

Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

**Verbundvorhaben: Kleinprivatwald – Enegrieholzversorgung
und regionale Wertschöpfung**

Teilvorhaben 1: Bewertung von Wertschöpfungsketten

Zuwendungsempfänger:

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Förderkennzeichen:

22013014

Laufzeit:

01.03.2015 bis 30.04.2017

Monat der Erstellung:

05/2017

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Abschlussbericht

Kleinprivatwaldprivatwald – Energieholzversorgung und regionale Wertschöpfung (KLEN)

Teilvorhaben 1:	Bewertung von Wertschöpfungsketten
Förderkennzeichen:	22013014
Berichts-/ Förderzeitraum:	01.03.2015 – 30.04.2017
Projektdurchführung:	Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR) Schadenweilerhof, 72108 Rottenburg
Förderung:	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.
Bearbeitung:	Marie Sophie Schmidt (HFR), Klaus Hennenberg (Öko-Institut e.V.) Katja Hünecke (Öko-Institut e.V.) Rüdiger Unseld (Universität Freiburg) Rainer Luick (HFR) Stefan Ruge (HFR)
Projektleitung:	Prof. Dr. Rainer Luick (HFR) Prof. Stefan Ruge (HFR)
Stand:	Mai 2017

Inhalt

1	Ziele.....	3
1.1	Aufgabenstellung.....	3
1.2	Stand der Wissenschaft und Technik	5
1.3	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	9
2	Ergebnisse	11
2.1	Erzielte Ergebnisse	11
2.1.1	Material und Methoden	11
2.1.1.1	Datenerhebung und Stichprobenauswahl der Wertschöpfungskettenanalyse	11
2.1.1.2	Stoffstromanalyse und Identifizierung von Wertschöpfungsketten	12
2.1.1.3	Entstehungs- und Verteilungsrechnung.....	12
2.1.1.4	Ökonomischer Mehrwert durch Einsparung der Verbraucher.....	16
2.1.1.5	Bilanzierung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen	16
2.1.1.6	Modellregionen	19
2.1.1.7	Umrechnungsfaktoren	21
2.1.2	Energieholznutzer im kleinen und mittleren Privatwald	22
2.1.3	Typische Wertschöpfungsketten	35
2.1.3.1	Wertschöpfungsketten für Scheitholz im kleinen und mittleren Privatwald	36
2.1.3.2	Wertschöpfungsketten für Hackschnitzel im kleinen und mittleren Privatwald	44
2.1.4	Ökonomische Effekte	50
2.1.5	Bilanzierung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen	57
2.1.6	Vergleiche der Kleinprivatwald-Ketten mit anderen Waldbesitzarten.....	63
2.1.7	Vergleich der Wertschöpfung bei energetischer und stofflicher Nutzung	65
2.1.8	Workshops/ Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen.....	71
2.1.8.1	Regionalworkshop in Märkisch-Oderland.....	71
2.1.8.2	Regionalworkshop in Ostwestfalen-Lippe	73
2.1.8.3	Regionalworkshop in Weilheim-Schongau	76
2.1.8.4	Abschlussworkshop in Freiburg	77
2.1.9	Diskussion und Handlungsempfehlungen	79
2.2	Verwertung.....	83
2.3	Erkenntnisse von Dritten	84
2.4	Veröffentlichungen.....	85
3	Abkürzungsverzeichnis	86
4	Abbildungsverzeichnis	87
5	Tabellenverzeichnis.....	89
6	Literaturverzeichnis.....	92
7	Anhang	98

1 Ziele

1.1 Aufgabenstellung

Seit Einführung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 hat sich der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung von 7 % auf rund 26 % erhöht. Windenergie und Biomasse (insbesondere Biogas) leisteten hierbei deutschlandweit mit 9,1 % bzw. 8 % den größten Beitrag zur Bruttostromerzeugung. Seit vier Jahren etwa stagniert der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Wärmeerzeugung bei etwa 10 % (Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) 2014/2015). Nach den Zielen der Bundesregierung soll dieser bis 2020 jedoch auf 14 % steigen. Feste Biomasse – hier insbesondere Scheitholz - hat mit etwa 72,9 % am deutschen Wärmeverbrauch aus Erneuerbaren Energien den bei weitem höchsten Anteil (Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) 2014/2015).

Neben der stofflichen Verwendung von Waldholz ist daher auch zunehmend die Wertschöpfung (unternehmerisch und regional gesehen) durch die energetische Nutzung (Waldhackschnitzel, Scheitholz, Waldholzanteile in Pellets) von Relevanz. Vor allem bedingt durch die Anreizsysteme der so genannten "Energiewende" stieg der Holzverbrauch in Deutschland zur energetischen Nutzung zwischen 2000 und 2011 von 25 Mio. m³ auf 71 Mio. m³ an (inkl. Altholz) (Mantau 2012a). Der Druck auf Holz als Energieträger nahm und nimmt insgesamt deutlich zu¹, wenn auch regional gesehen offensichtliche Unterschiede hinsichtlich der Nachfrage und Preisentwicklung bestehen. Thrän et al. (2011) prognostizieren sogar eine Versorgungslücke², was den auch zukünftig weiter steigenden Nutzungsdruck auf die Ressource Holz um ein weiteres Argument unterstreicht. Begleitet wird die zunehmende Nutzung von einer intensiv geführten Nachhaltigkeitsdiskussion. Konfliktpotenzial existiert nicht nur aufgrund Übernutzungsbefürchtungen hinsichtlich des standörtlichen Nährstoffpotenzial oder der Gewährleistung einer langfristig nachhaltigen Bewirtschaftung. Auch die Beeinträchtigungen bisher extensiv genutzter und naturschutzfachlich hochwertiger Waldbestände werden zunehmend als kritisch angesehen. Außerdem sind bereits hohe und weiterhin zunehmende Emissionen an Luftschadstoffen wie Feinstaub und Kohlenmonoxid, die insbesondere in technisch schlechten und ineffizient betriebenen kleinen Heizanlagen freigesetzt werden, zu beobachten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Diskussion um die stoffliche oder energetische Verwertung, insofern sie um die gleichen Holzsortimente konkurrieren. Es fehlen jedoch umfassende Kenntnisse darüber, welche Wertschöpfung bei der jeweiligen Nutzung zu erwarten ist und ob diese auch in der Region verbleibt. Gerade beim Ausbau der erneuerbaren Energien sieht die Politik Chancen für ländliche Räume (vgl. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (WM BW) 2009), um negativen Entwicklungen (z. B. Abwanderungen), die sich dort abzeichnen, entgegenzuwirken. Gleichzeitig ist aber auch bei der energetischen Holznutzung ein Globalisierungstrend auszumachen, der sich durch wachsende Energieholzimporte (insbesondere von Pellets aus den USA und Kanada, aber auch Scheitholz aus Osteuropa) zunehmend bemerkbar macht. Zwar sind die gehandelten Mengen noch vergleichsweise gering, nehmen jedoch in der Tendenz stark zu und stellen somit auch eine Konkurrenz für regionale Wertschöpfungsketten dar.

„Auf der Suche“ nach Lösungsmöglichkeiten, um die Klimaschutzziele zu erreichen, gingen viele Experten, basierend auf den Einschätzungen der zweiten Bundeswaldinventur / BWI (bestätigt auch

¹ Entsprechend der Leitszenarien der Energiewende soll Waldholz bis 2050 5 % des Gesamtenergiebedarfs in Deutschland decken (DLR et al. 2012). Die Pellet-Nachfrage in Deutschland hat sich innerhalb von 5 Jahren (2006-2011) fast verdreifacht, der Trend zu Holzheizungen ist ungebrochen und die Nachfrage von Waldrestholz als Brennmaterial für Biomasseanlagen wächst (DEPI O. J.; MANTAU 2012; MANTAU ET AL. 2012). Vergleicht man den bereits erzielten Anteil der Erneuerbaren Energien 2012 an der Stromerzeugung (22,9 %) mit dem Anteil an der Wärmebereitstellung („nur“ 10,4 %) wird deutlich, dass bei Wärme ein großer „Nachholbedarf“ besteht (vgl. AGEE-Stat 2013).

² Basierend auf den eher optimistischen Aufkommensmodellierungen der DBFZ-Studie wird in Deutschland für 2020 eine Versorgungslücke von ca. 35 Mio. Fm Holz prognostiziert.

durch bislang öffentlich vorliegende Ergebnissen der BWI III) bisher davon aus, dass insbesondere im Kleinprivatwald noch auf lange Sicht erhebliche und bislang ungenutzte Rohstoffpotenziale auch zur energetischen Nutzung vorhanden wären. Mit verschiedensten Mobilisierungsansätzen wurde seither untersucht, inwieweit die so genannte "Holzlücke" nach Thrän et al. (2011) zwischen Holznachfrage und -angebot durch eine entsprechende Aktivierung geschlossen werden kann. Dabei wird dem Kleinprivatwald eine bedeutende Rolle zugewiesen. Tatsächlich ist die aktuelle Energieholznutzung im Kleinprivatwald jedoch Daten-technisch und informell gesehen eine weitgehende "Black Box". So stützen sich Einschätzungen zu Potenzialen auf Großrauminventuren, ohne dass allerdings regionale Einheiten, für die deutlich differenziertere Betrachtungen erforderlich erscheinen, Berücksichtigung finden. Im Rahmen des Verbundvorhabens „Kleinprivatwald – Energieholzversorgung und regionale Wertschöpfung“ mit den Teilvorhaben „Nutzungsintensitäten und -strategien“ der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg und „Bewertung der Wertschöpfungsketten“ der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR) sollten, unterstützt durch stichprobenhafte Felderhebungen und Befragungen von Waldbesitzern, die aktuelle Holznutzung in Kleinprivatwäldern Baden-Württembergs untersucht und typische Wertschöpfungsketten zur Energieholznutzung analysiert werden. Gemeinsame Handlungsempfehlungen der Teilvorhaben zur Optimierung der Wertschöpfungsketten sollten dabei nicht nur die Wettbewerbsfähigkeit der Forstwirtschaft und die Vorteilhaftigkeit für die Regionen, sondern auch ökologische Aspekte wie Auswirkung der Nutzungsintensitäten auf Naturschutz und Emissionen berücksichtigen.

Der Fokus des Forschungsvorhabens richtete sich auf drei Modellregionen in Baden-Württemberg (vgl. Kap. 2.1.1.6; **Abb. 1-1**). Diese befanden sich in den größten forstlichen Wuchsgebieten (Neckarland, Schwarzwald und Schwäbische Alb) und sollten naturräumlich unterschiedlich geprägte ländliche Räume repräsentieren. Bedingt durch die unterschiedliche Zentralität und Siedlungsdichte der ausgewählten Untersuchungsräume war auch ein heterogenes Nutzungsinteresse mit sich daraus ergebenden vielfältigen Nutzungsintensitäten und Wertschöpfungsketten anzunehmen.

Als Indikatoren wurden die ökonomischen Wertschöpfungseffekte (Einkommen, Unternehmergewinne, Fremdkapitalzinsen und Steuereinnahmen), die Umweltauswirkungen (Nutzungsintensitäten und Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen) sowie die Regionalität der Wertschöpfung (Stoffströme und Verbleib der Wertschöpfung in der Region) herangezogen. Folgende Fragestellungen standen im Fokus und wurden innerhalb der Arbeitspakete 1 (Teilvorhaben 2 der Universität Freiburg) sowie Arbeitspakete 2 und 3 (Teilvorhaben 1 der HFR) bearbeitet:

- Wie sieht aktuell die Holznutzung im Kleinprivatwald aus? Wie ist die Zusammensetzung hinsichtlich extensiv genutzter Flächen im Mosaik mit intensiven Nutzungsflächen? (AP 1)
- Wer profitiert von den Wertschöpfungsketten der Waldenergieholznutzung im Kleinprivatwald? Bleibt die Wertschöpfung in der Region? (AP 2)
- Welche Wertschöpfungsketten des Kleinprivatwaldes stellen sich in einer ganzheitlichen Bewertung (ökonomische Effekte und Umweltauswirkungen) als vorteilhaft heraus? Gibt es Unterschiede zu anderen Waldbesitzarten? (AP 2 + AP 3)
- Welche Wertschöpfungsketten der energetischen Waldnutzung konkurrieren mit stofflichen Verwendungszwecken? Welche Ketten sollten bevorzugt werden, wenn eine Optimierung der Umweltauswirkungen und die Maximierung der (regionalen) Wertschöpfungseffekte im Vordergrund stehen? (AP 2 + AP 3)

Aufbauend auf den Ergebnissen der Arbeitspakete 1 bis 3 wurden gemeinsame Handlungsempfehlungen im Verbundvorhaben zur Steigerung regionaler Wertschöpfungseffekte und Optimierung von Umweltauswirkungen abgeleitet (AP 4). Zudem wurden die Ergebnisse beider Teilvorhaben im Rahmen von drei Regionalworkshops (Märkisch-Oderland/ Brandenburg, Weilheim-Schongau/ Bayern, Ostwestfalen-Lippe/ NRW) mit regionalen Akteuren hinsichtlich ihrer Repräsentativität für diese Re-

gionen und in einem Abschlussworkshop zur Situation der Energieholznutzung im Privatwald allgemein und deren künftige Entwicklung sowie Bedeutung diskutiert (AP 5).

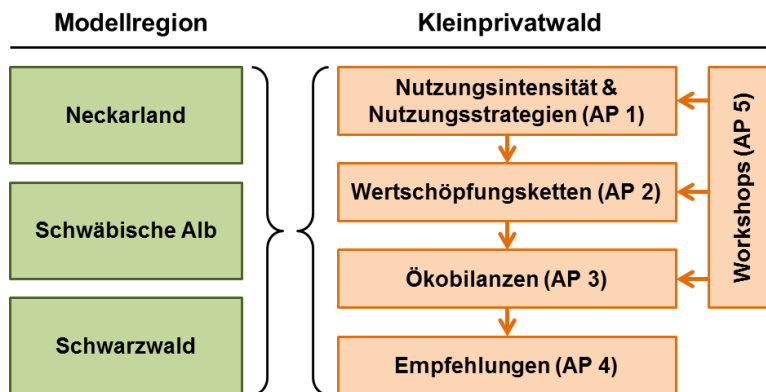


Abb. 1-1: Struktur des Forschungsprojektes "Kleinprivatwald - Energieholzversorgung und regionale Wertschöpfung".

1.2 Stand der Wissenschaft und Technik

Untersuchungen zu Holzpotenzialen im Kleinprivatwald

Seit der Veröffentlichung der Daten aus der Bundeswaldinventur BWI II des Jahres 2002 und den darauf aufbauenden Holzaufkommensprognosen rückte der Kleinprivatwald in den Fokus als potenzieller Holzlieferant zur Schließung von bestehenden und prognostizierten Versorgungslücken. Neben bundesweiten Untersuchungen zur besseren Holzmobilisierung im Kleinprivatwald (Becker et al. 2006; Seintsch 2008) wurden in fast jedem Bundesland die dortigen Mobilisierungsmöglichkeiten nochmals eruiert (z.B. Bauer et al. 2006; Schmitz 2008; Wern et al. 2014). Beispielhafte regionale Mobilisierungsinitiativen sollten den Transfer von Mobilisierungsinstrumenten in die praktische Umsetzung gewährleisten (Schurr 2007; Wippel und Becker 2008). Als eine wesentliche Aufgabe wurde bei den meisten Studien die Überwindung der Zersplitterung bzw. der Kleinteiligkeit des Kleinprivatwaldes gesehen (Wippel und Becker 2008). Dies kann auf unterschiedlichen Ebenen ablaufen. So spielen neben technischen und organisatorischen Maßnahmen insbesondere sozioökonomische Aspekte eine wesentliche Rolle (Kaiser et al. 2000; Suda und Ohrner 2000; Volz 2003; Becker et al. 2006; Suda et al. 2007). In Bezug auf eine regionale Mehrbeschäftigung durch eine stärkere Holzmobilisierung sehen Hagemann et al. (2008) nur eingeschränkte Möglichkeiten. Dennoch kann sich die Kleinprivatwaldbewirtschaftung zumindest für den Eigentümer als sehr vorteilhaft erweisen (Hahn und Knoke 2012). Eine wichtige, nicht zu vernachlässigende regionenübergreifende Funktion ist die immer wieder hervorgehobene "Pufferfunktion" des Kleinprivatwaldes. Kurzfristig benötigte Zusatzmengen werden bei guter Marktlage bereitgestellt, während in schwierigen Marktjahren Holz zurückgehalten wird (Hercher 2009).

Bezüglich der Bereitstellung von Waldenergieholz aus dem Kleinprivatwald liegen nur wenige Arbeiten vor, die zudem auf sehr groben Abschätzungen beruhen (z.B. Wern et al. 2014). Besondere Schwierigkeit bei diesen Sortimenten ist, dass ein Großteil in keiner Verkaufstatistik erfasst wird, da es von den Privatwaldbesitzern selbst oder durch eigens beauftragte Selbstwerber genutzt wird. Es muss angenommen werden, dass Potenziale dadurch signifikant überschätzt werden. Aufgrund der zumeist mangelhaften Datengrundlagen bleiben Enttäuschungen über das tatsächlich mobilisierbare Potenzial also nicht aus (vgl. WALD-MARKETING GMBH (WMG) 2006). Dabei nimmt der Kleinprivatwald in mehreren Regionen Deutschlands mehr als 70 % der Waldfläche ein und sollte bei regionalen Potenzialabschätzungen unbedingt berücksichtigt werden. Für den Kleinprivatwald liegen empirisch

erhobene Daten lediglich aus den Großrauminventuren (BWI) vor, aus denen potenzielle Hiebssätze nur eingeschränkt abgeleitet werden können. Eine Auswertung dieser Daten auf regionaler Ebene ist aufgrund des zu großen Stichprobenrasters oftmals nicht aussagekräftig.

Stoffströme von Waldenergieholz

Die Erzeugung bzw. der Verbrauch von Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets werden in keiner amtlichen Statistik dokumentiert. Daher konnte der Waldholzverbrauch in Baden-Württemberg im Rahmen der Clusterstudie Forst und Holz BW (Redmann et al. 2010) nur über die bekannte Anzahl und Nennleistung der Feuerungsanlagen sowie den vorwiegend eingesetzten Brennstoff und durchschnittlichen Verbrauch der Leistungsklassen aus der Sekundärliteratur hergeleitet werden. Für die Herkunft der genutzten Energieholzmenge von 3 bis 3,5 Mio. Festmetern wird angenommen, dass diese "überwiegend" aus dem Jahreseinschlag in Baden-Württemberg stammt. Gewisse Anteile werden allerdings durch den "überregionalen Handel" in Baumärkten und ähnlichen Handelsketten aus benachbarten Bundesländern importiert bzw. dorthin exportiert. Die Versorgung von Hackschnitzel- und Scheitholzheiz(kraft)anlagen erfolgt nach der Clusterstudie regional, allerdings nimmt der Brennstoffhandel an Bedeutung zu (Redmann et al. 2010).

Eine zentrale Erfassung der Holzeinschlagsvollzüge und -verkäufe wird für den Staatswald in Baden-Württemberg durch das Informationssystem FOKUS 2000 gewährt. Allerdings werden die Daten mit einer sehr unterschiedlichen Genauigkeit von den Revierleitern bzw. Unteren Forstbehörden erfasst und eine eindeutige Zuordnung zu den Energieholzsortimenten ist nicht immer möglich. Sofern die Waldbewirtschaftung und der Holzverkauf im Körperschafts- und Privatwald über die Untere Forstbehörde erfolgen bzw. FOKUS 2000 von diesen selbst verwendet wird, können diese Daten hierfür ebenfalls abgerufen werden. Gerade im Privatwald ist die Datenlücke jedoch groß. Wern et al. (2014) behelfen sich bei der Ermittlung von Stoffströmen für das Saarland daher mit den Forsteinrichtungsdaten und nehmen für den Privatwald vereinfacht eine Mobilisierungsrate von 50 % an.

Methoden zur Ermittlung von Wertschöpfungseffekten

Wertschöpfungseffekte und Beschäftigungswirkungen der Energieholznutzung für Baden-Württemberg konnten im Rahmen der Clusterstudie aufgrund der unzureichenden Datengrundlage nicht eindeutig belegt werden (Redmann et al. 2010). Auch Hoppenbrock und Albrecht (2009) weisen auf eine Forschungslücke bei der Ermittlung ökonomischer Wertschöpfungseffekte hin. Die Autoren stellen für diesen Bereich heraus, dass die kommunizierten Hoffnungen und Erwartungen bisher häufig in umgekehrtem Verhältnis zur Fundierung und Datenbasis der Aussagen stehen.

Verschiedene methodische Ansätze zur Betrachtung regionaler Wertschöpfung finden sich in der Literatur. Einen Überblick gibt die folgende Tabelle:

Die in **Tab. 1-1** angeführten Studien beziehen ihre Datengrundlage zumeist aus Sekundärquellen (Literatur oder Statistiken) und die Auswahl der analysierten "typischen" Wertschöpfungsketten wird nicht begründet. Außerdem ist zu hinterfragen, inwiefern mit diesen methodischen Ansätzen regionalspezifische Situationen abgebildet werden können. Vergleiche zwischen verschiedenen Wertschöpfungsketten der Waldenergieholzprodukte werden ebenfalls vernachlässigt. Um die Frage zu beantworten, wie ländliche Regionen von der Waldenergieholznutzung profitieren können und welche Wertschöpfungsketten dafür in welcher Weise geeignet sind, sollten bei der *regionalen* Wertschöpfungsermittlung Methoden zum Einsatz kommen, die regionsspezifische Gegebenheiten berücksichtigen (s. u. a. Gothe und Hahne 2005).

Tab. 1-1: Überblick zu methodischen Ansätzen bei der Betrachtung von Wertschöpfungseffekten der Erneuerbaren Energien.

Literatur	SCHRÖDER (2010)	SCHWEINLE (2012)	KOSFELD ET AL. (2011)	HIRSCHL ET AL. (2010) & HIRSCHL ET AL. (2011)
Methode	Input-Output-Analyse	Entstehungsrechnung	Entstehungs- und Verteilungsrechnung	Verteilungsrechnung
Regionaler Bezug	keine amtlichen Input-Output-Tabellen für Regionen	nicht gegeben	Hochrechnung der Wertschöpfung je kWh über die regionale Energieproduktion, geht nicht auf regionalspezifische Situationen ein	kommunaler Bezug nur für Steuern, nicht aber für die Gewinne und Einkommen
Fokussierung	Untersuchung von Wirtschaftsbereichen	Wertschöpfungsketten von Waldhackschnitzeln, Scheitholz und Pellets	typische EE-Anlagen (keine Biomasse)	typische EE-Anlagen (auch Biomasse), Brennstoffbereitstellung aufgrund von Substitutionseffekten teilweise nicht berücksichtigt; für Baden-Württemberg auch Produktionsketten für Waldhackschnitzel, Scheitholz und Pellets (aus Sägeresthölzern)
Indikatoren	direkte (Nettowertschöpfung) und indirekte (Vorleistungen) Wirkungen	Bruttowertschöpfung je Wertschöpfungsstufe; indirekte Effekte nicht berücksichtigt	direkte (Nettowertschöpfung), indirekte (Vorleistungen) und induzierte (Multiplikatoreffekte) Wirkungen	Gewinne, Nettoeinkommen, kommunale Steuern je Wertschöpfungsstufe (Berechnungsgrundlage: Umsatzrentabilität, -anteile etc.)
Datengrundlage	Nationale amtliche Input-Output-Tabelle	Sekundärliteratur	Sekundärliteratur, Statistiken	Sekundärliteratur, Statistiken, nur z.T. regionsspezifische bzw. Daten auf Bundeslandebene

Ergebnisse zu Wertschöpfungseffekten der Waldenergieholznutzung, Vergleiche mit der stofflichen Nutzung

HIRSCHL ET AL. (2011) ermitteln für stromerzeugende Anlagen in Baden-Württemberg die größte Wertschöpfung, die vorwiegend durch Unternehmervgewinne erbracht wird. Gefolgt werden diese von wärmeproduzierenden Anlagen, deren Wertschöpfung sich etwa zu gleichen Anteilen aus Einkommen und Unternehmervgewinnen zusammensetzt. Der Anteil der Brennstoffversorgung an der Wertschöpfung sei hingegen gering. Die teilmechanisierte Scheitholzbereitstellung schneidet im Vergleich zur vollmechanisierten Waldhackschnitzelversorgung noch besser ab (Hirschl et al. 2011).

HIRSCHL ET AL. (2011) weisen außerdem nach, dass nicht nur Kommunen durch erhöhte Steuereinnahmen einen Mehrwert haben, sondern je nach Anteilen der Unternehmervgewinne und Einkommen an der Wertschöpfung insbesondere der Landeshaushalt profitieren kann. Die Beschäftigungseffekte

sind bei stromerzeugenden Anlagen während der Betriebslaufzeit und bei wärmeproduzierenden Anlagen bei der Installation besonders bedeutsam. Kleinanlagen tragen wegen der ausbleibenden Energievergütung nur wenig zur Beschäftigung bei, erfordern aber einen höheren Wartungsaufwand, der wiederum mit Beschäftigung verknüpft ist. Die Effekte bei der Brennstoffbereitstellung fallen ebenfalls gering aus (Hirschl et al. 2011).

Wie Studien zeigen (z. B. Carus et al. 2010; SCHWEINLE 2012; PÖYRY FOREST INDUSTRY CONSULTING OY & FORECO OY 2006), wird im Vergleich der Wertschöpfungseffekte zur energetischen bzw. zur stofflichen Verwendung bislang allgemein ein postulierter ökonomischer Vorteil zu Gunsten der stofflichen Nutzung gesehen. Bei einer Gegenüberstellung der ermittelten Wertschöpfung der Energieholznutzung mit der sektoralen Kostenstruktur- und Wertschöpfungsanalyse für das Holz- und Papiergewerbe von Seintsch (2011) weist Schweinle (2012) jedoch darauf hin, dass die energetische Nutzung eine ebenso hohe Bruttowertschöpfung erzielen kann, wie die stoffliche Verwendung bis zur ersten Verarbeitungsstufe. Aus der Bereitstellung von Scheitholz resultieren sogar deutlich höhere Effekte. Bei Berücksichtigung aller Verarbeitungsstufen bis zum Endprodukt ist die Bruttowertschöpfung der stofflichen Verwendung jedoch signifikant höher. Allerdings weist Schweinle (2012) auch darauf hin, dass beide Analysen auf unterschiedlichen Methoden basieren und eine Vergleichbarkeit kritisch zu hinterfragen ist.

Carus et al. (2010) stellten die Ergebnisse verschiedener Studien und eigener Berechnungen zu den makroökonomischen Effekten der stofflichen gegenüber der energetischen Verwendung (nicht nur von Holzprodukten) tabellarisch dar. Es kommt zu dem Schluss, dass die Wertschöpfung bei der stofflichen Nutzung um das vier- bis neunfache größer ist. Bei der direkten Bruttobeschäftigung ermittelte es Faktoren zwischen 5 und 10.

Nach Wilpert et al. (2011) scheint jedoch aus Sicht des Waldbesitzers eine Energieholznutzung sinnvoll. Für das Szenario, dass nur das Stammholz stofflich genutzt und der Rest für energetische Zwecke verwendet wird, ermittelten sie einen um 4 bis 5 % höheren erntekostenfreien Gesamterlös als bei einer rein stofflich orientierten Nutzung. Gründe hierfür sind die höheren Erntemassen von 10 bis 15 %, die die geringeren Energieholzerlöse überkompensieren (Wilpert et al. 2011). Dass für die unterschiedlichen Qualitäten von Reisig und Derbholz auch bei der Energieholznutzung verschiedene Preise erzielt werden können, wird in der Analyse ebenso wenig berücksichtigt wie geringere Holzerntekosten durch die vereinfachte Aufarbeitung. Nach Eberhardinger et al. (2009) ist die Gewinnmarge für den Waldbesitzer in Abhängigkeit vom Waldhackschnitzelpreis hingegen sehr gering bzw. die Bereitstellung sogar defizitär.

Wertschöpfungseffekte können neben anderen Faktoren als Entscheidungsgrundlage zwischen der energetischen und stofflichen Verwendung herangezogen werden. Ergebnisse zur Wertschöpfung sind jedoch differenziert zu betrachten. Eine Wertschöpfungskette der energetischen Nutzung, kann aus Sicht einer Region vorteilhaft sein, auch wenn die gesamte Wertschöpfung auf überregionaler Ebene für eine stoffliche Nutzung spricht. Um regionale gegen gesamt-gesellschaftliche Interessen abwägen zu können, fehlen Informationsgrundlagen zu regionalspezifischen Effekten, die in bisherigen Studien vernachlässigt wurden.

Darüber hinaus fehlen bislang Untersuchungen zur Waldenergieholznutzung im Kleinprivatwald.

Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen bei der Energieholznutzung

Im Vergleich zu fossilen Energieträgern führen holzbasierte Nutzungspfade zu deutlich niedrigeren THG-Emissionen. Beispielsweise weisen Wern et al. (2014) eine THG-Minderung für holzbasierte Energieversorgungssystemen von 33-45% gegenüber fossilen Referenzsystemen aus und (WBGU 2008) (WBGU 2008) rechnen mit THG-Minderungen für holzbasierte Energieversorgungssystemen von mehr als 80%. (Dressler et al. 2016) (Dressler et al. 2016) ermitteln für Holzenergiesysteme eine THG-Emission von 0,007 kg CO₂-Äq./MJ (Scheitholz) bis 0,049 kg CO₂-Äq./MJ (Hackschnitzel).

Dies entspricht einer THG-Minderung von 57% bis 92% gegenüber dem Energieträger Erdgas und 65% bis 93% gegenüber dem Energieträger Heizöl (EBENDA).

Im Hinblick auf die Emission von Luftschadstoffen können Holzfeuerungsanlagen aber zu einer deutlichen Erhöhung der Luftbelastung führen. Beispielsweise wird im Luftschadstoffkataster 2010 des Landes Baden-Württemberg (LUBW 2012) herausgestellt, dass im Bereich der kleinen und mittleren Feuerungsanlagen über 90% der Emissionen zu den Luftschadstoffen Kohlenmonoxid, Methan, Stäube und flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC) aus Holzfeuerungsanlagen stammen. Dabei nahm Holz aber am Anteil an der Endenergie in diesem Bereich lediglich 9 % ein.

Wern et al. (2014) heben ebenfalls hervor, dass der Einsatz holzbasierter Energieversorgungssysteme gegenüber fossilen Referenzsystemen zu einer Erhöhung der Feinstaubemission führt. (Dressler et al. 2016) (Dressler et al. 2016) berechnet für die Staubemission von Holzenergiesysteme Werte von ca. 0,035 g PM_{2,5}-Äq/MJ (Pellets) bis zu 0,15 g PM_{2,5}-Äq/MJ (Scheitholz). Wiederum bezogen auf Öl- und Gasheizung (Haushalte, Anteil 1:2) mit 0,003 g/MWh als Referenz fossiler Systeme (UBA 2013) liegen die Staub-Emissionen aus Holzfeuerungsanlagen um den Faktor 10-50 höher als bei einem Mix aus Öl- und Gasheizungen. Auch bei der Versauerung ist bei Holzfeuerungsanlagen mit schlechteren Werten als bei fossilen Systemen zu rechnen (EBENDA).

Im Gegenzug kann eine stoffliche Nutzung von Holz sowohl zu einer Reduktion von THG-Emissionen als auch zu einer Reduktion von Feinstaub führen (Wern et al. 2014). Dies ist insbesondere der Fall, wenn im Anschluss der stofflichen Nutzung eine energetische Nutzung angenommen wird (Kaskadennutzung, (Carus et al. 2014).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass eine vergleichende Ökobilanzierung von unterschiedlichen energetischen Nutzungspfaden von Holz sowie der stofflichen Nutzung nicht allein auf die THG-Reduktion fokussieren sollte. Zudem sollten andere Parameter, und dabei insbesondere die Emission von Luftschadstoffen, berücksichtigt werden.

1.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Verbundvorhaben „Kleinprivatwald – Energieholzversorgung und regionale Wertschöpfungsketten“ gliederte sich in die Teilvorhaben „1: Bewertung der Wertschöpfungsketten“, durchgeführt von der HFR, und „2: Nutzungsintensitäten und -strategien“, bearbeitet von der Universität Freiburg. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf gemeinsame Modellregionen in Baden-Württemberg. Empirische Felderhebungen zu Nutzungsintensitäten in AP1 sowie Befragungsergebnisse von Revierleitern und Privatwaldbesitzern zum Nutzungsverhalten in AP2 zeigten Schnittstellen auf. So dienten die Revierleitereinschätzungen zur Nutzungsintensität der Stichprobenabgrenzung von Untersuchungen in AP1. Es wird ein separater Schlussbericht für jedes Teilvorhaben bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) vorgelegt. Während die Ergebnisse des AP 1 „Nutzungsintensitäten und Nutzungsstrategien“ dem Schlussbericht der Universität Freiburg zu entnehmen sind, werden nachfolgend die Erkenntnisse aus dem AP 2 „Wertschöpfungsketten“ und AP 3 „Ökobilanzen“ beschrieben (vgl. **Abb. 1-1**). Die zusammenfassenden Darstellungen der gemeinsam bearbeiteten AP 4 „Handlungsempfehlungen“ und AP5 „Workshops“ sind in beiden separaten Schlussberichten enthalten (vgl. Kap. 2.1.9 und 2.1.8).

Im Rahmen des Teilvorhabens „1: Wertschöpfungsketten“ wurde außerdem das Öko-Institut e.V. als Werkvertragsnehmer in das Projekt eingebunden. Das Öko-Institut übernahm die Leitung des AP3 und unterstützte die Arbeiten in den übrigen Arbeitspaketen. Die Auswahl der Wertschöpfungsketten in AP 2 der HFR erfolgte in enger Abstimmung mit dem Öko-Institut, welche detaillierten Zugriff auf die Daten zur Wertschöpfungsketten-Charakterisierung erhielten. Darauf aufbauend wurden die Datensätze in UMBERTO bzw. den in UMBERTO verfügbaren Datenbanken (z.B. ecoinvent) nach Datensätzen gescreent, die einen Bezug zur energetischen und stofflichen Nutzung von Waldholz haben.

Die verfügbaren Datensätze umfassen z.B. Anbau und Ernte von Waldholz differenziert nach Laub- und Nadelwald, Maschineneinsatz (z.B. Motorsäge, Harvester, Transport), Verbrennungsanlagen und stoffliche Prozesse (z.B. Papier, Bauholz). Die Datensätze der Wertschöpfungsketten wurden entsprechend der Anforderungen an die Ökobilanzierung ergänzt. Damit wurde sichergestellt, dass die Daten mit Bezug zur nachfolgenden Öko-Bilanzierung so erhoben sind, dass sie für die Berechnungen geeignet und gleichzeitig mit den regionalen Wertschöpfungsketten vergleichbar sind.

Die inhaltliche Planung und begleitende Umsetzung der Regionalworkshops erfolgte jeweils durch einen der beteiligten Partner. Die Organisation des Abschlussworkshops übernahmen die Verbundpartner gemeinsam.

2 Ergebnisse

2.1 Erzielte Ergebnisse

Das Forschungsprojekt „Kleinprivatwald – Energieholzversorgung und regionale Wertschöpfungsketten“ wurde durch ein Promotionsvorhaben begleitet. Der Projektbericht zeigt Überschneidungen zur Dissertation nach Schmidt (unveröffentlicht) insbesondere für die Analyse der Energieholznutzer, Stoffströme und Wertschöpfungsketten nach den Befragungen der Kleinprivatwaldbesitzer sowie die Ergebnisse von ökonomischen Effekten ausgewählter Value Chains. Innerhalb des Promotionsvorhabens wurden weiterführende Untersuchungen zu Forschungsfragen, die sich aus den Projektergebnissen ergaben, und vergleichende Analysen zum öffentlichen Waldbesitz durchgeführt. Diese Ergebnisse für den öffentlichen Wald wurden auszugswise in Kap. 2.1.6 dargestellt.

2.1.1 Material und Methoden

Wie die Darstellungen des Forschungsstandes in Kap. 1.2 zeigten, sollten bei der Wertschöpfungskettenanalyse regionsspezifische Gegebenheiten berücksichtigt werden. Daher sollte die Bewertung der Ketten hinsichtlich ökonomischer Effekte (vgl. Kap. 2.1.1.3, 2.1.1.4) und Treibhausgase sowie Luftschadstoffe (vgl. Kap. 2.1.1.5) basierend auf regionalen Stoffströmen bzw. regionsspezifische Wertschöpfungsketten (vgl. Kap. 2.1.1.2) erfolgen. Zu diesem Zweck wurden in drei Modellregionen in Baden-Württemberg (vgl. Kap. 2.1.1.6) regionale Daten zur Charakterisierung der Wertschöpfungskette sowie den Kosten der Energieholznutzung im Privatwald erhoben (vgl. Kap. 2.1.1.1).

2.1.1.1 Datenerhebung und Stichprobenauswahl der Wertschöpfungskettenanalyse

Die Datenerhebung gliederte sich in zwei Erhebungsstufen. Aufbauend auf einer Vorstudie mittels schriftlicher Befragung wurde eine vertiefende mündliche Befragung durchgeführt und durch Recherche bestehender Daten und Dokumentenanalyse ergänzt. Die schriftliche Befragung hatte zum Ziel die Energieholznutzung bzw. die Wertschöpfungsketten u.a. hinsichtlich folgender Merkmale zu charakterisieren: Nutzungsintensität, Betriebsgrößenklasse, Energieholzsorten, Eigenbedarf, Eigenvermarktung, Fremdvermarktung, Veredelungsgrad und Verkaufsradius. Die Auswahl der kleineren Interview-Stichprobe basierte auf den hiernach identifizierten Energieholznutzertypen.

Für die erste Erhebungsstufe wurde ein zweiseitiger Fragebogen erstellt, welcher bei Versammlungen der Forstbetriebsgemeinschaften (FBG) und Privatwaldtagen der Forstbehörden sowie durch die zuständigen Revierleiter verteilt wurde (vgl. Anhang 7). Bei 8 von 11 FBG-Versammlungen in MR Silikat wurden insgesamt 91 auswertbare Fragebögen eingesammelt (Rücklaufquote ca. 25-50 % bezogen auf die Anzahl der Versammlungsteilnehmer). Die in MR Keuper über zwei existierende Forstbetriebsgemeinschaften erfolgte elektronische Verteilung, ergab nur einen Rücklauf von zwei auswertbaren Fragebögen. In MR Kalk waren keine Waldbesitzer in Forstbetriebsgemeinschaften organisiert. Weitere 18 Waldbesitzer nahmen an der Befragung im Rahmen eines Privatwaldtages in MR Silikat teil. In den Modellregionen Kalk und Keuper fanden im Befragungszeitraum keine Privatwaldtage statt. Außerdem konnten unterstützt durch die zuständigen Revierleiter 39 Fragebögen in MR Silikat, 80 in MR Kalk und 22 in MR Keuper im Rahmen der Privatwaldbetreuung beantwortet werden.

Da die Teilnahme an FBG-Versammlungen, Privatwaldtage oder die Inanspruchnahme der Privatwaldbetreuung in der Regel ein Interesse an der Forstwirtschaft bzw. am eigenen Wald voraussetzte, waren nicht interessierte bzw. nicht organisierte Privatwaldbesitzer in der Befragung nicht repräsentiert. Aus diesem Grund wurde die Waldbesitzerbefragung durch eine Nutzungseinschätzung der Revierleiter für ihren Zuständigkeitsbereich ergänzt, die ebenfalls schriftlich durch einen zweiseitigen

Fragebogen erfolgte (vgl. Anhang 7). Neben einer Einschätzung der durchschnittlichen Nutzungsdichte bzw. zur Charakterisierung der Energieholznutzung im Kleinprivatwald wurden die Revierleiter gebeten, eine Annahme für die nicht genutzten Flächenanteile nach Betriebsgrößenklassen zu treffen. Ziel war es, dadurch ein möglichst objektives Ergebnis zur Energieholznutzung im Kleinprivatwald zu erreichen. Die Nutzungseinschätzung wurde als Vollerhebung an alle Revierleiter mit mehr als 50 ha kleinem und mittleren Privatwald in der Modellregion elektronisch versandt. Insgesamt konnten 47 Fragebögen ausgewertet werden, davon 22 in MR Kalk, 9 in MR Keuper und 16 in MR Silikat.

Die standardisierte mündliche Befragung der Privatwaldbesitzer diente der detaillierten Identifizierung von Stoffströmen, der Charakterisierung der Wertschöpfungsstufen sowie der Datenerhebung zu realen Kosten von Maschinen und ggf. Lohnunternehmern im Privatwald (vgl. Kap. 2.1.1.2, 2.1.1.3, 2.1.1.4). Es wurden jeweils 20 Waldbesitzer in den Modellregionen Kalk und Silikat aus der Stichprobe der schriftlichen Befragung nach Energieholznutzertypen ausgewählt (vgl. Kap. 2.1.2). Wegen des geringen Fragebogenrücklaufs der ersten Erhebungsstufe in MR Keuper wurden hier alle Teilnehmer, welche sich für ein Interview bereit erklärten, in die Auswahl aufgenommen. Für die Ermittlung der ökonomischen Effekte (vgl. Kap. 2.1.1.3, 2.1.1.4) wurden Recherchen zu fehlenden erforderlichen Daten durchgeführt. Da innerhalb dieses Forschungsprojektes die Beteiligung des Privatwaldbesitzers an der Energieholzkette im Fokus stand wurden Daten zur Beteiligung von Händlern, Lohnunternehmern, Heizanlagenbetreibern und Mitarbeitern bei Wertschöpfungsketten mit Fremdvermarktung aus dem begleitenden Promotionsvorhaben nach Schmidt (unveröffentlicht) ergänzt.

2.1.1.2 Stoffstromanalyse und Identifizierung von Wertschöpfungsketten

Basierend auf der Stoffstromanalyse sollten die Wertschöpfungsketten von Energieholz in den Modellregionen hinsichtlich der Beteiligung des Privatwaldbesitzers selbst und ggf. anderen Akteuren sowie der Reihenfolge der Wertschöpfungsstufen und des eingesetzten Maschinentyps bzw. Arbeitsverfahrens charakterisiert werden. Es wurden jeweils die Ketten mit den mengenmäßig bedeutsamsten Stoffströmen und den stärksten Merkmalsausprägungen ausgewählt.

Für die im Privatwaldbetrieb eingeschlagene Holzmenge (Festmeter) wurde skizziert, wie sich die Stoffströme auf nachgelagerte Wertschöpfungsstufen verteilen und ob bzw. zu welchen Anteilen das Holz verkauft wurde oder nicht. Die Stoffstromanalyse schloss mit dem Verkauf oder der Eigenbedarfsverwendung des Energieholzes ab. **Abb. 2-1** zeigt die mögliche Beteiligung eines Privatwaldbesitzers an der Wertschöpfungskette Brennholz.

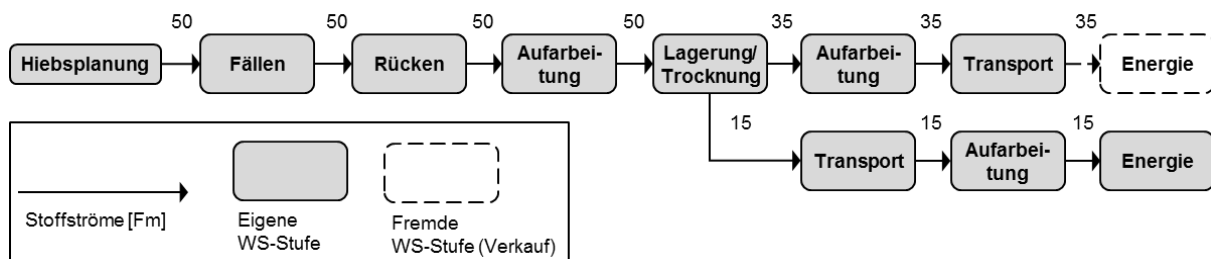


Abb. 2-1: Stoffströme von Brennholz anhand der Beispieltabelle eines Privatwaldbesitzers [WS-Stufe = Wertschöpfungsstufe].

2.1.1.3 Entstehungs- und Verteilungsrechnung

Ziel des Forschungsprojektes war es die ökonomischen Effekte insgesamt sowie den regionalen Mehrwert typischer Energieholzketten je Festmeter o.R. zu ermitteln. Dabei sollte auch die Frage be-

antwortet werden, welche beteiligten Akteure in welchem Umfang hiervon profitierten. Die Wertschöpfungskette wurde hierfür in Teilketten gegliedert. Während bei Eigenbedarfsverwendung des Privatwaldbesitzers die Waldbesitzer-Teilkette der Verbraucher-Teilkette entsprach, folgte auf die Waldbesitzer-Teilkette bei Vermarktung, mindestens eine separate Verbraucher-Teilkette (z. B. bei Freizeit-Selbstwerbung), ggf. auch die Teilketten eines Energieholzhändlers und eines Heizanlagenbetreibers mit Wärmeenergievermarktung. Für die Vermarktungsteilketten wurde analog der methodischen Vorgehensweise in Schmidt et al. (2015b) und Schmidt (unveröffentlicht), verändert nach Haller (1998), eine Entstehungsrechnung durchgeführt und die Nettowertschöpfung (NWS) je Fm o.R. aus dem Umsatzerlös abzüglich Vorleistungen und Abschreibungen ermittelt (vgl. **Abb. 2-2**). Es wurden die Kosten der einzelnen Wertschöpfungsstufen, u. a. für Rohstoff, Betriebsstoffe, Eigenkapital sowie für Abschreibungen einschließlich derer von Lohnunternehmern identifiziert. Kosten, die nicht einer Wertschöpfungsstufe direkt zugeordnet werden konnten, wie beispielsweise ein Schlepper, der für mehrere Wertschöpfungsstufen zum Einsatz kam, wurden als „Gemein“ ausgewiesen. Einige Vorleistungen, wie z. B. bei Wartungsverträgen von Heizanlagen, konnten selbst wesentliche Nettowertschöpfungsanteile beinhalten. Wegen des hohen zusätzlichen Zeitaufwandes der Bewertung wurden diese bei der Wertschöpfungsermittlung jedoch nicht berücksichtigt. Auch induzierte Effekte, die sich aufgrund von Multiplikator-Wirkungen der erzeugten ökonomischen Effekte bildeten, standen nicht im Fokus dieser Arbeit.

Die Verteilungsrechnung sollte schließlich prüfen, zu welchen Anteilen sich die NWS auf die Akteure verteilte (vgl. **Abb. 2-2**). Hier wurde bei Vermarktung die NWS von Waldbesitzer, Händler und Heizanlagenbetreiber sowie ggf. von Mitarbeitern und Lohnunternehmern ermittelt. Außerdem waren Fremdkapitalgeber sowie Staat und Gesellschaft an jeder Teilkette beteiligt. Die Verteilungsrechnung erfolgte nicht nur bei den Vermarktungsteilketten, sondern auch bei den Verbraucherketten bzw. Waldbesitzer-Ketten mit Eigenbedarfsverwendung. Bei Maschinenanschaffungen und Dienstleistungen konnten hier ebenso NWS-Anteile von Fremdkapitalgeber, Staat und Gesellschaft, Lohnunternehmern und Mitarbeiter berechnet werden. Neben der NWS waren außerdem die ökonomischen Effekte bei Verbrauch bzw. Eigenbedarf des Verbrauchers bzw. Waldbesitzers selbst zu beurteilen. Die methodische Vorgehensweise wurde in Kap. 2.1.1.4 beschrieben.

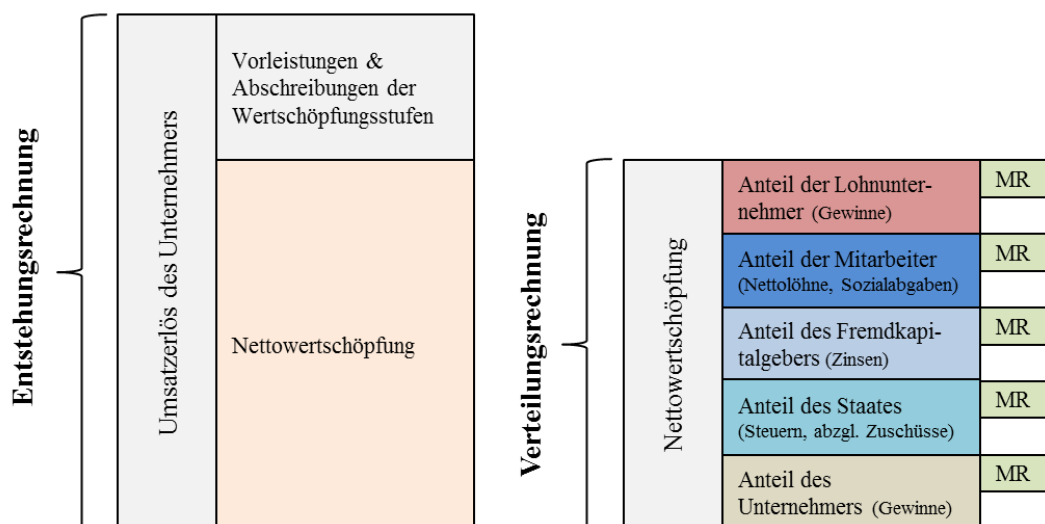


Abb. 2-2: Methodik der Entstehungs- und Verteilungsrechnung für die Teilketten der Energieholznutzung, verändert nach Schmidt et al. (2015b).

Die NWS des Mitarbeiters setzte sich aus Nettolohn sowie Arbeitnehmer- und Arbeitgeberanteil der Sozialabgaben oder den Versorgungsbezügen zusammen (**Abb. 2-3, A**). Der Anteil des Lohnunternehmers sowie des jeweiligen Unternehmers der Vermarktungsteilkette (Waldbesitzer/ Händler/ Heiz-

anlagenbetreiber) war der jeweilige Gewinn nach Steuern. Dieser wurde ausgehend vom Unternehmerlohn bzw. der Nettowertschöpfung der Teilkette ermittelt (Berechnung nach **Abb. 2-3**, B bzw. C). Dem Fremdkapitalgeber-Anteil wurden die Zinsen der Lohnunternehmer, Waldbesitzer, Händler und Heizanlagenbetreiber zugeordnet. Beim Staat verblieben Einkommen-, Kirchen-, Körperschafts-, Gewerbe-, Kfz-, Energie-Steuer und MwSt. sowie der Solidaritätszuschlag, die auf die Löhne und Gewinne der Mitarbeiter und Unternehmer, Umsatz, Anschaffungen etc. erhoben wurden. Investitionszuschüsse wurden abgezogen.

Verteilungsrechnung

AG-Anteil der Sozialabgaben	Arbeitgeberanteil der Sozialabgaben	Anteil der Mitarbeiter
	Arbeitnehmeranteil der Sozialabgaben	
Bruttolohn der Mitarbeiter	Nettolohn	
	Einkommensteuer Kirchensteuer Solidaritätszuschlag	Anteil des Staates

A: Mitarbeiterlohn

Unternehmerlohn	Vorleistungen & Abschreibungen	Anteil des Fremdkapitalgebers
	Bruttolohn der Mitarbeiter	
	Arbeitgeberanteil der Sozialabgaben	
	FK-Zinsen	Anteil des Staates
	Körperschaftssteuer	
	Gewerbesteuer	
	Solidaritätszuschlag	
	Einkommensteuer	
	Kirchensteuer	
Kfz-Steuer	Anteil des Lohnunternehmers	
Energiesteuer		
Gewinn nach Steuern		

B: Unternehmerlohn

Nettowertschöpfung der Unternehmer-Teilkette	Bruttolohn der Mitarbeiter	Anteil des Fremdkapitalgebers
	Arbeitgeberanteil der Sozialabgaben	
	FK-Zinsen des Lohnunternehmers	
	Gewinn vor Steuern d. Lohnunternehmer	Anteil des Staates
	FK-Zinsen des Unternehmers	
	Körperschaftssteuer	
	Gewerbesteuer	
	Solidaritätszuschlag	
	Einkommensteuer	
	Kirchensteuer	Anteil des Lohnunternehmers
Kfz-Steuer		
Ggf. Umsatzsteuer	Anteil des Unternehmers	
Energiesteuer		
Abzgl. Investitionszuschüsse	Anteil des Unternehmers	
Gewinn nach Steuern		

C: Gewinn des Unternehmers der Teilkette (Waldbesitzer, Händler, Heizanlagenbetreiber)

Abb. 2-3: Rechnerische Vorgehensweise der Verteilungsrechnung, verändert nach Schmidt et al. (2015b).

Die Wertschöpfungsermittlung erfolgte nach dem kalkulatorischen Bewertungsprinzip, d. h. neben Rohstoffkosten, Pacht/ Miete, Betriebsstoffkosten und Abschreibungen wurden auch Kapitalbindungs- und Opportunitätskosten der Eigenkapitalverwendung berücksichtigt. Während die kalkulatorischen Kosten der Eigenkapitalbindung als Vorleistungen abgezogen wurden, waren Fremdkapitalzinsen der NWS zuzurechnen.

Wegen der überdurchschnittlich langen Nutzungsdauer von Maschinen im Energieholzbetrieb von Kleinprivatwaldbesitzern, basierte die Abschreibungsermittlung nicht auf der Abschreibungsdauer nach den AfA-Tabellen des Finanzamtes, sondern es wurden Mittelwerte der „maximalen“ Nutzungsdauer der befragten Praxisbetriebe verwendet. Die Nutzungsdauer von Maschinen ähnlichen Typs wurde nivelliert und der Restwert gleich Null gesetzt (vgl. **Tab. 7-1** in Anhang 7).

Da Freizeit-Selbstwerber nicht Zielgruppe der Befragung waren (vgl. Kap. 2.1.1.1), wurde für diese eine analoge Vorgehensweise der Energieholzaufarbeitung zu den Privatwaldbesitzern dargestellt.

Während für Lohnunternehmer, Händler und Heizanlagenbetreiber jeweils der Einsatz von Mitarbeitern angenommen wurde, war dies im kleinen und mittleren Privatwald nicht üblich. Aufgrund des stark variierenden Zeitbedarfs und der häufig eher als „Hobby“ betrachteten Arbeit, berücksichtigten weder die NWS-Ermittlung bei Vermarktung noch die ökonomischen Effekte bei Eigenbedarf (vgl. Kap. 2.1.1.4) den Arbeitszeitbedarf als Kosten. Auch vorausgegangene Bestandespflegemaßnahmen wurden nicht angerechnet. Für die Privatwaldbetriebe wurde grundsätzlich eine Pauschalbesteuerung angenommen.

