen Steigerung des Absatzmarktes kommen wird. Parallel zur Nachfrage steigt das Angebot und zwar in ganz Westeuropa. CHRISTIAN RAKOS von ProPellets Austria

sagt im Statistical Report Pellets 2021 von Bioenergie Europa in den kommenden Jahren eine „Welle von Investitionen in Pellet-Produktionsanlagen in Österreich, Deutschland und Frankreich“ vorher (BIOENERGY EUROPE 2021). Ob die Angebotsseite in Westeuropa mit den wachsenden Pelletmärkten mithalten kann, bleibt fraglich. Für Deutschland geht der DEPV davon aus, dass der Exportanteil aufgrund der hohen inländischen Nachfrage zukünftig zurückgehen wird, die heimische Pelletindustrie aber den kleinstrukturierten Wärmemarkt im Inland auch weiterhin gut mit qualitativ hochwertigen Pellets versorgen kann (DEPV 2021). Das heißt aber auch, dass Länder wie Italien, der zweitgrößte Pelletverbraucher in Europa mit geringer Selbstversorgungsrate, neue Marktpartner erschließen müsste. Denkbar ist ein insgesamt verstärktes Export- wie auch Importaufkommen sowie erhöhte grenznahe Warenströme.

Mit Spannung wird erwartet, wie sich der Ausstieg aus der Kohleverstromung bis 2038 und das Ziel der Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung auf den Pelletmarkt auswirken wird. Der heimische Pelletmarkt würde diese Brennstoffmengen definitiv nicht bereitstellen können. Sollte Deutschland den Weg gehen, die teilweise Umrüstung der Kohle- und Gaskraftwerke auf Industriepellets zu fördern, wird der Bund - wie seine Nachbarländer im Norden und Nordwesten bereits seit vielen Jahren - im großem Maße von Importen abhängig werden. Der Fachverband Holzenergie und das Deutsche Biomasseforschungszentrum stehen dieser möglichen Entwicklung kritisch gegenüber. Damit würde u. A. die Gefahr der Überschreitung weltweiter Nachhaltigkeitsgrenzen in Wäldern steigen, da nicht in allen Ländern der Erde ausreichend funktionierende Governance-Strukturen im Forstsektor etabliert sind, die die Waldnutzung unter Nachhaltigkeitsaspekten kontrollieren (FVH 2021, DBFZ 2021). Zudem sind aus Gründen der gebotenen Energieeffizienz Standorte für thermische Kraftwerke, die nur eine unzureichende Kraft-Wärme-Kopplung gewährleisten können, nicht zukunftsweisend – egal, ob mit fossilem oder holzartigem Brennstoff betrieben.

Die deutsche Öffentlichkeit reagiert seit einigen Jahren sehr sensibel auf die hohen Pelletimporte in die Europäische Union. Sie differenziert dabei nicht zwischen dem Brennstoffbedarf der KWK-Anlagen großer Energieversorger in den Nachbarländern und dem bisher rein wärmeorientierten Pelletmarkt im Inland mit positiver Außenhandelsbilanz. Die Frage nach der Nachhaltigkeit von Holzpellets aus dem Ausland beschäftigt NGOs gleichermaßen wie Hausbesitzer. Für die Akzeptanz des Brennstoffes bei den Verbrauchern spielen allerdings die Versorgungssicherheit und die Preisstabilität der Pellets die größere Rolle. Bisher war die Preiskontinuität bei Pellets ein schlagkräftiges Argument, das jedoch mit der Preisexplosion zum Jahreswechsel 2021/2022 ins Schwanken geriet. Im Januar 2022 kostete die Tonne Pellets bei einer Abnahmemenge von 5 Tonnen durchschnittlich 381 Euro, was einem Preis von 7,8 Cent pro kWh entspricht. Die Gründe für den plötzlichen Umschwung vom Angebotsmarkt hinzu einem Nachfragemarkt mit Knappheit sind vielfältig, mit zum Teil deutlichen Überlagerungseffekten. Zum Tragen kommen die allgemeine hohe Inflationsrate im zweiten Jahr der Corona-Pandemie und der durch die Gasknappheit ausgelöste Preisanstieg bei allen Energieträgern. Das lange kalte Frühjahr und der frühe Wintereinbruch im letzten Jahr führte in Kombination mit der großen Anzahl neu installierter Pelletheizungen zu einer deutlich höheren Nachfrage als in den vergangenen Jahren, so dass sich die Vorratslager bei den Herstellern zum Winter hin nicht füllten. Gleichzeitig unterlag die Nachfrage nach Bauholz im Jahr 2021 sehr großen Schwankungen, so dass die Sägewerke nach einer enormen Schnittholznachfrage aus dem Ausland im Frühjahr 2021 ihre Einschnitttätigkeit Mitte des Jahres wieder drosselten. Sägenebenprodukte waren wie alle Holzenergie-Sortimente zum Jahreswechsel 2021/2022 ein sehr knappes Gut. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung ist noch nicht abzusehen, ob der extreme Anstieg des Pelletpreises aus einem über viele Jahre niedrigem Niveau heraus ein singuläres Ereignis darstellt und wo sich in Folge das Preisniveau einpendeln wird. Vieles weist darauf hin, dass geopolitische Ereignisse langfristige Auswirkungen auf alle Brennstoffpreise haben werden.

## 2.4 Altholz

Primäres Ziel von innovativen Verwertungskonzepten von Altholz ist eine wiederholte, kaskadische und stoffliche Nutzung des Rohstoffes. Damit kann eine größtmögliche Ressourcenschonung erreicht werden. In Deutschland ist diese Nutzung von Altholz durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG 2012) und die Altholzverordnung geregelt (AltholzV 2002). Anfallendes Altholz wird zur besseren Verwertung in vier Klassen (A I bis A IV) eingeteilt, die nachfolgend näher beschrieben sind (AltholzV 2002):

- 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 ist PCB-Altholz;

Für eine stoffliche Weiterverwertung kommen demnach nur die Klassen I bis III in Frage. In Klasse III ist noch eine zusätzliche Aufbereitung notwendig.

Grundsätzlich setzt sich Altholz aus Industrierestholz und Gebrauchtholz zusammen (§ 2 AltholzV). Dabei müssen beide Sortimente zu mindestens 50 % aus Holz bestehen, um als Altholz klassifiziert zu werden. Industrierestholz sind Holzreste, die während der Produktion von Holzwaren in den holzbe- oder -verarbeitenden Betrieben anfallen. Das Industrierestholz ist damit den einzelnen Altholzklassen sehr leicht zuzuordnen, weil die Produktionsschritte bis zur Entstehung bekannt sind. Unter Gebrauchtholz werden Güter zusammengefasst, die schon einmal beim Endkunden in Gebrauch waren und nun recycelt werden sollen. In diesem Kapitel soll das Aufkommen dieses Gebrauchtholzes beschrieben werden.

### 2.4.1 Effizienz der Altholzsammlung

Die erwähnte, ressourcenschonende und optimale Verwendung des Altholzes ist auf ein effizientes Sammlungs- und Verwertungssystem angewiesen. Um ein solches System zu etablieren, sind umfangreiche und möglichst detaillierte Informationen über die Stoffströme des anfallenden Altholzes notwendig. Aufgrund eines wenig transparenten Marktes sind jedoch solche Informationen kaum verfügbar. Studien zu Altholzströmen, darunter auch die Energieholzmarktberichte beginnen ihre Analysen meist erst bei den Aufbereitungs- und Entsorgungsbetrieben (GÖRWEIN ET AL. 2020, DÖRING ET AL. 2018A). 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 (s.a. BAUER 2016). Eine Studie der LWF („Effizienz der Altholzsammlung“) widmete sich dieser Informationslücke bei der Ersterfassung von Altholz. Wesentliche Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus dem Projekt werden hier zusammengefasst dargestellt.

Zunächst konnte in der Studie ein Zusammenhang zwischen den verschiedenen Abgabeorten und den erhobenen Kosten der Altholzentsorgung festgestellt werden. Die Abgabe von Altholz ist grundsätzlich

bei (1) Wertstoffhöfen der Landkreise und Kommunen, (2) anderen kommunalen Stellen oder (3) externen, privatwirtschaftlichen Unternehmen möglich. Die kommunalen Wertstoffhöfe sind dabei die günstigste Möglichkeit der Altholzentsorgung. Privatwirtschaftliche Unternehmen hingegen stellen über die Landkreise hinweg den teuersten Entsorgungsweg dar. Die in der Studie geführten Interviews der Marktteilnehmer bestätigten diese Beobachtung.

Die Betrachtung der Entsorgungsmengen ergab ebenfalls einen Unterschied zwischen den einzelnen Abgabemöglichkeiten. Im Vergleich werden die größten Mengen an Altholz der Klassen I-III zu den (meist) gebührenfreien Wertstoffhöfen gebracht. Mit der Schaffung kostenfreier bzw. kostengünstiger Entsorgungsmöglichkeiten kann ein Anreiz erzeugt werden, das anfallende Altholz sachgemäß zu entsorgen. Eine optimalere und effizientere Weiterverwendung des Rohstoffes kann dadurch besser gelingen.

Neben der Preisgestaltung bei den Entsorgungsgebühren kann auch das alleinige Angebot von Entsorgungsstationen einen Einfluss auf das Entsorgungsverhalten haben, was v.a. in den Interviews mit den Marktteilnehmern deutlich wurde.

Interessant war das Vorhandensein der verschiedenen Entsorgungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der Bevölkerungsdichte. So wurde im großstädtischen Bereich das Altholz zu hundert Prozent 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 I-III betreffenden Ergebnisse sind jedoch nicht direkt auf die Altholzkategorie 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 IV scheint es gerade hier sinnvoll, ein flächendeckendes und kostengünstiges Entsorgungsangebot zu etablieren.

Bei der Entsorgung und Verwertung des Altholzes bei den Betrieben hat sich eine Tendenz zur Selbstverwertung gezeigt, die entweder schon durchgeführt wird oder in Planung ist. Laut Döring et al. (2018) ist die innerbetriebliche energetische Altholznutzung auch bei den Entsorgern seit 2010 stark gestiegen. Gründe hierfür könnten die hohen Entsorgungskosten für Altholz und der Anspruch auf eine alternative Energieversorgung sein.

Die in der Studie gefundenen Zusammenhänge und Entsorgungsgewohnheiten zeigen ein deutliches Potenzial zur Ausgestaltung eines umfänglicheren und optimierten Altholz-Entsorgungssystems. Zur detaillierten Quantifizierung, strukturellen Bewertung und letztendlich der Einführung einer optimierten Entsorgung sind jedoch noch weitere Studien nötig.

## 2.4.2 Befragung der Altholzverwerter

Den in Bayern tätigen Altholzaufbereitungs und -verwertungsunternehmen wurde ein Fragebogen mit Fragen zu den aufbereiteten Altholzmengen, dem regionalen Verbleib und auch den Verwertungswegen des Altholzes zugesandt. Dabei wurde als Basis das Kollektiv an Unternehmen aus dem Vorgängerbericht verwendet (GÖßWEIN ET AL. 2020) und um einzelne Betriebe erweitert. Insgesamt wurden 177 Betriebe angeschrieben. Nach Abzug nicht zustellbarer Fragebögen und Rückmeldungen einzelner Betriebe wurde für Bayern die Zahl von 171 Betrieben ermittelt, die im Altholzrecycling tätig sind. Von diesen beantworteten 63 Betriebe den Fragebogen. Somit beträgt die Rücklaufquote 37 %. Es wurden die Mengen von zwei Großbetrieben aus den Vorjahresdaten fortgeschrieben und bei einem weiteren

Großbetrieb geschätzt, da es sich um marktrelevante Großbetriebe handelt. In Summe liegen damit auswertbare Daten von 63 Unternehmen vor. Die Betriebe, die bis zu einer Altholzmenge von 50.000 Tonnen atro erfassten, wurden in Klassen eingeteilt und über den Mittelwert hochgerechnet. Bei den Großbetrieben wird von einer Vollerhebung ausgegangen, weswegen hier keine weitere Hochrechnung stattfindet. Von insgesamt 99 Betrieben liegen Informationen zu den erfassten Altholz mengen aus den Umfragen der Energieholzmarktberichte seit 2014 vor. Daraus wurde die Größenstruktur der nicht antwortenden Betriebe abgeschätzt. Die so ermittelte Struktur der Branche ist in Tabelle 14 aufgetragen. Vom Marktvolumen werden die Mengen, die von anderen Altholzaufbereitern geliefert wurden, abgezogen, um Doppelzählungen zu vermeiden.

**Tabelle 14: Struktur der altholzsammelnden Betriebe.**

Betriebsklasse [t atro]	Anteil	Anzahl
0 - 1.000	36 %	60
1.001 - 10.000	48 %	80
10.001 - 20.000	9 %	15
20.001 - 50.000	6 %	10
über 50.000	1 %	6
<b>Summe</b>	<b>100 %</b>	<b>171</b>

### 2.4.3 Altholzaufkommen und Altholzverwendung

Das Handelsvolumen des gesammelten Altholzes wurde auf 1,56 Mio. Tonnen atro hochgerechnet. Der Großteil dieser Menge stammt zu 93,6 % mit 1,46 Mio. Tonnen fast ausschließlich aus Bayern. Die Altholz mengen aus den anderen Bundesländern und dem Ausland nehmen mit 6,2 % bzw. 0,2 % nur einen sehr geringen Anteil ein. Von dieser Altholzmenge wurden 0,20 Mio. Tonnen stofflich verwendet. 0,08 Mio. Tonnen wurden in andere Bundesländer verbracht und insgesamt 0,21 Mio. Tonnen exportiert. Die Altholzaufbereiter lieferten insgesamt 0,88 Mio. Tonnen zur energetischen Verwertung und 0,19 Mio. Tonnen wurden an andere Aufbereiter geliefert (Abbildung 24).

Das errechnete Handelsvolumen wurde für die Holzbilanz um die Menge reduziert, die zur Weiterverarbeitung an andere Altholzaufbereiter abgegeben wurde. Damit konnten Doppelzählungen von Altholz vermieden werden, das an mehreren Betrieben gehandelt wurde. Es ergab sich demnach eine real vorhandene Altholzmenge von knapp 1,38 Mio. Tonnen. Die Mengen aus den Privathaushalten, die in privaten Feuerungsanlagen verbrannt werden, beliefen sich in der Heizperiode der Jahre 2020/2021 in etwa auf 0,439 Mio. Fm bzw. 0,19 Mio. Tonnen atro Altholz. Aus den beiden Umfragen ergibt sich somit für das Altholzaufkommen in Bayern eine Gesamtmenge von 1,57 Mio. Tonnen atro.

Die bayerische Verwertung von Altholz macht 1,08 Mio. Tonnen aus. Die mehrheitliche Nutzung mit 0,88 Mio. Tonnen ist energetisch, davon werden 50,8 % innerbetrieblich verbrannt.

Das Landesamt für Umwelt (LFU 2022) beziffert das Aufkommen von Sperrmüll auf 358.000 Tonnen. Das Umweltbundesamt (UBA 2020) geht davon aus, dass der gesammelte Sperrmüll zu 45 % aus Altholz besteht. Somit ergibt sich ein Aufkommen an Altholz aus dem Sperrmüll von 129.000 Tonnen. Das Aufkommen von Altholz aus dem Sperrmüll geht allerdings nicht in die Holzbilanz dieses Berichts ein.

Das Umweltbundesamt (UBA 2021) führt Statistiken zur notifizierungspflichtigen grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen in Bayern. Eine Auswertung der Daten mit den Sortimenten, die Altholz

auflisten oder enthalten, ergibt einen Export von 45.000 Tonnen und einen Import von 254.000 Tonnen. Daraus ergibt sich ein Nettoimport von 209.000 Tonnen atro Altholz. Die Stoffströme mit dem Ausland haben sich damit gegenüber 2018 nahezu umgekehrt. Der Hauptmenge entfiel in beiden Jahren auf den Handel mit Österreich.

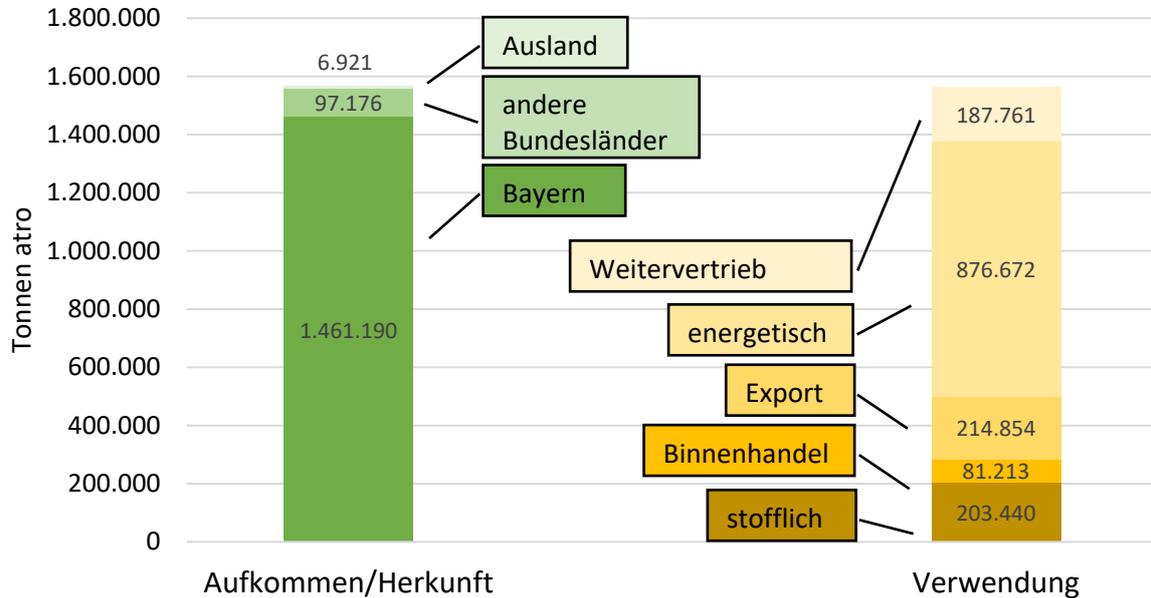


Abbildung 24: Die hochgerechnete Menge und die Verwertung von Altholz 2020.

## 2.4.4 Altholzentsorgungskosten

In der unter Abschnitt 2.4.1 beschriebenen Studie zur Effizienz der Altholzsammlung wurden u.a. die Entsorgungskosten für die verschiedenen Altholzsammelstellen erfasst. Dabei lagen die Entsorgungskosten für die Altholzklassen A I bis A III im Mittel über alle Altholzerfassungsstellen bei 21,30 € pro m<sup>3</sup>. Bei rund der Hälfte aller Sammelstellen kostete die Entsorgung der Klassen A I bis A III nichts.

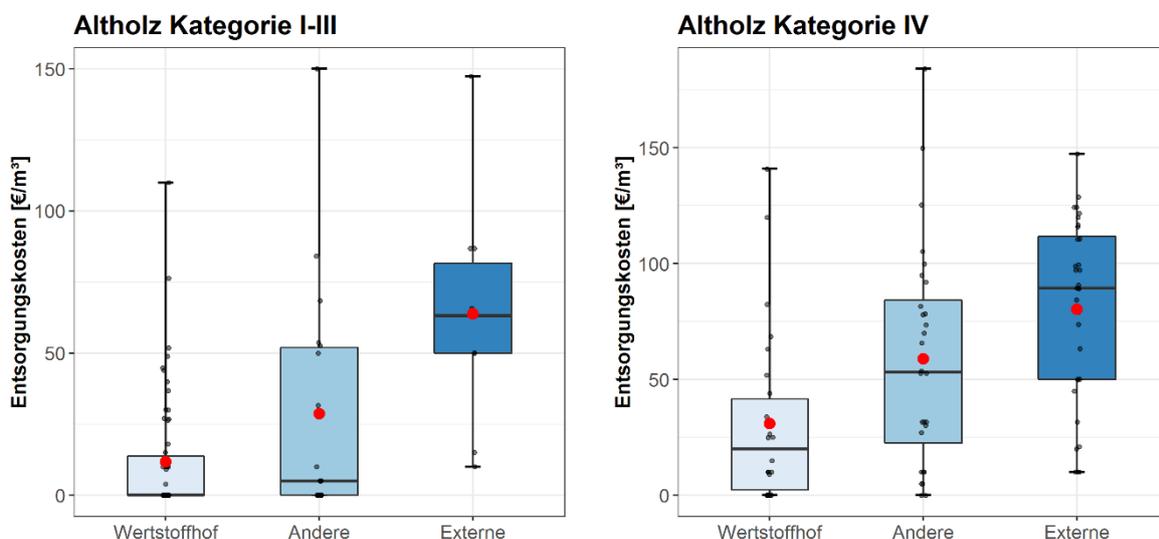


Abbildung 25: Entsorgungskosten (Stand: 2018) für Altholz nach Altholzklassen und Abgabeorte; Andere = andere kommunale Abgabestellen, Externe = private Entsorgungsunternehmen

Die höchsten Kosten wurden mit 150 € pro m<sup>3</sup> beziffert. Für die Altholzklasse A IV lagen die durchschnittlichen Kosten 3-mal so hoch bei 58,40 € pro m<sup>3</sup> und im Maximum bei 185 € pro m<sup>3</sup>. 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 25).

## 2.4.5 Diskussion

Um die Güte des Hochrechnungsverfahrens einschätzen zu können, werden die erfassten Altholzmen- gen des Bayerischen Landesamts für Statistik für 2020 herangezogen (BLFS 2022A). Das Landesamt für Statistik erhebt die Abfallmengen nach ihrer Herkunft, die von bayerischen Entsorgungsanlagen ange- nommen werden. Bei den Entsorgungsanlagen wird nach Sortieranlagen, Schredderanlagen, Feuer- ansanlagen und Übrige unterschieden. Wird z. B. Holz aus Bau- und Abbruchabfällen von einer Sor- tieranlage 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 die Ab- fallmengen aus der mechanischen Behandlung von Abfällen nicht berücksichtigt. Das Altholzaufkom- men bei den Entsorgungsanlagen betrug demnach 1,42 Mio. Tonnen lutro. Das größte Altholzaufkom- men stammt aus dem Bau- und Abbruch mit 45 % und von der Holzbearbeitung, Möbel- und Platten- herstellern mit 30 % (Abbildung 26) (BLFS 2022A). Letzteres zählt allerdings zu den Sägenebenproduk- ten und dem Industrierestholz und ist nicht das Gebrauchtholz, welches hier quantifiziert werden soll.

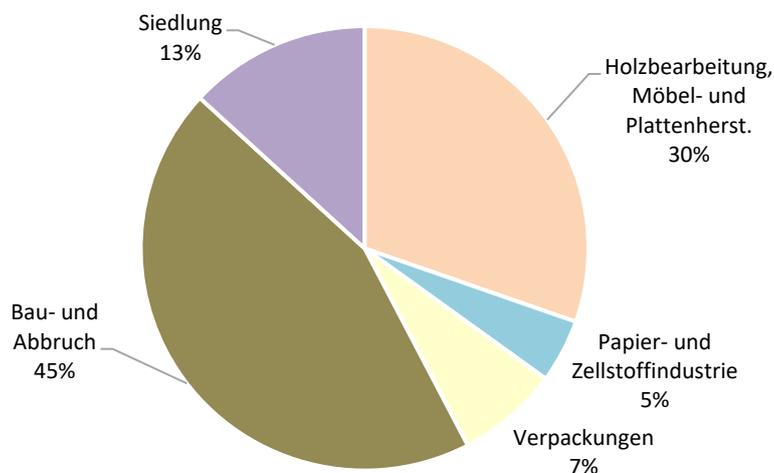


Abbildung 26: Herkunft des Altholzes, das 2020 in bayerische Abfallentsorgungsanlagen gelangte (BLFS 2022A).

Ohne die Mengen aus der Holzbearbeitung und aus der Papier- und Zellstoffindustrie beträgt das aus Bayern stammende Altholzaufkommen bei den Entsorgungsanlagen 807.000 Tonnen lutro bzw. 645.000 Tonnen atro. Die Altholzmenge aus Siedlungsabfällen aus Bayern wurde mit 157.000 Tonnen lutro beziffert. Diese Menge erscheint sehr gering, wenn sie mit der von den Kommunen gesammelten Menge von 351.000 Tonnen (LFU 2022) verglichen wird. Vermutlich handelt es sich bei der Differenz- menge um naturbelassenes Altholz, das an Feuerungsanlagen geliefert wird, die nicht der abfallrecht- lichen Überwachung unterliegen. Wird die Differenzmenge von 194.000 Tonnen lutro bzw. 155.000 Tonnen atro zur Menge der Entsorgungsanlagen hinzugerechnet, beträgt das Altholzaufkommen 800.000 Tonnen 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 (ohne Altholzverbrauch in Privathaushalten), beträgt rund 1,08 Mio. Tonnen atro und ist damit beträchtlich größer als die aus den Daten des Bayerischen Landesamtes für Statistik und des Landesamts für Umwelt abgeleiteten Mengen.

In der Dokumentation des Landesamtes für Statistik werden die in Feuerungsanlagen verbrannten Altholzmengen im Jahr 2020 mit 1,01 Mio. Tonnen lutro beziffert, wobei davon nur rund 686.000 Tonnen lutro unserer Definition von Altholz im Sinne von Gebrauchtholz entspricht. Die weiteren rund 314.000 Tonnen sind Nebenprodukte bzw. Reste der Produktion und zählen deshalb nicht zum Gebrauchtholz. In der Verbrauchsumfrage bei den Biomasseheiz(kraft)werken (siehe Kapitel 3.2) wurde eine Menge von 670.000 Tonnen atro Altholz ermittelt. Die Menge von Altholz nach der Verbrauchserhebung kommt somit der vom Landesamt für Statistik bezifferten Menge sehr nah.

Die Studie von DÖRING UND MANTAU (2021) hat für das Jahr 2020 ein Altholzaufkommen von 8,3 Mio. Tonnen (Marktvolumen) für Deutschland bestimmt. Das von uns erfasste Altholzaufkommen macht 16,6 % dieser Menge aus. Das aus den Daten der Landesämter ableitbare Aufkommen macht dagegen nur 9,6 % aus. Zum Vergleich kann der Anteil der Bevölkerung Bayerns an der gesamten deutschen Bevölkerung von 15,7 % herangezogen werden. Das von uns erfasste Altholzaufkommen passt demnach eher zu dem von DÖRING UND MANTAU ermittelten Aufkommen. Diese Autoren stützen sich ebenfalls auf eine Befragung bei Entsorgungsbetrieben von Altholz. Möglicherweise überschätzen aber beide Studien das tatsächliche Aufkommen. Für die Holzbilanz in diesem Bericht werden die von uns erhobenen Altholzmengen zugrunde gelegt.

DÖRING UND MANTAU (2021) geben für Deutschland einen um 25 % höheren Anfall von Altholz im Jahr 2020 gegenüber 2016 an. Nach unseren Erhebungen war das Aufkommen 2020 um 17 % größer als 2016.

Aus der Hochrechnung der Umfrage ergibt sich von 2018 zu 2020 eine Verringerung des Handelsvolumens von 10 %. Das physisch vorhandene Altholz ist dabei gleichgeblieben, während die Verbringung von Altholz in andere Bundesländer und in das Ausland um 16 % abgenommen hat. Während für 2018 noch eine Verringerung der Altholzverbrennung von 10 % ermittelt wurde, nahm die Menge im Jahr 2020 wieder um 8 % zu. Dieser Trend ist auch für das in Bayern genutzte Altholz sichtbar: in 2018 wurden noch 22,8 % weiter stofflich genutzt, während es in 2020 nur noch 18,8 % waren. Auch aus unserer Umfrage sehen die Altholzverwerter noch mehr Potenzial bei der Kaskadennutzung von Altholz, zu wenig würde stofflich in den Kreislauf zurückgeführt.

Nach den Daten des UBA zum Im- und Export von notifizierungspflichtigen Holzabfällen gab es 2020 einen erheblichen Importüberschuss. Nach unserer Erhebung bei den Altholzaufbereitern gab es dagegen in diesem Jahr einen erheblichen Exportüberschuss. Der Großteil der vom UBA dokumentierten Importe betrifft allerdings Holz aus der mechanischen Abfallbehandlung, also bereits aufbereitetes Altholz. Diese Mengen wurden vermutlich direkt an Feuerungsanlagen oder an die Holzwerkstoffindustrie geliefert und damit nicht von den von uns befragten Altholzaufbereitern erfasst. Unter den vom Landesamt für Statistik bei den Feuerungsanlagen erhobenen Daten werden allerdings nur etwas mehr als 7.000 Tonnen Zuflüsse dieses Sortiments aus dem Ausland dokumentiert. Entweder stimmt

die Erhebung bei einem der Ämter nicht oder der Großteil der Importe wird an die Holzwerkstoffindustrie geliefert.

#### 2.4.6 Trends und Herausforderungen beim Altholz

Die Umfrage bei den Altholzaufbereitern enthielt auch die Frage: „Welche aktuellen Trends und Herausforderungen für die Zukunft sehen Sie?“ Aus den Rückmeldungen mehrere Unternehmen geht hervor, dass die starke Konkurrenz zwischen der energetischen und stofflichen Verwertung des Altholzes die Firmen bewegt. So berichtet ein Unternehmen von einer großen Mengennachfrage aus der Spanplattenindustrie verbunden mit einem starken Preiskampf am Markt. Einen „Nachfrageüberhang“ bei Biomassekraftwerken durch Zubau und fortdauernde EEG-Förderung bei gleichzeitig hoher Nachfrage der Holzwerkstoffindustrie nennt ein weiteres Unternehmen. Die stoffliche Verwertung würde bei Ausschreibungen nicht berücksichtigt, so die Kritik eines weiteren Unternehmens. Die energetischen Betreiber bekämen den Zuschlag, mit der Folge, dass die Rohstoffe nicht zurückgeführt werden. Vermutlich wünscht dieses Unternehmen, dass bei der Ausschreibung kommunaler Entsorgungsaufträge die Art der Verwertung berücksichtigt und der stofflichen Verwendung der Vorrang eingeräumt werden sollte. Als Trend sieht ein Unternehmen einen spürbar größeren Altholzbedarf am Markt, was ebenfalls auf einen intensiven Wettbewerb um den Roh- bzw. Brennstoff hindeutet. Ein weiteres Unternehmen schreibt: „Es muss in Zukunft mehr Altholz in die stoffliche Verwertung und nicht der überwiegende Anteil in die Verbrennung gehen.“ Ein anderes schreibt: „Altholz wird rarer, sollte besser genutzt werden. Stofflich Verwertung ist vorzuziehen.“ Ein Unternehmen ist der Ansicht, dass zu viel belastetes Altholz mit zu viel Schadstoffen in der Spanplattenindustrie landen würde. Eine Person schreibt: „Ich sehe den Trend der verringerten Kaskaden Nutzung in der stofflichen Holzwerkstoffindustrie.“ Nicht recht passend zum intensiven Wettbewerb um das Altholz erscheint die Aussage eines Unternehmens, dass als Herausforderung die Schaffung hinreichender Verwertungskapazitäten nennt, ohne die Art der Verwertung genauer zu spezifizieren. Einige Antworten betreffen den Export von Altholz. „Um die Energiewende in Deutschland voranzubringen, muss der Altholzexport eingebremst werden. Solange osteuropäische Verwertungsanlagen von der EU gefördert werden, ist das nicht möglich“, so die Meinung einer antwortenden Person. Ein anderes Unternehmen nennt als Wunsch einen höheren Anteil regionaler Verwertung und weniger Export. Darüber hinaus wird von einem Unternehmen die laufende Novellierung der Altholz-Verordnung genannt, welche die Branche bewegt. Eine weitere Antwort bezieht sich gar nicht auf Altholz: „Durch staatliche Förderungen auch zukünftig höherer Bedarf an Waldhackschnitzeln erforderlich“, erkennt dieses Unternehmen als Trend.

## 2.5 Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsysteme

Kurzumtriebsplantagen (KUP) sind Anpflanzungen von schnellwachsenden und stockausschlagfähigen Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Meist wird die auf den KUP erzeugte Biomasse energetisch genutzt, weswegen sie auch als Energiewälder bezeichnet werden. 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 Gehölzkulturen auf derselben Fläche. Hutewälder, Streuobstwiesen aber auch Hecken oder Knicks 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. Zum Abschluss des Kapitels wird jedoch auf verschiedene Aspekte, Trends und Möglichkeiten von AFS eingegangen.

### 2.5.1 Flächenbestand und Ertragsabschätzung (KUP)

Seit dem Jahr 2007 sind KUP-Flächen in Bayern 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 erfasst. Das bedeutet, dass weder Flächen von nichtlandwirtschaftlichen Betrieben noch von Betrieben mit Betriebssitz außerhalb Bayerns erfasst sind. Dagegen sind Flächen, die von bayerischen Betrieben in anderen Bundesländern angelegt wurden, im Datenbestand enthalten.

Die mit KUP bepflanzten Flächen sind seit Beginn der Erfassung im Jahr 2007 bis 2017 stetig auf 1.623 ha angestiegen. Von 2017 auf 2018 nahm die Anbaufläche zunächst um 179 ha auf 1.444 ha ab und stieg seitdem bis ins Jahr 2020 wieder leicht um 24 ha auf aktuell 1.468 ha an. Die gesamte Zeitreihe der Flächen auf denen KUP angebaut werden, ist in Abbildung 27 dargestellt.

Der aktuelle Flächenbestand und der entsprechende Holzzuwachs diente dann als Grundlage zur Ertragsabschätzung. Über die dokumentierten Flächengrößen wurde die Abschätzung des gesamten Holzzuwachses durchgeführt, der auf den KUP-Flächen nach Schirmer (2010) zwischen 5 und 20 Tonnen atro pro Hektar und Jahr liegen kann. Eine möglichst genaue Ertragsabschätzung wurde erreicht, indem aus den Daten zu den zweiten und dritten Umtrieben (und zwei bisher unveröffentlichten Datensätzen) von BURGER ET AL. (2012) 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.

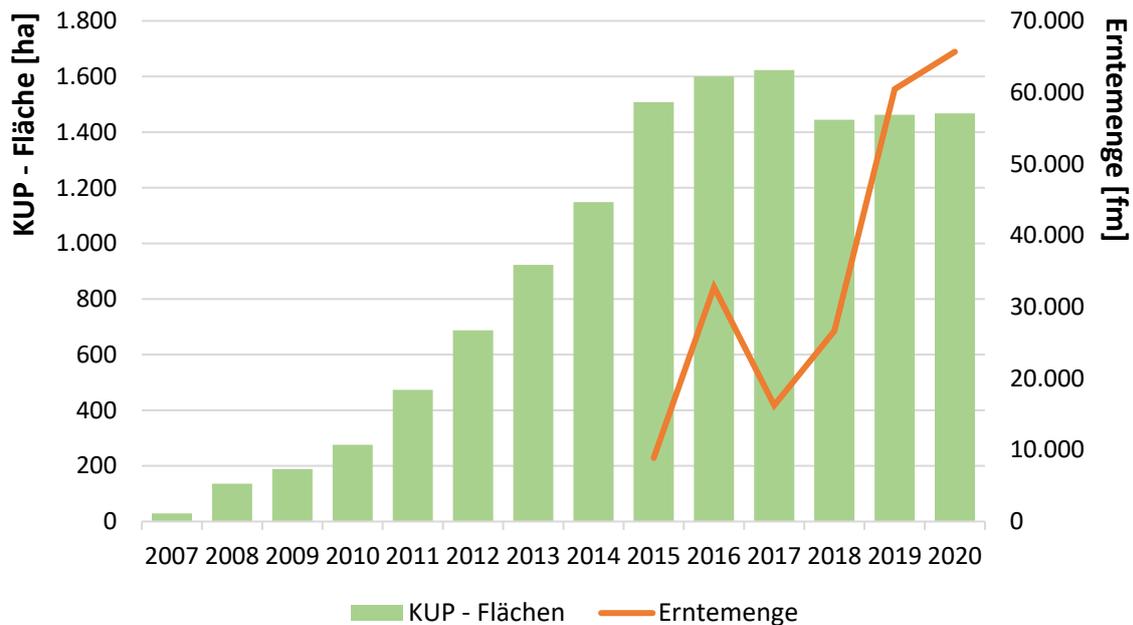


Abbildung 27: Flächen auf denen Kurzumtriebsplantagen angebaut werden seit 2007 und die entsprechenden Erntemengen (bei 8-jährigem Umtrieb) seit 2015. (InVeKoS-Förderdatenbank und eigene Berechnungen).

