

Wertschöpfungsanalyse der energetischen Nutzung von Holz

Jörg Schweinle

Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft



Johann Heinrich von Thünen-Institut:
Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft
Hausadresse: Leuschnerstr. 91, 21031 Hamburg
Postadresse: Postfach 80 02 09, 21002 Hamburg

Tel: 040 / 73962-301
Fax: 040 / 73962-399
Email: oef@vti.bund.de
Internet: <http://www.vti.bund.de>

Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft

Wertschöpfungsanalyse der energetischen Nutzung von Holz

von

Jörg Schweinle

Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft 2012 / 02

Hamburg, März 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Methodisches Vorgehen	3
2.1	Datengrundlage	3
2.1.1	Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im privaten Hausbrand“	3
2.1.2	Wertschöpfungsketten „Waldhackschnitzelverwendung in Heiz- und Heizkraftwerken“	3
2.1.3	Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung für Prozesswärme“	4
2.1.4	Wertschöpfungskette „Pelletverwendung im privaten Hausbrand“	4
2.1.5	Wertschöpfungskette „Schwarzlaugeverwendung in der Zellstoffindustrie“	4
2.2	Herleitung der Bruttowertschöpfung	4
2.2.1	Allgemeine Definition	4
2.2.2	Vorgehensweise bei der Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im privaten Hausbrand“	6
2.2.3	Vorgehensweise bei den Wertschöpfungsketten „Waldhackschnitzelverwendung in Heiz- und Heizkraftwerken“	8
2.2.4	Vorgehensweise bei der Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung“	11
2.2.5	Vorgehensweise bei der Wertschöpfungskette „Pelletverwendung im Hausbrand“	14

3	Ergebnisse	17
3.1	Bruttowertschöpfung der Scheitholzverwendung im privaten Hausbrand.....	17
3.2	Bruttowertschöpfung der Waldhackschnitzelverwendung in Heiz(kraft)anlagen	19
3.3	Bruttowertschöpfung der Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung.....	23
3.4	Bruttowertschöpfung der Pelletverwendung im Hausbrand	25
4	Diskussion und Schlussfolgerungen.....	27
5	Literatur	30
6	Abbildungsverzeichnis.....	32
7	Tabellenverzeichnis.....	33
8	Anhang 1	34

1 Einleitung

Die energetische Nutzung von Holz hat im letzten Jahrzehnt deutlich zugenommen. Ausschlaggebend hierfür sind zum einen das EEG aber auch die steigenden Preise für fossile Energieträger. Dies hat zu einer deutlichen Verschärfung des Wettbewerbs um den Rohstoff Holz geführt. Der dadurch hervorgerufene Anstieg der Rohholzpreise hat auf Seiten der stofflichen Verwerter – hier vor allem der Holzwerkstoffindustrie – zu Engpässen bei der Rohstoffversorgung und z. T. wirtschaftlichen Schwierigkeiten geführt. Diese Schwierigkeiten haben die stofflichen Verwerter dazu veranlasst, eine Kaskadennutzung von Holz mit der Begründung zu fordern, dass durch die stoffliche Nutzung eine weit höhere Wertschöpfung zu erzielen sei als mit der direkten Verbrennung von Rohholz.

Diese Argumentation erscheint nachvollziehbar, allerdings sind bisher keine Angaben über die mit der energetischen Nutzung von Holz erzielte Bruttowertschöpfung veröffentlicht worden. Von einer Untersuchung des Consultingunternehmens Jaakko Pöyry wurden bisher nur die Ergebnisse vorgestellt, so dass eine wissenschaftliche Überprüfung, ob die erzielte Wertschöpfung tatsächlich deutlich niedriger ausfällt, nicht möglich ist.

Ziel dieser Untersuchung ist es daher, eine erste überprüfbare und nachvollziehbare Quantifizierung der mit der energetischen Nutzung von Holz verbundenen Bruttowertschöpfung durchzuführen. Da die energetische Nutzung von Holz statistisch noch nicht so zufriedenstellend differenziert erfasst ist, als dass eine sektorale Betrachtung der energetischen Nutzung von Holz möglich wäre, werden nachfolgend ausgewählte von der Rohholzgewinnung bis zur energetischen Nutzung reichende Wertschöpfungsketten betrachtet. Für jede dieser Ketten wird die Bruttowertschöpfung bezogen auf einen Festmeter eingesetztes Rohholz berechnet. Diese Vorgehensweise ist unüblich aber bewusst gewählt, da vor allen von Wirtschaftsverbänden aber auch im politischen Raum mit der pro Festmeter erzielten Wertschöpfung argumentiert wird, um die Vorzüglichkeit der stofflichen vor der energetischen Nutzung von Holz darzustellen. Die Bruttowertschöpfung wird nachfolgend also nicht als absoluter sondern relativer Wert ausgewiesen. Die so für jede Kette ermittelte Bruttowertschöpfung ist aber weder dazu geeignet, Aussagen über die Gesamtwertschöpfung der betrachteten Sortimente und Konversionstechnologien noch den gesamten Sektor zu machen.

Um möglichst große Repräsentativität zu gewährleisten, werden die mengenmäßig wichtigsten Energieholzsortimente und die für diese Sortimente typischen Verbrennungstechnologien bewertet. Bewertungszeitraum ist grundsätzlich das Jahr 2005. Es wird aber wo erforderlich auch auf Daten anderer Jahre zurückgegriffen.

Scheitholz ist das mengenmäßig bedeutendste Energieholzsortiment (Mantau et al., 2007). 2005 wurde in Deutschland davon etwas mehr 14 Mio. Fm energetisch genutzt. Weitaus geringer ist die Menge der in Biomassekraftwerken eingesetzten Waldhackschnitzel. Mit

etwa 2 Mio. Fm im Jahr 2005 sind sie nach Scheitholz das mengenmäßig zweitbedeutendste energetisch genutzte Rohholzsortiment (Mantau et al., 2007). Die Menge des hauptsächlich in der Holz be – und verarbeitenden Industrie zur Erzeugung von Prozesswärme verfeuerten Industrierestholzes lässt sich nicht genau bestimmen. Eine Untersuchung von Weimar u. Mantau (2006) lässt aber den Schluss zu, das es eine bedeutende Menge ist. Schwarzlauge, ein Abfallprodukt der Zellstoffherstellung, wird ebenfalls zur Erzeugung von Prozesswärme aber auch Strom verbrannt. Laut VDP (2007) lag die im Jahr 2005 verfeuerte Menge bei rund 3 Mio. t. Pellets sind nach Scheitholz das zweitwichtigste Sortiment im Hausbrand. Laut DEPV (2011) wurden im Jahr 2005 rund 250.000 t Pellets energetisch genutzt. Die energetische Nutzung von Altholz wird nachfolgend nicht betrachtet.

Bei den betrachteten Konversionstechnologien handelt es sich für das Scheitholz um Scheitholzkessel für den Hausbrand, um Heiz- und Heizkraftwerke für die Verbrennung von Waldhackschnitzel, Industrierestholz und Schwarzlauge zur Erzeugung von Wärme, Prozesswärme und Strom sowie Pelletkessel für den Hausbrand.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Datengrundlage

2.1.1 Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im privaten Hausbrand“

Da Scheitholz im Gegensatz zu Pellets oder Hackschnitzeln in den amtlichen Statistiken nur unzureichend erfasst wird, ist eine Abschätzung der Wertschöpfung auf Basis der Waren- und Kostenstrukturstatistiken, wie von Seintsch (2011) für das Holz- und Papiergewerbe gewählt, nicht möglich. Die nachfolgende Abschätzung der Bruttowertschöpfung beruht daher zum einen auf Informationen zu Struktur, Ausstattung, Produktportfolio und Umsatz von Biomassehöfen. Diese sind im Rahmen des von BMELV über FNR geförderten Projektes „Biomassehöfe – Mittler zwischen Waldbesitzer und Verbraucher – ein Modell für die Optimierung der Energieholzbereitstellung (FKZ: 22015603)“ vom Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft ermittelt und im Abschlussbericht des Projektes veröffentlicht worden (Tuch, 2006). Zum anderen sind Angaben zur Kostenstruktur der Scheitholzaufbereitung von Höldrich et al. (2006) eine wichtige Kalkulationsgrundlage für dasjenige Scheitholz, das nicht durch Biomassehöfe sondern Waldbesitzer oder forstliche Dienstleister vermarktet wird. Angaben zu Roh- und Scheitholzpreisen für das Jahr 2005 beruhen auf Erhebungen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hahn, 2010) sowie C.A.R.M.E.N. (2011). Da es zudem erhebliche Datenlücken im Bereich der Scheitholzbereitstellung gibt, muss gelegentlich auch auf qualifizierte Schätzungen zurück gegriffen werden.

2.1.2 Wertschöpfungsketten „Waldhackschnitzelverwendung in Heiz- und Heizkraftwerken“

Nach Scheitholz werden in Deutschland Waldhackschnitzel mengenmäßig am häufigsten energetisch genutzt. Die Menge der in Deutschland verbrauchten Hackschnitzel wird im Gegensatz zum Scheitholz zwar statistisch erfasst, allerdings wird nicht zwischen stofflicher oder energetischer Nutzung unterschieden, so dass auch hier die Abschätzung der Bruttowertschöpfung nicht auf Basis der Waren- und Kostenstrukturstatistiken erfolgen kann. Untersuchungen von Mantau et al. (2007) gehen für das Jahr 2005 von einer Menge von etwa 2 Mio. m³ energetisch genutzter Waldhackschnitzel aus.

Die Datengrundlagen für die nachfolgende Abschätzung der Bruttowertschöpfung sind vielfältig. So beruhen die Angaben zu Kosten der Waldhackschnitzelbereitstellung und -transporte auf Untersuchungen von Wittkopf (2004) und Leible et al. (2007). Angaben zur Kostenstruktur der Biomassekonversion in Heizkraftwerken beruhen zum einen auf dem „Leitfaden Bioenergie“ der FNR sowie spezifischen Informationen zur Kostenstruktur von Heizkraftwerken unterschiedlicher Größe, die dem Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft vorliegen. Angaben zu Erlösen für das Jahr 2005 stammen für Waldhackschnitzel und Wärme von C.A.R.M.E.N. (2011). Die Erlöse für eingespeisten Strom errechnen sich aus den im Jahr 2005 geltenden Bestimmungen und Vergütungssätzen des EEG.