Die basierend auf Entstehungs- und Verteilungsrechnung ermittelte NWS wurde für die Teilketten bzw. Wertschöpfungsstufen getrennt ausgewiesen und schließlich für die gesamte Kette zusammengefasst. Die ermittelte Nettowertschöpfungsquote der Teilkette(n) gab Aufschluss über den Anteil der Nettowertschöpfung am Umsatzerlös.

Tab. 2-1: Verbleib der ökonomischen Effekte in der Modellregion nach Schmidt (unveröffentlicht).

Akteur	Wertschöpfungsstufe	Verbleib in MR [%]
Mitarbeiter	Hiebsplanung/-organisation/ Holzverkauf	100
	Fällen und Aufarbeitung	100
	Rücken	70
	Transport	50
	Hacken	40
	Trocknung/ Lagerung	50
	Gemein (Waldbesitzer-Teilkette)	100
	Gemein (Händler-Teilkette)	50
Lohnunternehmer	Hiebsplanung/ -organisation/ Holzverkauf	100
	Fällen und Aufarbeitung	70
	Rücken	70
	Transport	50
	Hacken	40
Waldbesitzer		100
Fremdkapitalgeber		50
Händler		50
Heizanlagenbetreiber/ Privathaushalt		100
Staat/ Gesellschaft	Gewerbesteuer	100
	Körperschaftsteuer	0
	Einkommensteuer	15
	Solidaritätszuschlag	0
	Kirchensteuer	0
	Umsatzsteuer	2,1
	Energie- /Stromsteuern	0
	Kfz-Steuer	0

Bestandteil der Verteilungsrechnung war darüber hinaus die Ermittlung des regionalen Mehrwertes. Diese regionale Verteilungsrechnung basierte auf den jeweiligen Anteilen der Akteure an den ökonomischen Effekten. Es wurde angenommen, dass sich der regionale Verbleib der Gewinne von Unternehmern bzw. deren Mitarbeiter am Unternehmenssitz orientierte. Dieser lag bei den Privatwaldbesitzern und Heizanlagenbetreibern bzw. Privathaushalten in der Region (vgl. **Tab. 2-1**). Für Händler, Lohnunternehmer und Mitarbeiter wurden nach weiterführenden Erhebungen von Schmidt (unveröffentlicht) zur Beteiligung dieser Akteure an der Wertschöpfungskette regionale NWS-Anteile in Abhängigkeit von der Wertschöpfungsstufe ermittelt. Für den unbekannt regionalen Verbleib der Fremdkapitalzinsen wurde ein Anteil von 50 % angenommen. Dem regionalen Mehrwert von Staat

und Gesellschaft waren die kommunalen Steueranteile, d. h. 100 % der Gewerbesteuer, 15 % der Einkommensteuer und 2,1 % der Umsatzsteuer, zuzuordnen.

2.1.1.4 Ökonomischer Mehrwert durch Einsparung der Verbraucher

Neben der Nettowertschöpfung aus Entstehungs- und Verteilungsrechnung sollten auch Effekte des Verbrauchers bzw. Waldbesitzers mit Eigenbedarfsverwendung ermittelt werden, welche durch die Wärmeversorgung mit Energieholz im Vergleich zu einem Heizölreferenzsystem entstanden. Auch diese erzielte Einsparung oder Mehrkosten nahmen Einfluss auf die Multiplikator-Wirkung der regionalen Effekte.

Innerhalb einer Vergleichskostenrechnung wurden die durchschnittlichen jährlichen variablen (var) und fixen (fix) Kosten der Holzheizung, ggf. inkl. der Energieholzeigenversorgung des Verbrauchers, ermittelt und den Kosten des Heizölreferenzsystems gegenüber gestellt (vgl. Götze 2014). Bei geringeren Kosten der Holzenergie im Vergleich zur fossilen Energie wurde diese Alternative als vorteilhaft bewertet und die Einsparung ausgewiesen, bei höheren Kosten des Holzenergieversorgungssystems waren Mehrkosten das Ergebnis.

Einsparung, wenn $(K_{\text{fix}} + K_{\text{var}}) > (K_{\text{hfix}} + K_{\text{hvar}})$

Mehrkosten, wenn $(K_{\text{fix}} + K_{\text{var}}) < (K_{\text{hfix}} + K_{\text{hvar}})$

Mit

Kf: Kosten für fossiles Energiesystem (Heizöl)

Kh: Wärmegestehungskosten basierend auf Holz als Energieträger (ggf. Kosten für Heizanlagen- system, Energieholz- oder Wärmeversorgung)

Form. 2-1: Ermittlung von Einsparung bzw. Mehrkosten bei der Energieholznutzung gegenüber einem fossilen Energieversorgungssystem.

Die Datengrundlage der Kleinanlagen bis 50 kW Nennleistung für die Holzfeuerung sowie das Heizölreferenzsystem bildeten die Berechnungsbeispiele nach Hartmann (2013). Es wurden jedoch ggf. Holzrohstoffkosten entsprechend des Vermarktungserlöses der vorgelagerten Kette sowie angepasste Heizöl- und Strompreise verwendet. Die hier dargestellten Kapitalbindungskosten ließen außerdem keine Differenzierung der Zinskosten in Eigenkapital und Fremdkapital bzw. eine Anpassung des Zinssatzes zu. Dieser entsprach jedoch mit 4,5 % etwa dem Durchschnittszinssatz der eigenen ermittelten Basiswerte unter Berücksichtigung eines Eigenkapitalanteils von 30 % bzw. Fremdkapitalanteils von 70 % (vgl. Tab. **Tab. 7-8** in Anhang 7). Allerdings konnten die Fremdkapitalzinsen des Heizanlagenbetriebs in Folge dessen nicht der Nettowertschöpfung angerechnet werden.

2.1.1.5 Bilanzierung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen

Die Ökobilanzierung ist ein anerkanntes Verfahren zur Bewertung ökologischer Effekte entlang von Produktionsketten. Bei einer energetischen Nutzung von Waldholz stellen vor allem die Emissionen von Treibhausgasen und die Emissionen von Luftschadstoffen (Kohlenmonoxid, SO_x, Stäube) wichtige Größen dar. Zentrale Fragen waren:

- Wie unterscheiden sich Wertschöpfungsketten zur Nutzung von Waldenergieholz in Bezug auf die Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen?
- Treten Unterschiede für die Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen entlang der Wertschöpfungsketten im Kleinprivatwald und in den anderen Waldbesitzarten auf?
- Wie unterscheiden sich Wertschöpfungsketten zur Nutzung von Waldenergieholz im Vergleich zu fossilen Referenzsystemen?

Für die Ökobilanzierung wurde in Abstimmung mit der HFR das Ökobilanz-Tool UMBERTO respektive die Datenbank ecoinvent ausgewählt, um die Ökobilanzen durchzuführen. Als Ergänzung, insbesondere für die Auswertung der Heizenergieanlagenutzung wurde das Ökobilanz-Tool GEMIS 4.94 hinzugezogen. Zudem wurden für Prozessschritte in den Wertschöpfungsketten, für die keine spezifischen Datensätze in den genannten Datenbanken verfügbar sind, eigene Datensätze in UMBERTO neu aufgebaut. Als Ergebnis der Ökobilanzierung werden die folgenden Parameter dargestellt: Treibhausgaspotenzial, Kohlenmonoxid, Staub und Versauerungspotenzial.

Die durchgeführten Ökobilanzierungen lehnen sich eng an die Wertschöpfungsketten in Kap. 2.1.3 an. Durch die definierten Wertschöpfungsketten sind die Systemgrenzen klar für den Kleinprivatwald definiert. Die Ergebnisse der Ökobilanzierung beziehen sich auf ein System von der „Wiege bis zur Bahre“, d.h. vom Anbau im Kleinprivatwald bis zur Nutzung in einer definierten Heizanlage. Rohstoffe aus vorgelagerten Produktionssystemen, die als Input für das zu untersuchende Produktsystem verwendet werden, gehen mit Umweltlasten („ökologischer Rucksack“) in die Bilanz ein. Folgende grundsätzliche Annahmen werden getroffen:

- Die räumliche Systemgrenze ist aus der Definition der Wertschöpfungsketten abgeleitet. Dabei bezieht sich der geographische Bezugsraum auf die Modellregionen MR Silikat, MR Keuper, MR Kalk (vgl. Kap. 2.1.1.6).
- Als funktionelle Einheit wird 1 MWh gewählt. Bei der Bewertung der stofflichen Nutzung wurde die funktionelle Einheit von 1 kg herangezogen.
- Ausnahmen bilden der zugrunde liegende Strommix, der auch Importe enthält, sowie die Bereitstellung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen (wie z.B. Diesel).

Durch die Systemdarstellung ergibt sich ein abgeschlossenes System, in dem verschiedene Prozessuntergruppen definiert wurden. Dazu gehören:

- Biomassebereitstellung: Anbau der Holzrohstoffe
- Ver- und Aufarbeitung: Ernten, Fällen und Rücken der Holzrohstoffe
- Transporte: Diese sind in den jeweiligen einzelnen Untergruppen enthalten, z.B. in Form eines Schleppers oder eines Radladers
- Lagerung: Lagerung im Freien
- Trocknung: natürliche Trocknung
- Aufbereitung (Hacken): Hacker bzw. Säge/Spalter
- Energiegewinnung: Heizanlage

Im Hinblick auf diese Bausteine in den Prozessketten wurden analysiert, inwieweit bestehende Datensätze in die im Projekt geplante Ökobilanzierung eingebunden werden können und ob ggf. eine Anpassung der Eingangsdaten in den Datensätzen an die Ergebnisse des AP2 nötig ist. Dies betrifft vor allem Datensätze zum Maschineneinsatz und zu Verbrennungsanlagen. Insbesondere Datensätze zu Anbau und Ernte von Waldholz sind aber zu undifferenziert für die Fragestellungen, die im Rahmen des Projekts beantwortet werden sollen. Daher war es hier nötig, neue Datensätze bzw. Prozessketten in UMBERTO aufzubauen, die die Bedingungen in den Modellregionen widerspiegeln. Hierzu wurden in enger Rückkopplung mit den Arbeiten im AP2 Prozessketten entworfen und ggf. ergänzt. Hierzu wurden die Wertschöpfungskette in einzelne Prozesse zerlegt, die sich nach Inputs (Materialien, Energieeinsatz), Umsetzung (Wirkungsgrad, Effizienz) und Outputs (Produkt, Emissionen) unterscheiden. Die Vorketten wurden immer mit berücksichtigt.

Im Zuge der Bilanzierung stellte sich heraus, dass die Detailtiefe der Prozesse in den drei betrachteten Modellregionen keine signifikanten Unterschiede bis zur Wertschöpfungskettenstufe der Heizungsanlage zeigte. Dies bedeutet, dass die Unterschiede zwischen den Modellregionen sehr gering sind bzw. die Dominanz der Heizanlage sehr deutlich ist. Für die Heizanlagen könnten zudem starke Unterschiede mit dem Alter der Anlagen festgestellt werden, die sich aus der BImSchV (2010)³ ergeben. Um diese Effekte deutlich zu machen, wurde in der Auswertung ein Fokus auf eine Variantenanalyse zu den Heizanlagen gelegt. Insgesamt werden daher drei Prozessketten dargestellt, die die Holzenergienutzung im Kleinprivatwald in den Modellregionen repräsentieren:

- Scheitholznutzung, 50 kW Anlage (Silikat)
- Hackschnitzelnutzung, 1 MW Anlage (Kalk)
- Hackschnitzelnutzung, 50 kW Anlage (Silikat)

Für die vergleichende Darstellung wurde zudem als fossiles Vergleichssystem Raumwärme aus einem fossilen Heizprozess (GEMIS 4.94, Wärme-Heizen-mix-DE-HH/KV-2010) gewählt. Die Allokation von Haupt- und Nebenprodukten erfolgte hier auf Basis des unteren Heizwertes.

Tabelle 3: Prozessketten für die Ökobilanzierung: Scheitholz

	Scheitholz	Hackschnitzel
Baumart	Fichte	Fichte
Fällen	motormanuell	motormanuell
Aufarbeitung	MS-SP-S, Liegend-/Stehenspalter, X Spaltkraft, Kreissäge Anbau	Schlepper ohne Kran/Zange
Transport Rundholz	Schlepper ohne Kran	Schlepper mit Anhänger
Lagerung	im Freien	im Freien, Radladernutzung
Trocknung	natürlich	natürlich
Aufbereitung	Kreissäge	300-450 PS Hacker
Transport SH und HS	Schlepper mit Anhänger	LKW-Zug und Radlader
Heizanlage	50 kW	50kW oder 1 MW

Als Varianten zu den Heizanlagen werden drei Emissionsstufen der Heizanlagen berücksichtigt:

- 2005 (alt): Typische Altanlage aus dem Jahr 2005
- 2010 (mittelalt): Anlage mit Baujahr 2010, die die Anforderungen der BImSchV für das Jahr 2010 erfüllt (Stufe 1).
- 2030 (neu): Anlag mit Baujahr 2030, die die Anforderungen der BImSchV für das Jahr 2015 erfüllt (Stufe 2) und sich zudem durch eine Effizienzsteigerung bei der Energieausbeute auszeichnet.

Als weitere Prozesskette wurde eine stoffliche Nutzung anstelle einer energetischen Nutzung unterstellt. Bei der „stofflichen Nutzung“ dient die Biomasse als Rohstoff für die Produktion von Gütern jeglicher Art (hier: Produktion von Papier- und Zellstoff, Produktion von Holzwerkstoffen), sowie der direkten Verwendung in Produkten. Sie wird damit von der energetischen Nutzung abgegrenzt, bei der die Biomasse allein der Nutzung als Energieträger dient. Darauf auf baut der Begriff der Kaskadennutzung, womit die sequentielle Nutzung von biogenen Rohstoffen für stoffliche und anschließend ener-

³ Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV): http://www.gaa.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16507/2_1_01.pdf

getische Anwendungen bezeichnet wird. Nach Definition des Umweltbundesamtes, ist die Kaskadennutzung eine Strategie, Rohstoffe oder daraus hergestellte Produkte in zeitlich aufeinander folgenden Schritten so lange, so häufig und so effizient wie möglich stofflich zu nutzen und erst am Ende des Produktlebenszyklus energetisch zu verwerten. Dabei werden sogenannte Nutzungskaskaden durchlaufen, die von höheren Wertschöpfungsniveaus in tiefere Niveaus fließen. Hierdurch wird die Rohstoffproduktivität gesteigert (Carus et al. 2014). Im Kleinprivatwald kann davon ausgegangen werden, dass die Rohstoffe überwiegend energetisch genutzt werden. Die Darstellung einer stofflichen Wertschöpfungskette erfolgt hier zum Zwecke des ökobilanziellen Vergleiches.

2.1.1.6 Modellregionen

Zur Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen des abgeschlossenen Forschungsprojektes Wald, Energieholz und Wirtschaft (WEW) der HFR zur Energieholznutzung im öffentlichen Wald und Großprivatwald (vgl. Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Universität Freiburg und Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 2015) sowie mit den Ergebnissen des begleitenden Promotionsvorhaben nach Schmidt (unveröffentlicht) bezogen sich die Untersuchungen dieses Forschungsprojektes auf die gleichen in **Abb. 2-4** dargestellten drei Modellregionen in Baden-Württemberg. Diese wurden gemeinsam mit der Universität Freiburg abgegrenzt. Die Modellregionen lagen in den großen forstlichen Wuchsgebieten Neckarland, Schwarzwald und Schwäbische Alb. Drei Kriterien sollten bei der Auswahl berücksichtigt werden:

- In je einer der Modellregion sollten als Ausgangsgesteine Keuper, Kalk oder Silikat dominieren.
- Möglichst eine der Hauptbaumarten sollte in den Beständen der Modellregionen einen hohen Anteil aufweisen: Fichte, Rotbuche oder Trauben-/Stiel-Eiche.
- Die Modellregion sollte eine zusammenhängende Fläche in der Größe eines Landkreises (ca. 500 – 1.000 km²) umfassen, die die ersten beiden Kriterien erfüllte.

Um die Modellregionen abzugrenzen, wurden Geodaten zum Vorkommen der drei Hauptbaumarten und zum Ausgangsgestein miteinander verschnitten mit dem Ziel, möglichst homogene Verhältnisse für die Waldfläche in den jeweiligen Modellregionen zu erreichen. Die Zusammenstellung der Flächen erfolgte auf Gemeindeebene. Folgende Modellregionen wurden ausgewählt (vgl. **Abb. 2-4**):

Modellregion Schwäbische Alb (MR Kalk)⁴: Wuchsgebiet Schwäbische Alb, kalkhaltiges Ausgangsgestein, Hauptbaumart Rot-Buche (z. T. auch Fichte).

Modellregion Neckarland (MR Keuper)⁵: Wuchsgebiet Neckarland, Keuper als Ausgangsgestein, Hauptbaumarten Trauben-/Stiel-Eiche und Rot-Buche.

Modellregion Schwarzwald (MR Silikat)⁶: Wuchsgebiet Schwarzwald, silikatisches Ausgangsgestein, Hauptbaumart Fichte.

Die Modellregionen Schwäbische Alb (MR Kalk) und Schwarzwald (MR Silikat) erstreckten sich über eine Fläche von ca. 1.000 km², wohingegen die Modellregion Neckarland (MR Keuper) aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten mit knapp 560 km² deutlich kleiner war (vgl. **Tab. 1-1**). Die Anzahl

⁴ Gemeinden MR Kalk: Albstadt (Stadt), Sigmaringen (Stadt), Burladingen (Stadt), Meßstetten (Stadt), Winterlingen, Gammertingen (Stadt), Stetten am kalten Markt, Bitz, Langenenslingen, Inzigkofen, Bingen, Straßberg, Veringenstadt (Stadt), Leibertingen, Neufra, Hettingen (Stadt), Schweningen, Jungingen und Beuron.

⁵ Tübingen (Universitätsstadt), Rottenburg am Neckar (Stadt), Herrenberg (Stadt), Holzgerlingen (Stadt), Gärtringen, Ammerbuch, Weil im Schönbuch, Gäufelden, Ehningen, Bondorf, Dettenhausen, Nufringen, Altdorf, Hildrizhausen, Neustetten und Hirrlingen.

⁶ Titisee-Neustadt (Stadt), Furtwangen im Schwarzwald (Stadt), Todtnau (Stadt), Lenzkirch, Vöhrenbach (Stadt), St. Blasien (Stadt), Buchenbach, Oberried, St. Peter, Höchenschwand, Hinterzarten, Schluchsee, Schönau im Schwarzwald (Stadt), Grafenhausen, Eisenbach (Hochschwarzwald), Bernau im Schwarzwald, Friedenweiler, Todtnoos, Feldberg (Schwarzwald), St. Märgen, Breitnau, Dachsberg (Südschwarzwald), Häusern, Gütenbach und Ibach.

der Gemeinden der Modellregionen betrug in MR Kalk 19 Gemeinden, in MR Keuper 16 Gemeinden und in MR Silikat 25 Gemeinden.

Es handelte sich um ländliche Räume unterschiedlicher Siedlungsdichte. Mit 449 Einw./km² war in MR Keuper die höchste Bevölkerungsdichte anzutreffen, was auch auf die Universitätsstadt Tübingen zurückzuführen war. Allerdings lag auch in den kleineren Gemeinden mit Werten von stets über 200 Einw./km² die Siedlungsdichte höher als in den kleinen Gemeinden der anderen beiden Modellregionen. In MR Kalk betrug die Bevölkerungsdichte insgesamt 127 Einw./km², für kleine Gemeinden meist deutlich weniger als 100 Einw./km². In MR Silikat lag sie mit durchschnittlich 71 Einw./km² sehr niedrig. Selbst die beiden Städte Titisee-Neustadt und Furtwangen im Schwarzwald wiesen nur eine Bevölkerungsdichte von ca. 130 bzw. 111 Einw./km² auf. In allen weiteren Gemeinden lag die Siedlungsdichte unter 100 Einw./km².

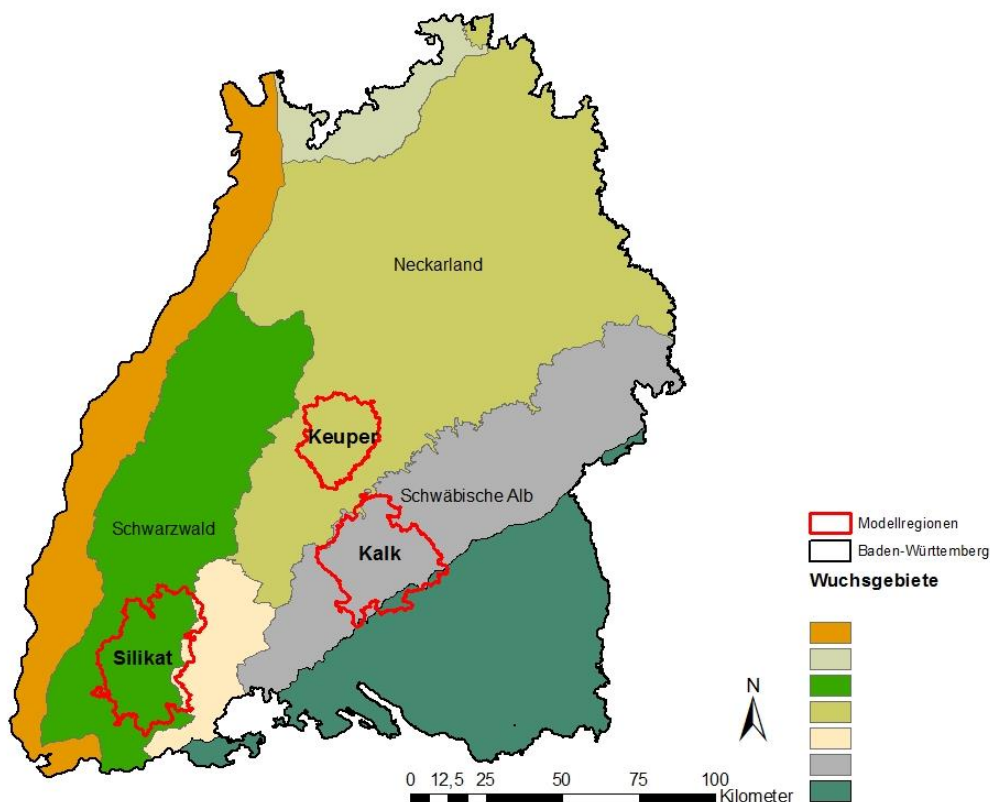


Abb. 2-4: Lage der Modellregionen nach Unseld et al. (2015).

Die potentiell-natürliche Vegetation der MR Kalk sind Buchenwälder. Heute liegt der Waldanteil in der MR Kalk bei etwa 50 %, wobei der Laub- und Nadelholzanteil jeweils etwa 50 % beträgt. Die Rotbuche ist die Hauptbaumart. In der MR Keuper sind als potentiell-natürliche Vegetation Tannemischwälder mit Eiche zu erwarten. Aktuell nimmt der Waldanteil mit 36% die niedrigsten Werte im Vergleich zu den anderen Modellregionen an. Der Laubholzanteil in MR Keuper ist mit 60 % etwas höher als der Nadelholzanteil (40 %). Die Eiche ist eine Hauptbaumart dieser Region. In MR Silikat sind Tannen-Buchen Wälder die potentiell-natürliche Vegetation. Der heutige Waldanteil ist mit 65 % vergleichbar hoch. Sehr charakteristisch sind der hohe Nadelholzanteil von fast 80 % an der Bestockung sowie die Fichte als Hauptbaumart.

Typisch für Baden-Württemberg ist der hohe Körperschaftswaldanteil, welcher in den Modellregionen Kalk und Keuper sogar mehr als 50 % beträgt. In MR Keuper und MR Silikat liegt außerdem mit etwa einem Drittel ein hoher Staatswaldanteil vor. Die Bundeswaldfläche ist sehr gering. Insbesondere in MR Kalk sind mit 19 % ein hoher Anteil in Großprivatwaldbesitz, d. h. Betriebe ≥ 200 ha (insb. Fürs-

tenhäuser). In MR Silikat beträgt dieser Anteil etwa 10 % und ist in MR Keuper zu vernachlässigen. Mittlere Privatwaldbetriebe (≥ 5 und < 200 ha) sind bezogen auf die Fläche insbesondere in MR Silikat mit 31 % vertreten. Während diese in den Modellregionen Kalk und Keuper mit 5 % bzw. 3 % einen geringeren Anteil haben. Hier liegt hingegen der Kleinprivatwald mit einer Betriebsgröße > 5 ha mit 13 % der Waldfläche in MR Kalk und 8 % in MR Keuper höher als in MR Silikat mit 5 %.

Insgesamt betrachtet ist die Privatwaldfläche in der ausgewählten Modellregion Keuper mit 12 % gering, die Auswahl erschien jedoch aufgrund der sehr kleinparzellierten Struktur, die für städtischer geprägte Räume häufig typisch ist, zweckmäßig.

Tab. 2-4: Charakteristika der Modellregionen, verändert nach Unseld et al. (2015).

Modellregion	Kalk	Keuper	Silikat
Naturraum	Schwäbische Alb	Keuper Lias Land/ Neckar Tauber Gäuplatten	Schwarzwald
Geologie	Oberer Jura (kalkhaltig)	Keuper/ Tone	Gneis/ Granit (silikathaltig)
Wuchsgebiet	Schwäbische Alb	Neckarland	Schwarzwald
Fläche [km ²]	992	559	1.066
Bevölkerung [Einwohner]	125.782	250.770	75886
Einwohnerdichte [Einwohner/ km ²]	127	449	71
Gemeinden [Anzahl]	19	16	25
Anteil der Waldfläche [%]	49	36	65
Laubholzanteil an der Waldfläche [%]	51	60	21
Nadelholzanteil an der Waldfläche [%]	49	40	79
charakterisierende Hauptbaumart	Rotbuche	Eiche	Fichte
Potentielle natürliche Vegetation	Buchenwälder	Tannenmischwälder mit Eiche	Tannen-Buchen Wälder
Bundeswald [%]	3	0	0
Staatswald [%]	3	36	28
Körperschaftswald (insb. Kommunalwald) [%]	57	52	26
Großprivatwald (≥ 200 ha) [%]	19	1	10
Mittlerer Privatwald (≥ 5 und < 200 ha) [%]	5	3	31
Kleinprivatwald (< 5 ha) [%]	13	8	5

Quellen: Statistische Landesamt Baden-Württemberg (Basis Zensus 2011, Stand 31.12.2013); Landsat 2010; Zentrale Sachbearbeitungsstelle Forst BW (FOKUS 2000-Abfrage, Stand 15.04.2015).

2.1.1.7 Umrechnungsfaktoren

Die Darstellung der Stoffströme sowie die Wertschöpfungsermittlung in der Einheit Festmeter o. R. erforderten teilweise eine Umrechnung der erhobenen Daten. In Sm³ ermittelte Hackschnitzelmengen sowie in Rm erhobene Scheitholzmengen wurden daher mit den Faktoren 0,4 Fm o.R./Sm³. bzw. 0,7 Fm o.R./ Rm m.R. nach Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V. und Deutscher Holzwirtschaftsrat e.V. (2015) umgerechnet (vgl. **Tab. 2-5**). Die Wahl dieser Umrechnungsfaktoren über alle Baumarten und Qualitäten hinweg schien wegen ihrer praxisüblichen Verwendung im Privatwald sowie im Rahmen der Privatwaldbetreuung durch ForstBW, welche sich im Energieholzkonzept ForstBW auf die Anwendung dieser Faktoren festlegte, vorzuziehen, auch wenn beispielsweise Höldrich (2007) andere bzw. differenzierte Umrechnungsfaktoren für Scheitholz ermittelte.

Tab. 2-5: Umrechnungsfaktoren für Hackschnitzel und Scheitholz nach Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V. und Deutscher Holzwirtschaftsrat e.V. (2015).

	1 Sm³ m.R. Waldhackschnitzel	1 Rm m.R. Scheitholz
Fm o. R.	0,4	0,7

2.1.2 Energieholznutzer im kleinen und mittleren Privatwald

An der schriftlichen Befragung (vgl. Kap. 2.1.1.1) nahmen in MR Silikat 148, in MR Kalk 80 und in MR Keuper 24 Privatwaldbesitzer teil. Der geringe Fragebogenrücklauf in MR Keuper schränkte die Repräsentativität der nachfolgenden Ergebnisse für die Modellregion ein. Bei den Teilnehmern handelte es sich vor allem um Privatpersonen mit nur wenigen Ausnahmen. In MR Silikat waren das zwei Waldgenossenschaften und einen Berechtigtenwald, in MR Kalk eine Grundstücksgemeinschaft und eine Person öffentlichen Rechts, die ständig betreuten Privatwald bewirtschaftete. **Tab. 2-6** stellt die absoluten und relativen Häufigkeiten wesentlicher Eigenschaften der Waldbesitzer dar. Der Fragebogen wurde vorwiegend von Männern beantwortet. Der Anteil der als Waldbesitzer eingetragenen Frauen könnte hingegen höher sein, bei Fragen zur Bewirtschaftung fühlten sich männliche Familienmitglieder jedoch offensichtlich stärker angesprochen. Die meisten Teilnehmer in den Modellregionen Silikat und Keuper waren zwischen 45 und 59 Jahre alt, wobei auch die über 60-jährigen und 30 bis 44-jährigen stark vertreten waren. In MR Kalk dominierte der Anteil der über 60-jährigen bei den Befragten mit 75 %. Der Anteil der Landwirte nahm mit zunehmender Siedlungsdichte der Modellregionen ab. Während etwas mehr als die Hälfte der Befragten in MR Silikat einer haupt- oder nebenberuflichen Tätigkeit in der Landwirtschaft nachging, lag der Anteil in MR Kalk bei 29 % und in MR Keuper bei nur 17 %. Die Waldbesitzer in MR Silikat waren fast ausschließlich Mitglied einer Forstbetriebsgemeinschaft, in MR Kalk existierten hingegen keine forstlichen Zusammenschlüsse. In MR Keuper zeigte sich eine erhöhte Bereitschaft zur Teilnahme an der Befragung von organisierten Mitgliedern zweier Forstbetriebsgemeinschaften, die jedoch nur zwei kleinere Gemeinden im Modellgebiet abdeckten.

Während der Fragebogen-Rücklauf in MR Silikat insbesondere Betriebe ≥ 5 ha umfasste (82 %), besaßen jeweils etwa 80 % der Befragten in den Modellregionen Kalk und Keuper weniger als 5 ha. In MR Keuper nahmen außerdem drei Waldbesitzer mit einer Betriebsgröße ≥ 50 ha teil. Diese Verteilung entsprach etwa der auf die kleine und mittlere Privatwaldfläche bezogenen Bedeutung der Betriebsgrößenklassen in den Modellregionen nach einer Abfrage der Forstinformationssysteme FOKUS 2000 (vgl. **Tab. 2-7**). Allerdings waren innerhalb der Erhebung die kleineren Betriebe von 5-19,9 ha mit 43 % der Teilnehmer deutlich stärker vertreten als in der FOKUS-Abfrage bezogen auf die Waldfläche mit 29 %. Dies war u. a. darauf zurückzuführen, dass diese Betriebsgrößenklasse hinsichtlich ihrer Anzahl stärker vertreten war, als die größeren Betriebe. In MR Kalk hingegen nahmen keine Betriebe >50 ha an der Befragung teil, während diese bezogen auf die Privatwaldfläche jedoch einen Anteil von 8 % hatten. Darüber hinaus waren mit 65 % mehr Privatwaldbesitzer der Betriebsgrößenklasse 1-4,9 ha zuzuordnen als bei der flächenbezogenen FOKUS-Auswertung mit 43 %. Kleinbetriebe <1 ha schienen mit 15 % (vgl. Anteil der Waldfläche von 31 %) unterrepräsentiert, was auch auf das geringere Interesse dieser Betriebe an der Waldnutzung zurückzuführen sein könnte. Die Stichprobenbefragung konnte damit nur bedingt der Betriebsgrößenklassenverteilung in den Modellregionen gerecht werden. Allerdings ist nicht unbedingt von einer direkten Korrelation der Betriebsgrößenklasse und den Waldbesitzerinteressen zur Energieholznutzung auszugehen.

In den Modellregionen Silikat und Kalk dominierte mit wenigen Ausnahmen der Nadelholzanteil an der Waldfläche. Etwa 70 % der Besitzer gaben einen Anteil von > 75 % an. In MR Keuper lag der Nadelholzanteil nur in 14 von 24 Betrieben höher als der Laubholzanteil.

Von den befragten Betrieben, in denen innerhalb der letzten fünf Jahre eine Bewirtschaftung stattfand, nutzten in MR Silikat 70 %, in MR Kalk 61 % und in MR Keuper 79 % Brennholz als einzige Energieholzsorte. Weitere 21 % der Betriebe in MR Silikat, 30 % in MR Kalk und 17 % in MR Keuper ernteten neben Brennholz auch Hackholz. Der Anteil der Waldbesitzer, die ausschließlich Hackholz als Energieholzsorte nutzten, war mit jeweils < 10 % eher gering. Keine Energieholznutzung erfolgte nur in wenigen Ausnahmen.

Tab. 2-6: Charakteristika der befragten kleinen und mittleren Privatwaldbetriebe/ -besitzer in den Modellregionen.

		Kalk (n=80)		Keuper (n=24)		Silikat (n=148)	
		Häufigkeit	Anteil [%]	Häufigkeit	Anteil [%]	Häufigkeit	Anteil [%]
Waldbesitzer	Privatperson	78	98	24	100	145	98
	sonstiges	2	3	0	0	3	2
Geschlecht	männlich	73	91	21	88	138	93
	weiblich	7	9	3	13	7	5
	ohne	0	0	0	0	3	2
Alter [Jahre]	< 30	2	3	1	4	4	3
	30 - 44	4	5	3	13	33	22
	45 - 59	14	18	13	54	65	44
	≥ 60	60	75	7	29	43	29
	ohne	0	0	0	0	3	2
Landwirt	Ja	23	29	4	17	82	55
	Nein	57	71	20	83	66	44
Forstlicher Zusammenschluss	Ja	0	0	11	46	142	96
	Nein	80	100	13	54	6	4
Betriebsgrößenklasse [ha]	< 1	12	15	13	54	3	2
	1 - 4,9	52	65	7	29	23	16
	5 - 19,9	15	19	1	4	64	43
	20 - 49,9	1	1	0	0	39	26
	50 - 199,9	0	0	3	13	19	13
Nadelholzanteil an der Waldfläche [%]	0 - 25	2	3	4	17	3	2
	25,1 - 50	4	5	6	25	11	7
	50,1 - 75	14	18	4	17	30	20
	75,1 - 100	60	75	10	42	104	70
Energieholzbetrieb	Brennholz	49	61	19	79	104	70
	Hackholz	3	4	1	4	12	8
	beide Sorten	24	30	4	17	31	21
	kein Energieholz	4	5	0	0	1	1

Tab. 2-7: Auf die Waldfläche bezogene Anteile der Betriebsgrößenklassen im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen; Ergebnis der FOKUS-Abfrage nach der Zentralen Sachbearbeitungsstelle Forst BW für die Gesamtfläche (Stand: 15.4.2015).

		Kalk Anteil [%]	Keuper Anteil [%]	Silikat Anteil [%]
Betriebsgrößenklasse [ha]	< 1	31	55	2
	1 - 4,9	43	15	12
	5 - 19,9	15	3	29
	20 - 49,9	3	1	34
	50 - 199,9	8	26	22

Bezogen auf die gesamte Holznutzung der befragten Waldbesitzer lag der Anteil der energetischen Verwendung in den Modellregionen Kalk und Keuper bei etwa einem Drittel und in MR Silikat bei

einem Viertel (vgl. **Abb. 2-5**). Dabei hatte Brennholz mit 26 %, 35 % bzw. 17 % den größeren Anteil. Hackholz wurde jeweils nur in geringem Umfang von < 10 % genutzt.

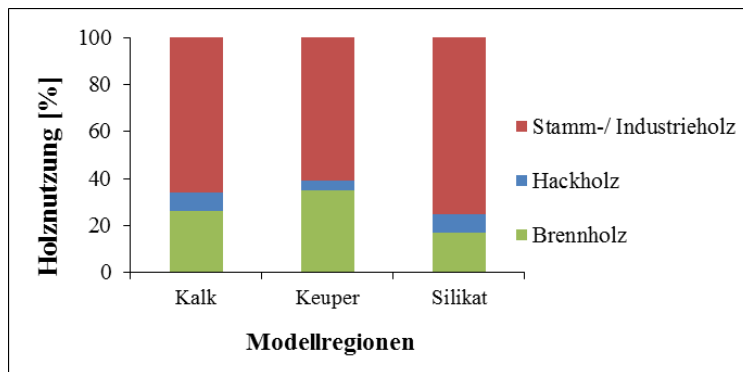


Abb. 2-5: Anteile von Brennholz, Hackholz und Stamm-/ Industrieholz an der Holznutzung im Privatwald der Modellregionen.

Als verschiedene Verwendungszwecke der Energieholznutzung kamen Eigenbedarf, Eigenvermarktung oder Fremdvermarktung in Frage, wobei die Vermarktung je nach Veredelungsgrad in unterschiedlichem Produktzustand bzw. an unterschiedlichen Orten erfolgte. Sowohl die Vermarktung in Selbstwerbung von stehendem Holz, als auch von Rundholz und Scheitholz frei Waldstraße, ab Hof oder frei Haus war möglich. **Abb. 2-6** bis **Abb. 2-11** stellen die mengenbezogenen Verwendungszwecke der Brennholz- und Hackholznutzung in den Modellregionen dar.

In den Modellregionen Silikat und Kalk nutzten die 148 bzw. 80 befragten Waldbesitzer insgesamt etwa drei Viertel des Brennholzes für den Eigenbedarf (vgl. **Abb. 2-6**, **Abb. 2-8**). Der Eigenvermarktungsanteil lag bei 16 % in MR Silikat bzw. 23 % in MR Kalk, wobei das Holz am häufigsten als Scheitholz entweder am Waldweg, ab Hof oder frei Haus verkauft wurde. Ein befragter Waldbesitzer der MR Kalk gab unter „Sonstiges“ den Zustand „ofenfertig“ an. Die Eigenvermarktung des Brennholzes an Selbstwerber sowie von Rundholz spielte eine untergeordnete Rolle. 8 % bzw. 6 % vermarkteten die Waldbesitzer über Dritte, insbesondere die Untere Forstbehörde. Die untersuchte Stichprobenmenge in MR Keuper wurde wegen der starken Repräsentanz größerer Privatwaldbetriebe zu 92 % vermarktet (vgl. **Abb. 2-7**). 31 % verkauften die Waldbesitzer selbst als Rundholz am Waldweg, 61 % des Brennholzes wurden durch die Untere Forstbehörde verkauft.

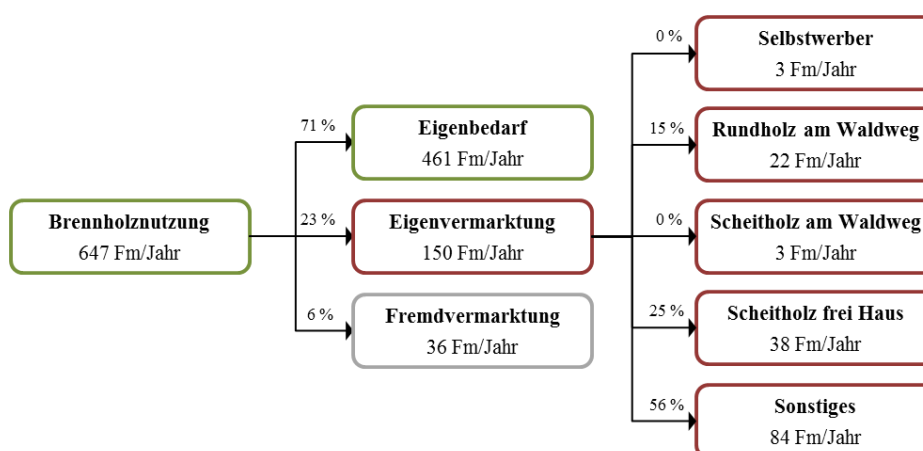


Abb. 2-6: Verwendung der Brennholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Kalk.

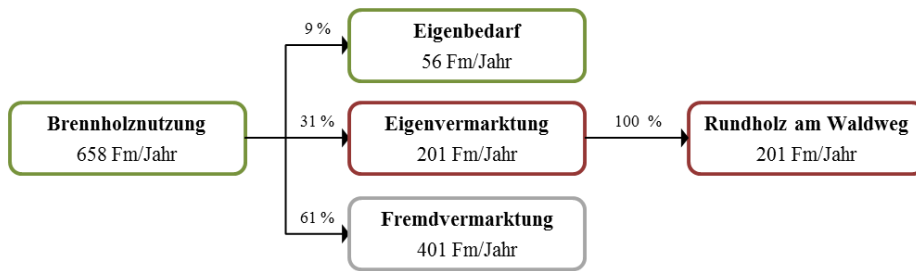


Abb. 2-7: Verwendung der Brennholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Keuper.

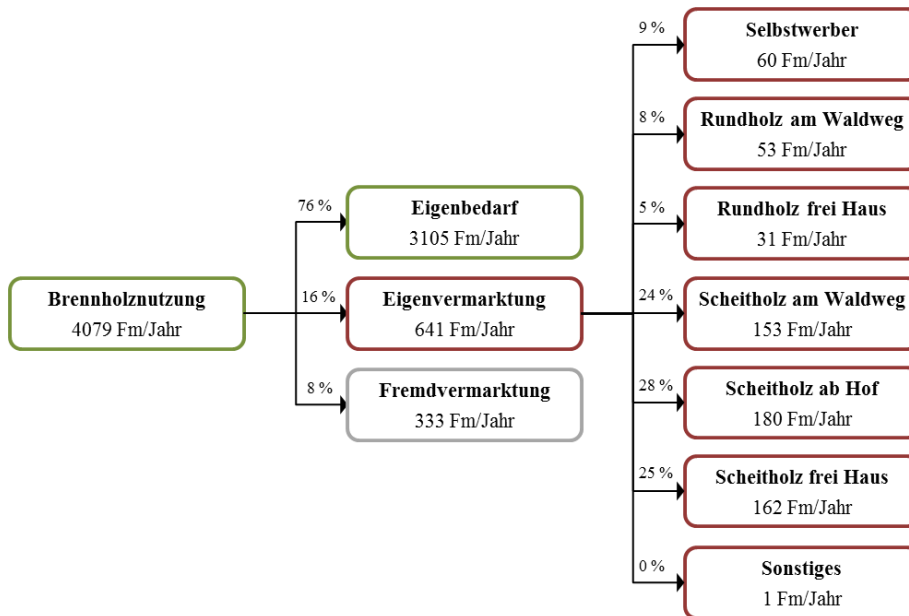


Abb. 2-8: Verwendung der Brennholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Silikat.

Das Hackholz wurde in MR Kalk ausschließlich fremdvermarktet (vgl. **Abb. 2-9**). Bei der kleinen Stichprobe in MR Keuper lag der Eigenbedarfsanteil mit 77 % vor dem Fremdvermarktungsanteil mit 23 % (vgl. **Abb. 2-10**).

In MR Silikat überwog mit 81 % die Eigenbedarfsverwendung des Hackholzes (vgl. **Abb. 2-11**). Der Eigenvermarktungsanteil –hier zumeist Rohholz - lag mit 3 % sehr niedrig. 16 % ließen die Waldbesitzer der MR Silikat über Dritte vermarkten.

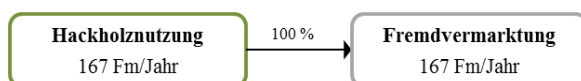


Abb. 2-9: Verwendung der Hackholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Kalk.

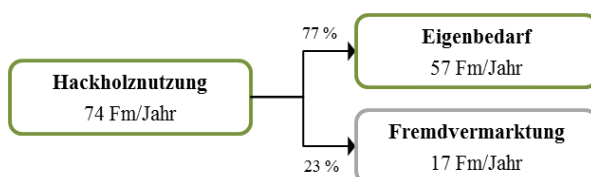


Abb. 2-10: Verwendung der Hackholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Keuper.

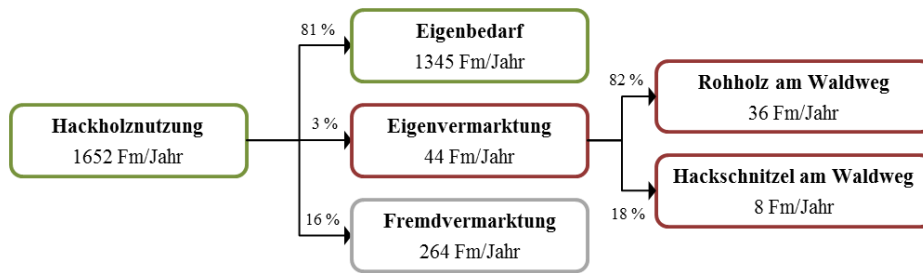


Abb. 2-11: Verwendung der Hackholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Silikat.

Ergänzend zur Privatwaldbesitzerbefragung erfolgte eine Einschätzung der Revierleiter zu den Anteilen von Brennholz, Hackholz und Stamm-/ Industrieholz an der Gesamtnutzung sowie zur Verwendung der Energieholzsorten (vgl. Kap. 2.1.1.1).

Die ermittelten Energieholzsortenanteile in den Modellregionen Kalk und Silikat deckten sich mit den Ergebnissen der Waldbesitzerbefragung (vgl. **Tab. 2-8**). So lag der Brennholzanteil in MR Kalk bei etwa 25–30 % und in MR Silikat bei etwa 12-17 %. Mit drei Ausnahmen schätzten die Revierleiter der MR Kalk diesen Anteil ≤ 40 % und mit einer Ausnahme den Anteil in MR Silikat mit ≤ 25 % ein (vgl. **Abb. 2-12**). Es wurde jeweils < 10 % der Gesamtnutzung in beiden Modellregionen als Hackholz verwendet (vgl. **Tab. 2-8**). Damit betrug der Anteil der stofflichen Nutzung, d. h. von Stamm- und Industrieholz, in MR Kalk mit 65-70 % weniger als in MR Silikat mit 75–80 %. In MR Silikat schätzten mit zwei Ausnahmen alle Revierleiter diesen Anteil auf mindestens 70 % (vgl. **Abb. 2-12**). Beim Vergleich des Verwendungszweckes von Brennholz ergab die Revierleiter-Befragung in MR Silikat ebenfalls eine ähnliche Verteilung wie die Waldbesitzerbefragung. Der Eigenbedarfsanteil lag bei 68-76 %, während 13-16 % von den Waldbesitzern selbst und 5-18 % durch Dritte, d. h. in der Regel die Untere Forstbehörde, vermarktet wurden (vgl. **Tab. 2-8**). Der Eigenbedarfsanteil von Hackholz schien von den Revierleitern der MR Silikat mit 10-33 % im Vergleich zur Waldbesitzer-Befragung mit 81 % unterschätzt worden zu sein. Allerdings zeigte **Abb. 2-14** für das 3. und 4. Quartil der Revierleitbefragung eine sehr differente Ausprägung des Eigenbedarfsanteils von Hackholz, welches in einigen Revieren bis zu 100 % betrug. Nach der Gesamtmengen bezogenen Auswertung der Waldbesitzer-Befragung wurden nur 16 % fremdvermarktet, während dieser Anteil nach Einschätzung der Revierleiter mehrheitlich > 50 % lag. Die Eigenvermarktung von Hackholz spielte eine unbedeutende Rolle.

In MR Kalk wurde ausgehend von der Waldbesitzerbefragung 71 % des Brennholzes zur eigenen Verwendung genutzt. Es war jedoch anzunehmen, dass der tatsächliche durchschnittliche Eigenbedarf der Waldbesitzer etwas höher lag, da das zu 23 % selbst vermarktete Brennholz der untersuchten Stichprobenmenge ausschließlich auf einen von 80 befragten Waldbesitzer zurückzuführen war. Diese Annahme wurde gestützt durch die Revierleiter-Befragung, die einen mittleren Eigenbedarfsanteil von 81-90 % ergab (vgl. **Tab. 2-8**). Die Fremd- und Eigenvermarktung von Brennholz nahm eine untergeordnete Rolle ein. Der Anteil des fremd vermarkteten Hackholzes lag bei > 80 %. Während bei der Stichprobenauswahl der Waldbesitzer keiner Hackholz für den eigenen Bedarf nutzte, schätzten einige Revierleiter diesen Anteil höher ein (vgl. **Abb. 2-14**).

Ein Ergebnisvergleich der Waldbesitzer- und Revierleiter-Befragung der MR Keuper zeigte große Unterschiede und war wahrscheinlich auf die nicht repräsentative Waldbesitzer-Befragung bei zu kleinem Stichprobenumfang zurückzuführen. Die Hälfte der Revierleiter schätzten den Anteil von Brennholz an der Gesamtnutzung mit mindestens 60 % ein (vgl. **Abb. 2-12**). Eine Hackholznutzung fand eher in geringem Umfang statt, das Holz wurde dann aber überwiegend für den eigenen Bedarf verwendet (vgl. **Abb. 2-12, Abb. 2-14**). Die Hälfte der Revierleiter gab demzufolge an, dass das geerntete Holz nur zu einem Anteil von bis zu 40 % stofflich verwendet wurde. Die Brennholznutzung erfolgte nach Einschätzung der Revierleiter zum weitaus größten Teil für den Eigenbedarf. Drei Viertel der

Revierleiter gab einen Anteil von > 80 % an (vgl. **Abb. 2-13.**). Ein geringer Anteil von 5-14 % bzw. 1-12 % wurde nach Beobachtung der Revierleiter eigen- bzw. fremdvermarktet.

Tab. 2-8: Ergebnisvergleich der Revierleiter-Befragung (RL) und der Waldbesitzer-Befragung (WB) zum Brennholz-, Hackholz- und Stamm-/ Industrieholzanteil an der Gesamtnutzung und den Anteilen von Eigenbedarf, Eigenvermarktung und Fremdvermarktung an der Brennholz bzw. Hackholznutzung in den Modellregionen.

		Anteil an der Gesamtnutzung... [%]			Anteil an der Brennholznutzung... [%]			Anteil an der Hackholznutzung... [%]		
		Brennholz	Hackholz	Stamm-/ Industrieholz	Eigenbedarf	Eigenvermarktung	Fremdvermarktung	Eigenbedarf	Eigenvermarktung	Fremdvermarktung
Kalk	Mittelwert (RL)	29	6	65	81	8	11	13	4	83
	Median (RL)	25	5	70	90	5	7	0	0	98
	Mengenbezogen (WB)	26	8	66	71	23	6	0	0	100
Keuper	Mittelwert (RL)	62	6	32	84	14	12	59	18	42
	Median (RL)	60	1	40	95	5	1	95	0	10
	Mengenbezogen (WB)	35	4	61	9	31	61	77	0	23
Silikat	Mittelwert (RL)	16	8	76	68	15	18	33	8	59
	Median (RL)	12	5	80	75	13	5	10	8	80
	Mengenbezogen (WB)	17	8	75	76	16	8	61	3	16

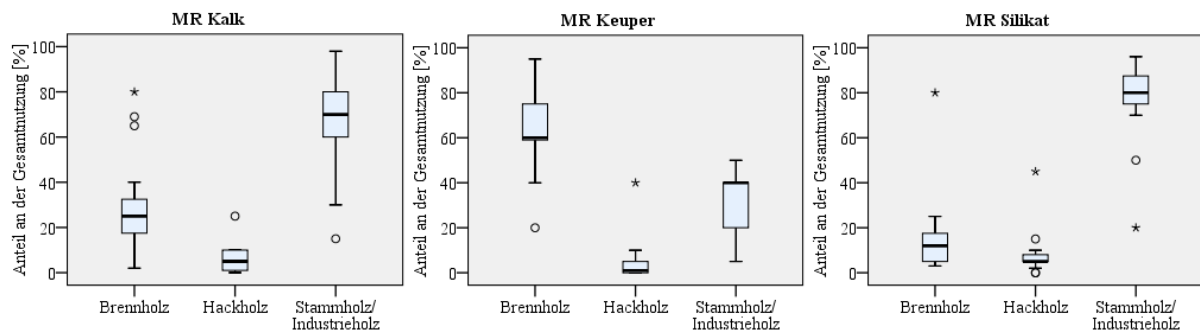


Abb. 2-12: Einschätzung der Revierleiter zu den Anteilen von Brennholz, Hackholz und Industrie-/ Stammholz an der Gesamtnutzung in den Modellregionen.

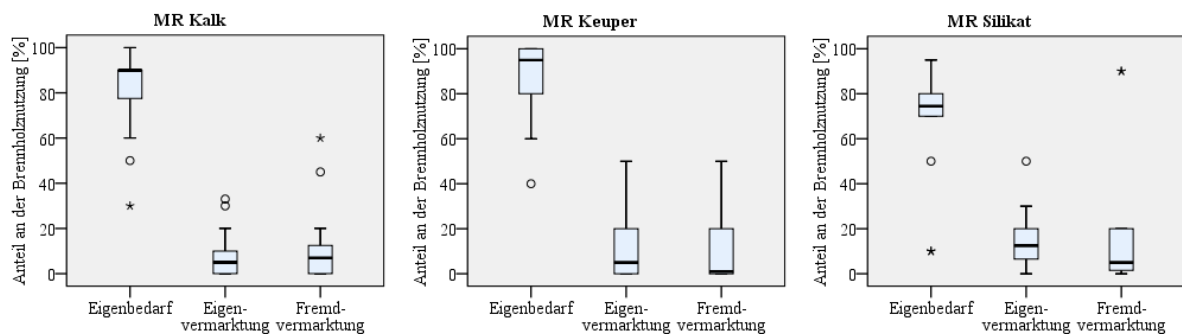


Abb. 2-13: Einschätzung der Revierleiter zu den Anteilen von Eigenbedarf, Eigen- und Fremdvermarktung an der Brennholznutzung in den Modellregionen.

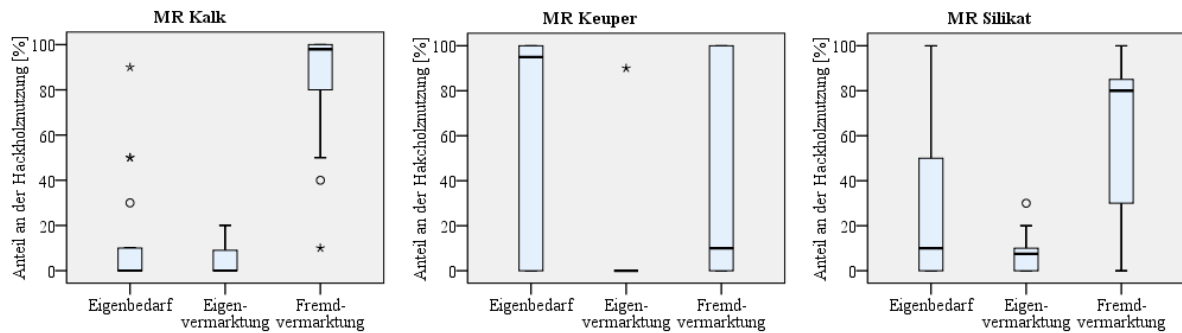


Abb. 2-14: Einschätzung der Revierleiter zu den Anteilen von Eigenbedarf, Eigen- und Fremdvermarktung an der Hackholznutzung in den Modellregionen.