Unter den genannten Annahmen waren bei einem achtjährigen Umtrieb im Jahr 2020 214 Hektar erntereif mit einem mittleren Zuwachs von 13,5 t atro pro ha und Jahr. Insgesamt ergibt sich dadurch eine Erntemenge von knapp 23.200 Tonnen atro. Für die Holzbilanz wurde diese Masse durch Verwendung der Raumdichte für Pappel (353 kg/Fm Umrechnungsfaktor: t atro in Fm 2,832) in Fm umgerechnet. Das Holzaufkommen aus KUP beläuft sich somit im Jahr 2020 auf 65.700 Fm (Abbildung 27).

Ein Vorteil von KUP ist auch, dass damit innerhalb kurzer Zeit große Mengen Kohlenstoff auf der Fläche gebunden werden. Unter der Annahme, dass sich der Zuwachs von 13,52 t pro ha gleichmäßig auf die acht Wachstumsjahre verteilt, dürfte inzwischen ein Vorrat von 101.000 Tonnen atro in den bayerischen KUP aufgebaut worden sein. Bei der Kalkulation wurde für das Jahr mit dem Flächenrückgang angenommen, dass jeweils die ältesten KUP aufgelöst wurden. Im Durchschnitt waren auf den KUP 68,8 t atro an Biomasse pro ha gebunden. Das entspricht einem Holzvorrat von 195 m<sup>3</sup> pro ha und einer Kohlenstoffbindung von ca. 34,4 t/ha KUP.

## 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 ( $\leq 40$ ) und guter Wasserversorgung ausgewiesen, was 8,6 % der Ackerfläche bzw. rund 180.000 ha ausmacht. Würde dort der oben genannte Kohlenstoffvorrat von 34,4 t/ha aufgebaut, könnte damit ein C-Speicher von 6,2 Mio. Tonnen bzw. 22,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent neu etabliert werden. Zum Vergleich: Der Bund strebt nach § 3 a des Klimaschutzgesetzes im Jahr 2045 eine Senkenleistung der Wälder von 40 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-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.

## 2.5.3 Fazit und Trends

### *Kurzumtriebsplantagen*

Mit 65.700 Fm hat sich das Holzaufkommen aus KUP gegenüber dem Berichtsjahr 2018 mehr als verdoppelt. Dies ist insbesondere auf die aktuell in die Hiebsreife gewachsenen Flächen zurückzuführen. Trotz der im Verhältnis großen Zunahme stellen sie dem bayerischen Energieholzmarkt jedoch nach wie vor keine relevanten Mengen zur Verfügung. Das Niveau der zunächst stetig angestiegenen Flächensumme scheint sich in den vergangenen Jahren mit gut 1.500 ha zu stabilisieren. 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. Des Weiteren sind die fortwährend geltenden Auflagen beim Umbruch von Grünland zu nennen. Seit im Jahr 2014 die Schwelle von 5 % Reduktion des Grünlandes an der Gesamtackerfläche in Bayern erreicht wurde, darf Grünland nur noch umgebrochen werden, wenn dieselbe Fläche Grünland neu angelegt wird (StMELF 2014). Ungeachtet der Neuanlage von KUP-Flächen wird das Holzaufkommen aufgrund schon angelegter und in die Hiebsreife kommender Flächen in den nächsten ein bis zwei Jahren noch etwas ansteigen.

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 energie-extensive Anbauweise einen hohen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung je Hektar erbringen, bei gleichzeitig geringen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten (BÄRWOLFF ET AL. 2013). BURGER UND SCHWEIER (2016) beziffern das Treibhausgas-Einsparpotenzial bis zu -13 t CO<sub>2</sub> je Hektar und Jahr und die Energie Input-Output Bilanz mit 1:29 bis 1:55. Der WWF (WALTER-THOSS 2017) stellt zur Klimaschutzwirkung fest, dass die Nutzung der Bioenergie nur dann dazu beiträgt, den Temperaturanstieg unter 2°C zu halten, wenn die realen CO<sub>2</sub> Effekte in den nächsten 10 bis 20 Jahren eintreten. Dies sieht er bei der Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf Grenzertragsböden der Landwirtschaft grundsätzlich als erfüllt an, auf 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 CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre, bildet einen zusätzlichen C-Speicher und die Holzerträge können zur Substitution von fossilen Energieträgern eingesetzt werden.

Eine direkte Förderung der Anlage von Kurzumtriebsplantagen durch den Freistaat Bayern findet derzeit nicht statt. Nur durch die Landwirtschaftliche Rentenbank wird die Anlage gefördert, allerdings ist über die Inanspruchnahme nichts bekannt. Aufgrund der Marktlage ist aber nicht mit einem regen Zuspruch zu rechnen. Hinzu kommt, dass mit der beobachteten Zunahme des Schadholzanteils (s. 2.1.1) die bereitgestellte Menge an Waldhackschnitzel ebenfalls anzusteigen scheint. 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. 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. Bis dato können jedoch noch keine fundierten Aussagen zum Erfolg der Maßnahmen getroffen werden. Jedoch scheinen erste Ergebnisse 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 leisten 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 Agroforstsysteme meist Pappel- oder Weidenklone verwendet. Aber auch heimische, standorttypische Baumarten können angebaut werden, wenn sie im Rahmen der Betriebsprämie beihilfefähig sind. Derzeit sind das die Baumarten Pappel, Weide, Birke, Erle, Eiche, Robinie und Esche. 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.

## 3 Holzverbrauch

Im folgenden Kapitel werden die wesentlichen Verbraucher von Energieholz beschrieben. Dabei werden insbesondere die privaten Haushalte, die Biomasseheiz(kraft)werke, Papier- und Zellstoff sowie die Holzwerkstoffindustrie betrachtet.

### 3.1 Energieholzverbrauch in Privathaushalten

Der private Sektor nimmt, ähnlich wie beim 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 nur über eine Umfrage bei Privathaushalten abgeschätzt und hochgerechnet werden kann.

#### 3.1.1 Methode

Es wurde eine telefonische Umfrage bei privaten Haushalten zu ihrem Holzverbrauch im Winter 2020/21 in Auftrag gegeben. Das beauftragte Marktforschungsinstitut führte im Juli und August 2021 1.003 Befragungen von privaten Haushalten durch. Insgesamt wurden vom Marktforschungsinstitut 13.276 Anrufe getätigt und 5.328 Gespräche geführt. Aus diesem Kollektiv wollten 4.220 nicht an der Umfrage teilnehmen. Von den telefonisch erreichten Haushalten nahmen dementsprechend 18,8 % 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 (Holz)heizanlagen gestellt. Zudem wurden wichtige Kennzahlen zum beheizten Wohnraum (Personen im Haushalt, Wohnfläche, Gebäudebaujahr) abgefragt.

Die vom Marktforschungsinstitut erhobenen Daten wurden im ersten Schritt zunächst auf Plausibilität und Ausreißer überprüft, um eine Verzerrung der Mengen zu vermeiden. Die bereinigten Daten der Stichprobe konnten dann im zweiten Schritt für die Hochrechnung vorbereitet und letztendlich statistisch ausgewertet werden.

Im Zuge der Datenaufbereitung der Rohdaten wurde für die ermittelten Antworten eine Neugewichtung durchgeführt. Dies ist erforderlich, weil Haushalte, die mit Holz heizen und die Wald besitzen, eine größere Bereitschaft haben, an der Umfrage teilzunehmen. Durch die Neugewichtung soll die Repräsentativität der Ergebnisse gewährleistet werden. Die Neugewichtung der Daten aus der Befragung erfolgte durch Anpassung an die Haushaltsgröße nach Personen gemäß dem Mikrozensus, an die Anzahl der Holzzentralheizungen und der Einzelraumfeuerungen sowie an die Anzahl der Waldbesitze in Bayern. Die Daten zur Anzahl der Holzzentralheizungen und der Einzelraumfeuerungen stammen vom Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks.

Seit dem Jahr 2014 liegen vom Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks Statistiken zur Anzahl von Einzelraumfeuerungen und Zentralheizungen in Bayern vor. Für 2020 belief sich die Zahl der Einzelraumfeuerungen für Bayern auf 2,71 Mio. Anlagen und war damit um rund 4 % größer als 2016. Dies stellt die gesamte vorhandene Zahl an Einzelraumfeuerungen dar. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass nicht alle Feuerungsstätten auch tatsächlich in Betrieb waren. Eine Studie zum Heizverhalten in Niedersachsen hat ergeben, dass der Anteil nicht betriebener Einzelraumfeuerungen in etwa 10 % der Gesamtanzahl entspricht (KOMPETENZENTRUM 3N 2015). Die berücksichtigte Anlagenzahl

wurde um die entsprechende Zahl reduziert und lag damit bei 2,44 Mio. Anlagen. Für Zentralheizungen, die mit Holzbrennstoffen beschickt werden und eine Nennwärmeleistung bis 50 kW haben, lag die Anlagenzahl in Bayern im Jahr 2020 bei rund 280.000. Im Vergleich zu 2018 war der Bestand dieser Zentralheizungen um rund 14 % höher. Die an der Befragung beteiligten Haushalte wurden so gewichtet, dass in der Hochrechnung die Anlagenzahlen erreicht werden.

Die Auswertung der Befragungsergebnisse ergab eine Anzahl von rund 734.000 Waldbesitzverhältnissen. Nach HASTREITER (2021) gab es 2020 nur 477.000 Besitzverhältnisse in Bayern. Es hatten sich an der Umfrage somit überproportional viele Waldbesitzer beteiligt. Deren Antworten wurden so gewichtet, dass in der Hochrechnung die tatsächliche Zahl der Waldbesitzverhältnisse getroffen wird. Auf der Basis der von den Privathaushalten angegebenen Verbrauchszahlen zu den Brennstoffen Scheitholz, Briketts, Pellets, Hackschnitzeln und Altholz wurde auf den Gesamtverbrauch der privaten Haushalte in Bayern hochgerechnet. Die Hochrechnung erfolgte über den arithmetischen Mittelwert und die Gesamtzahl der privaten Haushalte, 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 2020/21, dass 34,9 % der befragten Haushalte Holz als Brennstoff verwenden (Abbildung 28). Die Daten aus dem Mikrozensus weisen für Bayern 6,479 Mio. Haushalte aus (BLFS 2019A)<sup>10</sup>. Hochgerechnet auf diese Anzahl ergeben sich in Bayern 2,26 Mio. Haushalte, die nur oder teilweise mit Holz heizen. Damit ist die Anzahl der Holzheizer gegenüber dem Berichtsjahr 2018 etwas gestiegen. Damals betrug der Anteil 33,3 % und es waren 2,15 Mio. Haushalte.

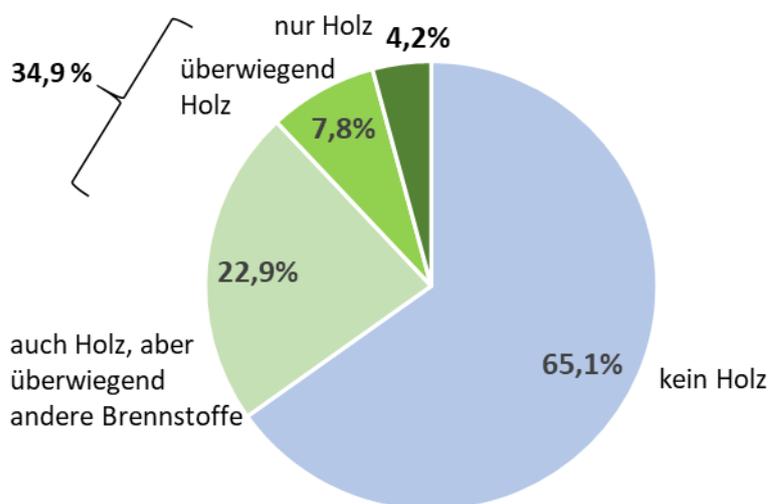


Abbildung 28: Anteile der mit Holz heizenden Haushalte in Bayern.

Die Verwendung des Brennstoffs Holz kann sich in den einzelnen Haushalten auf verschiedene Anlagen verteilen. Bei einem Großteil der befragten Haushalte ist eine Kombination von Anlagen verbaut. Die am häufigsten vorkommende Anlagenkombination ist eine nicht mit Holz beheizte Heizanlage und

<sup>10</sup> Diese Angabe bezieht sich auf das Jahr 2019, da für das Jahr 2020 der Mikrozensus neugestaltet wurde. Dabei kam es zu vielen Problemen. Das Statistikamt empfahl deshalb, sich auf die Ergebnisse aus dem vorherigen Jahr zu beziehen.

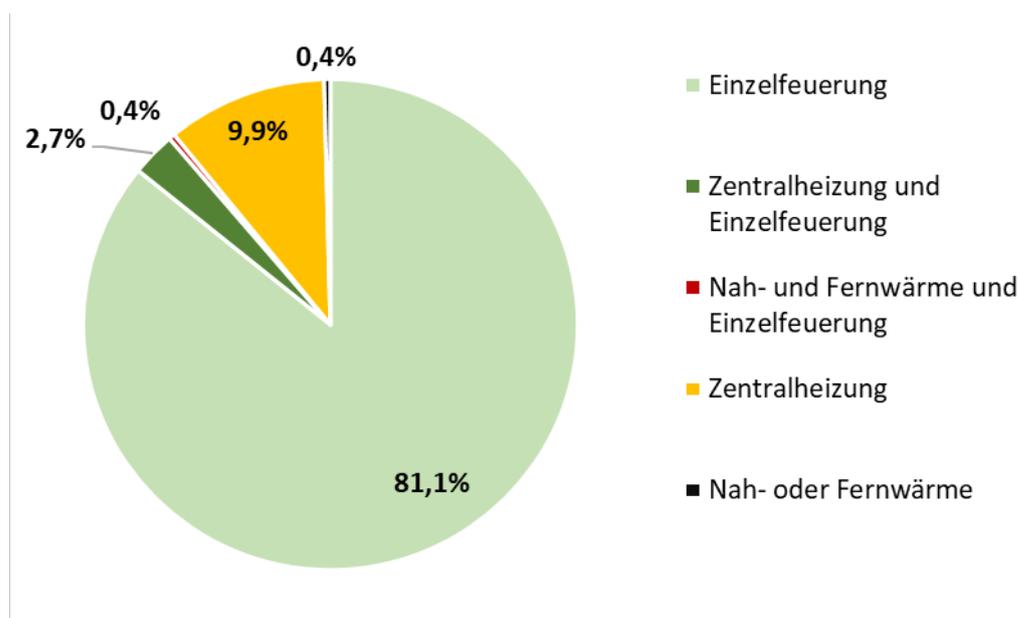


Abbildung 29: Installierte Anlagenkombinationen in den bayerischen Haushalten, die Holz als Brennstoff im Winter 2020/2021 nutzen.

Einzelfeuerungen mit 81,1 %. In etwa 2,7 % der Haushalte ist eine Kombination aus Holzcentralheizung und Einzelraumfeuerung installiert, während 9,9 % der Haushalte nur eine Holzcentralheizung besitzen. 0,4 % der mit Holz heizenden Haushalte nutzen Nah- oder Fernwärme, zu deren Erzeugung Holz verwendet wird, und 0,4 % der Haushalte hat neben einem Fernwärmeanschluss noch einen oder mehrere Einzelöfen, die mit Holz betrieben werden. Unter den Haushalten, die Holz in einer Zentralheizung oder über Fernwärme nutzen, gibt es auch welche, die noch weitere Energiequellen verwenden. In Tabelle 15 sind die verschiedenen Heizungskombinationen dargestellt.

Tabelle 15: Anteile der Heizungskombinationen von Haushalten in Bayern, die mit Holz heizen.

Heizungskombinationen	Haushalte	
	Anteil	Anzahl
	100%	6.479.000
Einzelfeuerung, nur Holz	0,4%	28.700
Einzelfeuerung, Zuheizer	27,8%	1.802.900
Zentralheizung und Einzelfeuerung	1,0%	61.900
Nah- und Fernwärme und Einzelfeuerung	0,1%	8.300
Zentralheizung	5,4%	347.300
Nah- oder Fernwärme	0,1%	8.700
Summe Haushalte mit Holzfeuerung	34,8%	2.257.800

4,9 % 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. Es wird davon ausgegangen, dass der Verbrauch dieser Heizanlagen bei den mittleren Holzfeuerungen miterfasst wird (Kapitel 3.2). Auch beim Bezug von Nah- oder Fernwärme wird davon ausgegangen, dass der Verbrauch bei den Biomasseheizwerken miterfasst ist (Kapitel 3.2).

Etwas mehr als die Hälfte der Haushalte gab an, dass sie in Ein- oder Zweifamilienhäusern wohnen. In diesen Haushalten wird weitaus häufiger mit Holz geheizt als in Mehrfamilienhäusern (Abbildung 30). Von den Haushalten mit einer Wärmeversorgung über eine Holzzentralheizung entfallen 77 % auf Ein- und Zweifamilienhäuser.

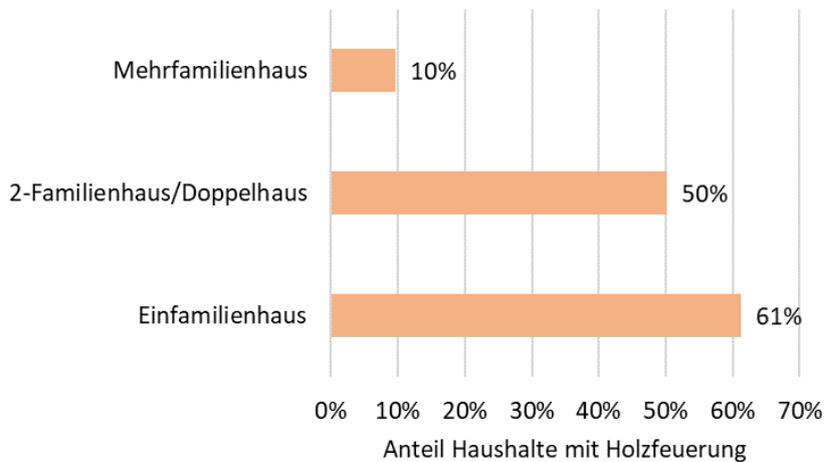


Abbildung 30: Anteil von mit Holz heizenden Haushalten nach Gebäudetypen.

#### Verwendete Energieholzsortimente und deren Herkunft

Von den betrachteten Energieholzsortimenten ist Scheitholz weiterhin mit Abstand die wichtigste Energiequelle in den Privathaushalten (Abbildung 31). Die Sortimente Pellets, Briketts, Altholz und Hackschnitzel nehmen eine untergeordnete Rolle ein.

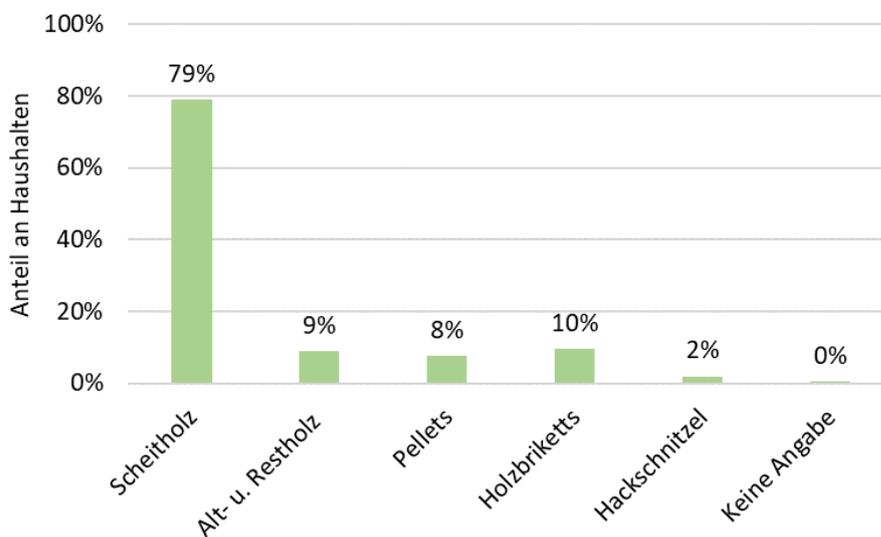


Abbildung 31: In den Privathaushalten verwendete Energieholzsortimente. Berücksichtigt sind alle mit Holz heizenden Haushalte, die ihre Holzfeuerung selbst betreiben (Mehrfachnennungen möglich).

Das verbrauchte Scheitholz kann aus verschiedenen Quellen stammen. Der Großteil der Scheitholznutzer (58 %) bezog das Scheitholz von einem Waldbesitzer oder einem Brennholzhändler. Privathaushalte, die ihren Bedarf aus dem eigenen Besitz decken, nehmen rund 30 % der Scheitholznutzer ein,

genauer, 21 % aus dem eigenen Wald und 10 % aus dem eigenen Garten, wobei es auch Überschneidungen geben kann. 12 % der Haushalte nutzen das Angebot zur Selbstwerbung, wohingegen 3 % ihr Scheitholz im Bau- oder Supermarkt erwerben.

Insgesamt gaben 94 % der mit Scheitholz heizenden Haushalte an, nur eine Bezugsquelle zu nutzen, 6 % nutzen zwei Bezugsquellen und nur ein verschwindend geringer Anteil (0,2 %) drei verschiedene Quellen.

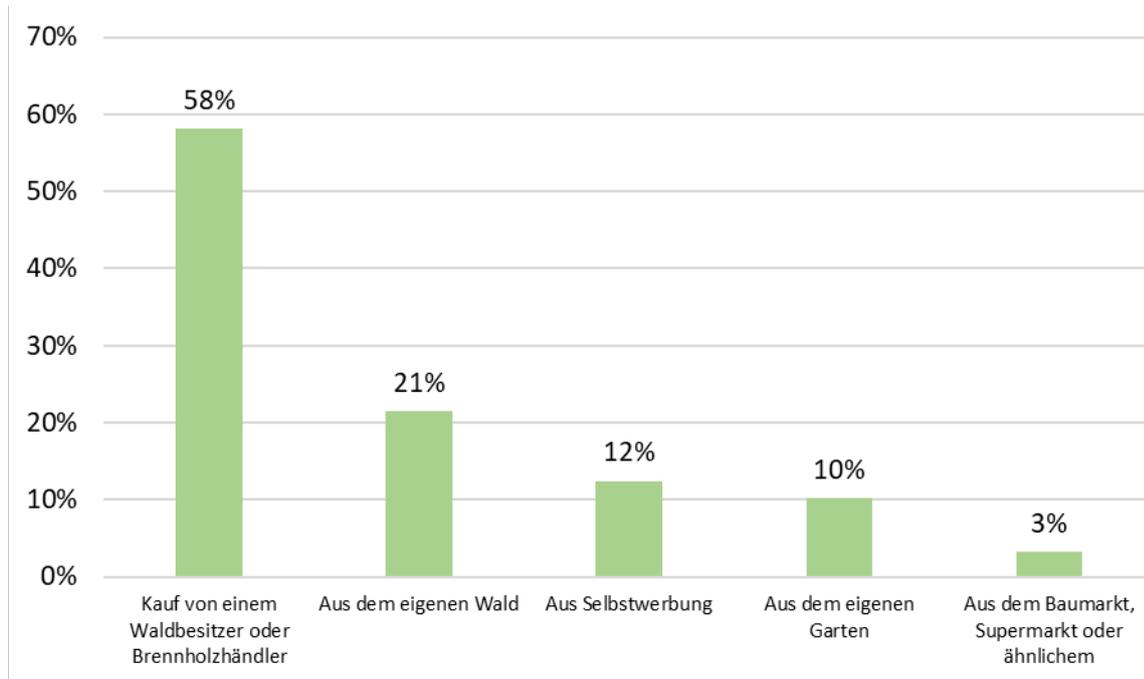


Abbildung 32: Herkunft des Scheitholzes bei Haushalten, die Scheitholz verwenden (Mehrfachnennungen möglich).

#### Durchschnittlicher Verbrauch an Energieholzsortimenten

Im Durchschnitt haben die mit Holz heizenden Haushalte 4,7 Fm Holz im Winter 2020/2021 verbraucht. Dabei gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Haushaltsgrößen und bezüglich der Rolle des Heizens mit Holz (Tabelle 16). Tendenziell steigt der Holzverbrauch mit der Haushaltsgröße. Haushalte, die nur mit Holz bzw. überwiegend mit Holz heizen, verbrauchen im Durchschnitt die 2,5-fache Menge an Holz im Vergleich zu den „Zuheizern“. Ihr Anteil am gesamten Energieholzverbrauch beträgt 53 %. Von den Haushalten, die nur oder überwiegend mit Holz heizen, haben 56 % nur Einzelraumfeuerungen.

**Tabelle 16: Durchschnittlicher Energieholzverbrauch der Haushalte im Winter 2020/2021. 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	2,2%	6,5	5,9%	2,2	8,1%	3,4
2 Personen	3,4%	7,1	8,7%	2,9	12,1%	4,1
3 Personen	2,1%	11,3	3,3%	3,0	5,5%	6,2
4 Personen	1,9%	6,7	3,1%	4,7	4,9%	5,5
5+ Personen	0,7%	9,7	1,7%	5,4	2,4%	6,8
<b>Gesamt</b>	<b>10,3%</b>	<b>8,0</b>	<b>22,7%</b>	<b>3,2</b>	<b>33,0%<sup>11</sup></b>	<b>4,7</b>

Der mittlere Verbrauch der einzelnen Energieholzsortimente ist in Tabelle 17 aufgetragen. Für die dargestellten Mengen wurden nur die Haushalte berücksichtigt, die nur das jeweilige Sortiment verbrannten. Am höchsten sind die Verbrauchsmengen der Haushalte, die Hackschnitzel verwenden. Der Verbrauch von Haushalten, die nur Pellets oder nur Scheitholz verwenden, ist sehr ähnlich.

**Tabelle 17: Durchschnittlicher Holzverbrauchs nach Energieholzsortimenten. Berücksichtigt wurden nur die Haushalte, die nur ein Sortiment verwenden. Die Prozentwerte geben die Mengenanteile am Gesamtverbrauch jedes Sortiments wieder.**

Sortiment	Fm/ Haushalt	Anteil an Sortiment
Scheitholz	4,7	85%
Alt- und Restholz	2,8	64%
Pellets	5,1	65%
Holzbricketts	1,0	37%
Hackschnitzel	12,4	71%

Neben der Haushaltsgröße nach Personen wird auch die Fläche, die mit Holz beheizt wird, als eine bestimmende Größe für die Höhe des Holzverbrauchs angesehen. Ein solcher Zusammenhang ist ausgeprägter bei den Haushalten, die nur oder überwiegend mit Holz heizen, dann aber erst ab 100 m<sup>2</sup> Fläche. Haushalte mit mehr als 200 m<sup>2</sup> mit Holz beheizter Wohnfläche sind allerdings selten (Tabelle 18). Der Holzverbrauch pro beheizte Fläche betrug im Durchschnitt 0,059 Fm/m<sup>2</sup>. Bei Haushalten, die nur oder überwiegend mit Holz heizen, betrug der Verbrauch 0,063 Fm/m<sup>2</sup> und war damit um 15 % höher als bei den übrigen, die 0,055 Fm/m<sup>2</sup> verbrauchten. Durchschnittlich wurde eine Fläche von 83 m<sup>2</sup> pro Haushalt mit Holz beheizt.

<sup>11</sup> Haushalte, die ihre Wärme von einer Heizungsanlage beziehen, die sie nicht selbst betreiben, sind darin nicht enthalten.

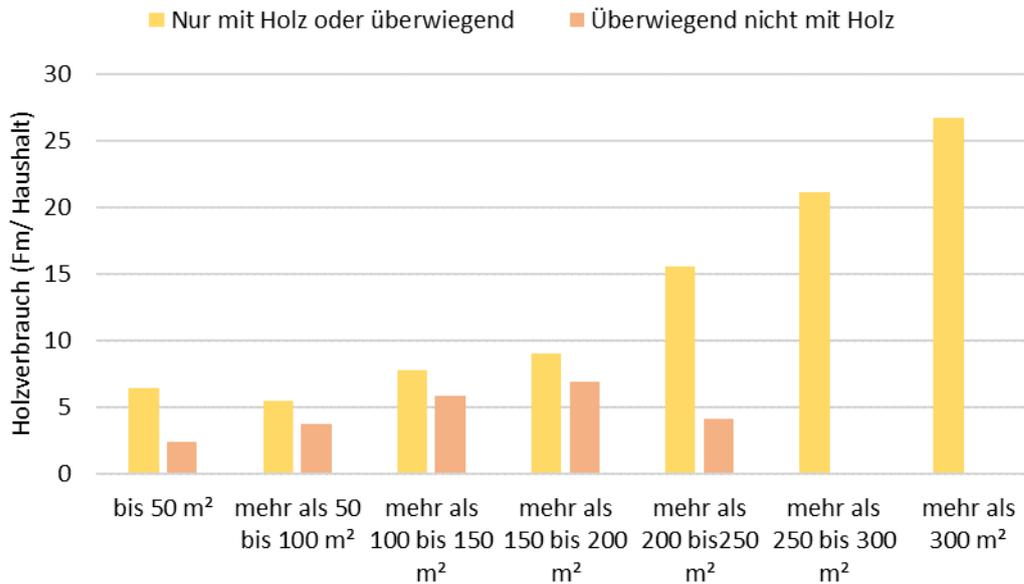


Abbildung 33: Holzverbrauch in Abhängigkeit von der mit Holz beheizten Wohnfläche für Haushalte, die nur oder überwiegend mit Holz heizen und solche, die überwiegend nicht mit Holz heizen.

Tabelle 18: Energieholzverbrauch pro mit Holz beheizter Wohnfläche. 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 m²	0,7%	6,5	11,7%	2,4	12,4%	2,6
mehr als 50 bis 100 m²	3,0%	5,5	5,6%	3,7	8,6%	4,3
mehr als 100 bis 150 m²	2,7%	7,8	2,0%	5,8	4,7%	6,9
mehr als 150 bis 200 m²	1,4%	9,0	0,2%	6,9	1,7%	10,0
mehr als 200 bis 250 m²	0,7%	15,6	0,1%	4,1	0,8%	14,0
mehr als 250 bis 300 m²	0,2%	21,1			0,2%	21,1
mehr als 300 m²	0,2%	26,6			0,2%	26,6

#### Energieholzverbrauch nach Sortimenten

Die in der Umfrage ermittelten Energieholz-Verbrauchsmengen wurden sortimentsweise für Bayern hochgerechnet und sind in Tabelle 19 dargestellt. Die Veränderungen gegenüber der Heizperiode 2018/19 sind bei den verschiedenen Sortimenten teils gegenläufig. Bei Sortimenten wie Scheitholz und Briketts, die überwiegend in Einzelraumfeuerungen eingesetzt werden, ist der Verbrauch gestiegen, während er bei Hackschnitzeln und Pellets, die überwiegend in Zentralheizungen eingesetzt werden, gesunken ist. Abgenommen hat auch die Verwendung von Alt- und Restholz. Insgesamt war der Energieholzverbrauch der privaten Haushalte 2020/21 um 11 % höher als 2018/19.

Nach DÖRING ET AL. (2020) stammten 2018 in Deutschland 11 % des Scheitholzes aus dem Garten, 1,9 % aus der Landschaftspflege und 87,1 % aus dem Wald. Übertragen auf die ermittelte Gesamtmenge entspräche das einer Menge von 865.000 Fm aus dem Garten, 151.000 Fm aus der offenen Landschaft und 6,85 Mio. Fm aus dem Wald.

**Tabelle 19: Verbrauch der einzelnen Energieholzsortimente in den bayerischen Privathaushalten aus den Umfragen für die Heizperioden 2018/19 und 2020/21.**

Energieholzsortiment	2018/19	2020/21	Änderung
	[Fm]	[Fm]	
Scheitholz	6.855.000	7.862.000	+ 15 %
Altholz	486.000	439.000	- 10 %
Pellets	879.000	842.000	- 4 %
Briketts	210.000	266.000	+ 27 %
Hackschnitzel	577.000	557.000	- 5 %
<b>Summe</b>	<b>9.007.000</b>	<b>9.956.000</b>	<b>+ 11 %</b>

### 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 Einzelraumfeuerung 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.

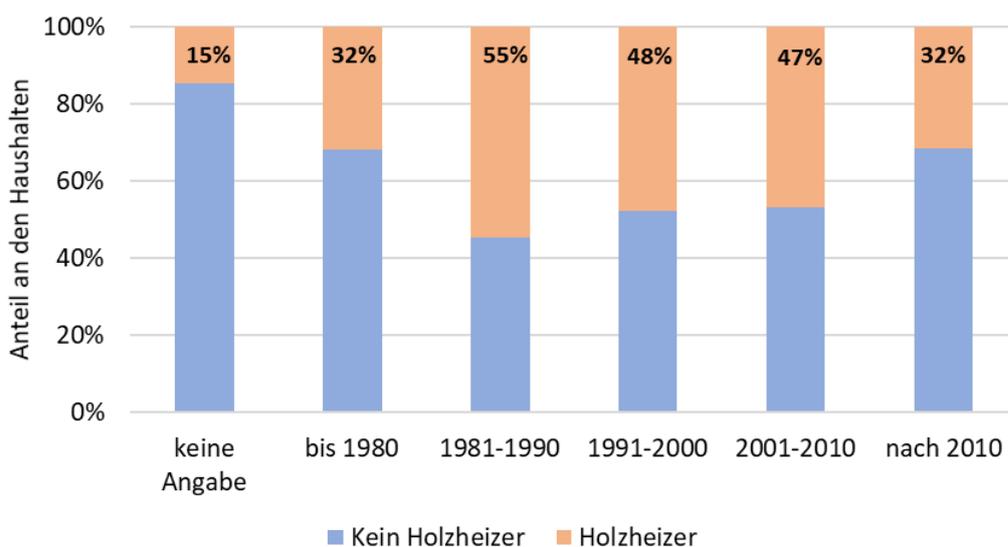
Von den Holzheizern schafften sich rund 495.000 Haushalte in den letzten fünf Jahren eine Holzheizung an. Das entspricht 7,6 % der gesamten Haushalte in Bayern (Tabelle 20) und betrifft 23 % der Haushalte, die mit Holz heizen. Die Anschaffung erfolgte zu 51 % als Ersatz für eine bestehende Holzfeuerung und zur anderen Hälfte als Erstanschaffung oder als Erweiterung. Den rund 252.000 Haushalten, die sich eine Holzfeuerung als Ersatz für eine bestehende Anlage angeschafft hatten, stehen allerdings nur 158.000 Haushalte gegenüber, die aktuell mit Holz heizen und während der vergangenen fünf Jahre eine Holzheizung stillgelegt haben. Hier sind die Auskünfte der Befragten also nicht konsistent. 3,2 % aller Haushalte gaben an, in den letzten fünf Jahren eine Holzheizung stillgelegt zu haben. Bei 52 % dieser Haushalte erfolgte die Stilllegung aufgrund gesetzlicher Bestimmungen. Eine Neuanschaffung einer Holzfeuerung in den nächsten fünf Jahren planen 4,6 % aller Haushalte. Von diesen Haushalten sind 70 % aktuell bereits Holzheizer. Von den 30 % bzw. rund 87.000 Haushalten, die aktuell nicht mit Holz heizen und eine Anschaffung planen, sind nur 7 % Haushalte, die während der vergangenen fünf Jahre eine Holzheizung stillgelegt haben. Das bedeutet, dass die 0,7 % aller Haushalte, die eine Holzheizung stillgelegt haben und aktuell nicht mehr mit Holz heizen, zum ganz überwiegenden Teil künftig auch nicht wieder mit Holz heizen wollen. Von den rund 211.000 Haushalten, die aktuell mit Holz heizen und eine Neuanschaffung einer Holzfeuerung planen, gaben 67 % an, diese als Ersatz für eine bestehende Anlage zu beschaffen.