2.1.3 Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung für Prozesswärme“

Um ihren Bedarf an Prozesswärme zu decken, verfügen viele Betriebe der Holz be- und verarbeitenden Industrie über Holzverbrennungsanlagen, die überwiegend mit im Betrieb anfallenden Resthölzern befeuert werden. Datengrundlage dieser Wertschöpfungskette sind neben Angaben zu Leistung und Kosten von Holzernte und Transport (AFL, 2010; Höldrich et al., 2006) die von Seintsch (2011) durchgeführte Kostenstrukturanalyse der Holz be- und verarbeitenden Industrie mit Informationen zur Produktion von Sägeware und Sägenebenprodukten. Vervollständigt wird die Datengrundlage durch Angaben der FNR (Jahr der Veröffentlichung unbekannt) zu Kosten und Leistung von Feuerungsanlagen sowie des „EUWID Holz- und Holzwerkstoffe“ (2005) zu Marktpreisen für Sägeware und Sägenebenprodukte.

2.1.4 Wertschöpfungskette „Pelletverwendung im privaten Hausbrand“

Pellets sind nach Scheitholz das mengenmäßig am häufigsten verwendete Energieholzsortiment zur Erzeugung von Wärme in privaten Haushalten. Nach Angaben des Deutschen Energieholz- und Pellet-Verband (DEPV, 2011) ist der Verbrauch von rund 250.000 t im Jahr 2005 auf geschätzte 1,4 Mio. t im Jahr 2011 gestiegen.

Daten zu Holzernte, Transport und Produktion von Sägenebenprodukten stammen aus den gleichen Quellen wie für die voran stehende Wertschöpfungskette. Angaben zu Kosten der Pelletproduktion stammen von Obernberger u. Thek (2009), die Herstellung und Nutzung von Pellets umfassend beschrieben und bewertet haben. Angaben zu Erlösen für Sägeware und Sägenebenprodukte für das Bezugsjahr 2005 sind „EUWID Holz- und Holzwerkstoffe“ entnommen. Der im Jahr 2005 durchschnittlich erzielte Erlös für Pellets beruht auf Angaben des DEPV.

2.1.5 Wertschöpfungskette „Schwarzlaugeverwendung in der Zellstoffindustrie“

Da die Informationen zur Schwarzlaugeverwendung in der Zellstoffindustrie derzeit nicht ausreichen, um die damit erwirtschaftete Bruttowertschöpfung zu bestimmen, wird die energetische Nutzung von Schwarzlauge nachfolgend nicht betrachtet. Sollte sich die Datenlage verbessern, wird dies aber zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt.

2.2 Herleitung der Bruttowertschöpfung

2.2.1 Allgemeine Definition

Die in einer Wertschöpfungskette erzeugte Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen errechnet sich aus den in der Wertschöpfungskette erzeugten Produktionswerten abzüglich der außerhalb und innerhalb der Wertschöpfungskette bezogenen Vorleistungen:

$$\text{Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen} = (\text{Produktionswert} - \text{Vorleistungen})$$

Beim Produktionswert handelt sich um den Wert der hergestellten Waren und Dienstleistungen einer Wertschöpfungskette. Das ist in erster Linie der Umsatz bzw. Erlös, d. h. die zu Marktpreisen bewertete verkaufte Warenmenge. Beim Handel ist die Handelsmarge der

Produktionswert. Zum Produktionswert zählen darüber hinaus die Bestandsänderung an halbfertigen und fertigen Produkten sowie der Wert der selbst erstellten Produktionsanlagen. Unter Vorleistungen wird die Summe der außerhalb und innerhalb der betrachteten Wertschöpfungskette bezogenen Waren und Dienstleistungen verstanden. Dazu zählen:

- Roh- und Hilfsstoffe,
- Dienstleistungen
- Treibstoffe, Transportkosten, Mieten, Gebühren, etc.

Transporte werden bei Betrachtung der Wertschöpfungsketten als eigenständige Schritte und nicht ausschließlich als Vorleistung betrachtet. Da Produkte durch einen Transportschritt nicht verändert oder bearbeitet werden, wird bei Transportschritten nur die von außerhalb der Wertschöpfungskette bezogene Vorleistung (Roh- und Hilfsstoffe, Treibstoff, etc.) vom Produktionswert (Transportkosten) subtrahiert. Bei Produktionsschritten hingegen wird auch die innerhalb der Wertschöpfungskette bezogene Vorleistung – das sind die Produktionswerte der voranstehenden Produktions- und Transportschritte – von den Produktionswerten subtrahiert.

Die Produktionswerte der einzelnen Produktions- und Transportschritte werden zum einen durch durchschnittliche Erlöse des Jahres 2005 und zum anderen, dort wo keine Erlöse vorliegen, durch die Gesamtkosten des Produktions- oder Transportschritts bestimmt. Letzteres führt zu einer Unterschätzung des Produktionswertes, da zwischen Erlös und Gesamtkosten üblicherweise eine Differenz in Höhe des Unternehmergewinns besteht. Die Bruttowertschöpfung der Wertschöpfungskette errechnet sich aus der Summe der Produktionswerte aller Produktions- und Transportschritte abzüglich der Summe der Vorleistungen.

Die für die Erzeugung der Produkte und/oder Dienstleistungen der Wertschöpfung eingesetzten Maschinen und Gebäude unterliegen Verschleiß und erleiden dadurch eine Wertminderung. Diese Wertminderung wird als sogenannte Abschreibung bewertet und ist wie Löhne und Gehälter, Netto-Produktionsabgaben und Unternehmergewinn Bestandteil der Bruttowertschöpfung. Da Abschreibungen aufgrund der Datenlage nicht immer von den Produktions- und Transportkosten zu trennen waren, sind diese z. T. in Vorleistungen enthalten. Dies ist in den Ergebnistabellen entsprechend vermerkt.

Aufgrund fehlender Daten werden bei dieser Betrachtung einzelner Wertschöpfungsketten Gütersteuern nicht berücksichtigt. Staatliche Subventionen treten nicht auf.

Anders als bei der Wertschöpfungsanalyse eines Wirtschaftssektors, wo die Bruttowertschöpfung üblicherweise als absoluter Wert ausgewiesen wird, ist in der nachfolgenden Analyse von Wertschöpfungsketten, die Bruttowertschöpfung als relativer Wert bezogen auf den Festmeter eingesetztes Rohholz dargestellt. Gleiches gilt für Vorleistungen und Produktionswerte. Wie in der Einleitung bereits erwähnt, ist dieses unübliche Vorgehen bewusst gewählt worden, weil im politischen Raum, aber auch auf Seiten von Wirtschaftsverbänden mit

der durch die Nutzung eines Festmeter Holzes in unterschiedlichen Verwendungsbereichen erzielten Wertschöpfung für oder wider die Förderung erneuerbarer Energien argumentiert wird, ohne dass es für die energetische Nutzung belastbare Daten gibt.

2.2.2 Vorgehensweise bei der Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im privaten Hausbrand“

Die Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im privaten Hausbrand“ untergliedert sich in drei Produktions- und zwei Transportschritte, die von einem oder mehreren Unternehmen innerhalb der Wertschöpfungskette ausgeführt werden können (vgl. Abb. 1).

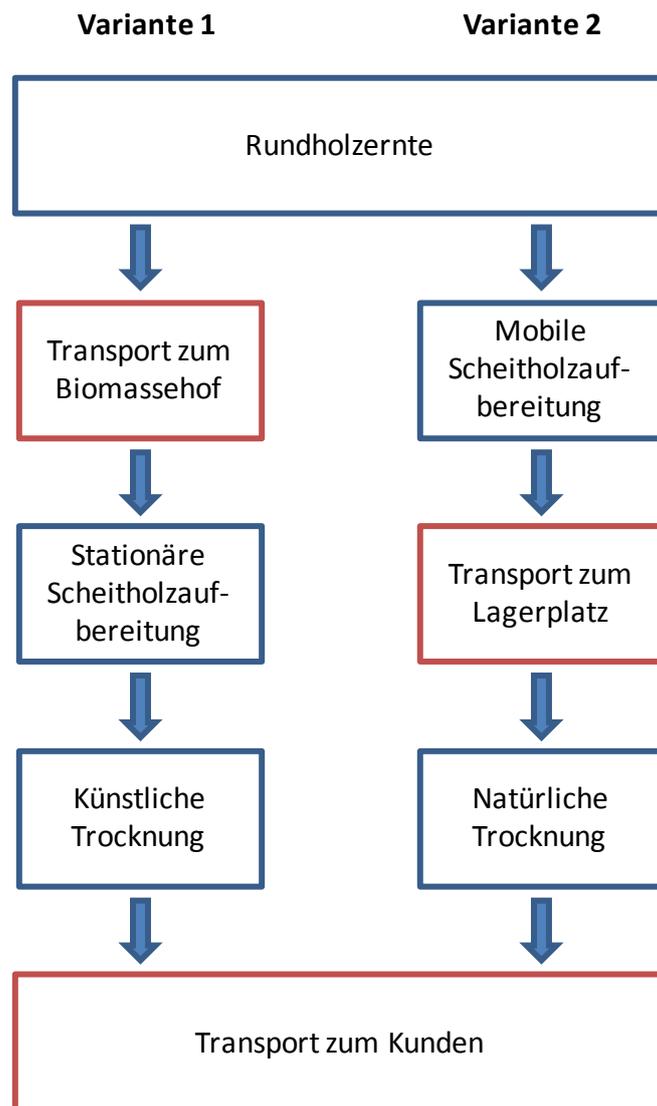


Abbildung 1: Produktions- und Transportprozesse der Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im Hausbrand“

Um die Bruttowertschöpfung der Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im privaten Hausbrand“ möglichst differenziert quantifizieren zu können, werden 2 Varianten der Wertschöpfungskette betrachtet. In Variante 1 wird Aufbereitung und Vermarktung des Scheit-

holzes durch sogenannte Biomassehöfe, die im Jahr 2005 rund 116.000 m³ Scheitholz produziert und vermarktet haben (Tuch, 2006) dargestellt. Die Bereitstellung und Vermarktung durch Waldbesitzer oder forstliche Dienstleister wird in Variante 2 betrachtet.

Vorleistungen und Produktionswerte der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette resultieren – wenn nicht anders beschrieben – aus den Angaben zu Maschinen- und Lohnkosten der von Höldrich et al. (2006, S. 201ff) untersuchten Prozessketten „Pfad 3“ und „Pfad 4“.

Der erste Produktionsschritt in beiden Varianten ist die Holzernte und das Rücken von Rohholz zur Waldstraße. Es wird angenommen, dass die Holzernte in Variante 1 mit einem Harvester und das Rücken mit einem Forwarder erfolgt. In Variante 2 wird motormanuell mit einer Motorsäge geerntet und das Rücken erfolgt mit Traktor und Seilwinde. Die lohnkostenfreien Erntekosten betragen in der ersten Variante 12,79 €/Fm und in der zweiten Variante 9,59 €/Fm. Der Produktionswert beruht auf dem geschätzten durchschnittlichen Erlös für Industrie- und schwaches Stammholz geringer Qualität im Jahr 2005 in Höhe von 24 €/Fm.