Bei dem überwiegend für den Eigenbedarf verwendeten Brennholz blieb der Waldbesitzer, mit Ausnahme von ggf. Dienstleistern, der einzige Akteur dieser Wertschöpfungsketten. Die Eigenvermarktung von Brennholz in den Modellregionen Kalk und Silikat erfolgte (fast) ausschließlich an private Haushalte (vgl. **Tab. 2-9**).

In MR Silikat war der Privatwaldbesitzer bei der Eigenbedarfsverwendung von Hackholz neben ggf. Dienstleistern ebenfalls der einzige Akteur dieser Kette. Das in sehr geringem Umfang selbst vermarktete Holz wurde zu 43 % an sonstige Heizanlagenbetreiber, 33 % an Händler und 23 % an Privathaushalte vermarktet.

Zu den Kunden des fremdvermarkteten Brennholzes und Hackholzes konnten die Waldbesitzer keine Auskunft geben. Für die Charakterisierung der typischen Ketten und Varianten wurde in diesem Fall angenommen, dass die Vermarktung durch Dritte - insbesondere die Untere Forstbehörde - analog zum öffentlichen Wald erfolgte. Untersuchungen hierzu erfolgten im Rahmen der Dissertation nach Schmidt (unveröffentlicht).

Tab. 2-9: Kunden der Eigenvermarktung von Brennholz und Hackholz im kleinen und mittleren Privatwald.

Kunden bei Eigenvermarktung	Brennholz		Hackholz
	Kalk (n=14): Anteil der Kunden [%]	Silikat (n=40): Anteil der Kunden [%]	Silikat (n=6): Anteil der Kunden [%]
Privathaushalte	100	99	23
sonstige Heizanlagenbetreiber	0	0	43
Händler	0	0	33
sonstige	0	0	0
Gesamt	100	100	100

Bei Eigenbedarf des Brennholzes war von einer regionalen Verwendung des Holzes auszugehen. In MR Kalk lag dieser Anteil bei etwa drei Viertel der geernteten Menge. Weitere 7 % wurden im direkten Umkreis vermarktet, sodass für 78 % des Brennholzes ein Verbleib im Radius von <25 km ermittelt wurde (vgl. **Tab. 2-10**). Wie aus der Analyse der Energieholznutzertypen hervorging spielte die Eigenvermarktung von Brennholz zwar bezogen auf die Anzahl der Betriebe keine bedeutende Rolle, mengenmäßig fiel jedoch ein Waldbesitzer (Person öffentlichen Rechtes) ins Gewicht, der 16 % des Brennholzes im Umkreis von < 50 km vermarktete. Zum Verbleib des fremdvermarkteten Holzes konnten die Waldbesitzer grundsätzlich keine Angabe machen.

Der Eigenbedarfsanteil in MR Silikat lag ebenfalls bei etwa drei Viertel, weitere 13 % wurden in direktem Umkreis durch den Waldbesitzer vermarktet, sodass 89 % im Radius <25 km verwendet wurden. Nur 3 % wurden in einem erweiterten Umkreis von < 50 km verkauft und der regionale Verbleib des zu 8 % fremdvermarkteten Brennholzes konnte nicht ermittelt werden. Die Befragung ließ auf

einen stark regional geprägten Stoffkreislauf von Brennholz aus dem kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen schließen.

Für das über Dritte vermarktete Hackholz in MR Kalk konnten keine Angaben zum regionalen Verbleib gemacht werden. In MR Silikat lag der Anteil der regionalen Eigenbedarfsverwendung sowie der Eigenvermarktung im Radius <25 km bei 84 % und 16 % des Verbleibs waren nicht zu ermitteln.

Die Stichprobenmenge in MR Keuper war sehr gering und eine Repräsentativität der untersuchten Stoffströme kann nicht angenommen werden. Für die ermittelte Eigenbedarfsverwendung der befragten Waldbesitzer von Brennholz i. H. v. 9 % und Hackholz i. H. v. 77 % kann ein regionaler Verbleib angenommen werden. Zum selbstvermarkteten Brennholz sowie zum insgesamt fremdvermarkteten Energieholz konnten keine Angaben gemacht werden.

Tab. 2-10: Regionaler Verbleib von Brennholz und Hackholz in den Modellregionen.

Verbleib im Umkreis ...	Brennholz			Hackholz		
	Kalk (n=80): Anteil [%]	Keuper (n=24): Anteil [%]	Silikat (n=148): Anteil [%]	Kalk (n=80): Anteil [%]	Keuper (n=24): Anteil [%]	Silikat (n=148): Anteil [%]
< 25 km	78	9	89	0	77	84
< 50 km	16	0	3	0	0	0
unbekannt	6	91	8	100	23	16
Gesamt	100	100	100	100	100	100

Tab. 2-11: Anteile der Baumartengruppen an der Brennholz- und Hackholznutzung in den Modellregionen.

Baumartengruppen	Brennholzanteil [%]			Hackholzanteil [%]		
	Kalk	Keuper	Silikat	Kalk	Keuper	Silikat
Nadelholz	56,4	14,0	69,7	70,6	30,5	81,9
Buche, Eiche	31,0	75,6	23,7	15,7	55,4	9,7
sonstige Hartlaubhölzer	11,7	6,7	4,9	13,1	0,0	4,2
Weichlaubhölzer, Pioniere	0,9	3,7	1,7	0,5	14,1	4,1

Entsprechend des sehr hohen Anteils von Nadelholz an der Privatwaldfläche in den Modellregionen Kalk und Silikat (vgl. **Tab. 2-6**), zeigte sich ein hoher Nadelholzanteil an der Energieholznutzung. Dieser betrug bei Brennholz etwa 55-70 %, während er für Hackholz, wahrscheinlich bedingt durch die Kronenrestholznutzung, mit etwa 70-80 % noch höher lag. In MR Keuper dominierte hingegen der Laubholzanteil, insbesondere der Baumartengruppe Buche und Eiche, bei der Brennholz- und Hackholznutzung. Dort wurde zum einen ein höherer Laubholzanteil an der Waldfläche im Vergleich zu den anderen Modellregionen festgestellt. Zum anderen ging die Nadelholznutzung im Privatwald, bedingt durch die großen Sturmereignisse Vivian und Wiebke, zurück. In den kleinen Privatwaldbetrieben wurde Laubholz in der Regel wegen des hohen Heizwertes, geringen Mengen, schlechten Qualitäten aufgrund hoher Pflegerückstände und einem geringen zu erwartenden Erlös ausschließlich als Brennholz verwendet.

Tab. 2-12: Durchschnittliche Nutzungsintensität der Stichprobenfläche von Brennholz, Hackholz und Energieholz insgesamt im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

			Waldfläche [ha]	Brennholz [Fm/ha/Jahr]	Hackholz [Fm/ha/Jahr]	Energieholz [Fm/ha/Jahr]
Betriebs- größen- klasse [ha]	Kalk	< 1	8	4,3	2,0	6,3
		1 - 4,9	123	3,0	0,7	3,6
		5 - 19,9	129	1,3	0,3	1,6
		20 - 49,9	49	2,2	1,4	3,6
	Keuper	< 1	7	5,4	0,4	5,8
		1 - 4,9	11	2,0	0,1	2,1
		5 - 19,9	7	0,0	3,0	3,0
		50 - 199,9	351	1,7	0,1	1,9
	Silikat	< 1	2	3,6	0,0	3,6
		1 - 4,9	68	3,6	0,1	3,7
		5 - 19,9	701	2,1	0,5	2,5
		20 - 49,9	1.237	0,9	0,8	1,6
		50 - 199,9	1.572	0,8	0,4	1,2
	Modellregionen	Kalk	309	2,2	0,7	2,9
		Keuper	376	1,8	0,2	2,0
Silikat		3.579	1,1	0,5	1,6	

Tab. 2-12 stellt die durchschnittlichen Nutzungsintensitäten der Energieholzsorten Brennholz und Hackholz im kleinen und mittleren Privatwald differenziert nach den Betriebsgrößenklassen sowie insgesamt dar. Es zeigte sich bei kleineren Betrieben mit eher 3-5 Fm/ha/Jahr eine höhere Nutzungsintensität von Brennholz, weil bei gleich bleibendem Energieholzeigenbedarf der Brennholzanteil bei kleinerer Betriebsfläche stieg. Die ermittelte Nutzungsintensität von Brennholz lag bei Betrieben <1 ha und 1-4,9 ha in MR Kalk i. H. v. 4,3 Fm/ha/Jahr bzw. 3,0 Fm/ha/Jahr. In MR Keuper, allerdings mit geringer Stichprobenzahl, betrug sie 5,4 Fm/ha/Jahr und 2,0 Fm/ha/Jahr und in MR Silikat jeweils 3,6 Fm/ha/Jahr. Die größeren Privatwaldbetriebe schienen eher 1-2 Fm/ha/Jahr Brennholz zu nutzen. Insgesamt betrachtet war die Brennholz-Nutzungsintensität in MR Kalk mit 2,2 Fm/ha/Jahr deutlich höher als in MR Silikat mit 1,1 Fm/ha/Jahr, was auf die dort deutlich höheren Anteile der größeren Betriebe an der Stichprobenfläche zurückzuführen war. Auch in MR Keuper lag der Anteil der Stichprobenfläche von Betrieben mit 50-199,9 ha am höchsten, entsprechend niedrig war hier – trotz hohen Laubholzanteils an der Nutzung (vgl. **Tab. 2-11**) – die durchschnittliche Brennholz-Nutzungsintensität von 1,8 Fm/ha/Jahr. Bei der Nutzungsintensität von Hackholz konnte kein Zusammenhang zur Betriebsgrößenklasse festgestellt werden. Diese lag überwiegend < 1 Fm/ha/Jahr. Höhere Nutzungsintensitäten schienen eher durch starke Nutzungen in einzelnen Betrieben bzw. durch verhältnismäßig kleinere Stichprobenflächen bedingt.

Unter Berücksichtigung des Energieholzanteils an der Gesamtnutzung in **Abb. 2-5** von etwa einem Drittel in den Modellregionen Kalk und Keuper sowie von etwa einem Viertel in MR Silikat, konnte bei einer Energieholznutzungsintensität von 2,9 Fm/ha/Jahr, 2,0 Fm/ha/Jahr bzw. 1,6 Fm/ha/Jahr eine durchschnittliche Gesamtnutzung in den befragten Privatwaldbetrieben von 6-9 Fm/ha/Jahr geschätzt werden. Die Inventuren nach Unseld (2017a) im Teilvorhaben „Nutzungsintensitäten und -strategien“ wiesen für die letzten 30-40 Jahre ebenfalls auf einen Gesamteinschlag von 6-8 Fm/ha/Jahr hin, während er im Zeitraum der letzten 10 Jahre mit 2-10 Fm/ha/Jahr stärker variierte.

Die schriftliche Befragung der privaten Waldbesitzer ließ jedoch nur Aussagen über die Energieholznutzung interessierter Waldbesitzer zu. Nicht genutzte Privatwaldflächen, die im Fokus der Diskussion um die Holzmobilisierung stehen, konnten bei der Ermittlung der Nutzungsintensitäten nicht berücksichtig-

sichtigt werden. Um einen möglichst umfassenden Eindruck der Energieholznutzung zu erhalten, wurden daher Revierleiter, die mehr als 50 ha Privatwaldfläche in den Modellregionen betreuten, aufgefordert eine Nutzungseinschätzung für dieses Gebiet zu geben. 9 Revierleiter der MR Keuper, 16 Revierleiter der MR Silikat und 23 Revierleiter der MR Kalk nahmen an der schriftlichen Revierleiterbefragung teil.

Abb. 2-15 zeigt differenziert nach Betriebsgrößenklassen für die Modellregionen die jeweilige Anzahl der Reviere, in denen in den letzten 10 Jahren $\leq 25\%$, $25,1-50\%$, $50,1-75\%$ sowie $>75\%$ der Privatwaldfläche nicht genutzt wurde. Wie zu erwarten, wurde der Anteil der nicht genutzten Fläche in der kleinsten Betriebsgrößenklasse am höchsten eingeschätzt. In MR Keuper gaben vier von neun Revierleitern an, dass bei Betrieben <1 ha mehr als 75% der Waldfläche ungenutzt bliebe. Weitere 3 Revierleiter schätzten den Anteil mit $50,1-75\%$ ein. In MR Silikat teilten hingegen nur zwei von 16 Revierleitern mit, dass mehr als die Hälfte der Fläche nicht genutzt würde, in MR Kalk waren es sechs von 23. Ab einer Betriebsgröße von >5 ha schien der Anteil der nicht genutzten Fläche stark zurückzugehen, so schätzten die Revierleiter die Fläche mit wenigen Ausnahmen unter 25% ein. Innerhalb der Betriebsgrößenklasse $1-4,9$ ha lag der Anteil der ungenutzten Fläche nach Einschätzung von 5 Revierleitern in MR Keuper, 4 in MR Silikat und 6 in MR Kalk über 25% .

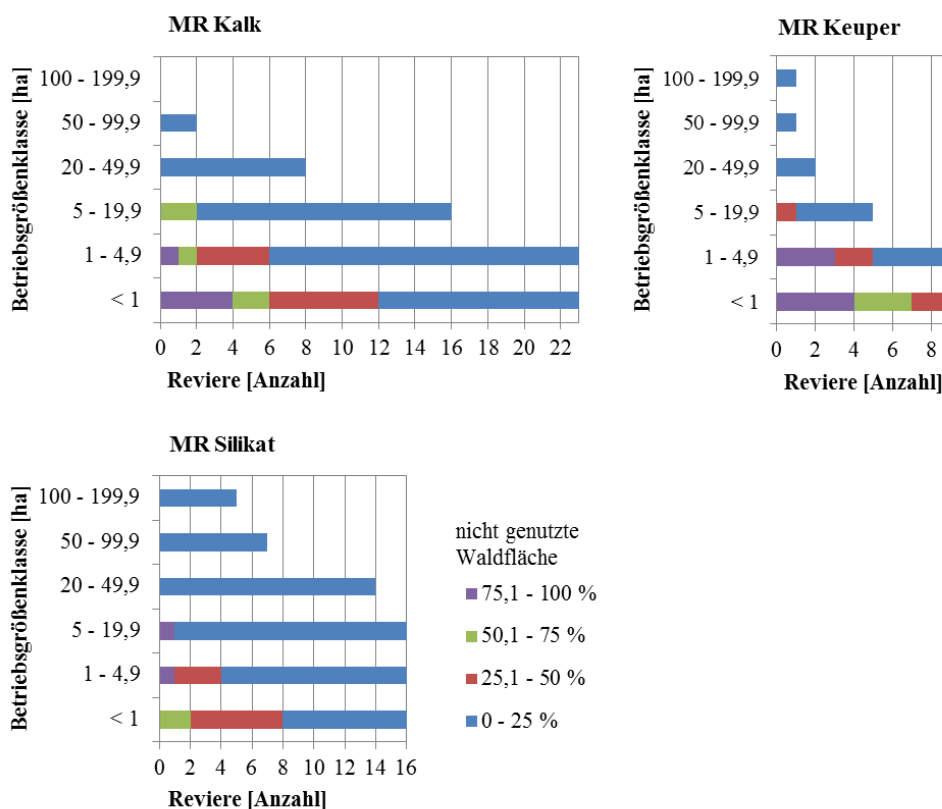


Abb. 2-15: Einschätzung der Revierleiter in den Modellregionen zur in den letzten 10 Jahren nicht genutzten Privatwaldfläche der Betriebsgrößenklassen bis 200 ha.

Im Mittel wurde nach den Revierleitern in MR Keuper 68% der Privatwaldfläche von Betrieben <1 ha und 40% bei Betrieben von $1-4,9$ ha nicht genutzt (vgl. **Tab. 2-13**). Bei Betrieben >5 ha lag der Anteil der ungenutzten Fläche unter 10% . Unter Berücksichtigung der Flächenanteile der Betriebsgrößenklassen in MR Keuper wurde die Privatwaldfläche von Betrieben unter 200 ha, auf der keine Holznutzung stattfand, mit insgesamt 45% eingeschätzt.

In den Modellregionen Kalk und Silikat zeigte sich für die Betriebsgrößenklassen ein ähnlich hoher Anteil der ungenutzten Fläche (vgl. **Tab. 2-13**). Dieser lag bei Betrieben <1 ha in MR Kalk mit 38 % etwas höher als in MR Silikat mit 27 %. Waldbesitzgrößen von 1-4,9 ha wurden zu etwa 20 % nicht bewirtschaftet, bei Betrieben von 5-19,9 ha lag dieser Anteil bei durchschnittlich 7 %. Bei größeren Betrieben fand in der Regel eine Nutzung statt. Aufgrund der unterschiedlichen Verteilung der Betriebsgrößenklassen in den Modellregionen betrug der Schätzwert der insgesamt nicht bewirtschafteten Fläche von Privatwaldbetrieben <200 ha in MR Kalk jedoch 21 %, während dieser in MR Silikat nur bei 5 % lag.

Tab. 2-13: Gemittelte Schätzwerte der nichtgenutzten Privatwaldfläche [%] in den Modellregionen nach Betriebsgrößenklassen.

Modell-region	Betriebsgrößenklasse [ha]					
	<1	1-4,9	5-19,9	20-49,9	50-199,9	< 200 (gesamt)
Kalk	38	20	7	0	0	21
Keuper	68	40	9	3	5	45
Silikat	27	19	7	1	0	5

Wie die Auswertungen zeigten, kann der hohe Anteil der ungenutzten Fläche in MR Keuper nur teilweise auf die unterschiedliche Verteilung der Betriebsgrößenklassen in den Modellregionen zurückgeführt werden. Der Anteil der ungenutzten Privatwaldfläche lag in MR Keuper für die kleineren Betriebsgrößenklassen mit 68 % deutlich höher als in den Modellregionen Kalk und Silikat. Dort schien auch bei kleineren Betrieben ein vergleichbar höheres Interesse an der Holznutzung vorzuliegen, welches auch eine stärkere Holznutzungstradition bzw. eine stärkere Verbundenheit der Waldbesitzer in den ländlich geprägten Regionen zur Forstwirtschaft andeutete.

Entsprechend niedrig war auch die Einschätzung der Revierleiter der städtischer geprägten MR Keuper zur Nutzungsintensität insgesamt (Stamm-/ Industrieholz und Energieholz) (vgl. **Abb. 2-16**). Diese lag in MR Keuper im Mittel bei 2,9 Fm/ha/Jahr und entsprach damit etwa dem Schätzwert von 3,3 Fm/ha/Jahr, der basierend auf der Nutzungsintensität der befragten Waldbesitzer (mit geringer Stichprobe) von etwa 6 Fm/ha/Jahr (vgl. **Abb. 2-5, Tab. 2-12**) unter Berücksichtigung der geschätzten nicht genutzten Privatwaldfläche von 45 % ermittelt werden konnte. Für MR Silikat ergab die Revierleiter-Befragung eine geschätzte mittlere Nutzungsintensität von 5,8 Fm/ha/Jahr, die sich mit dem aus der Waldbesitzerbefragung abgeleiteten Schätzwert von 6,1 Fm/ha/Jahr deckte. Ein Vergleich beider Schätzwerte für MR Kalk mit 3,9 Fm/ha/Jahr nach der Revierleiter-Befragung und 6,9 Fm/ha/Jahr nach der Waldbesitzerbefragung zeigte jedoch eine deutliche Abweichung auf. Eine sachliche Begründung dieses Unterschieds konnte nicht festgestellt werden, zumal die Revierleiter auch die Befragung der Privatwaldbesitzer durch Verteilung und Einsammeln der Fragebögen unterstützten.

Nach der Revierleiter-Befragung ließ sich kein signifikanter Zusammenhang der mittleren Nutzungsintensität zur mittleren Privatwaldbetriebsgröße des Reviers feststellen (vgl. **Abb. 2-16**).

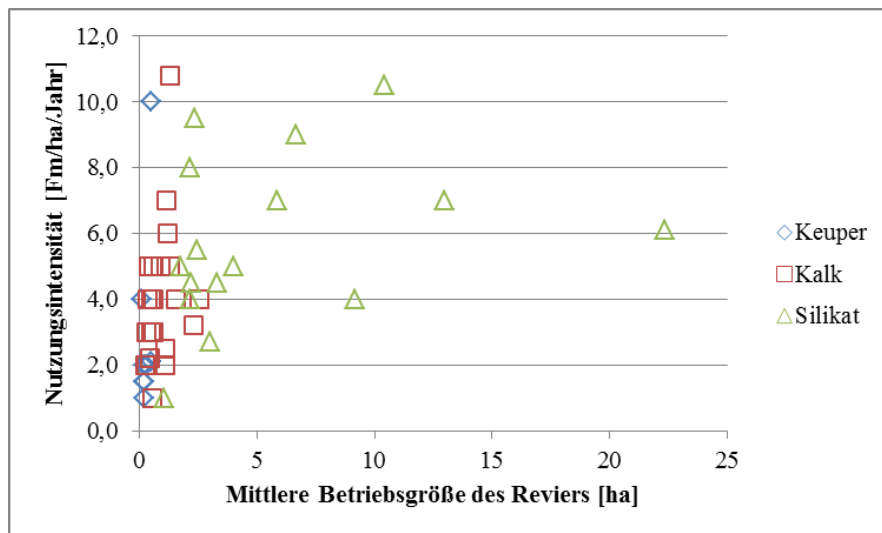


Abb. 2-16: Einschätzung der Revierleiter zur mittleren Nutzungsintensität [Fm/ha/Jahr] in den Modellregionen nach der mittleren Waldbesitzgröße der Privatwaldbetriebe < 200 ha im Revier.

Die nachfolgende Analyse und Auswahl typischer Wertschöpfungsketten in den Modellregionen erforderte eine repräsentative Stichprobenauswahl der Interviewpartner (vgl. Kap. 2.1.3). Daher wurde basierend auf dem schriftlichen Befragungsergebnis der Privatwaldbesitzer für die Modellregionen Kalk und Silikat mit ausreichendem Stichprobenumfang eine Clusteranalyse mit SPSS Statistics durchgeführt, die eine Identifizierung typischer Energieholznutzer und eine repräsentative Verteilung dieser Typen in der weiteren Stichprobenuntersuchung gewährleisten sollte. Der Clusteranalyse lagen die folgenden wesentlichen Merkmale der Energieholznutzung zu Grunde: Nutzungsintensität [Fm/ha/Jahr], der Brennholz- und Hackholzanteil an der Gesamtnutzung [%], der Eigenbedarfs- und Eigenvermarktungsanteil von Brennholz [%] sowie der Eigenbedarfs- und Fremdvermarktungsanteil von Hackholz [%]. Zur Festlegung der Clusteranzahl wurden das Elbow-Kriterium und der Test von Mojena herangezogen. Während in MR Silikat 7 Energieholznutzertypen identifiziert wurden, waren es in MR Kalk nur 3. In MR Silikat spielte sowohl die Eigenversorgung mit Brennholz/ Stückholz als auch Hackholz eine Rolle, dahingegen wurde in MR Kalk Hackholz selten für den Eigenbedarf verwendet. Im Vergleich zur MR Silikat war die Eigenvermarktung von Energieholz in MR Kalk unbedeutend, während dort der Anteil der Fremdvermarktung insbesondere von Hackholz höher lag.

Abb. 2-17 fasst das Ergebnis der detaillierten Clusteranalyse nach Schmidt (unveröffentlicht) zusammen. Etwa ein Viertel der befragten Waldbesitzer in MR Kalk und ein Fünftel in MR Silikat waren der Gruppe „Ausgeprägte Brennholzselbstversorger (1: ABS)“ zuzuordnen, welche fast ausschließlich Brennholz für den eigenen Bedarf erntete und ein sehr geringes Interesse an der stofflichen Nutzung zeigten bzw. diese nur in größeren Zeitabständen durchführte. In MR Silikat konnte außerdem eine signifikant geringere Nutzungsintensität dieser Waldbesitzer festgestellt werden. Auch die kleine Gruppe der „Ausgeprägten Energieholzselbstversorger (2: AES)“ in MR Silikat mit 9 von 148 Waldbesitzern zeigte ein größeres Interesse an der Energieholznutzung für den Eigenbedarf (Brennholz und Hackholz) als an der stofflichen Nutzung. In den übrigen Clustern lag der Anteil der stofflichen Verwendung mit etwa zwei Drittel an der Gesamtholznutzung höher. Die breite Mitte mit insgesamt etwa der Hälfte der Waldbesitzer bildeten dabei die Gruppen „Brennholzselbstversorger (4: BS)“ und „Brennholzselbstversorger und –vermarkter (5: BSS)“ in MR Silikat, welche Brennholz für den Eigenbedarf bzw. teilweise auch für die Eigenvermarktung verwendeten. Eine kleine Waldbesitzergruppe von 15 Waldbesitzern – die „Energieholzselbstversorger- und -selbstvermarkter (6: ESS)“ – unterschied sich von Cluster 5: BSS durch eine zusätzliche Verwendung von Hackholz für den Eigenbedarf. In MR Kalk wurde nur das Cluster 4: BS identifiziert, welches ebenfalls fast die Hälfte der

Waldbesitzer einschloss. Hier hatte außerdem die Gruppe der „Energieholzselbstversorger und Fremdvermarktung (7: ESF)“ einen größeren Anteil von 19 Waldbesitzern, die Brennholz überwiegend für den Eigenbedarf verwendeten, aber insbesondere Hackholz auch fremdvermarkteten. Die Bewirtschaftung und Holzsortierung erfolgte häufig durch Dritte. Das Cluster 7: ESF war in MR Silikat mit 10 von 148 Waldbesitzern deutlich kleiner.

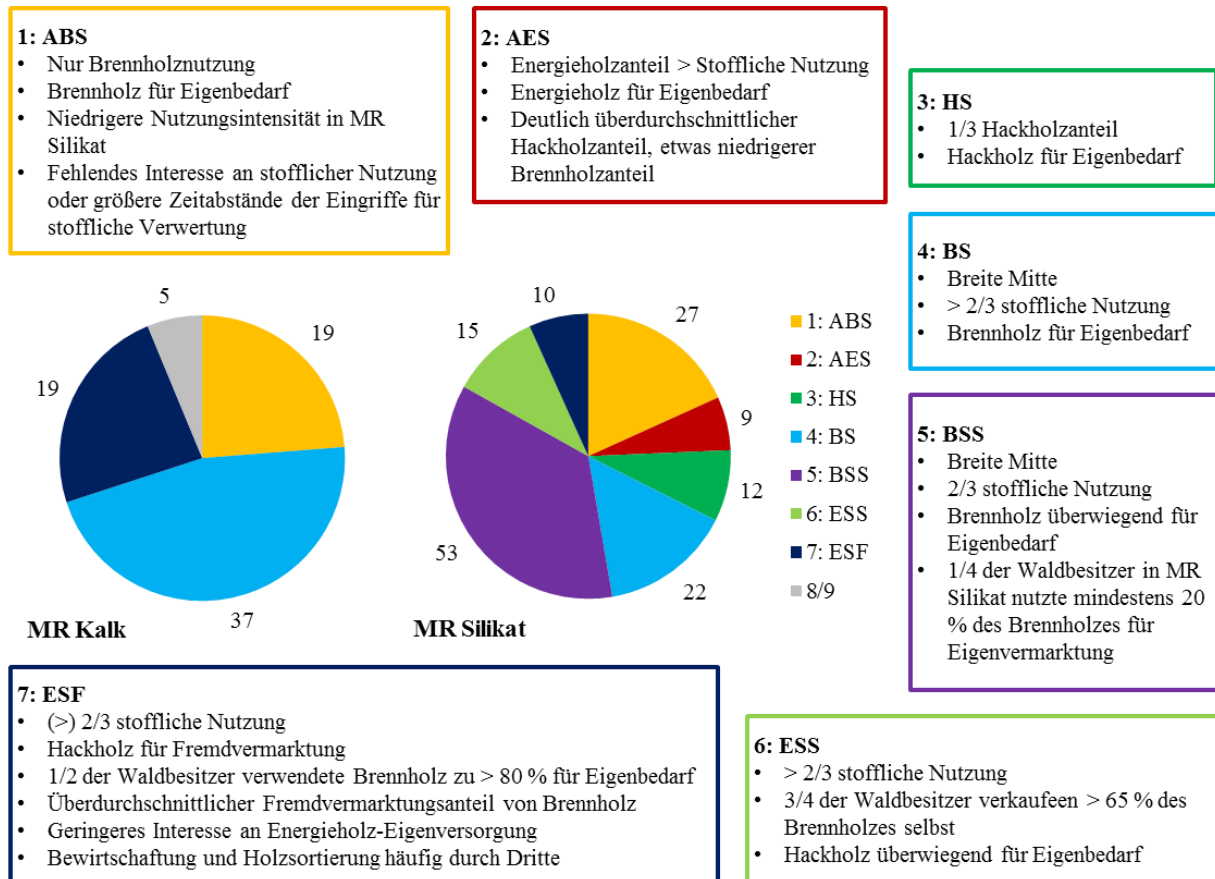


Abb. 2-17: Absolute Häufigkeiten und Eigenschaften der Energieholznutzertypen in den Modellregionen Kalk (n=80) und Silikat (n=148) nach Schmidt (unveröffentlicht) [ABS: Ausgeprägte Brennholzselbstversorger; AES: Ausgeprägte Energieholzselbstversorger; HS: Hackholzselbstversorger; BS: Brennholzselbstversorger; BSS: Brennholzselbstversorger und –selbstvermarkter; ESS: Energieholzselbstversorger und –selbstvermarkter; ESF: Energieholzselbstversorger und Fremdvermarktung].

Insgesamt betrachtet, nutzten 13 % der befragten Waldbesitzer in MR Kalk und 15 % in MR Silikat ausschließlich Brennholz, davon verwendeten 73 % bzw. 82 % das Brennholz ausschließlich für den Eigenbedarf (vgl. **Tab. 2-14**). Dieser Anteil war bei Waldbesitzern in MR Kalk, die auch andere Sortimente nutzten, mit 79 % etwa gleich hoch, während er in MR Silikat mit 63 % niedriger lag. Etwa ein Drittel der Waldbesitzer in den Modellregionen Kalk und Silikat nutzte Hackholz, von diesen wiederum verwendeten 60 % in MR Silikat und nur 3 % in MR Kalk das Holz ausschließlich für den Eigenbedarf, dagegen vermarkteten 93 % der Waldbesitzer in MR Kalk und 22 % in MR Silikat ihr Hackholz ausschließlich über Dritte. Ein Drittel der Waldbesitzer sortierte mehr als 50 % ihrer Holzernete als Energieholz (Brennholz und Hackholz).

Tab. 2-14: Anteil der befragten Waldbesitzer in den Modellregionen, die unterschiedliche Kriterien zum Brennholz- und Hackholzanteil bzw. zum Verwendungszweck erfüllen.

Anteil der Waldbesitzer [%], die folgende Bedingungen erfüllen ...							
Bedingung:	Brennholzanteil = 100 %	Energieholzanteil > 50 %	Hackholzanteil > 0 %	Eigenbedarfsanteil von Brennholz = 100 %	Eigenbedarfsanteil von Brennholz = 100 %	Eigenbedarfsanteil von Hackholz = 100 %	Fremdvermarktungsanteil von Hackholz = 100 %
Bezugsgröße der Waldbesitzer:	Gesamt	Gesamt	Gesamt	Anteil mit Brennholzanteil = 100 %	Anteil mit Brennholzanteil > 0 %	Anteil mit Hackholzanteil > 0 %	Anteil mit Hackholzanteil > 0 %
Kalk	13	32	37	73	79	3	93
Silikat	15	32	30	82	63	60	22

Bei den 24 Waldbesitzern der MR Keuper, die an der Befragung teilnahmen, schwankte der Brennholzanteil an der Gesamtnutzung zwischen 0 und 100 %. Eine Standardabweichung i. H. v. 39,5 % verdeutlichte die großen Unterschiede beim Brennholzanteil innerhalb dieser zu kleinen Stichprobe. Mehr als die Hälfte der Waldbesitzer nutzte das geerntete Brennholz nur für den Eigenbedarf, das übrige Brennholz wurde fremd vermarktet, zwei Waldbesitzer vermarkteten es selbst. Eine Hackholznutzung fand nur bei fünf Waldbesitzern statt, davon verwendeten nur zwei das Holz für den Eigenbedarf, die übrigen vermarkteten es über die Unteren Forstbehörden. Die durchschnittliche Nutzungsintensität der letzten fünf Jahre schwankte in den Betrieben u. a. aufgrund von Sturm- und Käferkalamitäten sowie Altholzräumungen erheblich. Dies zeigte eine hohe Standardabweichung von 13,9 Fm/ha/Jahr. Möglicherweise fielen auch Fehleinschätzungen bei Kleinstbetrieben <1 ha stark ins Gewicht. Die Nutzungsintensität der Hälfte der befragten Betriebe lag zwischen 4,2 und 10,3 Fm/ha/Jahr. Aufgrund der kleinen Stichprobe in MR Keuper und der starken Heterogenität der Ergebnisse sollten alle Waldbesitzer, die sich für eine weitere detaillierte Befragung bereit erklärten als Interviewpartner aufgenommen werden. In den Modellregionen Kalk und Silikat basierte die Stichprobenauswahl auf den Anteilen der jeweiligen Energieholznutzertypen, der Repräsentativität der Waldbesitzer für diese Cluster sowie der Bereitschaft für eine weitere Befragung. **Tab. 2-15** zeigt die Verteilung der jeweils 20 Interviewpartner in den Modellregionen Kalk und Silikat auf die verschiedenen Energieholznutzertypen.

Tab. 2-15: Stichprobenauswahl der Interviewpartner für die Erhebungsphase II.2 basierend auf der Clusteranalyse in den Modellregionen Kalk und Silikat.

	1: ABS	2: AES	3: HS	4: BS	5:BSS	6: ESS	7: ESF
Kalk	5			10			5
Silikat	4	1	2	3	7	2	1

2.1.3 Typische Wertschöpfungsketten

Ausgehend von der Charakterisierung der Akteure in Kap. 2.1.2 sollte die Wertschöpfungsketten-Analyse Aufschluss darüber geben, welche Akteure an welchen Wertschöpfungsstufen beteiligt waren, in welcher Reihenfolge die Wertschöpfungsstufen zueinander standen und welche Arbeitsverfahren bzw. Maschinen zum Einsatz kamen. Abschließend wurden die jeweils typischsten Value Chains für Scheitholz und Hackschnitzel im kleinen und mittleren Privatwald mit den größten Stoffströmen dargestellt. Diese bildeten die Basis für die Ermittlung der ökonomischen Effekte in Kap. 2.1.4. Bezugsgröße bei den Auswertungen zur Charakterisierung der Wertschöpfungsstufen war die in der Modellregion verarbeitete Energieholzmenge.

2.1.3.1 Wertschöpfungsketten für Scheitholz im kleinen und mittleren Privatwald

Die Charakterisierung der Akteure in Kap. 2.1.2 zeigte, dass die Privatwaldbesitzer in den Modellregionen Kalk und Silikat etwa drei Viertel des Brennholzes für den Eigenbedarf verwendeten, während 15-25 % selbst an Privathaushalte verkauft und nur 5-10 % über Dritte vermarktet wurde. Die Stichprobenmenge der MR Keuper, welche (die z. T. von der Unteren Forstbehörde betreuten) größeren Forstbetriebe stark dominierten, wurde hingegen zu 61 % fremd und 31 % selbst vermarktet und nur zu 9 % für den Eigenbedarf verwendet.

Innerhalb der Hiebsplanung war der Revierleiter beim Auszeichnen von Brennholz in den Modellregionen Kalk und Silikat noch etwas mehr beteiligt, als bei der Organisation des Arbeitseinsatzes (vgl. **Tab. 2-16**). Allerdings war dieser Anteil mit weniger als 20 % der Brennholzmenge eher von untergeordneter Bedeutung. Auch die Durchführung der Holzernte (Fällen und Rücken), Aufarbeitung, Trocknung/ Lagerung und Transport von Brennholz führten die Privatwaldbesitzer der Modellregionen Kalk und Silikat mit > 90 % fast ausschließlich selbst durch. Aufgrund der z. T. durch die Unteren Forstbehörde betreuten Betriebe der MR Keuper lag der Anteil der in Dienstleistung durchgeführten Hiebsplanung bei etwa zwei Drittel, die Holzernte wurde sowohl von den betreuten als auch nicht betreuten Betrieben fast ausschließlich an Lohnunternehmer vergeben. Die geringe für den Eigenbedarf verwendete Brennholzmenge in MR Keuper wurde ebenfalls durch den Waldbesitzer selbst aufgearbeitet.

Tab. 2-16: Einsatz von Dienstleistern im kleinen und mittleren Privatwald und im Handel bei den Wertschöpfungsstufen der Value Chain Scheitholz in den Modellregionen.

WS-Stufen	Kalk			Silikat			Keuper		
	Eigenregie [%]	Dienstleistung [%]	mit Revierleiter [%]	Eigenregie [%]	Dienstleistung [%]	mit Revierleiter [%]	Eigenregie [%]	Dienstleistung [%]	mit Revierleiter [%]
Hiebsplanung (Auszeichnen)	83	15	2	86	0	14	35	65	0
Hiebsplanung (Arbeitseinsatz)	97	3	0	96	0	4	35	65	0
Fällen	92	8		90	10		4	96	
Rücken	92	8		92	8		4	96	
Aufarbeitung	100	0		97	3		83	17	
Trocknung/ Lagerung	100	0		100	0		100	0	
Transport	100	0		99	1		100	0	

Die Stoffstromanalyse stellte dar, an welchen Wertschöpfungsstufen der Value Chain Scheitholz die Privatwaldbesitzer beteiligt waren und in welcher Reihenfolge die Wertschöpfungsstufen zueinander standen. Diese Ergebnisse basierten auf der kleineren repräsentativ – auf Grundlage der in Kap. 2.1.2 charakterisierten Waldbesitzer – gezogenen Stichprobe.

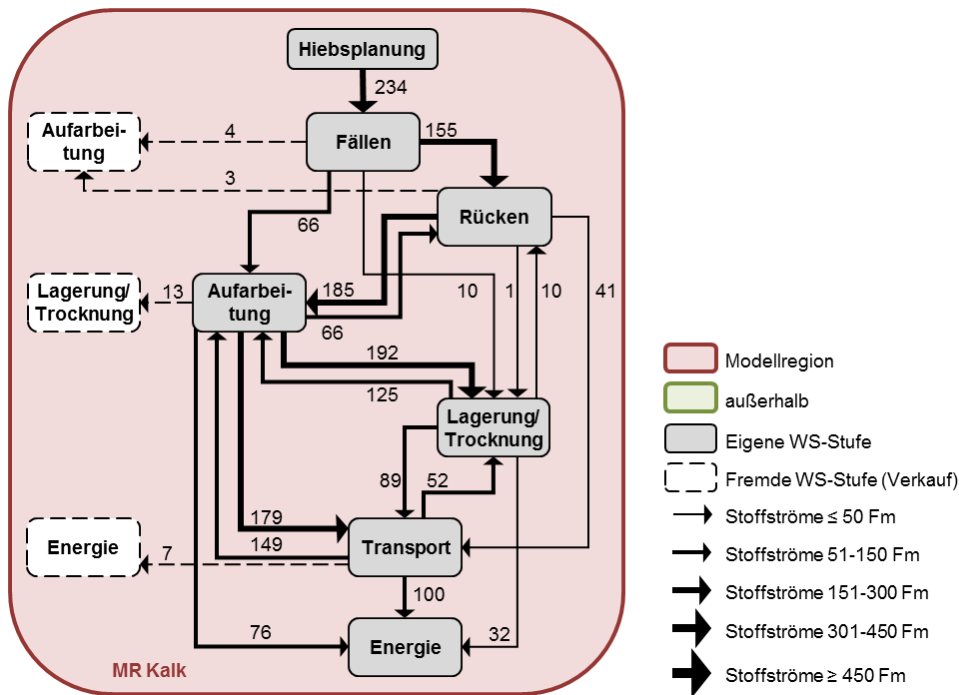


Abb. 2-18: Stoffströme von Brennholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Kalk in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.

Die ausgewählten Waldbesitzer der MR Kalk verwendeten mit 89 % mehr für den Eigenbedarf als die größere Stichprobe mit 71 % (vgl. **Abb. 2-18, Abb. 2-6**), was insbesondere auf den Ausschluss eines größeren Waldbesitzers mit hohem Vermarktungsanteil aus der zweiten Befragung zurückzuführen war. Grundsätzlich nahm die Eigenverwendung damit den deutlich größten Anteil ein.

Etwa zwei Drittel des gefällten Brennholzes wurde als Rundholz lang gerückt, das übrige Drittel zunächst auf Meter abgelängt und anschließend gerückt. Bei 80 % des Brennholzes erfolgte darauf ein Aufarbeitungsschritt. Da die Brennholzaufarbeitung in MR Kalk ausschließlich mit Motorsäge, Spalter und in zwei Sägeschritten erfolgte (vgl. **Tab. 2-20**), handelte es sich beim Aufarbeitungsschritt nach dem Rücken zu etwa ein Drittel nur um das Ablängen mit der Motorsäge auf Meter, mit 37 % erfolgte am häufigsten darüber hinaus der erste Spaltvorgang. Das bereits zu einem Drittel in Meterlängen gerückte Brennholz wurde ebenfalls am Wegrand gespalten.

Die natürliche Trocknung des Brennholzes folgte bei etwa drei Viertel der Menge auf das Spalten von Meterholz (vgl. **Abb. 2-18, Tab. 2-16**), geringere Mengen wurden auch als kurze Scheite, Rundholzlang, Rundholz-Meter oder Rundholz-kurz getrocknet. Bei fast 20 % des Holzes wurde der Trocknungsprozess in zwei Vorgänge aufgeteilt. Da das Aufsetzen zur Trocknung ausschließlich händisch erfolgte (vgl. **Tab. 2-20**) und die Arbeitszeit bei der Ermittlung der Einsparungseffekte nicht berücksichtigt wurde, hätte eine Aufteilung des Trocknungsvorgangs jedoch nur Einfluss auf die Wertschöpfung, wenn dadurch zusätzliche mit Maschineneinsatz verbundene Transporte erforderlich wären. Trocknung und Lagerung wurden in der Stoffstromanalyse zu einer Wertschöpfungsstufe zusammengefasst, da die fließend in einander übergehenden Vorgänge kaum zeitlich voneinander zu trennen waren. Die Trocknungsdauer wurde zwischen ein und drei Jahre angegeben. Einige Waldbesitzer wiesen darauf hin, dass aufgrund der geringen Betriebsgröße nicht jährlich Brennholz genutzt und/ oder dass altersbedingt bereits ein Vorrat angelegt werden würde.

Fast die Hälfte des Brennholzes in MR Kalk wurde zweimal transportiert, hier fand die Aufarbeitung und/ oder Trocknung nicht am Waldweg oder direkt am Hof/ Haus, sondern i. d. R. auf einer Freifläche bzw. Wiese statt.

Die Energieumwandlung folgte bei 48 % des für den Eigenbedarf verwendeten Holzes auf den Transport, weitere 37 % wurden zuvor am Hof zu kurzen Scheiten aufgearbeitet, ein geringerer Anteil dort getrocknet. Die Lagerung des Holzes für den Winter im Heizungskeller bzw. am letzten Lagerort wurde nicht separat als Wertschöpfungsstufe aufgenommen, da die Kosten hierfür bereits nach Hartmann (2013) in den Kosten für die Heizung bzw. Energieumwandlung berücksichtigt waren. Am Hof/ Haus fand außerdem meist ein manueller Kurztransport vom Trocknungsort oder dem Ort der Entladung des Anhängers zur Lagerung an der Heizanlage statt. Hierfür wurde pauschal die Zuhilfenahme einer Schubkarre angenommen.

Tab. 2-16: Produktzustand des Brennholzes bei der natürlichen Trocknung bzw. Lagerung im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

Produktzustand bei Trocknung/ Lagerung	Anteil des getrockneten Brennholzes [%]		
	Kalk	Silikat	Keuper
Rundholz - lang	8	0	0
Rundholz - Meter	1	1	22
Rundholz - kurz	2	0	0
Scheite - Meter	74	93	72
Scheite - kurz	16	6	6

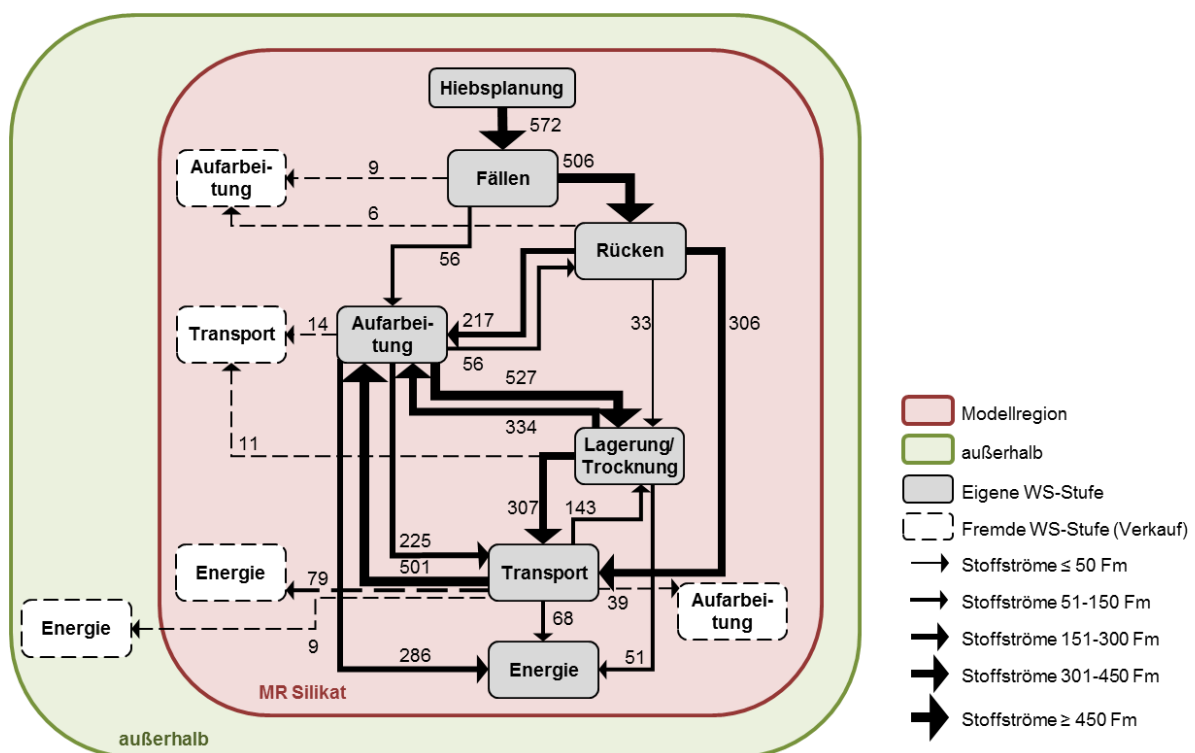


Abb. 2-19: Stoffströme von Brennholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Silikat in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.

Der Vermarktungsanteil der kleineren Interview-Stichprobe der MR Silikat lag mit 29 % (vgl. **Abb. 2-19**) nur etwas höher als der in Kap. 2.1.2 ermittelte Eigen- und Fremdvermarktungsanteil von insgesamt 24 %. Etwa die Hälfte des verkauften Holzes lieferten die Waldbesitzer ofenfertig an den Kunden. 23 % des vermarkteten Brennholzes wurde zur Heizanlage transportiert, es war jedoch mit dem zweiten Sägen noch ein weiterer Aufarbeitungsschritt erforderlich. Der Verkauf ab Hof, frei Waldstraße oder von Reißschlägen nahm jeweils eine untergeordnete Bedeutung ein.

Das Sägen der Meterlängen im Bestand und anschließendes Rücken war mengenbezogen ebenfalls unbedeutend. Fast 90 % des gefällten Brennholzes rückten die Waldbesitzer zunächst bis zum Waldweg/ -rand. Anschließend fand bei etwa 40 % des Holzes ein Aufarbeitungsschritt statt (vgl. MR Kalk: 80 %). Mit 54 % wurde der größte Anteil jedoch als Rundholz zum Hof oder einem anderen Lagerplatz transportiert und dort aufgearbeitet. Dieses Ergebnis wurde jedoch maßgeblich durch den größten befragten Brennholznutzer dominiert, der etwa einen Anteil von 50 % an diesem Rundholztransport hatte.

Abb. 2-19 zeigt, dass mehr als 90 % des Holzes zweimal die Wertschöpfungsstufe Aufarbeitung durchlief. Die Brennholzaufarbeitung fand wie auch in MR Kalk fast ausschließlich mit Motorsäge und Spalter sowie zeitlich entkoppeltem zweitem Sägen auf Endlänge statt (vgl. **Tab. 2-20**, **Tab. 2-20**). Das nach dem Rücken zunächst aufgearbeitete Brennholz wurde zu 70 % in Meterlänge gesägt und direkt gespalten, eine kleinere bereits im Bestand auf Meter abgelängte Menge wurde nur gespalten, ein anderer Teil am Waldweg nur in Meterlänge gesägt.

Die natürliche Trocknung erfolgte bei 93 % des Brennholzes als Meterscheite (vgl. **Tab. 2-16**)

Etwa ein Viertel des vom Waldbesitzer aufgearbeiteten Brennholzes durchlief zweimal die Wertschöpfungsstufe Lagerung/ Trocknung, d. h. die Trocknung erfolgte in zwei Vorgängen bzw. das Brennholz wurde wiederholt händisch aufgesetzt (vgl. **Tab. 2-20**; vgl. Erläuterungen zu MR Kalk).

Wie in MR Kalk wurde auch in MR Silikat etwa die Hälfte des aufgearbeiteten Holzes zweimal transportiert, teilweise handelte es sich hierbei um den Transport zum Kunden.

Das Kürzen der Scheite auf Endlänge fand bei 71 % des für den Eigenbedarf verwendeten Brennholzes vor der Energieumwandlung statt. Das übrige Holz wurde zuvor etwa zur Hälfte transportiert oder getrocknet/ gelagert.

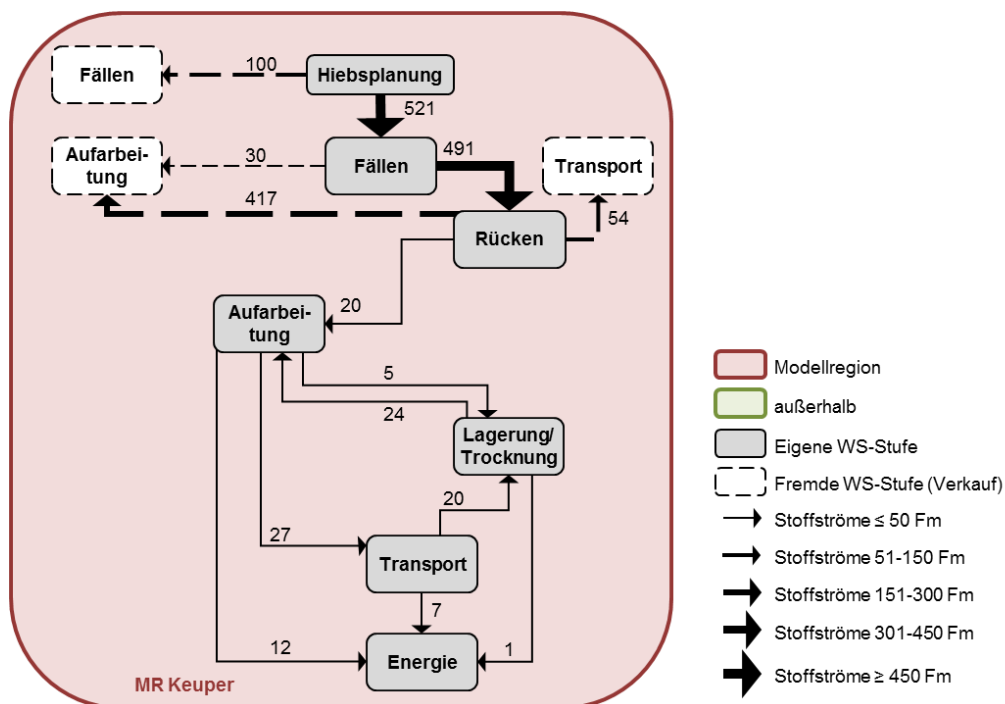


Abb. 2-20: Stoffströme von Stückholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Keuper in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.

Die Stoffstromanalyse basierend auf den Interview-Ergebnissen der MR Keuper mit starker Dominanz der größeren u. a. betreuten Forstbetriebe ergab einen hohen Vermarktungsanteil von 97 % (vgl. **Abb. 2-20**). Die Abweichungen von dem in Kap. 2.1.2 ermittelten Anteil von 91 % trotz „Vollerhebung“

ergaben sich aufgrund der fehlenden Bereitschaft einiger Waldbesitzer an einer weiteren Befragung teilzunehmen.

76 % des Brennholzes verkauften die Waldbesitzer nach dem Rücken als Rohholz an der Waldstraße. Dieses arbeiteten die Kunden dort auf oder transportierten es zunächst zu einem Aufarbeitungsplatz. Geringere Mengen wurden von Selbstwerbern gefällt und aufgearbeitet, als Reißschläge vergeben oder für den Eigenbedarf verwendet. Auch in MR Keuper kamen bei der Aufarbeitung des für den Eigenbedarf verwendeten Brennholzes überwiegend Motorsäge, Spalter und Säge zum Einsatz. Der größte Anteil wurde in zwei Vorgängen aufgearbeitet und als Meterscheite getrocknet (vgl. **Abb. 2-20, Tab. 2-16**). Ein Teil wurde auch als Rundholz in Meterlänge (vor-)getrocknet und 7 von 20 Fm zweimal transportiert. Der zweite Aufarbeitungsschritt (Sägen in kurze Scheite) fand überwiegend an der Heizanlage, vor der Energieumwandlung statt.