**Tabelle 20: Stilllegungen und Neuanschaffungen von Holzheizungen während der vergangenen fünf Jahre sowie geplante Anschaffungen in den nächsten fünf Jahren. Die Anteile beziehen sich auf die gesamten Haushalte in Bayern.**

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

### Aktuelle Entwicklungen der Energieträger in Neubauten

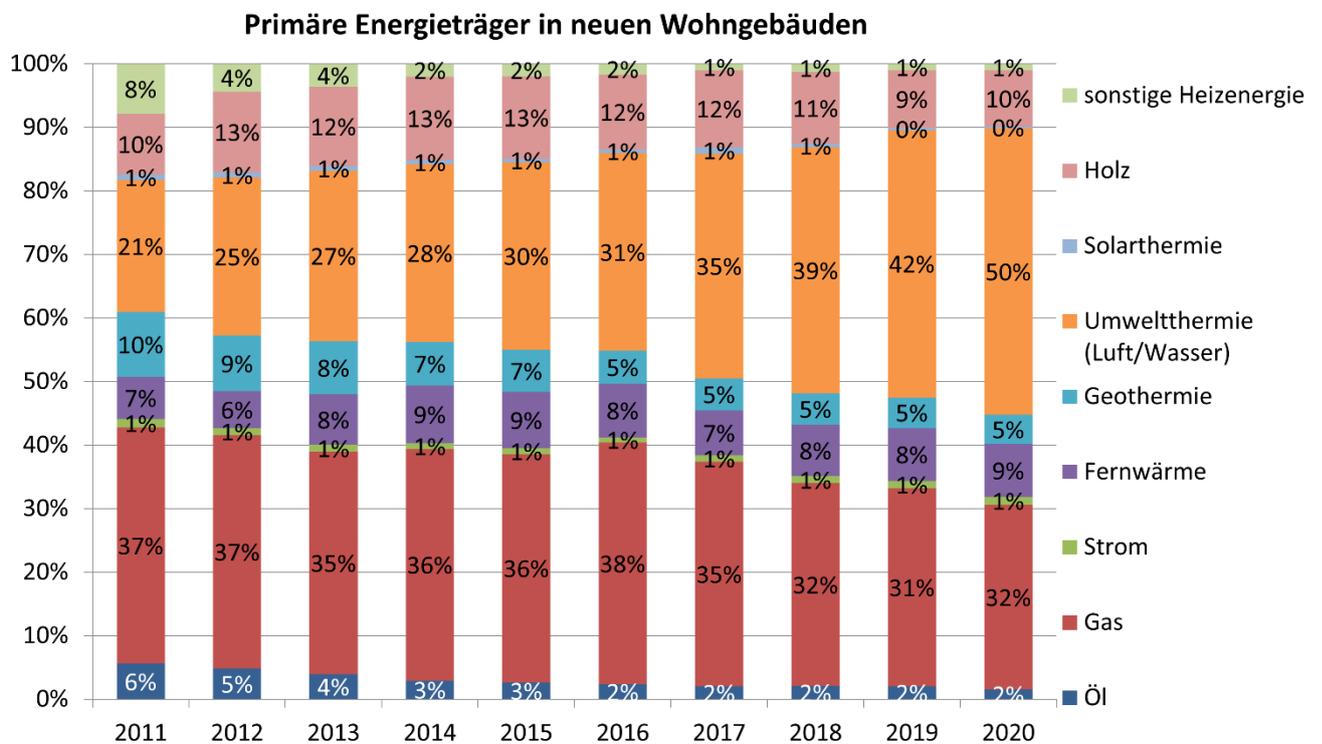
In der Umfrage wurde auch nach dem Baujahr des Gebäudes gefragt, in dem der befragte Haushalt zurzeit lebt. Von 83 % der Haushalte wurde das Baujahr auch angegeben. 46 % der befragten Haushalte wohnt in Gebäuden, die bis 1980 errichtet wurden. In Abbildung 34 ist der Anteil der mit Holz beheizten Gebäude dargestellt, die im jeweiligen Zeitraum errichtet wurden. In den Gebäuden aus dem Zeitraum zwischen 1981 und 1990 ist der Anteil der mit Holz heizenden Haushalte mit 55 % am größten. Von den Haushalten, die in den nach 2010 errichteten Gebäuden leben, heizen nur rund ein Drittel mit Holz. Der Anteil von Haushalten, die mit Holz heizen, scheint bei neueren Gebäuden rückläufig zu sein. Bei der Interpretation der Werte muss allerdings berücksichtigt werden, dass von den 17 % der Haushalte, die keine Angabe zum Baujahr gemacht haben, die weit überwiegende Mehrheit keine Holzheizer sind. Die Antwortbereitschaft der beiden Gruppen war also sehr unterschiedlich.



**Abbildung 34: Anteil der mit Holz heizenden Haushalte nach Klassen von Baujahren der bewohnten Gebäude.**

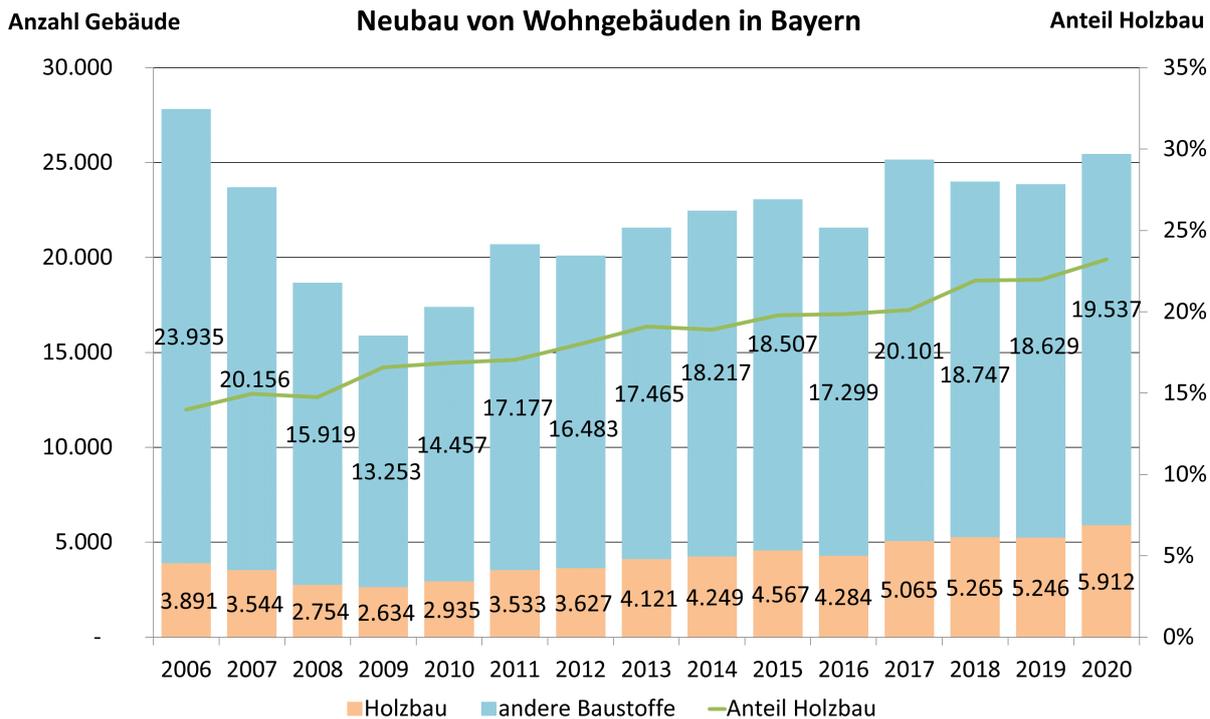
Das Bayerische Landesamt für Statistik erhebt für neugebaute Gebäude die Art der Energieträger. Im Falle von Holz kann der Anteil primärer Energieträger mit dem Einbau einer Zentralheizung gleichgesetzt werden. Von 2011 bis 2012 fand eine Zunahme von knapp 3 %-Punkten der Holzzentralheizungen

in Neubauten statt (Abbildung 35). Danach stagnierte diese Zahl einige Jahre auf annähernd demselben Niveau, sank schließlich etwas und betrug zuletzt 10 %. 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.



**Abbildung 35: Primäre Energieträger in neugebauten Wohngebäuden in den Jahren 2011 bis 2020 in Bayern. Der Anteil von Holz als Energieträger bleibt nahezu konstant. Große Zuwächse gab es bei der Umweltthermie, also den Wärmepumpen. (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).**

In Abbildung 36 wird die Entwicklung bei den Wohnungsneubauten dargestellt. Der Rückgang der Wohnungsneubauten von 2006 bis 2009 wurde durch die Abschaffung der Eigenheimzulage und die Finanzkrise verursacht. Seit 2010 ist ein Trend zunehmender Wohnungsneubauten erkennbar. Dabei stieg die Zahl der Holzbauten überproportional, sodass Holzhäuser 2020 einen Anteil von 23,2 % an den neuen Wohngebäuden hatten.



**Abbildung 36: Anzahl der neugebauten Wohngebäude in Bayern der Jahre 2006 bis 2020. Aufgezeigt wird auch die Anzahl der aus Holz gebauten Gebäude und der Anteil des Holzbaus am Neubau von Wohngebäuden (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).**

Die Hälfte der neu errichteten Wohngebäude verfügten 2020 über eine weitere Energiequelle. Der Anteil von Holz als sekundärer Energieträger hatte in neugebauten Wohngebäuden bis 2015 deutlich zugenommen (Abbildung 37). Nach einigen Jahren Stagnation scheint der Anteil von Holz als sekundäre Energiequelle jedoch inzwischen abzunehmen. Die großen Zuwächse der letzten Jahre unter den sonstigen Energiequellen gehen auf Stromheizungen zurück.

Rechnet man die Zahl der zwischen 2011 und 2020 neu errichteten Wohngebäude mit Holz als primärer und sekundärer Energiequelle zusammen, ergibt sich ein Anteil von 40 % der Neubauten, in denen mit Holz geheizt werden kann. Dies ist deutlich mehr als der Anteil der Haushalte in Abbildung 34, die nach 2010 erbaut wurden und mit Holz heizen. Allerdings gibt es auch eine beachtliche Zahl von Haushalten, die sowohl eine Holzzentralheizung als auch Einzelfeuerung mit Holz haben (Tabelle 15).

### Sekundäre Energieträger in neuen Wohngebäuden

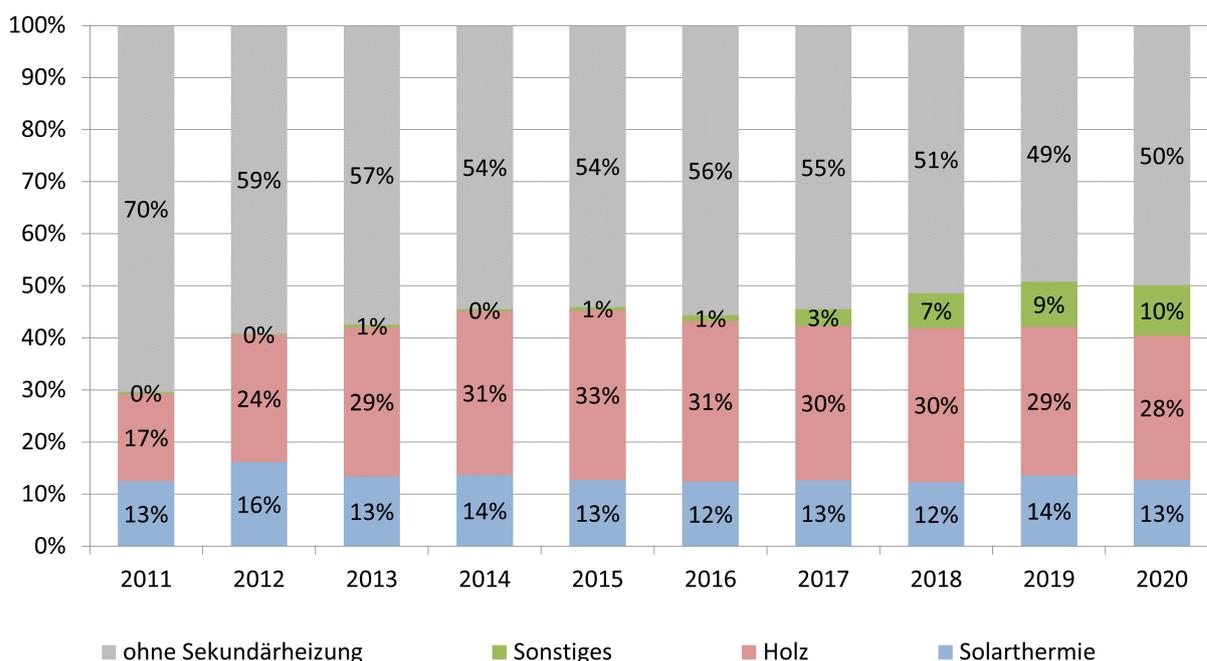


Abbildung 37: Sekundäre Energieträger in neuen Wohngebäuden. (Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik).

#### 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 2021). 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 von allen Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sind beim Institut Wohnen und Umwelt aus Darmstadt abrufbar (IWU 2021).

Um für die Auswertung einen Wert für Bayern zu bekommen, wurden 10 gleichmäßig über die Fläche Bayerns verteilte Wetterstationen verwendet. Die Heizgradtage der einzelnen für die Auswertung herangezogenen Wetterstationen haben eine Spanne von 2.231 bis 3.016 Kelvin pro Jahr. Diese Werte beziehen sich, abweichend vom Kalenderjahr auf den Zeitraum von September bis Mai des Folgejahres. Damit ist gewährleistet, dass die jeweilige Heizperiode entsprechend ausgewertet werden kann. Des Weiteren wurden die Heizgradtage der DWD-Stationen gemäß der Bevölkerung in den einzelnen Regierungsbezirken gewichtet. Das war notwendig, um eine möglichst genaue Abbildung der Realität zu erreichen, da die Bevölkerungszahl und damit auch der Energieholzverbrauch über Bayern nicht gleich verteilt sind.

Die mit der Bevölkerungsverteilung gewichteten bayerischen Mittelwerte der Heizgradtage von 2000/01 bis 2020/21 sind im Vergleich zum langjährigen Mittel der Periode in Abbildung 38 dargestellt. Auf den kältesten Winter 2005/06 folgte gleich der wärmste 2006/07. Von den vergangenen acht waren sechs Winter relativ warm, nur in den Jahren 2016/17 und im Jahr der aktuellen Befragung 2020/21 wurde das langjährige Mittel übertroffen bzw. erreicht. Mit 2.409 Kelvin war der Winter 2020/21 um

7,4 % kälter als der Winter 2018/19 (2.244 Kelvin). Auf das Kalenderjahr bezogen war 2020 allerdings um 4,8 % wärmer als das Jahr 2018.

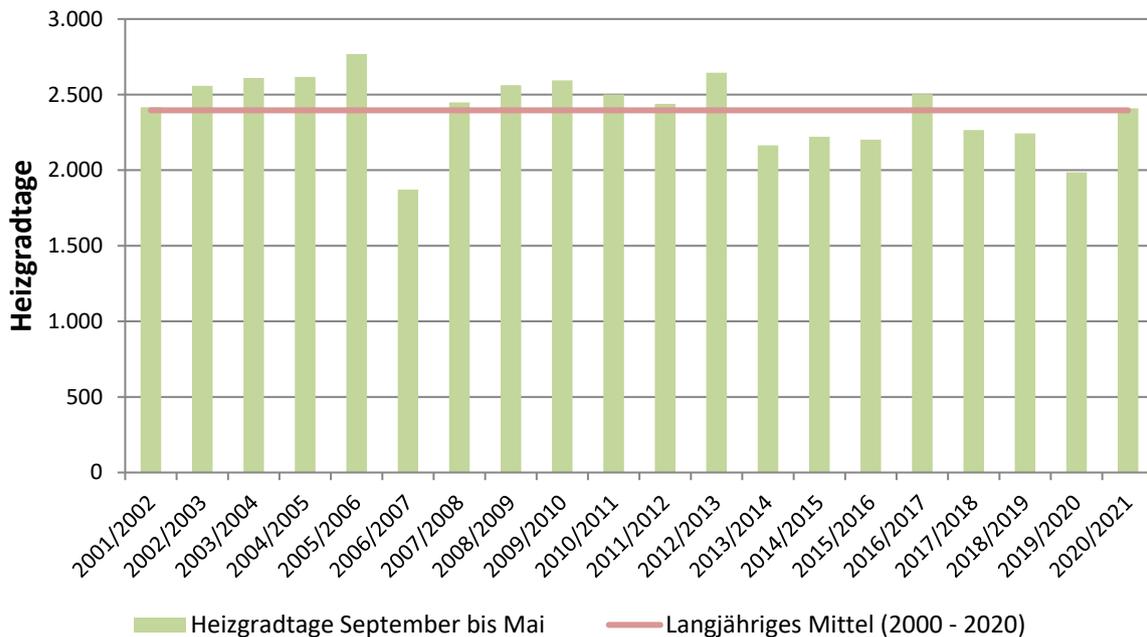


Abbildung 38: Heizgradtage in der Heizperiode in Bayern (gewichtet). Je größer eine Säule ist, desto kälter war die Heizperiode.

### 3.1.5 Diskussion

Aus dem Witterungsvergleich von 2018/19 und 2020/21 ließe sich eine leichte Verbrauchszunahme von Energieholz bei den privaten Haushalten erwarten. Der Verbrauch ist mit einer Zunahme von 11 % sogar stärker gestiegen als es die Witterung erwarten ließe (+ 7,4 %). Eine überproportionale Zunahme ist aufgrund der Corona-Pandemie durchaus plausibel. Infolge von Lockdown und Homeoffice im Winter 2020/21 haben sich viele Bürger mehr in ihren Wohnungen aufgehalten als sonst üblich. Eine Verbrauchszunahme als Ausweichreaktion auf Preissteigerungen bei den fossilen Brennstoffen kann ausgeschlossen werden, weil die Öl- und Gaspreise in der Periode 2020/21 niedriger waren als 2018/19. Verwunderlich ist allerdings die unterschiedliche Entwicklung bei den verschiedenen Brennstoffen. Beim Scheitholz beträgt die Verbrauchszunahme 15 %, während bei Pellets und Hackschnitzel der Verbrauch um 4 bzw. 5 % zurückging. Durch den Zuwachs bei den Anlagezahlen bei Pellet- und Hackschnitzel-Zentralheizungen wäre eher mit einer Verbrauchszunahme zu rechnen gewesen. Hier wirkt sich womöglich aus, dass von der Stichprobe doch nur wenige Haushalte mit solchen Zentralheizungen erfasst werden, weshalb die Durchschnittsverbräuche der Erhebungen stärkeren Schwankungen unterliegen.

Der Verbrauchsrückgang beim Altholz (- 10 %) könnte auf einer geänderten Fragestellung beruhen. Bei der Befragung 2018/19 wurden für diese Kategorie im Interview die Begriffe „Altholz, Holzabfälle und Restholz“ genannt. Bei der jüngsten Befragung wurde der Begriff näher erläutert: Altholz (gebrauchte Bretter, Balken, Platten, Paletten), Holzabfälle, Restholz“. Womöglich hatten manche Personen bei der früheren Befragung auch schon länger lagerndes Brennholz der Kategorie Altholz zugeordnet. Die Mindermenge beim Altholz dürfte bei der jüngsten Erhebung dann in der Scheitholzmenge enthalten sein.

Scheitholz als wichtigstes Sortiment wird zum großen Teil aus dem Wald gewonnen. Nach den Ergebnissen der Holzeinschlagsstatistik wurde 2020 eine Menge von 5,03 Mio. Efm mit Rinde in den bayerischen Wäldern eingeschlagen. Verbraucht wurden in Bayern rund 6,85 Mio. Efm mit Rinde Scheitholz aus dem Wald. Damit ergibt sich eine Differenz von 1,82 Mio. Efm mit Rinde. Scheitholz wird überwiegend an der Luft auf natürlichem Wege getrocknet und deshalb nicht im selben Jahr des Holzeinschlags verwendet. Tatsächlich war der Einschlag von Brennholz im Privat- und Körperschaftswald in Bayern 2019 um 9 % höher als 2020. Dies reicht jedoch nicht aus, um die Differenz zwischen Aufkommen und Verbrauch zu erklären. Weitere Bezugsquellen für Brennholz sind andere Bundesländer und das Ausland. Der Binnenhandel wird statistisch nicht erfasst und aus dem Außenhandel lässt sich über Brennholz keine gesicherte Aussage ableiten (siehe Kapitel 4.3). Während der mehrjährigen Borkenkalamität fielen die größten Mengen an Käferholz in den Jahren 2019 und 2020 in Bayern an. Möglicherweise wurde ein Teil davon, wenn es nicht verkauft werden konnte oder die Preise zu niedrig waren, trotz dass es als Stammholz ausgehalten wurde, schließlich als Brennholz verwendet. Außerdem könnte es sein, dass die Holzeinschlagsstatistik das Aufkommen von Energieholz unterschätzt. Auf der anderen Seite kann auch der Verbrauch überschätzt sein. Für die Haushalte ist es schwierig, den Energieholzverbrauch richtig einzuschätzen. Es gibt allerdings keine Hinweise darauf, dass der Verbrauch systematisch überschätzt wird. Die Ergebnisse der aktuell laufenden Bundeswaldinventur wird Aufschluss darüber geben, wie genau die Holzeinschlagsstatistik den Einschlag in den zurückliegenden Jahren erfasst hat.

### 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 weniger Heizenergie benötigen (FNR 2017). Hinzu kommt, dass die Winter durch den Klimawandel wärmer werden. Der Deutsche Wetterdienst errechnete für verschiedene Klimaszenarien eine im Durchschnitt um 2 – 3°C höhere Wintertemperatur als im langjährigen Mittel von 1961 bis 1990 für den Zeitraum 2040 - 2070 (DWD 2018). Die Ergebnisse der regelmäßigen Marktberichterstattungen zeigen durchgehend diesen signifikanten Zusammenhang zwischen den Heizgradtagen einer Heizperiode und dem Energieholzverbrauch in Privathaushalten. Da der größte Teil des Scheitholzes in Einzelraumfeuerungen verbrannt wird, die mehr nach subjektiven Kälteempfinden der Hausbewohner bedient werden und nicht wie eine Zentralheizung außentemperaturgesteuert, steigt der Energieholzverbrauch in kälteren Jahren überproportional an. Im Jahr 2020 zeichnet sich zudem ein deutlicher Lock-Down-Effekt ab.

Ob der Energieholzverbrauch in Privathaushalten weiter ansteigen wird, oder im Trend rückläufig wird, hängt aber nicht nur von vorgenannten Effekten ab, sondern logischer Weise auch von der Entwicklung des Anlagenbestandes. Aufgrund statistischer Unsicherheiten bei den Schornsteinfegerdaten in den Berichtsjahren 2014 bis 2018 lassen sich für die Vergangenheit nur unzureichend methodisch gesicherten Rückschlüsse auf Zubauzahlen ableiten. Im Bereich der Einzelraumfeuerungen zeigen jedoch die Stilllegungsverpflichtungen für alte Öfen im Rahmen der 1. BImSchV Wirkung, wie die Ergebnisse dieser Studie belegen (siehe Tabelle 20). Darüber hinaus sinkt der Anteil der Neubauten, die eine Holz-zentralheizung installieren (vgl. Abbildung 35), 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. Wie aber Abbildung 37 zeigt, haben 28 % aller Bauherrn dennoch einen Kamin für einen Holzofen als Zusatzheizung installiert. Romantik und Versorgung ist den Bürgern also wichtig.

Ende des Jahres 2019 wurden, wie bereits in Kapitel 2.3.4 beschrieben, mit dem Klimaschutzgesetz neue Rahmenbedingungen für den Wärmemarkt geschaffen, die den Anteil erneuerbarer Heizsysteme erhöhen sollen. Dafür wurde die CO<sub>2</sub>-Bepreisung fossiler Energieträger eingeführt, die Neuinstallation von Ölheizungen reglementiert und ein sehr starker Förderanreiz für alle regenerativen Wärmeerzeuger ab 2020 geschaffen. Die langjährige Festbetragsförderung des MAP<sup>12</sup>, die kaum Anreizwirkung hatte, wurde auf eine prozentuale Förderung bis zu 55 % (Stand: BEG EM 2022<sup>13</sup>) der förderfähigen Investitionskosten für Holzheizungen umgestellt. Derart hohe Fördersätze zeigten selbst im Jahr 2020 und ersten Halbjahr 2021, in denen die Preise fossiler Energieträger niedrig waren, Wirkung. Die Antragszahlen stiegen enorm, ebenso wie der Absatz von Holzfeuerungen (vgl. Abbildung 23 und Abbildung 48). 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.

Mit einem weiteren Nachfrageboom nach Holzfeuerungen und damit auch nach Energieholz ist infolge des Ukraine-Krieges und der daraus folgenden Energiekrise zu rechnen. Hier wird ein Vorteil des Energieträgers Holz deutlich: er ist weitgehend krisensicher, weil er regional verfügbar ist. Er kann als zusätzliche Energiequelle eingesetzt und bevorratet werden. Er bietet den Bürgern in einer Zeit, in der die weitere Versorgung mit fossilen Brennstoffen ungewiss ist, eine gewisse Sicherheit bei der Wärmeversorgung.

Der Bericht 2020 kann die jüngsten Trends noch nicht abbilden, bei einer Marktbetrachtung des Jahres 2022 hingegen dürften diese Effekte sichtbar werden. Ob die aktuellen politischen Verhältnisse und die Verwerfungen auf den Energiemärkten nur kurzfristige bis mittelfristige Auswirkungen auf den Energieholzverbrauch im Sektor Privathaushalte haben werden, ist derzeit noch nicht abzusehen.

---

<sup>12</sup> Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Wärmemarkt

<sup>13</sup> Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen

## 3.2 Mittlere Holzfeuerungen und Biomasseheiz(kraft)werke

In diesem Kapitel werden die Holzverbräuche von Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehr als 50 kW betrachtet. Diese Wärmeerzeuger werden i.d.R. nicht in Privathaushalten betrieben. Sie decken den Wärmebedarf von Wohnanlagen, öffentlich oder gewerblich genutzten Gebäuden und stellen Prozesswärme bereit. Eine große Anzahl dieser Anlagen steht in Holzbe- und -verarbeitenden Betrieben (z. B. Schreinereien, Sägewerke und Möbelhersteller), die ihre vor Ort anfallenden Resthölzer energetisch verwerten. In der Landwirtschaft sind meist Hackschnitzelkessel der mittleren Leistungsklasse installiert, die Tierställe beheizen oder auch über sogenannte Mikronetze nachbarschaftliche Gebäude mit Wärme versorgen. Holzpellettheizungen größer 50 kW hingegen werden bevorzugt in Mehrfamilienhäusern, öffentlichen Gebäuden und kleineren, der Primärproduktion fernen Gewerbebetrieben eingesetzt 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. Die thermische Leistung dieser Anlagen liegt i.d.R. zwischen 300 kW und 3 MW, nur wenn Prozesswärme benötigt wird, sind auch Anlagen bis in den zweistelligen MW-Bereich anzutreffen. Eine allgemeingültige Definition des Begriffes „Biomasseheizwerk“ gibt es in der Literatur nicht. Wird Holz verbrannt oder vergast und Strom erzeugt, so spricht man von Biomasse- oder Holzkraftwerken. Wenn dabei Wärme aus dem Konversionsprozess ausgekoppelt und/oder die bei der Verstromung entstehende Abwärme thermisch genutzt wird, bezeichnet man die Anlage als Biomasse- oder Holzheizkraftwerk bzw. als Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK-Anlage).

Die Verbrauchergruppe in der Anlagenklasse > 50 kW (Nicht Haushalte) ist somit sehr heterogen. Daher verfolgt der Bericht 2020, wie bereits die Vorberichte 2016 und 2018, den Ansatz, die Brennstoffverbräuche getrennt für die stromerzeugenden Anlagen (Biomasse(heiz)kraftwerke) und für die reinen Wärmeerzeuger > 50 kW auszuweisen (GÖBWEIN ET AL. 2020). Letztere Gruppe erfährt in Anlehnung an die Regelungen des deutschen BImSchG<sup>14</sup> nochmals eine Differenzierung in Wärmeerzeuger < 1 MW und in Wärmeerzeuger > 1 MW Feuerungswärmeleistung.

### 3.2.1 Methode

Der Energieholzmarktbericht 2020 ordnet Kleinf Feuerungsanlagen bis zu einer Nennwärmeleistung von 50 kW der Verbrauchergruppe „Privathaushalte“ zu. Deren Energieholzbedarf wird in Kapitel 3.1 beschrieben. Die Verbrauchergruppe der Holzfeuerungen größer 50 kW - in der Holzbilanz als mittlere und große Feuerungsanlagen bezeichnet - wird innerhalb dieses Fachkapitels weiter aufgeschlüsselt. Es erfolgt eine Dreigliederung nach 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

---

<sup>14</sup> Bundes-Immissionsschutzgesetz

Insbesondere im Leistungsbereich größer 100 kW ist davon auszugehen, dass die Feuerungsanlagen ausschließlich in den Bereichen Landwirtschaft, Kommune, Gewerbe, Handel und Dienstleistung sowie in der Industrie (also in Nichthaushalten) anzutreffen sind. Im Leistungsbereich unter 100 kW ist durch die in dieser Studie gewählte Untergrenze von 50 kW eine gewisse Unschärfe zwischen den Verbrauchergruppen „Privathaushalte“ und „Nichthaushalte“ gegeben. Zum einen können in Privathaushalten auch Kessel größer 50 kW installiert sein, zum anderen gibt es beispielsweise auch kommunale Liegenschaften wie Kindergärten, deren Heizlast kleiner als 50 kW ist. DÖRING ET AL. (2021B) nähert sich dieser Problematik in seinem gesamtdeutschen Rohstoffmonitoringbericht für Holz an, indem er anhand von Veröffentlichungen des Informationsportals Biomasseatlas ([www.biomasseatlas.de](http://www.biomasseatlas.de)) eine Zuordnung des Anlagenbestandes kleiner 100 kW zu Privathaushalten und Nichthaushalten durchführt. Dieses Portal weist die Antragsteller im Marktanreizprogramm für Wärme aus Erneuerbaren Energien (MAP) bestimmten Wirtschaftszweigen zu. Da die für den bayerischen Bericht gewählte Methode keine Erfassungslücken aufweist und der Fehler der Abgrenzung für die Ermittlung des gesamten Energieholzbedarfes in Bayern nicht relevant ist, wird hier aus Gründen der Vereinfachung auf diese weitere Differenzierung in Anlehnung an den Biomasseatlas verzichtet.

#### *Anlagenbestand Wärmeerzeuger < 1 MW*

Wie bereits in den Jahren 2016 und 2018 konnte auch 2020 zur Abbildung der Gesamtzahl der Wärmeerzeuger < 1 MW auf eine statistische Erhebung des Landesinnungsverbands für das Bayerische Kaminkehrerhandwerk (LIV) zurückgegriffen werden. Sie umfasst, gegliedert nach Regelbrennstoffen, alle immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftigen Holzfeuerungen in Bayern, d.h. alle Feuerstätten mit einer Feuerungswärmeleistung kleiner 1 MW, die im Gültigkeitsbereich der „Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen“ (1. BImSchV) liegen. Demzufolge existierten Ende 2020 in Bayern rund 19.600 holzbefeuerte Zentralheizkessel mit einer thermischen Nennwärmeleistung zwischen 51 kW und 900 kW (LIV 2021). Die Nennwärmeleistung von 900 kW entspricht dabei einer Feuerungswärmeleistung von 1.000 kW (Annahme: Wirkungsgrad 90 %) (LIV 2021), die nach dem BImSchG als Grenze für die Genehmigungsbedürftigkeit von Holzfeuerungen gelten. Die Statistik des Kaminkehrerhandwerks, die den Anlagenbestand in die drei Leistungsgruppen 51 bis 100 kW, 101 bis 500 kW und 501 bis 900 kW unterteilt, bildet gekoppelt mit den Ergebnissen der Verbrauchserhebung die Grundlage für die Hochrechnung des Energieholzbedarfs der Wärmeerzeuger < 1 MW im Jahr 2020. Zur Durchführung der Verbrauchsbefragung konnte auf eine bei C.A.R.M.E.N. e.V. vorliegende Datenbank zurückgegriffen werden, die überwiegend vom Freistaat Bayern geförderte Holzheizwerke listet und Angaben zu den Standorten der Heizanlagen, deren Betreiber sowie zu den installierten thermischen Leistungen enthält. Mittels der Erkenntnisse aus vorangegangenen Untersuchungsjahren und stetiger Recherchen in verschiedenen Online- und Printmedien konnte der Adressbestand von mittleren Feuerungsanlagen über Jahre hinweg zusätzlich auch mit nicht geförderten Anlagen erweitert werden. Dennoch beinhaltet die Datenbank nur einen Bruchteil der real 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*

Die Markterhebung 2020 im großen Leistungsbereich basiert auf der gleichen Datenbank. Im Gegensatz zu den mittleren Anlagen bildet der bekannte Adressbestand bei den großen Wärmeerzeugern den Gesamtbestand in Bayern fast vollständig ab. Grund hierfür ist, dass das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) Ende 2019 eine Liste aller immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftiger Holzfeuerungsanlagen zur Verfügung stellte, deren biomassebasierte Gesamtfeuerungswärmeleistung an einem Standort mehr als 1 MW beträgt und die gemäß 4. BImSchV im Jahr 2016 verpflichtet waren, eine

Emissionserklärung abzugeben (LfU 2019). Darüber hinaus wurden Standortänderungen von Anlagen aus der behördeninternen ISA-B Datenbank<sup>15</sup> mit in die Liste aufgenommen. Eine erneute Verifizierung der großen Holzfeuerungsanlagen anhand der aktuellen Emissionserklärungen 2020 konnte jedoch für den hier vorliegenden Bericht nicht durchgeführt werden, da nach Auskunft des LfU zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch keine vollständige Überprüfung der Betreiberangaben erfolgt war (LfU 2021). Sofern jedoch aus Veröffentlichungen im Internet oder Fachzeitschriften die Inbetriebnahme von großen Holzfeuerungen oder auch eine Veränderung bei der einzelbetrieblichen Wärmeversorgung bekannt wurde, führte dies zu einer Ergänzung des Adressbestandes. Darüber hinaus wurde der Betriebsstatus einzelner Anlagen, deren Fortbestand aufgrund einer mehr als 20jährigen Betriebszeit fraglich war, Ende 2021 telefonisch bei den jeweiligen Genehmigungsbehörden überprüft. Die Anzahl der Feuerungsanlagen blieb im Vergleich zu 2018 unverändert. Es wurden genauso viele Anlagen > 1 MW neu installiert, wie stillgelegt oder in ihrer Leistung auf unter 1 MW reduziert wurden.