Der nachfolgende erste Transportschritt ist in Variante 1 der Transport des Waldholzes mit LKW zum Biomassehof. Laut Tuch (2006) beträgt die durchschnittliche Transportdistanz hierfür rund 85 km. Die lohnkostenfreien Kosten betragen 16,63 €/Fm. In Variante 2 erfolgt der Transport mit Traktor und Anhänger über eine Entfernung von 15 km zu einem Lager- und Aufbereitungsplatz. Die lohnkostenfreien Kosten hierfür inkl. Be- und Entladen liegen bei 3,57 €/Fm.

Der zweite Produktionsschritt umfasst die Aufarbeitung des Scheitholzes. In Variante 1 geschieht dies stationär im Biomassehof mittels einer großen Säge-Spaltmaschine. In Variante 2 wird Scheitholz mit einer kleinen Scheitholzanlage hergestellt. Die erforderlichen Informationen zu Kosten und Produktivität der Maschinen sind Höldrich et al. (2006) entnommen. Die zur Quantifizierung der Vorleistung herangezogenen lohnkostenfreien Produktionskosten belaufen sich für Variante 1 auf 5,00 €/Fm und für Variante 2 auf 1,51 €/Fm. Die aus den Gesamtkosten hergeleiteten Produktionswerte betragen 7,82 €/Fm und 6,32 €/Fm.

Dritter Produktionsschritt ist die Trocknung des Scheitholzes. In Variante 1 wird von einer technischen Trocknung in Trockenkammern ausgegangen. In Variante 2 wird das Scheitholz nicht technisch sondern über mehrere Jahre luftgetrocknet. Zu beiden Varianten liegen Informationen zu den dafür erforderlichen Aufwendungen von Tuch (2006) vor. Für die technische Trocknung werden Kosten in Höhe von 20,00 €/Fm und die Lufttrocknung 1 €/Fm veranschlagt. Der Produktionswert in beiden Varianten entspricht den durchschnittlichen Marktpreisen des Jahres 2005 frei Verbraucher für getrocknetes Scheitholz von 33 cm Länge. In Variante 1 ist das basierend auf Hahn (2010) geschätzte mittlere Preis des professionellen Brennholzhandels von 100 €/Fm und in Variante 2 der mittlere Preis von Kleinvermarktern in Höhe von 83,33 €/Fm.

Letzter Schritt dieser Wertschöpfungskette ist der Transport des aufbereiteten und getrockneten Scheitholzes zum Endverbraucher. In Variante 1 erfolgt der Transport mit LKW über eine Entfernung von 100 km zu lohnkostenfreien Kosten von 20,34 €/Fm, während in Variante 2 von einem Transport mit Traktor und Anhänger über 15 km zu lohnkostenfreien Kosten von 3,75 €/Fm ausgegangen wird.

2.2.3 Vorgehensweise bei den Wertschöpfungsketten „Waldhackschnitzelverwendung in Heiz- und Heizkraftwerken“

Datenerhebungen von Tuch (2006) und die Untersuchungen von Mantau et al. (2007) legen nahe, dass der überwiegende Anteil der 2 Mio. Fm energetisch genutzten Waldhackschnitzel im Jahr 2005 durch Biomassehöfe bereitgestellt worden ist. Aus diesem Grund werden, basierend auf Tuchs Daten, zwei für Biomassehöfe typische Varianten der Waldhackschnitzelbereitstellung als Ausgangspunkt für die Quantifizierung der Bruttowertschöpfung der Waldhackschnitzelverwendung in Heiz- und Heizkraftwerken betrachtet.

Die Wertschöpfungskette ist, wie Abbildung 2 zeigt, mit maximal drei Produktions- und bis zu zwei Transportschritten vergleichsweise kurz. Der erste Produktionsschritt umfasst die Hackschnitzelproduktion im Wald. Diese setzt sich aus dem Fällen, Rücken und Hacken des in Variante 1 waldfrischen und in Variante 2 im Bestand getrockneten Rohholzes zusammen. Zur Quantifizierung der Vorleistungen des Produktionsschrittes werden durchschnittliche Produktionskosten herangezogen, da keine Angaben darüber vorliegen, wie viel Waldhackschnitzel mit welchem Aufbereitungsverfahren und welchen Maschinen im Jahr 2005 produziert wurden. Der verwendete Wert in Höhe von 20,47 €/Fm für die Vorleistungen entspricht dem arithmetischen Mittel der lohnkostenfreien Produktionskosten von 10 durch Wittkopf (2004) analysierten Verfahren zur Waldhackschnitzelbereitstellung. Der Produktionswert entspricht einem für das Jahr 2005 repräsentativen Erlös für Waldhackschnitzel frei Waldstraße in Höhe von 40 €/Fm (C.A.R.M.E.N.).

Die produzierten Waldhackschnitzel werden in Variante 1 der Wertschöpfungskette dann über geschätzte 50 km per LKW zum Trocknen zu einem Lagerplatz transportiert. Vorleistungen und Produktionswert resultieren hier aus von Leible et al. (2007) berichteten Angaben zu Transportkosten von Waldhackschnitzeln in Höhe von 12,29 €/Fm. In Variante 1 werden die zu einem Lagerplatz transportierten Waldhackschnitzel dann technisch durch Warmluft in einem überdachten Lagerplatz getrocknet. Vorleistung und Produktionswert in Höhe von 16,00 und 20,00 €/Fm sind von Trocknungskosten für das sogenannte „Dombelüftungsverfahren“ (Brummack, 2010) abgeleitet. Die getrockneten Waldhackschnitzel werden als nächstes vom Trockenlager zum Heiz- oder Heizkraftwerk transportiert. In Variante 2 erfolgen die Trocknung im Bestand und der Transport direkt vom Wald zum Heiz- oder Heizkraftwerk. In beiden Varianten beträgt die Transportentfernung 120 km (Tuch, 2006). Vorleistungen und Produktionswert in Höhe von 17,40 €/Fm und 21,02 €/Fm resultieren analog zum ersten Transportschritt aus Angaben von Leible et al. (2007).

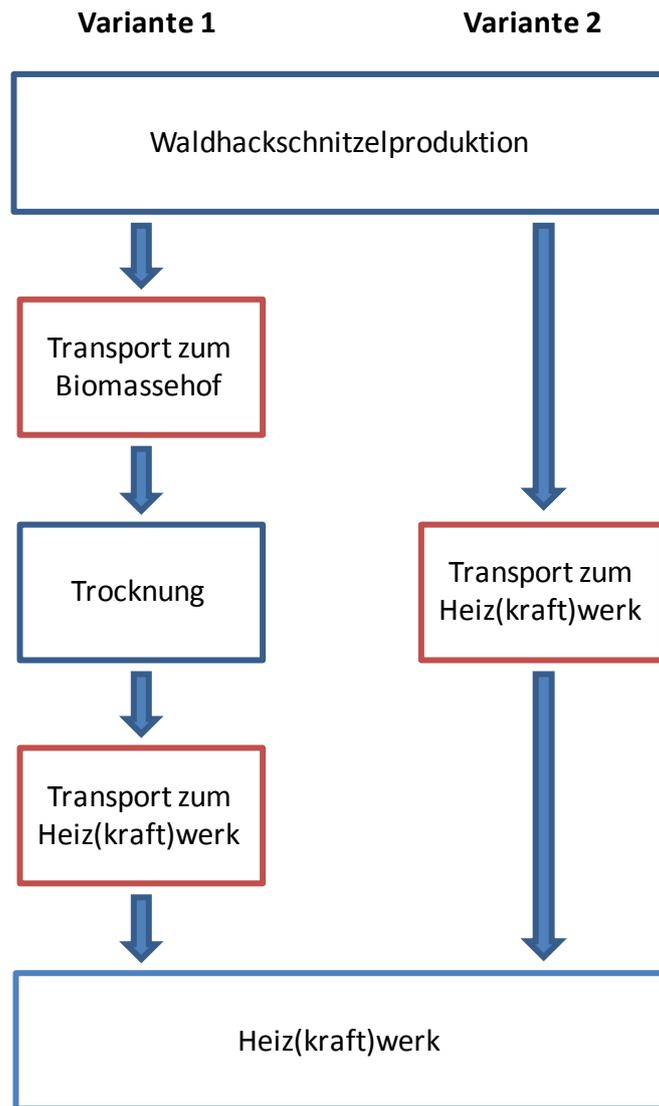


Abbildung 2: Produktions- und Transportprozesse der Wertschöpfungskette „Waldhackschnitzelverwendung in Heiz- und Heizkraftwerken“

Als letzter Schritt dieser Wertschöpfungsketten wird entweder nur Wärme oder Strom und Wärme erzeugt. Da im Gegensatz zu den voranstehenden Produktions- und Transportschritten differenzierte Angaben zur Kostenstruktur von einzelnen Anlagen vorliegen, können die Vorleistungen vergleichsweise differenziert hergeleitet werden.

Im Jahr 2005 hatten rund 49 % der in Betrieb befindlichen **Heizkraftwerke** eine elektrische Leistung von $< 5\text{MW}_{\text{el}}$ (vgl. Tabelle 1). Daher ist, um eine möglichst große Repräsentativität zu erreichen, eine für diesen Leistungsbereich hinsichtlich elektrischer und thermischer Leistung typische Anlage Grundlage für die Abschätzung von Vorleistungen und Bruttowertschöpfung.

Tabelle 1: Anzahl der im Jahr 2005 in Betrieb befindlichen Heizkraftanlagen gegliedert nach elektrischer Leistung (Quelle: Weimar u. Mantau, 2006)

Leistung MW _{el}	Anzahl	Prozent
< 5	46	49
5 - < 10	28	30
10 - < 15	7	8
15 - 20	11	12
> 20	1	1
Summe	93	100

Die den Berechnungen zugrunde liegende Heizkraftanlage hat folgende Kennwerte (FNR, Jahr der Veröffentlichung nicht bekannt):

- Investitionsbedarf: 10,5 Mio. €
- Leistung elektrisch: 2 MW
- Leistung thermisch: 14 MW
- Jahresnutzungsgrad: 70 %
- Holzbedarf jährlich: 38.585 t FM (WG 35 %)
- Lohnkostenfreie Produktionskosten pro Fm eingesetztes Rohholz: 30,25 €

Die überwiegende Mehrzahl der ausschließlich Wärme erzeugenden **Heizwerke** hatten im Bezugsjahr 2005 eine durchschnittliche thermische Leistung von <5 MW (vgl. Tabelle 2). Die der Ermittlung der Vorleistungen zugrunde liegende Anlage (FNR, Jahr der Veröffentlichung nicht bekannt) bildet dieses im Jahr 2005 mittlere Leistungsspektrum gut ab und dient nachfolgend als Grundlage für die Ermittlung von Vorleistungen und Bruttowertschöpfung von Heizwerken.