Tab. 2-17: Brennholznutzung als Vollbaum und Koppelprodukt im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

Brennholznutzung als ...	Anteil des geernteten Brennholzes [%]			
	Kalk	Silikat	Keuper	Gesamt
Vollbaum	33	42	76	40
Koppelprodukt	67	58	24	60

Das Brennholz wurde in den Modellregionen Kalk und Silikat mit 67 % bzw. 58 % am häufigsten als Koppelprodukt genutzt, die Vollbaum-Nutzung als Brennholz hatte mit 33 % bzw. 42 % ebenfalls einen hohen Anteil. Diese lag in MR Keuper mit 76 % jedoch deutlich höher, was auf den dort dominierenden Laubholzanteil i. H. v. 86 % zurückzuführen war (vgl. **Tab. 2-17, Tab. 2-11**). Die Privatwaldbesitzer der Modellregionen Kalk und Silikat verwendeten das Laubholz, welches einen Anteil von 44 % bzw. 30 % an der Brennholzmenge hatte, meist ausschließlich als Brennholz. Auch Fichte wurde, insbesondere bei Entnahme von Einzelbäumen z. B. als Folge von Käferkalamität, als Vollbaum energetisch verwertet.

Tab. 2-18: Angewandte Arbeitsverfahren beim Fällen und Rücken der Value Chain Scheitholz im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

WS-Stufe	Arbeitsverfahren	Anteil des geernteten Brennholzes [%]		
		Kalk	Silikat	Keuper
Fällen	motormanuell	97	100	100
	vollmechanisiert	0	0	0
	teilmechanisiert	3	0	0
Rücken	manuell	2	4	0
	Seilschlepper mit Zange/Kran	9	23	41
	Seilschlepper ohne Zange/Kran	85	73	57
	Forwarder	3	0	0
	Seilkran	0	0	0
	Sonstiges	1	0	2

Fällen und Aufarbeiten von Brennholz erfolgte in den Modellregionen Silikat und Keuper ausschließlich motormanuell, in MR Kalk fand nur in sehr geringem Umfang eine teilmechanisierte Holzernte statt (vgl. **Tab. 2-18**). Ein Revierleiter wies darauf hin, dass dieser Anteil in Zukunft zunehmen würde, da die nachfolgende Generation der Waldbesitzer kein Interesse an der Waldbewirtschaftung zeigte und dadurch eine vermehrte Organisation des Hiebseinsatzes in kleineren Betrieben durch die Untere Forstbehörde bzw. andere Dienstleister erfolgte.

Die Waldbesitzer rückten 85 % des Brennholzes in MR Kalk, 73 % in MR Silikat und 57 % in MR Keuper mit einem Seilschlepper ohne Zange/ Kran. Ein Seilschlepper mit Zange/ Kran kam bei 23 % in MR Silikat und 41 % in MR Keuper, sowie einer kleineren Menge in MR Kalk zum Einsatz. Der höhere Anteil in MR Keuper war auf den höheren Professionalisierungsgrad der überwiegend eingesetzten Dienstleister zurückzuführen. Der Forwarder, manuelles Rücken, Seilkran sowie andere Maschinen hatten bezogen auf die untersuchte Menge einen sehr geringen Anteil bzw. konnten nicht festgestellt werden.

Tab. 2-20: Angewandte Arbeitsverfahren bzw. Maschineneinsatz bei den Schritten zur Brennholzaufarbeitung im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

WS-Stufe	Arbeitsverfahren/ Maschineneinsatz	Anteil des aufgearbeiteten Brennholzes [%]		
		Kalk	Silikat	Keuper
Aufarbeitung - 1. Sägen	Motorsäge	100	94	100
	Säge-Spalt-Automat	0	6	0
Aufarbeitung - 2. Sägen	Motorsäge	5	41	10
	Kreis-/Bandsäge	95	59	90
Aufarbeitung - 1. Spalten	Spalter	95	90	89
	manuell	5	3	11
	Säge-Spalt-Automat	0	6	0
Aufarbeitung - 2. Spalten	Spalter	100	100	0
Aufsetzen zur Trocknung	lose/ händisch	100	94	100
	Bündel/ Schlepper	0	6	0

Tab. 2-20: Anzahl der Vorgänge von Sägen und Spalten bei der Brennholzaufarbeitung im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

Aufarbeitungs- schritt	Anzahl der Vorgänge	Anteil des aufgearbeiteten Brennholzes [%]		
		Kalk	Silikat	Keuper
Sägen	1	14	11	11
	2	86	89	89
Spalten	0	5	1	7
	1	86	95	93
	2	8	3	0

Wie die nach der Stoffstromanalyse überwiegend in zwei Vorgänge geteilte Brennholzaufarbeitung andeutete, kamen im Privatwald in allen Modellregionen (fast) ausschließlich Motorsäge, Spalter und ggf. Kreis-/ Bandsäge zum Einsatz (vgl. auch **Tab. 2-20**). Während das Spalten in einem Vorgang erfolgte, wurde das Sägen in zwei Vorgänge geteilt – das Sägen auf Meterlänge mit der Motorsäge und zeitlich entkoppelt insbesondere mit der Kreis-/ Bandsäge auf Endlänge (vgl. **Tab. 2-20** und **Tab. 2-20**). Nur in MR Silikat beauftragte ein Waldbesitzer einen Dienstleister mit der Brennholzaufarbeitung, der einen kombinierten Sägespaltautomaten einsetzte. Geringe Mengen, insbesondere in MR Keuper, wurden manuell (vor-)gespalten. Das Vorspalten war dann erforderlich, wenn der Waldbesitzers nur im Besitz eines elektrischen Spalters mit geringer Spaltkraft war oder die Aufarbeitung an einem anderen Ort erfolgen sollte und die Rundholz-Meterlängen zu schwer für das händische Aufladen waren. In MR Silikat kam die Motorsäge auch beim Halbieren der Meterscheite (zweites Sägen) mit 41 % häufig zum Einsatz. Das Holz wurde hierfür bereits zum Trocknen vorher gebündelt bzw. auf Paletten aufgesetzt und fixiert oder nach der Trocknung in andere selbst für diesen Zweck konstruierte „Halterungen“ gesetzt. Mit der beschriebenen Vorgehensweise sollte eine höhere Produktivität beim Sägen erreicht werden. Dieses Streben nach einer Prozesskettenoptimierung in MR Silikat ver-

deutliche einen höheren Professionalisierungsgrad der Waldbesitzer bei der Brennholzaufarbeitung, die nicht immer als „Hobby“ betrachtet wurde.

Das Aufsetzen zur Trocknung erfolgte mit Ausnahme in MR Silikat ausschließlich händisch (vgl. **Tab. 2-20**). Bei gebündeltem Holz wurden die händisch gesetzten Bündel mit dem Schlepper gestapelt. Das Brennholz wurde ausschließlich natürlich im Freien, teilweise mit Abdeckung von oben durch eine Plastikplane, Blech o. ä., getrocknet. Fand ein geteilter Trocknungsprozess statt, wurde das Holz für die zweite Trocknung in bereits existierenden Scheunen oder unter dem Vordach, aber auch in eigens für das Brennholz konstruierte halboffene oder geschlossene Unterständen aufgesetzt.

Tab. 2-21: Angewandte Arbeitsverfahren bzw. Fahrzeugeinsatz beim Brennholztransport differenziert nach Produktzustand im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

Produktzustand	Anteil des transportierten Brennholzes [%]							
	Kalk		Silikat		Keuper		Gesamt	
	PKW	Schlepper	PKW	Schlepper	PKW	Schlepper	PKW	Schlepper
Rundholz - lang	0	100	0	100	0	0	0	100
Rundholz - Meter	0	100	18	82	60	40	10	90
Rundholz - kurz	11	89	61	39	0	0	45	55
Scheite - Meter	0	100	0	100	11	89	0	100
Scheite - kurz	4	96	7	93	0	100	6	94
Gesamt	2	98	4	96	15	85	4	96

Das am häufigsten transportierte Rundholz-lang und die Meterscheite wurden in den Modellregionen (fast) ausschließlich mit dem Schlepper gefahren (vgl. **Tab. 2-21**). Für geringe Mengen, insbesondere Rundholz in Meterlänge oder kürzer, setzten ein paar Waldbesitzer auch regelmäßig den PKW ein.

Tab. 2-22: Heizanlagen-Nennleistung und Scheitholzbedarf der kleinen und mittleren Privatwaldbesitzer in den Modellregionen.

Nennleistung der Heizanlagen	Anteil der Anlagen [%]		Scheitholzbedarf [Fm]	
	Kalk	Silikat	Median	Mittelwert
bis 15 kW	53	19	6,7	6,0
20-35 kW	40	56	17,2	19,8
40-50 kW	7	25	32,0	28,1

Etwa drei Viertel der interviewten Waldbesitzer in den Modellregionen Kalk und Silikat konnte die Nennleistung ihrer Heizanlage angeben. Zum Teil versorgten sie mehrere Öfen und/ oder Zentralheizung im eigenen Haus bzw. von Familienangehörigen. Kleinere Öfen wurden bei vorwiegend eingesetzten Holzzentralheizungen nicht berücksichtigt. Die Privatwaldbesitzer in MR Kalk verfügten mit 53 % am häufigsten über eine kleinere Heizanlage bis 15 kW, außerdem installierten 40 % eine Anlage mit 20-35 kW (vgl. **Tab. 2-22**). Die Auswertung für MR Silikat zeigte mit 56 % einen höheren Anteil von Anlagen von 20-35 kW, darüber hinaus hatten 25 % eine höhere Nennleistung von 40-50 kW.

Der mittlere Scheitholzbedarf der befragten Waldbesitzer bei Anlagen von 20-35 kW lag bei 17-20 Fm, bei Anlagen von 40-50 kW bei 28-32 Fm. Ein Vergleich mit dem nach Hartmann (2013) angesetzten Brennholzbedarf für Heizanlagen mit einer Nennleistung von 30 kW i. H. v. 42,2 Rm (ca. 30 Fm) und 50 kW i. H. v. 68,6 Rm (ca. 48 Fm) wies auf eine geringe Auslastung bzw. Überdimensionierung der Anlagen in den Modellregionen hin. Da die Berechnungen nach Hartmann (2013) scheinbar überwiegend Hartholz mit höherem Heizwert als Brennstoff voraussetzen⁷, während im Privatwald der Modellregionen Kalk und Silikat der Nadelholzanteil dominierte (vgl. Kap. 2.1.2), war eine noch nied-

⁷ Der zu Grunde liegende Brennstoffpreis liegt dem nach Hartmann (2013) ermittelten Brennstoffpreis für Hartholz näher.

rigere Kapazitätsauslastung der installierten Heizanlagen, anzunehmen. Darüber hinaus berücksichtigte der „Scheitholz-Eigenbedarf“ der Privatwaldbesitzer häufig auch Mengen für Familienangehörige bzw. es existierten zusätzliche Einzelraumfeuerungen.

In MR Keuper teilten nur drei Waldbesitzer die Nennleistung ihrer Heizanlagen von < 15 kW mit.

Basierend auf der vorausgegangen Stoffstromanalyse sowie der Charakterisierung der Wertschöpfungsstufen wurden drei Wertschöpfungsketten für Scheitholz aus dem kleinen und mittleren Privatwald ausgewählt. Die nachfolgend beschriebene Wertschöpfungskette SH-ER-EB zur Brennholzernte und –aufarbeitung in Eigenregie für die Eigenbedarfsverwendung war in den Modellregionen Kalk und Silikat am stärksten repräsentiert. Ferner wurde die Kette SH-ER-EV zur Brennholzernte und -aufarbeitung in Eigenregie für die Eigenvermarktung in MR Silikat identifiziert. In MR Keuper konnte aufgrund der kleinen Stichprobe keine repräsentative Auswahl einer Wertschöpfungskette erfolgen. Es wurde jedoch eine Beispieltkette SH-DL-FV zur Brennholzernte in Dienstleistung und Fremdvermarktung des Stückholzes an der Waldstraße mit größtem Anteil der untersuchten Stoffströme ausgewählt (vgl. **Tab. 2-23**).

Tab. 2-23: Bedeutung der Wertschöpfungsketten von Scheitholz im kleinen und mittleren Privatwald in den Modellregionen.

Wertschöpfungskette	Kalk	Silikat	Keuper
SH-ER-EB	X	X	
SH-ER-EV		X	
SH-DL-FV			X

Innerhalb der Wertschöpfungskette zur Scheitholznutzung in Eigenregie für den Eigenbedarf (SH-ER-EB) wurde Fichte motormanuell geerntet und mit einem Schlepper ohne Zange/ Kran gerückt (vgl. **Abb. 2-21**). Es folgte die Aufarbeitung mit der Motorsäge auf Meterlänge und das Spalten mit einem mobilen Anbaugerät. Die Meterscheite wurden zur natürlichen Trocknung im Freien (Abdeckung von oben) mit der Hand am Waldweg bzw. Waldrand aufgesetzt. Die Waldbesitzer transportierten die Meterscheite mit Schlepper und Anhänger in Eigenregie zum Hof/ Haus und kürzten dort die Scheite mit einer Kreissäge. Mit einer Schubkarre wurde das Brennholz zum Lagerraum für den Winter transportiert. Die typische Nennleistung betrug 20-35 kW.

Zwar zeigte das Ergebnis der Stoffstromanalyse in MR Silikat (vgl. **Abb. 2-19**) einen etwas höheren Anteil an Brennholz, welches am Hof aufgearbeitet wurde, da dieser aber maßgeblich durch einen Waldbesitzer geprägt wurde, berücksichtigte die typische Wertschöpfungskette die Aufarbeitung nach dem Rücken, wie sie auch insbesondere in MR Kalk üblich war.

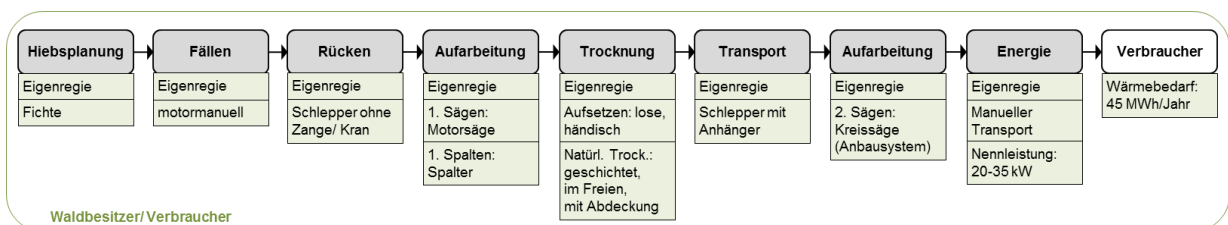


Abb. 2-21: Wertschöpfungskette zur Scheitholznutzung in Eigenregie für den Eigenbedarf [SH-ER-EB].

Etwa ein Viertel des Brennholzes vermarkteten die Waldbesitzer der MR Silikat selbst an Privathaushalte (vgl. **Abb. 2-19**). Innerhalb der Wertschöpfungskette zur Scheitholznutzung in Eigenregie für die Eigenvermarktung (SH-ER-EV) lieferte der Waldbesitzer das Holz ofenfertig an den Verbraucher, d.

h. nach der Trocknung am Waldweg bzw. Waldrand folgte die abschließende Aufarbeitung zu kurzen Scheiten und der Transport mit Schlepper und Anhänger zum Kunden (vgl. **Abb. 2-22**).

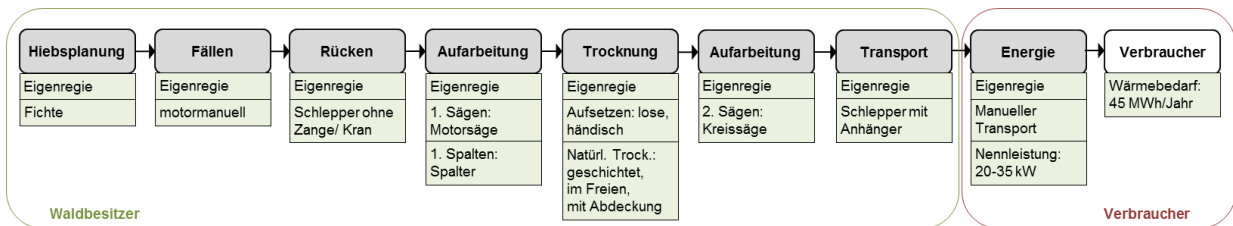


Abb. 2-22: Wertschöpfungskette zur Scheitholznutzung in Eigenregie für die Eigenvermarktung [SH-ER-EV].

In der Beispieltkette der MR Keuper (SH-DL-FV) führte die Untere Forstbehörde die Hiebsplanung und das motormanuelle Fällen von Brennholz (Buche als Koppelprodukt) in Dienstleistung für den Waldbesitzer durch (vgl. **Abb. 2-23**). Das Rücken wurde an einen Lohnunternehmer mit Schlepper ohne Zange/ Kran vergeben und das Brennholz über das Forstamt vermarktet. Da die Erhebungsphase keine Freizeit-Selbsterwerber bei der Brennholzaufarbeitung berücksichtigte, wurde angenommen, dass die Aufarbeitung durch den Verbraucher analog zur typischen Kette des Privatwaldbesitzers, jedoch mit kleineren Maschinen bei gleichzeitig geringerem Einsatzumfang, erfolgte.

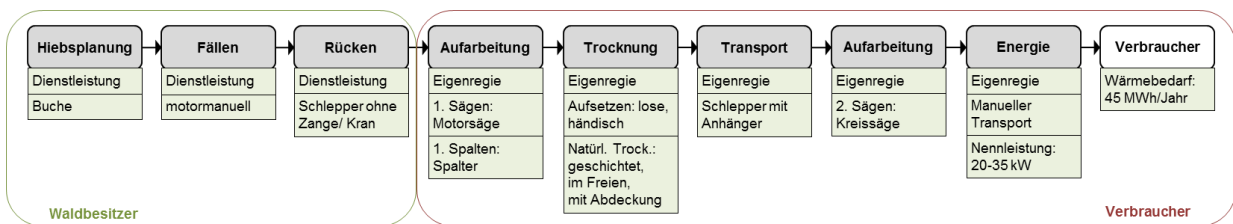


Abb. 2-23: Wertschöpfungskette zur Scheitholznutzung in Dienstleistung für die Fremdvermarktung [SH-DL-FV].

2.1.3.2 Wertschöpfungsketten für Hackschnitzel im kleinen und mittleren Privatwald

Während das Hackholz in MR Kalk, wie die Charakterisierung der Akteure in Kap. 2.1.2 zeigte, ausschließlich (durch die Untere Forstbehörde) fremdvermarktet wurde, nutzten die Privatwaldbesitzer der MR Silikat es mit >80 % überwiegend für den Eigenbedarf. Die befragten Waldbesitzer der MR Keuper verwendeten das Hackholz zu 77 % selbst, das übrige Holz wurde fremdvermarktet.

Entsprechend höher lag in MR Kalk auch die Beteiligung von Dienstleistern bei der Holzernte mit 49 % (vgl. **Tab. 2-24**). Die andere Hälfte des Hackholzes fällten und rückten die Waldbesitzer in MR Kalk selbst, in MR Silikat erfolgte die Holzernte (mit Ausnahmen) nur durch den Waldbesitzer. Zur Hiebsplanung lagen keine Informationen vor, es wurden die Anteile von Dienstleistern analog zum Fällen und Rücken angenommen.

Bei Verwendung des Hackholzes für den Eigenbedarf in MR Silikat beauftragten die Privatwaldbesitzer einen Lohnunternehmer mit dem Hacken, Trocknung und Lagerung sowie der Transport mit einem Anteil von 94 % führten sie selbst durch.

Die Ergebnisse der nicht repräsentativen Befragung in MR Keuper waren stark durch die z. T. von der Unteren Forstbehörde betreuten mittelgroßen Forstbetriebe geprägt. Entsprechend hoch lag der Anteil der von Dienstleistern durchgeführten Holzernte mit 71 %. Zwei Waldbesitzer, die das Hackholz für den eigenen Bedarf verwendeten, ließen das Holz von einem Lohnunternehmer hacken, die Trocknung/ Lagerung erfolgte in Eigenregie. Mit dem Transport beauftragte ein Waldbesitzer einen Dienstleister, der andere führte diesen selbst durch.

Tab. 2-24: Einsatz von Dienstleistern im kleinen und mittleren Privatwald und im Handel bei den Wertschöpfungsstufen der Value Chain Hackschnitzel in den Modellregionen.

WS-Stufen	Kalk Durchführung ...		Silikat Durchführung ...		Keuper Durchführung ...	
	Eigen- regie [%]	Dienstleis- tung [%]	Eigen- regie [%]	Dienstleis- tung [%]	Eigen- regie [%]	Dienstleis- tung [%]
Fällen	51	49	100	0	29	71
Rücken	51	49	85	15	29	71
Hacken			0	100	0	100
Trocknung/ Lagerung			100	0	100	0
Transport			94	6	53	47

Die nachfolgende Stoffstromanalyse stellte dar, an welchen Wertschöpfungsstufen der Value Chain „Hackschnitzel“ die Privatwaldbesitzer beteiligt waren und in welcher Reihenfolge die Wertschöpfungsstufen zueinander standen. Diese Ergebnisse basierten auf der kleineren repräsentativ – auf Grundlage der in Kap. 2.1.2 charakterisierten Waldbesitzer – gezogenen Stichprobe. Diese verwendeten in MR Kalk das Hackholz ebenfalls ausschließlich zur Vermarktung, der Eigenbedarfsanteil in MR Silikat lag hier bei 85 % und in MR Keuper bei 80 % (vgl. **Abb. 2-24** bis **Abb. 2-26**).

In allen Modellregionen wurde das Hackholz nach der Hiebsplanung und dem Fällen zum Waldweg gerückt (vgl. **Abb. 2-24** bis **Abb. 2-26**).

Die Waldbesitzer der MR Kalk vermarkteten das Hackrohholz nach dem Rücken über Dritte, es folgte der Transport oder das Hacken durch den Käufer (vgl. **Abb. 2-24**).

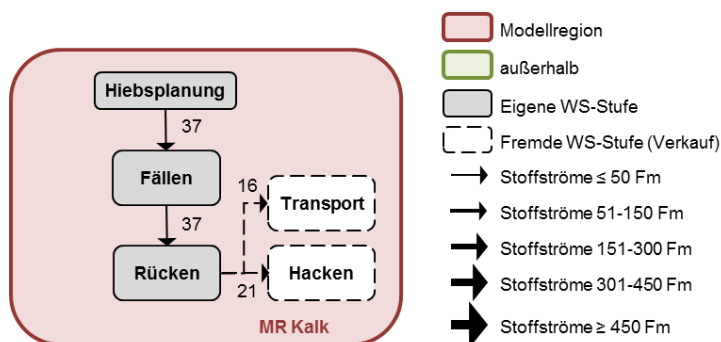


Abb. 2-24: Stoffströme von Hackholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Kalk in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.

Das in MR Silikat für den Eigenbedarf verwendete Hackrohholz wurde zu 96 % nach dem Rücken zu einem Trocknungs-/ Lagerplatz transportiert (vgl. **Abb. 2-25**). Eine kleine Menge konnte direkt dort hin gerückt werden. Nach der natürlichen Trocknung als Rohholz (vgl. **Tab. 2-25**) folgte das Hacken und direkt anschließend der Transport zum Hof/ Haus bzw. die energetische Verwertung. Die Lagerung für den Winter im Bunker am Haus wurde in der Wertschöpfungsstufe „Energieumwandlung“ berücksichtigt.

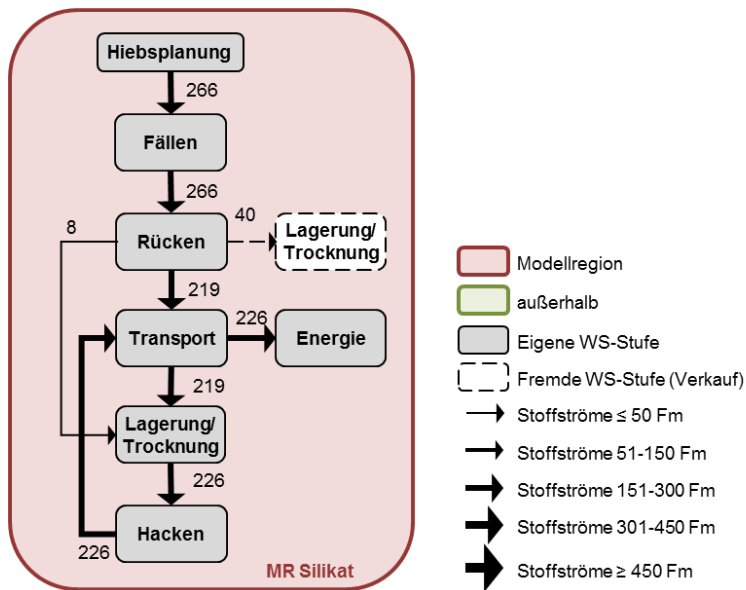


Abb. 2-25: Stoffströme von Hackholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Silikat in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.

Tab. 2-25: Produktzustand des Hackholzes bei der natürlichen Trocknung bzw. Lagerung im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

Produktzustand bei natürlicher Trocknung	Anteil des getrockneten Hackholzes [%]		
	Kalk	Silikat	Keuper
Rundholz - lang		100	100
Hackschnitzel		0	0

Die zwei Waldbesitzer der MR Keuper, die das Hackholz für den Eigenbedarf nutzten, lagerten bzw. trockneten das Hackrohholz nach dem Rücken am Waldweg (vgl. **Abb. 2-26, Tab. 2-25**). Nach dem Hacken transportierte einer das Hackholz direkt zur Anlage für die energetische Verwertung im Winter, der andere Waldbesitzer war wegen des zu kleinen Bunkers an der Heizanlage auf die Zwischenlagerung in einer Feldscheune angewiesen.

Das Hackholz fiel im Privatwald der MR Kalk ausschließlich und in den Modellregionen Silikat und Keuper mit 82 % bzw. 77 % zum größten Teil als Koppelprodukt an. In geringem Umfang wurde auch der Vollbaum als Hackholz verwendet (vgl. **Tab. 2-26**).

Während das Fällen in den Modellregionen Silikat und Keuper ausschließlich motormanuell erfolgte, lag der Anteil der mechanisierten Holzernte in MR Kalk – entsprechend der dort höheren Beteiligung von Dienstleistern – mit 41 % sehr hoch (vgl. **Tab. 2-27, Tab. 2-24**). Die Vollmechanisierung hatte mit 30 % den höchsten Anteil, es war überwiegend keine motormanuelle Zufällung erforderlich.

Analog hierzu zeigte sich auch beim Rücken in MR Kalk mit dem Forwarder-Anteil von 56 % ein höherer Mechanisierungsgrad als in den anderen beiden Modellregionen. Die weiteren 44 % des Hackholzes rückten die Waldbesitzer der MR Kalk mit einem Schlepper ohne Kran/ Zange. In den Modellregionen Silikat und Keuper kam mit etwa zwei Drittel am häufigsten ein Schlepper mit Zange/ Kran zum Einsatz. Das übrige Holz wurde ebenfalls mit einem Schlepper ohne Kran/ Zange gerückt. Der Seilkran wurde im kleinen und mittleren Privatwald nicht eingesetzt.

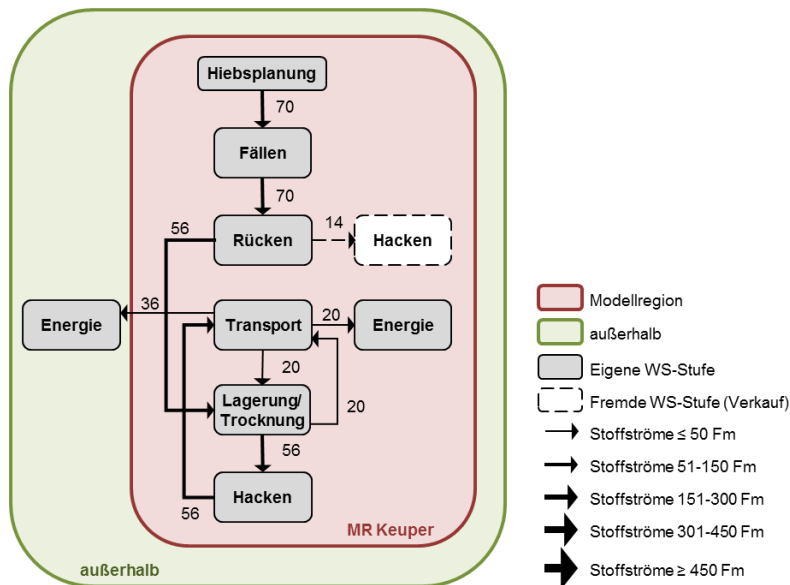


Abb. 2-26: Stoffströme von Hackholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Keuper in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.

Tab. 2-26: Hackholznutzung als Vollbaum und Koppelprodukt im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

Hackholznutzung als ...	Kalk	Silikat	Keuper	Gesamt
Vollbaum	0	19	23	18
Koppelprodukt	100	81	77	82

Tab. 2-27: Angewandte Arbeitsverfahren beim Fällen und Rücken der Value Chain Hackschnitzel im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

WS-Stufe	Arbeitsverfahren	Anteil des geernteten Hackholzes [%]		
		Kalk	Silikat	Keuper
Fällen	motormanuell	59	100	100
	vollmechanisiert	30	0	0
	teilmechanisiert	11	0	0
Rücken	Seilschlepper mit Zange/Kran	0	71	68
	Seilschlepper ohne Zange/Kran	44	29	32
	Forwarder	56	0	0
	Seilkran	0	0	0

Die Waldbesitzer in MR Silikat, die das Hackholz für den eigenen Bedarf verwendeten, transportierten sowohl das Rundholz zum Lagerplatz als auch die Hackschnitzel zur Heizanlage ausschließlich mit dem Schlepper und Anhänger (vgl. **Tab. 2-28**). In MR Keuper vergab ein Waldbesitzer den Hackschnitzeltransport an einen Lohnunternehmer mit LKW, der andere transportierte die Hackschnitzel mit Schlepper und Anhänger.

Tab. 2-28: Angewandte Arbeitsverfahren bzw. Fahrzeugeinsatz beim Hackholztransport differenziert nach Produktzustand im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.

Produktzustand	Anteil des transportierten Hackholzes [%]							
	Kalk		Silikat		Keuper		Gesamt	
	LKW	Schlepper	LKW	Schlepper	LKW	Schlepper	LKW	Schlepper
Rundholz - lang			0	100			0	100
Hackschnitzel			0	100	64	36	13	87
Gesamt			0	100	64	36	7	93

Auch die Hackschnitzel-Heizanlagen in MR Silikat waren nach eigenen Angaben der Waldbesitzer zum Teil nicht ausgelastet. Die Nennleistung betrug bei zwei befragten Waldbesitzern 50 kW, einer von diesen gab an, eine Wohnfläche von ca. 400 m² zu heizen. Eine Anlage mit 70 kW lieferte Wärme für eine Wohnfläche von ca. 1000 m², diese könnte (laut Waldbesitzer) noch zusätzliche 100-150m² versorgen. Eine weitere Anlage mit 100 kW heizte ebenfalls eine Wohnfläche von ca. 1000 m². Dieser Waldbesitzer räumte ein, dass der Betrieb einer gemeinsamen Hackschnitzel-Anlage mit dem Nachbar-Hof sinnvoll gewesen wäre.

In MR Keuper gab ein Waldbesitzer eine Nennleistung von 35 kW an.

Basierend auf der vorausgegangenen Stoffstromanalyse sowie der Charakterisierung der Wertschöpfungsstufen wurden vier Wertschöpfungsketten für Hackschnitzel aus dem kleinen und mittleren Privatwald ausgewählt. Da das Hackholz in MR Silikat zum größten Teil für den Eigenbedarf verwendet und in MR Kalk ausschließlich nach dem Rücken vermarktet wurde, konnte keine gemeinsame typische Wertschöpfungskette identifiziert werden (vgl. **Tab. 2-29**). Die nachfolgend beschriebene Wertschöpfungskette HS-ER-EB zur Hackholzernte und –aufarbeitung in Eigenregie für die Eigenbedarfsverwendung war in MR Silikat am stärksten repräsentiert. Währenddessen erfolgte die Hackholzernte in MR Kalk in Eigenregie oder in Dienstleistung und wurde anschließend (über die Untere Forstbehörde) fremdvermarktet (HS-ER-FV und HS-DL-FV). In MR Keuper konnte aufgrund der kleinen Stichprobe keine repräsentative Auswahl einer Wertschöpfungskette erfolgen. Es wurde jedoch eine Beispielkette HS-DL-EB zur Hackholzernte in Dienstleistung für den Eigenbedarf, dem größtem Anteil der untersuchten Stoffströme entsprechend, ausgewählt.

Tab. 2-29: Bedeutung der Varianten der Value Chain von Hackschnitzel im kleinen und mittleren Privatwald in den Modellregionen.

Wertschöpfungskette	Kalk	Silikat	Keuper
HS-ER-EB		X	
HS-ER-FV	X		
HS-DL-FV	X		
HS-DL-EB			X

Innerhalb der typischen Hackschnitzel-Kette der MR Silikat wurde das Hackholz (Fichte: Restholz und Industrieholzanteile) analog zum Brennholz in Eigenregie motormanuell geerntet und mit dem Schlepper gerückt (vgl. **Abb. 2-27**). In dieser Value Chain kam jedoch ein Schlepper mit Kran/ Zange zum Einsatz. Der Waldbesitzer transportierte das Hackrohholz anschließend mit Schlepper und Anhänger zum Trocknungs-/ Lagerplatz. Nach der natürlichen Trocknung im Freien wurde das Holz durch einen Dienstleister gehackt. Kennzahlen und Kosten zu dem vom Dienstleister eingesetzten Hacker wurde durch Befragungsergebnisse von Hackschnitzelhändlern nach Schmidt (unveröffentlicht) ergänzt. Der Waldbesitzer transportierte die Hackschnitzel anschließend in Eigenregie mit Schlepper und Anhänger zur Heizanlage (50 kW). Die Wärmeenergie wurde für den eigenen Bedarf verwendet.

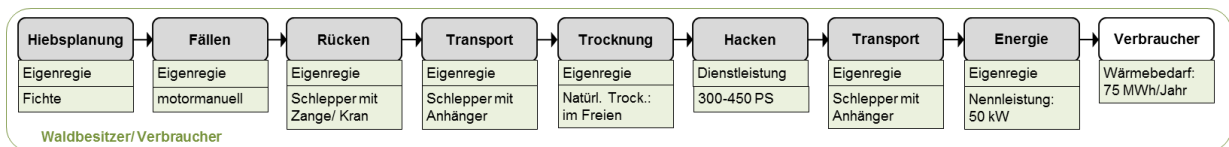


Abb. 2-27: Wertschöpfungskette zur Hackschnitzelnutzung in Eigenregie für den Eigenbedarf [HS-ER-EB].

In MR Kalk erfolgte ausschließlich eine Fremdvermarktung von Hackholz nach dem Rücken an der Waldstraße. Innerhalb der Wertschöpfungskette HS-ER-FV erntete der Waldbesitzer das Hackholz (Fichte: Restholz und Industrieholzanteile) in Eigenregie motormanuell und mit einem Schlepper ohne Kran/ Zange (vgl. **Abb. 2-28**). Zur weiteren Wertschöpfungskette konnte der Privatwaldbesitzer aufgrund der Vermarktung durch Dritte keine Angaben machen. Da diese über die Untere Forstbehörde erfolgte, wurde angenommen, dass die weitere Hackholzverwendung den Stoffströmen aus dem öffentlichen Wald entsprach. Nach Untersuchungen zu den Wertschöpfungsketten im Kommunal- und Staatswald von Schmidt (unveröffentlicht) vermarktete die Untere Forstbehörde das Hackholz überwiegend an Händler, welche dieses an der Waldstraße zunächst hackten, anschließend mit LKW-Container-Zug zu einem Lagerplatz transportierten und nach einer Zwischenlagerung, mit dem Nebeneffekt der natürlichen Trocknung, die Hackschnitzel zur Heizanlage lieferten. Am Lagerplatz kam ein Radlader zum Ent- und Beladen der Container zum Einsatz. Analog zur Wertschöpfungskette im öffentlichen Wald wurde als Heizanlage eine Beispielanlage mit 700 kW angenommen, die von einer GmbH (Kommune als Gesellschafter) betrieben und der Versorgung eines Nahwärmenetzes mit durchschnittlich 1.800 MWh/Jahr diente (vgl. Schmidt unveröffentlicht). Verbraucher dieser Wertschöpfungskette war ein Privathaushalt mit einem durchschnittlichen Wärmebedarf von 19,8 MWh/Jahr. Die Ermittlung der ökonomischen Effekte bzw. Kosten und Erlöse der Teilketten nach Fremdvermarktung des Hackrohholzes basierten auf den Ergebnissen nach Schmidt (unveröffentlicht).

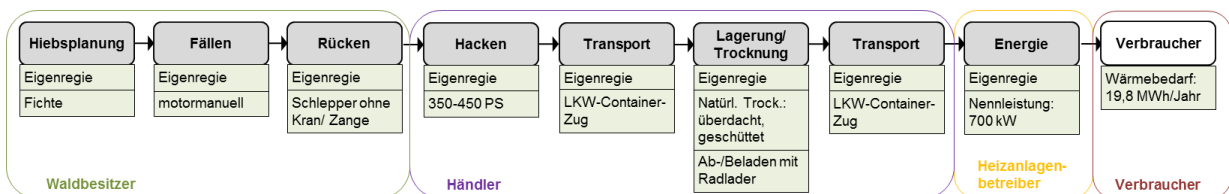


Abb. 2-28: Wertschöpfungskette zur Hackschnitzelnutzung in Eigenregie für die Fremdvermarktung [HS-ER-FV].

Ein größerer Anteil des Hackholzes in MR Kalk wurde nicht nur über die Untere Forstbehörde (UFB) vermarktet, sondern auch die Holzernte erfolgte in Dienstleistung durch die UFB bzw. von ihr beauftragte Lohnunternehmer. Die Wertschöpfungskette HS-DL-FV stellte eine durch die UFB organisierte vollmechanisierte Holzernte mit Harvester und Forwarder dar. Aufgrund der Waldrestholznutzung und des geringen relativen Zeitaufwandes für den Fallschnitt bei der Harvesterernte, waren jedoch keine Kosten für das Fällen zu berücksichtigen (vgl. **Abb. 2-29**). Die weitere Hackholzverwendung erfolgte analog zur Wertschöpfungskette HS-ER-FV.

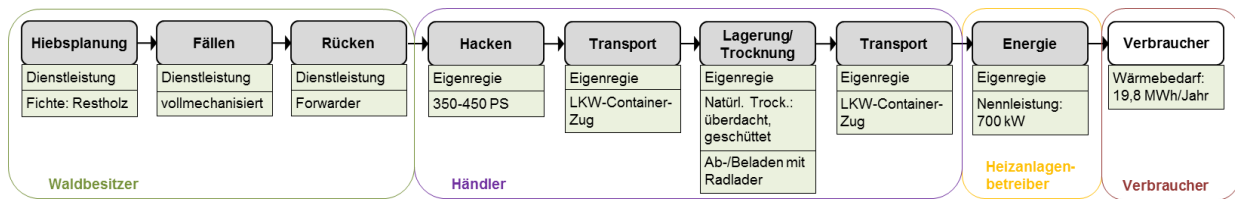


Abb. 2-29: Wertschöpfungskette zur Hackschnitzelnutzung in Dienstleistung für die Fremdvermarktung [HS-DL-FV].

In der Beispielskette HS-DL-EB für MR Keuper wurde das Hackholz (Fichte: Restholz) in Dienstleistung durch Mitarbeiter der UFB motormanuell gefällt und durch einen Lohnunternehmer mit Schlepper und Zange/ Kran gerückt. Nach einer natürlichen Trocknung/ Lagerung des Rohholzes im Freien beauftragte der Waldbesitzer einen Unternehmer mit dem Hacken und dem Transport mit LKW zur Heizanlage. Es wurde, analog zur Wertschöpfungskette in MR Silikat, die größte Beispielanlage nach Hartmann (2013) mit 50 kW und einem Wärmebedarf von 75 MWh/Jahr angenommen, da keine eigene Datenerhebung für Heizanlagen erfolgte.

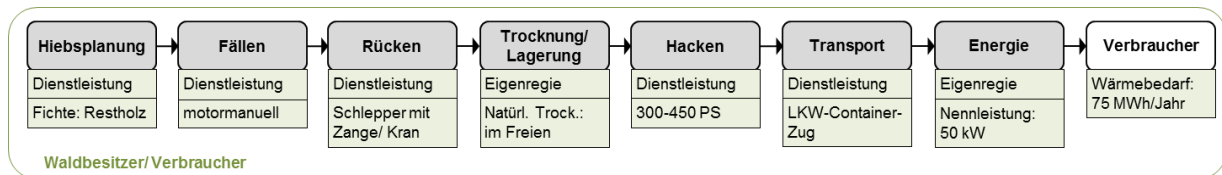


Abb. 2-30: Wertschöpfungskette zur Hackschnitzelnutzung in Dienstleistung für den Eigenbedarf [HS-DL-EB].

2.1.4 Ökonomische Effekte

Für die in Kap. 2.1.3 beschriebenen Wertschöpfungsketten von Scheitholz und Hackschnitzel wurden die ökonomischen Effekte je Festmeter insgesamt sowie deren regionaler Anteil basierend auf einer Entstehungs-, Verteilungs- und Vergleichskostenrechnung ermittelt. Vorausgegangene Waldpflegemaßnahmen sowie allgemeine Betriebskosten (BG-Beiträge, Grundsteuer etc.) und Arbeitszeitbedarf im Privatwald konnten grundsätzlich methodisch nicht berücksichtigt werden. Außerdem wurden keine Fällkosten für als Hackschnitzel verwendetes Waldrestholz angerechnet.

Tab. 2-30 stellte - sofern vorhanden - zunächst die Ergebnisse der Entstehungs- und Verteilungsrechnung für die Vermarktungsketten des Waldbesitzers, Händlers und Heizanlagenbetreibers dar. Diese beinhalteten sowohl die Summe der Umsatzerlöse und Vorleistungen bzw. der sich daraus ergebenden Nettowertschöpfung (NWS), als auch deren Verteilung auf die verschiedenen (beteiligten) Akteure: Mitarbeiter, Lohnunternehmer, Waldbesitzer, Händler, Heizanlagenbetreiber, Fremdkapitalgeber, Staat und Gesellschaft. Die NWS-Quote drückte das Verhältnis der NWS zum Umsatzerlös aus.

Die darauf folgende Vergleichskostenrechnung von Energieholz- und Heizölreferenzsystem mit dem Ergebnis der Einsparung bzw. Mehrkosten wurde durch eine Verteilungsrechnung der zusätzlichen Nettowertschöpfungseffekte ergänzt. Die Tabelle wies außerdem die jeweiligen Teilergebnisse bei Gegenüberstellung der Heizanlagen bzw. des Brennstoffs und seiner Aufarbeitung aus. Eine detaillierte Darstellung der Teilergebnisse nach Wertschöpfungsstufen ist **Tab. 2-31** und **Tab. 2-32** zu entnehmen. Die ökonomischen Effekte insgesamt bzw. deren Verteilung sowie den regionalen Anteil dieser Effekte fasste **Abb. 2-31** zusammen.

Eine Holzvermarktung erfolgte für Scheitholz bei den Wertschöpfungsketten SH-ER-EV sowie SH-DL-FV. Während bei der ersten Variante das Scheitholz vom Privatwaldbesitzer ofenfertig aufgearbei-

tet und selbst frei Heizanlage an den Verbraucher verkauft wurde, beauftragte dieser bei der anderen Variante einen Dienstleister – hier die Untere Forstbehörde (UFB) - mit der Organisation der Holzernnte und der Vermarktung von Brennholz lang frei Waldstraße an einen Freizeitselbstwerber. Für das Rücken kam ein weiterer Lohnunternehmer zum Einsatz. Hackrohholz vermarktete der Privatwaldbesitzer in den Wertschöpfungsketten HS-ER-FV und HS-DL-FV über Dritte – hier die UFB – an den Händler, wobei er bei der ersten Variante die Holzernnte von Fichte (inkl. Industrieholzanteile) selbst durchführte, während bei der anderen Variante die vollmechanisierte Holzernnte von Waldrestholz in Dienstleistung erfolgte. Der Händler vermarktete Hackschnitzel nach Zwischenlagerung an einen Heizanlagenbetreiber, der über das Nahwärmenetz einen Privathaushalt versorgte.

Tab. 2-30: Entstehungs-, Verteilungs- und Vergleichskostenrechnung der Vermarktungsketten insgesamt und Verbraucherketten sowie der regionale Mehrwert ausgewählter Wertschöpfungsketten.

Wertschöpfungskette	SH-ER-EB	SH-ER-EV	SH-DL-FV	HS-ER-EB	HS-ER-FV	HS-DL-FV	HS-DL-EB
Entstehungs- und Verteilungsrechnung der Vermarktungskette(n)							
Umsatzerlös [€/Fm]		124,95	55,40		182,87	182,87	
Vorleistungen & Abschreibungen [Fm]		56,11	4,65		146,68	122,64	
Nettowertschöpfung [€/Fm]		68,84	50,75		36,19	60,23	
Nettowertschöpfungsquote [%]		55	92		20	33	
Mitarbeiter [€/Fm]			17,85		11,03	12,92	
Lohnunternehmer [€/Fm]			-7,42		0,65	2,21	
Waldbesitzer [€/Fm]		26,48	20,88		-19,48	5,15	
Händler [€/Fm]					-4,99	-4,99	
Heizanlagenbetreiber [€/Fm]					15,82	15,82	
Fremdkapitalgeber [€/Fm]		14,88	0,30		16,24	12,43	
Staat und Gesellschaft [€/Fm]		27,48	19,14		16,92	16,69	
Vergleichskosten- und Verteilungsrechnung der Verbraucherkette							
Einsparung/ Mehrkosten [€/Fm]	45,04	4,51	-2,55	48,18	58,27	58,27	83,07
Vergleichskosten: Heizanlage [€/Fm]	-4,69	-4,69	-4,69	-32,50			-32,50
Vergleichskosten: Brennstoff/ -aufarbeitung [€/Fm]	49,72	9,20	2,14	80,68			115,56
Nettowertschöpfung [€/Fm]	36,45	7,67	34,42	37,57	14,43	14,43	26,26
Mitarbeiter [€/Fm]				0,64			5,30
Lohnunternehmer [€/Fm]				2,36			-0,97
Fremdkapitalgeber [€/Fm]	14,87		15,12	10,01	7,01	7,01	1,39
Staat und Gesellschaft [€/Fm]	21,58	7,67	19,30	24,56	7,42	7,42	20,54
Ökonomische Effekte insgesamt							
Nettowertschöpfung, Einsparung/ Mehrkosten [€/Fm]	81,49	81,02	82,63	85,75	108,89	132,93	109,33
Verbraucher/ Waldbesitzer (mit Eigenbedarf) [%]	55	6	-3	56	54	44	76
Mitarbeiter [%]			22	1	10	10	5
Lohnunternehmer [%]			-9	3	1	2	-1
Waldbesitzer (mit Vermarktung) [%]		33	25		-18	4	
Händler [%]					-5	-4	
Heizanlagenbetreiber [%]					15	12	
Fremdkapitalgeber [%]	18	18	19	12	21	15	1
Staat und Gesellschaft [%]	26	43	47	29	22	18	19
Regionaler Mehrwert insgesamt							
Regionaler Mehrwert [€/Fm]	52,91	40,71	40,45	55,20	74,60	100,34	86,81
Regionaler Mehrwert [%]	65	50	49	64	69	75	79
Verbraucher/ Waldbesitzer (mit Eigenbedarf) [%]	85	11	-6	87	78	58	96
Mitarbeiter [%]			41		12	10	4
Lohnunternehmer [%]			-12	2	1	2	-1
Waldbesitzer (mit Vermarktung) [%]		65	52		-26	5	
Händler [%]					-3	-2	
Heizanlagenbetreiber [%]					21	16	
Fremdkapitalgeber [%]	14	18	19	9	16	10	1
Staat und Gesellschaft [%]	1	6	6	1	2	2	1

Tab. 2-31: Entstehungs- und Verteilungsrechnung der Vermarktungsketten des Waldbesitzers, Händlers und Heizanlagenbetreibers ausgewählter Wertschöpfungsketten (VL&A = Vorleistungen & Abschreibungen).

Vermarktungs-Teilkette	Waldbesitzer				Händler	Heizanlagenbetreiber
	SH-ER-EV	SH-DL-FV	HS-ER-FV	HS-DL-FV	HS-ER-FV, HS-DL-FV	HS-ER-FV, HS-DL-FV
Entstehungsrechnung						
Umsatzerlös (ggf. inkl. MwSt) [€/Fm]	124,95	55,40	19,13	19,13	34,16	129,59
VL & A - Fällen/ Aufarbeitung [€/Fm]	1,13	1,24	5,16			
VL & A - Rücken [€/Fm]	6,21	2,97	22,44	3,56		
VL & A - SH-Aufarbeitung [€/Fm]	15,25					
VL & A - Hacken [€/Fm]					5,07	
VL & A - natürl. Trocknung/ Lagerung [€/Fm]	0,48				3,96	
VL & A - Transport W->LP [€/Fm]					1,99	
VL & A - Transport LP->HA [€/Fm]					1,46	
VL & A - Transport W->HA [€/Fm]	2,10					
VL & A - Energie [€/Fm]						88,33
VL & A - Gemein [€/Fm]	30,95	0,43	0,04	0,04	18,24	
<i>VL & A - Gesamt [€/Fm]</i>	56,11	4,65	27,64	3,61	30,71	88,33
Nettowertschöpfung (NWS) [€/Fm]	68,84	50,75	-8,51	15,52	3,44	41,26
NWS-Quote mit Rohstoffkosten [%]	55	92	-45	81	10	32
NWS-Quote ohne Rohstoffkosten [%]					21	28
Verteilungsrechnung						
Fällen/ Aufarbeitung [€/Fm]		10,10				
Rücken [€/Fm]		4,11		1,89		
Hacken [€/Fm]					1,62	
natürl. Trocknung/ Lagerung [€/Fm]					0,55	
Transport W-> LP [€/Fm]					0,83	
Transport LP->HA [€/Fm]					0,66	
Energie [€/Fm]						6,64
Gemein [€/Fm]		3,65	0,36	0,36	0,37	
<i>Mitarbeiter - Gesamt [€/Fm]</i>		17,85	0,36	2,25	4,02	6,64
Fällen/ Aufarbeitung [€/Fm]		-4,16				
Rücken [€/Fm]		-0,81		1,06		
Gemein [€/Fm]		-2,45	0,65	1,15		
<i>Lohnunternehmer - Gesamt [€/Fm]</i>		-7,42	0,65	2,21		
<i>Waldbesitzer - Gesamt [€/Fm]</i>	26,48	20,88	-19,48	5,15		
<i>Händler - Gesamt [€/Fm]</i>					-4,99	
<i>Heizanlagenbetreiber - Gesamt [€/Fm]</i>						15,82
Fällen/ Aufarbeitung [€/Fm]			0,26			
Rücken [€/Fm]	1,52	0,30	3,80	0,25		
SH-Aufarbeitung [€/Fm]	3,44					
Hacken [€/Fm]					0,41	
natürl. Trocknung/ Lagerung [€/Fm]	0,03				0,13	
Transport W-> LP [€/Fm]					0,09	
Transport LP->HA [€/Fm]					0,07	
Transport W->HA [€/Fm]	0,79					
Energie [€/Fm]						10,85
Gemein [€/Fm]	9,11				0,64	
<i>Fremdkapitalgeber - Gesamt [€/Fm]</i>	14,88	0,30	4,06	0,25	1,33	10,85
Fällen/ Aufarbeitung [€/Fm]	0,47	3,32	0,97			
Rücken [€/Fm]	1,65	1,53	4,63	2,88		
SH-Aufarbeitung [€/Fm]	4,89					
Hacken [€/Fm]					1,34	
natürl. Trocknung/ Lagerung [€/Fm]	0,09				0,31	
Transport W-> LP [€/Fm]					0,75	
Transport LP->HA [€/Fm]					0,56	
Transport W->HA [€/Fm]	1,00					
Energie [€/Fm]						7,95
Gemein [€/Fm]	19,38	14,29	0,28	2,78	0,12	
<i>Staat und Gesellschaft - Gesamt [€/Fm]</i>	27,48	19,14	5,89	5,66	3,08	7,95

Tab. 2-32: Vergleichskostenrechnung zur Ermittlung der Einsparung/ Mehrkosten des Verbrauchers (Privatwaldbesitzer/ sonstiger Privathaushalt) ausgewählter Wertschöpfungsketten.