Holzheizwerke über 1 MW, der Bericht geht von 182 Anlagenstandorten aus, dürften daher mit einem hohen Deckungsgrad in der Markterhebung berücksichtigt sein. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass in der Branche der holzbe- und -verarbeitenden Industrie eine hohe Dynamik herrscht (Fusionierungen, Aufkäufe, Insolvenzen). Viele Betreiber von Großfeuerungen sind dieser Geschäftssparte zuzuordnen, so dass der erhobene Datenbestand aufgrund der Fluktuation doch mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist.

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

Zur Validierung und Komplettierung des Adressbestandes an stromerzeugenden Biomasse(heiz)kraftwerken in Bayern wurden das Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur sowie die Stamm- und Bewegungsdaten der für Bayern zuständigen Übertragungsnetzbetreiber (Bundesnetzagentur 2021, Tennet 2021, Amprion 2021) herangezogen. Es ist davon auszugehen, dass der Bestand der Ende 2020 in Betrieb befindlichen Biomasse(heiz)kraftwerke mit Dampf- oder ORC-Technik vollständig in der Adressdatenbank erfasst ist. Auch liegen zu einer Mehrzahl von Holzvergäsern durch oben genannte Quellen, Referenzlisten der Hersteller und Förderanträge im Rahmen des bayerischen Förderprogramms BioSol Standortdaten und Angaben zum Betreiber vor. Da eine Stichprobenüberprüfung ergab, dass Stromerzeugungseinheiten von Holzvergasanlagen im Marktstammdatenregister nicht immer eindeutig über die Zuordnung eines holzartigen Hauptbrennstoffes<sup>16</sup> zu identifizieren sind, wurden zusätzlich Hersteller hinsichtlich ihrer in Bayern verkauften Stromerzeugungseinheiten befragt (SPANNER 2021, BURKHARDT 2021, WEGSCHEID 2019, FRÖLING 2021, HARGASSNER 2021). Deren Angaben zur Anzahl der Holzvergasanlagen einschließlich der installierten Leistung wurde mit dem recherchierten Anlagenbestand verschnitten und bildeten so die Basis für die Hochrechnung. Bereits in den vorangegangenen Erhebungsjahren flossen die Verkaufszahlen der Hersteller in die Auswertung mit ein.

#### *Verbrauchserhebung*

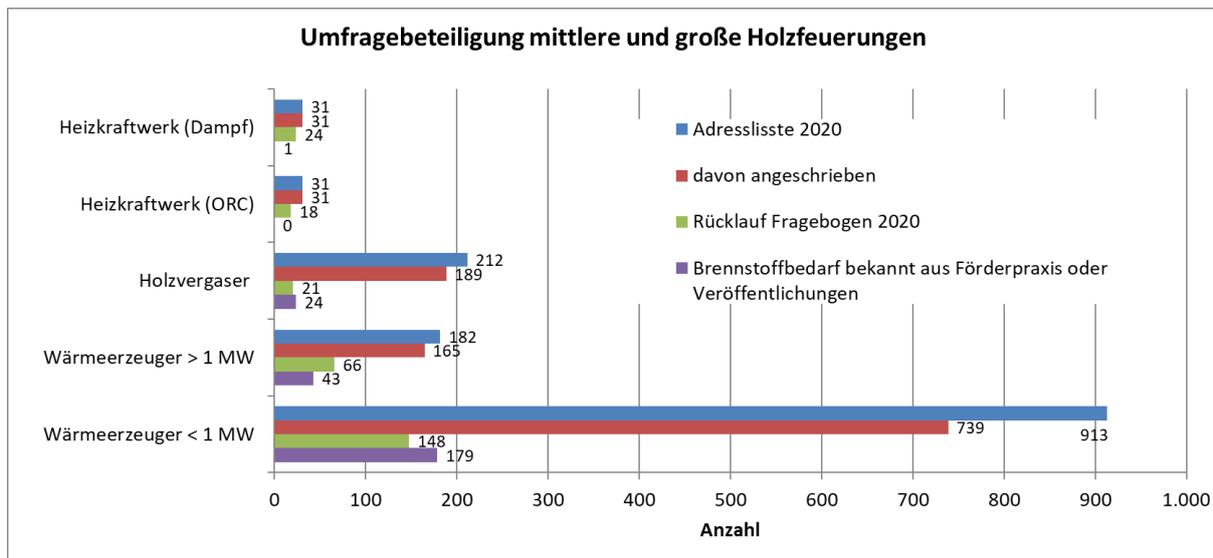
Zur Vorbereitung der Verbrauchserhebung mittels Fragebogenversand wurde die bei C.A.R.M.E.N. e.V. geführte Adressdatenbank über mittlere und große Feuerungsanlagen, wie vorab beschrieben, ergänzt

---

<sup>15</sup> behördeninterne Datenbank „Informationssystem immissionsschutzrechtlich relevanter Anlagen in Bayern“ (ISA-B)

<sup>16</sup> Vielfach wurde „Biogas (vor Ort verstromt)“ als Hauptbrennstoff angegeben.

und auf Aktualität überprüft. Von 1.369 Holzfeuerungsanlagen konnten die Betreiberadressen identifiziert werden. Dabei lagen von einer Reihe von mittleren und großen Biomasseheiz(kraft)werken<sup>17</sup>, die über den Freistaat Bayern bzw. das Technologie- und Förderzentrum in Straubing (TFZ) gefördert wurden, bereits umfangreiche Jahresdaten zu den eingesetzten Energieholzarten sowie den Verbräuchen im Jahr 2020 vor. Von Heizwerken, die in den vergangenen drei Jahren im Förderprogramm BioKlima<sup>18</sup> einen Antrag stellten, sind ebenso hinreichend genaue Daten zur Auslastung, den zu versorgenden Objekten sowie dem geplanten Brennstoffeinsatz bekannt. Diese insgesamt 214 Betreiber wurden im Rahmen der Erhebung zum Energieholzmarktbericht 2020 nicht erneut angeschrieben.



**Abbildung 39: Anzahl der mit Standort bekannten Biomasseheiz(kraft)werke, der schriftlich befragten Anlagen sowie die Befragungsbeteiligung jeweils nach Anlagenart.**

Im Juni 2021 wurden daher lediglich 1.155 Betreiber von mittleren und großen Feuerungsanlagen schriftlich befragt. Dabei handelte es sich um eine Wiederholungsstudie aus dem Jahr 2018, wofür ein zweiseitiger Fragebogen postalisch versendet wurde. Abgefragt wurden die erzeugten Energiemengen im Strom- und Wärmebereich, der Brennstoffverbrauch, die eingesetzten Brennstoffsportimente und die Art der Wärmeverwertung. Um die Rücklaufquoten zu erhöhen, folgten im Juli, September und Oktober 2021 schriftliche Erinnerungen und telefonische Nachfragen. Darüber hinaus füllten Kaminkehrermeister der Schornsteinfeger-Innung Niederbayern<sup>19</sup> 13 Fragebögen vor Ort bei ihren Kunden aus und stellten sie für die Erhebung zur Verfügung. Insgesamt lagen abschließend 277 auswertbare Fragebögen vor. Die Häufigkeit der Rückmeldungen variiert je nach Anlagentyp stark (siehe Abbildung 39). So wurde bei Biomasseheizkraftwerken, die mit Dampf Strom erzeugen, eine Rücklaufquote von 77 % und bei Heizkraftwerken mit ORC-Technik eine Quote von 58 % erreicht. Hingegen belief sich der

<sup>17</sup> C.A.R.M.E.N. e.V. lagen zur Auswertung 119 detaillierte Jahresberichte über das Betriebsjahr 2020 von Heiz(kraft)werken vor.

<sup>18</sup> BioKlima: Förderprogramm zur Errichtung von Biomasseheizwerken und zur Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen

<sup>19</sup> 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 2020 (Feuerungsanlagen für feste Biomasse ausgenommen Einzelraumfeuerungen).

Rücklauf bei Holzvergasanlagen auf nur 11 %. Bei den reinen Wärmeerzeugern < 1 MW gaben 20 % des befragten Adressbestandes Auskunft zum Brennstoffeinsatz, der Rücklauf bei den Betreibern von Anlagen > 1 MW lag bei 40 %.

Zusammen mit den bereits erwähnten Jahresberichtsdaten geförderter Heiz(kraft)werke und den 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 524 Datensätzen<sup>20</sup> die Energieholzverbräuche von 38 % der in der Adressdatenbank geführten Anlagen 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 2020 erzeugten Strommenge hochgerechnet. Letztere konnte den Bewegungsdaten der für Bayern zuständigen Übertragungsnetzbetreiber entnommen werden (Tennet 2021, Amprion 2021). Auch bei den meisten standörtlich bekannten Holzvergäsern war die produzierte Strommenge über die Bewegungsdaten in Erfahrung zu bringen. Die Hochrechnung der Brennstoffverbräuche auf den Gesamtbestand an Holzvergasanlagen beruht auf einer Annahme von mittleren Volllaststunden der Anlagen<sup>21</sup> und einem Brennstoffbedarf je erzeugter MWh, wie ihn die Hersteller produktbezogen veröffentlichten. Der Fragebogenrücklauf bestätigte dabei die Herstellerangaben hinsichtlich des Brennstoffbedarfs im Wesentlichen. Die Hochrechnung auf den gesamten Anlagenbestand sollte damit hinreichend genau sein. Sofern die eingesetzten Brennstoffsortimente aufgrund von Literaturquellen oder aufgrund der EEG-Vergütungsklassen abgeschätzt werden konnten, wurde eine individuelle prozentuale Aufteilung nach den Brennstoffklassen gewählt. War dies nicht der Fall, erfolgte eine Zuteilung über Mittelwerte.

Die Brennstoffverbräuche der Wärmeerzeuger > 1 MW, die nicht an der Umfrage teilgenommen haben, wurden mit dem aus der Umfrage ermittelten durchschnittlichen Brennstoffbedarf von 0,69 t atro je kW Nennwärmeleistung hochgerechnet. Zur individuellen Festlegung der Anteile der eingesetzten Energieholzsortimente konnten zum Teil Informationen aus der Befragung der Landratsämter aus dem Jahr 2015 oder den Umfragerückläufen früherer Erhebungsjahre herangezogen werden. Lagen keine Hinweise vor, so erfolgte die Aufteilung anhand von Mittelwerten aus der Umfrage.

Mit einer Anlagenzahl von rund 19.600 Wärmeerzeugern < 1 MW stellen die mittleren Holzfeuerungen die größte Verbrauchsgruppe außerhalb der Haushalte dar. Mit 327 auswertbaren Datensätzen wurde über die Umfrage somit der Verbrauch von 1,7 % des gesamten Anlagenbestandes erfasst. Der Holzverbrauch dieser Stichprobenanzahl wurde für die Hochrechnung auf den gesamten Anlagenbestand verwendet. Dabei wurden aus der Umfrage sowohl die mittlere Leistung als auch der mittlere Holz-brennstoffverbrauch in t atro je installiertes kW in der entsprechenden Leistungsklasse berücksichtigt. Tabelle 21 zeigt auf, dass 62 % der Wärmeerzeuger eine Kesselleistung kleiner 100 kW aufweisen, 35 % eine Leistung zwischen 100 und 500 kW und nur 3 % eine Leistung größer 500 kW. Die Grundgesamtheit ist somit deutlich linksverteilt. In der Adressdatenbank sind jedoch überwiegend Anlagen größer 150 kW erfasst, so dass die über die Verbrauchserhebung vorliegende Stichprobenverteilung 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

---

<sup>20</sup> Bei Wärmeerzeugern > 1 MW wurden darüber hinaus Umfrageergebnisse des Jahres 2018 mit einbezogen.

<sup>21</sup> Die Auswertung der eingespeisten EEG-Strommengen ergeben im Mittel 7.000 Volllaststunden.

konnten 19 % des gesamten Anlagenbestandes mit Brennstoffverbräuchen hinterlegt werden, was zu einem relativ guten Hochrechnungsergebnis für diese Leistungsklasse führen dürfte. Je kleiner die Anlagen werden, umso höher ist die statistische Unsicherheit.

**Tabelle 21: Anlagenanzahl der Stichprobe je Leistungsklasse im Vergleich zur Grundgesamtheit aller Wärmeerzeuger < 1 MW**

	50 ≥ 100 kW	100 ≥ 500 kW	500 ≥ 900 kW	Summe
Anlagenanzahl gemäß Kaminkehrerstatistik	12.221 <sup>22</sup>	6.918	494	19.633
Anteil	62 %	35 %	3 %	100 %
Anzahl der Anlagen mit Kenntnis zum Holzverbrauch aus Stichprobe	35	196	96	327
Anteil	11 %	60 %	29 %	100 %

### 3.2.2 Ergebnisse: Energieholzverbrauch Feuerungsanlagen > 50 kW

Es ist davon auszugehen, dass Ende 2020 etwa 20.200 Feuerungsanlagen in Bayern mit einer thermischen Leistung größer 50 kW in Betrieb waren. Dabei sind den Autoren die Anlagenstandorte und Betreiber von 1.369 Anlagen bekannt. Die räumliche Verteilung dieser Feuerungsanlagen ist Abbildung 40 zu entnehmen. Die bei C.A.R.M.E.N. e.V. geführte Betreiberdatenbank weist bei den Holz(heiz)kraftwerken mit Dampf- oder ORC-Technik sowie bei Holzheizwerken mit einer Feuerungswärmeleistung größer 1 MW eine hohe Vollständigkeit auf. Dagegen umfasst die Datenbank bei Wärmeerzeugern kleiner 1 MW nur 4,6 % der real existierenden Anlagen. Im Vergleich zum Gesamtbestand dieser Verbrauchergruppe sind in der Datenbank Standorte mit einer Leistung zwischen 500 und 900 kW prozentual häufiger vertreten. Dies zeigt auch eine Gegenüberstellung der mittleren Nennwärmeleistung. Während diese für den bekannten Anlagenbestand 403 kW beträgt, lässt die Hochrechnung über alle Wärmeerzeuger kleiner 1 MW auf eine mittlere Leistung von 150 kW in diesem Verbrauchssegment schließen. In der Karte sind nur vereinzelt Feuerungen mit einer Leistung unter 200 kW verortet.

<sup>22</sup> Davon haben 244 Feuerungsanlagen eine Leistung zwischen 30 und 50 kW. Da diese Feuerungsanlagen Brennstoffe mit den Nummern 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 Verbrauchergruppe Wärmeerzeuger < 1 MW zugeordnet.

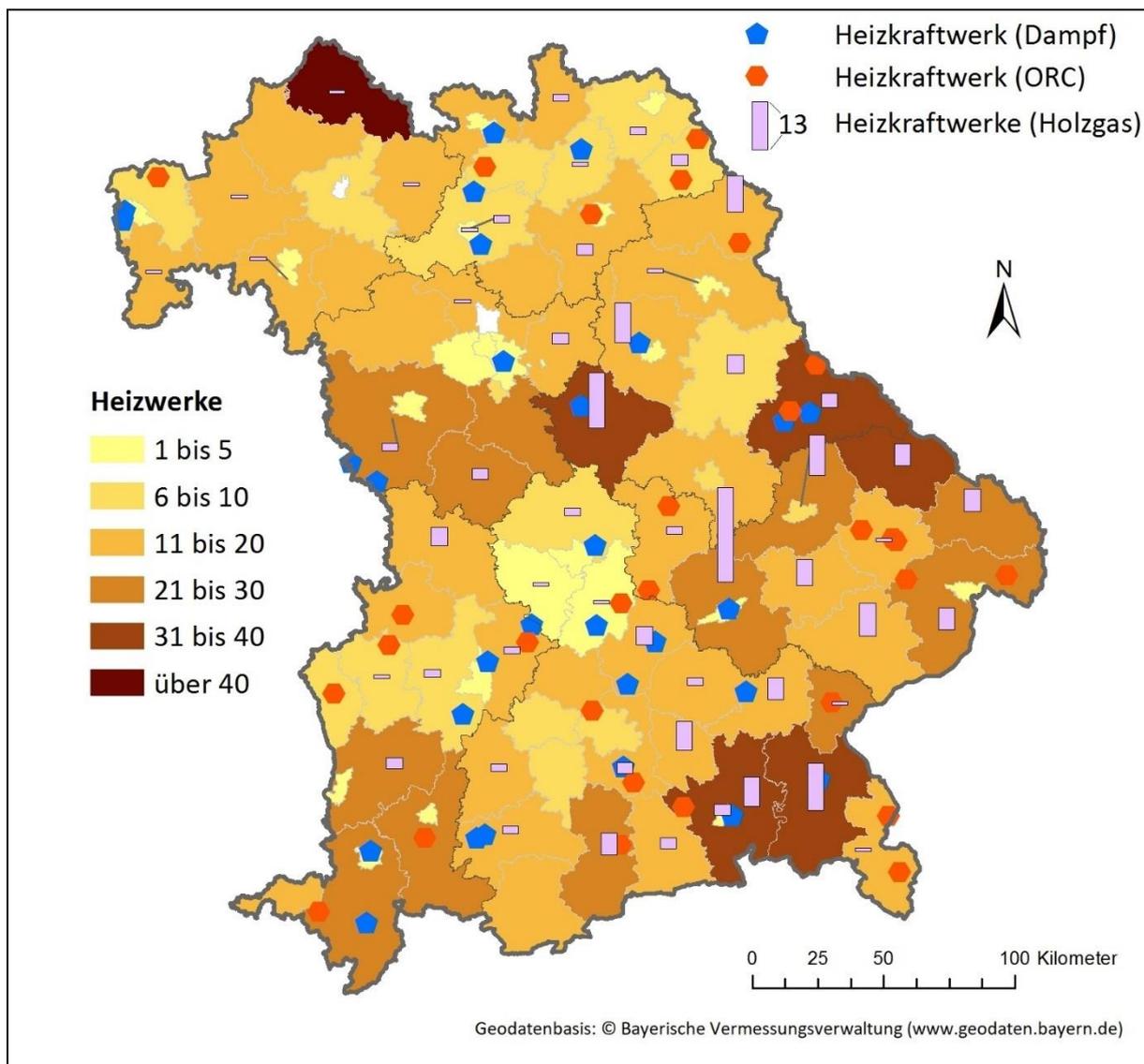


Abbildung 40: Räumliche Verteilung der mit Standort bekannten Feuerungsanlagen > 100 kW in Bayern.

#### *Brennstoffverbrauch und installierte thermische Leistung*

Die Auswertung der schriftlichen und telefonischen Befragung sowie der bei C.A.R.M.E.N. e.V. geführten Förderdatenbank, welche die vom Freistaat Bayern bezuschussten Anlagen erfasst, kann 524 mittleren und großen Holzfeuerungen einen Energieholzverbrauch im Jahr 2020 von 1,82 Mio. Tonnen atro zuweisen. Auf den gesamten Anlagenbestand der Holzfeuerungen > 50 kW in Bayern hochgerechnet, kann der Bedarf an holziger Biomasse für das Jahr 2020 auf 3,57 Mio. Tonnen atro geschätzt werden. Der Energieholzmarktbericht Bayern 2018 bezifferte den Brennstoffbedarf dieser Verbrauchergruppe auf 3,46 Mio. Tonnen atro (GÖßWEIN ET AL. 2020), für 2016 wurde ein Bedarf von 3,04 Mio. Tonnen atro (GÖßWEIN ET AL. 2018) ausgewiesen. Eine Diskussion des Anstiegs von 2018 auf 2020 erfolgt in Kapitel 3.2.3.

Obwohl Biomasse(heiz)kraftwerke (inkl. Holzvergaser) nur 2 % des gesamten Anlagenbestandes der Feuerungsanlagen > 50 kW in Bayern ausmachen, verbrauchen sie etwa die Hälfte des Energieholzes, wie Tabelle 22 zeigt. Insbesondere Dampf(heiz)kraftwerke nehmen eine herausragende Rolle ein. Dies begründet sich in ihrer hohen Feuerungswärmeleistung von im Mittel 28 MW bei gleichzeitig hoher Auslastung der Anlagen. Eine untergeordnete Rolle spielen bei der Verbrauchsbetrachtung aufgrund

ihrer geringeren Feuerungswärmeleistung die ebenfalls stromerzeugenden Holzvergasungsanlagen und Standorte, die mit ORC-Technologie ausgestattet sind. Weitere 37 % des gesamten Energieholzverbrauches ist den Wärmeerzeugern < 1 MW zuzuordnen, deren Bestandszahl 2020 mit rund 19.600 Feuerungsanlagen vom LIV (2021) beziffert werden kann. Biomasseheizwerke > 1 MW Feuerungswärmeleistung nutzen hochgerechnet rund 420.000 Tonnen Holz Brennstoffe bzw. 12 % des gesamten Energieholzbedarfes der Anlagen > 50 kW.

**Tabelle 22: Biomasseeinsatz in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2020 nach Anlagenart, deren Anteil am Verbrauch sowie an der Anlagenzahl (hochgerechnet und gerundet)**

	Energieholzverbrauch 2020 [Tonnen atro]	Anteil am Verbrauch in Bayern	Anlagenzahl in Bayern (gerundet)
<b>Biomasse(heiz)kraftwerke</b>	1.846.000	52%	390
(Heiz)kraftwerk (Dampf)	1.385.000	39%	31
Heizkraftwerk (ORC)	335.000	9%	31
Holzvergaser	125.000	4%	330
<b>Wärmeerzeuger &lt; 1 MW</b>	1.308.000	37%	19.600
<b>Wärmeerzeuger &gt; 1 MW</b>	420.000	12%	182
<b>Summe (gerundet)</b>	<b>3.570.000</b>	<b>100</b>	<b>20.200</b>

In den Verbrauchergruppen „Wärmeerzeuger > 1 MW“ und „Biomasse(heiz)kraftwerke“ war es aufgrund eines vollumfänglichen Adressbestandes das Ziel dieser Studie, eine Vollerhebung durchzuführen. Bei den Wärmeerzeuger < 1 MW hingegen basiert die Hochrechnung der Brennstoffverbräuche auf einer Stichprobe.

**Tabelle 23: Durchschnittliche Leistung und durchschnittlicher Energieholzverbrauch der Stichprobe getrennt nach Leistungsklassen sowie das Hochrechnungsergebnis auf die Grundgesamtheit der Wärmeerzeuger < 1 MW**

	Nennwärmeleistung [kW] <sup>23</sup>				Summe
	50 ≥ 100	100 ≥ 150	150 ≥ 500	500 ≥ 900	
Anlagenanzahl (Grundgesamtheit)	11.977	3298	3285	494	19.389 <sup>24</sup>
Stichprobe [n]	35	44	152	96	327
Ø Nennwärmeleistung [kW]	82	137	299	755	
Ø Holzverbrauch [t atro/kW]	0,331	0,421	0,522	0,733	
<b>Summe Holzbedarf [t atro]</b>	<b>309.000</b>	<b>190.000</b>	<b>538.000</b>	<b>270.000</b>	<b>1.308.000</b>

<sup>23</sup> Die Kaminkehrerstatistik weist lediglich die Klasse 100 ≥ 500 kW aus. Die zur Hochrechnung verwendete weitere Gliederung dieser Klasse in die beiden Klassen 100 ≥ 150 kW und 150 ≥ 500 kW erfolgt in Anlehnung an die Ergebnisse des Forschungsprojekts „Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland – Kkehrbucherhebung 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 100 ≥ 150 kW und 150 ≥ 500 kW ausgewiesen wurden und dabei für Bayern eine geringe Linksverteilung zeigen. Datengrundlage waren Kkehrbuchauszüge von 219 bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegern in Bayern (RÖNSCH 2017).

<sup>24</sup> Weiter 244 Holzfeuerungen haben eine Leistung zwischen 30 und 50 kW und wurden der Verbrauchergruppe der Nichtaushalte zugeordnet (geschätzter Brennstoffbedarf: 2.000 t atro).

Tabelle 23 weist die durchschnittlich installierte Leistung und den mittleren Holzverbrauch der Stichprobe getrennt nach Leistungsklassen als Ergebnis aus der Betreiberbefragung aus. Zudem beinhaltet die Tabelle die Hochrechnungsergebnisse auf den gesamten Anlagenbestand der Wärmeerzeuger < 1 MW in den jeweiligen Leistungsklassen.

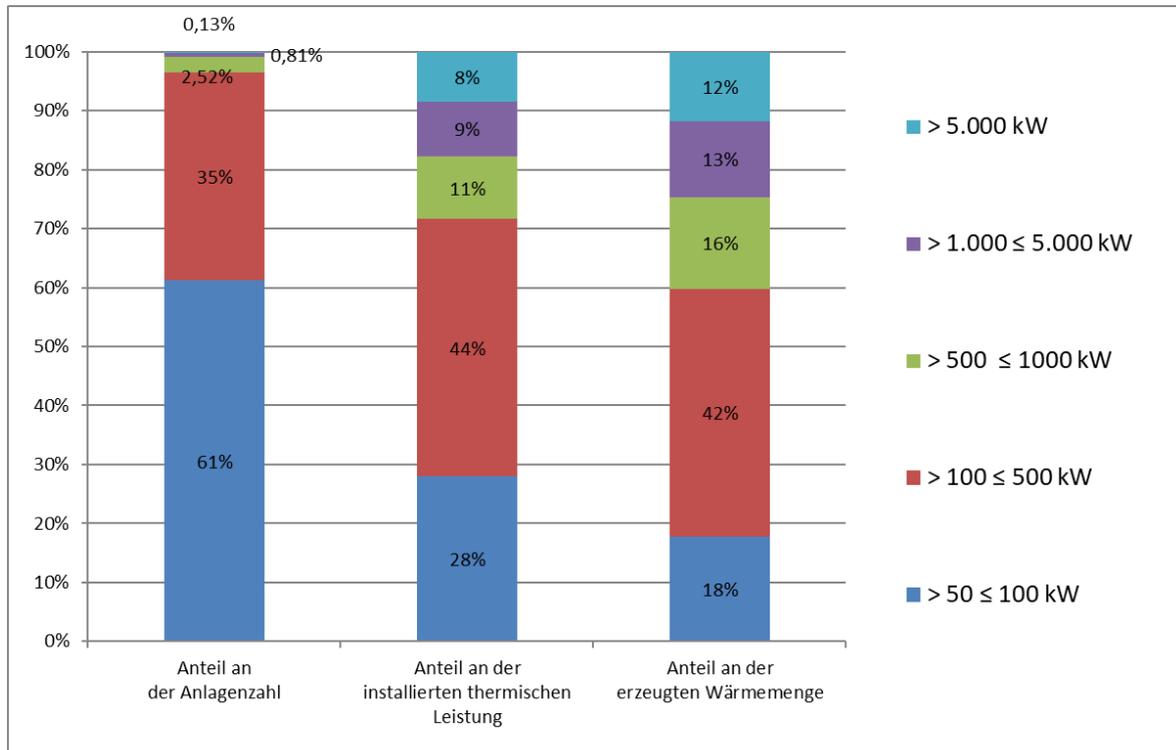
Wie üblich steigt der mittlere Holzverbrauch je installiertem kW mit zunehmender Anlagenleistung an. Während im Jahr 2020 Feuerungen zwischen 50 und 100 kW durchschnittlich nur 0,331 t atro je kW verbraucht haben, wurden Kessel ab einer Leistung von 500 kW mehr als doppelt so viel Energieholz je kW zugeführt, nämlich 0,733 t atro. Dies bedeutet, dass größere Anlagen durchschnittlich stärker ausgelastet sind und mit höheren Volllaststunden betrieben werden. Holzkessel zwischen 50 und rund 300 kW werden häufig monovalent betrieben, d. h. sie übernehmen die alleinige Wärmeversorgung mittlerer und großer Liegenschaften und werden deshalb so dimensioniert, dass sie auch Lastspitzen im Winter abdecken können. Über das gesamte Jahr hinweg gesehen führt diese Betriebsweise zu einer geringeren Auslastung der Kessel. Feuerungsanlagen zwischen 300 und 900 kW sind hingegen i. d. R. Grund- und Mittellastkessel, die z.B. in einen Nahwärmeverbund integriert sind, oder stellen Prozesswärme bereit. Deshalb erreichen diese Kessel oft deutlich höhere Jahreslaufzeiten.

Die installierte Nennwärmeleistung über den gesamten Anlagenbestand an Wärmeerzeugern > 50 kW wird in Summe auf rund 3.450 MW geschätzt. 600 MW umfassen dabei die Feuerungen, die an der Erhebung teilgenommen haben. Alle KWK-Anlagen weisen zusammen eine thermische Leistung von 730 MW auf, so dass in Bayern von einer installierten thermischen Gesamtleistung bei Holzfeuerungen > 50 kW von rund 4,2 GW ausgegangen werden kann. Für das Jahr 2018 wurde eine Wärmeleistung von 3,8 GW ermittelt. Insbesondere der Zubau an Wärmeerzeugern < 1 MW hat zu dieser Steigerung zwischen den Marktbeurteilungen 2018 und 2020 geführt. Die Angaben der Betreiber zur nutzbaren thermischen Leistung ihrer Biomasseheizkraftwerke (Dampf und ORC) schwanken bei den Umfragerückläufen von Jahr zu Jahr etwas, so dass sich gegenüber 2018 eine leichte Reduzierung für dieses Verbrauchssegment ergeben hat. Ebenso wurde für Anlagen, die sich nicht an der Umfrage beteiligten, die thermische Nutzleistung über das Marktstammdatenregister verifiziert. Auch dies hat bei einigen Anlagenstandorten zu leichten Veränderungen bei den Leistungsannahmen geführt.

Die aus Energieholz bereitgestellte Wärmemenge wird für den gesamten Anlagenbestand auf rund 11,0 TWh hochgerechnet, wobei ein Anteil von 65 % den reinen Wärmeerzeugern zugeordnet werden kann und 35 % der Abwärme bzw. ausgekoppelten Dampfmenge von KWK-Anlagen. Werden zum Vergleich die Hochrechnungen für die mittleren und großen Feuerungsanlagen aus dem Jahr 2018 (vgl. GÖRWEIN ET AL. 2020) herangezogen, so kann der Energieholzmarktbericht 2020 für den Energieträger Holz eine um 9 % höhere bereitgestellte Wärmemenge nachweisen.

In Abbildung 41 wird der Fokus noch einmal auf die reinen Wärmeerzeuger > 50 kW gelegt und für verschiedene Leistungsklassen dargestellt, zu welchen Anteilen sie im Bestand vertreten sind und wie sie zur installierten Gesamtleistung und auch zur gesamten Wärmeerzeugung beitragen. Absolute Dominanz hinsichtlich der Anlagenzahl haben die Holzfeuerungen im Gültigkeitsbereich der 1. BImSchV bis zu einer Nennwärmeleistung von 900 kW. Sie machen 99 % des Gesamtbestandes aus und erzeugen 76 % der bereitgestellten Wärmemenge, wobei ihr Anteil an der installierten Leistung 83 % beträgt. Obwohl es etwa doppelt so viele Kessel mit 51 bis 100 kW wie Kessel zwischen 101 und 500 kW gibt, hat letztere Leistungsklasse mit 42 % den größten Anteil an der insgesamt erzeugten Wärmemenge. Die immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Feuerungen mit einer Nennwärmeleistung größer 900 kW stellen ein Viertel der Wärmemenge bereit. Mit erfassten 182 Standorten ist diese Verbrauchsgruppe zwar zahlenmäßig klein, aufgrund der hohen installierten Leistung und der i.d.R. höhe-

ren Laufzeit<sup>25</sup> aber bedeutsam. Diese Heizwerke erzeugen in vielen Fällen Prozesswärme, andere speisen ihre Wärme in ein ausgedehntes Nahwärmenetz ein. Der größte bekannte reine Wärmeerzeuger hat eine Leistung von 35 MW und steht bei einem Holzverarbeitenden Betrieb.



**Abbildung 41: 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 2020 (Datengrundlage: Erhebung und Hochrechnung C.A.R.M.E.N. e.V., LIV 2021).**

### Umfrageergebnisse zur Wärmenutzung

Anlagenbetreiber von Holzfeuerungen haben im Fragebogen auch die Art der Wärmenutzung benannt. Ergänzt werden konnte diese Datenbasis durch Kenntnisse aus der Erhebung 2018 und durch Inhalte der Förderdatenbank von C.A.R.M.E.N. e.V. Zur Auswertung herangezogen wurden die Angaben von 310 Feuerungen mit einer thermischen Leistung über 500 kW. Lediglich die Angaben von Holzvergassungsanlagen wurden auch bei geringerer Leistung berücksichtigt. 88 % aller Rückmelder > 500 kW gaben an, u. a. Wärme für die Gebäudeheizung bzw. für die Warmwasserversorgung bereitzustellen (siehe Abbildung 42). Sowohl bei den reinen Wärmeerzeugern als auch bei den stromerzeugenden Anlagen ist somit i.d.R. diese klassische Art der Wärmenutzung anzutreffen, wenn auch zu unterschiedlichen Anteilen bei der Wärmemenge, wie Abbildung 42 belegt. Insbesondere bei den Anlagen mit Dampf- oder ORC-Prozess spielt die Nutzung der Abwärme als Prozesswärme für die Holzbe- und Verarbeitung bei 36 % 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 große Dampfkunden. Auf die Darstellung der Wärmenutzungsart im Leistungsbereich kleiner 500 kW wird in diesem Zusammenhang verzichtet, da nur 1,1 % des real existierenden Anlagenbestandes über die Umfrage abgebildet werden

<sup>25</sup> Die Umfrage bei genehmigungsbedürftigen Wärmeerzeugern ergab einen arithmetischen Mittelwert von 2.981 Volllaststunden, berechnet aus der erzeugten Wärmemenge 2020 und der installierten Nennwärmeleistung.

konnte. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die in diesem Leistungssegment erzeugte Wärmemenge zum größten Teil für Raumwärme und Warmwasser genutzt wird.