- Investitionsbedarf: 1,3 Mio. €
- Leistung thermisch: 2 MW
- Jahresnutzungsgrad: 80 %
- Holzbedarf jährlich: 5.225 t FM (WG 35 %)
- Lohnkostenfreie Produktionskosten pro Fm eingesetztes Rohholz: 29,80 €

Die Produktionswerte der Heiz- und Heizkraftwerke entsprechen den durchschnittlichen Erlösen in Höhe von 55 €/MWh für Fernwärme in Bayern im Jahr 2005 (C.A.R.M.E.N, 2009) sowie der im Jahr 2005 gezahlten EEG Grundvergütung, Nawaro- und KWK-Boni für den erzeugten Strom. Für das oben beschriebene Heizkraftwerk sind dies 0,2494 €/kWh.

Tabelle 2: Anzahl der im Jahr 2005 in Betrieb befindlichen Heizwerke gegliedert nach thermischer Leistung (Quelle: Weimar u. Mantau, 2006)

Leistung MW _{th}	Anzahl	Prozent
< 5	213	79,8
5 - < 10	36	13,5
10 - < 15	9	3,4
15 - 20	4	1,5
> 20	5	1,9
Summe	267	100,0

2.2.4 Vorgehensweise bei der Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung“

Ausgangspunkt dieser Wertschöpfungskette, die in drei Produktions- und einen Transportschritt gegliedert ist, sind Ernte und Transport von Stammholz für die Produktion von Sägeware und Sägenebenprodukte (s. Abbildung 3). Die Vorleistungen der Holzernte beruhen auf Angaben zu lohnkostenfreien Holzernte- und Rückekosten in Höhe von 15,02 €/Fm für die Baumart Fichte, Stückmasse 0,30 – 0,329 Fm, der Richtpreistabelle für hochmechanisierte Holzernte des AFL Niedersachsen (2010). Der Produktionswert für Holzernte und Rücken entspricht dem für Nadelstammholz in der Forstwirtschaftlichen Gesamtrechnung (Dieter u. Küppers, 2008) ermittelten durchschnittlichen Erlös in Höhe von 68,08 €/Fm frei Waldstraße.

Der Transport des Rohholzes vom Wald zum Holz bearbeitenden Betrieb erfolgt mit dem LKW. Als Transportentfernung wird die von Seintsch (2011) für die Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke ermittelte durchschnittliche Transportentfernung von 84 km angenommen. Die für den Transportschritt bezogenen Vorleistungen beruhen auf den von Seintsch (2011) auf Basis von Borchering (2007) und Dettendorfer (2008) ermittelten lohnkostenfreien Transportkosten zuzüglich geschätzter Kosten für Be- und Entladen in Höhe von 9,96 €/Fm. Der Produktionswert entspricht den Gesamttransportkosten in Höhe von 12,41 €/Fm.

Im Produktionsschritt Sägewerk erfolgt die Verarbeitung des Rohholzes in einem Kuppelprozess zu Sägeware und Sägenebenprodukten. Die für den Produktionsschritt von außerhalb der Wertschöpfungskette bezogenen Vorleistungen in Höhe von 37,76 €/Fm basieren auf der Kostenstrukturanalyse von Seintsch (2011). Zusammen mit den innerhalb der Wertschöpfungskette bezogenen Vorleistungen (Produktionswerte der Holzernte und des Transports zum Sägewerk) bilden sie die Gesamtvorleistungen. Die Produktionswerte für Sägeware und Sägenebenprodukte resultieren aus den mittleren Erlösen für Sägeware und Sägenebenprodukte des Jahres 2005 (EUWID Holz- und Holzwerkstoffe, 2005). Hierzu sind die in Anhang 1 für die bedeutendsten Säge- und Sägenebenprodukte aufgelisteten Preise zu Durchschnittspreisen des Jahres 2005 gemittelt, und der Berechnung der mittleren Erlöse zugrunde gelegt worden (s. Tabelle 3).

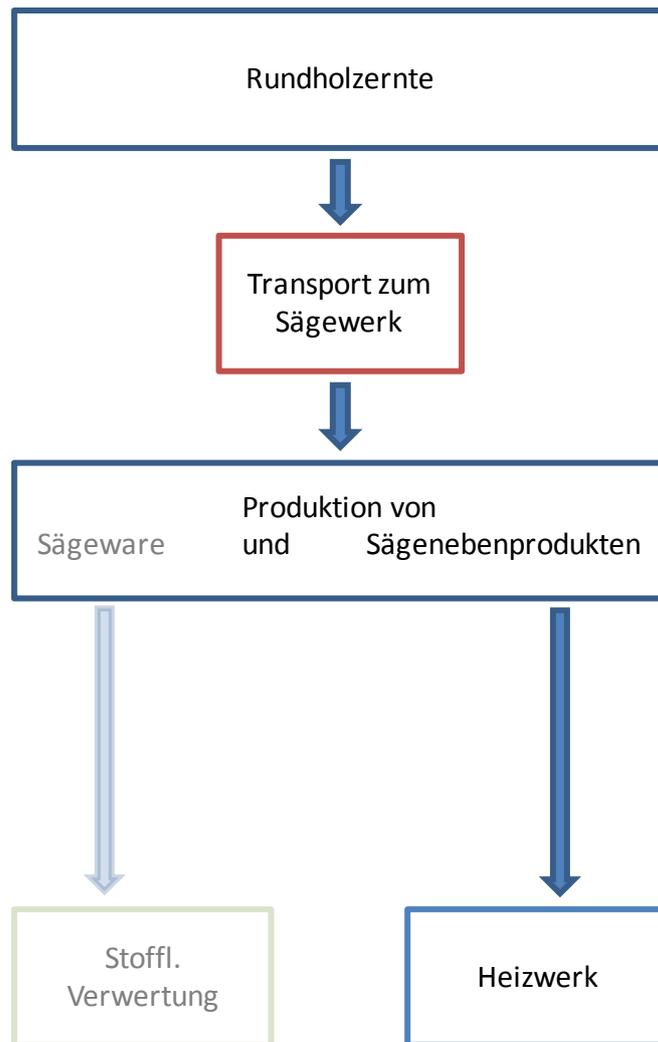


Abbildung 3: Produktions- und Transportprozesse der Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung“

Da nur das Sägerestholz energetisch genutzt wird, gilt es, auch nur die mit dessen energetischer Nutzung einhergehende Bruttowertschöpfung zu quantifizieren. Dieser Anteil an der Bruttowertschöpfung wird bestimmt, indem Vorleistungen, Produktionswerte und die daraus resultierende Bruttowertschöpfung für den Produktionsschritt Sägewerk sowie die vorgelagerten Produktions- und Transportschritte analog dem Verhältnis der Erlöse der produzierten Säge- und Sägenebenprodukte aufgeteilt werden (s. Abbildung 3). Die Erlöse errechnen sich aus den für die Produkte im Durchschnitt im Jahr 2005 erzielten Marktpreisen (s. o.) multipliziert mit dem Produktionsanteil pro Fm eingesetztes Rohholz. Angaben zu den für Deutschland durchschnittlichen Produktionsanteilen sind UN/ECE (2010, S. 16) entnommen (s. Tabelle 3).

**Tabelle 3: Mittlere Preise, Erlöse und Erlösanteile von Sägeware und Sägeresthölzern im Jahr 2005
(Quelle: EUWID¹, 2005; UNECE², 2010)**

Sortiment	Mittlerer Preis ¹ (2005) €/Fm Rohholz	Produktionsanteil ² %	Mittlerer Erlös 2005 €/Fm Rohholz	Erlösanteil %
Sägerestholz				
Sägespäne	13,64	15	2,05	1,5
TMP-Hackschnitzel	24,00	10	2,40	1,7
MDF-Hackschnitzel	17,14	15	2,57	1,9
Sägeware	215,99	60	129,59	94,9

Da sämtliches Industrierestholz energetisch genutzt wird, sind 5,1 % der Vorleistungen, Produktionswerte und der daraus resultierend Bruttowertschöpfung der Holzernte und des Transports von Rohholz zum Sägewerk der energetischen Nutzung zuzurechnen.

Im letzten Produktionsschritt wird aus Sägerestholz Prozesswärme erzeugt, die im Betrieb genutzt und nicht vermarktet wird. Zur Quantifizierung der Vorleistungen wird auf die Angaben zur Kostenstruktur des in der Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung“ vorgestellten Heizwerkes mit einer thermischen Leistung von 2 MW zurück gegriffen. Da die innerbetrieblich erzeugte und genutzte Wärme nicht vermarktet wird, hat sie keinen in Höhe eines Marktpreises messbaren Produktionswert. Gleichwohl lässt sich der Produktionswert indirekt als Differenz aus der für den ohne innerbetriebliche Prozesswärmeerzeugung erforderlichen externen Bezug von Energie vermiedenen Vorleistung und dem durch Nichtvermarktung des Sägerestholzes entgangenen Produktionswert bestimmen (s. Abbildung 4). Durch Abzug der Vorleistung für die innerbetriebliche Prozesswärmeerzeugung vom indirekt ermittelten Produktionswert lässt sich dann nachfolgend auch die Wirkung der innerbetrieblichen Prozesswärmeerzeugung auf die Bruttowertschöpfung quantifizieren.

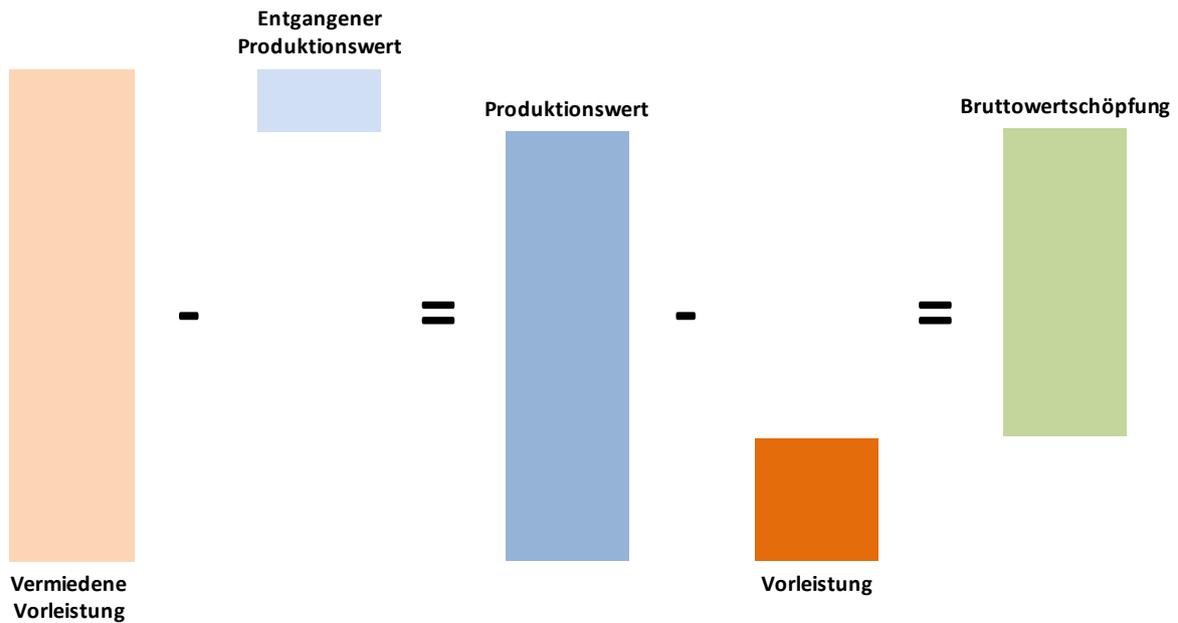


Abbildung 4: Herleitung von Produktionswert und Bruttowertschöpfung bei innerbetrieblicher Wärmeerzeugung und -nutzung

Die Gesamt-Bruttowertschöpfung der Wertschöpfungskette ist die Summe aus der in den einzelnen Produktions- und Transportprozessen ausschließlich mit der energetischen Nutzung des Sägerestholzes geschaffenen Bruttowertschöpfung.