Teilkette	Verbraucher/ Waldbesitzer mit Eigenbedarf					
	SH-ER-EB	SH-ER-EV	SH-DL-FV	HS-ER-FV, HS-DL-FV	HS-ER-EB	HS-DL-EB
Basic Value Chain						
Einsparungseffekte/ Mehrkosten						
Kosten - Fällen/ Aufarbeitung [€/Fm]	1,60				6,25	0,00
Kosten - Rücken [€/Fm]	9,38				1,26	9,64
Kosten - SH-Aufarbeitung [€/Fm]	23,59		30,88			
Kosten - Hacken [€/Fm]					12,30	12,30
Kosten - natürl. Trocknung/ Lagerung [€/Fm]	0,60		0,60		0,00	0,00
Kosten - Transport [€/Fm]	3,42		3,72		2,96	3,34
Kosten - Energie [€/Fm]	62,86	62,86	62,86	182,71	80,50	80,50
Kosten - Gemein [€/Fm]	45,85	124,95	96,81		38,68	1,29
<i>Kosten - Gesamt [€/Fm]</i>	147,29	187,81	194,87	182,71	141,96	107,07
Kosten - Heizölsreferenzsystem [€/Fm]	192,33	192,33	192,33	240,99	190,14	190,14
Einsparung/ Mehrkosten [€/Fm]	45,04	4,51	-2,55	58,27	48,18	83,07

Während bei der Scheitholz-Eigenvermarktung (Vermarktungsteilkette von SH-ER-EV) eine NWS i. H. v. 68,84 €/Fm erzielt wurde, lag diese bei Stückholz-Fremdvermarktung (Vermarktungsteilkette von SH-DL-FV) mit 50,75 €/Fm niedriger (vgl. **Tab. 2-30**). Allerdings fiel die NWS-Quote der Variante SH-DL-FV mit 92 % sehr viel höher aus als bei Variante SH-ER-EV mit 55 %, da die Vorleistungen und Abschreibungen mit 4,65 €/Fm gering waren. Die geringe NWS-Quote der Eigenvermarktungskette wies hingegen auf einen sehr hohen Anteil der Vorleistungen durch Maschinenkosten hin. Der Waldbesitzer erbrachte insbesondere Vorleistungen und Abschreibungen für den Seilwindenbetrieb mit 6,21 €/Fm, die Scheitholzaufarbeitung mit 15,25 €/Fm sowie die Motorsäge und den Schlepperbetrieb mit 5,76 €/Fm bzw. 25,19 €/Fm.⁸ Die NWS der Vermarktungsketten von Hackschnitzel bei Holzernte durch den Privatwaldbesitzer in Eigenregie (HS-ER-FV) fiel mit 36,19 €/Fm deutlich geringer aus und lag bei vollmechanisierter Holzernte in Dienstleistung (HS-DL-FV) mit 60,23 €/Fm zwischen den Ergebnissen der beiden Scheitholzketten. Der Umsatzerlös war mit 182,87 €/Fm deutlich höher als bei Scheitholz, da dieser die Summe der Erlöse von Waldbesitzer, Händler und Heizanlagenbetreiber abbildete. Die unterschiedliche NWS bei gleichem Umsatzerlös beider Hackschnitzel-Vermarktungsketten war auf die hohen Vorleistungen bei Holzernte in Eigenregie (HS-ER-FV) i. H. v. 146,68 €/Fm bedingt durch die geringe Maschinenauslastung des Schleppers und hohen Vorleistungen beim Rücken i. H. v. 22,44 €/Fm zurückzuführen (vgl. **Tab. 2-31**). Die NWS-Quote lag bei den Hackschnitzelketten im Vergleich zu Scheitholz mit 20 % und 33 % für HS-ER-FV bzw. HS-DL-FV deutlich geringer. Betrachtete man die jeweiligen NWS-Quoten der Teilketten in **Tab. 2-31**, zeigte sich auch bei direktem Vergleich der Waldbesitzerketten eine geringere NWS-Quote von 81 % bei der Hackholzernte in Dienstleistung (vgl. SH-DL-FV: 92 %) und sogar ein negatives Ergebnis für die Durchführung in Eigenregie, welches auf die hohen Verluste des Waldbesitzers zurückzuführen war. Das Verhältnis von NWS zu Umsatzerlös der Händlerteilkette war mit 10 % mit und 21 % ohne Berücksichtigung der Rohstoffkosten deutlich schlechter zu beurteilen. Dies war insbesondere durch den geringen Umsatzerlös von 34,16 €/Fm bei gleichzeitig hohen Rohstoffkosten von 18,13 €/Fm (s. Gemein-Kosten **Tab. 2-31**) bedingt. Für das Hacken fielen außerdem Vorleistungen und Abschreibungen i. H. v. 5,07 €/Fm und für die Lagerung und Transport von 3,96 €/Fm bzw. 3,45 €/Fm an. Für die Heizanlagenbetreiber hatte die NWS etwa einen Anteil von einem Drittel am Umsatzerlös, während der übrige für Vorleistungen und Abschreibungen aufgewendet wurde.

⁸ Vorleistungen & Abschreibungen der Wertschöpfungsstufen Rücken, Scheitholzaufarbeitung, „Gemein“ vgl. **Tab. 2-310**.

Als Verbraucher wurden für alle beschriebenen Vermarktungsketten Privathaushalte angenommen. Während diese bei der Wertschöpfungskette SH-ER-EV das Scheitholz ofenfertig einkauften und nur die Vergleichskosten des Heizanlagenbetriebs für eine Anlage mit 30 kW nach Hartmann (2013) ermittelt wurden, fielen für Variante SH-DL-FV außerdem Kosten für Aufarbeitung, Transport und Trocknung an. Für die Hackschnitzel-Vermarktungsketten wurden die Anschlusskosten des Verbrauchers an das Nahwärmenetz (Übergabestation, Umwälzungspumpe, Brauchwasserspeicher etc.) einer Heizölreferenzanlage mit 15 kW inklusive der jeweiligen Wärme- bzw. Heizölkosten gegenüber gestellt. Bei den Varianten SH-ER-EB, HS-ER-EB und HS-DL-EB handelte es sich um Wertschöpfungsketten, in denen der Privatwaldbesitzer das Scheitholz in Eigenregie bzw. die Hackschnitzel in Eigenregie oder Dienstleistung aufarbeitete und für den eigenen Bedarf verwendete. Aus diesem Grund war die Einsparung der Scheitholznutzung des Privatwaldbesitzers für den Eigenbedarf (SH-ER-EB) mit 45,04 €/Fm deutlich höher als beim Verbraucher mit 4,51 €/Fm, der ofenfertiges Scheitholz einkaufte (SH-ER-EV). Der Freizeitselbstwerber frei Waldstraße (SH-DL-FV) trug wegen der geringen Maschinenauslastung sogar Mehrkosten i. H. v. -2,55 €/Fm gegenüber einem Heizölreferenzsystem. Die Vergleichskosten der Heizanlage lagen für die drei Ketten bei denselben Heizsystemen gleich auf und wiesen mit -4,69 €/Fm höhere Kosten für die Scheitholzheizung aus. Der direkte Vergleich der Brennstoffkosten hingegen zeigte ein positives Ergebnis für alle Scheitholz-Varianten (SH-ER-EB: 49,72 €/Fm; SH-ER-EV: 9,29 €/Fm; SH-DL-FV: 2,14 €/Fm). Diese Teilergebnisse verdeutlichen, dass eine Einsparung durch Energieholzverwendung bei den untersuchten Anlagen nur aufgrund deutlich vorteilhafter Vergleichskosten für die Brennstoffversorgung möglich war, die die höheren Kosten für die Heizanlage kompensierten. Eine detaillierte Vergleichskostenrechnung, welche die Kostenausweisung nach Wertschöpfungsstufen berücksichtigte, war **Tab. 2-32** zu entnehmen. Dabei wurden die Kosten für die Anschaffung sowie Reparatur/ Wartung etc. der Motorsäge und des Schleppers in SH-ER-EV den Gemein-Kosten zugewiesen. In SH-DL-FV konnten die Motorsägenkosten direkt der Wertschöpfungsstufe Scheitholz-Aufarbeitung zugeordnet werden, sodass die Gemein-Kosten durch Rohstoffkosten und Schlepper-Betrieb dominiert wurden. Nach den bei der Brennstoffversorgung am höchsten ausfallenden Gemein-Kosten i. H. v. 45,85 €/Fm für SH-ER-EB und 96,81 €/Fm für SH-DL-FV zeigten sich besonders hohe Kosten für die Scheitholz-Aufarbeitung⁹ i. H. v. 23,59 €/Fm bzw. 30,88 €/Fm und für das Rücken¹⁰ i. H. v. 9,38 €/Fm.

Bei Eigenbedarfsverwendung von Hackholz in Eigenregie (HS-ER-EB) wurde mit 48,18 €/Fm eine ähnlich hohe Einsparung erzielt wie bei Scheitholz mit 45,04 €/Fm (SH-ER-EB). Allerdings zeigten die direkten Vergleichskosten der Heizanlage mit -32,50 €/Fm sehr viel höhere Mehrkosten der Hackschnitzel-Heizanlage gegenüber dem Heizölreferenzsystem (vgl. SH-ER-EB: -4,69 €/Fm). Dahingegen war die Brennstoffversorgung mit 80,68 €/Fm deutlich vorteilhafter (vgl. SH-ER-EB: 49,72 €/Fm). Insbesondere die Brennstoffaufarbeitungskosten konnten durch das Hacken mit 12,30 €/Fm (vgl. **Tab. 2-32**) deutlich reduziert werden. Die Kosten für das Rücken betragen hier nur 1,26 €/Fm, da u. a. die Abschreibung für den Rückewagen, welcher auch dem Transport diene, analog zum Schlepper unter „Gemein“ ausgewiesen wurden (Gemein-Kosten: 38,68 €/Fm). Dafür konnten jedoch die Motorsägenkosten der Wertschöpfungsstufe Fällen/ Aufarbeitung direkt zugeordnet werden, diese lagen insgesamt bei 6,25 €/Fm. Die Eigenbedarfsverwendung des Hackholzes in Dienstleistung (HS-DL-EB) schien mit 83,07 €/Fm aus Sicht der Einsparung im Vergleich zu allen Energieholzketten am vorteilhaftesten. Die Heizanlagenvergleichskosten betragen analog zur Variante HS-ER-EB -32,50 €/Fm, allerdings konnte mit 115,56 €/Fm ein noch vorteilhafteres Ergebnis der Vergleichskosten für die Brennstoffversorgung ermittelt werden. Zwar wies **Tab. 2-32** mit 9,64 €/Fm höhere Kosten für das Rücken aus, diese berücksichtigten jedoch die Gesamtkosten der Dienstleistung, während die Gemeinkosten mit

⁹ Maschinenabschreibung, Opportunitätskosten, Reparatur-/ Wartung, Kraftstoffkosten, MwSt., Fremdkapitalzinsen für ggf. Motorsäge, Spalter und Kreissäge.

¹⁰ Seilwindenbetrieb und Kraftstoffkosten für das Rücken.

1,29 €/Fm sehr niedrig waren. Dass der hohe Arbeitszeitaufwand des Privatwaldbesitzers in der Variante HS-ER-EB nicht als Kosten bewertet wurde, ließ die Wertschöpfungskette HS-DL-EB noch vorteilhafter erscheinen, vorausgesetzt die Hackschnitzelbedarfsmenge rechtfertigte einen Transport mit dem LKW in Dienstleistung und dieser wurde durch Transportkosten i. H. v. 3,35 €/Fm gedeckt. Für die Wertschöpfungsketten mit Anschluss des Verbrauchers an das Nahwärmenetz (HS-ER-FV, HS-DL-FV) wurde mit 58,27 €/Fm eine ebenfalls höhere Einsparung ermittelt. Da der Verbraucher bereits mit Wärmeenergie versorgt wurde, konnten keine Teilergebnisse der Vergleichskosten ausgewiesen werden.

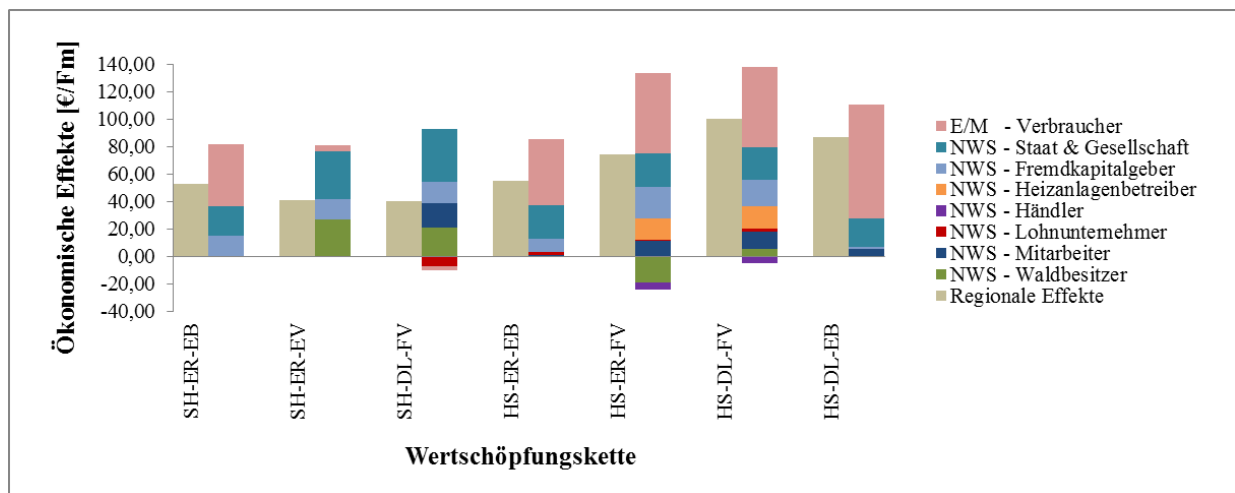


Abb. 2-31: Regionale Effekte und Verteilung der ökonomischen Effekte insgesamt auf die beteiligten Akteure für ausgewählte Wertschöpfungsketten [E/M = Einsparung/ Mehrkosten; NWS = Nettowertschöpfung].

Abb. 2-31 stellte die ökonomischen Effekte der Wertschöpfungsketten insgesamt sowie deren Verteilung auf die beteiligten Akteure dem regionalen Anteil der Effekte gegenüber. Ergänzend beinhaltete **Tab. 2-30** die relativen Anteile bzw. Beiträge der Akteure an den ökonomischen Effekten insgesamt bzw. dem regionalen Mehrwert. Die ökonomischen Effekte insgesamt der Scheitholz-Varianten, d. h. die Summe aus Einsparung/ Mehrkosten und Nettowertschöpfung der Vermarktungs- sowie Verbraucherkette, lag mit 81,49 €/Fm für SH-ER-EB, 81,02 €/Fm für SH-ER-EV und 82,63 €/Fm für SH-DL-FV etwa gleich auf. Währenddessen zeigten sich deutlichere Abweichungen des regionalen Mehrwertes mit 52,91 €/Fm (SH-ER-EB), 40,71 €/Fm (SH-ER-EV) und 40,45 €/Fm (SH-DL-FV) je nach Verteilung der Effekte auf die Akteure mit jeweils unterschiedlichem regionalen Verbleib (vgl. Kap. 2.1.1.3). Aus regionaler Sicht war die Eigenbedarfsverwendung von Scheitholz durch den Waldbesitzer (SH-ER-EB) von diesen Ketten am besten zu bewerten. Diese wurde maßgeblich durch die Einsparung des Waldbesitzers/ Verbrauchers i. H. v. 45,04 €/Fm geprägt (85 % der regionalen Effekte). Er profitierte mit 55 % außerdem am stärksten von den ökonomischen Effekten. Fremdkapitalgeber sowie Staat und Gesellschaft hatten durch Zinsen bzw. Steuern abzgl. MAP-Förderung einen Anteil von 14,87 €/Fm (18 %) bzw. 21,58 €/Fm (26 %), allerdings trugen diese mit 14 % bzw. 1 % nur in geringem Umfang zum regionalen Mehrwert bei.

In Variante SH-ER-EV mit Eigenvermarktung war die NWS des Waldbesitzers mit 26,48 €/Fm deutlich geringer als die Einsparung bei Eigenbedarfsverwendung. Er hatte einen Anteil von 33 % an den ökonomischen Effekten und trug 65 % am stärksten zu den regionalen Effekten bei. Bei gleichem Fremdkapitalgeber-Anteil erwiesen sich Staat und Gesellschaft bei den ökonomischen Effekten mit 35,15 €/Fm (43 %), bedingt durch Einkommensteuer und MwSt., als stärkster Profiteur. Dahingegen trugen sie nur mit 6 % zum ermittelten regionalen Mehrwert bei. Die Einsparung des Verbrauchers war im Vergleich der ökonomischen Effekte mit 4,51 €/Fm bzw. 11 % eher gering.

Die NWS des Waldbesitzers lag bei der Brennholzernte in Dienstleistung und Fremdvermarktung (SH-DL-FV) mit 20,88 €/Fm (25 % der ökonomischen Effekte, 52 % der regionalen Effekte) etwas niedriger als bei der Scheitholz-Eigenvermarktung (vgl. SH-ER-EV: 26,48 €/Fm). Allerdings wurde der hohe Arbeitszeitbedarf des Waldbesitzers bei Holzernte und Scheitholz-Aufarbeitung in Eigenregie nicht als Kosten angerechnet. Unter Berücksichtigung dieses Aspektes erwies sich Variante SH-DL-FV als vorteilhafter. Die Anteile von Fremdkapitalgeber sowie Staat und Gesellschaft zeigten nur geringe Abweichungen gegenüber der Variante mit Eigenvermarktung, der Freizeitselbsterwerber bzw. Verbraucher erzielte mit -2,55 €/Fm Mehrkosten und reduzierte die ökonomischen Effekte sowie den regionalen Mehrwert. Durch die Beauftragung von Dienstleistern waren an der Wertschöpfungskette SH-DL-FV auch Lohnunternehmer und Mitarbeiter beteiligt. Die Lohnunternehmer erzielten mit -7,42 €/Fm einen Verlust, der zu -4,16 €/Fm auf das motormanuelle Fällen/ Aufarbeitung, -0,81 €/Fm auf das Rücken mit dem Schlepper ohne Kran und -2,45 €/Fm auf die Hiebsplanung -organisation und Holzvermarktung durch die Untere Forstbehörde zurückzuführen war (vgl. **Tab. 2-31**). Die ökonomischen Effekte insgesamt und der regionale Mehrwert der anderen Akteure wurden um die Verluste der Lohnunternehmer reduziert. Die Mitarbeiter profitierten mit 17,85 €/Fm bzw. 22 % der ökonomischen Effekte deutlich von der Energieholznutzung in Dienstleistung. Mit 41 % trugen sie nach dem Waldbesitzer außerdem am stärksten zum regionalen Mehrwert bei.

Wie die Einsparung waren auch die ökonomischen Effekte insgesamt mit 85,71 €/Fm sowie der regionale Mehrwert mit 55,52 €/Fm der Eigenbedarfsverwendung von Hackholz mit Holzernte in Eigenregie (HS-ER-EB) ähnlich hoch wie bei Scheitholz (SH-ER-EB). Während die NWS insgesamt zwar etwa gleich blieb, variierte die Verteilung der Akteure durch einen geringen NWS des Lohnunternehmers i. H. v. 2,36 €/Fm (3 % der ökonomischen Effekte) für das Hacken sowie seinen Mitarbeiter i. H. v. 0,64 €/Fm (1 %). Außerdem waren die Fremdkapitalzinsen mit 10,01 €/Fm (12 %) aufgrund der Energieholzaufarbeitung in Dienstleistung und der höheren Auslastung der Maschinen des größeren Privatwaldbetriebes etwas niedriger, während die NWS von Staat und Gesellschaft mit 24,56 €/Fm (29 %) wegen der Besteuerung des Lohnunternehmergewinns bzw. der -kosten etwas höher ausfiel. Bei Eigenbedarfsverwendung und Hackholzversorgung in Dienstleistung (HS-DL-EB) waren die ökonomischen Effekte mit 109,33 €/Fm bedingt durch die sehr hohe Einsparung des Waldbesitzers von 83,07 €/Fm deutlich höher als bei Versorgung in Eigenregie mit hohen Kosten für Maschinenanschaffung und -betrieb bei gleichzeitig geringer Auslastung. Die NWS der Lohnunternehmer betrug in der Summe -0,97 €/Fm (-1 % der ökonomischen Effekte) und ihre Mitarbeiter profitierten i. H. v. 5,30 €/Fm (5 %). Während die Dienstleister für das Rücken mit -3,59 €/Fm einen Verlust erzielten, konnten der Transportunternehmer mit -0,03 €/Fm fast kostendeckend wirtschaften und der Hackerunternehmer sowie die Untere Forstbehörde (für Hiebsplanung, -organisation und Holzvermarktung) mit 2,18 €/Fm bzw. 0,47 €/Fm einen geringen Gewinn erreichen. Die Fremdkapitalzinsen waren mit 1,39 €/Fm (1 %) aufgrund der Dienstleistung bzw. hohen Auslastung der Maschinen von professionellen Lohnunternehmern sehr niedrig. Staat und Gesellschaft profitierten mit 20,54 €/Fm etwas weniger bei Variante HS-DL-EB. Der Anteil an den ökonomischen Effekten insgesamt lag wegen der insgesamt höheren Effekte mit 19 % deutlich niedriger. Am stärksten profitierte der Privatwaldbesitzer durch die Einsparung mit 56 % bei HS-ER-EB und 76 % bei HS-DL-EB von den ökonomischen Effekten und trug mit 87 % bzw. 96 % maßgeblich zum regionalen Mehrwert bei. Dieser lag allerdings bei Durchführung in Eigenregie mit 55,20 €/Fm deutlich geringer als in Dienstleistung mit 86,81 €/Fm.

Für die Wertschöpfungskette mit Holzernte in Dienstleistung sowie Wärmeenergievermarktung (HS-DL-FV) wurden mit 132,93 €/Fm die höchsten ökonomischen Effekte aller dargestellten Varianten erzielt. Diese setzte sich aus der NWS der Vermarktungsketten i. H. v. 60,23 €/Fm, der sehr hohen Einsparung des Privathaushaltes i. H. v. 58,27 €/Fm und der zusätzlichen NWS der Verbraucherkette, bestehend zu etwa gleichen Teilen aus Steuern und Fremdkapitalzinsen, i. H. v. 14,43 €/Fm zusammen. Von den ökonomischen Effekten profitierte der Verbraucher mit 44 % am stärksten. Staat und

Gesellschaft sowie Fremdkapitalgeber hatten einen Anteil von 24,11 €/Fm (18 %) bzw. 19,44 €/Fm (15 %). Auch aus Sicht des Heizanlagenbetreibers und der Mitarbeiter war die Wertschöpfungskette mit 15,82 €/Fm (12 %) bzw. 12,92 €/Fm (10 %) vorteilhaft. Lohnunternehmer und Waldbesitzer konnten noch einen geringen Gewinn von 2,21 €/Fm¹¹ (2 %) und 5,15 €/Fm (4 %) erwirtschaften, während sich für den Händler bei Zwischenlagerung des Hackgutes ein Verlust i. H. v. -4,99 €/Fm (-4 %) ergab. Bei Durchführung der Holzernte in Eigenregie (HS-ER-FV) lagen die ökonomischen Effekte insgesamt mit 108,89 €/Fm deutlich niedriger als bei Durchführung in Dienstleistung (vgl. HS-DL-FV: 132,93 €/Fm). Dies resultierte aus der geringeren NWS der Vermarktungsketten i. H. v. 36,19 €/Fm (vgl. HS-DL-FV: 60,23 €/Fm) bedingt durch den hohen Verlust des Waldbesitzers i. H. v. -19,48 €/Fm (-18 % der ökonomischen Effekte) bei hohen Maschinenkosten und gleichzeitig sehr geringem Hackrohholzerlös. Die Fremdkapitalzinsen waren mit 23,25 €/Fm entsprechend höher (vgl. HS-DL-FV: 19,44 €/Fm), die NWS des Lohnunternehmers (für die Holzvermarktung) mit insgesamt 0,65 €/Fm (vgl. HS-DL-FV: 2,21 €/Fm) etwas geringer.

Wie bei den Ketten zur Eigenbedarfsverwendung hatte auch bei den Hackschnitzel-Varianten mit Wärmeenergievermarktung der Verbraucher mit 78 % bzw. 58 % den größten Anteil am regionalen Mehrwert. Auch Heizanlagenbetreiber, Fremdkapitalgeber und Mitarbeiter leisteten mit jeweils etwa 10-20 % einen hohen Beitrag. Der Verlust des Waldbesitzers bei Durchführung der Holzernte in Eigenregie wirkte sich allerdings sehr stark auf die regionalen Effekte aus, wie ein Vergleich des regionalen Mehrwertes der Variante HS-ER-FV i. H. v. 74,60 €/Fm mit dem der Variante HS-DL-FV i. H. v. 100,34 €/Fm zeigte. Auch aus Sicht der Region schien folglich die Hackholznutzung in Dienstleistung bzw. vollmechanisierte Holzernte deutlich vorteilhafter.

Ein Vergleich des relativen Anteils der Akteure an den ökonomischen Effekten insgesamt mit den Anteilen der regionalen Effekte verdeutlichte, dass sich insbesondere Effekte von Waldbesitzern, Verbraucher und Heizanlagenbetreiber – bedingt durch den in Kap. 2.1.1.3 hohen festgelegten regionalen Verbleib i. H. v. 100 % - auf den regionalen Mehrwert auswirkten. Die NWS von Fremdkapitalgeber, Händler, Lohnunternehmer und Mitarbeiter beeinflusste den regionalen Mehrwert in etwas geringerem Umfang, während Effekte von Staat und Gesellschaft aufgrund des geringen kommunalen Steueranteils kaum direkte Stärkung regionaler Finanzkreisläufe beinhalteten.

2.1.5 Bilanzierung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen

Das Ziel des Arbeitspaketes war die Bilanzierung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen für repräsentative Wertschöpfungsketten im Kleinprivatwald. Der Fokus liegt dabei auf der energetischen Nutzung von Waldholz in den Modellregionen. Zudem wurden die Ergebnisse der Bilanzierung der stofflichen Nutzung sowie fossilen Referenzketten gegenübergestellt. In der nachfolgenden Darstellung werden zuerst die Ergebnisse für die Heizanlagenvariante „Anlage 2010 mittelalt“ dargestellt. Dieser Analyse folgt die Darstellung der drei Altersklassen der Heizanlagen (vgl. Kap. 2.1.1.5).

Die Treibhausgasemissionen der betrachteten Wertschöpfungsketten unterscheiden sich deutlich zwischen dem Einsatz von Hackschnitzeln oder Scheitholz in der Heizungsanlage. Scheitholz zeichnet sich durch nahezu doppelt so hohe THG-Emissionen in einer 50 kW-Anlage im Vergleich zu Hackschnitzel in einer 1 MW Anlage bzw. in einer 50 kW Anlage aus (**Abb. 2-32**). Jedoch ist im Vergleich zu den betrachteten Holz-Ketten die fossile Referenz erheblich schlechter. Diese emittiert 314 kg CO₂-eq./MWh (UBA 2013)¹². Im Hinblick auf die einzelnen Prozessschritte in den Holz-Wertschöpfungsketten zeigt sich, dass die THG-Emissionen von den Emissionen der Heizanlage dominiert werden (**Abb. 2-32**).

¹¹ Anteil des Rückunternehmers mit Forwarder: 1,06 €/Fm; Anteil der Unteren Forstbehörde für Hiebsplanung, -organisation und Holzvermarktung: 1,15 €/Fm.

¹² Die Emissionen zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen der Ölheizung als fossile Referenz beziehen sich auf UBA (2013).

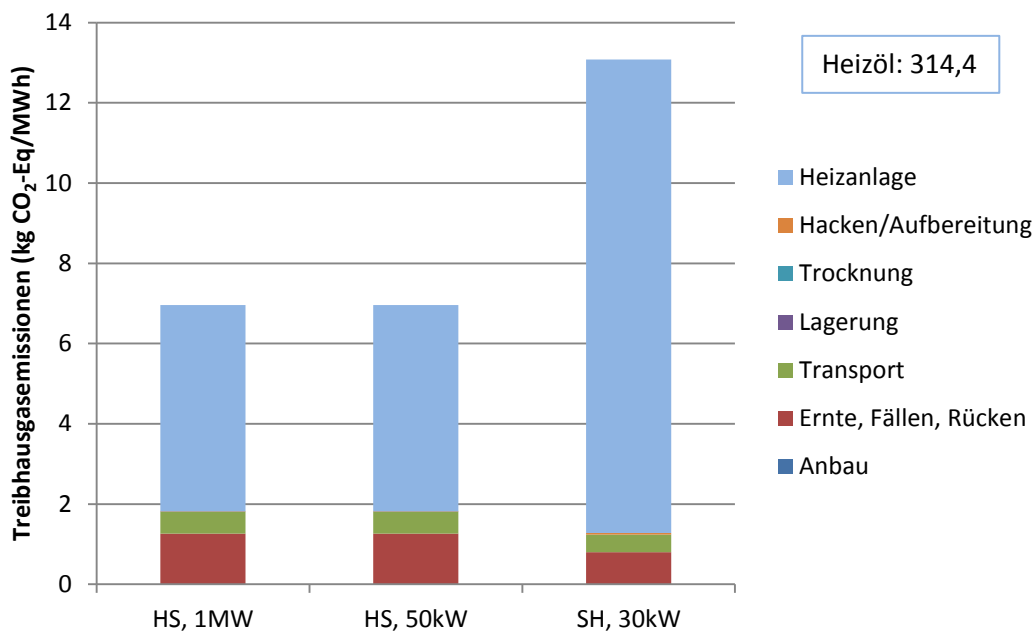


Abb. 2-32: Treibhausgasemissionen (Anlage 2010 mittelalt).

Beim Versauerungspotenzial liegen die Holz-Wertschöpfungsketten mit ca. 0,4 kg SO₂-Eq/MWh ungefähr gleich auf (Abb. 2-33). Auch hier ist die Dominanz der Heizanlage deutlich zu erkennen, die mehr als 95% der Emissionen verursacht. Die fossile Referenz (Ölheizung) liegt mit 0,5 kg SO₂-eq./MWh leicht über den untersuchten Holz-Ketten (Abb. 2-33).

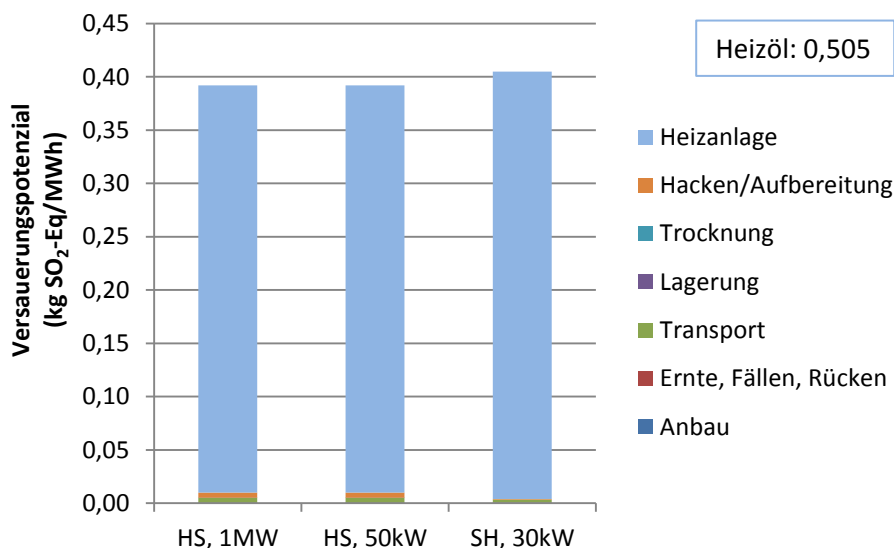


Abb. 2-33: Versauerungspotenzial (Anlage 2010 mittelalt)

Bei der Emission von Feinstaub liegen die betrachteten Holz-Ketten mit 0,16-0,19 kg/MWh etwa um den Faktor 10 über der fossilen Referenz (Ölheizung), die mit 0,019 kg/MWh Feinstaub bewertet wurde (Abb. 2-34). Dabei zeigt die Scheitholz-Wertschöpfungskette ein leicht höheres Feinstaubaufkommen als die Hackschnitzel-Ketten. Deutlich ist auch beim Feinstaub wiederum die Dominanz der Heizungsanlage (Abb. 2-34).

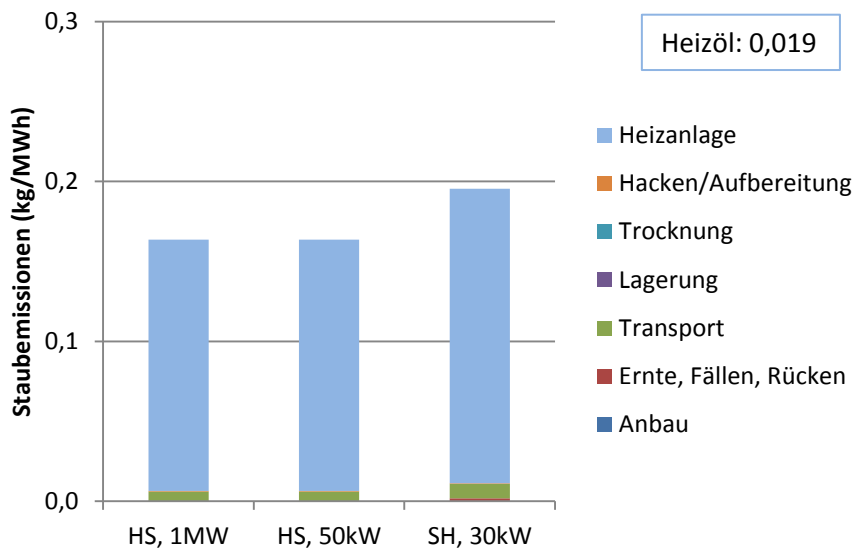


Abb. 2-34: Staubemissionen (Anlage 2010 mittelalt)

Im Hinblick auf Kohlenmonoxid-Emissionen zeigt sich ein sehr deutlicher Unterschied zwischen der Verbrennung von Hackschnitzel mit 0,38 kg CO/MWh und von Scheitholz mit über 14 kg CO/MWh (Abb. 2-35). Diese Emissionen treten fast ausschließlich beim Prozessschritt Heizanlage auf. Im Vergleich zu den Kohlenmonoxid-Emission der Ölheizung mit 0,14 kg CO/MWh liegen die der Holzketten – und insbesondere die Scheitholzkette – deutlich höher (Abb. 2-35).

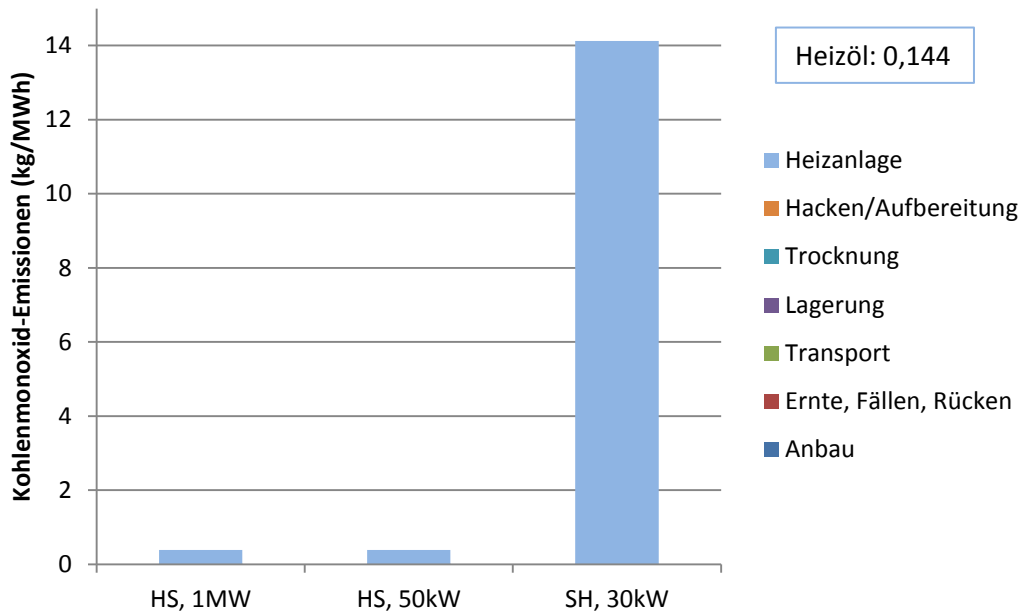


Abb. 2-35: Kohlenmonoxid-Emissionen (Anlage 2010 mittelalt)

Exkurs Transporte:

Insbesondere der Prozess Transport im Kleinprivatwald zeigte kaum Effekte im Zuge der Ökobilanzierung. Die Summe der Transportaufwendungen dominiert nicht die Ökobilanz für den Analysektor. Die Ansicht, dass generell Transporte die Umweltbelastung in die Höhe treiben, ist weit verbreitet. Die Höhe der Belastungen durch Transporte hängt jedoch von unterschiedlichen Faktoren ab, wie neben der Transportentfernung (die im Kleinprivatwald sehr klein ist) auch die Wahl des Transportmittels und vor allem dessen Auslastung (hier gering). Für einzelne Produkte kann der Einfluss zwar gravierend sein, die Ergebnisse für den Kleinprivatwald zeigen jedoch, dass die Gütertransporte nur einen geringen Anteil an den Emissionen von Treibhausgasen haben. Einer Studie des Öko-Instituts (Wiegmann et al. 2005) zufolge waren regionale Transporte oftmals durch kleinere Fahrzeuge mit schlechterer Auslastung und schlechteren Logistikketten gekennzeichnet. Daher schnitten regionale Ketten bei transportbedingten Treibhausgasemissionen *per se* nicht besser ab als überregionale Ketten. Im Gegensatz hierzu dominieren Transporte aus Übersee mit dem Flugzeug wiederum die Umweltauswirkungen deutlich, spielt aber in den hier betrachteten Wertschöpfungsketten auch für Nebenketten keine Rolle. Es gibt jedoch, abgesehen von den schlechter ausgelasteten regionalen Transportketten, gute Gründe für die Nutzung der regionalen Holzprodukte: Unterstützung der regionalen Wertschöpfung, Transparenz in der Wertschöpfungskette, Vermeidung von Lärm durch lange überregionalen Verkehr und damit auch Reduktion von Gesundheitsbelastungen (Wiegmann et al. 2005).

Die Veränderung der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen für drei definierte Altersklassen sind in **Abb. 2-36** zusammengestellt. Dabei stellt die Heizanlage „2005 alt“ eine typische Anlage aus dem Jahr 2005 dar. Die Heizanlage „2010 mittelalt“ steht für eine Anlage mit Baujahr 2010, die bereits die Anforderungen der BImSchV für das Jahr 2010 (Stufe 1) erfüllt. Mit der Anlage „2030 neu“ ist eine zukünftige Anlage abgebildet, die die Anforderungen der BImSchV für das Jahr 2015 erfüllt (Stufe 2) und sich zudem durch eine Effizienzsteigerung bei der Energieausbeute auszeichnet (vgl. Kap. 2.1.1.5).

Für die Treibhausgasemissionen zeigt sich, dass sie vom Anlagentyp 2005 alt bis zur Anlagentyp 2030 neu kontinuierlich abnehmen. Ein wichtiger Faktor für diese Entwicklung ist die Effizienzsteigerung der Heizanlagen (**Abb. 2-36 a**). Im Hinblick auf das Versauerungspotenzial konnte lediglich eine geringere Abnahme beim Einsatz neuer Heizanlagen festgestellt werden (**Abb. 2-36 b**). Die Feinstaub-Emissionen (**Abb. 2-36 c**) und Kohlenmonoxid-Emissionen (**Abb. 2-36 c**) reduzieren sich vom Heizanlagentyp 2005 alt bis zum Heizanlagentyp 2030 neu deutlich. Dies ist vor allem ein Ergebnis der Verschärfung der Anforderungen an Emissionswerte durch die BImSchV, wird aber auch durch die Steigerung der Energieeffizienz bedingt. Eine Ausnahme stellt die Entwicklung bei den Hackschnitzel-Heizanlagen dar, deren Emissionswerte für Kohlenmonoxid nur geringfügig abnehmen, da bereits der Anlagentyp 2005 alt für diesen Parameter gute Emissionswerte zeigt. (**Abb. 2-36 d**).

Deutlich wird an den Ergebnissen in **Abb. 2-36** auch, dass der Holzbereitstellung selbst bei dem Anlagentyp 2030 neu nur kleiner Anteil an den gesamten Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen zukommt. Bei der vorliegenden Analyse ist zudem zu berücksichtigen, dass angenommen wird, dass die Holzheizanlagen optimal befeuert werden. Mögliche Verschlechterungen der Emissionswerte aufgrund eines ungünstigen Nutzerverhaltens (z.B. zu feuchte Holzbrennstoffe, ungünstiges Anfeuern) sind in der Analyse nicht berücksichtigt.

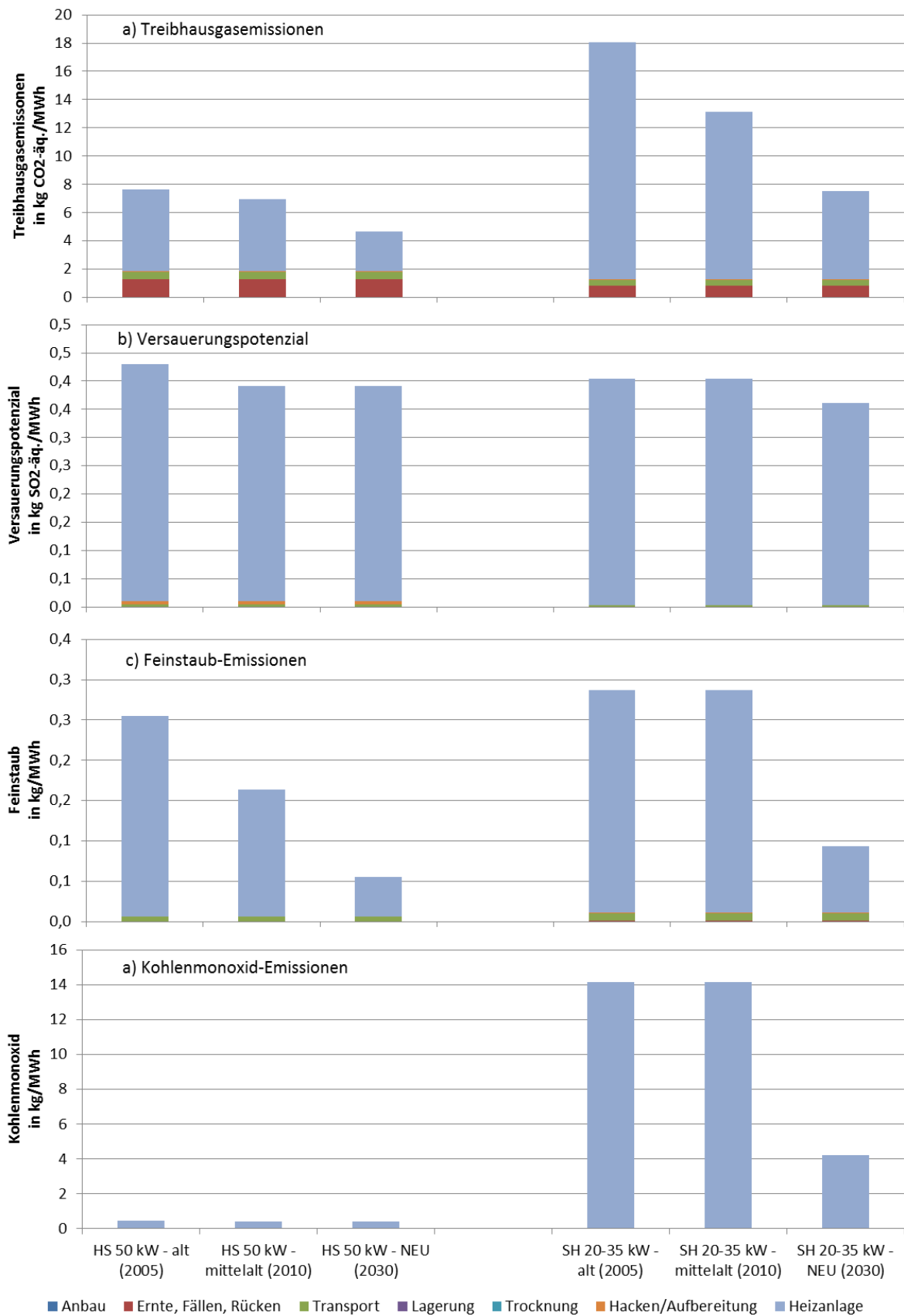


Abb. 2-36: Vergleich der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen von Holzheizanlagen unterschiedlichen Alters (Anlage 2005 alt, 2010 mittelalt und 2030 neu)

Bei einem Vergleich von Ökobilanzen zur energetischen und stofflichen Nutzung besteht die grundsätzliche Schwierigkeit darin, dass die funktionellen Einheiten der Bilanzen sich unterscheiden. In Anlehnung an (Carus et al. 2014) wird der energetische und die stoffliche Nutzungspfad einer fossilen Referenz bzw. Substitutionspartner gegenübergestellt. Für die Holzenergienutzung wird – wie oben bereits genutzt – die Ölheizung als Substitutionspartner herangezogen. Für die stoffliche Nutzung von Holz wird ungebleichte Pappe gewählt. Die Pappe wird als Verpackungsmaterial dem fossilen Substitutionspartner Polyethylen-Granulat und als Dämmstoff dem fossilen Substitutionspartner Steinwolle gegenübergestellt.

Als Vergleichsgröße wird die Minderung von Emissionen durch die Nutzung des Rohstoffs Holz gegenüber dem fossilen Substitutionspartner ausgewiesen. Positive Werte zeigen an, dass die Holznutzung gegenüber der fossilen Referenz vorteilhaft ist. Negative Werte hingegen stehen dafür, dass die Substitution der fossilen Referenz durch das Holzprodukt nicht vorteilhaft ist.

In die Darstellung von Pappe und Polyethylen-Granulat bzw. Steinwolle geht nicht eine anschließende energetische Nutzung ein. Diese ist grundsätzlich sowohl bei der holzbasierten als auch bei der fossilen Nutzung möglich. Auch ein Recycling beider Produktgruppen ist möglich und wird für den Vergleich bewusst nicht herangezogen. Diese beiden Formen einer Kaskadennutzung adressieren vielmehr die Effizienz der Nutzung von Ressourcen und bei der folgenden Bewertung soll der Fokus auf Umweltwirkungen durch die Erstnutzung gelegt werden.

Im Hinblick auf die Treibhausgasemissionen zeigt sich, dass die Holzenergiepfade eine Minderung von über 95% gegenüber der fossilen Referenz erreichen. Die stoffliche Nutzung (Pappe) liegt im Vergleich zum Polyethylen-Granulat mit einer Minderung von ca. 70% etwas niedriger und im Vergleich zur Steinwolle mit einer Minderung von ca. 25% nur leicht niedriger (**Tab. 2-33**). Beim Versauerungspotenzial erreichen die Holzenergiepfade eine Minderung von gut 20%. Mit 54% liegt die Minderung bei der Nutzung von Pappe anstelle von Polyethylen über diesem Wert. Im Vergleich zu Steinwolle ist hingegen ein höheres Versauerungspotenzial durch die Nutzung der Pappe zu erwarten (**Tab. 2-33**). Ein vollständig anderes Bild zeigt sich bei den Parametern Feinstaub und Kohlenmonoxid: Die energetische Nutzung von Holz führt gegenüber der Referenz zu einer Erhöhung der Emissionen von über 150% bei Hackschnitzel und von deutlich über 1.000% bei Scheitholz. Bei der stofflichen Nutzung von Pappe als Verpackung entspricht die Emission von Feinstaub der der fossilen Referenz und die Emission von Kohlenmonoxid liegt um 75% höher als bei der fossilen Referenz. Im Vergleich von Pappe und Steinwolle sind die Feinstaubemissionen mit -20% ungünstiger, aber die Minderung der Kohlenmonoxid-Emissionen mit 95% sehr positiv (**Tab. 2-33**).

Tab. 2-33: Vergleich der Minderungspotenziale durch eine energetische oder eine stoffliche Nutzung von Holz gegenüber einer fossilen Referenz

Minderung	HS-50 kW (2010 mittellalt) versus Ölheizung	SH-50 kW (2010 mittellalt) versus Ölheizung	Pappe ungebleicht versus PE-Granulat	Pappe ungebleicht versus Steinwolle
THG-Emissionen	97,8%	95,8%	70,7%	24,7%
Versauerungspotenzial	22,6%	20,0%	54,6%	-11,1%
Feinstaub	-760,6%	-1412,2%	-0,6%	-20,1%
Kohlenmonoxid	-165,5%	-9710,4%	-75,7%	95,0%

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Treibhausgaseinsparpotenzial durch die energetische Holznutzung im Kleinprivatwald hoch ist. Besonders hohe Luftschadstoffemissionen finden sich vor allem bei der Nutzung von Scheitholz in kleinen Feuerungsanlagen. Die Nutzung von Hackschnitzel zeigt aufgrund geringerer Emission von Luftschadstoffen Vorteile. In den analysierten Wertschöp-

fungsketten dominiert der Prozess der Heizanlage deutlich die Emissionen. Transporte oder der Maschineneinsatz im Kleinprivatwald spielen eine eher untergeordnete Rolle und Einsparpotenziale sind gering.

Eine stoffliche Nutzung von Holz erscheint gegenüber der energetischen Nutzung als vorteilhaft, insbesondere aufgrund der deutlich höheren Emissionen von Feinstaub und Kohlenmonoxid in den Holzenergiepfaden.

2.1.6 Vergleiche der Kleinprivatwald-Ketten mit anderen Waldbesitzarten

Die Interessen zur Energieholznutzung sind vielfältig und nicht allein ökonomische Parameter wirken sich auf die Rundholzallokation zur stofflichen oder energetischen Nutzung aus. Befragungen nach Schmidt et al. (2015a) zeigten, dass die hohe Energieholznachfrage die Brennholzverwendung im Staatswald und Kommunalwald am stärksten beeinflusste, auch wenn die zu erzielenden Erlöse hierbei von größerer Bedeutung sind. Im Kommunalwald wurde zudem der politische „Wunsch“ zur regionalen Energieholzversorgung deutlich (Schmidt et al. 2015a). Im Vergleich hierzu zeigten sich im Staatswald und insbesondere im Großprivatwald ausgeprägtere ökonomische Interessen durch vereinfachte Sortierung „mit dem Zweck eines geringeren Aufarbeitungsaufwands“ oder „größere Mengen je Sortiment zu erzielen“ (Schmidt et al. 2015a). Gerade die „Kostenreduktion bei Pflegehieben, Schlagpflegen und/oder Bestandeserschließungen“ nahm im Großprivatwald eine bedeutende Rolle ein (Schmidt et al. 2015a).

Diese Interessen spiegelten sich auch bei der Vermarktung von Brennholz wider. So war mit 60-80 % - je nach Region - der Anteil des Brennholzes mit Vermarktung an Privathaushalte im Kommunalwald am höchsten, während im Großprivatwald der Verkauf an Händler mit jeweils größeren Einkaufsmengen überwog (Schmidt et al. 2015a). Im Staatswald lagen die beiden Kundengruppen bezogen auf die Brennholzmenge etwa gleich auf (Schmidt et al. 2015a).

Für die Brennholznutzung im Kommunalwald war folglich überwiegend eine Direktvermarktung frei Waldstraße an Freizeit-Selbstwerber, vergleichbar mit der in Kap. 2.1.3.1 für den Privatwald abgebildeten Kette SH-DL-FV anzunehmen, welche eine Holzernte in Dienstleistung und Fremdvermarktung durch die Untere Forstbehörde berücksichtigte. Schmidt (unveröffentlicht) stellt typische Wertschöpfungsketten der Direktvermarktung und Vermarktung an Händler im öffentlichen Wald dar. Als typische Ketten mit Beteiligung des Händlers wurde die mechanisierte Aufarbeitung mit kombiniertem Säge-Spaltautomaten, die manuelle Aufarbeitung mit mobilem Spalter sowie der Rundholzhandel jeweils mit Lieferung frei Haus identifiziert.

Während bei Direktvermarktung ähnliche Effekte wie im Privatwald – allerdings ohne Gewinnbesteuerung - zu erwarten waren, zeigte sich nach Schmidt (unveröffentlicht) für die Ketten mit Beteiligung des Handels ein sehr differenziertes Ergebnis. Der Verlust des Händlers bei manueller Aufarbeitung war insbesondere aufgrund des hohen Arbeitszeitaufwandes und der daraus resultierenden Mitarbeiter-NWS (Nettolohn und Sozialabgaben) bei einem Bruttolohn von 17,73 €/h mit ca. -17 €/Fm sehr hoch (Schmidt unveröffentlicht). Nahm man jedoch an, dass der Händler die Scheitholz-Aufarbeitung und den Transport selbst durchführte, fiel der Anteil des Händlers mit ca. 25 €/Fm¹³ etwa ebenso hoch aus, wie der des Privatwaldbesitzers bei Eigenvermarktung in der Wertschöpfungskette SH-ER-EV (vgl. Kap. 2.1.4). Allerdings beinhaltet der Gewinn des Privatwaldbesitzers außerdem den Arbeitszeitaufwand der Holzernte sowie den Rohstoffwert, was die Vorteilhaftigkeit der Aufarbeitung durch den Händler verdeutlichte. Insgesamt zeigten sich bei mechanisierter und manueller Aufarbeitung durch den Händler für die Gesamtkette mit 90-110 €/Fm höhere ökonomische Effekte als bei Eigenvermarktung durch den Privatwalbesitzer mit ca. 80 €/Fm (vgl. Schmidt unveröffentlicht und Kap. 2.1.4).

¹³ Grobe Schätzung bei Reduktion der Mitarbeiter-NWS der Händler-Teilkette um den Händler-Verlust nach SCHMIDT (unveröffentlicht).

Eine weitere bedeutende Wertschöpfungskette berücksichtigte den Handel mit Rundholz, wobei der Händler das Brennholz lang frei Haus lieferte und verkaufte (vgl. Schmidt unveröffentlicht). Diese Variante setzte eine geringere Mechanisierung des Verbrauchers voraus, weshalb dieser mit ca. 20 €/Fm eine sehr viel höhere Einsparung erzielte, als der Verbraucher/ Freizeit-Selbstwerber bei Direktvermarktung in SH-DL-FV mit einem Verlust von -2,55 €/Fm (vgl. Schmidt unveröffentlicht und Kap. 2.1.4). Auch der Händler konnte bei dieser Vermarktungskette einen Gewinn von ca. 5 €/Fm erwirtschaften, sodass diese Variante bei insgesamt sehr hohen ökonomischen Effekten von ca. 110 €/Fm sehr vorteilhaft erschien (vgl. Schmidt unveröffentlicht). Die Einsparung war bei Eigenbedarfsverwendung durch den Privatwaldbesitzer in SH-ER-EB mit 45,04 €/Fm zwar im Vergleich höher (vgl. Kap. 2.1.4), allerdings berücksichtigte diese nicht den Rohstoffwert sowie einen höheren Zeitbedarf durch Holzernte und Transport und die ökonomischen Effekte insgesamt lagen mit 81,49 €/Fm deutlich niedriger. Schmidt (unveröffentlicht) kam zu dem Schluss, dass aus Perspektive des regional-ökonomischen Mehrwertes diese Wertschöpfungskette vorzuziehen sei. Auch aus Sicht des Privatwaldbesitzers sollte daher eine optionale Holzernte sowie Rundholztransport in Dienstleistung geprüft werden, um die Einsparung bei geringer Mechanisierung maximieren zu können.

Die Hackholznutzung erfolgte im Kommunalwald, Großprivatwald und teilweise Staatswald verstärkt aus Forstschutzgründen und wegen des Erlöses aus Koppelproduktnutzung (Schmidt et al. 2015a). Im Kommunalwald entschied außerdem die erhöhte Energieholznachfrage zu Gunsten der Hackschnitzelverwendung (Schmidt et al. 2015a), was wahrscheinlich durch die Versorgung regionaler – auch kommunaler - Hackschnitzelheizanlagen begründet war. Im Staatswald und Großprivatwald hingegen nahm „die vereinfachte Sortierung mit dem Zweck eines geringeren Aufarbeitungsaufwandes“ analog zur Brennholzverwendung eine höhere Bedeutung ein (Schmidt et al. 2015a). Darüber hinaus diente die Hackholznutzung insbesondere im Großprivatwald, aber auch im öffentlichen Wald der „Flächenräumung für die Kultur- oder Naturverjüngung“ (Schmidt et al. 2015a).