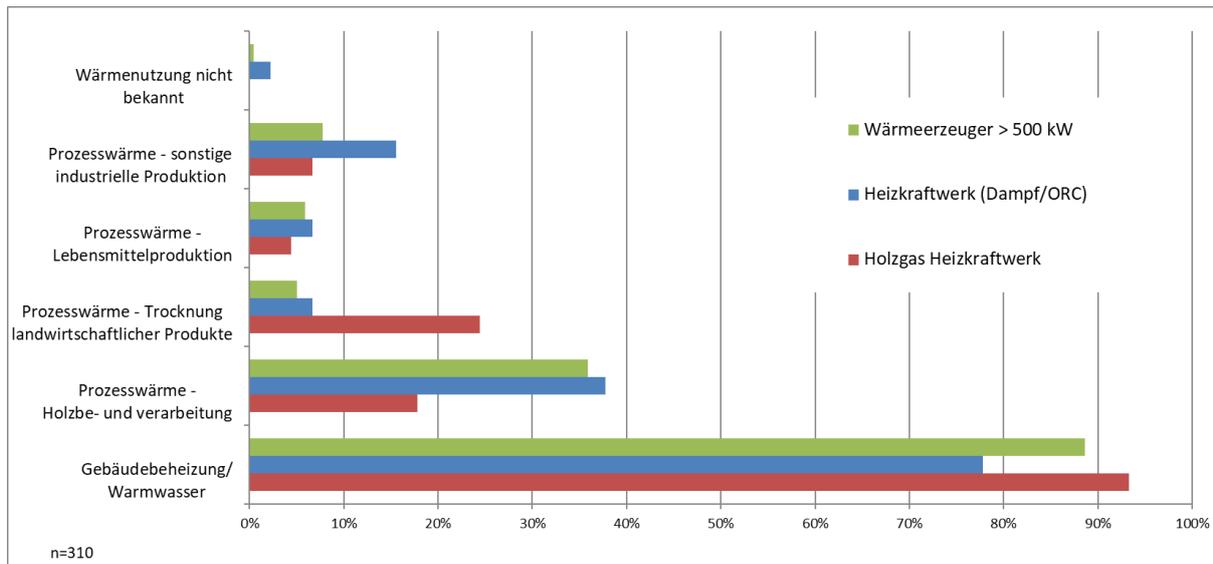


Abbildung 42: Häufigkeit der Nennungen zur Wärmenutzung ohne Gewichtung der genutzten Wärmemenge, Mehrfachnennungen möglich (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2020, Wärmeerzeuger > 500 kW n=220, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) n=45, Holzgas Heizkraftwerk n=45)

Abbildung 43 verdeutlicht die Ergebnisse der Umfrage zur Art der Wärmenutzung und den jeweiligen Anteilen in Bezug auf die insgesamt genutzte Wärmemenge. Alle 310 Anlagen des Stichprobenumfangs zusammen stellten 4,3 TWh Nutzwärme zur Verfügung. Davon wurden 33 % für die Gebäudebeheizung und die Bereitstellung von Warmwasser benötigt. Die größte Wärmemenge, nämlich 44 % wurde für Trocknungsprozesse in holzbe- und verarbeitenden Betrieben genutzt, wobei hier die Abwärme von KWK-Anlagen dominiert. Wie bereits die Ergebnisse der vorangegangenen Energieholzmarktberichte belegten, wird somit ein nicht unbedeutender Anteil des Energieholzes (vor allem Altholz und Koppelprodukte der Holzverarbeitenden Betriebe) in Prozesswärme für die Holz Trocknung umgewandelt und dient der Bereitstellung stofflicher Holzprodukte. Ein weiterer nennenswerter Anteil von 10 % der Wärme ist für sonstige industrielle Prozesse zu verzeichnen. Hier schlagen insbesondere die Wärmemengen zu Buche, die in Papier- und Zellstofffabriken genutzt werden.

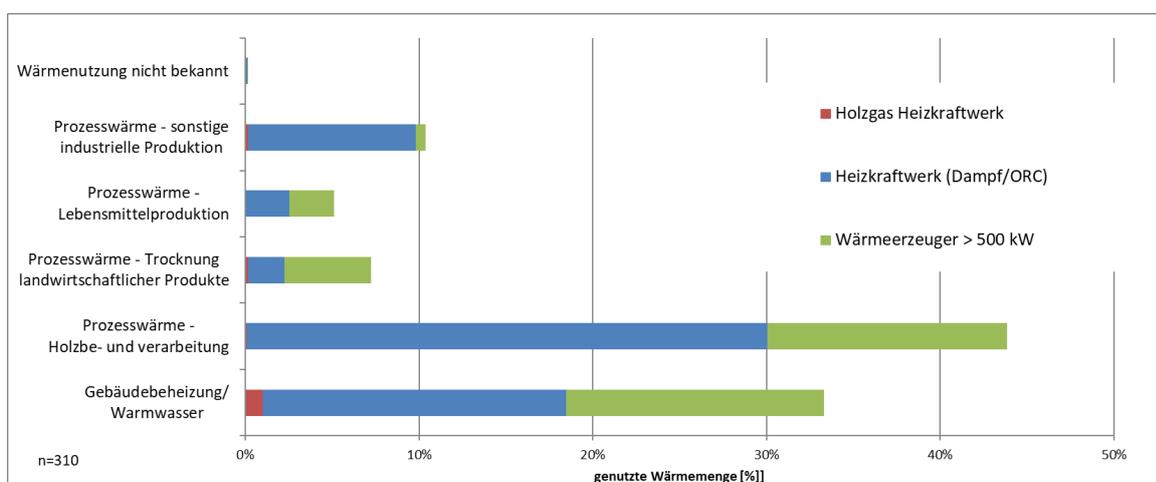


Abbildung 43: Art der Wärmenutzung und deren Anteil an der genutzten Wärmemenge (C.A.R.M.E.N.-Umfrage 2020, Wärmeerzeuger > 500 kW n=220, Heizkraftwerke (Dampf/ORC) n=45, Holzgas Heizkraftwerk n=45)

### *Stromproduktion in Biomasse(heiz)kraftwerken*

Nach derzeitigem Kenntnisstand waren Ende 2020 in Bayern 398 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung in Summe von 260 MW<sub>el</sub> in Betrieb, die aus Holziger Biomasse hochgerechnet im Betrachtungsjahr 1,59 Terrawattstunden Strom produzierten<sup>26</sup>. Für 2018 wurde im Energieholzmarktbericht die Stromproduktion mit rund 1,61 Terrawattstunden bei einer installierten elektrischen Leistung von 252 MW<sub>el</sub> ausgewiesen. Die Stromproduktion war somit 2020 geringfügig niedriger als 2018, während sich die installierte Leistung leicht erhöhte (GÖßWEIN ET AL. 2020). Abweichungen dieser Größenordnung können auf Ungenauigkeiten bei der Datenmeldung zurückzuführen sein, daher ist von einer gleichbleibenden Stromproduktion auszugehen. Deutschlandweit haben Festbrennstoffe 11,33 Terrawattstunden Strom bereitgestellt (FNR 2021). Auf bayerische Anlagen entfällt demnach ein Anteil von rund 14 %.

Wie Abbildung 44 zeigt, fand in Bayern der wesentliche Zubau an elektrischer Leistung in den Jahren 2002 bis 2012 statt. Zwar hat sich die Anlagenzahl seit 2012 mehr als verdoppelt, die installierte Leistung ist seither jedoch nur um 7 % gestiegen.

Die Strombereitstellung 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 thermo-chemischen Vergasungstechnologie, die erst seit etwa 2010 einen Durchbruch hin zur Marktreife erreicht hat. Holzvergaser machen mittlerweile rund 84 % des stromerzeugenden Anlagenbestandes aus. Aufgrund ihrer geringen Leistung von meist kleiner 200 kW<sub>el</sub> tragen sie jedoch nur mit rund 25 MW<sub>el</sub> zur installierten Gesamtleistung bei. Zugebaut wurden in den Jahren 2019 und 2020 27 Vergasereinheiten mit rund 2,5 MW<sub>el</sub>. Allerdings wurde der größte Holzvergaser Bayerns in Senden mit einer Leistung von 5 MW<sub>el</sub>, der erst 2012 ans Netz ging, Anfang 2019 aufgrund technischer und wirtschaftlicher Schwierigkeiten wieder stillgelegt (EUWID 2019). Netto hat die installierte Holzvergaserleistung somit abgenommen.

---

<sup>26</sup> Die Beifeuerung von Biomasse in Müllverbrennungsanlagen wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt.

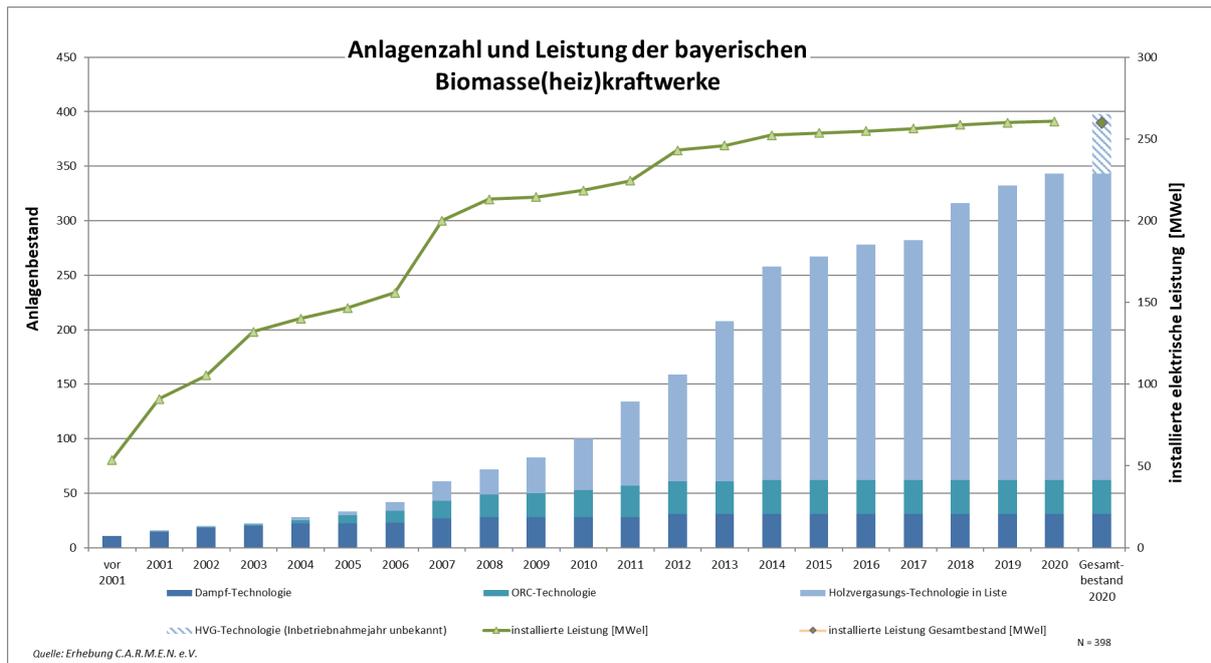
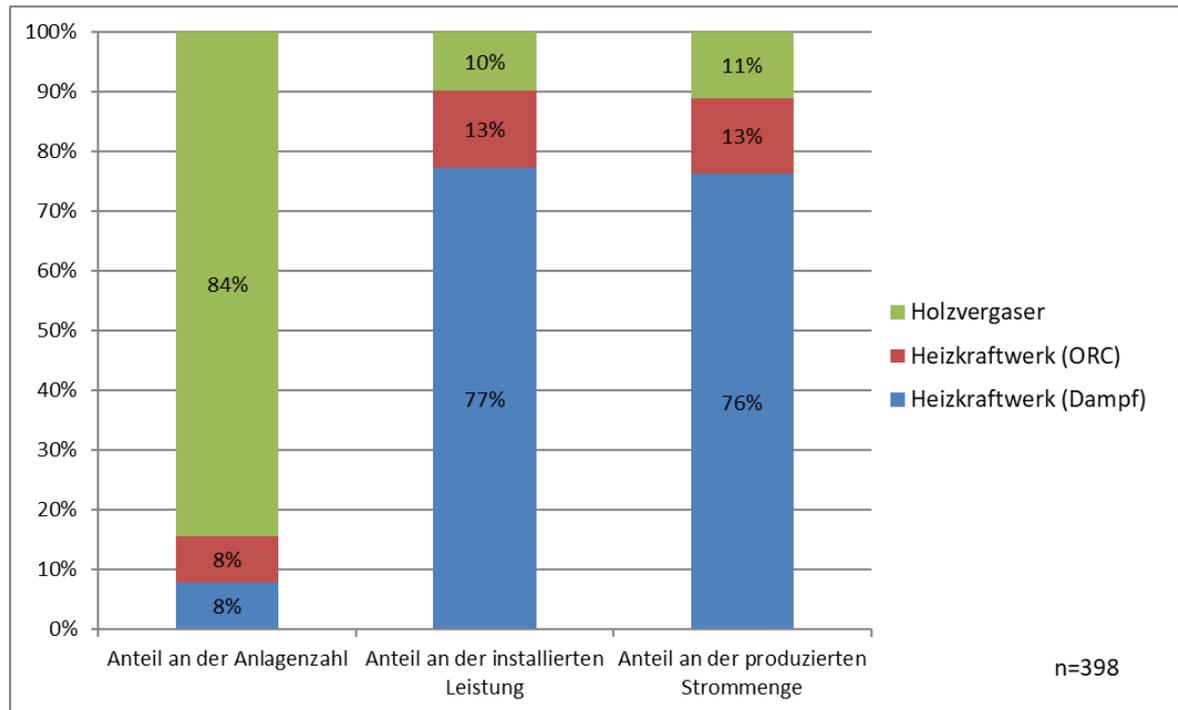


Abbildung 44: Anlagenanzahl und installierte elektrische Leistung der in Betrieb befindlichen bayerischen Bio-masse(heiz)kraftwerke.

Das Stromeinspeisungsgesetz ermöglichte in den 90er-Jahren die Errichtung der ersten Holz-(Heiz)kraftwerke, die überwiegend Gebrauchtholz und Industrieresthölzer einsetzten und den erzeugten Strom ins Netz einspeisten. Anfangs waren die genutzten Brennstoffsportimente sehr kostengünstig bzw. sogar mit Entsorgungserlösen zu beziehen. Wie auch die ersten im Rahmen des Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) realisierten Anlagen nutzen sie den konventionellen Dampfkraftprozess. Typische Vertreter dieser Anlagenkategorie sind beispielsweise die Altholz-(Heiz)kraftwerke der Steag New Energies GmbH in Traunreut und Neufahrn mit jeweils rund 5,5 MW<sub>el</sub> sowie das mit naturbelassenen Holzbrennstoffen befeuerte Heizkraftwerk in Pfaffenhofen mit rund 6 MW<sub>el</sub>. Die Dampfturbine ist eine ausgereifte Technologie im Leistungsbereich ab 2 MW<sub>el</sub> mit hohen Verfügbarkeiten und elektrischen Wirkungsgraden bis zu 35 % (KALTSCHMITT ET AL. 2009) bei reinen Kondensationskraftwerken. Im KWK-Betrieb sinkt jedoch mit zunehmendem Anteil der Wärmeauskopplung der elektrische Wirkungsgrad. Die letzten Anlagen mit Dampfturbinen gingen in Bayern im Jahr 2012 ans Netz. In der Vergangenheit wurden vereinzelt auch Dampfkolbenmotoren verbaut, eine Weiterentwicklung der klassischen Dampfmaschine mit einem Einsatzbereich weit unter 2 MW<sub>el</sub> und erzielbaren elektrischen Wirkungsgrade von etwa 15 % (KALTSCHMITT ET AL. 2009). Sechs dieser Motoren sind auch heute noch in Betrieb.

Der Zuwachs der Anlagenzahl und der installierten Leistung in den Jahren zwischen 2004 und 2009 ist hauptsächlich auf Anlagen mit ORC-Prozess zurückzuführen, der wie der konventionelle Dampfkraftprozess auf einem Kreisprozess basiert. Anstelle von Wasser wird jedoch ein organisches Arbeitsmedium, z.B. Silikonöl, verwendet, das geringere Siede- und Kondensationstemperaturen als Wasser aufweist. Die meist wärmegeführten Anlagen erreichen elektrische Wirkungsgrade von höchstens 12-14 % bezogen auf den eingesetzten Brennstoff (KARL 2012). Vorteilhaft ist jedoch der niedrigere Betriebsdruck dieser Technologie, so dass nicht ständig Personal an den Anlagen anwesend sein muss. Im Vergleich zum klassischen Dampfprozess sind daher geringere Personalkosten und damit geringere Betriebskosten zu erwarten. Durch den Technologie-Bonus von 2 Cent je kWh eingespeisten Stroms im EEG 2004 und EEG 2009 erhielt diese Art der Stromerzeugung aus fester Biomasse im Leistungsbereich zwischen 300 kW<sub>el</sub> und 3 MW<sub>el</sub> Vorschub. Die letzte Inbetriebnahme einer ORC-Anlage in Bayern fand im Jahr 2014 statt, dabei handelte es sich um eine Anlage mit 2,6 MW<sub>el</sub>, die an ein großes Holzverarbeitendes Unternehmen angegliedert wurde.

Die Erzeugung von Holzgas mit anschließender Nutzung im Gasmotor ermöglicht die Stromerzeugung auch im kleinen Leistungsbereich bei vergleichsweise hohen elektrischen Wirkungsgraden zwischen 25 und 35 %. Obwohl die Technologie seit Jahrzehnten bekannt ist, waren bis vor etwa 12 Jahren im Bestand nur Prototypen und Eigenbauten vorzufinden. Erst als einige bayerische Hersteller Anlagen zur Serienreife führten und einen stabilen Dauerbetrieb gewährleisten konnten, etablierte sich der Holzvergaser unter dem Schirm des EEG am deutschen Markt. Mittlerweile haben auch österreichische Holzkesselhersteller Holzvergaser in ihr Portfolio aufgenommen. Die meisten Holzvergaser haben eine Leistung zwischen 9 und 180 kW<sub>el</sub>. Abbildung 45 veranschaulicht die große Zahl der Anlagen mit Holzvergaserungstechnologie bei der Holzverstromung. Zur installierten Gesamtleistung tragen sie in Bayern mit 10 % und zur erzeugten Strommenge mit 11 % bei.



**Abbildung 45: 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 76 % von Dampf(heiz)kraftwerken getragen, obwohl lediglich 31 (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 6,5 MW<sub>el</sub>. So erzeugt die gleiche Anzahl an ORC-Anlagen nur 13 % der Strommenge bei einer mittleren Leistung von 1,1 MW<sub>el</sub>. Tabelle 24 weist statistische Werte für den im Rahmen dieser Studie eruierten Anlagenbestand aus.

**Tabelle 24: Elektrische Leistungsbereiche verschiedener Technologien zur Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen in Bayern (n=398)**

	<b>Median [MW<sub>el</sub>]</b>	<b>Mittelwert [MW<sub>el</sub>]</b>	<b>Kleinste Anlage [MW<sub>el</sub>]</b>	<b>Größte Anlage [MW<sub>el</sub>]</b>
Heizkraftwerk (Dampf)	5,40	6,49	0,1027	21,20
Heizkraftwerk (ORC)	0,89	1,10	0,32	2,80
Holzgas Heizkraftwerk	-	0,09	0,01	0,43

Von 62 Biomasse(heiz)kraftwerken mit Dampf- oder ORC-Technik speisen 53 Anlagen die gesamte produzierte Strommenge ins Netz ein, d.h. sie sind Volleinspeiser. Sieben Anlagen sind Teileinspeiser und nutzen einen Teil zur Deckung des Eigenstrombedarf. Darüber hinaus ist bekannt, dass an zwei weiteren Standorten 100 % des erzeugten Stroms im Unternehmen selbst verwertet wird. Eine dieser Anlagen außerhalb des EEGs ist der Branche der Papierindustrie zuzuordnen. Bei den Holzvergasungsanlagen beträgt der Anteil der Erzeugungseinheiten, die einen Teil der erzeugten Strommenge vor Ort nutzen, 34 %. Mit steigenden Strompreisen und dem angekündigten Wegfall der EEG-Umlage ist zu erwarten, dass der Prozentsatz der Teileinspeiser in Zukunft ansteigen wird.

ORC-Anlagen werden bis auf einen Standort wärmegeführt gefahren und auch bei Holzvergasern überwiegt diese Form der Betriebsfahrweise. Bei Dampfkraftwerken ist die stromgeführte Betriebsweise (zzgl. Wechselform) in etwa genauso häufig anzutreffen wie die Wärmeführung. Bis auf vier Altholz-kraftwerke, die keine oder fast keine Abwärme nutzen, werden alle stromerzeugenden Holzfeuerungen in Bayern mehr oder weniger vollumfänglich in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben.

#### *Eingesetzte Energieholzsortimente*

Gemäß den Hochrechnungen dieser Studie sind Hackschnitzel direkt aus dem Wald mit einem Anteil von 29 % der am meisten eingesetzte Holzbrennstoff in Holzfeuerungen > 50 kW, gefolgt von Gebrauchtholz und naturbelassenen Sägenebenprodukten inkl. Resthölzern mit einem Anteil von 19 % bzw. 16 % (siehe Tabelle 25). Werden alle Holzsortimente, die ab der 1. Holzverarbeitungsstufe bis hin zur letzten Stufe der Kaskadennutzung anfallen (inkl. Holzpellets) zusammengerechnet, so sind 61 % der energetisch genutzten Holzsortimente Koppelprodukte der stofflichen Holznutzung.

Welche Brennstoffsortimente in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW eingesetzt werden, hängt stark von der Größe der Anlage sowie der Anlagenart ab. So sind Altholz und Waldhackschnitzel die dominierenden Brennstoffe bei stromerzeugenden Anlagen, während bei reinen Wärmeerzeugern Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer, ergänzend zu Waldhackgut, eine bedeutende Rolle spielen. Altholz hingegen steht bei dieser Verbrauchsgruppe nicht im Vordergrund (siehe Abbildung 46 und Abbildung 47). In den folgenden Absätzen werden die hochgerechneten Verbräuche der Energieholzsortimente sowie deren Verteilung auf die Anlagentypen näher beschrieben.

<sup>27</sup> Bei dieser Anlage handelt es sich um einen Dampfmotor.

Tabelle 25: Energieholzverbrauch in bayerischen Holzfeuerungen > 50 kW für das Jahr 2020, (hochgerechnet)

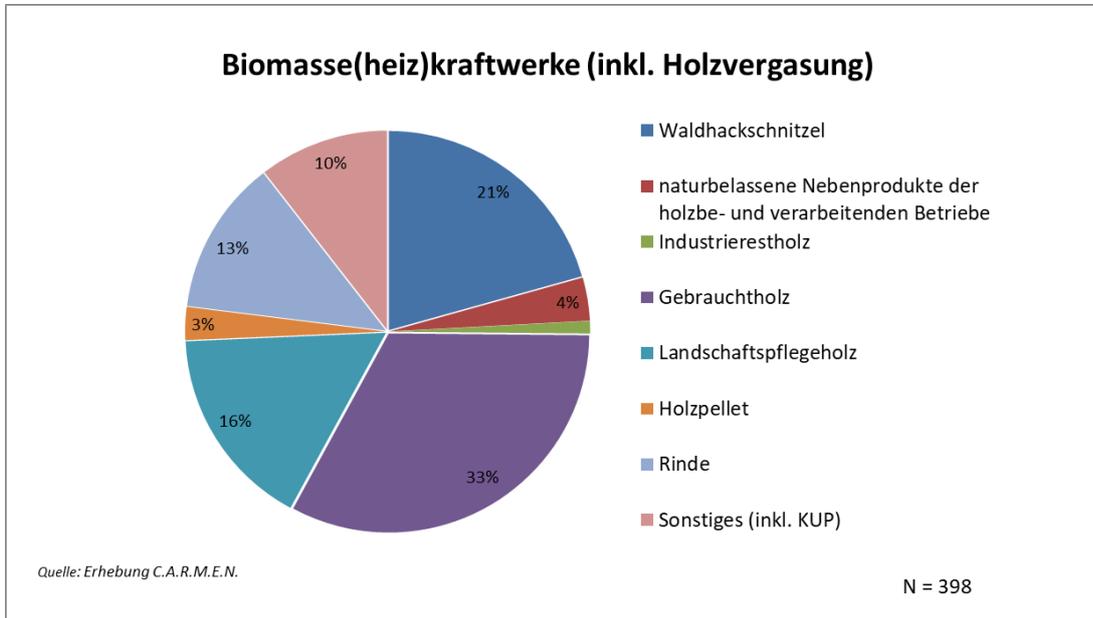
	Energieholzverbrauch 2020 [Tonnen atro]	Anteil am Verbrauch in Bayern
Gebrauchtholz	670.000	19 %
Industrierestholz (nicht naturbelassen)	170.000	5 %
Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer aus der Holzbe- und -verarbeitung	570.000	16 %
Waldhackschnitzel	1.030.000	29 %
Rinde	270.000	8 %
Landschaftspflegeholz	390.000	11 %
Holzpellets	280.000	8 %
Sonstiges (inkl. KUP)	190.000	5 %
<b>Summe</b>	<b>3.570.000</b>	<b>100 %</b>

Die Marktbetrachtung geht von rund 670.000 Tonnen atro Gebrauchtholz aus, die in Bayern 2020 in mittleren und großen Holzfeuerungen energetisch genutzt wurden. Zu einem Großteil wird diese Menge in Dampf(heiz)kraftwerken, den sogenannten Altholzwerkstätten, verbrannt. Dabei zeigen die Umfragerückläufe, dass 15 von 31 Dampfanlagen Alt-/Gebrauchtholz einsetzen, z. T. auch ausschließlich. Im Mittel über alle Dampf(heiz)kraftwerke beträgt der Anteil dieses Brennstoffsortiments hochgerechnet 44 %. Gemäß § 2 der Altholzverordnung zählt zu Altholz neben Gebrauchtholz auch Industrierestholz. Es ist definiert als „in Betrieben der Holzbe- oder -Verarbeitung anfallende Holzreste einschließlich der in Betrieben der Holzwerkstoffindustrie anfallenden Holzwerkstoffreste sowie anfallende Verbundstoffe mit überwiegendem Holzanteil“ (AltHolzV 2020). Gemäß den Fragebogenrückläufen wurden rund 170.000 Tonnen atro behandeltes Industrierestholz der energetischen Nutzung zugeführt. Die Abgrenzung zwischen den einzelnen Altholzkategorien ist mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

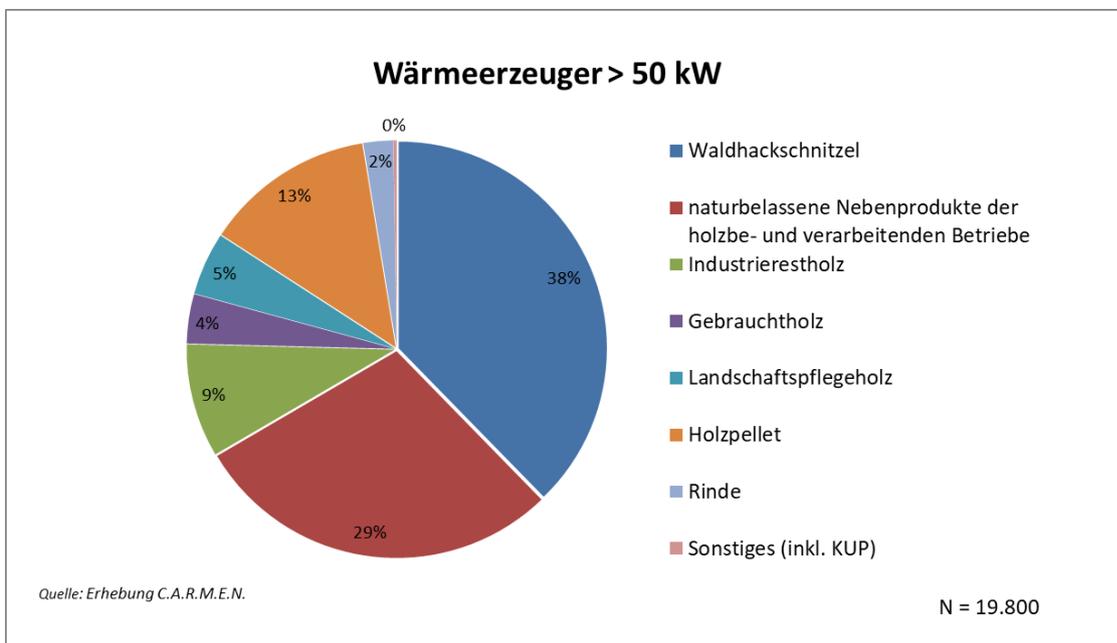
Naturbelassene Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer spielen bei den Brennstoffen für KWK-Anlagen aufgrund der Brennstoffvergütungsklassen innerhalb des EEG eine untergeordnete Rolle. Sie werden entweder zu Holzpellets weiterverarbeitet oder wandern vielfach direkt in die werkeigenen Feuerungen der holzbe- und -verarbeitenden Betriebe, beispielsweise um Schnittholztrocknungsanlagen zu betreiben. Die Hochrechnung der Holzverbräuche unter Berücksichtigung entsprechender Anteile an den Brennstoffsportimenten ergibt eine Menge von rund 570.000 Tonnen atro Sägenebenprodukte und naturbelassene Resthölzer (ohne Berücksichtigung der zu Pellets aufbereiteten Mengen).

Der Einsatz reiner Rindensortimente wurde getrennt erfasst, wobei für 2020 ein Verbrauch von 270.000 Tonnen atro ermittelt wurde. „Strom, der unter Einsatz von Rinde gewonnen wird, ist unabhängig von deren Herkunft mit dem NawaRo-Bonus zu vergüten. Demzufolge gilt dies auch für Strom, der unter Einsatz von Rinde aus der industriellen Holzverarbeitung gewonnen wird“ (CLEARINGSTELLE 2010). Aufgrund dieser Auslegung des EEG 2004 und 2009 verfeuern vor allem Heizkraftwerke mit ORC-Technik, aber auch einige Dampfkraftwerke, erhebliche Anteile an Rinde, um in den Genuss des NawaRo-Bonus zu kommen.

Hackschnitzel aus Waldrestholz und Energierundholz direkt aus dem Wald werden bei einer gesamten Verbrauchsmenge von 1.030.000 Tonnen atro über alle Feuerungsarten hinweg zu einem großen Anteil eingesetzt. Bei den ORC-Anlagen ist davon auszugehen, dass sie rund 50 % ihres Brennstoffbedarfs mit dieser Energieholzfraktion decken, Dampf-Heizkraftwerke zu etwa einem Siebtel. Reine Wärmeerzeuger > 50 kW werden zu 38 % mit dem Brennstoff direkt aus dem Wald befeuert.



**Abbildung 46: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2020 in bayerischen Biomasse(heiz)kraftwerken. Der Gesamtverbrauch der stromerzeugenden Anlagen wurde auf 1,85 Mio. Tonnen atro hochgerechnet.**



**Abbildung 47: Einsatz von Brennstoffen nach deren Anteil im Jahr 2020 in bayerischen Holzheizwerken > 50 kW zur reinen Wärmeproduktion. Der Gesamtverbrauch der Heizwerke wurde auf 1,73 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. Zusammen mit Rinde und Waldrestholz sichern sich im EEG 2004 und 2009 vergütete Heizkraftwerke über den Einsatz von Landschaftspflegeholz den NawaRo-Bonus

bzw. die Zuordnung zu den entsprechenden Einsatzstoffvergütungsklassen im EEG 2012. Auf 390.000 Tonnen atro energetisch verwertetes Landschaftspflegeholz im Jahr 2020 wurde der Verbrauch in Feuerungsanlagen > 50 kW hochgerechnet.

Etwa 80 % des erhobenen Holzpelletverbrauchs von 280.000 Tonnen atro wird in Wärmeerzeugern < 1 MW verbrannt. Der LIV (2021) geht von rund 3.800 Pelletfeuerungen im Leistungsbereich von 51 bis 900 kW aus, wobei nur 48 Standorte mit einer Leistung von mehr als 500 kW in Betrieb waren. Der Trend setzt sich fort, dass kommunale und gewerbliche Verbraucher zunehmend auf den zwar teureren, aber homogenen Holzbrennstoff setzen. Ein Sondersortiment stellen sogenannte NawaRo-Holzpellets dar, die mit 18 % des Verbrauchs zu Buche schlagen und vor allem in EEG-vergüteten Holzvergasern eingesetzt werden.

Unter der Position „Sonstiges“ werden neben KUP auch Mengen an Schwarzlauge und Zellulosefaser aus der Altpapieraufbereitung berücksichtigt, die in KWK-Anlagen an Standorten der Zellstoff- und Papierindustrie eingesetzt werden. Position „Sonstiges“ summierte sich auf 190.000 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 im Jahr 2020 auf 3,57 Mio. Tonnen geschätzt und liegt damit im Vergleich zur Verbrauchserhebung des Jahres 2018 mit 3,46 Mio. Tonnen atro um rund 3 % höher. Während der Gesamtholzverbrauch sowie die Anzahl der stromerzeugenden Anlagen und der Wärmeerzeuger > 1 MW nahezu gleichgeblieben sind, errechnete sich für Wärmeerzeuger < 1 MW im Vergleich zu 2018 ein Mehrbedarf von rund 100.000 Tonnen atro. Ein Grund hierfür sind rund 2.200 mittlere Holzfeuerungen (davon 31 % Pelletfeuerungen), die in diesem Zeitraum zugebaut wurden (LIV 2021). Über die im Jahr 2020 über die Umfrage ermittelten durchschnittlichen Leistungen und spezifischen Verbräuche hochgerechnet, würde der Zubau zu einem Mehrbedarf von rund 140.000 Tonnen atro führen. Neben der Veränderung der Grundgesamtheit wirken sich aber auch die Veränderungen der statistischen Stichprobenergebnisse zur „durchschnittlichen Leistungen“ und zu den „spezifischen Verbräuchen“ auf den Gesamtverbrauch aus und zwar, wie Tabelle 26 zeigt, mit gegensätzlichen Auswirkungen. So hat die Stichprobe 2020 zu einer Erhöhung der mittleren Leistung über alle Klassen um 5 % geführt, woraus ein entsprechender Mehrbedarf an Energieholz resultiert. Insbesondere die Leistungserhöhung in der Klasse zwischen 150 und 500 kW hatte signifikante Auswirkungen. Dagegen ist der spezifische Brennstoffverbrauch je kW installierter Nennwärmeleistung von 2018 auf 2020 gesunken, im Mittel um 10 %. Die Rückmeldungen der Vor-Ort-Erhebung der Schornsteinfeger, die insbesondere die Datenbasis der zwei kleineren Leistungsklassen erweiterten, zeigten einen deutlich geringeren Verbrauch, was dazu führte, dass die spezifischen Verbräuche in diesen Klassen um 14 % bzw. 17 % gesunken sind.

**Tabelle 26: Veränderung der Einflussgrößen auf das Hochrechnungsergebnis bei Wärmeerzeugern < 1 MW im Jahr 2020 im Vergleich zum Erhebungsjahr 2018**

Leistungsklassen [kW]	Veränderung 2018 zu 2020			
	spezifischer Brennstoffverbrauch	mittlere Leistung	Anzahl Grundgesamtheit	Heizgradtage <sup>28</sup>
> 50 ≤ 100	-17 %	6 %	13 %	
> 100 ≤ 150	-14 %	1 %	13 %	
> 150 ≤ 500	-9 %	14 %	12 %	
> 500 ≤ 900	-10 %	0 %	5 %	
<b>Alle</b>	<b>-10 %</b>	<b>5 %</b>	<b>13 %</b>	<b>-5 %</b>

Bei der Verbrauchergruppe der Privathaushalte deuten die Erhebungen zu den Energieholzmarktberichten 2016, 2018 und 2020, wie auch in Kapitel 3.1.2 beschrieben, auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Energieholzverbrauch und der Witterung in der jeweilig betrachteten Heizperiode hin. Ähnliche Effekte lassen sich auch bei mittleren und großen Feuerungen vermuten, wenn sie überwiegend Raumwärme bereitstellen. Tatsächlich waren auf das Kalenderjahr bezogen die Heizgradtage im Jahr 2020 um 5 % geringer als 2018. Eine gewisse spezifische Verbrauchsreduktion lässt sich somit mit der Witterung erklären, insbesondere für die kleineren Anlagen, die i. d. R. monovalent betrieben werden. Bei Holzfeuerungen, die als Grund- oder Mittellastkessel in einem Nahwärmenetz eingesetzt werden, ist diese Schlussfolgerung nicht immer eindeutig zu treffen. Hier zeigten frühere Untersuchungen, dass diese durchschnittlich weniger elastisch auf Witterungsänderungen reagieren (vgl. Kapitel 2.7.4 GÖßWEIN ET AL. 2020). Allerdings könnte sich in der aktuellen Erhebung mittlerweile der Trend bemerkbar gemacht haben, dass neue Biomasseheizwerke immer seltener mit einem fossilen Spitzenlastkessel ausgestattet werden, sondern nun häufiger mehrere Holzkessel in Kaskade die gesamte benötigte Heizlast abdecken. Diese Kesselauslegung führt zu einer geringeren Auslastung des einzelnen Kessels. Ebenso werden immer mehr Nahwärmenetze in der Grundlast mit Biogas-Abwärme gespeist, so dass der Hackschnitzelkessel als Mittel- bzw. Spitzenlastkessel eingesetzt wird. Auch diese Tatsache kann bereits zu einem geringeren spezifischen Holzenergieverbrauch je kW installierter Leistung geführt haben.