2.2.5 Vorgehensweise bei der Wertschöpfungskette „Pelletverwendung im Hausbrand“

Mit vier Produktions- und drei Transportschritten ist dies die längste der hier betrachteten Wertschöpfungsketten der energetischen Nutzung von Holz. Rohholzproduktion, Rohholztransport und die Produktion von Sägeware und Sägenebenprodukten unterscheiden sich nicht von der im letzten Abschnitt beschriebenen Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung“ (s. Abbildung 5). Vorleistungen und Produktionswerte sind identisch. Gleiches gilt für das Allokationsverfahren. Allerdings werden in dieser Wertschöpfungskette nur die Sägespäne nach Weiterverarbeitung zu Pellets energetisch genutzt. Der Anteil der Sägespäne am Erlös beträgt 1,5 % (s. Tabelle 3). Entsprechend gering ist der Anteil an Vorleistungen, Produktionswerten und Bruttowertschöpfung, die der energetischen Nutzung zugerechnet werden.

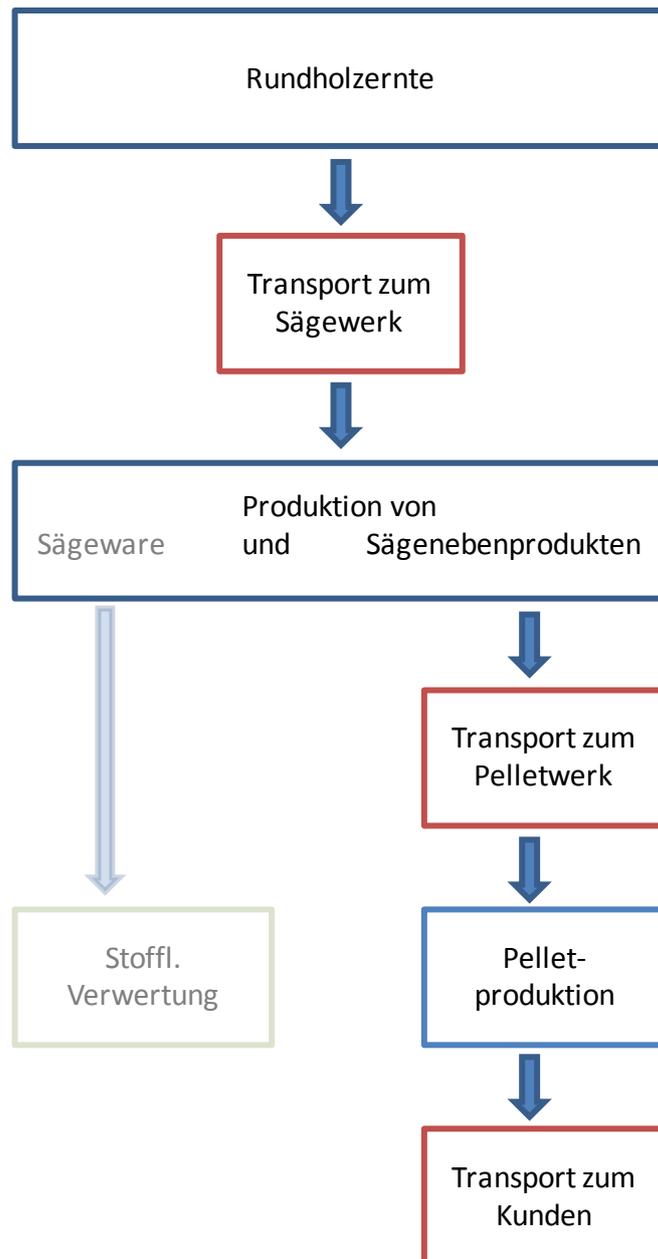


Abbildung 5: Produktions- und Transportprozesse der Wertschöpfungskette „Pelletverwendung im Hausbrand“

Der zweite Transportschritt vom Sägewerk zum Pelletherstellung erfolgt mit LKW über eine geschätzte Distanz von 100 km. Die Vorleistungen entsprechen den lohnkostenfreien Transportkosten basierend auf den von Seintsch (2011) auf Basis von Borchering (2007) für die Holzwerkstoffindustrie ermittelten durchschnittlichen lohnkostenfreien Transportkosten zuzüglich geschätzten Be- und Entladekosten in Höhe von 12,26 €/Fm . Der Produktionswert entspricht den Gesamtkosten von 14,71 €/Fm für den Transport und die Ladevorgänge.

Im letzten Produktionsschritt werden die Sägenebenprodukte zu Pellets für den Hausbrand verarbeitet. Die dafür erforderlichen Vorleistungen werden auf Basis der detaillierten Kostenkalkulation von Obernberger u. Thek (2009, S. 175 ff) für ein mittelgroßes Pelletwerk fol-

gender Kenngrößen abgeschätzt:

- Investitionsbedarf: 9,2 Mio. €
- Produktionskapazität: 120.000 t/a
- Anlagenverfügbarkeit: 91 %
- Jahresvolllaststunden: 8.000
- Holzbedarf jährlich: 166.154 t FM (WG 35 %)
- Lohnkostenfreie Produktionskosten pro Fm eingesetztes Rohholz: 21,69 €

Der Produktionswert dieses Produktionsschrittes ist gleich dem für das Jahr 2005 vom DEPV ermittelten durchschnittlichen Marktpreis für Pellets in Höhe von 175 €/t.

Im abschließenden Transportschritt werden Pellets per Silo-LKW zum Endkunden geliefert. Auch hier wird eine Transportdistanz von 100 km angenommen. Die für den Transport sowie das Be- und Entladen bezogenen Vorleistungen in Höhe von 12,81 €/Fm basieren auf Kostenkalkulationen für den Pellettransport mit Silo-LKW von Obernberger und Thek (2009). Der Anteil der Löhne und Gehälter von 2,77 €/Fm ist auf Basis von Höldrich et al. (2006) geschätzt, da Obernberger und Thek (2009) dazu keine Angaben machen.

Wie bei allen Transportprozessen, so dienen auch hier die Gesamtkosten zur Quantifizierung des Produktionswertes, da Marktpreise des Transports mit Silo-LKW nicht vorliegen.

3 Ergebnisse

3.1 Bruttowertschöpfung der Scheitholzverwendung im privaten Hausbrand

In Tabelle 2 sind Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der unterschiedlichen Produktions- und Transportschritte aufgeführt. Es gilt zu beachten, dass die mit einem * gekennzeichneten Vorleistungen der Bruttowertschöpfung zuzurechnenden Abschreibungen enthalten. Die Bruttowertschöpfung dieses Schrittes wird also um den Betrag der Abschreibungen unterschätzt.

Im Bereich Holzernte wird in Variante 1 eine Bruttowertschöpfung in Höhe von 11,21 €/Fm erwirtschaftet. Davon entfallen 2,91 €/Fm auf Löhne und Gehälter der in der Holzernte Beschäftigten. Der Differenzbetrag setzt sich aus Unternehmergewinn sowie Abschreibungen und Steuern zusammen. Der nachfolgende Transportprozess erwirtschaftet nur eine vergleichsweise geringe Bruttowertschöpfung. Da zwar zum tatsächlichen Umsatz keine Informationen vorliegen, in den Vorleistungen aber Abschreibungen enthalten sind, ist die tatsächliche Bruttowertschöpfung etwas höher.

Da das Ablängen und Spalten des Waldholzes der erste Schritt zur Herstellung von getrocknetem Scheitholz ist, die Trocknung also noch fehlt, wird dieser gesondert betrachtet. Die Summe der Herstellungskosten wird einfachhalber dem Produktionswert gleichgesetzt. Sowohl die Vorleistungen für die eingesetzten Maschinen als auch die Lohnkosten sind relativ gering. Die Wertschöpfung entspricht den Lohnkosten.

In der nachfolgenden Trocknung entsteht das verkaufsfertige getrocknete Scheitholz von 33 cm Länge. Es ist gleichzeitig das Endprodukt dieser Wertschöpfungskette. Entsprechend wird der Produktionswert mit dem am Markt zu erzielenden Erlös bewertet. Um die Bruttowertschöpfung bis zu diesem Produktionsschritt zu ermitteln, werden dem Produktionswert die bis zu diesem Schritt angefallenen internen und externen Vorleistungen gegenübergestellt. Die Vorleistungen der vorangegangenen Schritte sind die Produktionswerte der Holzernte, des Transports zum Biomassehof, der Scheitholzaufbereitung sowie die Vorleistungen der Trocknung. Daraus resultiert für Variante 1 eine Bruttowertschöpfung in Höhe von 32,08 €/Fm. In Variante 2 wird trotz des niedrigeren Produktionswertes infolge der geringeren Vorleistungen eine Bruttowertschöpfung in Höhe von 46,13 €/Fm erzielt. Die Wertschöpfungskette endet mit dem Transport des Scheitholzes zum Verbraucher. Die hierdurch erzielte zusätzliche Wertschöpfung ist mit 4,27 €/Fm (Variante 1) bzw. 2,37 €/Fm (Variante 2) gering.