Wie Befragungen von Waldbesitzern und Hackschnitzel-Heizanlagenbetreibern nach Schmidt et al. (2015a) zeigten, erfolgte die Vermarktung im Staatswald, Kommunalwald und Großprivatwald Baden-Württembergs fast ausschließlich an Händler, welche wiederum Hackschnitzel frei Heizanlagen versorgten. Entsprechend wurde auch in Kap. 2.1.3.2 bzw. 2.1.4 analog zu den nach Schmidt (unveröffentlicht) untersuchten Wertschöpfungsketten im öffentlichen Wald die Beteiligung des Händlers bei den Varianten HS-ER-FV und HS-DL-FV mit Fremdvermarktung im Kleinprivatwald - welche in der Regel die Untere Forstbehörde durchführte welche in der Regel die Untere Forstbehörde durchführte angenommen. Die ermittelten ökonomischen Effekte der Händler-, Heizanlagenbetreiber- und Verbraucher-Teilkette waren somit kongruent (vgl. Kap. 2.1.4 und Schmidt unveröffentlicht). Während die Waldbesitzer-Teilkette mit Hackholzernte durch den Kleinprivatwaldbesitzer in Eigenregie eine negative NWS durch hohe Verluste des Waldbesitzers aufgrund hoher Vorleistungen bei gleichzeitig geringem Umsatzerlös ergab (vgl. Kap. 2.1.4), war das Ergebnis bei Holzernte von Waldrestholz in Dienstleistung positiv zu bewerten. Allerdings erzielte die Hackrohholzernte (Waldbesitzer-Teilkette) insgesamt nur eine geringe NWS i. H. v. ca. 15 €/Fm, wobei der öffentliche Waldbesitzer (ohne Gewinnbesteuerung) noch einen NWS-Anteil von ca. 10 €/Fm hatte, während der Kleinprivatwaldbesitzer nur im Umfang von ca. 5 €/Fm profitierte (vgl. Kap. 2.1.4 und Schmidt unveröffentlicht). Insgesamt war die vollmechanisierte Holzernte mit Rücken durch den Forwarder dem im öffentlichen Wald häufiger eingesetzten Verfahren mit dem Rückwagen vorzuziehen.

Die Hackholznutzung für den Eigenbedarf in Eigenregie (HS-ER-EB) oder in Dienstleistung (HS-DL-EB) schien dahingegen aus Waldbesitzersicht mit Einsparungseffekten i. H. v. 58,27 €/Fm bzw. 83,07 €/Fm vorteilhafter. Bei Gesamtbetrachtung der Wertschöpfungskette sowie aus regional-ökonomischer Sicht konnten jedoch bei Nahwärmenetzversorgung höhere Effekte erzielt werden (vgl. Kap. 2.1.4).

2.1.7 Vergleich der Wertschöpfung bei energetischer und stofflicher Nutzung

Beim Vergleich der ökonomischen Effekte für energetische und stoffliche Verwendungszwecke sollten konkurrierende Sortimenten betrachtet werden. Hierfür wurde den befragten Privatwaldbesitzern innerhalb der persönlichen Interviews eine Skizze der in **Tab. 2-34** dargestellten Beispielstämme A bis F für Fichte und Buche, unterschiedlicher Entwicklungsstufen vorgelegt. **Tab. 2-35** zeigt, welcher Anteil der Befragten gar kein Brennholz bzw. Hackholz bei den Beispielstämmen nutzte und wenn eine Nutzung stattfand, ob diese jeweils als ganzer Baum, Koppelprodukt oder in Form von beidem erfolgte. Eine Nutzung des ganzen Baumes konnte sich allerdings auch ausschließlich auf Einzelbäume beziehen, da nicht die insgesamt genutzte Holzmenge abgebildet wurde.

Das Ergebnis zeigte, dass mehr als zwei Drittel der Privatwaldbesitzer Fichten-Stangenholz (A) auch als Brennholz nutzten. Bei Hackholz waren es mit 40 % weniger. Am häufigsten wurde in diesem Fall der ganze Baum als Energieholz verwertet. Auch die Energieholznutzung bei Fichten-Baumholz (B) war mit > 80 % für Brennholz und etwas 50 % für Hackholz üblich. Hier dominierten jedoch Koppelprodukt-Sortimente. Im Fichten-Altholz (C) erfolgte die Energieholznutzung mit 86 % für Brennholz und 66 % für Hackholz am häufigsten. Neben dem Koppelprodukt gaben allerdings auch etwa ebenso viele Waldbesitzer an, ganze Einzelbäume als Energieholz zu verwenden. Insgesamt über alle Entwicklungsstufen hinweg betrachtet, wurden für Fichte jedoch am häufigsten Industrieholzsortimente als Energieholz verwendet, auch wenn etwa ein Fünftel der befragten Betriebe offensichtlich auch Altholz-Einzelbäume (mit Stammholz-Anteil) einer energetischen Verwertung zuführten.

Stangenholz, Baumholz und Altholz der Buche (D, E, F) wurden in den meisten Betrieben fast ausschließlich als Brennholz (ganzer Baum) verwertet. Eine stoffliche Nutzung fand nur in geringem Umfang statt. Etwa 60 % der Waldbesitzer gab an, dass auch Hackholz bei diesen drei Entwicklungsstufen von Buche genutzt wurde. Auch dieses wurde schwerpunktmäßig als ganzer Baum genutzt. Argumente der Waldbesitzer für die dominierende Energieholzverwendung von Buche waren insbesondere der niedrige Marktpreis für Stammholz und Industrieholz, als auch das geringe Aufkommen dieser Sortimenten bei geringem Laubholzanteil an der Waldfläche sowie die Vorteilhaftigkeit der Buche als Energieholz. Aus diesem Grund konzentrierte sich die nachfolgende Untersuchung auf die ökonomischen Effekte der konkurrierenden stofflichen Nutzung von Fichten-Industrieholz.

Tab. 2-34: Beispielstämme zur Ermittlung von Nutzungskonkurrenzen.

Beispielstamm	Baumart	Entwicklungsstufe	mBHD [cm]	mH [m]	OH [m]	Vfm
A	Fi	Stangenholz	15	15	18	0,12
B	Fi	Baumholz	30	28	29	1,00
C	Fi	Altholz	50	36	37	3,00
D	Bu	Stangenholz	20	22	24	0,31
E	Bu	Baumholz	40	32	33	1,98
F	Bu	Altholz	60	39	39	5,56

Tab. 2-35: Relative Häufigkeit der Privatwaldbesitzer mit Brennholz- und Hackholznutzung als ganzer Baum bzw. Koppelprodukt für die skizzierten Beispielstämme.

Beispielstämme		Fichte						Buche					
		A		B		C		D		E		F	
		BH	HH	BH	HH	BH	HH	BH	HH	BH	HH	BH	HH
keine BH/HH - Nutzung [%]		29	60	16	46	14	34	4	46	6	42	4	40
BH/ HH wird genutzt als ...	ganzer Baum [%]	47	28	18	18	37	38	94	52	86	50	88	52
	Koppelprodukt [%]	8	10	49	34	39	26	0	2	6	8	6	8
	ganzer Baum/ Koppelprodukt [%]	16	2	16	2	10	2	2	0	2	0	2	0

Für die Produktion von Papier und Zellstoff sowie von Holzwerkstoffen wurden zwei Beispiel-Unternehmen ausgewählt. Aufgrund der fehlenden Bereitschaft zur Auskunft über eine detaillierte Aufstellung von Kosten und Erlösen der Unternehmen erfolgte die Entstehungs- und Verteilungsrechnung basierend auf den im Bundesanzeiger des Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) (2017) veröffentlichten Jahresabschlüssen (Gewinn- und Verlustrechnung) für die Geschäftsjahre 2013/14 bzw. 2013. Das ausgewählte Unternehmen für Papier & Zellstoff wies einen mit den Kostengrößen nach Seintsch (2011) vergleichbaren Anteil der Vorleistungen am Bruttoproduktionswert von etwa 75 % auf. Der Anteil des Personalaufwandes von etwa 15 % deckte sowohl mit den Kostengrößen nach Seintsch (2011), als auch mit dem Ergebnis der Kostenfaktoren nach Moldenhauer et al. (2013). Abschreibungen hatten einen Anteil von etwa 5 % (vgl. auch Seintsch 2011; Moldenhauer et al. 2013). Das ausgewählte Unternehmen der Holzwerkstoffindustrie mit Spezialisierung auf Holzfaserplatten (Low Density Fiberboard) zeigte einen mit etwa 70 % deutlich geringeren Anteil an Vorleistungen und Abschreibungen auf als das Ergebnis nach Seintsch (2011) von etwa 85 %, wobei die Vorleistungen niedriger, die Abschreibungen jedoch höher waren. Der Personalaufwand entsprach mit etwa 15 % dem nach Seintsch (2011).

Bei der Entstehungs- und Verteilungsrechnung auf Grundlage der Jahresabschlussanalyse konnte für einige Kostenpositionen mit zum Teil wesentlichen Wertschöpfungsbestandteilen nicht in Vorleistungen bzw. Wertschöpfung segregiert werden. So beinhalteten bspw. Aufwendungen für bezogene Leistungen auch indirekte Effekte wie Mitarbeiterlöhne, die bei der Wertschöpfungsermittlung für Energieholz dargestellt werden konnten (vgl. Kap. 2.1.1.4). Darüber hinaus wies die Gewinn- und Verlustrechnung keine erzeugte MwSt. aus, sodass ein großer Anteil von Staat und Gesellschaft – anders als bei der Berechnung für Energieholz - nicht berücksichtigt wurde.

Tab. 2-36 und **Tab. 2-38** stellte die Entstehungs- und Verteilungsrechnung für die Beispiel-Unternehmen dar. Für die Entstehungsrechnung wurden jeweils die in den Gewinn- und Verlustrechnungen (GuV) aufgeführten Kostenpositionen übernommen, Erträge und Aufwendungen von bzw. an verbundene Unternehmen jedoch nicht berücksichtigt.

Das Unternehmen für Papier und Zellstoff erzielte eine Nettowertschöpfung (NWS) von ca. 35 Mio. €/Jahr. Die NWS-Quote nach der Jahresabschlussanalyse lag mit 17 % etwa im Bereich der „Umrechnungsfaktoren“ für das Papiergewerbe nach Becher (2014) von 17-25 %, die den Anteil der Bruttowertschöpfung am Umsatz ausdrückten. Für das Beispiel-Unternehmen für Holzfaserplatten wurde eine NWS i. H. v. ca. 17 Mio. €/Jahr und eine NWS-Quote von 29,5 % ermittelt, die im Vergleich zum „Umrechnungsfaktor“ nach Becher (2014) mit 16 % deutlich höher lag.

Die Verteilungsrechnung der NWS ergab für das Unternehmen der Papier- und Zellstoffindustrie einen Mitarbeiter-Anteil von 70,2 %. Die hier berücksichtigten Nettolöhne und Sozialabgaben wurden basierend auf den Kostenpositionen „Personalaufwand a) Löhne und Gehälter“ sowie „b) Soziale Abgaben und Aufwendungen für Altersversorgung und für Unterstützung“ nach Abzug der direkten Steuern auf das Arbeitereinkommen ermittelt. Die direkten Steuern des Mitarbeiters und die Kostenposition „sonstige Steuern“ des Unternehmens hatten einen NWS-Anteil von 23 %. Da in der GuV jedoch keine Ertragssteuern des Unternehmens aufgeführt wurden – es erfolgte eine Weiterleitung der Mittel an verbundene Unternehmen -und auch keine Ausweisung der MwSt. erfolgte, wurde der Anteil von Staat und Gesellschaft eher unterschätzt, während die ermittelte NWS des Unternehmens i. H. v. 4,1 % eher überbewertet wurde. Die Fremdkapitalzinsen hatten einen Anteil von 2,7 % an der NWS. Für den Vergleich der ökonomischen Effekte mit den Ergebnissen der Energieholznutzung sollte die ermittelte NWS in das Verhältnis zum eingesetzten Holzrohstoff gesetzt werden. Das Unternehmen produzierte ca. 140.000 t Zellstoff im Jahr. Mit 80 % wurde der größte Anteil hiervon in die Papierproduktion integriert. Der Holzbedarf des Beispiel-Unternehmens wurde auf Grundlage der produzier-

te Zellstoffmenge und dem nach Moldenhauer et al. (2013) ermittelten Faserholzbedarf für die Zellstoffproduktion in Deutschland 2012 von 4,7 Fm/t umgerechnet.

Tab. 2-36 stellte als Ergebnis der NWS je Fm Holzrohstoff eine vorsichtige Abschätzung basierend auf der insgesamt produzierten Zellstoffmenge dar. Die ergänzend verwendete Altpapierstoffmenge zur Papierproduktion lag etwa ebenso hoch wie die integrierte Zellstoffmenge. Beachtete man, dass die Rücklaufquote für Altpapier 2014 74 % (vgl. Verband Deutscher Papierfabriken e.V. 2016) und der Recycling-Anteil des Altpapiers 84 % (vgl. Gewinnung von Altpapierstoff aus Altpapier nach Moldenhauer et al. 2013) betrug, d. h. nur 62 % der Papierproduktion wiederverwertet wurden, berücksichtigte die ermittelte NWS i. H. v. 52, 61 €/Fm bereits ein mehr als 1-faches Recycling der erstellten Papierproduktion. Nahm man ein 5-faches Recycling an, so ließ sich bei gegebenen Rücklauf- und Recycling-Quote ein Wertschöpfungsmultiplikator der NWS vor Wiederverwertung von etwa 2,4 schätzen. Entsprechend wäre die ermittelte NWS um ca. 40 % unterschätzt und könnte bis etwa 70 €/Fm betragen. Eine Differenzierung der NWS-Ermittlung nach Produkten (Zellstoff/ Papierproduktion) war wegen fehlender Kostendifferenzierung in der Jahresabschlussanalyse nicht möglich.

Tab. 2-36: Entstehungs- und Verteilungsrechnung für ein Beispiel-Unternehmen der Papier- und Zellstoffindustrie basierend auf dem Jahresabschluss-Ergebnis.

Beispiel-Unternehmen für Papier und Zellstoff			
Entstehungsrechnung [€/Jahr]			
Umsatzerlöse (Netto)	+	192.447.073	
Erhöhung des Bestands an fertigen und unfertigen Erzeugnissen	+	1.468.771	
Sonstige betriebliche Erträge	+	13.272.260	
Materialaufwand a) Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	-	100.409.295	
Materialaufwand b) Aufwendungen für bezogene Leistungen	-	19.231.084	
Sonstige betriebliche Aufwendungen	-	44.186.466	
Abschreibungen auf immaterielle Vermögensgegenstände des Anlagevermögens und Sachanlagen	-	8.188.757	
Nettowertschöpfung (inkl. indirekter Steuern) (NWS)	=	35.172.502	
Nettowertschöpfungsquote [NWS/BPW in %]		17,0	
Verteilungsrechnung [€/Jahr]			
			NWS [%]
			NWS [€/Fm]
Sozialabgaben - Arbeitnehmeranteil	+	5.468.931	
Sozialabgaben - Arbeitgeberanteil	+	5.572.165	
Nettolöhne und -gehälter exkl. Sozialabgaben	+	13.639.122	
Anteil der Mitarbeiter (exkl. direkter Steuern)	=	24.680.219	70,2
Lohnsteuer der Mitarbeiter	+	7.047.941	
Solidaritätszuschlag der Mitarbeiter	+	387.637	
Kirchensteuer der Mitarbeiter	+	563.835	
sonstige Steuern des Unternehmens	+	103.276	
Anteil des Staates (inkl. direkter Steuern des Mitarbeiters u. exkl. des Unternehmers, exkl. MwSt.)	=	8.102.689	23,0
Zinsen und ähnliche Aufwendungen des Unternehmens	+	962.636	
Anteil des Fremdkapitalgebers	=	962.636	2,7
Anteil des Unternehmens (inkl. direkter Steuern/ Anteil des Staates)	=	1.426.959	4,1
Nettowertschöpfung (inkl. indirekter Steuern) (NWS)		35.172.502	100,0
			52,16

Quelle: Jahresabschluss zum Geschäftsjahr 2013/14 eines Beispiel-Unternehmens für Papier und Zellstoff. Hg. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. URL: www.bundesanzeiger.de [Stand: 03/2017].

Tab. 2-37: Holzbedarfsschätzung für die Zellstoffproduktion des Beispiel-Unternehmens.

Zellstoffproduktion des Beispiel-Unternehmens insgesamt ¹ [t/Jahr]	142.879
Faserholz für die Zellstoffproduktion in Deutschland 2012 ² [Fm/ t]	4,7
geschätzter Holzbedarf für Zellstoffproduktion des Beispiel-Unternehmens [Fm/Jahr]	674.327

Quellen: ¹Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) (2017); ²Moldenhauer et al. (2013).

Die Verteilungsrechnung der NWS in **Tab. 2-38** zeigte für das Beispiel-Unternehmen der Holzwerkstoffindustrie einen Mitarbeiter-Anteil von 42,7 %. Der Anteil an der NWS lag hier deutlich niedriger als der des Beispiel-Unternehmens für Papier und Zellstoff. Allerdings war dies eher auf den hohen ermittelten Anteil des Unternehmens zurückzuführen, welcher wie zuvor beschrieben durch die hohe

NWS-Quote erzielt wurde. Die direkten Steuern des Mitarbeiters sowie Ertragssteuern und „sonstige Steuern“ des Unternehmens hatten einen NWS-Anteil von 20,9 %. Aufgrund fehlender Ausweisung der MwSt. in der GuV wurde der Anteil von Staat und Gesellschaft jedoch eher unterschätzt. Die Fremdkapitalzinsen hatten einen Anteil von 8,4 % an der NWS.

Nach Mantau (2012b) produzierte das Unternehmen 2010 rd. 360.000 m³/Jahr, eine Ausweisung der Holzfaserplattenproduktionsmenge im Jahresabschluss erfolgte nicht. Der Holzbedarf des Beispiel-Unternehmens wurde basierend auf dem in Mantau (2012b) ermittelten Faserholzbedarf für die Holzfaserplattenproduktion in Deutschland 2010 von 0,6 Fm/m³ ermittelt. Hiervon ausgehend lag die NWS für die Holzfaserplattenproduktion des Beispiel-Unternehmens bzw. die erste Holzverarbeitungsstufe bei 78,28 €/Fm. Für die zweite Holzverarbeitungsstufe der Holzfaserplatte (LDF) konnte keine NWS basierend auf der Jahresabschlussanalyse ermittelt werden. Dies lag zum einen daran, dass die Holzfaserplatte im Trockenbau je nach Unternehmen in sehr unterschiedlichem Umfang bzw. nur zu gewissem Anteil als Rohstoff eingesetzt wurde. Zum anderen handelte es sich bei Trockenbau-Unternehmen um überwiegend kleine bis mittelgroße Handwerksbetriebe, welche i. d. R. keinen Jahresabschluss im Bundesanzeiger veröffentlichten. Im Rahmen der aus Nachhaltigkeitssicht zu fordernden Kaskadennutzung wird außerdem häufig die stoffliche sowie energetische Wiederverwertung der Holzfaserplatte diskutiert. Allerdings ist zum einen eine stoffliche Verwendung aufgrund zu hoher Schadstoffbelastung des Altholzes aus Rückbau von bis 1989 verbautem Holz bislang nach Dederich (2017)¹⁴ technisch nur in geringem Umfang umsetzbar. Zum anderen wird Altholz aktuell wegen des Überangebotes insbesondere durch Konjunktur und milde Winter verstärkten Rückbau vom Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V. (BAV) (04.10.2016) eher als Entsorgungsgut denn als Brennstoff eingeschätzt. „Die Kosten der Verwertung (Altholzpreise) sind als Resultat dieser Entwicklung in den vergangenen Monaten in einem bis dato nicht gekannten Ausmaß gestiegen.“ (Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V. (BAV) 04.10.2016) Aus diesem Grund schien die Bewertung einer Kaskade aus Wertschöpfungssicht zum aktuellen Zeitpunkt wenig zweckmäßig. Ein Rückbau aus späterer Bautätigkeit sowie ein neuer Anstieg des Heizölpreises wird diese in der Zukunft diskutabel machen.

¹⁴ Auskunft im Expertengespräch am 16.3.2017, Rottenburg am Neckar.

Tab. 2-38: Entstehungs- und Verteilungsrechnung für ein Beispiel-Unternehmen der Holzwerkstoffindustrie (Holzfaserplatten - LDF) basierend auf dem Jahresabschluss-Ergebnis.

Beispiel-Unternehmen für Holzwerkstoffe (Holzfaserplatten)			
Entstehungsrechnung [€/Jahr]			
Umsatzerlöse (Netto)	+	56.435.429	
Erhöhung des Bestands an fertigen und unfertigen Erzeugnissen	+	281.394	
Sonstige betriebliche Erträge	+	503.158	
andere aktivierte Eigenleistungen	+	120.667	
sonstige Zinsen und ähnliche Erträge	+	42.440	
Materialaufwand a) Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	-	17.282.095	
Materialaufwand b) Aufwendungen für bezogene Leistungen	-	6.812.469	
Sonstige betriebliche Aufwendungen	-	9.078.903	
Abschreibungen auf immaterielle Vermögensgegenstände des Anlagevermögens und Sachanlagen	-	7.289.284	
Abschreibungen auf Finanzanlagen und auf Wertpapiere des Umlaufvermögens	-	11.468	
Nettowertschöpfung (inkl. indirekter Steuern) (NWS)	=	16.908.869	
Nettowertschöpfungsquote [NWS/BPW in %]		29,5	
Verteilungsrechnung [€/Jahr]			
			NWS [%]
			NWS [€/Fm]
Sozialabgaben - Arbeitnehmeranteil	+	1.631.025	
Sozialabgaben - Arbeitgeberanteil	+	1.344.590	
Nettolöhne und -gehälter exkl. Sozialabgaben	+	4.067.659	
Anteil der Mitarbeiter (exkl. direkter Steuern)	=	7.043.273	41,7
Lohnsteuer der Mitarbeiter	+	2.101.940	
Solidaritätszuschlag der Mitarbeiter	+	115.607	
Kirchensteuer der Mitarbeiter	+	168.155	
sonstige Steuern des Unternehmens	+	40.413	
Steuern vom Einkommen und Ertrag des Unternehmens	+	1.104.626	
Anteil des Staates (inkl. direkter Steuern des Mitarbeiters u. des Unternehmers, exkl. MwSt.)	=	3.530.741	20,9
Zinsen und ähnliche Aufwendungen des Unternehmens	+	1.412.971	
Anteil des Fremdkapitalgebers	=	1.412.971	8,4
Anteil des Unternehmens (exkl. direkter Steuern)	=	4.921.884	29,1
Nettowertschöpfung (inkl. indirekter Steuern) (NWS)	=	16.908.869	100,0
			32,61
			16,35
			6,54
			22,79
			78,28

Quelle: Jahresabschluss zum Geschäftsjahr 2013 eines Beispiel-Unternehmens für Holzwerkstoffe. Hg. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. URL: www.bundesanzeiger.de [Stand: 03/2017].

Tab. 2-39: Holzbedarfsschätzung für die Holzfaserplattenproduktion des Beispiel-Unternehmens.

Holzfaserplattenproduktion des Beispiel-Unternehmens im Jahr 2010 ¹ [m ³ /Jahr]	360.000
Faserholz für die Holzfaserplattenproduktion in Deutschland 2012 ¹ [Fm/m ³]	0,6
geschätzter Holzbedarf für Holzfaserplattenproduktion des Beispiel-Unternehmens [Fm/Jahr]	216.000

Quelle: ¹Mantau (2012b)

Für die ökonomischen Effekte der stofflichen Verwendung von Fichten-Industrieholz wurden die Wertschöpfungsketten der Energieholznutzung im Privatwald entsprechend angepasst. **Tab. 2-40** stellte das Ergebnis von zwei Beispiel-Teilketten für die Holzernte in Eigenregie bzw. in Dienstleistung und jeweils Fremdvermarktung über die Dritte dar. Die Wertschöpfungskette IH-ER-FV unterschied sich von der Variante zur Hackholznutzung in Eigenregie und Fremdvermarktung (HS-ER-FV) durch einen höheren Erlös für Industrieschichtholz Güte F i. H. v. 42,01 €/Fm (Netto) nach ForstBW (2015). Als weitere Beispiel-Teilkette wurde IH-DL-FV mit vollmechanisierter Holzernte angenommen. Anders als bei der Ernte von Waldrestholz (HS-DL-F) wurden hier jedoch Kosten für das Fällen und Aufarbeiten mit dem Harvester (Rückegassenabstand 20 m) berücksichtigt, die Arbeitsproduktivität - auch für das Rücken - an das Sortiment angepasst und der Industrieschichtholz-Erlös angenommen.

Es ergab sich mit 34,57 €/Fm eine deutlich höhere NWS und mit 78 % eine sehr viel höhere NWS-Quote bei vollmechanisierter Holzernte gegenüber dem Einschlag in Eigenregie (des Privatwaldbesitzers) mit 16,68 €/Fm bzw. 38 %. Der Waldbesitzer erzielte im Vergleich zur Hackholzernte bei Industrieholznutzung in Eigenregie jedoch immerhin noch einen positiven NWS-Anteil i. H. v. 3,63

€/Fm, allerdings berücksichtigte dieser analog zu den Energieholzketten keine Kosten für den Arbeitsaufwand des Privatwaldbesitzers selbst (vgl. Kap. 2.1.4). Die Anteile von Fremdkapitalgeber sowie Staat und Gesellschaft lagen mit 4,06 €/Fm bzw. 7,97 €/Fm insbesondere wegen der hohen Mechanisierung bzw. geringen Maschinenauslastung höher. Die Mitarbeiter-NWS bzw. Lohnunternehmer-NWS für die Holzvermarktung war mit jeweils <1€/Fm eher gering.

Bei vollmechanisierter Holzernte des Industrieholzes in Dienstleistung konnte der Privatwaldbesitzer mit 13,94 €/Fm einen etwa ebenso hohen Anteil wie Staat und Gesellschaft mit 12,89 €/Fm erzielen. Darüber hinaus war der (nicht berücksichtigte) Arbeitszeitaufwand des Waldbesitzers eher gering. Der Mitarbeiter-Anteil lag mit 4,99 €/Fm deutlich höher als bei Holzernte in Eigenregie. Zudem profitierten Lohnunternehmer mit 2 €/Fm, wobei die Fremdkapitalzinsen aufgrund der hohen Maschinenauslastung professioneller Unternehmer mit 0,75 €/Fm gering waren. Damit schien die Teilkette mit vollmechanisierter Holzernte aus ökonomischer Sicht für alle dargestellten Akteure vorteilhafter als die Industrieholzernte des Privatwaldbesitzers in Eigenregie.

Tab. 2-40: Ökonomische Effekte der stofflichen Verwendung von Industrieholz der Teilketten des Forstbetriebes (Eigenregie/ Dienstleistung) und der Holzverarbeitung (Papier & Zellstoff/ Holzfaserplatten).

Teilkette	Forstbetrieb		Holzverarbeitung	
	IH-ER-FV	IH-DL-FV	Papier & Zellstoff	Holzfaserplatten
Entstehungs- und Verteilungsrechnung				
Umsatzerlös [€/Fm]	44,32	44,32		
Vorleistungen & Abschreibungen [Fm]	27,64	9,75		
Nettowertschöpfung [€/Fm]	16,68	34,57	52,16	78,28
Nettowertschöpfungsquote [%]	38	78	17	29
Mitarbeiter [€/Fm]	0,36	4,99	36,60	32,61
Lohnunternehmer [€/Fm]	0,65	2,00		
Unternehmen [€/Fm]	3,63	13,94	2,12	22,79
Fremdkapitalgeber [€/Fm]	4,06	0,75	1,43	6,54
Staat und Gesellschaft [€/Fm]	7,97	12,89	12,02	16,35
Regionaler Mehrwert				
Regionaler Mehrwert [€/Fm]	7,07	20,22		
Regionaler Mehrwert [%]	42	58		
Mitarbeiter [%]	5	16		
Lohnunternehmer [%]	9	7		
Waldbesitzer (mit Vermarktung) [%]	51	69		
Fremdkapitalgeber [%]	29	2		
Staat und Gesellschaft [%]	6	6		

Die ökonomischen Effekte der stofflichen Verwendung von Industrieholz bis zur ersten Holzverarbeitungsstufe waren mit etwa 70-110 €/Fm einzuschätzen. Bei Herstellung von Zellstoff und Papier konnte je nach Berücksichtigung des Recyclings und der Durchführung von Holzernte in Eigenregie oder Dienstleistung eine NWS von etwa 70–110 €/Fm erreicht werden. Bis zur Holzfaserplattenherstellung betrug die erzielte NWS etwa 95-110 €/Fm, allerdings war hier in der zweiten Holzverarbeitungsstufe mit weiteren ökonomischen Effekten zu rechnen. Im Vergleich zur energetischen Verwendung von Scheitholz oder Hackschnitzel für den Eigenbedarf mit ökonomischen Effekten von ca. 80 €/Fm konnten damit bei stofflichen Verwertung mindestens ebenso hohe Effekte erzielt werden (vgl. Kap. 2.1.4). Bei Nahwärmeversorgung durch eine Hackschnitzelanlage könnten die ökonomischen Effekte im Vergleich zur Papier-/Zellstoffproduktion sowie für die Holzfaserplattenherstellung (nur bis zur ersten Holzverarbeitungsstufe) jedoch höher sein (vgl. HS-DL-FV mit 132,93 €/Fm in **Tab. 2-30**).

Unter der Annahme, dass es sich bei der Holzverarbeitung um ein Unternehmen mit regionalem Firmensitz handelte, könnte beim Mitarbeiter-Anteil von einem regionalen Verbleib ausgegangen werden. Ein Teilbeitrag der NWS des Unternehmens zum regionalen Mehrwert war aufgrund von Reinvestitionen in das Unternehmen mit Vorteilen für die Region wahrscheinlich. Wie die Ergebnisse in

Kap. 2.1.4 jedoch zeigten, verblieb nur ein sehr geringer Anteil der Steuern in der Region. Insgesamt konnte der regionale Mehrwert der stofflichen Verwendung (bis zur ersten Verarbeitungsstufe) mit 40-70 €/Fm eingeschätzt werden. Im Vergleich schien die stoffliche Verwendung demnach bei regionaler Holzverarbeitung mit der energetischen Nutzung konkurrieren zu können. Eine profitabel wirtschaftende regionale Heizanlage mit Nahwärmenetz könnte dieses Ergebnis jedoch übertreffen, allerdings waren diese Effekte auch vor der jeweils aktuellen Wärmenachfrage (milde Winter) bzw. Heizölpreis-Entwicklung zu diskutieren.

2.1.8 Workshops/ Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen

Im Forschungsprojekt KLEN wurden vier geplante Workshops durchgeführt. Drei Regionalworkshops in Märkisch-Oderland/ Brandenburg, Ostwestfalen-Lippe/ NRW und Weilheim-Schongau/ Bayern dienten der Diskussion zur Übertragbarkeit der Projektergebnisse, welche auf Untersuchungen in drei Modellregionen Baden-Württembergs basierten. Es wurden regionale Akteure aus Forst, Naturschutz, Politik, Energieholzwirtschaft und Forschung eingeladen. Nach Präsentation der eigenen Ergebnisse stellten jeweils zwei bis drei Referenten die regionale Situation des Kleinprivatwaldes und der Energieholznutzung vor.

Zum Projektende fand ein Abschlussworkshop in Freiburg statt, zu dem Experten aus den Bereichen Forst, Naturschutz, Politik, Energieholzwirtschaft und Forschung sowie beteiligte Akteure und Unterstützer des Forschungsvorhabens (Interviewpartner etc.) eingeladen wurden. Vier Vorträgen mit Ergebnissen aus dem Forschungsprojekt KLEN wurden durch vier externe Referenten aus Forschung und Praxis ergänzt. Im Fokus der Diskussion stand die Situation der Energieholznutzung im Privatwald allgemein und deren künftige Entwicklung sowie Bedeutung. Dabei sollten Handlungsempfehlungen der Experten zur weiteren Rolle der Energieholznutzung im Privatwald entwickelt werden.

Das Programm der jeweiligen Workshops ist dem Anhang 7 zu entnehmen.

2.1.8.1 Regionalworkshop in Märkisch-Oderland

Der Workshop zur Übertragbarkeit der Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt KLEN auf die Region Märkisch-Oderland/ Brandenburg fand am 14.11.2016 in Strausberg statt. Es nahmen 11 Vertreter von Wissenschaft, MLUL Brandenburg, Oberförsterei, Forstbetriebsgemeinschaft, Brennholz-Handel und Naturschutzbehörde teil. Nicht anwesend sein konnten die Geschäftsführer der Privatwaldbesitzerverbände.

Pietschmann (2016) stellte die Struktur des Privatwaldes und die aktuelle Situation der Bewirtschaftung bzw. Betreuung in Märkisch-Oderland (MOL) vor:

Der Waldflächen-Anteil im Landkreis MOL liegt bei 24 %. Die Kiefer dominiert mit 70 % an der Waldfläche und 59 % sind in Privatwaldbesitz. Die aktuelle Bewirtschaftungssituation im Privatwald ist vor dem Hintergrund der geschichtlichen Entwicklung zu betrachten. Vor 1945 war der größte Teil der Waldfläche in der Hand von Großgrundbesitz, Kommunalwald und preußischem Staatswald und wurde nach der Bodenreform bis 1990 als Privat-/ Bauernwald bzw. Volkswald durch die Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft (LPG), Zwischengenossenschaftliche Einrichtung der Landwirtschaft (ZEW) und den Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieb (StFB) bewirtschaftet. Nach dem Treuhandgesetz von 1990 erfolgte eine Besitzrückgabe an Kleinwaldbesitzer und Reprivatisierung des in der Bodenreform nicht aufgesiedelten ehemaligen Großprivatwaldes. Heute sind die Kleinwaldbesitzer teilweise in 24 Forstbetriebsgemeinschaften in Größen zwischen 50 und 1000 ha (Ø ca. 200 ha) organisiert. Der überwiegende Teil der Kleinwaldbesitzer gehört jedoch keiner Forstbetriebsgemeinschaft an. In Folge der Reprivatisierung des Treuhandwaldes existieren viele große Privatwaldbesitzer mit 30 bis 3000 ha je Betrieb. Der Waldgrundstücksmarkt ist auch heute noch in ständiger Bewegung.

Die Forstbehörde bietet den Privatwaldbesitzern eine kostenfreie Beratung (Rat und Anleitung) durch hohheitlich zuständige Revierförster zur Unterstützung der Waldbesitzer bei der gesetzeskonformen Bewirtschaftung ihres Waldes (§ 28 Landeswaldgesetz) an.

Nutzungsintensitäten

Eine zentrale Rolle bei der Nutzungsintensität spielt die Nährstoffnachhaltigkeit auf den zumeist basenarmen, oftmals podsoligen Standorten in Brandenburg. Dazu wurden und werden entsprechende Karten erstellt, die Hinweise enthalten, welche Baumteile entnommen oder besser im Bestand belassen werden sollten. Wenn Rinde und Laub im Wald verbleiben, bestehen zumeist keine Nährstoffprobleme. Allerdings sieht nach Angaben der Workshop-Teilnehmer die Realität derzeit anders aus. Der Einschlag in Brandenburg geschieht fast überwiegend über Dienstleister mit Stockverkauf. Eine typische Kleinprivatwaldkultur wie in etlichen westdeutschen Ländern hat sich aufgrund der Historie nicht entwickelt. Die Aufarbeitung ist vollmechanisiert und es werden zunehmend Vollbäume entnommen. Hier sind flächig Nährstoffprobleme zu erwarten, da eine Vollbaumnutzung nur auf 15 % der Brandenburger Waldflächen als nachhaltig für den Nährstoffhaushalt bezeichnet werden kann. Zur Diskussion stehen daher neben Entrindung im Bestand, Harvesterköpfe werden derzeit dafür getestet, eine Aufarbeitung bis minimal Zopf 14 cm. Ansonsten sind die waldbaulichen Verfahren bei der Bestandsernte als nutzungsintensiv zu bezeichnen. In der Praxis wird überwiegend die gesetzmäßig maximal zulässige Intensität voll ausgeschöpft. Die Walderneuerung geschieht überwiegend im Kahlschlagsverfahren mit flächiger Räumung. Auch „Kulissenhiebe“ zur Verschleierung von Großkahlschlägen waren in den letzten Jahren nicht unüblich.

Regionale Wertschöpfungsketten

Duhr (2016) stellte in seinem Vortrag Ergebnisse des Testbetriebsnetzes Brandenburg vor. Demnach wurde im Jahr 2015 13 % des Holzeinschlags als Energieholz verwendet. Die Statistik berücksichtigt jedoch keine Eigenbedarfsverwendungen und Kleinwerber. Ein örtlicher Revierleiter, der am Workshop teilnahm, schätzt einen eher um das zweifache höheren Anteil der Energieholzverwendung. Einige Teilnehmer sprachen von einem „geringen“ Umfang der Eigenbedarfsverwendung. Die Mengen der Energieholznutzung scheinen mit 13-26 % eher schwer einzugrenzen. Es ist anzunehmen, dass der Energieholzanteil etwas niedriger liegt als in Modellregion Silikat und den Modellregionen Kalk und Keuper mit etwa einem Viertel bzw. einem Drittel der Gesamtnutzung (vgl. Kap. 2.1.2).

Neben der Eigenbedarfsverwendung im Privatwald werden im Ländlichen Raum der Region Märkisch Oderland in direkter Absprache nach dem Nachbarschaftsprinzip auch Flächenlose (Kronenrestholzaufarbeitung) zu geringen Preisen an Brennholzseltwerber vergeben. Problematisch wird hier die Situation fehlender Motorsägenscheine eingeschätzt.

In der Region MOL sind auch Brennholz-Händler aktiv und waren beim Workshop vertreten. Händler kaufen jedoch bevorzugt Fixlängen frei Waldstraße im (PEFC zertifizierten) Staatswald ein, da sich der Brennholzerwerb im Privatwald oft als zu „kompliziert“ erweist. Die Mindestabnahmemenge beträgt 1 Rm für den Preis 99 €/Rm. Höhere Preise von etwa 100-115 €/Rm werden für technisch getrocknete Buche erzielt. Der teilnehmende Händler beobachtet den Trend, dass Biogasanlagenbetreiber auf die technische Scheitholztrocknung bzw. den Scheitholz-Handel als zweites Standbein setzten und Einzelraumfeuerungen im nahen Verflechtungsraum um Berlin stark zunehmen.

Neben Brennholz wird regional auch viel Altholz, durch Rückbau (insb. aus Berlin) thermisch verwertet.

Maßgeblich ist die Privatwaldbewirtschaftung jedoch durch die Industrielholznutzung mit einem Anteil von 53 % (insb. Kiefer) an der Gesamtnutzung im Jahr 2015 geprägt (vgl. Ergebnisse des Testbetriebsnetzes Brandenburg nach Duhr 2016). Sägefähige Sortimente mit einem Anteil von 34 % in 2015 nähmen künftig stetig zu. Wegen des mit 50 % hohen „Neukauf-Anteils“ und einer Rückübertragungsquote seit 1995 von etwa 50 % nach der Wiedervereinigung, zeigten die Privatwaldbesitzer kei-

ne „lange Bindung“ an ihren Wald und bei Vermarktung keine „Verbindung zum operativen Geschäft“. Stattdessen erfolgt der Hauptverkauf auf dem Stock an (Holzwerkstoff-)Industrie mit kaum regionaler Vermarktung, Forsthändler mit eigenen Maschinen und teilweise regionalen, meist jedoch überregionalen Vermarktungsregionen sowie große Holzhändler mit internationaler Vermarktung.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die im Forschungsvorhaben KLEN untersuchte Scheitholz-nutzung des Privatwaldbesitzers in Eigenregie für den Eigenbedarf auch Relevanz für die Region MOL hat, wobei eine mengenmäßige Bedeutung schwer einzuschätzen ist. Da jedoch keine Holzern-temaßnahmen von stofflichen Sortimenten mit Vermarktungszweck durch den Privatwaldbesitzer selbst durchgeführt werden und regional eine großstrukturierte Landwirtschaft vorwiegt, ist eher mit einer geringeren Mechanisierung bei der Eigenbedarfsverwendung zu rechnen.

Eine Scheitholz-Eigenvermarktung wie in MR Silikat oder eine Brennholz-Fremdvermarktung frei Waldstraße wie in MR Keuper scheint eher unüblich. Stattdessen wäre die mengenmäßige Bedeutung von Flächenlosen zu untersuchen. Eine Hackschnitzelnutzung sowohl für Eigenbedarfsverwendung, als auch zur Fremdvermarktung spielt auch aufgrund des geringen Hackrohholzerlöses und des Angebotes von Altholz eine untergeordnete Rolle.

Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen

Herrn Hennenberg stellte in seinem Vortrag die generell guten Treibhausgas-minderungen durch Holzfeuerungsanlagen und die konträr hohen Luftschadstoffemissionen dieser Anlagen vor. Diese Tendenz bestätigte er auf Basis der vorläufigen Projektergebnisse für ausgewählte Wertschöpfungsketten. Aufbauend auf den Vortrag wurde diskutiert, wie die hohen Luftschadstoffemissionen reduziert werden können. Als eine Möglichkeit wurde die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Brennmaterialien gesehen. Auch eine verstärkte Bereitstellung von Informationsmaterialien für Endkunden von Holzbrennstoffen im Hinblick auf ein Nutzungsverhalten mit minimierten Luftschadstoffen wurde diskutiert. Abgeschlossen wurde die Diskussion mit der Frage, in welchem Umfang die energetische Holz-nutzung in Zukunft im Hausbrand noch eine Rolle spielen wird. Hier wurde es als wahrscheinlich angesehen, dass der Hausbrand zu Gunsten anderer Sektoren (Strom Verkehr) zurückgehen wird, wobei insbesondere ein Premiumsegment z.B. für Stückholz erhalten bleiben wird.

2.1.8.2 Regionalworkshop in Ostwestfalen-Lippe

In der Region Ostwestfalen-Lippe (OWL) wurde am 15.11.2016 im Waldinformationszentrum Hammerhof (Wald und Holz NRW) in Warburg-Scherfede ein Regionalworkshop durchgeführt, um die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt KLEN mit lokalen Experten in Relation zu der Situation in der Region zu diskutieren. Der Workshop wurde in enger Kooperation mit dem Cluster Holz OWL (Joachim Göckede, Willebadessen-Borlinghausen) und dem Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (Martin Wagemann, Regionalforstamt Hochstift) durchgeführt.

An dem Workshop nahmen 17 Vertreter aus dem privaten und staatlichen Forstwesen und zwei Vertreter der Landschaftsstation Kreis Höxter teil. Abgesagt wurde eine Teilnahme von Vertreter der lokalen Kreisverwaltung im Bereich Naturschutz (Höxter) und der lokalen Naturschutzverbände.

Herr Göckede und Herr Wagemann stellten die Waldstruktur inklusive Privatwald und die aktuelle Situation der Bewirtschaftung bzw. Betreuung in Ostwestfalen Lippe (OWL) vor:

In der Region nimmt der Wald einen Flächenanteil von ca. 30% ein. Laubbaumarten dominieren mit 58% die Bestände, wobei ca. 47% der Bestände Laubwald sind. Bei den Nadelbäumen (42%) dominiert die Fichte, aber auch Lärche wird gerne gefördert.

Im Kreis Höxter (Waldanteil von 30%, 47% Buchenwälder) liegt der Anteil der Privatwälder bei 54% und der der Körperschaftswälder bei 30%. Die durchschnittliche Betriebsgröße im Kreis Höxter beträgt ca. 40 ha.

Im Kreis Minden-Lübbecke/Herford nehmen die Wälder lediglich 11% der Fläche bei einem hohen Anteil an Privatwäldern ein. In diesem Kreis liegt die durchschnittliche Betriebsgröße bei In der Region ist die Holzwerkstoff- und Möbelindustrie sehr stark vertreten. Dies bedeutet, dass komplette stoffliche Wertschöpfungsketten regional vertreten sind.

Nutzungsintensität

Die Nutzungsintensität im Kleinprivatwald der Region ist schwer einzuschätzen. Einerseits besteht nach Angaben der Workshop-Beteiligten eine hohe Nachfrage nach Waldgrundstücken und auch die Selbstwerbeaktivität ist hoch, so dass von einem zunehmenden Nutzungsdruck auf den Wald ausgegangen werden könnte. Andererseits wurde postuliert, dass die Brennholznachfrage aufgrund der demografischen Entwicklung in der Region sowie der Heizölpreisentwicklung seit einiger Zeit spürbar weniger geworden ist. Der Kleinprivatwaldbesitzer sei zudem oft nicht mehr vor Ort und habe so kein unmittelbares Interesse mehr an seinem Wald. Der zuständige Förster agiere als reiner Dienstleister für die Kleinprivatwaldbesitzer und zum Schluss zähle nur die Überweisung eines Gewinnbetrages aus dem Wald auf dem Konto des Waldbesitzers. Forstpolitisch erwünscht ist, dass zur Herstellung einer gewissen Energieautarkie der Region das Interesse an einer Kleinwaldnutzung durch die Forstverwaltung mittels verschiedenster Maßnahmen gefördert wird. Die Möglichkeiten zur Nutzungsintensivierung seien je nach Kreis sehr unterschiedlich. Beispielsweise bestünden im Kreis Höxter nur geringe Holzpotenziale im Kleinprivatwald. Sie fänden sich fast ausschließlich in älteren Buchenbeständen. Im Kreis Minden seien die Potenziale deutlich höher. Die Nutzung sei in einigen Kleinprivatwäldern so gering, weil die Preise für stoffliche Verwertung von vorwiegend Laubholz zu unattraktiv für eine intensivere Nutzung seien. Günstiges Holz wird dagegen aus dem walddreichen Südniedersachsen in die Holzverarbeitungsregion Ostwestfalens „importiert“.

Regionale Wertschöpfungsketten

Nach dem Unfall des Öltankers Exxon Valdez im Jahr 1989 und im Zuge der Agenda 21-Prozesse nahm der Fokus in der Region OWL auf die Holzenergie stark zu. Aufgrund geringer Nachfrage heimischen Holzes und schlechter Industrieholzpreise wurde die Initiierung einer regionalen „Brennholzkultur“ mit Betonung von Klimaschutz und regionaler Wertschöpfung angestrebt. In den Jahren 1996-1998 startete, ausgehend von einer starken Initiative des Regionalforstamtes, eine Brennholz-Kampagne. Die Nachfrage nach Waldeigentum ist insbesondere wegen des starken Interesses an der Brennholzgewinnung für den Eigenbedarf stark gestiegen.

Aufgrund der sehr heterogenen Privatwaldbesitzerstruktur innerhalb der Region OWL mit unterschiedlichen Betriebsgrößen und Waldbesitzerinteressen in den Revieren, lässt sich Auskunft der Workshop-Teilnehmer keine einheitliche Form bzw. Bedeutung der Energieholznutzung skizzieren. Während das Interesse an der Forstwirtschaft und Eigenbedarfsverwendung von Brennholz in einigen Revieren ungebrochen ist, nimmt dieses in anderen Teilregionen, insbesondere aufgrund des Generationenwechsels, fehlender Zeit und Know How, deutlich ab. An ihrer Stelle kommen zunehmend Lohnunternehmer zum Einsatz und der Preis entscheidet über eine stoffliche oder energetische Verwendung. In den Revieren werden unterschiedliche Entwicklungen zur Brennholz-Nachfrage beobachtet, welche teilweise ungebrochen scheint und teilweise auch aufgrund von niedrigem Heizölpreis, warmen Wintern und Generationenwechsel zurückgeht.

Die Brennholzvermarktung über den Revierförster, d. h. Fremdvermarktung des Privatwaldbesitzers, erfolgt zum einen an Großkunden frei Waldstraße, die einen kombinierten Sägespaltautomaten einsetzen und das Scheitholz weitervermarkten. Hier existieren auch gewerblich ausgebildete und zertifizierte Brennholzhändler. Außerdem kaufen Kleinkunden Brennholz frei Waldstraße ein und lassen es sich mit dem LKW aus dem Wald liefern. Andere „Hobby-Brenner“ arbeiten das Brennholz am Wegrand auf und weitere Freizeit-Selbstwerber mit professionellerer Ausrüstung rücken es mit eigenem Schlepper selbst aus dem Wald („Trekker-Club“). Das Fällen übernimmt der Forst in der Regel zur

Minimierung der Unfallgefahr selbst. Die Freizeit-Selbstwerbung im Wald spart damit deutlich die Lohnkosten der Forstwirte ein, ist allerdings mit einem hohen Arbeitszeitaufwand für den Revierleiter verbunden. Die Motivation der Brennholzkleinkunden ist dabei unterschiedlicher Art. Eine Gruppe „muss“ aus finanziellen Gründen Brennholz in Selbstwerbung aufarbeiten, eine andere nutzt den „kleinen Zuverdienst“. Wiederum andere Selbstwerber beteiligen sich an der Aufarbeitung aus Freizeit-Interesse, entweder als Mitglied des „Trekker-Clubs“ oder aus Gründen der „Gesundheitsvorsorge“ zur sportlichen „Ertüchtigung statt Krankengymnastik“.

Der Brennholzbedarf ist in der Regel deutlich kleiner als der im KLEN-Projekt angenommene durchschnittliche Produktionsumfang von 18 Fm/Jahr. Die maschinelle Ausstattung zur Brennholzaufarbeitung in der Region ist jedoch sehr gut, teilweise werden auch mobile kombinierte Sägespaltautomaten eingesetzt, die gemeinschaftlich ausgelastet werden.

Hackschnitzel werden in der Region OWL ebenfalls genutzt, allerdings lohnen sich die neuen Hackschnitzel-Heizanlagen aktuell wegen des niedrigen Heizöl- und Altholzpreises sowie den warmen Wintern aus ökonomischer Sicht nicht. Es wird jedoch auf eine unzuverlässige Abnahme von Laubindustrieholz verwiesen, die aus Sicht einzelner Teilnehmer eine alternative Vermarktung von Hackschnitzel erfordert und eine Hackschnitzel-Kampagne analog der in den 90er Jahren gestarteten Brennholz-Kampagne voraussetzt.

Neben Brennholz wird ein Großteil des Einschlags in der Holzwerkstoff-Industrie verarbeitet, die in OWL einen Schwerpunkt in der Möbelindustrie (spez. Küchen) hat. Die Wertschöpfung bei stofflicher Vermarktung ist zwar – so ein Teilnehmer - bei Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette deutlich höher, allerdings lohnt sich diese häufig aus Sicht des Produzenten nicht. Letztlich entscheidet der Preis über die energetische oder stoffliche Verwendung.

Ein Vergleich mit den im KLEN-Projekt untersuchten Wertschöpfungsketten zeigt, dass sowohl die Eigenbedarfsverwendung von Brennholz in Eigenregie als auch die Fremdvermarktung von Brennholz frei Waldstraße an Freizeitselbsterwerber, wie sie in MR Keuper existierte, auch in der Region OWL von Bedeutung ist. Die aufgearbeiteten Mengen je Abnehmer bzw. der Eigenbedarf des Waldbesitzers sind jedoch geringer einzuschätzen. Dahingegen spielt auch der Handel als Abnehmer im Privatwald eine Rolle. Eine hohe Eigenmechanisierung trifft ebenfalls zu, wobei in OWL sogar kombinierte Sägespaltautomaten zum Einsatz kamen. Eine Eigenvermarktung von Scheitholz durch den Privatwaldbesitzer findet nach Auskunft der Teilnehmer jedoch nicht statt.

Auch in OWL existieren Wertschöpfungsketten zur Versorgung von Hackschnitzel-Heizanlagen. Hackholz wird sowohl für den Eigenbedarf verwendet, als auch fremdvermarktet. Bei der teilweise sehr hohen Mechanisierung der Privatwaldbetriebe, ist anzunehmen, dass die Holzernte hierfür in Eigenregie oder Dienstleistung erfolgen kann.

Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen

Herrn Hennenberg stellte in seinem Vortrag die generell guten Treibhausgasminderungen durch Holzfeuerungsanlagen und die konträr hohen Luftschadstoffemissionen dieser Anlagen vor. Workshop-Teilnehmer stellten ihre Beobachtung dar, dass durch die neue BImSch das Hemmnis besteht, neue Holzheizanlagen einzubauen, aus Angst, die Grenzwerte nicht zu erreichen. Mit einer Gasheizung sind die Anforderungen viel einfacher zu erfüllen.

Zudem wurde berichtet, dass es im Kreis Höxter bei Hausbesitzern der Wunsch nach eigenem Waldbesitz zur Holzenergienutzung vorherrscht. Es besteht aber eine stabile Waldbesitzstruktur und daraus resultierend Wartelisten für Waldkauf. Als Waldfläche für den Eigen-Heizbedarf werden 2 ha empfohlen.

2.1.8.3 Regionalworkshop in Weilheim-Schongau

Der Workshop fand am 30.1.2017 in Weilheim / Oberbayern statt. Insgesamt konnten dazu 11 Experten gewonnen werden. Die überwiegende Anzahl waren Vertreter verschiedener WBV (Waldbesitzervereinigungen) der Region. Zudem brachten sich Dienstleister (Einschlag, Handel), Vertreter der ALF und ein Privatwaldexperte der Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft Bayern (LWF) in die Diskussion mit ein. Die Region um Weilheim zeichnet sich durch einen hohen Waldanteil aus (46 %). Wichtigster Waldbesitz ist der Privatwald, der allein in der Region 120.000 ha beträgt. Es bestehen 16.000 „Waldbesitzereinheiten“, Erbgemeinschaften sind hier zahlreich vertreten. 56 % der Waldbesitzer haben weniger als 1 ha Wald. Bei den Baumarten dominiert die Fichte mit einem Anteil von 72 %. Forstunternehmer und Heizwerke (kleinere Anlagen) sind in der Region ausreichend vorhanden. 25 % des bayerischen Holzes wird von der FBG vermarktet. Diese setzt sich zu 50 % aus forstlich Ausgebildeten und 50 % Anderen (viel Ehrenamt) zusammen. Wichtigste Aufgabe der FBG ist die Holzvermarktung, daneben werden noch ca. 13 weitere Aufgaben wahrgenommen, so dass ein hohes Aufgabenspektrum besteht. Eine Folge ist, dass inzwischen sehr komplexe Arbeitsabläufe in der FBG mit vielen Teilprozessen existieren. Die Finanzierung einer FBG besteht aus 2 €/Fm Abgabe der Holzabnehmer, einem Beitrag X €/Fm bei den Waldbesitzern, Mitgliedsbeiträgen sowie als sehr wichtigem Finanzierungsbaustein die staatliche Förderung, wie z.B. bei der Vermarktung und anderer Arbeiten. Die Geschäftsführung wird nur bei forstlicher Ausbildung seitens des Staates gefördert. Waldpflegeverträge haben eine geringe Bedeutung zur Finanzierung der FBG.