### 3.2.4 Fazit und Trends

Der Energieholzverbrauch in bayerischen Feuerungsanlagen > 50 kW<sub>th</sub>, der den Verbrauch außerhalb der Privathaushalte widerspiegelt, wird für das Jahr 2018 auf ca. 3,57 Mio. Tonnen atro geschätzt. Davon wurden rund 52 % in stromerzeugenden Anlagen genutzt, die in Bayern 1,6 TWh erneuerbaren Strom bereitstellten. Bis auf wenige Ausnahmen im Bereich der Altholzverwertung werden diese Anlagen nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben, so dass zusätzlich zum Strom noch 3,8 TWh Abwärme genutzt bzw. vermarktet werden konnten. Die installierte elektrische Leistung aus fester Biomasse beträgt laut Erhebung rund 260 MW<sub>el</sub> und liegt damit auf ähnlichem Niveau wie 2018. Die bekannten großen (Heiz)kraftwerke blieben bis auf einen Standort mit 5 MW<sub>el</sub> in Neu-Ulm über die beiden Betrachtungsjahre am Netz. Neu in Betrieb genommen wurden lediglich Holzvergasungsanlagen mit einer Leistung in Summe von rund 2,5 MW<sub>el</sub>. (Heiz)kraftwerke mit Dampf- oder ORC-Technik wurden nicht zugebaut. Den reinen Wärmeerzeugern > 50 kW ordnet die Studie über die Stichprobenerhebung einen Verbrauch von rund 1,73 Mio. Tonnen atro bei einer Wärmebereitstellung von 7,2 TWh zu. Im Vergleich zur Erhebung des Jahres 2018 wurde über alle Verbrauchergruppen 2020 ein um

<sup>28</sup> Quelle: IWU 2021

3 % höherer Energieholzbedarf ermittelt, der vor allem auf das Konto des Holzbedarfs von Wärmeerzeugern < 1 MW geht. Bei diesen mittelgroßen Feuerungen hat sich der Anlagenbestand um rund 2.200 Anlagen auf insgesamt 19.600 erhöht und einen entsprechenden Mehrbedarf generiert. Gleichzeitig ist jedoch der spezifische Holzverbrauch je installierter Anlagenleistung im Vergleich zum Jahr 2018 um ca. 10 % gesunken. Ein Grund hierfür dürfte die mildere Witterung im Kalenderjahr 2020 sein. Der Holzbedarf der großen Wärmeerzeuger ist weitgehend unverändert geblieben.

Insgesamt zeigt diese Studie rückblickend wenig Bewegung bei Holzfeuerungen größer > 50 kW. Automatisch beschickte Holzfeuerungen im mittleren Leistungsbereich erfuhren in den Jahren vor 2020 zwar einen stetigen, aber im Vergleich zum Boomzeitraum 2005 bis 2014 lediglich moderaten Zubau. Insbesondere kleine Nahwärmeprojekte mit Biomassekesseln zwischen 50 bis 200 kW wurden trotz der relativ niedrigen Preise für Gas und Heizöl vermehrt realisiert. Gründe hierfür waren die kalamitätsgetriebene, flächendeckend hohe Verfügbarkeit von Hackschnitzeln und die breitgestreuten Waldbesitzverhältnisse in Bayern mit einem hohen Privatwaldanteil. Die Eigenversorgung mit zusätzlicher Wärmelieferung an externe Abnehmer in überschaubarem Umfang stand dabei im Vordergrund. Diese Kombination bot die Möglichkeit, ohne zu hohes wirtschaftliches Risiko kostendeckende Erlöse für Waldrestholz zu erzielen. Der Waldbesitzer war damit nicht dem Preisverfall am angebotsdominierten Hackschnitzelmarkt ausgeliefert, sondern hat die Chance wahrgenommen, als Wärmeversorger von der gesamten Wertschöpfungskette Energieholz zu profitieren. Große Projekte wurden nur vereinzelt realisiert.

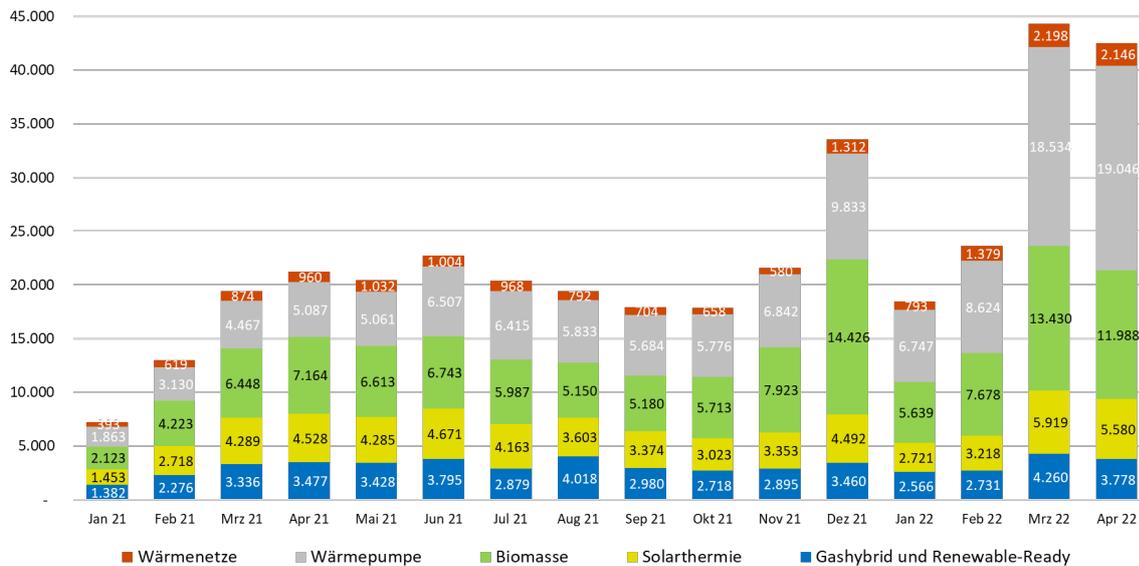
Seit dem Jahr 2020 ist in der Holzenergie-Branche jedoch ein deutlicher Aufwind zu spüren, der sich bis zum Zeitpunkt der Berichterstellung im Jahr 2022 aufgrund der geopolitischen Veränderungen beschleunigt. Auslöser waren diverse Änderungen bei Förderprogrammen, Verordnungen und Gesetzen, die seit 2020 neue Impulse am Wärmemarkt setzen. Deren Ziel ist und war es, bis zum Jahr 2045 einen weitgehend klimaneutralen Gebäudebestand in Deutschland zu realisieren. Zu nennen sind hier die progressive CO<sub>2</sub>-Bepreisung fossiler Energieträger seit 2021 sowie die Vorgabe, dass ab 2024 jede neu eingebaute oder ausgetauschte Heizung mindestens zu 65 Prozent mit erneuerbaren Energien betrieben werden muss. Vor allem aber bewegen Fördersätze bis zu 50 % Bürger, Unternehmen und Kommunen zum Handeln. Wird beispielsweise ein alter Ölkessel gegen ein regeneratives Heizsystem wie eine Holzheizung getauscht, so zahlt der Staat im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) derzeit die Hälfte der Investitionskosten.

Wie Abbildung 48 zeigt, wurde das Förderprogramm BEG EM im Bereich des Heizungstausches stark nachgefragt. Zwischen 4.500 und 14.500 Förderanträge wurden monatlich für neue Holzheizungen deutschlandweit gestellt. 26 % dieser Förderanträge stammen aus Bayern, beim Fördertatbestand Wärmenetze beträgt der Anteil der bayerischen Antragsteller sogar 52 %<sup>29</sup> (BAFA 2022B). Der Energieholzmarktbericht 2020 konnte den sich abzeichnenden Boom auf Holzbrennstoffe bei Wärmeerzeugern > 50 kW noch nicht abbilden, die Förderzahlen lassen jedoch vermuten, dass es in den nächsten Jahren eine deutliche Nachfragesteigerung nach Energieholz aus dem Bereich der Gebäudebeheizung geben wird. Diese Prognose trifft sowohl auf den Sektor der Privathaushalte als auch auf den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen zu. Gerade im unsanierten Gebäudebestand mit vergleichsweise hohen Vorlauftemperaturen im Heizsystem haben Eigentümer bei einem anstehenden Heizungstausch nur wenig erneuerbare Alternativen zur Holzheizung, wenngleich die Wärmepumpe mittlerweile auch bei Sanierung im Bestand häufiger verwendet wird. In den ersten Monaten des Jahres 2022 sind deutlich mehr Förderanträge für Wärmepumpen gestellt worden als für Holzheizungen

---

<sup>29</sup> Antragszeitraum vom 01.01.2021 bis 20.05.2022

(siehe Abbildung 48). Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend verstärken wird, denn Wärmepumpen der neuesten Generation können mittlerweile auch ein höheres Heiztemperaturniveau weitgehend energieeffizient bedienen. Gleichzeitig steigt die Skepsis in der Bevölkerung, dass für weitere Holzheizer noch genügend heimisches Energieholzpotential zur Verfügung steht. Verstärkt wird diese Einschätzung durch den deutlichen Preisanstieg von Holzpellets seit Dezember 2021, einhergehend mit einem gewissen Vertrauensverlust in diesen Holzbrennstoff (vgl. Abbildung 21 Preisanstieg Holzpellets). Die Abkehr von Heizöl und Erdgas, die derzeit sowohl aus Gründen des Klimaschutzes aber auch wegen der unsicheren Versorgungslage und den massiven Preissteigerungen bei fossilen Energieträgern erfolgt, wird langfristig auf einen hohen Elektrifizierungsgrad der Gebäudewärme hinauslaufen. Teilweise ist die Holzheizung daher in der aktuellen Situation als Brückentechnologie zu sehen.



**Abbildung 48: Monatliche Anzahl der Förderanträge zum Heizungstausch im BEG – Programmteil Einzelmaßnahmen von Januar 2021 bis April 2022 (Quelle: BAFA 2022A).**

Da im BEG EM der Anschluss an ein Wärmenetz in gleicher Höhe gefördert wird wie die Investition in ein eigenes Heizsystem, melden Wärmenetzbetreiber eine erhöhte Nachfrage nach der Realisierung neuer Hausanschlüsse bei entsprechender Erweiterung der Wärmetrassen. Hackschnitzelkessel sind neben Biogas-Abwärme nach wie vor die Hauptwärmequellen bayerischer Nahwärmenetze. Demzufolge ist davon auszugehen, dass bestehende Holzheizwerke zukünftig eine höhere Auslastung erfahren oder sogar Wärmeerzeugungskapazitäten zubauen werden. Im Falle des Repowerings eines Heizwerks ist jedoch auch immer die Einbindung von Solarthermie sowie Großwärmepumpen bzw. Elektrodenkessel, die zukünftig Überschussstrom aus Wind und Sonne in Wärme umwandeln sollen, im Gespräch. Ebenso werden neue Nahwärmenetze zunehmend multivalent unter Kopplung verschiedener regenerativer Wärmequellen geplant, wobei Energieholz als speicherbarer Energieträger in Energiekonzepten dennoch meist den Hauptteil der Winterlast zu übernehmen hat. Langfristig soll Holz aber nur noch dann zum Einsatz kommen, wenn zu wenig Abwärme zur Verfügung steht und auch Sonne und Wind nicht genügend Energie liefern können. Da die Verdichtung und der Zubau von Gasnetzen angesichts der zunehmend unsichereren Versorgungslage Deutschlands mit Erdgas faktisch zum Erliegen gekommen ist, entstehen in vielen bayerischen Gemeinden und Städten derzeit neue Ideen zu Umsetzung von Nahwärmeprojekten. Energieholz spielt in den meisten Fällen eine tragende Rolle.

Es ist jedoch nicht nur der Gebäudesektor, bei dem sich ein großer Zubau an Feuerungsanlagen für Energieholz abzeichnet. Großes Interesse besteht auch seitens der Industrie, die derzeit für rund 30 %

des Endenergiebedarfs verantwortlich ist (UBA 2022) und nun vor der Aufgabe steht, energieintensive Prozesse zu defossilisieren. Die Anwendungsbereiche für Energieholz reichen von der Erzeugung von Warmwasser oder Dampf bis hin zur Bereitstellung von Heißluft oder Thermalöl. Gegenüber anderen derzeit verfügbaren regenerativen Alternativen hat Energieholz in der Prozesswärme den Vorteil, dass es flexibel und bedarfsgerecht eingesetzt werden kann. Darüber hinaus können durch die Verbrennung von fester Biomasse Temperaturen bis über 500 Grad Celsius erreicht werden - ein Temperaturniveau, das sowohl Solarthermie als auch Geothermie nicht bereitstellen können. Die Agora-Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ geht davon aus, dass feste Biomasse zukünftig vor allem für die Industrie und deren Umstieg auf erneuerbare Energien vorgehalten werden muss, während der Gebäudesektor und die Energiewirtschaft ihre Anteile der Holzenergie nur marginal ausbauen bzw. bis 2045 auch zurückfahren müssen. (PROGNOS ET AL. 2021). Nur mit einer gezielten Mengensteuerung des begrenzt zur Verfügung stehenden heimischen Energieholzes je Sektor sind die Klimaziele zu erreichen.

Energieholzeinsatz in und für die Industrie bedeutet auch Zubau an Verbrennungsanlagen mit Leistungen im zweistelligen Megawatt-Bereich, wie sie im vergangenen Jahrzehnt zumindest in Bayern nicht mehr realisiert worden sind. Derartige Großprojekte brauchen Akzeptanz in der Bevölkerung. Erste Vorstöße der Großindustrie in diese Richtung sind wie in Kösching im oberbayerischen Landkreis Eichstätt 2021 an einem Bürgerentscheid gescheitert. Das Unternehmen Prolignis wollte ein Holzheizkraftwerk mit einer Leistung von bis zu 60 Megawatt Wärme und 11 Megawatt Strom errichten, um das Audi-Werk in Ingolstadt mit erneuerbarer Wärme zu versorgen. Projekte dieser Größenordnung erfahren ein beträchtliches Medienecho und befeuern eine lebhaftere Diskussion zwischen Experten, vor Ort in der Bevölkerung, aber auch in den sozialen Medien. Streitpunkt ist das höchst komplexe Ökosystem Wald und dessen Funktion als Klimaretter, dessen Beitrag zur Biodiversität und dessen Funktion als Rohstofflieferant für ein nachhaltiges Wirtschaften. Diese Thematik wird im Abschlusskapitel dieser Studie nochmals aufgegriffen.

### 3.3 Papier- und Zellstoffindustrie

Die Holzverarbeitende bayerische Papierindustrie bestand 2020 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. UPM tritt auf dem bayerischen Markt sowohl als Holzverbraucher von Papierholz wie auch als Anbieter von Sekundärrohstoffen auf. Weitere kleinere Produzenten (Palm, Leipa etc.) nutzen v.a. Altpapier und Zellstoff im Rahmen ihrer Papier- und Kartonagenproduktion. Die bayerische Zellstoffindustrie besteht aus einem Zellstoffwerk des südafrikanischen Konzerns SAPPI in Stockstadt.

#### 3.3.1 Methode

Aktuell produziert nur ein Marktteilnehmer in Bayern (UPM GmbH) grafische Papiere mit Frischfasereinsatz aus Waldholz und TMP Hackschnitzeln auf Basis von Holzstoff. Aus Datenschutzgründen stehen keine Informationen zum derzeitigen Holzeinsatz zur Verfügung. Um trotzdem eine möglichst genaue Holzverbrauchsschätzung abgeben zu können, wurde mithilfe der aktuellen Produktionsentwicklung und den letztjährigen Daten der Frischholzeinsatz geschätzt. Die Papierproduktion ist demnach seit dem letzten Berichtsjahr 2018 von 4,58 Mio. Tonnen auf 3,94 Mio. Tonnen gefallen (BAYPAPIER 2021). Der Rohstoffeinsatz für das Zellstoffwerk von SAPPI in Stockstadt wurde der Umwelterklärung des Unternehmens entnommen (SAPPI 2021).

Statistiken zum Aufkommen von Altpapier werden vom Bundesamt für Statistik nur für das Altpapier aus Haushaltsabfällen geführt. Das deutschlandweite Gesamtaufkommen wurde zunächst aus den Angaben des VDP (2017, 2019, 2021) zum Altpapierverbrauch und dem Im- und Export von Altpapier errechnet. Damit konnte das Verhältnis der Haushaltsabfälle zum gesamten Altpapier-Aufkommen in Deutschland ermittelt und auf das Aufkommen von Altpapier aus den bayerischen Haushalten (LfU 2021) übertragen 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 2021), anhand der zusammen mit der Papierproduktion in Bayern (BayPapier 2021) 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 DIESEL UND WEIMAR (2014) das Volumen an Holz errechnet, das dem Kohlenstoffgehalt des im Altpapier enthaltenden Holzes entspricht. Dabei wurde unterstellt, dass die Sortenzusammensetzung von Altpapier der Zusammensetzung des nach Deutschland importierten Papiers entspricht. Somit errechneten sich für einen Festmeter Holz im Jahr 2020 ein Wert von 0,626 Tonnen Papier sowie ein Umrechnungsfaktor von t lutro zu Fm m. R. von 1,598. Für die Umrechnung von Tonnen lutro in atro wurde ein Wassergehalt im Altpapier von 9 % angenommen (WEIDNER ET AL. 2016).

#### 3.3.2 Holzverbrauch der bayerischen Papierindustrie

Die 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 2020 auf 870.000 Festmeter o. Rinde (1.000.000 Fm m. R.) geschätzt. Für die Papierproduktion in Schongau werden TMP-Hackschnitzel anstatt frischem Waldholz eingesetzt. Diese fallen als Sägenebenprodukt in Sägewerken an. Der Verbrauch wird hier auf 400.000 m<sup>3</sup> geschätzt.

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

verwendet oder an verschiedene weiterverarbeitende Betriebe verkauft. Im Jahr 2020 wird der Anfall an Nebenprodukten für die Sägespäne auf 3.400 m<sup>3</sup>, für das Bruch- und Kappholz auf 23.000 m<sup>3</sup> und für die Rinde auf 340.000 m<sup>3</sup> 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.

### 3.3.3 Holzverbrauch der bayerischen Zellstoffindustrie

Das Zellstoffwerk in Stockstadt produziert gestrichenes Feinpapier und Naturpapier aus Buchenzellstoff. Im Jahr 2020 wurden dort rund 307.000 Tonnen Papier und 123.000 Tonnen Zellstoff produziert (SAPPI 2021). Sappi Stockstadt ist ein integriertes Werk mit eigenem Kraftwerk und Zellstoffproduktion für die Papierherstellung. Die dafür benötigten Holzmen gen werden in der Umwelterklärung des Unternehmens mit 173.000 Tonnen Rundholz (312.000 Fm m. R.) und 95.000 Tonnen (171.000 Fm m. R.) Hackschnitzel aus Sägenebenprodukten angegeben. Außerdem wurden 75.000 Tonnen Fremdzellstoff für die Papierproduktion eingesetzt. Der Einsatz von Frischholz in der Zellstoffindustrie wird auf rund 480.000 Fm m. R. berechnet.

### 3.3.4 Aufkommen und Verbrauch von Altpapier

Der wichtigste Rohstoff für die bayerische Papierindustrie ist das Altpapier. Das Aufkommen wird für das Jahr 2020 auf 2,50 Mio. Tonnen lutro geschätzt. Hinzu kommt ein Nettoimport von 175.000 Tonnen Altpapier. Der Verbrauch bei der Papierherstellung wurde im Berichtsjahr auf 3,11 Mio. Tonnen lutro geschätzt. Damit ergeben sich für die Holzbilanz ein Aufkommen von 2,32 Mio. Tonnen atro und ein Verbrauch von 2,85 Mio. Tonnen atro.

## 3.4 Holzwerkstoffindustrie

Grundsätzlich bestehen Holzwerkstoffe aus Holz, das zuvor insbesondere 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. veränderten Massivholzplatten über Span- und Faserplatten bis hin zu Verbundwerkstoffen, die aus Mischungen von Holz und Papier oder Kunststoffen bestehen. Die Holzwerkstoffindustrie in Bayern bestand 2020 aus insgesamt 16 Betrieben mit mehr als 20 Mitarbeitern (BLfS 2021A). In dieser Studie wurde die Betrachtung auf Betriebe konzentriert, die Waldholz oder Sägenebenprodukte in größeren Mengen verbrauchen. Hersteller von Holzwerkstoffen wie Massivholz- oder Tischlerplatten wurden nicht einbezogen, da sie nicht zur ersten Verarbeitungsstufe gehören, sondern reine Weiterverarbeitungsbetriebe sind. Die Betrachtung konzentriert sich somit auf die zwei Großproduzenten von Spanplatten und einem Hersteller von Palettenklötzen.

### 3.4.1 Methode

Die Produktionsmengen der Unternehmen wurden aus Meldungen der Fachpresse ermittelt und mit Daten aus amtlichen Statistiken ergänzt. Die amtlichen Produktionsstatistiken wiesen für die Spanplatte deutschlandweit von 2018 bis 2020 eine Abnahme der Produktionsmengen um 4,2 % aus (DESTA-TIS 2021c). Diese Entwicklung wurde ebenfalls für die in Bayern produzierenden Spanplattenhersteller Rauch und Pfeleiderer angenommen und auf diese übertragen.

Der Holzanteil in den Spanplatten von 84 % wurde dem VDH (2013) entnommen und die Anteile der verschiedenen Rohstoffe (Rundholz, Sägenebenprodukte, Altholz) von WEIDNER ET AL. (2016) übernommen.

### 3.4.2 Holzverbrauch der bayerischen Holzwerkstoffindustrie

Ausgehend von einer Produktionsmenge von rund 530.000 m<sup>3</sup> im Jahr 2018 (GÖßWEIN ET AL. 2020) wurde für das Jahr 2020 eine reduzierte Produktionsmenge von rund 508.000 m<sup>3</sup> geschätzt. Für Pfeilerer ergeben sich ebenso etwas reduzierte Mengen im aktuellen Berichtsjahr. Insgesamt belaufen sich damit die produzierten Mengen in Bayern auf 1,45 Mio. m<sup>3</sup> Spanplatte. Weitere 220.000 m<sup>3</sup> an Palettenklötzen komplettieren die betrachteten Produktionsmengen.

Der Rohstoffeinsatz für die oben beschriebenen Produktionsmengen verteilte sich auf die Sortimente Waldholz, Sägenebenprodukte und Altholz. Die im Jahr 2020 in der stofflichen Produktion eingesetzten Mengen an Waldholz werden auf 189.000 Fm o. R. (215.000 Fm m. R.) geschätzt. Die verwendeten Sägenebenprodukte belaufen sich auf 1,33 Mio. Fm und das verwendete Altholz auf 0,59 Mio. Fm. In Summe entspricht das einer Menge 2,14 Mio. Fm, die in die Holzbilanz eingeht.

### 3.4.3 Diskussion

Die Gegenüberstellung der ermittelten Holzverbräuche und der Verkaufsmengen von Sägenebenprodukten aus der Sägewerksumfrage ergab eine relativ gute Übereinstimmung. Ebenso kann der von DÖRING ET AL. (2017) ermittelte Faktor von 1,3 Faserholz (Fm) pro Produktion (m<sup>3</sup>) 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 und Altholz (Altholzklassen A I und A II) verarbeitet werden. Die Vorteile der stofflichen Verwertung von Altholz liegen hierbei in geringeren Rohstoffkosten und in der Schonung von Ressourcen, denn das Holz wird in einer echten Kaskade nochmal genutzt. Zudem wird weniger Energie im Produktionsprozess verbraucht, da Altholz deutlich weniger Holzfeuchte als Frischholz hat (KNÖRR 2017). Altholz wird zur stofflichen Weiterverarbeitung im Wesentlichen nur in einem Spanplattenwerk verwendet. Weiterhin werden die Rohstoffe in Holzheizkraftwerken der Betriebe zur Erzeugung von Prozesswärme und Energie eingesetzt. In der thermischen Verwertung können alle Altholzkategorien je nach Genehmigung der Heizkraftwerke verbrannt werden.

## 4 Holzbilanz

Die in der Studie ermittelten Aufkommens- und Verbrauchsmengen auf dem Holzmarkt werden im folgenden Kapitel in der Holzbilanz für das Jahr 2020 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 2020 betrug das verfügbare Aufkommen an Waldholz insgesamt 20,14 Mio. Fm m. R. und war damit nahezu identisch zu 2018 (20,21 Mio.). Dabei nahmen die Sortimente zur stofflichen Verwertung (Stammholz: - 770.000 Fm; Industrieholz: - 330.000 Fm) ab und das Waldenergieholz (Scheitholz: + 680.000 Fm; Hackschnitzel: + 70.000 Fm) zu.

Die Sägenebenprodukte erreichten 2020 einen Wert von 5,31 Mio. m<sup>3</sup> und sind damit gegenüber 2018 um 846.000 m<sup>3</sup> angestiegen. Der Anfall an Rinde in den Sägewerken erhöhte sich ebenso und lag bei 1,18 Mio. m<sup>3</sup>.

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 7,31 Mio. m<sup>3</sup>, der Außenhandelssaldo lag bei 1,99 Mio. m<sup>3</sup>. Damit errechnet sich ein Verschnitt von 1,6 Mio. m<sup>3</sup>. Die Spanplattenproduktion erreichte 1,45 Mio. m<sup>3</sup>. Der Nettoimport an Holzwerkstoffen betrug 0,34 Mio. m<sup>3</sup> (BLfS 2021b). Der Verschnitt an Holzwerkstoffen liegt demnach bei 0,27 Mio. m<sup>3</sup>. Damit summiert sich das Industrierestholz zu 1,89 Mio. m<sup>3</sup>.

Das Aufkommen an Altholz wurde mit 3,61 Mio. m<sup>3</sup> hochgerechnet. Diese Menge setzt sich aus den Meldungen der Altholzaufbereiter (3,17 Mio. m<sup>3</sup>) und den Meldungen aus der Haushaltsumfrage (0,44 Mio. m<sup>3</sup>) zusammen.

Das Aufkommen an Altpapier wird auf 4,04<sup>30</sup> Mio. m<sup>3</sup> oder 2,32 Mio. Tonnen atro geschätzt.

Unter Flur und Siedlungsholz sind die Meldungen der Hackerunternehmen von 549.000 Fm, das Aufkommen bei den Altholzaufbereitern von 168.000 Fm und die Mengen aus der Haushaltsumfrage von 1,02 Mio. Fm m. R. zusammengefasst. Es ergibt sich hieraus eine Gesamtmenge von 1,73 Mio. Fm m. R.

Das Hackschnitzelaufkommen aus Kurzumtriebsplantagen belief sich im Jahr 2020 auf 66.000 Fm.

### 4.2 Verbrauchsmengen

Der Verbrauch an Energieholz beläuft sich 2020 auf 18,76 Mio. Fm. Davon haben die Privathaushalte 9,96 Mio. Fm und die Biomasseheiz(kraft)werke 8,8 Mio. Festmeter verbraucht. Der Gesamtverbrauch hat sich gegenüber 2018 um 7,4 % erhöht.

---

<sup>30</sup> Holzäquivalent: Die Zahl stellt nicht das tatsächliche Volumen an Altpapier dar, sondern das Volumen an Holzfasern, das im Altpapier enthalten ist.

Der Rohstoffverbrauch der Papierindustrie hat seit dem letzten Bericht im Jahr 2018 deutlich abgenommen. Lag der Verbrauch 2018 noch bei 8,66 Mio. m<sup>3</sup> ist er bis zum Jahr 2020 auf 7,34 Mio. m<sup>3</sup> um 1,32 Mio. m<sup>3</sup> gesunken.

Im Jahr 2020 hat der Holzeinsatz auch in der Holzwerkstoffindustrie im Vergleich zu 2018 abgenommen und betrug insgesamt 2,14 Mio. Fm.

Die bayerischen Sägewerke verarbeiteten im aktuellen Berichtsjahr 13,42 Mio. Fm Rohholz zu 7,31 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz. Die Gesamtmenge an Sägenebenprodukten und Rinde summieren sich zu insgesamt 6,49 Mio. Fm auf.

### 4.3 Außenhandelsmengen

Der Außenhandel mit Rundholz hat sich in Bayern in den vergangenen Jahren stark gewandelt. Noch 2006 war Bayern netto ein Rundholzexporteur, der knapp 2,5 Mio. Fm ins Ausland exportierte. Bis 2010 schmolz dieser Nettoexport ab und seit 2011 ist Bayern ein Rundholz-Importland. Diese Entwicklung wurde durch einen Ausbau der Einschnittkapazitäten der Sägewerke seit etwa 2005 gestartet, woraufhin die Nachfrage nach Rundholz in Bayern stark anstieg. Seit dem Jahr 2015 sind die Auswirkungen der anhaltenden Borkenkäferkalamität und einiger Stürme durch den ansteigenden Export von Rundholz zu sehen. 2019 ist der Export von Rundholz im Vergleich zum Vorjahr um 20 % auf rund 1,8 Mio. Festmeter gefallen, während der Import um rund 10 % auf 2,3 Mio. Festmeter gestiegen ist. Im Jahr 2020 stieg der Export wieder leicht und der Import nahm um 200.000 Festmeter ab. In der Bilanz bleibt ein Nettoimport von 170.000 Festmetern. Nur für das Jahr 2018 ergab sich ein leichter Überschuss der Ausfuhren von Rundholz (Abbildung 49).

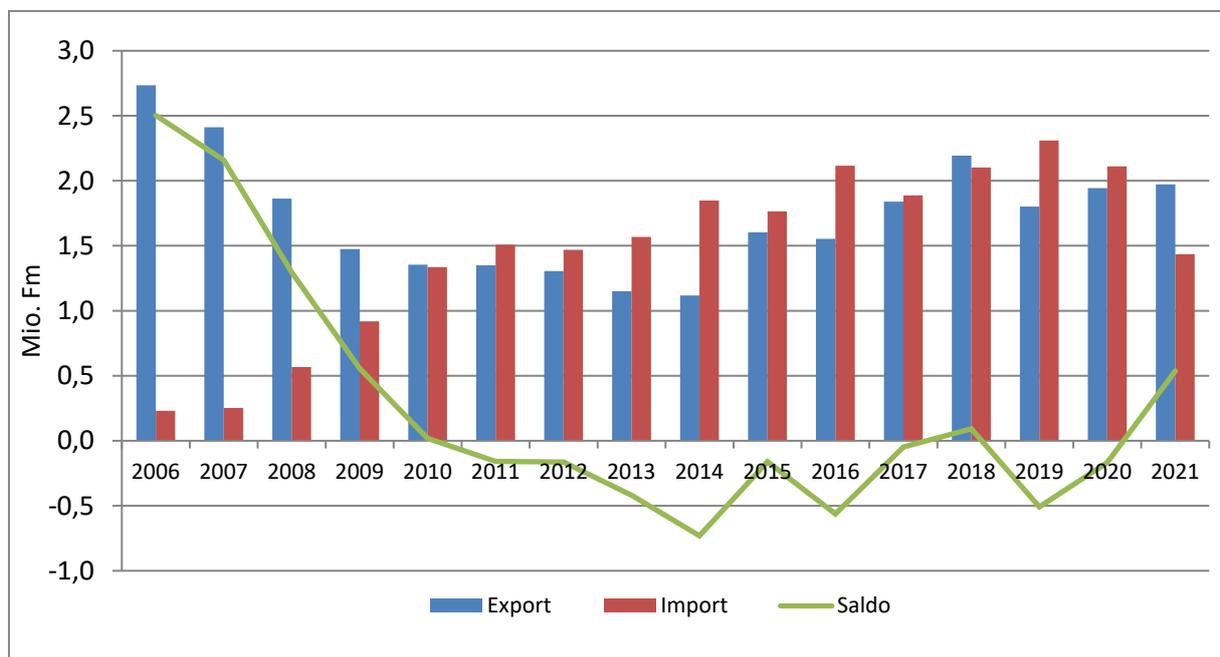


Abbildung 49: Außenhandel Bayerns mit Rundholz von 2006 bis 2021 (Quelle: BLFS 2021b)

Das Nadelholz ist im Durchschnitt mit 86 % am Export und mit 94 % am Import beteiligt. Damit bildet das Nadelholz weitgehend die Entwicklung des gesamten Rundholzmarktes ab. Beim Laubholz ist Bayern ein Exportland mit einem positiven Außenhandelsaldo. Im Jahr 2020 lag dieser trotz eines starken Einbruchs der Exportmengen bei knapp 150.000 Fm.

Die Rundholz-Importmengen stammen mit einem Anteil von 94 % fast ausschließlich aus der Tschechischen Republik. Im Jahr 2020 belaufen sich die Importmengen auf 1,99 Mio. Fm. Österreich (44.000 Fm) und Frankreich (43.000 Fm) folgen in sehr großem Abstand als zweit- und drittgrößter Lieferant von Rundholz, wobei es sich bei den Mengen aus Frankreich fast ausschließlich um Laubholz handelt und bei den österreichischen Mengen um Nadelholz.

Der Außenhandel mit Österreich wird jedoch hauptsächlich über den Export bestimmt. 2020 belaufen sich die exportierten Mengen auf 1,7 Mio. Fm, was einem leichten Rückgang gegenüber dem Jahr 2018 entspricht. Ein weiteres wichtiges Exportland ist die Volksrepublik China. Im Jahr 2020 betrug das Exportvolumen gut 68.000 Fm. Exportiert wurde bis 2018 fast ausschließlich Buchen und Eichen-Rundholz. In den letzten drei Jahren kam Nadelrundholz mit einer sprunghaft ansteigenden Exportmenge hinzu. Im Jahr 2019 und 2020 wurden 42.000 bzw. 44.000 Fm davon exportiert.

Beim Schnittholz hatte Bayern seit 2006 durchweg einen Exportüberschuss zu verzeichnen. Der Exportüberschuss pendelte zwischen 2009 und 2013 bei knapp 1,0 Mio. m<sup>3</sup> und wuchs seitdem auf knapp 1,99 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2020 auf einen neuen Höchststand an. Der Nettoexport beträgt damit 27 % der Schnittholzproduktion. Bei nahezu gleichbleibenden Importmengen steigerten sich die Exporte von Schnittholz seit 2015 stetig auf 2,9 Mio. m<sup>3</sup>.

Das mengenmäßig wichtigste Handelsgut bei den Energieholzsortimenten sind die Hackschnitzel, die sich in Waldhackschnitzel und Hackschnitzel aus den Sägewerken einteilen lassen. Der Großteil der gehandelten Hackschnitzel dürfte allerdings aus den Sägewerken stammen. Die Exportmenge lag im Jahr 2020 bei etwa 540.000 Tonnen. Das entspricht ungefähr 50 % der Exportmengen der Jahre 2007 bis 2011. Die Importe von Hackschnitzeln nach Bayern sind gering.