Tabelle 4: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im Hausbrand“

Wertschöpfungskette Scheitholzverwendung im Hausbrand			
		Variante 1	Variante 2
Holzernte			
Vorleistungen	€/Fm	12,79	9,59
Produktionswert (<i>Erlös</i>)	€/Fm	24,00	24,00
Bruttowertschöpfung	€/Fm	11,21	14,41
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	2,97	8,02
Transport zum Biomassehof/Lagerplatz			
Vorleistungen*	€/Fm	16,63	3,57
Produktionswert (<i>Herstellungskosten</i>)	€/Fm	20,10	5,98
Bruttowertschöpfung	€/Fm	3,47	2,41
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	3,47	2,41
Scheitholzaufbereitung			
Vorleistungen	€/Fm	5,00	1,51
Produktionswert (<i>Herstellungskosten</i>)	€/Fm	7,82	6,32
Bruttowertschöpfung	€/Fm	2,82	4,81
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	2,82	4,81
Trocknung (Kammer/Freiluft)			
Vorleistungen*	€/Fm	67,92	37,20
Produktionswert (<i>Erlös</i>)	€/Fm	100,00	83,33
Bruttowertschöpfung	€/Fm	32,08	46,13
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	4,00	0,10
Transport zum Verbraucher			
Vorleistungen*	€/Fm	20,34	3,74
Produktionswert (<i>Herstellungskosten</i>)	€/Fm	24,61	6,11
Bruttowertschöpfung	€/Fm	4,27	2,37
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	4,27	2,37
Wertschöpfungskette insgesamt			
Vorleistungen*	€/Fm	122,68	55,60
Produktionswerte	€/Fm	176,53	125,74
Bruttowertschöpfung	€/Fm	53,85	70,14
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	<i>€/Fm</i>	<i>17,53</i>	<i>17,72</i>
* Da die Herleitung der Vorleistungen aus Angaben zu den Kosten für diese Schritte der Wertschöpfungskette erfolgt und der Anteil der Abschreibungen an den Maschinenkosten nicht ermittelt werden kann, sind Abschreibungen in den Vorleistungen enthalten. Die Bruttowertschöpfung wird dadurch geringfügig unterschätzt.			

Insgesamt beträgt die Bruttowertschöpfung nach Saldierung sämtlicher Vorleistungen und Produktionswerte 53,58 €/Fm in Variante 1 und 70,14 €/Fm in Variante 2. Grund hierfür ist, dass der höhere Produktionswert in Variante 1 die deutlich höheren Vorleistungen nicht kompensieren kann. Da der Anteil der Löhne und Gehälter in beiden Varianten nahezu identisch ist, Abschreibungen aufgrund der produktionsmittelintensiveren Scheitholzherstellung in Variante 1 höher ausfallen, fällt der Unternehmergewinn in Variante 1 entsprechend niedriger aus.

3.2 Bruttowertschöpfung der Waldhackschnitzelverwendung in Heiz(kraft)anlagen

Die Ergebnisse der Bruttowertschöpfung für die beiden Varianten der Wertschöpfungskette „Waldhackschnitzelverwendung in Heizkraftanlagen“ sind in Tabelle 5 zusammengefasst dargestellt. Da sich die Holzernteverfahren im ersten Produktionsschritt zwischen beiden Varianten nicht unterscheiden, sind die aus dem Einsatz von Produktions- und Betriebsmitteln resultierenden Vorleistungen gleich hoch. Gleiches gilt für die Produktionswerte, die einem für das Jahr 2005 repräsentativen Erlös für Waldhackschnitzel frei Waldstraße entsprechen¹. Die Holzernte erwirtschaftet in dieser Wertschöpfungskette demnach eine Bruttowertschöpfung in Höhe von 19,53 €/Fm. Da die Vorleistungen auch hier Abschreibungen enthalten, ist die Bruttowertschöpfung insgesamt geringfügig unterschätzt.

Der in Variante 1 folgende Transport der Waldhackschnitzel in ein Trockenlager, die anschließende Trocknung sowie der Transport der getrockneten Waldhackschnitzel zur Heizkraftanlage erwirtschaften ebenso wie der direkte Transport von Waldhackschnitzeln zur Heizkraftanlage (Variante 2) jeweils nur eine geringe Bruttowertschöpfung.

Die Vorleistungen bestehen aus den von außerhalb der Wertschöpfungskette bezogenen Produktions- und Betriebsmitteln. Auch für diese Produktions- und Transportschritte wird die resultierende Bruttowertschöpfung geringfügig unterschätzt, da in den Vorleistungen Abschreibungen und zumindest teilweise der Unternehmergewinn enthalten sind.

Letzter Schritt der Wertschöpfungskette ist die Erzeugung von Strom und Wärme in der Heizkraftanlage. Der Produktionswert wird mit dem Marktpreis für Wärme und der EEG-Einspeisevergütung für den erzeugten Strom bewertet. Insgesamt sind dies 126,40 €/Fm eingesetzten Holzes. Der Vorleistungen dieses Produktionsschritt werden dadurch ermittelt, dass zum einen die bis hierhin angefallenen Vorleistungen der voranstehenden Produktions- und Transportschritte, das sind die Produktionswerte der Holzernte, der Transporte und der

¹ Auch wenn der Produktionswert das zu Marktpreisen bewertete Produktionsergebnis der forstlichen Produktion insgesamt und nicht nur der Holzernte ist, darf dieser, da es sich um den Produktionswert eines einzelnen Produktes (Waldhackschnitzel) handelt, nicht mit dem Produktionswert der gesamten forstlichen Produktion gleichgesetzt werden. Gleiches gilt für die resultierende Bruttowertschöpfung. Diese betrug für die gesamte forstliche Produktion im Jahr 2005 rund 25 €/Fm (Dieter u. Küppers, 2008).

Trocknung, und zum anderen die externen Vorleistungen für die Heizkraftanlage dem Produktionswert gegenüber gestellt werden.

Die daraus resultierende Bruttowertschöpfung der Variante 1 liegt bei 16,11 €/Fm. Davon entfallen auf Löhne und Gehälter 12,76 €/Fm. Für Variante 2 fällt die Bruttowertschöpfung mit 48,39 €/Fm deutlich höher aus, da bei gleich hohen Produktionswert nur Vorleistungen aus der Holzernte und aus einem Transportschritt anfallen.

Betrachtet man die Wertschöpfungskette insgesamt, so beträgt die Bruttowertschöpfung der Variante 1 insgesamt 45,57 €/Fm. Für Variante 2 errechnen sich insgesamt 71,54 €/Fm. Der Anteil der Löhne und Gehälter unterscheidet sich in beiden Varianten nur unwesentlich. Aufgrund der zusätzlichen Produktions- und Transportschritte liegen sie in Variante 1 bei etwa 29,50 €/Fm und in Variante 2 mit etwa 23 €/Fm etwas darunter. Da in Variante 2 aufgrund der geringeren Anzahl der Produktions- und Transportschritte im Vergleich zu Variante 1 auch weniger indirekte Steuern anfallen, dürfte der Unternehmergewinn etwas höher ausfallen.

Werden Waldhackschnitzel ausschließlich zur Wärmeerzeugung verwendet, resultiert die in Tabelle 6 zusammengestellte Bruttowertschöpfung. Vorleistungen, Produktionswerte und die resultierende Bruttowertschöpfung unterscheiden sich im Vergleich zur Verwendung in einem Heizkraftwerk dabei nur im letzten Produktionsschritt (vgl. Tabelle 5 mit Tabelle 6). Trotz der unterschiedlichen Anlagentypen und Dimensionen (Heizkraftwerk 2 MW_{el} und 14 MW_{th}; Heizwerk 2 MW_{th}) sind die Vorleistungen dennoch mit jeweils rund 110 €/Fm in Variante 1 und rund 78 €/Fm in Variante 2 nahezu gleich hoch. Unterschiede zeigen sich aber bei den Produktionswerten, da im Heizkraftwerk auch Strom erzeugt wird, was zu zusätzlichen Erlösen führt. Diese zusätzlichen Erlöse sind Grund für die in beiden Varianten höhere Bruttowertschöpfung der Hackschnitzelverwendung in einem Heizkraftwerk.

Mit 4,78 €/Fm ist die Bruttowertschöpfung des Heizwerkes in Variante 1 zwar positiv, dem steht aber der Anteil der Löhne und Gehälter in Höhe von 14,80 gegenüber. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich dadurch, dass die Löhne und Gehälter nicht direkt aus der Subtraktion der Vorleistungen vom Produktionswert sondern aus der Kostenkalkulation des Heizwerkes resultieren. Dies zeigt, die unterstellten Erlöse des Heizwerkes reichen nicht aus, alle unterstellten anfallenden Kosten zu decken und das Heizwerk ohne Verringerung der Vorleistungen und/oder Erhöhung des Produktionswertes kostendeckend zu betreiben.

Insgesamt werden in der Wertschöpfungskette „Waldhackschnitzelverwendung in Heizwerken in beiden Varianten jeweils rund 11 €/Fm weniger erwirtschaftet als bei Verwendung in Heizkraftwerken. Grund hierfür sind die geringeren Erlöse für die ausschließliche Erzeugung von Wärme.

Tabelle 5: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Waldhackschnitzelverwendung in Heizkraftwerken“

Wertschöpfungskette Waldhackschnitzelverwendung in Heizkraftwerken			
		Variante 1	Variante 2
Holzernte			
Vorleistungen*	€/Fm	20,47	20,47
Produktionswert (Erlös)	€/Fm	40,00	40,00
Bruttowertschöpfung	€/Fm	19,53	19,53
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	6,82	6,82
Transport zum Biomassehof/Lagerplatz			
Vorleistungen*	€/Fm	9,97	
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	12,29	
Bruttowertschöpfung	€/Fm	2,32	
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	2,32	
Trocknung (technisch)			
Vorleistungen*	€/Fm	16,00	
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	20,00	
Bruttowertschöpfung	€/Fm	4,00	
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	4,00	
Transport zur Heizkraftanlage			
Vorleistungen*	€/Fm	17,40	17,40
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	21,02	21,02
Bruttowertschöpfung	€/Fm	3,62	3,62
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	3,62	3,62
Energieerzeugung in Heizkraftanlage			
Vorleistungen	€/Fm	110,79	78,51
Produktionswert (Erlös)	€/Fm	126,90	126,90
Bruttowertschöpfung	€/Fm	16,11	48,39
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	12,76	12,76
Wertschöpfungskette insgesamt			
Vorleistungen	€/Fm	174,63	116,38
Produktionswerte	€/Fm	220,20	187,92
Bruttowertschöpfung	€/Fm	45,57	71,54
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	<i>€/Fm</i>	<i>29,52</i>	<i>23,20</i>
* Da die Herleitung dieser Vorleistungen aus Angaben zu Kosten für diese Schritte der Wertschöpfungskette erfolgt und der Anteil der Abschreibungen an den Maschinenkosten nicht ermittelt werden kann, sind Abschreibungen in den Vorleistungen enthalten. Die Bruttowertschöpfung wird dadurch geringfügig unterschätzt.			