Nutzungsintensitäten

Der hohe Fichtenanteil führte in den letzten Jahren dazu, dass die Schadh Holznutzung (Sturm/ Käfer) im Kleinprivatwald inzwischen stark angestiegen ist. Es wird zwar genutzt, die Nutzung ist aber oftmals nicht vom Nutzungsinteresse abhängig, sondern ergibt sich aus „Notsituationen“. 15 % der Kleinstprivatwaldbesitzer wurden daher beispielsweise in den regionalen Landkreisen im letzten Jahr wegen Schadh Holzereignissen angeschrieben, Zunehmend besteht durch anhaltende Kalamitäten und dem Wunsch nach mehr ökologischer Stabilität auch im Kleinprivatwald die Tendenz zum Mischwald. Unter 5 ha wird im Kleinprivatwald vor allem Brennholz zum Eigenverbrauch gewonnen, bei größeren Betrieben nimmt der Stammholzanteil sukzessive zu. Schätzungen gehen davon aus, dass trotz des Fichtenreichtums rund 60 % des Nutzholzes in den eigenen Ofen geht. Auch Hackschnitzel für die zahlreichen Heizanlagen in der Region sind ein wichtiges Sortiment und es wird auch aus Vollbäumen Hackschnitzel produziert. Eine Gefährdung der Nährstoffnachhaltigkeit spielt in der Region zumeist keine Rolle.

Regionale Wertschöpfungsketten

Nach Untersuchungen der Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2012) nahm der Anteil der Energieholznutzung am Gesamteinschlag 2011 in Bayern mit steigender Betriebsgröße der Privatwaldbesitzers ab. Während Kleinbetriebe <5 ha mehr als 60 % für Energieholz nutzten, lag dieser Anteil für Betriebe mit 100-200 ha nur noch bei etwa 20 %. Eine deutliche Abnahme zeigte dabei der Brennholzanteil, während für Hackschnitzel keine eindeutige Tendenz erkennbar war. Jeweils etwa 10-20 % wurden als Hackholz verwendet (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2012).

Ein Vergleich der aus dem KLEN-Projekt vorgestellten Wertschöpfungsketten zeigt, dass in einigen Teilregionen von Weilheim-Schongau Maschinen, wie z. B. für das Spalten, über die WBV verliehen werden, in anderen jedoch ist die Aufarbeitung mit dem für den eigenen Bedarf angeschafften Spalter üblich. Es kommen auch kombinierte Sägespaltautomaten zum Einsatz. Neben der Eigenbedarfsverwendung scheint auch der „Schwarzmarkt“ stark zu florieren, außerdem bieten der strukturierte Brennholz-Handel und Baumärkte (Importware) Scheitholz an.

In einigen landwirtschaftlichen Betrieben sind, u. a. zur Eigenbedarfsverwendung von Hackschnitzel, noch eigene Scheibenhacker vorhanden, deren Anzahl jedoch tendenziell abnimmt. Der Hackschnitzelmarkt wird primär durch (Käfer-)Kalamitäten geprägt und daher für Nadelholz als temporärer Markt eingeschätzt. Seitens der Hackschnitzel-Händler wird der Markt wegen der Preisdominanz großer Abnehmer und stark sinkenden Hackschnitzelpreises mit Sorge betrachtet und bietet keine Planungssicherheit. Der Hackrohholzpreis liegt aktuell bei etwa 3-8 €/Sm³ je nach angebotener Qualität von Waldrestholz mit hohen Nadelanteilen bis K-Holz, während früher 8 €/Sm³ für Waldrestholz erzielt wurde. Fichte K-Holz, welches nach Auskünften des Forstes daher seit zwei Jahren das „Sorgensortiment“ darstellt, ist nach Angaben der Hackschnitzel-Händler zu teuer. In einigen Waldbesitzervereinigungen wird auch die Sorte Fichte IL als Hackholz vermarktet. Für die Zukunft wird noch ein Potenzial der Hackholzernte bei Erschließung sowie bei einer im 10-Jahresturnus wiederkehrenden Nutzung unter Berücksichtigung der Ampelkarte gesehen.

Einige Waldbesitzervereinigungen stehen mit Tochterunternehmen, die z. B. als GmbH Beteiligungen an Heizwerken besitzen, in Verbindung. Grundsätzlich sind Heizwerke (insb. kleinere Anlagen) in der Region aus Sicht der Teilnehmer ausreichend vorhanden. Die hohe Anzahl der Kleinanlagen wurde durch die Förderung des Centralen Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerks e.V. (C.A.R.M.E.N.) geprägt, bietet jedoch wegen der nur geringfügigen Bindung an Lieferverträge insbesondere für Hackschnitzel-Unternehmer keine Planungssicherheit.

Wie in den anderen Regionen ist auch in Weilheim-Schongau die Eigenbedarfsverwendung von Brennholz von Relevanz. Allerdings wird hier nicht immer in eigene Maschinen investiert, sondern auch auf Maschinenpark-Angebote der Waldbesitzervereinigungen zurückgegriffen. Auch die Eigenvermarktung von Scheitholz findet statt. Aufgrund des hohen Fichtenanteils in der Region, ist von einer eher untergeordneten Bedeutung der Brennholz-Fremdvermarktung über die Waldbesitzervereinigung auszugehen. Hierauf weist auch der geringe Brennholz-Anteil der großen Privatwaldbetriebe hin. Hackschnitzel werden sowohl für den Eigenbedarf des Waldbesitzers, einige sind sogar mit einem Scheibenhacker ausgerüstet (Tendenz abnehmend), als auch für die Fremdvermarktung genutzt. Es sind Hackschnitzel-Händler an den Wertschöpfungsketten beteiligt, allerdings wird auch an größere Heizwerkbetreiber direkt vermarktet. Kleinanlagen sind in der Region stärker vertreten.

Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen

Im Anschluss des Vortrags zu Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen entwickelte sich schnell wieder eine Diskussion hin zu ökonomischen Aspekten, die mit der energetischen Holznutzung einhergehen.

2.1.8.4 Abschlussworkshop in Freiburg

Der Abschlussworkshop fand am 23.02.2017 in Freiburg statt. Insgesamt konnten 34 TeilnehmerInnen gewonnen werden. Darunter waren u.a. Vertreter vom Bundesamt für Naturschutz, vom MLUL Brandenburg, von Forstbetriebsgemeinschaften und Forstämtern sowie vom RP Freiburg.

Nutzungsintensitäten

Besonders beschäftigte die Teilnehmer die Nutzungssituation in der Modellregion Kalk. Hier seien nach Ansicht eines Teilnehmers Nutzungsänderungen in großem Maße vorhanden, insbesondere durch die flächigen Aufforstungsgebiete, wobei hier zwei Gruppen abgegrenzt werden könnten: Waldbesitzer mit und ohne Bezug zu ihrem Wald. In der Modellregion Kalk wird, Angaben eines Verwaltungsvertreters nach, viel Holz über die Forstämter verkauft und es wurde in den letzten Jahren eher eine Reduktion der Verkaufsmengen festgestellt. Als Grund käme unter anderem der seit längerem niedrige Zinssatz zurück, so dass stehendes Holzkapital nicht zu Geld umgewandelt wird. Ähnliche Beobach-

tungen anderer Teilnehmer bestätigten diesen Trend, so wäre der Laubholzeinschlag zur Brennholznutzung eher zunehmend, wohingegen Nadelholz stehen gelassen wird. Diese Einschätzungen konnten allerdings anhand der Inventurergebnisse zur Nutzungsintensität nur teilweise nachvollzogen werden.

Regionale Wertschöpfungsketten und regionale Wertschöpfung

Nach der Ergebnispräsentation zur regional-ökonomischen Wertschöpfung der Energieholznutzung wurde angemerkt, dass die Kostenbewertung der Hackschnitzel-Aufbereitung relativ hoch sei. Aus dem KLEN-Forschungsprojekt waren die Wertschöpfungsketten zur Holzernte von Hackschnitzel in Eigenregie sowie in vollmechanisiertem Verfahren in Dienstleistung (nur mit Anrechnung der Forwarder-Kosten) vorgestellt worden. Aus Sicht der teilnehmenden Revierleiter käme das Hackholz jedoch verfahrensbedingt „automatisch“ an die Waldstraße. Die Ergebnisse in Kap. 2.1.3.2 zeigten jedoch, dass beispielsweise das Rücken im Vollbaumverfahren mit dem Seilkran in Steillagen bei den befragten Privatwaldbesitzern keine Bedeutung hatte. Im öffentlichen Wald kann dieses Argument je nach Revierlage aber durchaus gelten.

Die betriebswirtschaftlichen Überlegungen der Darstellungen wurden grundsätzlich anerkannt, allerdings auf den Unterschied zu ökonomischen Entscheidungen verwiesen. Die Präferenzentscheidung des einzelnen erfolgt eher unter Liquiditätsgesichtspunkten und die Entscheidung des Menschen als Homo oeconomicus wird auch von vielen anderen Faktoren bestimmt, die ebenfalls beachtenswert sind. Für viele ist der Wald mit Freizeitaktivitäten verbunden und daher nicht in Geld zu bemessen, man trifft sich mit Freunden oder treibt „Sport“ im Wald. Auch wenn die qualitativen Werte der Energieholznutzung nicht im Fokus des Forschungsprojektes KLEN standen, wurden diese Faktoren im Rahmen der Interviews immer wieder deutlich. In seinem Beitrag zur forstökonomischen Situation des kleinen und mittleren Privatwaldes in Brandenburg stellte Duhr (2017) ein breites Portfolio aus der Praxis zur Inwertsetzung des Waldbesitzes auch außerhalb der Holznutzung vor, u. a. Weiterverarbeitung von Holzprodukten, Dienstleistungen für andere Waldbesitzer, Urlaub beim Waldbauern, moderne Erholungsevents oder Bestattungswaldangebot für Haustiere. Der Privatwald in Deutschland zeigt sich nicht nur, wie Unseld (2017b) dargestellte, hinsichtlich seiner Nutzungsintensitäten und damit offenbar auch hinsichtlich seiner ökologischen Funktionen sehr vielfältig, sondern auch in Bezug auf seine sozialen Aufgaben als Freizeitfaktor, Bindeglied und Treffpunkt zwischen Familie und Freunden sowie ökonomischen Diversifizierungsoptionen.

Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen

In der Diskussion wurde vor allem auf der Wirkung der Heizanlage fokussiert. Dabei stellte sich u.a. die Frage, wie die Art der Heizanlage das THG-Potenzial beeinflusst. So zeigte die Analyse, dass neue Scheitholzanlagen deutlich höhere Einsparpotenziale als Altanlagen aufweisen. Dabei ist auch die Vorkette in den bewerteten Prozessketten integriert. Zudem wurde die Frage gestellt, ob zukünftig eine Debatte zum Einsatz im Wärme- oder Strombereich zu erwarten ist und damit auch eine Stadt-Land-Neiddebatte erwartbar ist. Ist der Schwedenofen ein Auslaufmodell und Ofenbesitzer in ländlichen Regionen sollten um ihre Zulassung bangen?

Des Weiteren wurde diskutiert, wie die Wirkungsgrade der Anlagen sich zukünftig entwickeln werden und damit auch am Holzbrennstoff gespart werden kann.

Interessant war für die TeilnehmerInnen auch die Debatte um den „Transportmythos“, was bedeutet, dass Transporte von 100 – 500 km aus Ökobilanzsicht kaum ins Gewicht fallen. Auf der ökonomischen Seite sieht diese Rechnung allerdings anders aus. Vor allem falls Rohstoffe aus Übersee transportiert werden, sind negative indirekte Effekte in den Ländern (Landnutzung) zu erwarten, die sich wiederum negative auf die Ökobilanz und damit auf die ökologischen Aspekte auswirken.

Ein weiterer Themenblock des Nachmittags war das Nutzerverhalten von Ofenbetreibern (Vortrag von Marisus Wöhlner). Dabei wurde festgestellt, dass Laubholz immer das gesuchte Energieholz bei

Ofenbesitzern ist. Es wurde festgehalten, dass unter realen Nutzungsbedingungen Emissionswerte deutlich höhere sind als im Versuchslabor. Da sich die Annahmen in Ökobilanzen meist auf letztere Werte beziehen, ist zu vermuten, dass Emissionswerte aus den Ökobilanzen die realen Emissionen unterschätzen. Im Ergebnis wurde festgehalten, dass der Einfluss des Nutzerverhaltens bei der Befeuerung sehr ausschlaggebend ist.

Als Holzöfen der Zukunft wurden ein Pelletofen oder ein teilautomatisierter Scheitholzöfen mit automatischer Luftsteuerung diskutiert. Dies kann mangelnde Kenntnis im Umgang mit dem Ofen ausgleichen und damit auch die Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen senken. Die Studie von Herrn Wöhlner hatte gezeigt, dass bei „Amateurheizern“ meistens Emissionen mit dem Faktor 2 höher liegen. Bei der Diskussion kam die Frage auf, wie sich die Luftschadstoffbelastung im Innenraum darstellt. „Indoor“-Emissionen sind aber durch gute Öfen eigentlich nur in geringem Ausmaß möglich. Letztlich ist der Geruch entscheidend. Ebenfalls interessierte die Teilnehmer ob Öfen aus dem Baumarkt empfehlenswert sind. Diese müssen nicht schlechter sein als deutlich teurere Ware. Letztlich halten alle aktuellen angebotenen Holzöfen die Stufe 2 der BImSchV.

2.1.9 Diskussion und Handlungsempfehlungen

Zweck des Forschungsvorhabens war es, die Vorteilhaftigkeit der regionalen Energieholznutzung für die beteiligten Akteure zu analysieren und zu untersuchen, ob und in welchem Umfang die Region von dieser Nutzung profitierte. Dabei sollten sowohl aus ökonomischer, als auch ökologischer Perspektive Risiken und Chancen der Brennholz- und Hackschnitzelverwendung aufgezeigt werden, die in Handlungsempfehlungen zur Gestaltung optimierter Wertschöpfungsketten mündeten. Hinsichtlich einiger Aspekte konnte weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt werden.

Nachfolgend wird die Energieholznutzung im Kleinprivatwald mit Blick auf die beteiligten Akteure diskutiert.

Waldbesitzer/ Freizeit-Selbstwerber

Die Brennholznutzung nahm im Vergleich zur Hackschnitzelnutzung die mengenmäßig weitaus bedeutendere Rolle in den Regionen ein und fand mit etwa Dreiviertel insbesondere für den Eigenbedarf statt. Bei den in Anhang 7 dargestellten Basiswerten konnte eine Einsparung gegenüber dem Heizölreferenzsystem von 45,04 €/Fm ermittelt werden. Die Kleinprivatwaldbesitzer wiesen allerdings häufig eine hohe Mechanisierung bei gleichzeitig geringer Auslastung auf (vgl. Kap. 2.1.4). Insbesondere der Schleppereinsatz für das Rücken und den Transport führte zu hohen Kosten und bewirkte maßgeblich eine niedrige Nettowertschöpfungs-Quote von 55 % bei Vermarktung von in Eigenregie geerntetem und aufgearbeitetem Scheitholz, auch wenn keine Rohstoffkosten berücksichtigt wurden. Für die Hackschnitzel-Vermarktung war diese aufgrund des geringen Erlöses sogar negativ. Bei Hackschnitzel-Eigenbedarfsverwendung konnte der Privatwaldbesitzer daher auch bei Holzernte und Brennstoffversorgung in Dienstleistung mit 83,07 €/Fm eine höhere Einsparung erzielen, als bei Durchführung in Eigenregie mit 48,18 €/Fm, vorausgesetzt der Rohstoffbedarf war groß genug, um den Transport mit dem LKW auszulasten. Eine hohe Mechanisierung zeigte sich auch problematisch aus Sicht des Freizeit-Selbstwerbers, welcher das Brennholz frei Waldstraße aufarbeitete und transportierte. Unter der Annahme, dass hier ebenfalls häufig ein eigener Schlepper o.ä. zum Einsatz kam, war dieser jedoch deutlich geringer ausgelastet, da keine Eigenwaldbewirtschaftung erfolgte. Weitere Einsatzmöglichkeiten des Schleppers – wie z. B. für den landwirtschaftlichen Betrieb - sollten daher vor Anschaffung überprüft werden. Meist existierten auch mehrere Maschinen mit unterschiedlichen Verwendungszwecken wie Transport, Rücken oder Zapfwellenantrieb für die Scheitholzaufarbeitung, weshalb die Maschinenauslastung sogar überschätzt worden sein könnte.

Aus ökonomischer Perspektive des Privatwaldbesitzers wäre der Auftrag an Dienstleister zu empfehlen, um insbesondere die Vorleistungen für Holzernte und Transport zu reduzieren. Diese Bewirtschaf-

tungsform wird nach Einschätzung örtlicher Revierleiter in einigen Regionen bedingt durch den Generationenwechsel und damit einhergehendem Know How-Verlust sowie „Entfremdung“ vom eigenen Waldbesitz zunehmen. Entsprechend des positiven Ergebnisses für Nettowertschöpfung und Einsparung des Freizeit-Selbstwerbers bei Rundholzhandel im öffentlichen Wald nach Schmidt (unveröffentlicht) (vgl. Kap. 2.1.6), aufgrund geringerer Mechanisierung z.B. nur mit Motorsäge und Elektrospalter, könnte hier der Waldbesitzer bei eigener Brennholzaufarbeitung eine um geschätzt 15-20 €/Fm höhere Einsparung erzielen. Eine vorteilhaftere Alternative wären außerdem Gemeinschaftsanschaffungen von Maschinen innerhalb der Nachbarschaft oder „Freundschaftsdienste“, wie sie in Einzelfällen bereits praktiziert wurden, sowie gemeinsame Anschaffungen über die Forstbetriebsgemeinschaft. Dieses Angebot wurde in den untersuchten Modellregionen bislang wenig gestellt bzw. nur von sehr wenigen Befragten angenommen. In anderen Regionen, wie der Regionalworkshop in Weilheim-Schongau zeigte, schien diese Option bereits teilweise gefestigt (vgl. Kap. 2.1.8.3).

Eine Eigenvermarktung von Scheitholz (in Eigenregie) frei Haus lohnte sich aus Waldbesitzer-Sicht weniger als die Fremdvermarktung des Rundholzes (in Dienstleistung) frei Waldstraße (vgl. Kap. 2.1.4). Nach Einkommensbesteuerung blieb dem Waldbesitzer bei Eigenvermarktung nur ein Gewinn zur Entlohnung der eigenen Arbeit i. H. v. ca. 25 €/Fm, während er mit sehr geringem Arbeitszeitaufwand bei Holzernte in Dienstleistung noch einen Gewinn von ca. 20 €/Fm für das fremdvermarktete Rundholz erzielen konnte.

Die Hackschnitzelnutzung war wegen des geringen Erlöses und der daraus resultierenden geringen NWS des Waldbesitzers eher nur verfahrensbedingt bei Holzernte in Dienstleistung unter Berücksichtigung der Nährstoffnachhaltigkeit zu empfehlen. Insbesondere von einer Holzernte in Eigenregie, die wegen der hohen Maschinenkosten nicht kostendeckend möglich war (vgl. Waldbesitzer-Verlust i. H. v. -19,48 €/Fm, Kap. 2.1.4), sollte abgesehen werden. Beim Rücken im Vollbaumverfahren und Aufarbeitung durch den Gebirgsharvester in Hanglage, bei Nutzung von Hackholz im Kranzonenbereich im Rahmen der vollmechanisierten Aufarbeitung sowie zum Zweck der Flächenräumung für Natur- oder Kulturverjüngung kann eine Hackholznutzung sinnvoll sein (vgl. Kap. 2.1.8.4, 2.1.6).

Über die alternative Verwendung von Brennholz oder Hackholz entschied bei Eigenbedarf die Heizanlage bzw. der Waldbesitzer, wobei als Argument für eine Hackschnitzel-Heizanlage regelmäßig die Arbeitszeiterparnis gegenüber der Scheitholzaufarbeitung angeführt wurde. Voraussetzungen waren in der Praxis jedoch nur geringe Umbaumaßnahmen bzw. -kosten für die Lagerung in überwiegend (aufgegebenen) landwirtschaftlichen Betrieben. Eine Scheitholz-Einzelraumfeuerung existierte meist noch zusätzlich.

Nutzungskonkurrenzen zwischen der Brennholz- und Hackholzverwendung bei Vermarktung konnten nicht festgestellt werden. Letztlich entschied der höhere Erlös zu Gunsten der Brennholzverwendung bei Rundholz, die Hackholznutzung konzentrierte sich vorwiegend auf die Waldrestholzverwendung. Gesellschaftspolitische Interessen spielten bei der Verwendung hinsichtlich energetischer oder stofflicher Nutzung, wie im Regionalworkshop in Ostwestfalen-Lippe betont wurde, keine entscheidende Rolle, sondern auch hier entschied der Erlös über den Verwendungszweck (vgl. Kap. 2.1.8.2). Der Absatz von Industrieholz (Laubholz/ Fichte IH K) stellte in einigen Regionen ein Problem dar. Die Hackschnitzelnachfrage war wegen des niedrigen Heizölpreises stark zurückgegangen. Bei hoher Brennholznachfrage bot sich die energetische Verwertung von Laubindustrieholz an.

In den Privatwaldbetrieben wurde Laubholz wegen der schlechten Qualitäten, geringer Marktnachfrage und den Vorteilen des Heizwertes fast ausschließlich energetisch verwertet (vgl. Kap. 2.1.7), was auch die hohe Nutzungsintensität für Laubholz aufgrund der Eigenbedarfsverwendung von Energieholz nach Unseld (2017b) bestätigte. Die Laubholzanteile waren im befragten Privatwald jedoch überwiegend gering, sodass häufig Fichte IH und teilweise ganze Einzelbäume, insbesondere Käferholz, (inkl. sägefähigem Stammholz) energetisch verwertet wurde. Hier wird die Herausforderung für Forstbetriebsgemeinschaften bzw. Dienstleister der Privatwaldbetreuung deutlich, die stoffliche Verwendung durch eine optimierte Koordinierung der Vermarktung zu fördern. Wegen des hohen Eigenbedarfs für

energetische Zwecke – in etwa einem Drittel der Privatwaldbetriebe lag der Energieholzanteil >50 % (vgl. Kap. 2.1.2) – stellte sich außerdem die Frage, ob eine auch aus ökologischen Gründen sowie zur Bestandesstabilisierung vorzuziehende höhere Laubholzbeimischung nicht begünstigt werden sollte.

Lohnunternehmer

Die Dienstleistung entlang der Wertschöpfungskette erwies sich nicht für alle Lohnunternehmer als rentabel. So konnten bei der motormanuellen Holzernte, beim Rücken und bei der Hiebsplanung, -organisation bzw. Holzvermarktung von Brennholz unter Berücksichtigung der in **Tab. 7-5** (Kap. 7) dargestellten Lohnunternehmerkosten, keine Gewinne erzielt werden (vgl. Kap. 2.1.4). Allerdings war in der Praxis davon auszugehen, dass der Lohnunternehmer häufig die Tätigkeit selbst durchführte und den Mitarbeiterlohn einsparte. Das Angebot von Dienstleistungen erforderte folglich eine Optimierung geeigneter Stellschrauben. Schmidt (unveröffentlicht) untersucht in ihrer Dissertation für die im Forschungsprojekt KLEN untersuchte Wertschöpfungsketten und weitere Varianten im Privatwald und öffentlichen Wald, die Sensitivität der Gewinne von Unternehmen der Energieholznutzung hinsichtlich endogener Variablen, wie dem Anschaffungspreis, Produktionsumfang oder Zeitbedarf.

Händler

Der Handel spielte bei der Brennholzverwendung im Kleinprivatwald praktisch keine Rolle. Bei Fremdvermarktung von Hackschnitzel wurde hingegen analog der Wertschöpfungsketten im öffentlichen Wald nach Schmidt (unveröffentlicht) eine Vermarktung an Händler angenommen (vgl. Kap. 2.1.4, 2.1.6). Wie die Verteilungsrechnung zeigte, erwirtschaftete der Händler jedoch bei Zwischenlagerung und zweifachem Transport einen Verlust. Mögliche Stellschrauben zur Optimierung dieser Wertschöpfungsketten auch in Bezug auf mögliche Ergebnisse einer Direktversorgung aus dem Wald sind Gegenstand der Untersuchungen nach Schmidt (unveröffentlicht).

Heizanlagenbetrieb (Verbraucher/ Heizanlagenbetreiber)

Die direkten Vergleichskosten des Holz- und Heizöl-Energiesystems wiesen grundsätzlich Mehrkosten für die Holzheizung aus, welche bei der 50kW-Anlage für Hackschnitzel mit -32,50 €/Fm noch höher lagen als bei der 30kW-Anlage für Scheitholz mit -4,69 €/Fm (vgl. Kap. 2.1.4). Um eine Einsparung durch Energieholznutzung zu erzielen, mussten folglich die Vergleichskosten von Energieholzversorgung (Rohstoffkosten/ -aufarbeitung) und Heizölpreis die Mehrkosten der Heizanlage kompensieren. Hier wird jedoch der starke Einfluss des Heizölpreises als exogener Faktor der ökonomischen Effekte deutlich. Die in Kap. 2.1.4 dargestellten ökonomischen Effekte sollten unter Berücksichtigung der in Anhang 7 gelisteten Basiswerte diskutiert werden. Beispielweise zeigte der Heizölpreis (exkl. MwSt. und Mineralölsteuer) in 2016 nach Statistisches Bundesamt (2017) einen starken Preisverfall (Jan 2016: 0,26 €/Liter; Dezember 2016: 0,44 €/Liter) gegenüber dem in der Wertschöpfungsanalyse angenommenen Basiswert i. H. v. 0,59 €/Fm (Mittelwert der Jahre 2011-2015). Die Sensitivitätsanalyse nach Schmidt (unveröffentlicht) soll daher auf den Einfluss des Heizölpreises auf die Einsparung bzw. Mehrkosten von Verbrauchern durch Energieholznutzung im Besonderen eingehen.

Nicht berücksichtigt wurde bei der ökonomischen Bewertung, dass zwar eine Scheitholz-Zentralheizung kein zusätzliches Heizöl-Anlagensystem erforderte, häufig jedoch auch eine Öl-Heizung vorhanden war. Darüber hinaus existierten häufig zusätzliche Einzelraumfeuerungen.

Region

Aus regionaler Sicht schien insbesondere die Maximierung der Effekte von Waldbesitzer, Heizanlagenbetreiber und Verbraucher mit höchstem regionalen Verbleib erstrebenswert (vgl. Kap. 2.1.1.3, 2.1.4). Ziel sollte daher eine Optimierung der Nettowertschöpfungsquote bzw. Vergleichskosten durch Reduktion von Vorleistungen und Abschreibungen sein. Für die dadurch bedingten reduzierten Fremdkapitalzinsen und MwSt. war ein geringerer regionaler Verbleib und damit Einfluss auf den

regionalen Mehrwert anzunehmen. Auch für eine Steigerung der regional-ökonomischen Wertschöpfung sollte daher der übermäßigen Mechanisierung von Privatwaldbesitzern und Freizeit-Selbstwerbern entgegen gewirkt werden. Hier bietet sich insbesondere der organisierte Transport von Rundholz aus dem Wald an, der in einigen Regionen auch aus Gründen einer schnellen Holzabfuhrkontrolle aus dem Wald bereits gefördert wird. Gegebenenfalls könnte dadurch auch der Arbeitszeitaufwand durch Einzeleinweisung der Freizeit-Selbstwerber reduziert werden. Alternativ könnte bei Vermarktung auch der Rundholzhandel mit Transport, wie im öffentlichen Wald in geringem Umfang praktiziert, gefördert werden (vgl. Kap. 2.1.6). Während die Unfallgefahr hierdurch wahrscheinlich erheblich reduziert werden könnte, würden jedoch andere nicht-ökonomische Energieholznutzer-Interessen, wie die Verbundenheit mit der Natur bzw. dem eigenen Wald, stark eingeschränkt.

Wegen des geringen kommunalen Steueranteils war bei angenommener Pauschalbesteuerung die Eigenbedarfsverwendung von Scheitholz mit einem regionalen Mehrwert von ca. 50 €/Fm höher als die Eigen- und Fremdvermarktung mit ca. 40 €/Fm. Die regionalen Effekte der Hackschnitzel-Ketten für den Eigenbedarf bei Holzversorgung in Eigenregie lagen mit ca. 55 €/Fm wenig höher als die von Scheitholz. Bei Reduktion der Vorleistungen und Abschreibungen durch Hackschnitzelversorgung in Dienstleistung konnten mit ca. 85 €/Fm jedoch deutlich höhere Effekte erzielt werden (vgl. Kap. 2.1.4).

Die regionale Vorteilhaftigkeit der Wertschöpfungsketten mit Hackschnitzel-Vermarktung im Kleinprivatwald hing stark vom Betrieb der Hackschnitzel-Heizanlage mit Nahwärmenetz und den daraus resultierenden Effekten für Heizanlagenbetreiber und Verbraucher ab. Der Beitrag der Waldbesitzer- und Händler-Teilketten zur Nettowertschöpfung war eher gering. Die Rentabilität der Hackschnitzel-Heizanlagen erweist sich aktuell wegen der zugenommenen Nutzung fossiler Energieträger bei niedrigem Heizölpreis in vielen Regionen jedoch als kritisch. Dieser starke Einfluss des Heizölpreises, auch hinsichtlich der Einsparung/ Mehrkosten bei Eigenbedarfsverwendung von Energieholz, verdeutlicht die starke Abhängigkeit des regionalen Mehrwertes von exogenen, nicht durch die Region beeinflussbaren Faktoren.

Die Dissertation nach Schmidt (unveröffentlicht) soll die Variabilität und Bedeutung sowohl endogener, als auch exogener Einflussfaktoren der ökonomischen Effekte insgesamt sowie ihre Verteilung auf Akteure und den regionalen Mehrwert untersuchen. So könnten Einschätzungen zur möglichen Ergebnisspanne der Effekte mit ggf. Chancen und Risiken der Energieholznutzung und auch mögliche Stellschrauben zur Optimierung der Effekte und Wertschöpfungsketten identifiziert werden.

Das allgemeine Interesse von „Regionen“ an der Energieholznutzung erwies sich als sehr verschieden. Während die Entscheidungen und Handlungen des Privatwaldbesitzers zu Gunsten der energetischen oder stofflichen Verwendung, für den Eigenbedarf oder zur Vermarktung, in einigen Regionen von anderen Akteuren unbeeinflusst blieb, erfolgte in anderen Regionen eine gezielte Beratung pro oder contra Energieholznutzung. So führte eine Brennholz-Kampagne in den 90er Jahren in der Region Ostwestfalen-Lippe zum Anstieg der Energieholznutzung in der Region (vgl. Kap. 2.1.8.2). Außerdem wies die ausschließliche Fremdvermarktung des genutzten Hackholz in der Modellregion Kalk dort auf eine begünstigte Hackholznutzung bei Beratung durch die Untere Forstbehörde hin. Die Beratungstätigkeit pro oder contra Energieholznutzung ist dabei jedoch nicht grundsätzlich regional einheitlich repräsentiert, sondern kann durch die Einstellung einzelner Schlüsselakteure, wie bspw. Revierleiter, geprägt sein.

Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen

Die Auswertungen der durchgeführten Ökobilanzen haben gezeigt, dass die energetische Holznutzung im Privatwald durch die Minderung von Treibhausgasen einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Allerdings treten besonders hohe Emissionen für die Luftschadstoffe Feinstaub und Kohlenmonoxid in den untersuchten Holzverbrennungsprozessen auf. Dies ist insbesondere der Fall bei Scheitholzanlagen, die sich aus ökonomischer Sicht als vorteilhaft darstellen. Hinzu kommt, dass bei

einem realen Nutzerverhalten mit noch ungünstigeren Emissionswerten gerechnet werden muss (vgl. Kap. 2.1.8.4).

Ein weiterer Aspekt ist, dass eine stoffliche Nutzung von Holz in Form von z.B. Pappe in der Gesamtschau positiver ausfällt als die energetische Holznutzung. Für Holzprodukte unterstreichen auch (Gärtner et al. 2013)(Gärtner et al. 2013) die Umweltvorteile gegenüber einer energetischen Holznutzung.

In der Summe ist festzustellen, dass Holzenergie aus dem Privatwald aus Umweltschutzsicht nicht uneingeschränkt empfohlen werden kann. Vielmehr sollte – wo möglich – eine stoffliche Nutzung angestrebt werden.

In jedem Fall ist es empfehlenswert eine strikte Einhaltung der BImSchV-Vorgaben inklusive Vorgaben zur Brennstoffqualität zu gewährleisten. Die Bereitstellung von hochwertigem Holzbrennstoff (z.B. nach dem Blauen-Engel Standard für Holz hackschnitzel) und Informationsangebote für Endnutzer (z.B. Nadel-/Rindenanteil, Technik zur Anfeuerung, Anlagenaustausch) sind wichtige Ansatzpunkte, um die hohen Luftschadstoffemissionen zu reduzieren.

Weitere Aspekte

Im Fokus des Forschungsprojektes KLEN standen ökonomische (betriebswirtschaftliche) und ökologische Aspekte der Energieholznutzung. Wie Experten jedoch anmerkten, spielen beispielsweise bei der Entscheidung zur Maschinenanschaffung auch nicht untersuchte ökonomische Aspekte, wie die Liquidität des Privatwaldbetriebes eine Rolle. Nicht betrachtet wurden außerdem soziale Aspekte der Energieholznutzung, die jedoch in den durchgeführten Interviews und Workshops regelmäßig thematisiert und diskutiert wurden. So galt die Energieholznutzung häufig als „Hobby“, welches teilweise durch das Interesse an Technik und Maschinen oder auch die körperliche Bewegung mit sportlichem und gesundheitlichem Aspekt begründet wurde. Andere verwiesen auf die Verbindung zu Natur oder eigenem Waldbesitz. Häufig erfolgte die Energieholznutzung als gesellschaftliche Interaktion innerhalb der Familie oder mit Freunden. Nicht zuletzt entschieden sich einige Verbraucher bewusst aus ökologischen Gründen für Holz als regenerative Energie oder wegen der besonderen Lebensqualität des Holzofens.

Diese qualitativen Betrachtungsweisen sollten nicht nur aus Waldbesitzersicht, sondern auch aus regionaler Perspektive nicht vernachlässigt werden. Gerade im Zusammenhang von Abwanderung und der zunehmenden Verbreitung von „Schlafdörfern“ in ländlichen Räumen scheint eine Stärkung des Identitätsbewusstseins mit der Region durch eine Energieholznutzung wichtig. Der Generationenwechsel der Privatwaldbesitzer wird zunehmend als Problem wegen einem Bindungsverlust zum eigenen Waldbesitz und fehlendem Interesse an der Waldbewirtschaftung gesehen. Eine entsprechende Beratungstätigkeit sollte daher auch diese Faktoren der Energieholznutzung unter dem Regionalentwicklungsaspekt berücksichtigen.

2.2 Verwertung

Die Projektergebnisse wurden innerhalb von drei Regionalworkshops und einem Abschlussworkshop mit regionalen Akteuren und Experten aus den Bereichen Forst, Energiewirtschaft, Naturschutz, Politik und Wissenschaft im Kontext mit Erkenntnissen aus der Praxis und anderen Forschungsprojekten präsentiert und diskutiert. Während und auch nach den Workshops zeigten die Teilnehmer ein reges Interesse an den Ergebnissen und eine positive Rückmeldung. Auch die Mitteilung auf der Homepage der HFR zum erfolgreichen Abschlussworkshop wurde von der Öffentlichkeit wahrgenommen und rief regionalen Akteuren und Interviewpartnern das Forschungsvorhaben in Erinnerung. Während der Erhebungsphase erfolgte ein reger Austausch insbesondere mit Privatwaldbesitzern, Revierleitern und

der Leitung der Unteren Forstbehörden auch über das Interview hinaus. Der Projektbericht soll auch an diesen Verteiler weitergeleitet werden.

Das KLEN-Projekt wurde außerdem durch ein laufendes Promotionsvorhaben von M.S. Schmidt begleitet. Die sehr umfangreiche Datenerhebung konnte nicht abschließend im Forschungsprojekt ausgewertet werden. Die Projektergebnisse zu den ökonomischen Effekten konzentrierten sich auf die mengenmäßig bedeutsamsten Wertschöpfungsketten der Energieholznutzung im Privatwald. Wie die Analyse von Stoffströmen und Wertschöpfungsketten in Kap. 2.1.3 jedoch zeigte, waren die Bewirtschaftungsarten zum Teil sehr heterogen. Innerhalb des Promotionsvorhabens sollen daher weitere Untersuchungen und Vergleiche zwischen Varianten der Wertschöpfungsketten und hieraus resultierender Effekte durchgeführt werden. Ferner bezogen sich die Projektergebnisse auf erhobene Mittelwerte, die jedoch zwischen Betrieben und/ oder im Zeitverlauf, wie z. B. durch Anschaffung von neuen oder gebrauchten Maschinen oder die Heizölpreisentwicklung, (stark) variieren können. Im Promotionsvorhaben erfolgt eine detaillierte Sensitivitätsanalyse, wie sich die Ergebnisse bei Variabilität dieser Inputgrößen verändern. Außerdem werden umfangreiche Vergleiche zu Bewirtschaftungsweise und Effekten im öffentlichen Wald dargestellt, welche bereits auszugsweise in Kap. 2.1.6 dargestellt wurden.

Wie das Forschungsprojekt KLEN und das begleitende Promotionsvorhaben zeigen, können Wertschöpfungsketten und -effekte nicht immer selbst durch den Waldbesitzer und andere beteiligte Akteure beeinflusst werden, sondern auch externe Faktoren, wie bspw. der Heizölpreis, wirken sich stark auf Teilergebnisse und schließlich den regionalen Mehrwert aus. Bisher wurden auch die Effekte des Klimawandels schwerpunktmäßig nur hinsichtlich des veränderten Holzangebotes betrachtet. Das Forschungsteam verfolgt die Absicht in einem geplanten Vorhaben diese Effekte der Klimawandels im Blick auf die Wertschöpfungsketten der Holzversorgung und die veränderte Holznachfrage zu untersuchen. Im Fokus soll die stoffliche Verwendung stehen, um auch Kenntnislücken zu Wertschöpfungseffekten zu schließen.

2.3 Erkenntnisse von Dritten

Weber-Blaschke et al. (2015) erarbeiteten einen Ansatz zur "kombinierten Betrachtung mehrerer Nachhaltigkeitsindikatoren sowie Produktnutzungspfade in einem Gesamtsystem“, um die „Verschiebung zwischen stofflicher und energetischer Holznutzung“ bewerten zu können. Auch hier wurde der Einfluss von Zeit und Heizölpreisentwicklung auf das Holzangebot, d.h. Biomasseangebot sowie Konkurrenzen mit anderen Sortimenten deutlich (Weber-Blaschke et al. 2015). Schmidt (unveröffentlicht) soll daher den Einfluss dieses externen Einflussfaktor auf die Wertschöpfungseffekte innerhalb der Sensitivitätsanalyse näher untersuchen. Die Ergebnisse nach Weber-Blaschke et al. (2015) bestätigen den hohen Anteil von Biomasseheizkraftwerken (Hackschnitzel-Mix) an der Wertschöpfung (vgl. Kap. 2.1.4). Außerdem leistet der Heizanlagenbetrieb den höchsten Lohnanteil, Beschäftigung entsteht vor allem bei der Rohstoffbereitstellung (Weber-Blaschke et al. 2015). Diese ist auch bei der Scheitholzbereitstellung aufgrund der geringen Technisierung hoch. Dort werden insbesondere bei der Holzernete Löhne generiert (Weber-Blaschke et al. 2015). Verschiebungen von der energetischen zur stofflichen Nutzung führten jedoch insgesamt zu einer geringeren Beschäftigung und Löhne, welche sich insbesondere durch Verluste im Papier- und Druckgewerbe bemerkbar machte. Auch die Wertschöpfungsverluste auf stofflicher Seite könnten durch die zusätzlichen Effekte der energetischen Nutzung bei weitem nicht kompensiert werden (Weber-Blaschke et al. 2015).

Die Entscheidung zwischen energetischer und stofflicher Verwendung wird nach Fehr et al. (2015) nicht nur durch Waldbesitzer allein getroffen, sondern sind ein „Zusammenspiel von unternehmensinternen, -externen und relationalen Faktoren [...], wobei jeweils sowohl ‚harte‘ (strukturelle) als auch ‚weiche‘ (akteurs- und konstellationsspezifische Aspekte bzw. Dispositionen) eine Rolle spielen“.

Hier nehmen insbesondere Schlüsselakteure mit Visionen Einfluss, die Chancen nutzen und den Markt verändern (Fehr et al. 2015).

Im Kleinprivatwald unterscheidet sich jedoch die Motivation zur Holz- bzw. Energieholznutzung von denen anderer Waldbesitzarten (vgl. Kap. 2.1.6). Die Interessen dürften eher mit denen von Freizeit-Selbstwerbern vergleichbar sein. Peters et al. (2017) untersuchte die Motivation von Brennholz-Selbstwerbern, die „sowohl in ökonomischen Überlegungen, im persönlichen Wohlbefinden, im Lebensstil als auch im Bemühen um Umwelt- bzw. Klimaschutz begründet“ sein kann, sich jedoch insgesamt als heterogen darstellt. Auch Peters et al. (2017) kommt zu dem Schluss, dass die „Selbstwerbung meiste eine attraktive Freizeitgestaltung darstellt und zu einem modernen, bürgerlichen, ländlich anmutenden Lebensstil gehört“, und wie in Kap. 2.1.9 angemerkt, nicht allein ökonomische Überlegungen entscheidend für die Gestaltung der Energieholznutzung sind. Entsprechend gut sind auch die Brennholz-Selbstwerber ausgerüstet, sodass Motorsäge, Schutzausrüstung, Spalthammer, Axt und Spalter zur Grundausstattung (> 85 % der Befragten) gehören und sogar 79 % einen eigenen Anhänger, 68 % ein „waldaugliches Fahrzeug“ und 55 % eine Kreissäge besitzen (Peters et al. 2017). Folglich zeigt sich auch hier eine hohe Eigenmechanisierung mit geringem Einsatz von Dienstleistern, der analog der ermittelten Ergebnisse für die Energieholznutzung im Privatwald zu geringeren ökonomischen Effekten führt (vgl. Kap. 2.1.9). Dieses Phänomen der Selbstwerbung scheint dabei zumindest im Südwesten Deutschlands, sowohl „in städtischen wie auch ländlich geprägten Regionen ähnliche Menschen erreicht“ zu haben (Peters et al. 2017).

Im Hinblick auf die Holzenergienutzung in Bayern wurden von (Dressler et al. 2016) (Dressler et al. 2016) Analyse von Stoffströmen und Bilanzierung von Treibhausgasen, Staub und Versauerung sowie ökonomische Auswertungen vorgelegt (Abschlussbericht des Projekts ExpResBio). In dem Projekt wurden insbesondere die Rohholzbereitstellung aus der forstlichen Produktion und die Holzenergienutzung in Form von Hackschnitzel, Pellets und Scheitholz in unterschiedlichen Anlagengrößen betrachtet.

2.4 Veröffentlichungen

Die Forschungsergebnisse wurden bei vier Workshops in vier verschiedenen Regionen in Deutschland vorgetragen und diskutiert (vgl. detaillierte Ausführung in Kap. 2.2). Bei der Forstwissenschaftlichen Tagung 2016 (FOWITA) in Freiburg i. Br. wurde ein Abstract mit dem Thema „Der Beitrag des Kleinprivatwaldes zur regionalen Wertschöpfung durch die Energieholznutzung“ eingereicht und im Abstractband veröffentlicht (vgl. Schmidt und Luick 2016a). Bei der FOWITA sowie der Holzenergie-Tagung Baden-Württemberg 2016 auf dem Campus der HFR wurde das Poster mit dem Titel „Regionale Wertschöpfung im Kleinprivatwald durch Energieholznutzung“ präsentiert (vgl. Schmidt und Luick 2016b, 2016c). Die Projektergebnisse sollen außerdem gemeinsam mit weiterführenden Analysen innerhalb der von M.S. Schmidt geplanten Dissertation veröffentlicht werden.

3 Abkürzungsverzeichnis

BWI	Bundeswaldinventur
DL	Dienstleistung
e.A.	eigene Annahme
EB	Eigenbedarf
EK	Eigenkapital
ER	Eigenregie
EV	Eigenvermarktung
FK	Fremdkapital
FV	Fremdvermarktung
Fm	Erntefestmeter
GAZ	Gesamtarbeitszeit
H	Händler
HAB	Heizanlagenbetreiber
HS	Hackschnitzel
IH	Industrieholz
kWh	Kilowattstunde
MR	Modellregion
m.R.	mit Rinde
MWh	Megawattstunde
MwSt.	Mehrwertsteuer
NWS	Nettowertschöpfung
o.R.	ohne Rinde
ÖWB	Öffentlicher Waldbesitzer
PWB	Privatwaldbesitzer
Rm	Raummeter
SH	Scheitholz
Sm ³	Schüttkubikmeter/ Schüttraummeter
TAP	Technische Arbeitsproduktivität
UFB	Untere Forstbehörde

4 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1: Struktur des Forschungsprojektes "Kleinprivatwald - Energieholzversorgung und regionale Wertschöpfung"	5
Abb. 2-1: Stoffströme von Brennholz anhand der Beispielkette eines Privatwaldbesitzers [WS-Stufe = Wertschöpfungsstufe]	12
Abb. 2-2: Methodik der Entstehungs- und Verteilungsrechnung für die Teilketten der Energieholznutzung, verändert nach Schmidt et al. (2015b).....	13
Abb. 2-3: Rechnerische Vorgehensweise der Verteilungsrechnung, verändert nach Schmidt et al. (2015b)	14
Abb. 2-4: Lage der Modellregionen nach Unseld et al. (2015)	20
Abb. 2-5: Anteile von Brennholz, Hackholz und Stamm-/ Industrieholz an der Holznutzung im Privatwald der Modellregionen.	24
Abb. 2-6: Verwendung der Brennholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Kalk.	24
Abb. 2-7: Verwendung der Brennholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Keuper.	25
Abb. 2-8: Verwendung der Brennholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Silikat.	25
Abb. 2-9: Verwendung der Hackholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Kalk.	25
Abb. 2-10: Verwendung der Hackholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Keuper.	25
Abb. 2-11: Verwendung der Hackholznutzung im kleinen und mittleren Privatwald der MR Silikat.	26
Abb. 2-12: Einschätzung der Revierleiter zu den Anteilen von Brennholz, Hackholz und Industrie-/ Stammholz an der Gesamtnutzung in den Modellregionen.....	27
Abb. 2-13: Einschätzung der Revierleiter zu den Anteilen von Eigenbedarf, Eigen- und Fremdvermarktung an der Brennholznutzung in den Modellregionen.....	27
Abb. 2-14: Einschätzung der Revierleiter zu den Anteilen von Eigenbedarf, Eigen- und Fremdvermarktung an der Hackholznutzung in den Modellregionen.....	28
Abb. 2-15: Einschätzung der Revierleiter in den Modellregionen zur in den letzten 10 Jahren nicht genutzten Privatwaldfläche der Betriebsgrößenklassen bis 200 ha.....	31
Abb. 2-16: Einschätzung der Revierleiter zur mittleren Nutzungsintensität [Fm/ha/Jahr] in den Modellregionen nach der mittleren Waldbesitzgröße der Privatwaldbetriebe < 200 ha im Revier.	33
Abb. 2-17: Absolute Häufigkeiten und Eigenschaften der Energieholznutzertypen in den Modellregionen Kalk (n=80) und Silikat (n=148) nach Schmidt (unveröffentlicht) [ABS: Ausgeprägte Brennholzseltversorger; AES: Ausgeprägte Energieholzseltversorger; HS: Hackholzseltversorger; BS: Brennholzseltversorger; BSS: Brennholzseltversorger und –seltvermarkter; ESS: Energieholzseltversorger und –seltvermarkter; ESF: Energieholzseltversorger und Fremdvermarktung].	34
Abb. 2-18: Stoffströme von Brennholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Kalk in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.	37
Abb. 2-19: Stoffströme von Brennholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Silikat in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.	38
Abb. 2-20: Stoffströme von Stückholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Keuper in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.....	39
Abb. 2-21: Wertschöpfungskette zur Scheitholznutzung in Eigenregie für den Eigenbedarf [SH-ER-EB].....	43
Abb. 2-22: Wertschöpfungskette zur Scheitholznutzung in Eigenregie für die Eigenvermarktung [SH-ER-EV].....	44

Abb. 2-23: Wertschöpfungskette zur Scheitholznutzung in Dienstleistung für die Fremdvermarktung [SH-DL-FV].	44
Abb. 2-24: Stoffströme von Hackholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Kalk in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.	45
Abb. 2-25: Stoffströme von Hackholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Silikat in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.	46
Abb. 2-26: Stoffströme von Hackholz im kleinen und mittleren Privatwald der MR Keuper in Bezug auf die Wertschöpfungsstufen.	47
Abb. 2-27: Wertschöpfungskette zur Hackschnitzelnutzung in Eigenregie für den Eigenbedarf [HS-ER-EB].	49
Abb. 2-28: Wertschöpfungskette zur Hackschnitzelnutzung in Eigenregie für die Fremdvermarktung [HS-ER-FV].	49
Abb. 2-29: Wertschöpfungskette zur Hackschnitzelnutzung in Dienstleistung für die Fremdvermarktung [HS-DL-FV].	50
Abb. 2-30: Wertschöpfungskette zur Hackschnitzelnutzung in Dienstleistung für den Eigenbedarf [HS-DL-EB].	50
Abb. 2-31: Regionale Effekte und Verteilung der ökonomischen Effekte insgesamt auf die beteiligten Akteure für ausgewählte Wertschöpfungsketten [E/M = Einsparung/ Mehrkosten; NWS = Nettowertschöpfung].	55
Abb. 2-32: Treibhausgasemissionen (Anlage 2010 mittelalt).	58
Abb. 2-33: Versauerungspotenzial (Anlage 2010 mittelalt)	58
Abb. 2-34: Staubemissionen (Anlage 2010 mittelalt)	59
Abb. 2-35: Kohlenmonoxid-Emissionen (Anlage 2010 mittelalt)	59
Abb. 2-36: Vergleich der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen von Holzheizanlagen unterschiedlichen Alters (Anlage 2005 alt, 2010 mittelalt und 2030 neu)	61

5 Tabellenverzeichnis

Tab. 1-1: Überblick zu methodischen Ansätzen bei der Betrachtung von Wertschöpfungseffekten der Erneuerbaren Energien.....	7
Tab. 2-1: Verbleib der ökonomischen Effekte in der Modellregion nach Schmidt (unveröffentlicht).....	15
Tabelle 3: Prozessketten für die Ökobilanzierung: Scheitholz.....	18
Tab. 2-4: Charakteristika der Modellregionen, verändert nach Unseld et al. (2015).	21
Tab. 2-5: Umrechnungsfaktoren für Hackschnitzel und Scheitholz nach Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V. und Deutscher Holzwirtschaftsrat e.V. (2015).....	22
Tab. 2-6: Charakteristika der befragten kleinen und mittleren Privatwaldbetriebe/ -besitzer in den Modellregionen.	23
Tab. 2-7: Auf die Waldfläche bezogene Anteile der Betriebsgrößenklassen im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen; Ergebnis der FOKUS-Abfrage nach der Zentralen Sachbearbeitungsstelle Forst BW für die Gesamtfläche (Stand: 15.4.2015).....	23
Tab. 2-8: Ergebnisvergleich der Revierleiter-Befragung (RL) und der Waldbesitzer-Befragung (WB) zum Brennholz-, Hackholz- und Stamm-/ Industrieholzanteil an der Gesamtnutzung und den Anteilen von Eigenbedarf, Eigenvermarktung und Fremdvermarktung an der Brennholz bzw. Hackholznutzung in den Modellregionen.	27
Tab. 2-9: Kunden der Eigenvermarktung von Brennholz und Hackholz im kleinen und mittleren Privatwald.....	28
Tab. 2-10: Regionaler Verbleib von Brennholz und Hackholz in den Modellregionen.	29
Tab. 2-11: Anteile der Baumartengruppen an der Brennholz- und Hackholznutzung in den Modellregionen.	29
Tab. 2-12: Durchschnittliche Nutzungsintensität der Stichprobenfläche von Brennholz, Hackholz und Energieholz insgesamt im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.....	30
Tab. 2-13: Gemittelte Schätzwerte der nichtgenutzten Privatwaldfläche [%] in den Modellregionen nach Betriebsgrößenklassen.	32
Tab. 2-14: Anteil der befragten Waldbesitzer in den Modellregionen, die unterschiedliche Kriterien zum Brennholz- und Hackholzanteil bzw. zum Verwendungszweck erfüllen.....	35
Tab. 2-15: Stichprobenauswahl der Interviewpartner für die Erhebungsphase II.2 basierend auf der Clusteranalyse in den Modellregionen Kalk und Silikat.	35
Tab. 2-16: Einsatz von Dienstleistern im kleinen und mittleren Privatwald und im Handel bei den Wertschöpfungsstufen der Value Chain Scheitholz in den Modellregionen.....	36
Tab. 2-16: Produktzustand des Brennholzes bei der natürlichen Trocknung bzw. Lagerung im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.	38
Tab. 2-17: Brennholznutzung als Vollbaum und Koppelprodukt im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.	40
Tab. 2-18: Angewandte Arbeitsverfahren beim Fällen und Rücken der Value Chain Scheitholz im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.	40
Tab. 2-20: Angewandte Arbeitsverfahren bzw. Maschineneinsatz bei den Schritten zur Brennholzaufarbeitung im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.	41
Tab. 2-20: Anzahl der Vorgänge von Sägen und Spalten bei der Brennholzaufarbeitung im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.....	41
Tab. 2-21: Angewandte Arbeitsverfahren bzw. Fahrzeugeinsatz beim Brennholztransport differenziert nach Produktzustand im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.	42
Tab. 2-22: Heizanlagen-Nennleistung und Scheitholzbedarf der kleinen und mittleren Privatwaldbesitzer in den Modellregionen.....	42

Tab. 2-23: Bedeutung der Wertschöpfungsketten von Scheitholz im kleinen und mittleren Privatwald in den Modellregionen.	43
Tab. 2-24: Einsatz von Dienstleistern im kleinen und mittleren Privatwald und im Handel bei den Wertschöpfungsstufen der Value Chain Hackschnitzel in den Modellregionen.	45
Tab. 2-25: Produktzustand des Hackholzes bei der natürlichen Trocknung bzw. Lagerung im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.	46
Tab. 2-26: Hackholznutzung als Vollbaum und Koppelprodukt im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.	47
Tab. 2-27: Angewandte Arbeitsverfahren beim Fällen und Rücken der Value Chain Hackschnitzel im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.	47
Tab. 2-28: Angewandte Arbeitsverfahren bzw. Fahrzeugeinsatz beim Hackholztransport differenziert nach Produktzustand im kleinen und mittleren Privatwald der Modellregionen.	48
Tab. 2-29: Bedeutung der Varianten der Value Chain von Hackschnitzel im kleinen und mittleren Privatwald in den Modellregionen.	48
Tab. 2-30: Entstehungs-, Verteilungs- und Vergleichskostenrechnung der Vermarktungsketten insgesamt und Verbraucherketten sowie der regionale Mehrwert ausgewählter Wertschöpfungsketten.	51
Tab. 2-31: Entstehungs- und Verteilungsrechnung der Vermarktungsteilketten des Waldbesitzers, Händlers und Heizanlagenbetreibers ausgewählter Wertschöpfungsketten [VL&A = Vorleistungen & Abschreibungen).	52
Tab. 2-32: Vergleichskostenrechnung zur Ermittlung der Einsparung/ Mehrkosten des Verbrauchers (Privatwaldbesitzer/ sonstiger Privathaushalt) ausgewählter Wertschöpfungsketten.	53
Tab. 2-33: Vergleich der Minderungspotenziale durch eine energetische oder eine stoffliche Nutzung von Holz gegenüber einer fossilen Referenz.	62
Tab. 2-34: Beispielstämme zur Ermittlung von Nutzungskonkurrenzen.	65
Tab. 2-35: Relative Häufigkeit der Privatwaldbesitzer mit Brennholz- und Hackholznutzung als ganzer Baum bzw. Koppelprodukt für die skizzierten Beispielstämme.	65
Tab. 2-36: Entstehungs- und Verteilungsrechnung für ein Beispiel-Unternehmern der Papier- und Zellstoffindustrie basierend auf dem Jahresabschluss-Ergebnis.	67
Tab. 2-37: Holzbedarfsschätzung für die Zellstoffproduktion des Beispiel-Unternehmens.	67
Tab. 2-38: Entstehungs- und Verteilungsrechnung für ein Beispiel-Unternehmern der Holzwerkstoffindustrie (Holzfaserplatten - LDF) basierend auf dem Jahresabschluss-Ergebnis.	69
Tab. 2-39: Holzbedarfsschätzung für die Holzfaserplattenproduktion des Beispiel-Unternehmens.	69
Tab. 2-40: Ökonomische Effekte der stofflichen Verwendung von Industrieholz der Teilketten des Forstbetriebes (Eigenregie/ Dienstleistung) und der Holzverarbeitung (Papier & Zellstoff/ Holzfaserplatten).	70
Tab. 7-1: Basiswerte von Anschaffungspreis (AN), Nutzungsdauer (ND), Reparatur/ Wartung (R/W) und jährlicher Auslastung (JAL) der Maschinen und Lager.	104
Tab. 7-2: Basiswerte der Technischen Arbeitsproduktivität (TAP) und Gesamtarbeitszeit (GAZ) wertschöpfender Tätigkeiten.	105
Tab. 7-3: Basiswerte der Gesamtarbeitszeit (GAZ) beim Be-/Entladen, Fahrgeschwindigkeit und -entfernung von Energieholztransporten.	105
Tab. 7-4: Basiswerte der Bruttolöhne und Zuschläge von Mitarbeitern der Waldbesitzer, Händler und Dienstleister.	106
Tab. 7-5: Basiswerte der Lohnunternehmerkosten.	106
Tab. 7-6: Basiswerte für Dieselmotorkraftstoff, leichtes Heizöl, Strom und Alkalytbenzin.	107
Tab. 7-7: Basiswerte der Lagerdauer von Stückholz und Hackholz.	107
Tab. 7-8: Basiswerte der Anteile und Zinsfüße für Eigenkapital (EK) und Fremdkapital (FK) der Akteure.	107

Tab. 7-9: Basiswerte der Erlöse.....	107
Tab. 7-10: Basiswerte der Volumenverluste bei der Aufarbeitung und Lagerung von Scheitholz bzw. Hackschnitzel.....	107
Tab. 7-11: Treibhausgasemissionen in kg CO ₂ -eq./MWh.....	108
Tab. 7-12: Versauerungspotenzial in kg SO ₂ -eq./MWh.....	108
Tab. 7-13: Feinstaubemissionen in kg/MWh.....	108
Tab. 7-14: Kohlenmonoxid Emissionen in kg/MWh.....	108
Tab. 7-15: THG-Emissionen der Heizanlage nach Alter.....	109

6 Literaturverzeichnis

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) (2014/2015): Jahresreport Föderal Erneuerbar 2014/15. Einführung: Erneuerbare Energien in Deutschland. Berlin. Online verfügbar unter https://www.foederal-erneuerbar.de/tl_files/aee/Jahresreport%202015/AEE_Jahresreport_FE_2015_Einleitungskapitel.pdf.