In deutlich geringerem Umfang findet der Außenhandel mit Pellets statt. Pellets werden aus Sägenebenprodukten meist in oder nahe von großen Sägewerken hergestellt. Wie bei den Hackschnitzeln gibt es einen Exportüberschuss der aktuell bei 278.000 Tonnen liegt und in den letzten Jahren stetig gestiegen ist.

Unter Sägenebenprodukte fallen vor allem Sägespäne und andere teilweise auch schon gepresste Holzabfälle. Die Importe übersteigen die Exporte des Sortiments, was ein negatives Außenhandelsaldo zur Folge hat, das im Jahr 2020 bei minus 133.000 Tonnen liegt.

Scheitholz ist in der Außenhandelsstatistik nur in sehr geringen Mengen enthalten. Im Jahr 2020 wurden 50.000 Tonnen exportiert und 35.000 Tonnen importiert. 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 (bis 2015: 500.000 Euro) 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 2020 ergaben die Zuschätzungen einen Nettoimport von 163.000 Tonnen für die gesamte Warengruppe.

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 wird unterstellt, dass der Binnenhandel einen großen Teil des Bilanzausgleichs ausmacht, ohne dass er sich genau beziffern lässt.

#### 4.4 Bilanzen

Im Folgenden wird die Holzbilanz für das Jahr 2020 dargestellt. In ihr sind die Aufkommens- und Verbrauchsmengen in tabellarischer Form gegenübergestellt. Links die ermittelten Aufkommensmengen und rechts die Verbrauchsmengen von Holz. Für die verschiedenen Marktteilnehmer wird die Holzbilanz in den Einheiten  $\text{Fm m. R.}$ , Tonne absolut trocken und in Petajoule bereitgestellt. Fett gedruckt sind Zwischensummen. Einige Werte wurden nur nachrichtlich aufgenommen, damit Doppelzählungen von Holz vermieden werden. Beispielsweise ist auf der Verbrauchsseite das Schnittholz physisch im Einschnittvolumen bereits enthalten. Ebenso sind die Sägenebenprodukte auf der Aufkommenseite eine Teilmenge des Stammholzes. Deswegen werden die Einschnittmenge und die Sägenebenprodukte nur nachrichtlich erwähnt. Der Außenhandel mit Schnittholz wird ebenfalls nur nachrichtlich erwähnt, da das exportierte Holz schon in der Schnittholzproduktion der Sägewerke enthalten ist und in diesem Bericht nur die erste Verarbeitungsstufe von Holz untersucht 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 Aufkommenseite wurde deshalb die im Sperrmüll enthaltene Holzmenge ebenfalls nicht hinzugerechnet.

Das Holzaufkommen in Bayern umfasst 2020 erneut rund 40 Mio.  $\text{m}^3$ . Die energetische Verwendung ist gegenüber 2018 um 7 % gestiegen, während die stoffliche Verwendung um 4 % gesunken ist. Die energetische Nutzung von Holz in  $\text{m}^3$  hatte 2020 einen Anteil von 53 %. 2016 lag dieser Anteil bei 48 % und 2018 bei 51 %.

Beim Aufkommen muss noch ein Bilanzausgleich von 3,46 Mio.  $\text{m}^3$  angeführt werden. Im Bilanzausgleich werden verschiedene Einflüsse abgebildet:

Durch die dritte Bundeswaldinventur wurde deutlich, dass der Einschlag im Zeitraum von 2002 bis 2012 um ungefähr 20 % unterschätzt wurde. In der Folge wurden Anpassungen der Holzeinschlagserhebung in Bayern durchgeführt, um die Mengen besser zu erfassen. Die nicht erfassten Mengen dürften inzwischen geringer sein, können aber nicht genau beziffert werden. Deswegen ist in der Holzbilanz an dieser Stelle ein Fragezeichen eingefügt. Es ist zu vermuten, dass statistisch nicht erfasste Mengen für einen Teil der Lücke in der Bilanz ursächlich sind.

Der innerdeutsche Handel wird in den Umfragen nicht erfasst und deswegen auch im Bilanzausgleich abgebildet. Es ist davon auszugehen, dass 2020 eine große Menge Stammholz aus den Schadgebieten in den nördlichen Bundesländern nach Bayern geliefert wurde. Außerdem werden vermutlich größere Mengen an Brennholzimporten aus den benachbarten östlichen EU-Ländern nicht von der Statistik erfasst.

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 0,65 Mio. m<sup>3</sup> geringer als der Verbrauch, was den Bilanzausgleich erhöht. Altpapier wird zudem zu Dämmstoffen verarbeitet und damit stofflich genutzt. Ob dies relevante Mengen sind, ist nicht bekannt. Die dazu genutzten Mengen fehlen sowohl auf der Aufkommens- als auch auf der Verwendungsseite.

Beim Altholz errechnet sich ein Aufkommen von 4,19 Mio. m<sup>3</sup>. Die Verwendung des Altholzes ist auf der Verbrauchsseite der Bilanz zwar nicht im Einzelnen dokumentiert. Der Altholzverbrauch summiert sich jedoch auf 2,69 Mio. m<sup>3</sup>. Würde beim Aufkommen die Menge berücksichtigt, die aus den Daten des Landesamts für Statistik zu den Entsorgungsbetrieben abgeleitet wurde, ergäbe dies ein Altholzaufkommen von 2,87 Mio. m<sup>3</sup>. Der Unterschied zwischen Aufkommen und Verbrauch würde also viel geringer ausfallen. Allerdings würde dies den Bilanzausgleich insgesamt deutlich vergrößern.

Tabelle 27: Holzbilanz für Bayern in Festmetern mit Rinde (Fm m. R.) bzw. m<sup>3</sup> der Jahre 2016, 2018 und 2020

Aufkommen	Menge [Mio. Fm m.R. bzw. m <sup>3</sup> ]			Verbrauch	Menge [Mio. Fm m.R. bzw. m <sup>3</sup> ]		
	Jahr	2016	2018		2020	2016	2018
Waldholz in Form von:				Privathaushalte	8,31	9,01	9,96
Stammholz	9,93	11,26	10,49	Biomasseheiz(kraft)werke	7,41	8,46	8,80
Scheitholz	3,63	4,35	5,03				
Hackschnitzel	2,12	2,55	2,62	<b>Zwischensumme energie-</b> <b>tische Nutzung</b>	<b>15,72</b>	<b>17,47</b>	<b>18,76</b>
Industrieholz	1,29	1,55	1,22				
Nicht verwertets Holz			0,78	Holzwerkstoffindustrie	2,14	2,21	2,14
nicht erfasster Einschlag	?	?	?	<b>Papier- / Zellstoffindust-</b> <b>rie</b>	<b>8,27</b>	<b>8,66</b>	<b>7,34</b>
<i>Sägenebenprodukte</i>	<i>4,43</i>	<i>4,46</i>	<i>5,31</i>	davon Frischholz	1,78	2,05	1,88
<i>Rinde</i>	<i>1,11</i>	<i>1,11</i>	<i>1,21</i>	davon Zellstoff (ohne Ei- generzeugung)	0,55	0,61	0,46
<i>Hobelspäne</i>	<i>0,17</i>	<i>0,16</i>	<i>0,16</i>	davon Altpapier	5,94	6,00	5,00
Industrierestholz	1,83	1,79	1,89	<i>Sägeindustrie - Einschnitt</i>	<i>12,46</i>	<i>12,46</i>	<i>13,42</i>
Altholz	1,91	3,66	3,61	davon Schnittholz	6,74	6,68	7,31
Altpapier	4,64	4,65	4,04	<i>Sägenebenprodukte</i> <i>Rinde</i>	<i>5,64</i>	<i>5,58</i>	<i>5,86</i>
Flur- und Siedlungsholz	1,58	1,55	1,73				
Holz aus Kurzumtriebs- plantagen	0,03	0,03	0,07	<b>Zwischensumme stoffli-</b> <b>che Nutzung</b>	<b>17,15</b>	<b>17,55</b>	<b>16,79</b>
Binnenhandel Deutsch- land				Binnenhandel Deutsch- land			
<b>Import</b>	<b>4,73</b>	<b>5,38</b>	<b>4,99</b>	<b>Export</b>	<b>3,76</b>	<b>5,22</b>	<b>4,53</b>
Rundholz	2,11	2,10	2,11	Rundholz	1,49	2,16	1,83
<i>Schnittholz</i>	<i>0,79</i>	<i>0,97</i>	<i>0,91</i>	<i>Schnittholz</i>	<i>2,13</i>	<i>2,60</i>	<i>2,90</i>
Sägespäne, Brennholz	0,63	0,72	0,91	Sägespäne, Brennholz	1,51	1,86	1,87
Altholz			0,58	Altholz			0,12
Altpapier	1,38	1,25	1,09	Altpapier	0,70	0,84	0,81
Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,61	0,62	0,48	Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,06	0,01	0,02
Zuschätzungen Import		0,70	0,40	Zuschätzungen Export		0,34	
Bilanzausgleich	4,94	3,46	3,61	Bilanzausgleich			
<b>Summe</b>	<b>36,63</b>	<b>40,23</b>	<b>40,08</b>	<b>Summe</b>	<b>36,63</b>	<b>40,23</b>	<b>40,08</b>

Tabelle 28: Holzbilanz für Bayern in Tonnen absolut trocken (Mio. Tonnen atro) der Jahre 2016, 2018 und 2020

Aufkommen	Menge [Mio. Tonnen atro]			Verbrauch	Menge [Mio. Tonnen atro]		
	2016	2018	2020		2016	2018	2020
<b>Jahr</b>							
Waldholz in Form von:				Privathaushalte	3,67	3,98	4,33
Stammholz	3,92	4,46	4,10	Biomasseheiz(kraft)werke	3,04	3,46	3,57
Scheitholz	1,61	1,91	2,14				
Hackschnitzel	0,88	1,05	1,08	<b>Zwischensumme energie-</b> <b>tische Nutzung</b>	<b>6,71</b>	<b>7,44</b>	<b>7,90</b>
Industrieholz	0,57	0,68	0,54				
Nicht erfasster Einschlag	?		?	Holzwerkstoffindustrie	0,87	0,90	0,88
				<b>Papier- / Zellstoffindust-</b> <b>rie</b>	<b>4,19</b>	<b>4,29</b>	<b>3,84</b>
<i>Sägenebenprodukte</i>	<i>1,79</i>	<i>1,78</i>	<i>2,12</i>	davon Frischholz	0,71	0,82	0,80
<i>Rinde</i>	<i>0,45</i>	<i>0,45</i>	<i>0,48</i>	davon Zellstoff (ohne Ei- generzeugung)	0,29	0,28	0,19
<i>Hobelspäne</i>	<i>0,07</i>	<i>0,07</i>	<i>0,06</i>	davon Altpapier	3,19	3,20	2,85
Industrierestholz	0,76	0,78	0,82	<i>Sägeindustrie - Einschnitt</i>	<i>4,94</i>	<i>5,00</i>	<i>5,24</i>
Altholz	0,83	1,59	1,57	davon Schnittholz	2,73	2,72	2,90
Altpapier	2,49	2,48	2,32	<i>Sägenebenprodukte</i> <i>Rinde</i>	<i>2,26</i>	<i>2,23</i>	<i>2,34</i>
Flur- und Siedlungsholz	0,73	0,68	0,78				
Holz aus Kurzumtriebs- plantagen	0,01	0,01	0,02	<b>Zwischensumme stoffli-</b> <b>che Nutzung</b>	<b>7,79</b>	<b>7,78</b>	<b>7,62</b>
Binnenhandel Deutschland				Binnenhandel Deutsch- land			
<b>Import</b>	<b>2,15</b>	<b>2,33</b>	<b>2,39</b>	<b>Export</b>	<b>1,61</b>	<b>2,19</b>	<b>1,97</b>
Rundholz	0,84	0,81	0,84	Rundholz	0,60	0,86	0,73
<i>Schnittholz</i>	<i>0,32</i>	<i>0,39</i>	<i>0,36</i>	<i>Schnittholz</i>	<i>0,85</i>	<i>1,03</i>	<i>1,14</i>
Sägespäne, Brennholz	0,25	0,29	0,31	Sägespäne, Brennholz	0,60	0,74	0,71
Altholz			0,25	Altholz			0,05
Altpapier	0,74	0,67	0,62	Altpapier	0,38	0,45	0,46
Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,32	0,28	0,20	Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,03	0,00	0,01
Zuschätzungen Import		0,28	0,16	Zuschätzungen Export		0,14	
Bilanzausgleich	2,15	1,59	1,74	Bilanzausgleich			
<b>Summe</b>	<b>16,10</b>	<b>17,55</b>	<b>17,49</b>	<b>Summe</b>	<b>16,10</b>	<b>17,55</b>	<b>17,49</b>

Tabelle 29: Holzbilanz für Bayern in Petajoule (PJ) der Jahre 2016, 2018 und 2020

Aufkommen	Menge [PJ]			Verbrauch	Menge [PJ]		
	2016	2018	2020		2016	2018	2020
Jahr							
Waldholz in Form von:				Privathaushalte	68,52	74,36	80,84
Stammholz	73,56	83,64	77,08	Biomasseheiz(kraft)werke	56,76	64,60	66,65
Scheitholz	30,09	35,69	39,96				
Hackschnitzel	16,37	19,58	20,13	<b>Zwischensumme energetische Nutzung</b>	<b>125,28</b>	<b>138,96</b>	<b>147,49</b>
Industrieholz	10,68	12,70	10,10				
Nicht erfasster Einschlag	?	?	?	Holzwerkstoffindustrie	16,24	16,88	16,43
				<b>Papier- / Zellstoffindustrie</b>	<b>78,26</b>	<b>80,10</b>	<b>71,71</b>
<i>Sägenebenprodukte</i>	<i>33,70</i>	<i>33,64</i>	<i>39,87</i>	davon Frischholz	13,29	15,31	14,94
<i>Rinde</i>	<i>8,45</i>	<i>8,40</i>	<i>9,09</i>	davon Zellstoff (ohne Eigenherzeugung)	5,41	5,14	3,55
<i>Hobelspäne</i>	<i>1,31</i>	<i>1,24</i>	<i>1,20</i>	davon Altpapier	59,56	59,65	53,23
Industrierestholz	14,32	13,44	15,31	<i>Sägeindustrie - Einschnitt</i>	<i>92,76</i>	<i>93,90</i>	<i>98,37</i>
Altholz	15,50	29,69	29,31	davon Schnittholz	51,16	50,91	54,44
Altpapier	46,49	46,25	43,28	<i>Sägenebenprodukte</i>	<i>43,46</i>	<i>42,04</i>	<i>43,93</i>
Flur- und Siedlungsholz	13,63	12,60	14,47	<i>Rinde</i>			
Holz aus Kurzumtriebsplantagen	0,19	0,18	0,37	<b>Zwischensumme stoffliche Nutzung</b>	<b>145,67</b>	<b>147,88</b>	<b>142,58</b>
Binnenhandel Deutschland				Binnenhandel Deutschland			
<b>Import</b>	<b>40,32</b>	<b>43,51</b>	<b>44,57</b>	<b>Export</b>	<b>30,01</b>	<b>41,08</b>	<b>36,69</b>
Rundholz	15,86	15,21	15,76	Rundholz	11,15	16,20	13,67
<i>Schnittholz</i>	<i>5,96</i>	<i>7,27</i>	<i>6,72</i>	<i>Schnittholz</i>	<i>15,97</i>	<i>19,36</i>	<i>21,28</i>
Sägespäne, Brennholz	4,67	5,41	5,79	Sägespäne, Brennholz	11,20	13,82	13,26
Altholz			4,67	Altholz			0,93
Altpapier	13,82	12,47	11,63	Altpapier	7,09	8,38	8,64
Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	5,97	5,23	3,73	Halbstoffe (v. a. Zellstoff)	0,56	0,09	0,19
Zuschätzungen Import		5,19	2,99	Zuschätzungen Export		2,54	
Bilanzausgleich	39,81	30,60	32,19	Bilanzausgleich			
<b>Summe</b>	<b>300,95</b>	<b>327,87</b>	<b>326,76</b>	<b>Summe</b>	<b>300,95</b>	<b>327,87</b>	<b>326,76</b>

## 4.5 Stoffstrommodell und Primärenergieverbrauch

Das folgende Modell zeigt die Holzströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in einer vereinfachten Form (Abbildung 50). Die Zu- und Abflüsse aus dem Ausland und das Aufkommen an Flur- und Siedlungsholz werden nicht dargestellt. In jeder Verarbeitungsstufe des Stoffstroms wird ein Teil des Holzes energetisch genutzt. Knapp 35 % des Waldholzes wurde direkt energetisch verwertet. Den größten Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leistet die Papierwirtschaft durch die Wiederverwendung von Altpapier.

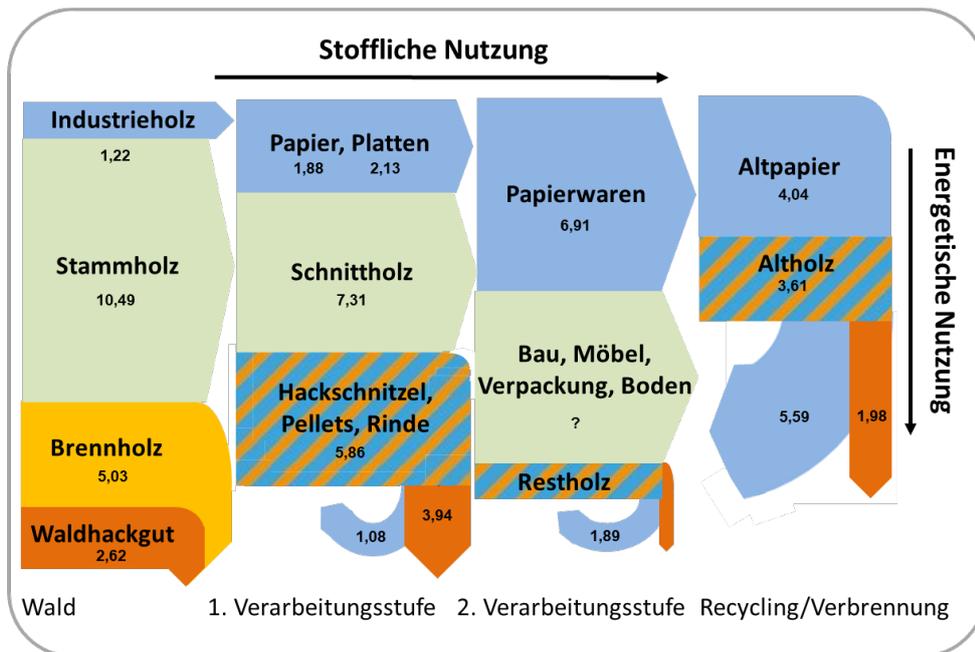


Abbildung 50: Stoffströme der stofflichen und energetischen Holzverwendung in Bayern 2020 in Mio. Fm m. R. bzw. m<sup>3</sup>.

Der Primärenergieverbrauch für Bayern wird vom Bayerischen Landesamt für Statistik veröffentlicht. Die bisher neuesten Zahlen beziehen sich auf das Jahr 2019. In Abbildung 51 wird der Primärenergieverbrauch in Bayern dargestellt. Holz ist dabei mit 7,7 % der bedeutendste erneuerbare Energieträger. Seit dem Beschluss des Bayerischen Energiekonzepts im Jahr 2011 entspricht das einem Anstieg von 2,2 %.

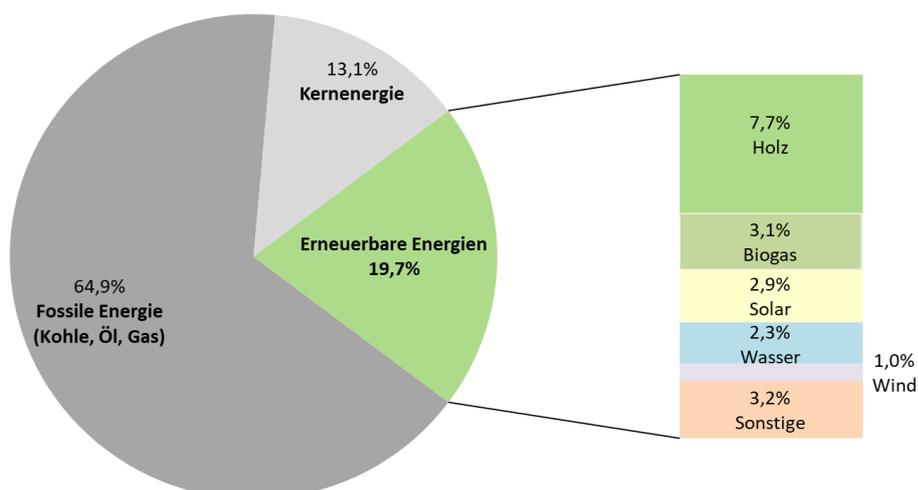


Abbildung 51: Primärenergieverbrauch in Bayern nach Energieträgern im Jahr 2019 (BLfS 2022b).

## 4.6 Ableitung von Maßnahmen und Empfehlungen

Die Berichterstellung zum Energieholzmarkt 2020 erfolgt in einer Zeit, in der nachhaltige Wege bei der Energieversorgung des Landes beschränkt und beschleunigt ausgebaut werden müssen. Dabei gilt es, die Rolle des Energieholzes, das als wichtigster erneuerbarer Energieträger am Wärmemarkt traditionell stark in der Gesellschaft verankert ist, im Reigen anderer erneuerbarer Energiequellen neu zu bewerten und zu definieren. Gleichzeitig spitzen sich die Zielkonflikte rund um das Ökosystem Wald und dessen Ressource Holz zu. So ist der Wald Opfer des Klimawandels und ersehnter Klimaretter zugleich. Unsicher ist, ob der Wald in den kommenden Jahrzehnten seine Funktion als CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 große 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 gilt es bei Gesetzesvorlagen und angedachten Lenkungsmechanismen die Bevölkerung mitzunehmen. Jeder dritte Haushalt in Bayern heizt nämlich mit Holz, so das Ergebnis der regelmäßigen Markterhebungen, 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 wie bei der Waldbewirtschaftung. Darüber hinaus wird die angestrebte Bioökonomie im Cluster Holz und Forst im Gegensatz zu anderen Wirtschaftszweigen längst gelebt. Nutzungseinschränkungen bei Energieholz oder auch Stilllegungen von privaten Waldflächen zugunsten eines weiteren Vorratsaufbaus und noch mehr Totholz im Wald dürften daher auf Widerstand und Unverständnis bei großen Teilen der Bevölkerung stoßen.

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

### *Bekanntnis der Politik zur nachhaltigen Energieholznutzung*

Aufgrund der widersprüchlichen Berichterstattungen zum Thema „Heizen mit Holz“ herrscht in der Bevölkerung derzeit eine starke Verunsicherung, ob Holz ein umweltfreundlicher Brennstoff ist und ob dieser auch in Zukunft noch eingesetzt werden darf. Durch die Darstellung in den Medien hat die energetische Verwendung von Holz inzwischen das Image bekommen, sowohl für das Klima als auch für den Menschen schädlich zu sein. Deshalb wäre ein grundsätzliches Bekenntnis der politischen Entscheidungsträger und der Regierung zur energetischen Restholznutzung im Rahmen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung wünschenswert. Diese muss trotz der Komplexität des Themas klar formuliert sein. Kontinuität und Verlässlichkeit bei politischen Rahmenbedingungen rund um die Energieholznutzung tragen darüber hinaus zur Klarstellung bei.

### CO<sub>2</sub>-Neutralität von heimischen Energieholz

Gegen Holzenergie wird häufig das Argument vorgebracht, der CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Holzfeuerungen überträfe sogar die CO<sub>2</sub>-Emissionen von fossilen Energieträgern.

**Tabelle 30: CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Brennstoffe bezogen auf die bereitgestellte Energiemenge (SCHULZE ET AL. 2022).**

Brennstoff	CO <sub>2</sub> -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 CO<sub>2</sub> je bereitgestellte Energiemenge freigesetzt wird, siehe Tabelle 30. Allerdings handelt es sich bei diesen fossilen Brennstoffen um CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-Neutralität ist somit gewahrt, da das bei der Verbrennung von Holz entstehende CO<sub>2</sub> zeitgleich bzw. zeitnah kompensiert wird.

Außerdem ist 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 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung von Holz in der Berichterstattung nicht berücksichtigt werden. Im Sektor LULUCF<sup>31</sup>, 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.<sup>32</sup> Diese Emissionen werden durch den Holzzuwachs ausgeglichen. Solange der Waldspeicher nicht schrumpft, ist die Holzentnahme und damit auch die energetische Holznutzung klimaneutral (unterer Balken in Abbildung 52) und die Atmosphäre wird durch die Verbrennung von Holz nicht mit zusätzlichem CO<sub>2</sub> belastet. Ist die Holzentnahme kleiner als der Holzzuwachs, wirkt der Wald als CO<sub>2</sub>-Senke

<sup>31</sup> LULUCF = Land use, land use change and forestry.

<sup>32</sup> 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.

(mittlerer Balken in Abbildung 52). Umgekehrt wird der Wald jedoch zu einer CO<sub>2</sub>-Quelle (oberer Balken in Abbildung 52), wenn mehr Holz entnommen wird als zuwächst, was so auch in der Treibhausgasberichterstattung aufscheinend wird. Würde man die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Holz auch im Energiesektor berücksichtigen, käme es zu einer Doppelzählung. Damit würde Holz wie ein fossiler Brennstoff behandelt.

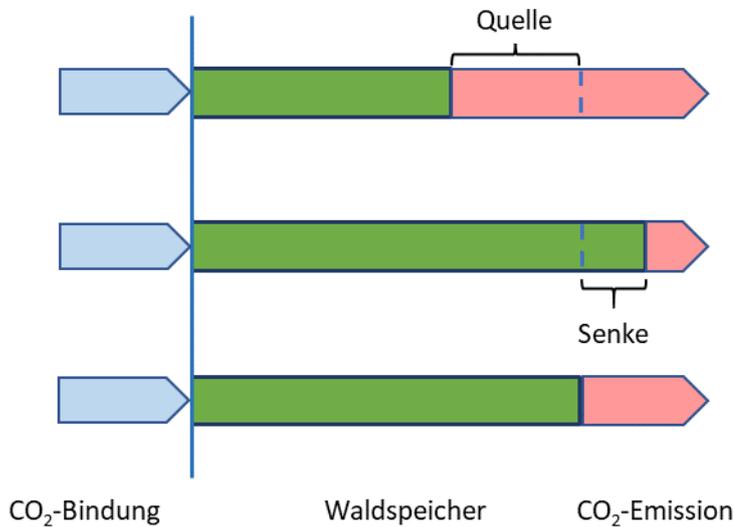


Abbildung 52: Die Treibhausgasbilanzierung des Waldspeichers.

Klimaexperten meinen, dass die nächsten Jahre für die Erreichung der Klimaziele entscheidend seien. Es käme darauf an, sofort weniger CO<sub>2</sub> zu emittieren. Kritiker der energetischen Holznutzung plädieren dafür, für die gleiche Energiemenge lieber etwas weniger CO<sub>2</sub> aus fossilen Quellen in die Atmosphäre zu emittieren als eine größere Menge CO<sub>2</sub> aus der Biosphäre. Sie vertreten also die Meinung, man solle die Holzmenge, die zuwächst (und die in Abbildung 52 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> wird dadurch wieder freigesetzt. Wird Waldrestholz nicht energetisch verwendet und verbleibt stattdessen im Wald, gelangt der größte Teil des CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> ebenfalls größtenteils in die Atmosphäre freigesetzt. Folglich führt ein Verzicht auf energetische Nutzung nicht zu einer CO<sub>2</sub>-Konservierung in der Biosphäre. In der Summe führt dieser Verzicht sogar zu mehr CO<sub>2</sub>-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 verbunden. Außerdem würde der CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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*

Als weiteres Argument gegen die Holzenergie wird oftmals vorgebracht, dass die Vergrößerung des Waldspeichers mehr CO<sub>2</sub> binde als durch Substitution fossiler Brennstoffe vermieden würde. Dieses Argument verkennt die Möglichkeiten einer Speicherung von zusätzlichem CO<sub>2</sub> in den Wäldern und damit die Möglichkeiten eines weiteren Vorratsaufbaus. In einzelnen Waldbeständen können zwar Holzvorräte von mehr als 1.000 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> pro Hektar liegen. Nach der FAO (2015) gibt es nur neun Staaten weltweit, in denen die Holzvorräte in den Wäldern mehr als 300 m<sup>3</sup> pro Hektar betragen, wozu auch Deutschland zählt. Die höchsten Vorräte gibt es mit 392 m<sup>3</sup> pro Hektar in Neuseeland. Eine Untersuchung von KNOKE (1998) in 13 Plenterwäldern des Bayerischen Waldes (Gemeinde Kreuzberg) ergab 408 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>, wobei darin auch die Totholzvorräte enthalten waren. Nach der BWI 2012 betrug der Holzvorrat in den Wäldern Bayerns 396 m<sup>3</sup>/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.

Entgegen der aufgeführten Einschätzung, dass die Möglichkeiten eines weiteren Vorratsaufbaus beschränkt sind, hat der Bund mit § 3a des Klimaschutzgesetzes einen weiteren Aufbau des Waldspeichers beschlossen. Im Jahr 2045 soll eine Senkenleistung von 40 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalent erreicht werden - 2,4-mal mehr als 2020. Allerdings schreibt die Bundesregierung im Klimaschutzbericht 2021: „Prognosen zufolge könnte die Senkenleistung der Wälder aufgrund der Altersstruktur der Waldbestände und witterungsbedingter Waldschäden sowie infolge von Änderungen in der Holznutzung zurückgehen.“ Das Missverhältnis zwischen Ziel (Wunsch) und Realität ist dort also bekannt. Auch beim Europäischen Parlament sind die Risiken durch Kalamitäten für den Waldspeicher bekannt. Das Parlament will im Rahmen des europäischen Klimaschutz-Pakets „Fit for 55“ im Sektor LULUCF über Regelungen bei natürlichen Störungen entscheiden.

### *Verhältnis Klimaschutz und Naturschutz*

Es bestehen Forderungen, auf großen Flächen zugunsten des Naturschutzes Wälder nicht mehr zu bewirtschaften (siehe Nationale Biodiversitätsstrategie, EU-Biodiversitätsstrategie). Um diese Ziele leichter durchzusetzen, werden Naturschutzinteressen mit denen des Klimaschutzes verquickt. Das Aktionsprogramm „Natürlicher Klimaschutz“ der Bundesregierung spricht ganz direkt von Synergien zwischen Klima- und Naturschutz und beschwört damit einen Gleichklang von Naturschutz- und Klimaschutzinteressen. Es wird behauptet, dass in nicht bewirtschafteten Wäldern mehr Kohlenstoff gespeichert würde. Die bereits erwähnte Studie von SCHULZE ET AL. (2022) stützt diese These nicht. Beim Vergleich der Vorräte (einschließlich Totholz) nicht bewirtschafteter mit bewirtschafteten Beständen ergaben sich bei Nadelbeständen keine signifikanten Unterschiede im Holzvorrat der lebenden und toten Biomasse. Bei den Laubwäldern war der Vorrat der nicht bewirtschafteten Bestände dagegen etwas größer. Allerdings zeigte sich in beiden Fällen ein signifikant größerer Holzzuwachs in den bewirtschafteten Beständen – die erwartete Senkenwirkung nicht bewirtschafteter Wälder ist damit zumindest in Frage gestellt. Hinzu kommt, dass der Waldspeicher in Bayern wie bereits dargestellt nahezu sein Maximum erreicht haben dürfte.

Eine Maximierung der Kohlenstoffspeicherung kann zudem nicht alle Anforderungen des Klimaschutzes zugleich erfüllen. Die vier Anforderungen des Pariser Übereinkommens sind eine Verringerung der Wachstumsrate des atmosphärischen CO<sub>2</sub>, die Reduzierung des Strahlungsungleichgewichts am oberen Rand der Atmosphäre, die Absenkung der Temperatur der bodennahen Luftschicht und dies ohne Abnahme der Niederschläge. Modellrechnungen von LUYSSAERT ET AL. (2018) für Europa ergaben, dass keine Form des Waldmanagements diesen gleichzeitig nachkommen kann. Eines der Szenarien sah eine Verdoppelung der unbewirtschafteten Waldflächen vor – die Klimaeffekte aller betrachteten Managementformen waren jedoch marginal. Die Autoren schlagen deshalb vor, dass in den kommenden Jahrzehnten die Hauptaufgabe der Waldbewirtschaftung in Europa nicht der Klimaschutz sein sollte, sondern die Anpassung der Wälder an das künftige Klima. Dadurch soll die Bereitstellung von Holz sowie von ökologischen, sozialen und kulturellen Leistungen aufrechterhalten und gleichzeitig Klimarückkopplungen durch Feuer, Wind, Schädlinge und Dürre vermieden werden.

### *Energieholzimport aus Drittländern – Nachhaltigkeit und Legalität sichern*

In der Klimarahmenkonvention haben die Länder weltweit vereinbart, ihre Treibhausgase getrennt nach Sektoren und jeder Staat für sich zu bilanzieren (Quellen- und Territorialprinzip). In der EU-Verordnung, welche die europäische Berichterstattung regelt (sogenannte Monitoring-VO), heißt es: „Der Emissionsfaktor für Biomasse beträgt null.“ Diese Aussage führte dazu, dass einige europäische Staaten, insbesondere Küstenländer, ihre Kohlekraftwerke auf Pellets umgerüstet haben und die Pellets zum großen Teil aus Übersee importieren (Abbildung 53). Bei der Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen entlasten sie dadurch ihren Energiesektor. Auswirkungen der Pelletverwendung müssen sie für ihren Waldspeicher nicht berücksichtigen. Dies geschieht zu Lasten der Lieferländer in Übersee: Diese Länder müssten die Auswirkungen, die die Pelletbereitstellung auf den Waldspeicher hat, bei der Bilanzierung ihres LULUCF-Sektors berücksichtigen. Diese Bilanzierung ist nicht einfach und aufwändig. Sie stützt sich auf Waldinventuren. Die Sorge vieler Wissenschaftler ist, dass die Lieferländer ihren Waldspeicher nicht korrekt bilanzieren. 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.

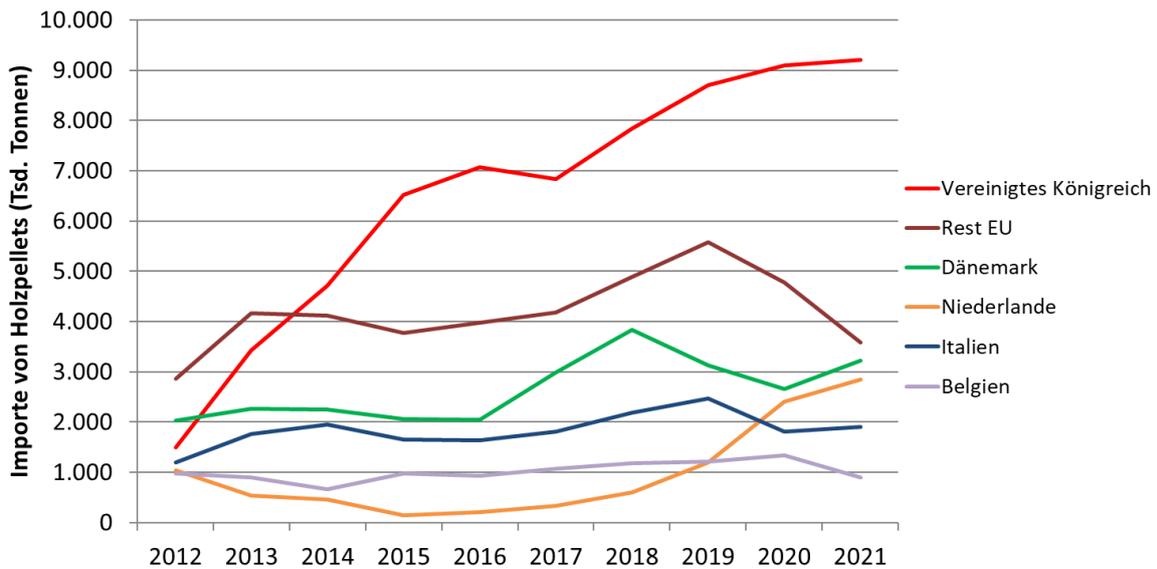


Abbildung 53: Entwicklung der Pelletimporte europäischer Länder (Quelle: Eurostat).