Tabelle 6: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Waldhackschnitzelverwendung in Heizwerken“

Wertschöpfungskette Waldhackschnitzelverwendung in Heizwerken			
		Variante 1	Variante 2
Holzernte			
Vorleistungen*	€/Fm	20,47	20,47
Produktionswert (Erlös)	€/Fm	40,00	40,00
Bruttowertschöpfung	€/Fm	19,53	19,53
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	6,82	6,82
Transport zum Biomassehof/Lagerplatz			
Vorleistungen*	€/Fm	9,97	
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	12,29	
Bruttowertschöpfung	€/Fm	2,32	
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	2,32	
Trocknung (technisch)			
Vorleistungen*	€/Fm	16,00	
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	20,00	
Bruttowertschöpfung	€/Fm	4,00	
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	4,00	
Transport zur Heizwerken			
Vorleistungen*	€/Fm	17,40	17,40
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	21,02	21,02
Bruttowertschöpfung	€/Fm	3,62	3,62
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	3,62	3,62
Wärmeerzeugung in Heizwerk			
Vorleistungen	€/Fm	108,30	76,02
Produktionswert (Erlös)	€/Fm	113,08	113,08
Bruttowertschöpfung	€/Fm	4,78	37,06
<i>(davon) Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	14,80	14,80
Wertschöpfungskette insgesamt			
Vorleistungen	€/Fm	172,14	113,89
Produktionswerte	€/Fm	206,38	174,10
Bruttowertschöpfung	€/Fm	34,24	60,21
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	<i>€/Fm</i>	<i>31,56</i>	<i>25,24</i>
* Da die Herleitung dieser Vorleistungen aus Angaben zu Kosten für diese Schritte der Wertschöpfungskette erfolgt und der Anteil der Abschreibungen an den Maschinenkosten nicht ermittelt werden kann, sind Abschreibungen in den Vorleistungen enthalten. Die Bruttowertschöpfung wird dadurch geringfügig unterschätzt.			

3.3 Bruttowertschöpfung der Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung

Betrachtet man jeweils die Höhe der Bruttowertschöpfung der Produktionsschritte Holzern- te und Sägewerk sowie des ersten Transportschrittes vom Wald zum Sägewerk, so ist diese vergleichsweise gering. Grund hierfür ist, dass nur etwa 5,1 % der Bruttowertschöpfung die- ser Schritte der Prozesswärmeerzeugung zugerechnet werden. Wie bei der Hackschnitzel- verwendung in Heizwerken wird zwar eine positive Bruttowertschöpfung erzielt, der Anteil der Lohn- und Gehaltskosten würde aber die Bruttowertschöpfung übersteigen (s Tabelle 7). Dies ist für einen Kuppelprozess auch ohne die hier vorgenommene Allokation nicht unge- wöhnlich, denn nur die Erlöse bzw. Produktionswerte aller Produkte müssen die Vorleistun- gen, Löhne und Gehälter sowie Unternehmergewinn decken bzw. erwirtschaften. Dies ist hier, im Gegensatz zum voranstehenden Heizwerk, das basierend auf den verwendeten Kal- kulationsgrundlagen nicht wirtschaftlich betrieben werden kann, bei Berücksichtigung der Erlöse aller Sägewerksprodukte der Fall. Der die Bruttowertschöpfung übersteigende Anteil der Löhne- und Gehälter ist im vorliegenden Fall also der Allokation geschuldet und nicht Indikator eines insgesamt unwirtschaftlichen Produktionsprozesses.

Der Hauptanteil der Bruttowertschöpfung wird im letzten Produktionsschritt der Wertschöp- fungskette, nämlich der Prozesswärmeerzeugung, erwirtschaftet. Da die erzeugte Wärme nicht vermarktet, sondern intern genutzt wird, resultiert der Produktionswert, wie in Kapitel 2.2.4 erläutert, aus der Differenz von vermiedenen Vorleistungen für den ansonsten not- wendigen externen Bezug von Prozesswärme und entgangenen Erlösen aus der Vermark- tung des Sägerestholzes. Der auf diese Weise bestimmte Produktionswert beträgt 68,71 €/Fm eingesetztes Rohholz. Nach Abzug der Vorleistung resultiert eine Bruttowert- schöpfung in Höhe von 41,89 €/Fm. Der Bruttowertschöpfung der gesamten Wertschöp- fungskette beträgt 54,29 €/Fm. Davon sind 18,66 €/Fm Löhne und Gehälter.

Tabelle 7: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung“

Wertschöpfungskette Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung					
		Allokation nach Erlös			
Holzernte					
Vorleistungen*	€/Fm	0,49			
Produktionswert (Erlös)	€/Fm	2,22			
Bruttowertschöpfung	€/Fm	1,73			
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	0,15			
Transport zum Sägewerk					
Vorleistungen*	€/Fm	0,32			
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	0,40			
Bruttowertschöpfung	€/Fm	0,08			
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	0,08			
Sägewerk					
Vorleistungen	€/Fm	3,85			
Produktionswert (Erlös)	€/Fm	4,45			
Bruttowertschöpfung	€/Fm	0,60			
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	0,96			
Erzeugung von Prozesswärme					
Vorleistungen	€/Fm	16,82			
Produktionswert (Vermiedene Vorleistungen abzüglich entgangener Erlöse)	€/Fm	68,71			
Bruttowertschöpfung	€/Fm	51,89			
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	17,47			
Wertschöpfungskette insgesamt					
Vorleistungen	€/Fm	21,48			
Produktionswerte	€/Fm	75,77			
Bruttowertschöpfung	€/Fm	54,29			
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	<i>€/Fm</i>	<i>18,66</i>			
* Da die Herleitung dieser Vorleistungen aus Angaben zu Kosten für diese Schritte der Wertschöpfungskette erfolgt und der Anteil der Abschreibungen an den Maschinenkosten nicht ermittelt werden kann, sind Abschreibungen in den Vorleistungen enthalten. Die Bruttowertschöpfung wird dadurch geringfügig unterschätzt.					

3.4 Bruttowertschöpfung der Pelletverwendung im Hausbrand

Die Pelletverwendung im Hausbrand beruht auf der längsten hier untersuchten Wertschöpfungskette mit jeweils drei Produktions- und Transportschritten. Wie im Falle der Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmegewinnung beruht die Pelletverwendung im Hausbrand auf der Kuppelproduktion von Sägeware und Sägerestholz. Da nur ein Produkt dieser Kuppelproduktion, nämlich die Sägespäne, Ausgangsmaterial für die Pelletproduktion sind, ist nur deren Anteil an der Bruttowertschöpfung zu berücksichtigen. Dieser Anteil wird durch Allokation gemäß dem Erlösanteil der Sägespäne (vgl. Kap. 2.2.4 und Tabelle 3) bestimmt und beträgt für die Produktionsprozesse Holzernte und Sägewerk sowie für den ersten Transportprozess 1,5 %. Die Allokation führt wie im Falle der Prozesswärmeerzeugung mit Industrierestholz dazu, dass im Falle der Kuppelproduktion im Prozessschritt Sägewerk der Anteil der Löhne und Gehälter an der Bruttowertschöpfung die mit den Sägespänen erwirtschaftete Bruttowertschöpfung übersteigt. Auch hier ist dieser Effekt der Allokation geschuldet und kein Indikator für einen unwirtschaftlichen Produktionsschritt. Da die nachfolgenden Prozesse auf Sägespänen als Hauptrohstoff beruhen und nur ein Produkt produziert wird, ist eine weitere Allokation der Bruttowertschöpfung nicht erforderlich.

Wie Tabelle 8 zeigt, wird der größte Anteil der Bruttowertschöpfung dieser Wertschöpfungskette mit der Produktion der Pellets in Höhe von 51,36 €/Fm erzielt. Auffallend ist der vergleichsweise geringe Anteil der Lohn- und Gehaltskosten, der im hohen Mechanisierungsgrad der Pelletproduktion begründet ist. Der abschließende Transport der Pellets zu den Verbrauchern ist nur mit vergleichsweise geringer Bruttowertschöpfung verbunden. Insgesamt resultiert aus der Pelletverwendung im Hausbrand eine Bruttowertschöpfung von 57,68 €/Fm. Der Anteil der Löhne- und Gehälter beläuft sich auf 10,06 €/Fm.

Tabelle 8: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Pelletverwendung im Hausbrand“

Wertschöpfungskette Pelletsverwendung im Hausbrand		
		Allokation nach Erlös
Holzernte		
Vorleistungen*	€/Fm	0,23
Produktionswert (Erlös)	€/Fm	1,02
Bruttowertschöpfung	€/Fm	0,79
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	0,07
Transport zum Sägewerk		
Vorleistungen*	€/Fm	0,15
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	0,19
Bruttowertschöpfung	€/Fm	0,04
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	0,04
Sägewerk		
Vorleistungen	€/Fm	1,77
Produktionswert (Erlös)	€/Fm	2,05
Bruttowertschöpfung	€/Fm	0,28
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	0,44
Transport zum Pelletwerk		
Vorleistungen*	€/Fm	9,96
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	12,41
Bruttowertschöpfung	€/Fm	2,45
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	2,45
Pelletierung		
Vorleistungen	€/Fm	36,14
Produktionswert (Erlös)	€/Fm	87,50
Bruttowertschöpfung	€/Fm	51,36
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	4,29
Transport zum Verbraucher		
Vorleistungen*	€/Fm	12,81
Produktionswert (Herstellungskosten)	€/Fm	15,57
Bruttowertschöpfung	€/Fm	2,77
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	2,77
Wertschöpfungskette insgesamt		
Vorleistungen	€/Fm	61,05
Produktionswerte	€/Fm	118,73
Bruttowertschöpfung	€/Fm	57,68
<i>davon Löhne und Gehälter</i>	€/Fm	10,06
* Da die Herleitung dieser Vorleistungen aus Angaben zu Kosten für diese Schritte der Wertschöpfungskette erfolgt und der Anteil der Abschreibungen an den Maschinenkosten nicht ermittelt werden kann, sind Abschreibungen in den Vorleistungen enthalten. Die Bruttowertschöpfung wird dadurch geringfügig unterschätzt.		

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Mit dieser Untersuchung liegen erstmals veröffentlichte Abschätzungen zur Bruttowertschöpfung der hinsichtlich eingesetzter Holzmenge wichtigsten Wertschöpfungsketten (außer Schwarzlaube) der energetischen Holznutzung in Deutschland vor. Da für alle Transport- und die Mehrzahl der Produktionsschritte zur Abschätzung der Vorleistungen und Produktionswerte auf Angaben zu Herstellkosten zurückgegriffen werden musste und in diesen Angaben in der Regel Abschreibungen enthalten sind, wird die Bruttowertschöpfung in diesen Schritten unterschätzt. Da zudem in den mit Herstellkosten bewerteten Produktionswerten im Gegensatz zu den mit Erlösen bewerteten der Unternehmergewinn nicht enthalten ist, wird auch hierdurch die Bruttowertschöpfung der gesamten Wertschöpfungskette unterschätzt.