Balsari, Paolo; Manzone, Marco (Hg.) (2010): Evaluation of different wood chips storage techniques. FORMEC 2010. Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment. Padova, Italien, 11.-14. Juli 2010.

Bauer, Jürgen; Zormaier, Florian; Borchert, Herbert (2006): Der Energieholzmarkt Bayern – Analyse der Potenziale und Nachfragestruktur. Beitrag zum 10. Statusseminars des Kuratoriums für forstliche Forschung der Bayerischen Forstverwaltung. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Freising.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2012): Sortimentverteilung 2011 in Bayern, Privatwald bis 200 ha Eigentumsgröße. Abbildung basierend auf der Datenerhebung für den Energieholzmarktbericht Bayern 2012. Freising.

Becher, Georg (2014): Clusterstatistik Forst und Holz. Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2012. Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie. Hamburg (Thünen Working Paper, 32).

Becker, Gero; Borchers, Jens; Wippel, Bernd (2006): Potentiale für stoffliche und energetische Nutzung. In: *Holz-Zentralblatt* (38), S. 1107.

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) (2017): Rechnungslegung/ Finanzberichte. Online verfügbar unter www.bundesanzeiger.de, zuletzt geprüft am 03/2017.

Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter e.V. (BAV) (04.10.2016): Altholzmarkt in Deutschland. Berlin.

Carus, Michael; Raschka, Achim; Fehrenbach, Horst; Rettenmaier, Nils; Dammer, Lara; Köppen, Susanne et al. (2014): Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse. Langfassung. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau.

Carus, Michael.; Raschka, Achim; Piotrowski, Stephan (2010): Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland (Kurzfassung). Volumen, Struktur, Substitutionspotenziale, Konkurrenzsituation und Besonderheiten der stofflichen Nutzung sowie Entwicklung von Förderinstrumenten, Mai 2010. 2. Aufl. Hürth.

Cremer, Tobias (2008): Bereitstellung von Holzhackschnitzeln durch die Forstwirtschaft. Produktivitätsmodelle als Entscheidungsgrundlage über Verfahren und Aushaltungsvarianten, entwickelt auf der Basis einer Metaanalyse. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg i. Br.

Deutsche Bundesbank (2016): Makroökonomische Zeitreihen. Online verfügbar unter https://www.bundesbank.de/Navigation/DE/Statistiken/Zeitreihen_Datenbanken/zeitreihen_datenbank.html, zuletzt geprüft am 27.05.2016.

Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V.; Deutscher Holzwirtschaftsrat e.V. (2015): Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland (RVR). 2. Aufl. Berlin.

- Dressler, Daniela; Engelmann, Karsten; Bosch, Fabian; Böswirth, Tobias; Bryzinski, Taras; Effenberger, Mathias et al. (2016): ExpResBio – Ergebnisse. Analyse und Bewertung ausgewählter ökologischer und ökonomischer Wirkungen von Produktsystemen aus land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffen. Abschlussbericht - Langfassung. Hg. v. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ). Straubing, Freising-Weihenstephan.
- Duhr, Michael (2016): Privatwald in Brandenburg. Eine Standortbedimmung 2016. Regionalworkshop KLEN. Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Strausberg, 14.11.2016.
- Duhr, Michael (2017): Forstökonomische Situation des kleinen und mittleren Privatwaldes in Brandenburg und mögliche Entwicklungspotenziale. Abschlussworkshop KLEN. Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Freiburg i. Br., 23.02.2017.
- Eberhardinger, Alexander (2011): Innovative Verfahrenstechnik bei der Bereitstellung von Waldhackgut zur thermischen Verwertung. Dissertation. Technische Universität München, Freising.
- Eberhardinger, Alexander; Warkotsch, Walter; Zormaier, Florian; Schardt, Markus; Hubert, Thomas; Zimmer, Bernhard (2009): Prozessanalyse und Ökobilanzierung der Bereitstellung von Waldhackgut zur thermischen Verwertung. Projektbericht im Auftrag der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Freising.
- Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) (2014): HeProMo. Version 2.1/ März 2015. Birmensdorf, CH.
- EST (2000): Tarifvertrag über die Entlohnung von Holzerntearbeiten nach dem Erweiterten Sortentarif (EST) vom 3. Mai 1979 in der Fassung des Änderungs-TV Nr. 17 vom 19. September 2000.
- Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Universität Freiburg; Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hg.) (2015): Nachhaltiges Waldmanagement und regionale Wertschöpfung. Freiburg i. Br.: Eigenverlag der FVA (Berichte Freiburger Forstliche Forschung, X).
- Fehr, S.; Springorum, J.; Brunsmeier, M.; Birke, M.; Schwarz, M.; Petkau, A. et al. (2015): Entscheidungsfaktoren der Rundholzallokation zur stofflichen oder energetischen Verwertung. In: *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 186 (3/4), S. 45–53.
- Finanz- und Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2014): Verwaltungsvorschrift des Finanz- und Wirtschaftsministeriums über die Berücksichtigung der Verwaltungskosten insbesondere bei der Festsetzung von Gebühren und sonstigen Entgelten für die Inanspruchnahme der Landesverwaltung (VwV-Kostenfestlegung). Vom 3. Januar 2014 - Az.: 2-0541.8/33. Stuttgart.
- Forst BW (2014): FOKUS 2000. Version.
- ForstBW (2015): Jahresbericht 2014 des Landesbetriebes ForstBW. 60. Jahrgang, Forstwirtschaftsjahr 2014, 1.1.2014 bis 31.12.2014. Stuttgart.
- Gärtner; Sven; Hienz; Gunnar; Keller; Heiko et al. (2013): Gesamtökologische Bewertung der Kaskadennutzung von Holz – Umweltauswirkungen stofflicher und energetischer Holznutzungssysteme im Vergleich ("Holzkaskade"). IFEU. Heidelberg. Online verfügbar unter https://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/IFEU%202013_Umweltbewertung%20Holzkaskadennutzung.pdf, zuletzt geprüft am 08.05.2017.
- Gothe, Dorle; Hahne, Ulf (2005): Regionale Wertschöpfung durch Holz-Cluster. Best-Practice-Beispiele regionaler Holz-Cluster aus den Bereichen Holzenergie, Holzhaus- und Holzmöbelbau. Hg. v. Siegfried Lewark und Edgar Kastenholz. Freiburg i. Br. (wald-Arbeitspapier, 14).

- Götze, Uwe (2014): Investitionsrechnung. Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. 7. Aufl. Berlin: Springer Gabler (Springer-Lehrbuch).
- Hagemann, Heiko; Wenzelides, Marcus; Klein, Dajana; Schulte, Andreas (2008): Führt Holzmobilisierung regional zu mehr Beschäftigung im Cluster Forst und Holz? In: *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 180 (5/6), S. 119.
- Hahn, Andreas; Knoke, Thomas (2012): Waldeigentum und Risiko - Vom Sparbuch zum Risikopapier? In: *Allg. Forst Z. Waldwirtsch.* 67 (14), S. 27–30.
- Haller, Axel (1998): Wertschöpfungsrechnung. In: *Die Betriebswirtschaft: DBW* 58 (2), S. 261–265.
- Hartmann, Hans (Hg.) (2013): Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Leitfaden. 3. Aufl. Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.
- Hercher, Wolfgang (2009): Das Testbetriebsnetz Kleinprivatwald 5-200 ha in Baden-Württemberg. Das "Fenster" zu einer wichtigen Waldbesitzart. In: *Landinfo* 2009 (3), S. 10–14.
- Hirschl, Bernd; Aretz, Astrid; Prahl, Andreas; Böther, Timo; Heinbach, Katharina (2010): Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Schriftenreihe des IÖW, 196/10).
- Hirschl, Bernd; Salecki, Steven; Böther, Timo; Heinbach, Katharina (2011): Wertschöpfungseffekte durch Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg. Gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Hg. v. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW). Berlin.
- Höldrich, Alexander (2007): Bewertung von Scheitholzproduktionsverfahren unter arbeitswissenschaftlichen, energetischen und ökonomischen Aspekten. Dissertation. Technische Universität München, Freising.
- Hoppenbrock, Cord; Albrecht, Anne-Kathrin (2009): Diskussionspapier zu Erfassung regionaler Wertschöpfung in 100%-EE-Regionen. Grundlagen und Anwendung am Beispiel der Fotovoltaik. Arbeitsmaterialien 100EE Nr. 2. Hg. v. deENet. Kassel.
- Hüttl, Karl; Schulmeyer, Fabian; Kuptz, Daniel; Dietz, Elke; Zormaier, Florian; Borchert, Herbert (2015): Prozessanalyse der Hackschnitzelbereitstellung. In: Technologie- und Förderzentrum Straubing (TFZ) (Hg.): Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel. Straubing, Freising-Weihenstephan (Berichte aus dem TFZ, 40), S. 33–152.
- Kaiser, R.; Mahler, G.; Wurster, M. (2000): Einstellungen und Ziele von bäuerlichen Privatwaldbesitzern. In: *AFZ/DerWald* (20), S. 1057–1059.
- Kosfeld, Reinhold; Gückelhorn, Franziska; Raatz, Wacker Armin; Wangelin, Matthias; Hemprich, Nina; Schwalm, Patrick et al. (2011): Strategische Einbindung regenerativer Energien in regionale Energiekonzepte - Wertschöpfung auf regionaler Ebene. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Berlin (BMVBS-Online-Publikation, 18/2011).
- Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (?): Schema zur KWF-Maschinenkostenkalkulation. Groß-Umstadt. Online verfügbar unter <http://www.kwf-online.org/arbeitsverfahren/maschinenkalkulation.html>, zuletzt geprüft am 04.08.2016.
- Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (2014): Berechnung der Motorsägenentschädigung für kommunale Waldarbeiter. Gültig ab 1. Juli 2014.
- Lohmann, Ulf (2015): Holzlexikon. 4, Lizenzausgabe. Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.

- LUBW (2012): Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg. Hg. v. Landesanstalt für Umwelt, Messung und Naturschutz in Baden-Württemberg (LUBW). Karlsruhe.
- Mantau, Udo (2012a): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung 1987 bis 2015. Universität Hamburg. Hamburg.
- Mantau, Udo (2012b): Standorte der Holzwirtschaft, Holzrohstoffmonitoring, Holzwerkstoffindustrie - Kapazitätsentwicklung und Holzrohstoffnutzung im Jahr 2010. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft. Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft. Hamburg.
- Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (2012): Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum zur Durchführung der Privatwaldverordnung. VwV-PWaldVO, vom 25.04.2012. Fundstelle: GABI. 2006, 444. Online verfügbar unter <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&docid=VVBW-VVBW000008597&psml=bsbawueprod.psml&max=true>.
- Moldenhauer et al. (2013), zuletzt geprüft am 17.03.2017.
- Peters, Dörte Marie; Köppl, Susanne; Schraml, Ulrich (2017): Generation Waldlust - Motive für die Selbstwerbung von Brennholz. In: *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 187 (11/12), S. 229–237, zuletzt geprüft am 12.04.2017.
- Pietschmann, Thomas (2016): Praxis der Privatwaldbetreuung in Märkisch-Oderland. Regionalworkshop KLEN. Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Strausberg, 14.11.2016.
- Pöyry Forest Industry Consulting Oy & Foreco Oy (2006): Value added and employment in PPI and energy alternative. Studie im Auftrag der CEPI (Confederation of European Paper Industries).
- Redmann, Martin; Dispan, Jürgen; Held, Christian; Lückge, Franz-Josef (2010): Clusterstudie Forst und Holz Baden-Württemberg. Analyse der spezifischen Wettbewerbssituation des Clusters Forst und Holz und Ableitung von Handlungsempfehlungen. Hg. v. Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Schmidt, Marie Sophie (unveröffentlicht): Der Beitrag der Waldenergieholznutzung zur regionalen Wertschöpfung – ökonomische Effekte regionaler Value Chains in Baden-Württemberg (Arbeitstitel). Dissertation. Universität Kassel, Kassel.
- Schmidt, Marie Sophie; Hennenberg, Klaus; Luick, Rainer (2015a): Darstellung und Analyse von Wertschöpfungsketten am Beispiel von Modellregionen in Baden-Württemberg. In: Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Universität Freiburg und Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hg.): Nachhaltiges Waldmanagement und regionale Wertschöpfung. Freiburg i. Br.: Eigenverlag der FVA (Berichte Freiburger Forstliche Forschung, X), S. 85–134.
- Schmidt, Marie Sophie; Hennenberg, Klaus; Luick, Rainer (2015b): Ermittlung ökonomischer Wertschöpfungseffekte von Waldenergieholz in Modellregionen in Baden-Württemberg. In: Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Universität Freiburg und Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hg.): Nachhaltiges Waldmanagement und regionale Wertschöpfung. Freiburg i. Br.: Eigenverlag der FVA (Berichte Freiburger Forstliche Forschung, X), S. 135–162.
- Schmidt, Marie Sophie; Luick, Rainer (2016a): Der Beitrag des Kleinprivatwaldes zur regionalen Wertschöpfung durch die Energieholznutzung. In: Martin Kohler, Gernar Csapek und Jürgen Bauhus (Hg.): Forstwissenschaftliche Tagung 2016. Freiburg im Breisgau. Abstracts. Freiburg i. Brsg.: Universitätsdruckerei Freiburg, S. 276.

- Schmidt, Marie Sophie; Luick, Rainer (2016b): Regionale Wertschöpfung im Kleinprivatwald durch Energieholznutzung (Poster). Forstwissenschaftliche Tagung 2016. Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Universität Freiburg. Freiburg i. Br., 27.09.2016.
- Schmidt, Marie Sophie; Luick, Rainer (2016c): Regionale Wertschöpfung im Kleinprivatwald durch Energieholznutzung (Poster). Holzenergie-Tagung Baden-Württemberg 2016. Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg. Rottenburg a. N., 23.11.2016.
- Schmitz, Winand (2008): Chancen für den Kleinprivatwald: Holzmobilisierung auch zur energetischen Verwendung. 2. Interregionale Biomasse-Konferenz am 22. April 2008 in Trier, Kongresszentrum. Trier.
- Schröder, André (2010): Regionalökonomische Effekte aus der Nutzung von Windenergie in der Region Hannover. Arbeitsmaterialien 100EE Nr. 3. Hg. v. deENet. Kassel.
- Schurr, Christoph (2007): Holzmobilisierung in der Lausitz - Stand des HAF-Pilotprojektes. In: *Der sächsische Waldbesitzer* 2007 (Herbst), S. 14–15.
- Schweinle, Jörg (2012): Wertschöpfungsanalyse der energetischen Nutzung von Holz. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Hamburg (Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, 02/2012).
- Seintsch, Björn (2008): Mobilisierung des Kleinprivatwaldes. In: *proWald* 2008 (März), S. 15–17.
- Seintsch, Björn (2011): Stellung der Holzrohstoffe in der Kostenstruktur des Holz- und Papiergewerbes in Deutschland. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Hamburg (Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, 03/2011).
- Statistisches Bundesamt (2016): Preise. Daten zur Energiepreisentwicklung. Lange Reihen von Januar 2000 bis April 2016. Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungP DF_5619001.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 31.05.2016.
- Statistisches Bundesamt (2017): Preise. Daten zur Energiepreisentwicklung. Lange Reihen von Januar 2000 bis Dezember 2016. Wiesbaden.
- Suda, Michael; Ohrner, Gunther (2000): Stammtisch oder Internet: Wie informieren sich Waldbesitzer? In: *AFZ/DerWald* (20), S. 1059–1060.
- Suda, Michael; Schaffner, Stefan; Huml, G. (2007): Motivieren und mobilisieren - vom Besitzer zum Nutzer. In: *FORST und HOLZ* 62 (11), S. 32–35.
- Thrän, Daniela; Edel, Matthias; Pfeifer, Janine; Ponitka, Jens; Rode, Michael; Knispel, Silke (2011): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung. Deutsches Biomasseforschungszentrum. Leipzig (DBFZ Report, 4).
- UBA (2013): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2012. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau.
- Unsel, Rüdiger (2017a): Abschlussbericht KLEN. Teilvorhaben 2: Nutzungsintensitäten und -strategien im Kleinprivatwald. Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.v. (FNR). Hg. v. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Freiburg i. Br.
- Unsel, Rüdiger (2017b): Nutzungsintensitäten in Klein(st)privatwäldern. Ergebnisse aus dem Projekt KLEN, gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe und das Bundesministerium für

Ernährung und Landwirtschaft. Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg; Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Freiburg i. Br., 23.02.2017.

Unsel, Rüdiger; Schmidt, Marie Sophie; Hennenberg, Klaus; Weich, Thomas; Ruge, Stefan; Reif, Albert (2015): Modellregionen zur Analyse energetischer Biomassenutzungen in Baden-Württemberg. In: Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Universität Freiburg und Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hg.): Nachhaltiges Waldmanagement und regionale Wertschöpfung. Freiburg i. Br.: Eigenverlag der FVA (Berichte Freiburger Forstliche Forschung, X), S. 19–26.

Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (2016): Leistungsbericht Papier 2016. Bonn.

Versorgungskammer (2014): Entgelttabelle TVöD-Wald BaWü 01.03.2014 - 28.02.2015.

Volz, Karl-Reinhard (2003): Urbane Waldbesitzer. Studien zur Beratung und Betreuung im nichtbäuerlichen Kleinprivatwald (Freiburger Schriften zur Forst- und Umweltpolitik).

Wald-Marketing GmbH (WMG) (2006): Mobilisierbare Holzpotentiale geringer als erwartet. In: *Holz-Zentralblatt* 2006 (38), S. 1090.

WBGU (2008): Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Hg. v. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU).

Weber-Blaschke, Gabriele; Lubenau, Christel; Wilnhammer, Matthias; Härtl, Fabian; Friedrich, Stefan; Hammerl, Remigius et al. (2015): Konkurrenz um Holz: Ökologische, soziale und ökonomische Effekte der stofflichen und energetischen Verwertung von Holz. Abschlussbericht der Technischen Universität München, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Langfassung. Freising.

Wern, Bernhard; Kay, Sonja; Vogler, Cornelia; Baur, Frank; Gärtner, Sven; Hienz, Gunnar et al. (2014): Regionale Konzepte zum Ausbau der Bioenergieerzeugung aus Holz – nachhaltige und energieeffiziente Strategieentwicklung unter. Endbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Saarbrücken, Heidelberg, Münster.

Wilpert, Klaus v.; Bösch, Bernhard; Bastian, Peter; Zirlewagen, Dietmar; Hepperle, Frieder; Holzmann, Stefan et al. (2011): Energieholznutzung und Holzscherecycling. Regionales Konzept für Oberschwaben. In: *FVA-einblick* 2011 (2), S. 16–19.

Wippel, Bernd; Becker, Gero (2008): Holzmobilisierung im Kleinprivatwald. Ergebnisse der Pilotprojekte in Eifel und Lausitz. Abschlußbericht. Holzabsatzfonds. Gesellschaft für Managementconsulting Becker, Borchers, Wippel d.b.R. Bonn.

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (WM BW) (2009): Energiekonzept Baden-Württemberg 2020.

7 Anhang

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
z. Hd. Marie Sophie Schmidt
Schadenweilerhof
72108 Rottenburg
Fax: 07472/951-200

Modellregion Silikat
Kollektiv WB - RL

1. Der private Waldbesitzer ist eine (ankreuzen):

Privatperson Sonstiges: _____

2. Sind Sie in einem forstlichen Zusammenschluss (z.B. FBG) organisiert?

Ja Nein

3. Sind Sie Landwirt?

Ja Nein

4. Wie viel Hektar Waldfläche besitzen Sie (aktuell)?

_____ ha

5. Wie hoch ist der Nadelholzanteil an der Waldfläche?

_____ %

6. Wie viel Holz haben Sie durchschnittlich jährlich von 2010 bis 2014 (letzten 5 Jahre) auf der unter 4. genannten Waldfläche für folgende Zwecke genutzt? ¹ Mögl. Herleitung: Wie viel Rm/ Ster brauchen Sie für Ihre Holzheizung im Jahr? Welcher Anteil hiervon kommt aus eigenem Wald?

energetisch	Brennholz ²		Rm oder Ster/ Jahr
	Hackholz		Sm ³ / Jahr
stofflich (Industrie-/ Stammholz)			Fm/ Jahr
Anmerkungen:			

7. Welche Anteile haben die Baumartengruppen am Brennholz und Hackholz?

Baumartengruppen	Brennholz		Hackholz	
		%		%
Nadelholz		%		%
Buche, Eiche		%		%
Sonstige Hartlaubhölzer (Ahorn, Esche ...)		%		%
Weichlaubhölzer/ Pioniere (Weide, Erle, Birke, ...)		%		%
Summe	100	%	100	%

8. Bei welchen Hiebsmaßnahmen nutzen Sie Brennholz und Hackholz? Wie verteilt sich das genutzte Holz auf die Maßnahmen? Die Summe soll 100 % ergeben.

Hiebsmaßnahmen	Brennholz		Hackholz	
		%		%
Jungbestandspflege		%		%
Durchforstung		%		%
Endnutzung		%		%
Waldrand-/ Lichtraumprofilpflege		%		%
Summe	100	%	100	%

9. Welchen Anteil nutzen Sie für den Eigenbedarf, welchen Anteil vermarkten Sie?

	Brennholz		Hackholz	
		%		%
Eigenbedarf		%		%
Vermarktung, die Sie selbst übernehmen		%		%
Vermarktung durch Dritte (z.B. Forstamt, FBG)		%		%

¹ Sollte sich die Waldfläche (ha) zwischen 2010 und 2014 verändert haben, vermerken Sie dies bitte unter Anmerkungen und geben Sie unter Frage 6 die durchschnittlich jährlich genutzte Menge je ha an.

² Brennholz: Scheitholz und Stückholz, das energetisch verwendet wird.

Bitte beantworten Sie die Fragen 9, 10 und 11, wenn Sie das Energieholz auch selbst vermarkten:

10. Wie vermarkten Sie Brennholz und Hackholz?

Wie?	Brennholz		Hackholz	
an Selbstwerber		%		%
als Rundholz/ Rohholz an der Waldstraße		%		%
als Rundholz/ Rohholz frei Haus/ Betrieb/ Werk		%		%
zu Scheitholz/ Hackschnitzel aufgearbeitet an der Waldstraße		%		%
zu Scheitholz/ Hackschnitzel aufgearbeitet ab Hof		%		%
zu Scheitholz/ Hackschnitzel aufgearbeitet frei Haus/ Betrieb/ Werk		%		%
Sonstiges:		%		%
Summe	100	%	100	%

11. An wen vermarkten Sie Brennholz und Hackholz? Bitte ankreuzen.

An wen?	Brennholz		Hackholz	
Private Haushalte		%		%
Sonstige Heizanlagenbetreiber		%		%
Händler		%		%
Sonstige:		%		%
Summe	100	%	100	%

12. In welchem Umkreis vermarkten Sie Brennholz und Hackholz? Bitte ankreuzen.

Umkreis	Brennholz		Hackholz	
< 25 km	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
25 – 49 km	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
≥ 50 km	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	

Für alle:

13. Wie gehen Sie bei der Brennholznutzung vor? Bitte ankreuzen.

Rücken zur Waldstraße ...	Transport aus dem Wald ...	Spalten findet statt ...
<input type="radio"/> erfolgt manuell	<input type="radio"/> mit dem PKW (ggf. mit Anhänger)	<input type="radio"/> an der Waldstraße
<input type="radio"/> mit dem Schlepper	<input type="radio"/> mit dem Schlepper (ggf. mit Anhänger)	<input type="radio"/> am Hof/ Haus
<input type="radio"/> sonstiges	<input type="radio"/> sonstiges	<input type="radio"/> sonstiges

13. | Ihr Geschlecht: m w

14. | Ihr Alter: < 30 30 - 44 45 - 59 ≥ 60

15. Wenn wir mit Ihnen Kontakt aufnehmen dürfen, um Rückfragen zu klären oder Sie Interesse an den Forschungsergebnissen haben, bitten wir Sie um Ihre Kontaktdaten:

Ansprechpartner	
E-Mail	
Telefon	
PLZ, Ort	

16. Sonstige Anmerkungen:

17. | Bereitschaft für ein persönl. Interview: Ja Nein vielleicht

1. Wie viel Hektar **Privatwaldfläche** (mit jeweils < 200 ha) liegt in Ihrem Revier?

	ha
--	----

2. a) Bitte geben Sie die **maximale** und **durchschnittliche Betriebsgröße** in Ihrem Revier sowie die **Anzahl** der Privatwaldbetriebe (mit jeweils < 200 ha) an.

Maximale Betriebsgröße		ha
Durchschnittliche Betriebsgröße		ha
Anzahl der Betriebe		Anz.

- b) Deckt sich Ihr Revier **überwiegend** mit **Realteilungs-** oder **Höfegebiet**? (Ankreuzen.)

<input type="radio"/>	Realteilungsgebiet
<input type="radio"/>	Höfegebiet

3. Wie hoch ist der **Nadelholzanteil** an der Privatwaldfläche?

	%
--	---

4. Auf welchem Anteil der Privatwaldflächen geordnet nach Besitzgröße haben Sie in den letzten 5 bzw. 10 Jahren **KEINE Holznutzung** beobachtet (auch keine Nutzung für den Eigenbedarf)? (Schätzung!)

Besitzgröße [ha]	5 Jahre		10 Jahre	
< 1		%		%
1 - 4,9		%		%
5 - 9,9		%		%
10 - 19,9		%		%
20 - 49,9		%		%
50 - 99,9		%		%
100 - 199,9		%		%

5. Wie viel Holz wurde **durchschnittlich jährlich** je Hektar Privatwaldfläche (insgesamt von 2010 bis 2014 (letzten 5 Jahre) genutzt? (Schätzung!)

Gesamtnutzung		Fm/ ha u. Jahr
---------------	--	----------------

6. Wie schätzen Sie den **Anteil der energetischen und stofflichen Verwendung** an der Gesamtnutzung ein? (Schätzung!)

energetisch	Brennholz ¹		%
	Hackholz		%
stofflich (Industrie-/ Stammholz)			%
Gesamtnutzung		100	%

7. Welchen Anteil des Brennholzes und Hackholzes verwenden die Privatwaldbesitzer für den **Eigenbedarf**, welchen Anteil **vermarkten** sie selbst, welchen Anteil vermarkten Dritte? (Schätzung!)

	Brennholz		Hackholz	
Nutzung für Eigenbedarf des Waldbesitzers		%		%
Vermarktung durch Waldbesitzer selbst		%		%
Vermarktung durch Dritte (z.B. das Forstamt)		%		%
Gesamtnutzung	100	%	100	%

8. Welches Vorgehen bei der **Brennholznutzung** beobachten Sie bei den Privatwaldbesitzern? (Schätzung!)

Das Rücken zur Waldstraße erfolgt ...		
manuell		%
mit dem Schlepper		%
sonstiges		%
Summe	100	%

Der Transport aus dem Wald erfolgt ...		
mit dem PKW (ggf. mit Anhänger)		%
mit dem Schlepper (ggf. mit Anhänger)		%
sonstiges		%
Summe	100	%

Das Spalten findet statt ...		
an der Waldstraße		%
am Hof/ Haus		%
sonstiges		%
Summe	100	%

9. Welcher Anteil der privaten Waldbesitzer in Ihrem Revier ist in einer FBG organisiert? (Schätzung!)

Bezogen auf die Privatwaldfläche		%
Bezogen auf die Anzahl der privaten Waldbesitzer		%

10. Ihre Kontaktdaten für Rückfragen und zur Information über die Forschungsergebnisse:

Ansprechpartner	
UFB	
E-Mail	
Telefon	

11. Sonstige Anmerkungen:

Regionalworkshop Märkisch-Oderland



Programm



- 9.00-9.30 Die Gestaltung der Energiewende im Wald und die gesellschaftliche Dimension des Kleinprivatwaldes in Deutschland.
Prof. Dr. Rainer Luick/ Prof. Stefan Ruge (HFR)
- 9.30-10.00 Nutzungsintensität im Kleinprivatwald in Modellregionen Baden-Württembergs.
Dr. Rüdiger Unseld (Uni Freiburg)
- 10.00-10.30 Der Beitrag des Kleinprivatwaldes zur regionalen Wertschöpfung durch die Energieholznutzung.
Marie Sophie Schmidt (HFR)
- 10.30-10.45 Kaffeepause
- 10.45-11.15 Bilanzierung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen für Wertschöpfungsketten: Holzenergie und stoffliche Nutzung.
Dr. Klaus Hennenberg (Öko-Institut)
- 11.15-11.45 Die Situation des Kleinprivatwaldes in Brandenburg.
Dr. Carsten Leßner (MLUL Brandenburg)
- 11.45-12.05 Die Praxis der Privatwaldbetreuung in Märkisch-Oderland.
Thomas Pietschmann (Oberförsterei Strausberg)
- 12.05-12.45 Diskussion zur Übertragbarkeit der Projektergebnisse auf die Region Märkisch-Oderland.
- 13.00-14.00 Mittagessen
- 14.00 Workshop-Ende

Regionalworkshop Ostwestfalen-Lippe



Programm

- 9.00-9.30 Einleitung und Hintergrund
Prof. Dr. Rainer Luick/ Prof. Stefan Ruge (HFR)
- 9.30-10.00 Nutzungsintensität im Kleinprivatwald in Modellregionen Baden-Württembergs.
Dr. Rüdiger Unseld (Uni Freiburg)
- 10.00-10.30 Der Beitrag des Kleinprivatwaldes zur regionalen Wertschöpfung durch die Energieholznutzung.
Marie Sophie Schmidt (HFR)
- 10.30-10.45 Kaffeepause
- 10.45-11.15 Bilanzierung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen: Holzenergie und stoffliche Nutzung.
Dr. Klaus Hennenberg (Öko-Institut)
- 11.15-11.30 Diskussion zur Situation in BaWü
- 11.30-12.00 Strukturdaten der Betreuung im RFA Hochstift und Überblick zur Verbesserung des Absatzes von Energieholz seit 1989
Martin Wagemann (Regionalforstamt Hochstift, Wald und Holz NRW)
- 12.00-12.30 Kleinprivatwald im Cluster Holz OWL
Joachim Göckede (Cluster Holz OWL)
- 12.30-13.30 Mittagessen (Catering).
- 13.30-14.00 Alternative Modelle der Kleinprivatwaldbewirtschaftung – Erfahrungen des Projektes „GemWaBewirt“
Benjamin Ahlmeier (Wald und Holz NRW)
- 14.00-15.00 Diskussion zum Vergleich der Situation im Kleinprivatwald in Baden-Württemberg und in Höxter/NRW.
- 15.00 Workshop-Ende

Regionalworkshop Weilheim-Schongau

Programm

- 9.30-10.00 Einleitung ins Thema
Prof. Dr. Stefan Ruge (HFR)
- 10.00-10.30 Nutzungsintensität im Klein(st)-
privatwald auf regionaler Ebene.
Dr. Rüdiger Unsel (Uni Freiburg)
- 10.30-10.45 Kaffeepause
- 10.45-11.15 Der Beitrag des Kleinprivatwaldes zur
regionalen Wertschöpfung durch die
Energieholznutzung.
Marie Sophie Schmidt (HFR)
- 11.15-11.45 Bilanzierung von Treibhausgasen und
Luftschadstoffen für Wertschöpfungs-
ketten: Holzenergie und stoffliche Nut-
zung.
Dr. Klaus Hennenberg (Öko-Institut)
- 11.45-12.45 Mittagessen
- 12.45-13.15 Holzbereitstellung und –vermarktung
bei Forstbetriebsgemeinschaften
Dr. Michael Lutze (LWF Bayern)
- 13.15-13.45 Energieholzbereitstellung in der Region
Weilheim / Oberbayern
Florian Mergler (AELF Weilheim)
- Ca. 14.00 Ende

Abschlussworkshop Freiburg



Programm



- Ab 9.30 Empfang mit Kaffee
- 10.00-10.20 Begrüßung
Prof. Dr. Rainer Luick (HFR)
- 10.20-11.00 Die Gestaltung der Energiewende im Wald.
László Maráz (Forum Umwelt und Entwick-
lung)
- 11.00-11.40 Nutzungsintensitäten im Kleinprivatwald.
Nennenswerte Holzressource oder extensiv
bewirtschaftetes Kleinod?
Dr. Rüdiger Unsel (Uni Freiburg)
- 11.40-12.20 Privatwaldbetreuung im Wandel—Neue Ko-
operationen in den Wertschöpfungsketten.
Dr. Andy Selter (Uni Freiburg)
- 12.20-13.00 Mittagspause
- 13.00-13.40 Welchen Beitrag leistet der Kleinprivatwald
zur regionalen Wertschöpfung durch die
Energieholznutzung?
Marie Sophie Schmidt (HFR)
- 13.40-14.20 Forstökonomische Situation des kleinen und
mittleren Privatwaldes in Brandenburg und
mögliche Entwicklungspotenziale.
Michael Duhr (MLUL Brandenburg)
- 14.20-14.50 Kaffeepause
- 14.50-15.30 Bilanzierung von Treibhausgasen und Luft-
schadstoffen für Wertschöpfungsketten: Hol-
zenergie.
Katja Hünecke (Öko-Institut)
- 15.30-16.10 Nutzerverhalten von Ofenbetreibern—
Ergebnisse einer europäischen
Umfrage.
Marius Wöhler (HFR)
- 16.10-17.00 Abschlussdiskussion
- 17.00 Ende des Workshops

Tab. 7-1: Basiswerte von Anschaffungspreis (AN), Nutzungsdauer (ND), Reparatur/ Wartung (R/W) und jährlicher Auslastung (JAL) der Maschinen und Lager.

Produkt	Akteur	Maschine, Lager	AN [€]	ND [Jahre]	R/W [Faktor am AN]	JAL [MAS/Jahr]	Quelle
SH, HS	DL, ÖWB	Forstschlepper mit Kran	210.000,00	15	0,9	1200	Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (?) e. A.
SH	DL	Harvester	450.000,00	8	1,1	1500	
SH, HS	DL	Forwarder	300.000,00	10	0,9	1500	
SH	DL	Forstschlepper ohne Kran	75.000,00	15	0,6	700	
HS	DL, ÖWB	Rückewagen ohne Kran	15.000,00	20	0,2	500	
Produkt	Akteur	Maschine, Lager	AN [€]	ND [Jahre]	R/W [€/Jahr]	JAL [MAS/Jahr]	Quelle
HS	H	mobiler Hacker, 360 PS	319.500,00	8	10.000,00	600	Schmidt (unveröffentlicht)
HS	H	Teleskopradlader	67.000,00	15	500,00	330	
Produkt	Akteur	Maschine, Lager	AN [€]	ND [Jahre]	R/W [€/Jahr]	JAL [km/Jahr]	Quelle
HS	H, DL	LKW-Zug > 12 t, inkl. Anhänger	140.000,00	8	9.500,00	50.000	Schmidt (unveröffentlicht)
HS	H, DL	Container ohne Belüftungsboden (10 Stck.)	50.000,00	15	1.500,00	50.000	
Produkt	Akteur	Maschine, Lager	AN [€]	ND [Jahre]	R/W [€/Jahr]	JAL [Fm/Jahr]	Quelle
SH	PWB, PH	Schlepper-Anhänger	1.644,30	35	10,60	18	PWB-Befragung
HS	PWB Silikat	Schlepper-Anhänger/ Kipper	4.761,90	35	13,43	57	PWB-Befragung
SH	H, PWB, PH	Abdeckung für natürliche Trocknung (1 Rm)	1,00	3			e. A.
SH	PWB, PH	Landw. Schlepper ohne Zange (exkl. Seilwinde)	14.769,89	20	395,08	18	PWB-Befragung
HS	PWB Silikat	Landw. Schlepper ohne Zange (exkl. Seilwinde)	14.769,89	20	414,19	57	PWB-Befragung
HS	PWB Kalk	Landw. Schlepper ohne Zange (exkl. Seilwinde)	14.769,89	20	36,33	5	PWB-Befragung
SH	PWB	Seilwinde	5.658,55	15	52,45	18	PWB-Befragung
HS	PWB Silikat	Seilwinde	5.658,55	15	37,37	57	PWB-Befragung
HS	PWB Kalk	Seilwinde	5.658,55	15	3,28	5	PWB-Befragung
SH	PWB	Landw. Schlepper mit Zange (inkl. Seilwinde)	24.478,35	20	447,53	25	PWB-Befragung
HS	PWB Silikat	Landw. Schlepper mit Zange (inkl. Seilwinde)	24.478,35	20	451,56	57	PWB-Befragung
SH	PWB	Motorsäge (Holzernte & Aufarbeitung)	800,00	5	140,44	18	e. A. nach PWB-Befragung
SH	PH	Motorsäge (Aufarbeitung)	400,00	7	50,56	18	e. A.
HS	PWB Silikat	Motorsäge (Holzernte & Aufarbeitung)	800,00	5	151,89	57	e. A. nach PWB-Befragung
HS	PWB Kalk	Motorsäge (Holzernte & Aufarbeitung)	800,00	5	13,32	5	e. A. nach PWB-Befragung
SH	PWB, PH	Mobiler Spalter, Anbau	2.272,80	15	5,11	18	PWB-Befragung
SH	PWB, PH	Brennholzsäge, Anbau	817,05	15	10,69	18	PWB-Befragung
HS	H	gepachtetes überdachtes Lager/ gepachteter La-				2.800	Schmidt (unveröffentlicht)
SH	PWB, PH	HA 30 kW				30	Hartmann (2013)
HS	PWB	HA 50 kW				51	Hartmann (2013)
HS	HAB	Bsp.-HA 700 kW HS-Energieerzeugung	636.740,00	20	6.200,00	1200	Schmidt (unveröffentlicht)
HS	HAB	Bsp.-HA 700 kW HS-Wärmeverteilung	932.911,00	40		1200	Schmidt (unveröffentlicht)

Tab. 7-2: Basiswerte der Technischen Arbeitsproduktivität (TAP) und Gesamtarbeitszeit (GAZ) wertschöpfender Tätigkeiten.

Produkt	Maschine	wertschöpfende Tätigkeit	TAP [Fm/MAS]	GAZ [Fm/h]	Quelle
SH	Motorsäge	Fällen, Aufarbeiten	6,76	2,25	EST (2000) ¹⁵
SH	Schlepper ohne Kran	Rücken, inkl. Vorliefern	6,39	6,12	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) (2014) ¹⁶ , Cremer (2008)
HS	Forwarder	Rücken	14,52	13,9	Eberhardinger (2011), (2014)Cremer (2008)
SH		Hiebsplanung/-organisation, Holzliste, -verkauf, Fakturierung		12 ¹⁷	Schmidt (unveröffentlicht)
HS		Hiebsplanung/-organisation, Holzliste, -verkauf, Fakturierung		120 ¹⁸	Schmidt (unveröffentlicht)
HS		Hiebsplanung/-organisation, Holzliste		60	Schmidt (unveröffentlicht)
HS	mobiler Hacker, 360 PS	Hacken	23,52	13,44	Hüttl et al. (2015) ¹⁹
HS	Teleskoplader	ab-/ beladen, umsetzen am Lagerplatz	0,03	0,03	Schmidt (unveröffentlicht) ²⁰
HS		Händler: Ausschreibungsteilnahme, Vertragsabwicklung, Rechnung etc.		93	Schmidt (unveröffentlicht) ²¹

Tab. 7-3: Basiswerte der Gesamtarbeitszeit (GAZ) beim Be-/Entladen, Fahrgeschwindigkeit und -entfernung von Energieholztransporten.

WS-Ketten	Fahrzeug	Strecke	Be-/ Entladen, Warten GAZ [h/Fuhre]	Geschwindigkeit [km/h]	Entfernung (Leer-/ Lastf.) [km]	Quelle
SH-ER-EB HS-ER-EB	Landw. Schlepper, Anhänger	W→HA			6	PWB-Befragung
SH-ER-EV	Landw. Schlepper, Anhänger	W→HA			14	
HS-DL-FV, HS-ER-FV	LKW-Zug >12 t	W→LP	0,5	50	50	Schmidt (unveröffentlicht)
		LP→HA	0,5	50	40	

¹⁵ Anhang 4 EST-Zeittafel Tab. 18 BG, Bu/Ei, 2a; 11 % Zuschlag e. A.

¹⁶ Für Fahrentfernung bis 200m, mittl. Beiseilentfernung bis 20 m, mittl. Rückebedingungen.

¹⁷ 5 min/Fm.

¹⁸ 0,5 min/Fm, d.h. ca. 15 min je Container-Zug.

¹⁹ Anteil der Unterbrechungen an der MAS beträgt 17,8 %, Anteil der RAZ an der GAZ beträgt 47 %, beinhaltet Umsetzen/ Rangieren im Wald, exkl. An-/Abfahrt.

²⁰ 0,5h/Container.

²¹ 150h/ Jahr für 35.000 Sm³.

Tab. 7-4: Basiswerte der Bruttolöhne und Zuschläge von Mitarbeitern der Waldbesitzer, Händler und Dienstleister.

Produkt	Mitarbeiter	Wertschöpfende Tätigkeit	Bruttolohn/ Zuschläge [€/h]		Quelle
SH	Forstwirt	motormanuelle Holzernte	25,34	Bruttolohn	Eigene Berechnung nach Forst BW (2014) ²²
SH, HS	Maschinenführer	Rücken, mechanisierte Holzernte	25,46	Bruttolohn	Versorgungskammer (2014) ²³
SH, HS	Revierleiter, Sachbearbeiter	Hiebsplanung/-organisation, Holzliste, -verkauf, Fakturierung	28,12	Bruttolohn	Finanz- und Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2014) ²⁴
			23,92	Zuschläge für Beihilfe, Versorgung, Personalnebenk. etc.	
SH, HS	Maschinenführer	Scheitholzaufarbeitung, Hacken, Transport	17,73	Bruttolohn	Schmidt (unveröffentlicht) ²⁵
HS	Geschäftsführer im Handel	Kundenkontakt, Rechnungstellung, Ausschreibungsteilnahme, Vertragsabwicklung	38,00	Bruttolohn	Schmidt (unveröffentlicht)
Produkt	Mitarbeiter	Wertschöpfende Tätigkeit	Bruttolohn/ Zuschläge [€/Jahr]		Quelle
HS	Techniker/Hausmeister	Anlagenbetreuung 700 kW nur HS	2.976,00	Bruttolohn	Schmidt (unveröffentlicht)
HS	Geschäftsführer	Anlagenbetreuung 700 kW nur HS	6.820,00	Bruttolohn	Schmidt (unveröffentlicht)

Tab. 7-5: Basiswerte der Lohnunternehmerkosten.

Produkt	Wertschöpfende Tätigkeit	Lohnunternehmerkosten [€/ Fm]	Quelle
SH	motormanuelle Holzernte	10,50	Schmidt (unveröffentlicht)
SH, HS	Rücken, (inkl. Vorliefern)	8,10	Schmidt (unveröffentlicht)
HS	Holzliste, -verkauf, Fakturierung	1,34	Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (2012)
SH/ HS	Hiebsplanung, -organisation, Holzliste, -verkauf, Fakturierung	1,94	
HS	Hiebsplanung, -organisation, Holzliste	0,84	
HS	Hacken	11,00	
Produkt	Wertschöpfende Tätigkeit	Lohnunternehmerkosten [€/km/Fuhre]	Quelle
HS	Hackschnitzeltransport im Container-Zug	2,15	Schmidt (unveröffentlicht)

²² KLR-Lohnfaktoren für 2014, Auskunft der Zentralen Sachbearbeitungsstelle Forst BW.

²³ EG 8 Stufe 6; 38,5 h/Wo; 11,56 Feiertage an Werktagen; 31 Tage Urlaub; 12,26 Krankheitstage; 8 % Personalnebenkosten.

²⁴ Anlage 1 zur VwV-Kostenfestlegung, Pauschalsätze der Kosten einer Arbeitsstunde für den gehobenen Dienst.

²⁵ 14 €/h, korrigiert um 40 h/Wo, 11,56 Feiertage an Werktagen, 31 Tage Urlaub, 12,26 Krankheitstage.

Tab. 7-6: Basiswerte für Dieseldieselkraftstoff, leichtes Heizöl, Strom und Alkalytbenzin.

Energieträger	Netto-Preis (o. Energie-/ Stromsteuer)		Quelle
Diesel	0,61	€/l	Statistisches Bundesamt (2016) ²⁶ Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (2014)
Leichtes Heizöl	0,59	€/l	
Strom	0,26	€/kWh	
Alkalytbenzin	1,89	€/l	

Tab. 7-7: Basiswerte der Lagerdauer von Stückholz und Hackholz.

Produkt	Akteur	Lagerdauer [Jahre]	Quelle
SH/ HS	PWB	1	PWB-Befragung

Tab. 7-8: Basiswerte der Anteile und Zinsfüße für Eigenkapital (EK) und Fremdkapital (FK) der Akteure.

Akteur	EK-Anteil [%]	FK-Anteil [%]	EK-Zinsfuß [%]	FK-Zinsfuß [%]	Quelle
Personengesellschaften, private Haushalte	30	70	2,13	5,16	Deutsche Bundesbank (2016) ²⁷
Kapitalgesellschaften	30	70	3,06	3,41	
Kommunen	30	70	2,13	3,41	

Tab. 7-9: Basiswerte der Erlöse.

Produkt	Verkauf...	Gesamt [€/Fm]	Quelle
SH	... Rundholz frei Waldstraße	52,74	Schmidt (unveröffentlicht)
HS	... Hackrohholz frei Waldstraße	18,13	
SH	... Scheitholz frei Haus	139,34	
HS	... Hackschnitzel frei Heizanlage	37,29	
HS	... Wärmeenergie frei Haus	78,60 €/MWh	

Tab. 7-10: Basiswerte der Volumenverluste bei der Aufarbeitung und Lagerung von Scheitholz bzw. Hackschnitzel.

Produkt	Akteur	Volumenverlust [%]	Quelle
SH	PWB	15	e. A., Lohmann (2015)
HS	H	8,4	Balsari und Manzone (2010), Lohmann (2015)
HS	PWB	6	Lohmann (2015)

²⁶ Mittl. Energieerzeugerpreis für Diesel 2011-2015, Mittl. Preis für Leichtes Heizöl frei Verbraucher 2011-2015, Mittl. Strompreis für private Verbraucher 2011-2015.

²⁷ Eigenkapital und Schulden in % der Bilanzsumme von Unternehmensgruppen mit Schwerpunkt im Produzierenden Gewerbe 2010-2014; mittl. Effektivzinssätze der MFI-Zinsstatistik 2011-2015 (neues Hochrechnungsverfahren) für Bestände, Einlagen/Kredite privater Haushalte und Kapitalgesellschaften über 2 bzw. 5 Jahre, mangels Statistik für Personengesellschaften werden Zinsfüße analog privater Haushalte angenommen, für Kommunen der EK-Zinsfuß privater Haushalte und der FK-Zinsfuß von Kapitalgesellschaften.

Tab. 7-11: Treibhausgasemissionen in kg CO₂-eq./MWh

	HS, 1MW	HS, 50kW	SH, 30kW
Anbau	0,0070	0,0070	0,0010
Ernte, Fällen, Rücken	1,2600	1,2600	0,8000
Transport	0,5500	0,5500	0,4400
Lagerung	0,0050	0,0050	0,0000
Trocknung	0,0000	0,0000	0,0000
Hacken/Aufbereitung	0,0040	0,0040	0,0400
Heizanlage	5,1331	5,1331	11,8000
Gesamt	6,9591	6,9591	13,0810

Tab. 7-12: Versauerungspotenzial in kg SO₂-eq./MWh

	HS, 1MW	HS, 50kW	SH, 30kW
Anbau	0,00004	0,00004	0,00010
Ernte, Fällen, Rücken	0,00001	0,00001	0,00042
Transport	0,00500	0,00500	0,00300
Lagerung	0,00003	0,00003	0,00000
Trocknung	0,00000	0,00000	0,00000
Hacken/Aufbereitung	0,00500	0,00500	0,00050
Heizanlage	0,38194	0,38194	0,40070

Tab. 7-13: Feinstaubemissionen in kg/MWh

	HS, 1MW	HS, 50kW	SH, 30kW
Anbau	0,00000875	0,00000875	0,00000875
Ernte, Fällen, Rücken	0,00000175	0,00000254	0,00180000
Transport	0,00600000	0,00600000	0,00900000
Lagerung	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Trocknung	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Hacken/Aufbereitung	0,00050000	0,00050000	0,00050000
Heizanlage	0,15703000	0,15703000	0,18409000

Tab. 7-14: Kohlenmonoxid Emissionen in kg/MWh

	HS, 1MW	HS, 50kW	SH, 30kW
Anbau	0,000612	0,000612	0,000612
Ernte, Fällen, Rücken	0,000015	0,000019	0,000015
Transport	0,002700	0,002700	0,005400
Lagerung	0,000007	0,000007	0,000000
Trocknung	0,000000	0,000000	0,000000
Hacken/Aufbereitung	0,000016	0,000016	0,000016
Heizanlage	0,379290	0,379290	14,120929

Tab. 7-15: THG-Emissionen der Heizanlage nach Alter

	HS 50 kW			SH 50 kW		
	2005	2010-Stufe 1	2030-Stufe 3	2005	2010-Stufe 1	2030-Stufe 3
	<i>in kg/MWh</i>			<i>in kg/MWh</i>		
SO ₂ -Äquivalent	0,42096	0,38194	0,30858	0,4007	0,4007	0,35795
CO ₂ -Äquivalent	5,837653	5,1331086	2,851727	16,774939	16,774939	6,2523611
SO ₂	0,10918	0,10667	0,10667	0,1839	0,1839	0,16429
NO _x	0,43135	0,37929	0,27393	0,27156	0,27156	0,42459
HCl	0,0013031	0,0012732	0,0012732	0,0031554	0,0031554	0,0028188
Staub	0,24828	0,15703	0,0057756	0,27614	0,0073636	0,0049336
CO	0,43135	0,37929	0,37929	14,120929	3,765581	1,1773717
NM _{VOC}	0,14378	0,12643	0,007024	1,1269587	1,1269587	0,33558