Deutschland ist bei Pellets Selbstversorger. 2021 wurden netto sogar 431.000 Tonnen Holzpellets exportiert. Deutschland zählt somit bisher nicht zu den Ländern, denen Climate-Washing, also das Schönfärben von Klimabilanzen vorgeworfen werden könnte. Bayern und Deutschland kann seine Nachfrage nach Energieholz derzeit über Gebrauchtholzanfall sowie Restholz aus dem heimischen Wald, der Flur und der Stammholzverarbeitung decken. Ein Beifeuern von Energieholz oder die Umrüstung von Kohlekraftwerken findet bisher nicht statt. Allerdings ist aufgrund des deutschen Kohleausstiegsgesetzes die Entwicklung bei Großkraftwerken hin zu einem vermehrten Holzbrennstoffeinsatz besonders zu beobachten, insbesondere dann, wenn die Bundesregierung hierfür ein Förderprogramm auflegen sollte. Unabhängig davon zeigen aber bereits Meldungen und Planungsentwürfe einzelner Kraftwerksbetreiber das Interesse an Holzbrennstoffen, wie bereits im Pelletkapitel 2.3 zitiert und kritisiert. Um diese Bedarfe zu decken, müsste auch Deutschland in großem Stil Holzpellets importieren.

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 Gesamtfeuerungswärmeleistung 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. Die RED befindet sich derzeit in der Überarbeitung. Es zeichnet sich ab, dass zukünftig bereits Anlagen ab 7,5 MW von der Nachhaltigkeitszertifizierung betroffen sind. Darüber hinaus ist angedacht „primäre holzige Biomasse“ als nicht mehr förderfähig einzustufen.

### *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 2021 einen Anteil von 35 % 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 in Bayern initiierte Förderprogramm zur Bindung von Kohlenstoff in Gebäuden mit Holzbauweise zur Steigerung der Holzbauquote ist daher sehr zu begrüßen.

### *Holz ist eine heimische und damit eine krisenfeste Energieressource*

Der Ukrainekrieg führt uns vor Augen, in welchem Maße Deutschland bei den fossilen Brennstoffen von anderen Ländern abhängig ist. Diese Länder werden oftmals nicht demokratisch regiert und sind bereit, ihre Ressourcen als Druckmittel zur Durchsetzung politischer Interessen zu verwenden. Es ist verständlich, wenn Menschen in Sorge um ihre Wärmeversorgung im nächsten Winter vermehrt auf Energieholz ausweichen. Zwar entwickelten sich die Preise für manche Holzbrennstoffe in den vergangenen Jahren auch nach oben, sie reagieren aber wesentlich weniger volatil und sprunghaft als der Ölpreis. Aufgrund der Möglichkeit einer dezentralen Versorgung, z. B. auch über kleine, miteinander in Konkurrenz stehende Anbieter und der Möglichkeit Eigenleistung (z.B. durch Selbstwerbung) zu erbringen, ist Holzenergie vergleichsweise preiswert und kann damit gerade für einkommensschwache Haushalte oder strukturschwache Regionen bezahlbare Energie bzw. Wärme bereitstellen.

### *Energieholznutzung: Brückentechnologie 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, 100 % 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. Hybridsysteme mit Holzfeuerungen können Wärmeversorgungslücken insbesondere im Winter schließen und sind deshalb ein notwendiger Teil der Lösung zum Erreichen eines klimaneutralen Gebäudebestandes. Zudem werden Holzfeuerungen bei der Beheizung des unsanierten Gebäudebestandes und bei industriellen Anwendungen (Prozesswärme) auch noch lange als Haupt-Wärmeerzeuger unerlässlich sein, also in Bereichen, in denen ein hohes Temperaturniveau bedient werden muss.

Dem leitungsgebundenen Ausbau der Nahwärmeversorgung wird bei der zukünftigen Wärmeversorgung eine wichtige Rolle zugeschrieben, denn der Wärmeverbund hat insbesondere bei hoher Anschlussdichte (z.B. historische Ortskerne und Stadtteile mit kommunalen Liegenschaften oder Gewerbebauten) viele Vorteile gegenüber einer Einzelversorgung von Gebäuden. I.d.R. kommen neben einer Steigerung der Kosteneffizienz auch Vorteile bei der Luftreinhaltung und der Treibhausgasbilanz zum Tragen, denn Nahwärmenetze ermöglichen die effektive Einbindung erneuerbarer Energiequellen. In Bayern werden Nahwärmenetze derzeit hauptsächlich mit Wärme aus Holz oder Abwärme aus Biogasanlagen gespeist. Seit einigen Jahren werden Holzheizwerke aber auch mit großen zentralen Solarthermie-Anlage kombiniert, so dass die Sommerlasten der Wärmenetze komplett brennstofffrei abgedeckt werden können. Bei Einbindung eines saisonalen Groß-Wärmespeichers kann der solare Deckungsanteil am gesamten Jahreswärmebedarf bis zu 50 Prozent betragen, wie Leuchtturmprojekte aus Dänemark zeigen. Vereinzelt werden auch Projekte mit wechselwarmen Netzen realisiert. Über „kalte“ Netztemperaturen und dezentrale Wärmepumpen wird der Sommerbetrieb verlustarm bewerkstelligt, während in der kalten Jahreszeit überwiegend ein Holzkessel zum Einsatz kommt. Nahwärmenetze sind Infrastrukturen für mehrere Generationen, die bezüglich der Energiequellen bzw. -träger je nach Stand der Technik im Zeitverlauf eine Transformation erfahren können. So werden derzeit Großwärmepumpen für den Einsatz in Wärmenetzen erprobt, aber auch dann wird der Holzkessel als Backup unerlässlich sein.

Noch ist Deutschland vom Ziel einer weitgehenden Elektrifizierung des Wärmemarktes sehr weit entfernt. Dazu bleibt abzuwarten, ob die Bereitstellung erneuerbaren Stroms aus Wind und PV mit der rasant steigenden Nachfrage aus den Sektoren Verkehr, Industrie und Gebäude in gleichem Tempo mitwachsen kann. Ohne die Nutzung von moderner Holzenergie als Brückentechnologie und den Ausbau der Nah- und Fernwärmeversorgung wird Deutschland und Bayern die Klimaziele am Wärmemarkt bis 2045 nicht erreichen. Daher muss der Beitrag der Holzenergie zur Wärmewende erhalten und ausgebaut werden, stets unter der Voraussetzung, dass der Ausbau der energetischen Verwertung von Restbiomassen unter Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien erfolgt.

Schwer abschätzbar sind die Holzmengen, die durch Zwangsnutzungen aufgrund natürlicher Schadergebnisse zukünftig auf den Markt drücken. Vieles deutet darauf hin, dass in den kommenden Jahrzehnten häufiger mit dem Anfall von erhöhten Schadholzmengen zu rechnen ist und sich Wetterextreme wie zwischen 2018 und 2020 wiederholen werden. Holzfeuerungen bieten in diesen Fällen gute Absatzmöglichkeiten, denn die Branche kann durch Zwischenlagerung Mengen für „normale“ Jahre mit weniger Schadergebnissen vorhalten. In Kapitel 2.1.5 ist beschrieben, dass für einen Zeitraum von ca. 20 Jahren das nutzbare Holzpotenzial deutlich größer ist als die in den zurückliegenden Jahren realisierten Holznutzungen.

Aufgrund der aktuellen Kriegseignisse ist die Nachfrage nach Holzfeuerungen groß. Am Wärmemarkt zeichnen sich jedoch auch Tendenzen ab, die freiwerdende Kapazitäten bei bisher genutzten Energiemengen erwarten lassen. So ist insbesondere der Holzverbrauch in Privathaushalten stark witterungsabhängig. Zunehmend milde Winter - bedingt durch den Klimawandel - bedeuten daher eine geringere Nachfrage nach Scheitholz und Co. Zudem schreitet die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden voran, so dass sich langfristig ein geringerer Endenergiebedarf für Raumwärme ableiten lässt. Darüber hinaus wird nicht jeder alte Holzofen oder Stückholzkessel, der von den Stilllegungsfristen im Rahmen der 1. BImSchV betroffen ist, auch durch einen neuen ersetzt und wenn doch, arbeitet die neue Holzfeuerungstechnik wesentlich effizienter und braucht weniger Brennholz.

#### *Energieholznutzung weiterhin fördern*

Die zuvor genannten Aspekte lassen die Schlussfolgerung zu, dass der Staat weiterhin den Neubau von Holzfeuerungen und auch Ersatzinvestitionen, in ähnlichem Maße, wie auch andere alternative Energiesysteme finanziell unterstützen sollte. Dies gilt sowohl für häusliche Feuerstätten als auch für Anlagen in GHD sowie der Industrie. Dabei sollte der Staat die Lenkungswirkung von Förderprogrammen nutzen und eine Mengensteuerung Richtung unsanierten Gebäudebestand, Nahwärme und Industrie anstreben. Ebenso sollte es Förderanreize für hybride Systeme geben, die brennstofffreie Energieträger einbinden und für Wärmekonzepte, die Energieholz aus der Region nutzen. Bei der technischen Auslegung ist auf eine hohe Effizienz sowie niedrige Emissionen zu achten.

#### *Aspekte der Luftreinhaltung beachten*

Holzfeuerungen stehen wegen ihres erhöhten Emissionspotenzials an Luftschadstoffen im Vergleich zu anderen Energieversorgungssystemen in der Kritik. Sie sind die Quelle von knapp 20 % der Feinstaubemissionen in Deutschland, wobei die Gesamtbelastung während der vergangenen Jahrzehnte deutlich abnahm. So sind die Feinstaubemissionen (PM<sub>2,5</sub>, d. h. Schwebstaubteilchen mit einem Durchmesser < 2,5 µm) nach dem UBA von 202.000 Tonnen 1995 auf 81.000 Tonnen 2020 gesunken, also um 60 %. Die Feinstaubemissionen von Haushalten und Kleinverbrauchern sind in diesem Zeitraum von 40.900 auf 21.800 Tonnen gesunken, also um 47 %. Darin sind alle häuslichen Feuerungen, also auch Öl- und Gasfeuerungen, enthalten. Aktuell wird die EU-Luftqualitätsrichtlinie novelliert mit dem Ziel, die Grenzwerte immer weiter den Empfehlungen der WHO anzupassen, die deutlich unter dem derzeit festgelegten Niveau liegen. Demzufolge wird Deutschland mittelfristig weitere Verschärfungen im nationalen Recht durchsetzen.

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 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.

## 5 Zusammenfassung

Die Privathaushalte in Bayern verbrauchten im Winter 2020/21 rund 10 Mio. m<sup>3</sup> Energieholz. Im Vergleich zu 2018/19 war dies eine Steigerung von 11 %. Aufgrund der Witterung wäre eine Zunahme von 7,4 % zu erwarten gewesen. Die größere Zunahme im Verbrauch kann auf die Zunahme an Feuerungsanlagen, den Zuwachs der Zahl von Privathaushalten und des Anteils an Haushalten, die mit Holz heizen (+ 1,6 %) zurückgeführt werden. Die überproportionale Zunahme mag auch mit der Corona-Pandemie zusammenhängen. Zumindest gegen Ende der Heizsaison 2020/21 haben sich infolge von Lockdown und Homeoffice viele Bürger länger in ihren Wohnungen aufgehalten als sonst üblich. Den größten Anteil am Energieholzverbrauch hatte mit 79 % das Sortiment Scheitholz. Zusammen mit den Waldhackschnitzeln machen die aus dem Wald, der offenen Landschaft und den Gärten stammenden Holz mengen einen Anteil von 85 % aus. Die Sortimente Pellets und Briketts, die aus Reststoffen der Holzverarbeitung hergestellt werden, hatten einen Anteil von 11 %. Der Rest entfällt auf Gebrauchtholz und Holzreste, die in den Privathaushalten selbst anfallen. Hinsichtlich der Stilllegung und Neuanschaffung von Holzheizungen bewegt sich viel bei den Privathaushalten. Fast ein Viertel der Haushalte, die mit Holz heizen, hatten in den vorausgegangenen fünf Jahren eine neue Holzfeuerung angeschafft. Bei der Hälfte dieser Haushalte erfolgte dies als Ersatz für eine alte Anlage. Bei den anderen waren es Erweiterungen oder Erstanschaffungen. Die Hälfte 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 2020 einen Energieholzbedarf in Höhe von 8,73 Mio. m<sup>3</sup>. Im Vergleich zu 2018 lässt sich eine Verbrauchssteigerung um 3 % ableiten.

Der Bestand an Holzfeuerungen mit einer Leistung größer 50 kW ist in Bayern auf rund 20.000 Anlagen angewachsen. Während die Anzahl der Wärmeerzeuger > 1 MW und die der stromerzeugenden Holzfeuerungen nahezu gleichgeblieben sind, zeichnet sich bei den Wärmeerzeugern < 1 MW ein Zubau von rund 2.000 Anlagen ab. Die Bestandsmehrung wirkt sich jedoch nur geringfügig auf den Gesamtverbrauch an Energieholz aus, da etwa zwei Drittel dieser Anlagen eine Leistung kleiner gleich 100 kW aufweisen. Zudem weisen die Umfrageergebnisse auf eine witterungsbedingte Reduzierung des spezifischen Energieverbrauchs je installierter kW im Vergleich zum durchschnittlich kälteren Erhebungsjahr 2018 hin. Die Erhebung bei den größeren Feuerungsanlagen bezog sich anders als bei den Privathaushalten auf das Kalenderjahr und dieses war 2020 wärmer als 2018.

Obwohl nur ca. 400 Anlagen Strom erzeugen, verbrauchen diese sogenannten KWK-Anlagen rund 52 % der in den Feuerungsanlagen > 50 kW eingesetzten Energieholzmenge. Ein Drittel dieser Menge ist Altholz. Anlagen, die einen Brennstoffbonus im Rahmen der früheren EEG-Fassungen in Anspruch nehmen, verbrennen demgegenüber hauptsächlich Waldrestholz, Landschaftspflegeholz und/oder Rinde. Alle drei naturbelassenen Energieholzsortimente zusammen nehmen deshalb einen bedeutenden Anteil von 50 % an der Holzmenge ein, die in stromerzeugenden Anlagen verbrannt wurde. Bei einer installierten Leistung von 260 MW<sub>el</sub> haben die holzbasierten KWK-Anlagen 1,59 Terrawattstunden erneuerbaren Strom im Jahr 2020 bereitgestellt. Im Vergleich zur letzten Erhebung im Jahr 2018 kann auch für das Jahr 2020 kein Anstieg der Stromerzeugung aus holzartigen Biomassen verzeichnet werden.

Den reinen Wärmeerzeugern > 50 kW weist die Studie einen Verbrauch von rund 1,7 Mio. Tonnen atro zu. Im Gegensatz zum stromerzeugenden Anlagenbestand dominieren bei den Biomasseheizwerken die Brennstoffe Waldhackschnitzel mit einem Anteil von 38 % und naturbelassene Nebenprodukte der

holzbe- und verarbeitenden Betriebe mit 29 %. Gebrauchtholz und behandeltes Industrierestholz hingegen wird bei den reinen Wärmeerzeugern mit einem Anteil von insgesamt 13 % lediglich in werksinternen Feuerungen der Holzbranche verbrannt und dient im Wesentlichen der Prozesswärmebereitstellung zur Trocknung von Holzprodukten.

Die guten Förderkonditionen auf Bundesebene haben seit 2020 einen deutlichen Anstieg der Investitionsbereitschaft für Erneuerbare Heizsysteme im Allgemeinen und damit auch für Holzfeuerungen ausgelöst. Nicht nur der Heizungstausch in einzelnen Gebäuden oder der Nahwärmeverbund steht hier im Fokus, auch die Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien wird staatlich forciert. Gerade bei der anstehenden Defossilisierung der Industrie und des Gewerbes wird große Hoffnung auf das Energieholz gesetzt, das flexibel Prozesswärme für Hochtemperatur-Anwendungen bereitstellen kann. Der Energieholzmarktbericht 2020 konnte diesen Boom noch nicht abbilden, allerdings zeigt die Anzahl der Förderanträge in den einschlägigen Programmen eindeutig in Richtung steigende Energieholznachfrage. Auch für Großprojekte im zweistelligen MW-Bereich werden mittlerweile wieder Planungsprozesse eingeleitet. Die sich in ganz Europa abzeichnende Energiekrise mit steigenden Energiepreisen und die unsichere Versorgungslage insbesondere bei Erdgas forciert das Interesse an Energieholz.

Nach der Bilanzierung des Holzerbrauchs hatte die energetische Verwendung 2020 einen Anteil von 53 %. Zwei Jahre zuvor waren es noch 50 %. Insgesamt ist der Holzverbrauch nur um 1,5 % gestiegen. Der größere Anteil der energetischen Verwendung geht zum Teil auf einen Rückgang im Volumen der stofflichen Verwendung zurück. An dieser Stelle sei aber hervorgehoben, dass von dem Holz, das den Wäldern entnommen wurde, 38 % direkt energetisch verwendet werden. Bei der Bilanzierung des Holzverbrauchs werden auch die bei der Holzverarbeitung anfallenden Holzreste und das Altholz mitberücksichtigt.

Nach der Bilanzierung war der Holzverbrauch um 9 % 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 netto 2020 erhebliche Mengen aus den Hauptschadgebieten der Borkenkäferkalamität nach Bayern geflossen sind. Aber auch der Warenaustausch zwischen den EU-Staaten wird inzwischen statistisch weniger genau dokumentiert. So gehen wir von einem größeren Zufluss von Brennholz aus osteuropäischen Ländern aus, der sich jedoch nicht quantifizieren lässt. Auszuschließen ist auch nicht, dass immer noch relevante Mengen des Holzeinschlags statistisch nicht erfasst werden. Die Ergebnisse der aktuell laufenden Waldinventur werden darüber demnächst Aufschluss geben.

In dieser Studie wird die aktuelle Energiekrise im Zusammenhang mit dem Ukraine Konflikt noch nicht abgebildet. Viele Menschen besinnen sich aus Sorge um ihre Wärmeversorgung im nächsten Winter wieder auf Holz als Brennstoff. So sind die Preise für Brennholz und für Kaminöfen 2022 deutlich gestiegen, viele Brennholzhändler bereits ausverkauft und die Lieferzeiten für neue Kaminöfen teils deutlich länger als ein halbes Jahr. Es ist zu vermuten, dass der Energieholzverbrauch nochmals deutlich zunehmen wird. Das Ausmaß dieser Veränderung soll in einer Folgestudie dargestellt werden.

## 6 Literatur

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.

AMPRIION (2021): Dateien zu Bewegungsdaten für das Jahr 2020 -EEG-Einspeisung in der Regelzone der Amprion GmbH. Abgerufen am 15.08.2021 von <https://www.amprion.net/Strommarkt/Abgaben-und-Umlagen/EEG-Jahresabrechnung/2020-2.html>

BAFA, BUNDEAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE (Hrsg.) (2022A): Monatsstatistik Bundesförderung effiziente Gebäude - BEG EM – Anlagen zur Wärmeerzeugung, Tweet vom 13. Mai. 2022, abgerufen von [https://twitter.com/BAFA\\_Bund/status/1525023361105117186/photo/1](https://twitter.com/BAFA_Bund/status/1525023361105117186/photo/1) am 20.05.2022

BAFA, BUNDEAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE (Hrsg.) (2022B): Anteil der Bundesländer an BEG – EM Förderanträgen im Bereich Anlagen zur Wärmeerzeugung, unveröffentlichter Vortrag der BAFA anlässlich eines Online-Meetings am 24.03.2022.

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.

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

BAYPAPIER, BAYERISCHE PAPIERVERBÄNDE (2021): Entwicklung von Produktionsmenge und Umsatz in der bayerischen Papierindustrie (Diagramm) <https://www.baypapier.com/daten-fakten/papiererzeugung/>

BAYSF AÖR, BAYERISCHE STAATSFORSTEN (2021): Auszüge aus Holzpreisstatistik und Holzeinschlagsstatistik.

BDH, BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN HEIZUNGSINDUSTRIE (2022): Marktentwicklung Wärmemarkt Jahre 2016 bis 2021, abgerufen am 13.02.2022 von [https://www.bdh-industrie.de/fileadmin/user\\_upload/Pressemeldungen/Marktentwicklung\\_Waermemarkt\\_Deutschland\\_2021.pdf](https://www.bdh-industrie.de/fileadmin/user_upload/Pressemeldungen/Marktentwicklung_Waermemarkt_Deutschland_2021.pdf)

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

Bioenergy EUROPE (2021): Statistical Report – Report Pellet 2021. Brüssel

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

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2019A): Strukturdaten der Bevölkerung und der Haushalte in Bayern 2018. Teil I der Ergebnisse der 1 %-Mikrozensus-erhebung 2018 (Zusammengefasste Ergebnisse) Statistische Berichte. A6201C 201800, 46 S.

BLFS, Bayerisches LANDESAMT FÜR STATISTIK (2021A): "Produktion des Verarbeitenden Gewerbes, Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden“ 2019 und 2020. Vierteljährliche Produktionserhebung in Bayern.

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2021B): Auswertung Außenhandel mit Holz und Platten, erhalten am 07.05.2021

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2022A): Auswertung Altholzmengen Bayern 2020. Erhalten am 09.03.2022

BLFS, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK (2022B): Energiebilanz Bayern 2019. Abgerufen am 24.02.2022

BMUB, BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt.

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

BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (2021): Marktstammdatenregister – erweiterte Einheitenübersicht. Abgerufen am 15.10.2021 von <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/ErweiterteOeffentlicheEinheitenuebersicht>

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.; SCHWEIER, J. (2016): Die Ökobilanz von Kurzumtriebsplantagen. LWF-Wissen Nr. 79. S. 73 – 81.
- BURKHARDT, BURKHARDT GMBH ( 2021): Zubau an Holzvergäsern in Bayern mit Stand 31.12.2020. Schriftliche Auskunft am 30.08.2021.
- BSTK, BAYERISCHE STAATSKANZLEI (2020): Bayerisches Ministerialblatt Nr. 695, 2 Dezember 2020
- C.A.R.M.E.N. E.V. (2021A): Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln. <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-hackschnitzel/>
- C.A.R.M.E.N. E.V. (2021B): Preisentwicklung bei Holzpellets – der Holzpellet-Preis-Index. <https://www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/holzpellets>
- CLEARINGSTELLE (2010): NawaRo-Bonusfähigkeit von „Sägewerks-Rinde“. Abgerufen am 24.11.2017 von <https://www.clearingstelle-eeg.de/votv/2009/10>
- DBFZ, DEUTSCHES BIOMASSEFORSCHUNGSZENTRUM (2021): Positionspapier Umrüstung von Kohlekraftwerken auf Biomasse. Pressemitteilung vom 07.09.2021. Abgerufen am 14.02.2022 von [https://www.dbfz.de/fileadmin/user\\_upload/Referenzen/Statements/2021\\_Position\\_Kohlekraftwerke.pdf](https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Statements/2021_Position_Kohlekraftwerke.pdf)
- DEPI, DEUTSCHES PELLETINSTITUT (2022): Infothek – Grafiken. Abgerufen am 08.02.2022 von <https://depv.de/pelletproduktion>
- DEPV, DEUTSCHER ENERGIEHOLZ- UND PELLETVERBAND E. V. (2020A): Deutsche Pelletwerke starten 2020 mit erneuter Produktionssteigerung. Pressemitteilung vom 24.04.2020. Abgerufen am 14.02.2022 von <https://depv.de/p/Deutsche-Pelletwerke-starten-2020-mit-erneuter-Produktionssteigerung-jrpGFHfZEZBSEXVyN13KWf>
- DEPV, DEUTSCHER ENERGIEHOLZ- UND PELLETVERBAND E. V. (2020B): Erneute Rekordproduktion an Holzpellets. Pressemitteilung vom 23.10.2020. Abgerufen am 14.02.2022 von <https://depv.de/p/Erneute-Rekordproduktion-an-Holzpellets-qJKVAJL2n51jJnKbUg8LWB>
- DEPV, DEUTSCHER ENERGIEHOLZ- UND PELLETVERBAND E. V. (2021): Pelletproduktion im dritten Quartal nochmal gestiegen. Pressemitteilung vom 21.10.2021. Abgerufen am 14.02.2022 von <https://www.depv.de/p/Pelletproduktion-im-dritten-Quartal-nochmal-gestiegen-r9QX7pVMSzQFAUodtPMLmx>
- DESH, DEUTSCHE SÄGE- UND HOLZINDUSTRIE BUNDESVERBAND E.V. (2021): Branchenbericht Säge- und Holzindustrie in Deutschland. Juni 2021, 45 S.
- DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2021a): Forstwirtschaftliche Bodennutzung – Holzeinschlagsstatistik 2020. Fachserie 3 Reihe 3.3.1
- DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2021b): Preisindices für Holz. Genesis-Online
- DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2021c): 42131-0003: Produktionswert, -menge, -gewicht und Unternehmen der Vierteljährlichen Produktionserhebung. Genesis-Online.
- DESTATIS, STATISTISCHES BUNDESAMT (2022A): Tabelle 51000-0015, Aus- und Einfuhr (Außenhandel) von Holzpellet: Deutschland, Jahre, Land, Warenverzeichnis. Abgerufen am 08.02.2022 von Genesis-Online
- DIESTEL, S.; WEIMAR, H. (2014): Der Kohlenstoffgehalt in Holz- und Papierprodukten – Herleitung und Umrechnungsfaktoren. Thünen Working Paper 38. 110 S.
- DÖRING, S. (2012): Power from Pellets. Technology and Applikations. Springer Science & Business Media. S. 218.
- DÖRING, P.; GLASENAPP, S.; MANTAU, U. (2017): Holzwerkstoffindustrie 2015. Entwicklung der Produktionskapazität und Holzrohstoffnutzung. Hamburg. 24 S.
- DÖRING, P.; CORDS, M.; MANTAU, U. (2018) Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommen und Verwertung 2016 Teilbericht. Hamburg 20 S.
- DÖRING, P.; GLASENAPP, S.; MANTAU, U. (2020): Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2018. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente. Hamburg.
- DÖRING, P.; MANTAU, U. (2021): Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommen und Verwertung 2020 Teilbericht. Hamburg 20 S.
- DÖRING, P.; WEIMAR, H.; MANTAU, U. (2021B): 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](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html)

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

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

EUWID (1/2020): EUWID-Preisspiegel: Sägerestholz Deutschland. Euwid – Holz und Holzwerkstoffe, abgerufen am 16.03.2020.

EUWID (2/2020): Ruhiges Pelletgeschäft wirkt sich zunehmend negativ auf Absatz von Sägespänen aus. Hohes Industrieholzangebot reduziert Nachfrage nach Hackschnitzeln Onlineartikel vom 23.1.2020

EUWID (3/2020): Sägerestholzpreise sind im August weiter gesunken. Onlineartikel vom 20.8.2020

EUWID (1/2021): Lage auf den Sägerestholzmärkten hat sich beruhigt / Preise mehrheitlich fortgeschrieben. Onlineartikel vom 28.1.2021

EUWID (2/2021): EUWID-Preisspiegel: Sägerestholz Deutschland

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

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

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

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

FRÖLING, FRÖLING HEIZKESSEL- UND BEHÄLTERBAU GES.M.B.H (2021): Zubau an Holzvergäsern in Bayern mit Stand zum 31.12.2020. Schriftliche Auskunft am 27.09.2021.

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.

FVH, FACHVERBAND HOLZENERGIE (2021): Holzverbrennung nicht um jeden Preis. Pressemitteilung vom 07.09.2021. Abgerufen am 14.02.2021 von <https://www.fachverband-holzenergie.de/presse/pressemitteilungen/holzverbrennung-nicht-um-jeden-preis>

GÄGGERMEIER, 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.

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

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

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

HARGASSNER, HARGASSNER GESMBH (2021): Zubau an Holzvergäsern in Bayern mit Stand zum 31.12.2020. Mündliche Auskunft am 16.09.2021.

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

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

HASTREITER, H. (2019A): Auf und ab beim Holzeinschlag. LWF aktuell 120, S. 54-56

HASTREITER, H. (2019B): Schadholzmengen auch 2018 auf hohem Niveau. LWF aktuell 123, S. 56-58

HASTREITER, H. (2021): Erneut mehr Schadholz als Frischholz. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, online abgerufen am 29.07.2021

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

HD-PELLETSTECHNOLOGIE (2019): Gute Gründe für Pellets in HD-Qualität. Im Internet: <https://www.hd-pellets.de/> abgerufen am 30.10.2019

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 (2021A): Nadelholzsägewerke Deutschland Edition 2021. Holzkurier 11/2021 vom 18.03.2021, S. 14–16.
- HOLZKURIER (2022A): Die größten Pelletsproduzenten der DACH-Region. Online-Artikel vom 05.01.2021, abgerufen am 12.02.2022 unter <https://www.holzkurier.com/blog/groesste-pelletsproduzenten-deutschland-und-oesterreich.html>
- HOLZKURIER (2022B): Das Herzstück der Anlage. Online-Artikel vom 0.011.2022, abgerufen am 12.02.2022 unter [https://www.holzkurier.com/energie/2021/11/das\\_herzstueck\\_deranlage.html](https://www.holzkurier.com/energie/2021/11/das_herzstueck_deranlage.html)
- 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](http://www.ier.uni-stuttgart.de/online_tools/heizkostenvergleich/index.html) ,
- IWU, INSTITUT FÜR WOHNEN UND UMWELT (2021): Gradtagszahlen in Deutschland – Excel Mappe mit Stand 20.01.2021 unter <https://www.iwu.de/veroeffentlichungen/fachinformationen/energiebilanzen/#c205>
- JOCHEM, D.; WEIMAR, H.; DIETER, M. (2021): Holzeinschlag kalamitätsbedingt weiter angestiegen. Holz-Zentralblatt Nr. 32 S. 563
- KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H.; HOFBAUER, H. (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Heidelberg u. a., Springer Verlag.
- KARL, J. (2012): Dezentrale Energiesysteme: Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt. München. S. 186: Oldenburger-Verlag.
- 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.
- KUPTZ, D.; DIETZ, E. (2018): Hackschnitzel aus dem Kurzumtrieb. Brennstoffqualität und Verbrennungsverhalten. Schule und Beratung 1-2/2018, S. 70 – 73.
- LEMME, H.; GÖBWEIN, S. (2017): Das Borkenkäferjahr 2016. LWF aktuell 112, S. 32 -34.
- LETALIK, C. (2020): mündliche Mitteilung.
- LFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2022): Hausmüll in Bayern Bilanzen 2020. Informationen aus der Abfallwirtschaft, Augsburg,
- LFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2019): Datenbestand Holzfeuerungen > 1 MW FWL. Datenauskunft vom 07.10.2019. Augsburg (unveröffentlicht)
- LFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2021): Datenanfrage vom 19.08.2021 zum Stand der Holzfeuerungen > 1 MW FWL in Bayern. Schriftliche Antwort des Referates 14 vom 05.10.2019. Augsburg (unveröffentlicht)
- LIV, LANDESINNUNGSVERBAND FÜR DAS BAYERISCHE KAMINKEHRERHANDWERK (2021): Datenauskunft zum Anlagenbestand an Holzzentralfeuerungen im Gültigkeitsbereich der 1. BImSchV in Bayern Ende 2020 (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.
- LUYSSAERT, S., MARIE, G., VALADE, A. ET AL. (2018): Trade-offs in using European forests to meet climate objectives. Nature 562, 259–262. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0577-1>
- PROGNOS, ÖKO-INSTITUT, WUPPERTAL-INSTITUT (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.
- 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 (2021): Umwelterklärung 2020 Sappi Stockstadt GmbH. 36 S.

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.

SCHULZE, E. D., BOURIAUD, O., IRSLINGER, 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>.

SPANNER, SPANNER RE<sup>2</sup> GMBH (2021): Zubau an Holzvergäsern in Bayern mit Stand zum 31.12.2020. Schriftliche Auskunft am 15.10.2021.

STIMM, K.; RIEBLER, M. (2022): Höhere Brennholzpreise. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt Nr. 8 vom 25.02.2022.

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

STMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (HRSG.) (2018): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung, München 352 S.

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 (2021): Endbericht Energiedaten.Bayern – Schätzbilanz - Daten bis zum Jahr 2020. Abgerufen am 14.06.2022 von [https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user\\_upload/stmwi/publikationen/pdf/2021-10-19\\_Energiedaten\\_Bayern\\_Schaetzbilanz2020.pdf](https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/publikationen/pdf/2021-10-19_Energiedaten_Bayern_Schaetzbilanz2020.pdf) (S. 57)

TENNET, TENNET TSO GMBH (2021): Dateien zu Bewegungsdaten für das Jahr 2020 – EEG-Einspeisung in der Regelzone der Tennet TSO GmbH. Abgerufen am 15.08.2021 von <https://www.netztransparenz.de/EEG/JAHRESABRECHNUNGEN>.

TRIEBENBACHER, C.; PETERCORD, R. (2019): Buchdrucker und kupferstecher im Steifflug, LWF aktuell 120, S. 43 - 45.

TRIEBENBACHER, C.; LOBINGER, G. (2020): 2019: Borkenkäferdichte auf sehr hohem Niveau, LWF aktuell 124, S. 42 - 45.

UBA, UMWELTBUNDESAMT (2020): Texte 95/2020: Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung

UBA, UMWELTBUNDESAMT (2021): Außenhandel mit Holz Altholzverbringung\_Bayern, erhalten am 23.08.2021, Daten nicht öffentlich verfügbar.

UBA, UMWELTBUNDESAMT (2022): Endenergieverbrauch 2020 nach Sektoren und Energieträgern. Abgerufen am 23.05.2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren#entwicklung-des-endenergieverbrauchs-nach-sektoren-und-energetraegern>

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

VDH, VERBAND DER DEUTSCHEN HOLZWERKSTOFFINDUSTRIE E.V. (2013): Umwelt-Produktdeklaration Spanplatte, roh, Gießen, 9 S.

VDP, VERBAND DER DEUTSCHEN PAPIERFABRIKEN E. V. (2017): Papier 2016 Ein Leistungsbericht. Annual Report, Bonn.

VDP, VERBAND DER DEUTSCHEN PAPIERFABRIKEN E. V. (2019): Papier 2018 Ein Leistungsbericht. Annual Report, Bonn.

VDP, VERBAND DER DEUTSCHEN PAPIERFABRIKEN E. V. (2021): Papier 2020 Ein Leistungsbericht. Annual Report, Bonn.

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 Holzvergäsern in Bayern. Schriftliche Auskunft durch Herrn Schätzl.

WEIDNER, U.; HIENDLMEIER, S.; ZENKER, M.; BORCHERT, H.; FRIEDRICH, S.; SCHULMEYER, F.; LEUCHTWEIS, C. (2016): Energieholzmarkt Bayern 2014. Abschlussbericht. Freising