Ein Vergleich zeigt, dass die mit der energetischen Nutzung von Holz erzielbare Bruttowertschöpfung je nach Verwendung um 50 €/Fm schwankt (s. Tabelle 9). Ausnahmen sind jeweils Variante 2 der Scheitholzverwendung im Hausbrand und Hackschnitzelverwendung im Heizkraftwerk, die mit rund 70 €/Fm deutlich darüber, sowie Variante 1 der Hackschnitzelverwendung im Heizwerk, die mit rund 34 €/Fm deutlich darunter liegen. Daraus aber zu schließen, dass die Scheitholzverwendung im Hausbrand und Hackschnitzelverwendung im Heizkraftwerk grundsätzlich volkswirtschaftlich vorteilhafter sei als die anderen Formen der energetischen Nutzung von Holz, ist nicht zulässig. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass in dieser Untersuchung nur einzelne Wertschöpfungsketten betrachtet worden sind, die zwar ein gewisses Maß an Repräsentativität haben, aber die volkswirtschaftlichen Teilssektoren Scheitholz-, Hackschnitzel-, Industrierestholz- und Pelletverwendung nicht vollständig abbilden. Über die absolute mit Scheitholz und der Energieerzeugung aus Waldhackschnitzeln zu erzielende Bruttowertschöpfung kann daher basierend auf der Analyse von einzelnen Wertschöpfungsketten keine Aussage getroffen werden. Hierzu ist eine umfassende amtliche Erhebung erforderlich.

Gleiches gilt für die Arbeitplatzeffekte. Basierend auf der beispielhaften Analyse einzelner Wertschöpfungsketten kann nicht auf einen Teilssektor hochgerechnet werden. Die ausgewiesenen Anteile der Löhne und Gehälter gelten ausschließlich für die jeweils betrachtete Wertschöpfungskette.

Auch wenn aufgrund der oben genannten Gründe ein direkter Vergleich mit der von Seintsch (2011) für das Holz- und Papiergewerbe durchgeführten sektoralen Kostenstruktur- und Wertschöpfungsanalyse nicht möglich ist, so zeigt eine Gegenüberstellung aber, dass aus der energetischen Nutzung von Holz durchaus ebenso hohe Bruttowertschöpfung pro Festmeter Rohholz resultieren kann wie bis zur **ersten Verarbeitungsstufe** der stofflichen Nutzung (s. Tabelle 9). Die Bruttowertschöpfung der Variante 2 der Scheitholzverwendung und der Waldhackschnitzelverwendung im Heizkraftwerk fällt sogar deutlich höher aus. Die Wertschöpfung der stofflichen Nutzung ist bei Berücksichtigung aller Verarbeitungsstufen bis zum

Endprodukt insgesamt aber deutlich höher als in Tabelle 9 dargestellt. Ob eine sektorale Analyse der energetischen Nutzung von Holz zu ähnlichen Ergebnissen kommt wie diese auf Wertschöpfungsketten basierende, wird sich zeigen, wenn die Datenlage eine solche Analyse zulässt. Die außerhalb der hier dargestellten Wertschöpfungsketten erwirtschaftete Wertschöpfung der energetischen Nutzung von Holz würde bei einer sektoralen Analyse mit betrachtet.

Tabelle 9: Gegenüberstellung der Bruttowertschöpfung von energetischer und 1. Verarbeitungsstufe stofflicher Nutzung von Holz (Quelle: eigene Berechnungen; Seintsch, 2011¹)

	Bruttowertschöpfung €/Fm Rohholz	Anteil der Löhne und Gehälter €/Fm Rohholz
Energetische Nutzung		
Scheitholzverwendung im Hausbrand	Variante 1: 53,85	17,53
	Variante 2: 70,14	17,72
Waldhackschnitzverwendung im Heizkraftwerk	Variante 1: 45,57	29,52
	Variante 2: 71,54	23,20
Waldhackschnitzverwendung im Heizwerk	Variante 1: 34,24	31,56
	Variante 2: 60,21	25,24
Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung	54,29	18,66
Pelletverwendung im Hausbrand	57,68	10,06
Stoffliche Nutzung		
Sägewerke ¹	49,29	
Holzplattenwerke ¹	51,36	
Holz- und Zellstoffwerke ¹	43,98	

Abschließend sei noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die hier vorgenommene rechnerische Zuordnung von Wertschöpfung zu einem Produktionsfaktor der Tatsache geschuldet ist, dass die Datengrundlage für eine sektorale Wertschöpfungsanalyse derzeit unzureichend ist. Die hier gewählte Vorgehensweise kann aber sinnvoll sein, wenn die Absicht besteht, die Verwendung von Holz politisch zu steuern und dafür vorab im Vorfeld die Auswirkungen auf die Güterproduktion im Inland abgeschätzt werden sollen. Hierzu sind im

Einzelfall aber noch zahlreiche Annahmen zu den Preisänderungen und den daraus resultierenden Substitutionseffekten zu treffen.

5 Literatur

AFL Niedersachsen e. V. (Hrsg.) (2010): AFL-Info 10/11. Richtpreise Tarife Kalkulationen Adressen.

BORCHERDING, M. (2007): Rundholztransportlogistik in Deutschland – eine transaktionskostenorientierte empirische Analyse (Dissertation). Universität Hamburg

BRUMMACK, J. (2010): Aufbereitung von Hackschnitzeln für eine energetische Nutzung. In: BEMMANN, A., KNUST, C., (Hrsg.): AGROWOOD - Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven - . Berlin, Weißensee Verlag, S. 117-129.

C.A.R.M.E.N. (2009): Betriebsdaten geförderter bayerischer Biomasse-Heizwerke – Auswertung Betriebsjahr 2008.

C.A.R.M.E.N. (2011): Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln. http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnitzelpreis_index/hackschnitzelpreis_jahresmittelerterte.html

DETTENDORFER, K. (2008): Holzhandelsvolumen der Transportsysteme und Kostenstrukturen (Diplomarbeit). Fachbereich Holzwirtschaft, Universität Hamburg

Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e. V. (2011): Entwicklung Pelletproduktion. <http://www.depv.de/startseite/marktdaten/entwicklung-pelletproduktion/>

DIETER, M., KÜPPERS, J.-G. (2008): Die Forstwirtschaftliche Gesamtrechnung der Bundesrepublik Deutschland 2006. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft Nr. 01/2008. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Hamburg.

EUWID (2005): Holz- und Holzwerkstoffe. Jahrgang 2005.

FNR (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. <http://fnr-server.de/cms35/fileadmin/biz/pdf/leitfaden/datensammlung/>

HAHN, J. (2010): Aktuelle Entwicklungen im Energieholzsektor. LWF-Aktuell, 74/2010, S. 13-15.

HÖLDRICH, A., HARTMANN, H., DECKER, T., REISINGER, K., SOMMER, W., SCHARDT, M., WITTKOPF, S., OHRNER, G. (2006): Rationelle Scheitholzbereitstellungsverfahren. Technologie – und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg); Berichte aus dem TFZ 11, Straubing.

LEIBLE, L., KÄLBER, S., KAPPLER, G., LANGE, S., NIEKE, E., PROPLESCH, P., WINTZER, D., FÜRNISS, B. (2007): Kraftstoff, Strom und Wärme aus Stroh und Waldrestholz. Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2007/leua07a.pdf>

MANTAU, U.; SÖRGEL, C.; WEIMAR, H. (2007): Holzrohstoffbilanz Deutschland: Bestandsaufnahme 1987 bis 2005. Zentrum für Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft, Universität Hamburg, Hamburg.

OBERNBERGER, I., THEK, G. (2009): Herstellung und energetische Nutzung von Pellets. Schriftenreihe Thermische Biomassenutzung Band 5. Institut für Prozesstechnik, Technische Universität Graz, Graz.

SEINTSCH, B. (2011): Stellung der Holzrohstoffe in der Kostenstruktur des Holz- und Papiergewerbes in Deutschland. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft Nr. 03/2011. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Hamburg.

TUCH, U. (2006): Biomassehöfe – Mittler zwischen Waldbesitzer und Verbraucher. Abschlussbericht, Institut für Ökonomie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg.

UNECE (Hrsg.) (2010): Forest Product Conversion Factors for the UNECE Region. Geneva Timber and Forest Discussion Paper 49. United Nations Timber Section, Genf.

Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2007): Papier 2007. Ein Leistungsbericht, Bonn.

WEIMAR, H., MANTAU, U. (2006): Standorte der Holzwirtschaft. Einsatz von Holz in Biomasse und Holzfeuerungsanlagen. Abschlussbericht. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich: Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft, Hamburg.

WITTKOPF, S. (2004): Bereitstellung von Hackgut zur thermischen Verwertung durch Forstbetriebe in Bayern. Dissertation, Technische Universität München, Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Weihenstephan.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktions- und Transportprozesse der Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im Hausbrand“	6
Abbildung 2: Produktions- und Transportprozesse der Wertschöpfungskette „Waldhackschnitzelverwendung in Heiz- und Heizkraftwerken“	9
Abbildung 3: Produktions- und Transportprozesse der Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung“	12
Abbildung 4: Herleitung von Produktionswert und Bruttowertschöpfung bei innerbetrieblicher Wärmeerzeugung und -nutzung	14
Abbildung 5: Produktions- und Transportprozesse der Wertschöpfungskette „Pelletverwendung im Hausbrand“	15

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der im Jahr 2005 in Betrieb befindlichen Heizkraftanlagen gegliedert nach elektrischer Leistung (Quelle: Weimar u. Mantau, 2006).....	10
Tabelle 2: Anzahl der im Jahr 2005 in Betrieb befindlichen Heizwerke gegliedert nach thermischer Leistung (Quelle: Weimar u. Mantau, 2006)	11
Tabelle 3: Mittlere Preise, Erlöse und Erlösanteile von Sägeware und Sägeresthölzern im Jahr 2005 (Quelle: ¹ EUWID, 2005; ² UNECE, 2010)	13
Tabelle 4: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Scheitholzverwendung im Hausbrand“	18
Tabelle 5: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Waldhackschnitzelverwendung in Heizkraftwerken“	21
Tabelle 6: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Waldhackschnitzelverwendung in Heizwerken“	22
Tabelle 7: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Industrierestholzverwendung zur Prozesswärmeerzeugung“	24
Tabelle 8: Vorleistungen, Produktionswerte und Bruttowertschöpfung der Produktions- und Transportschritte der Wertschöpfungskette „Pelletverwendung im Hausbrand“	26
Tabelle 9: Gegenüberstellung der Bruttowertschöpfung von energetischer und 1. Verarbeitungsstufe stofflicher Nutzung von Holz (Quelle: eigene Berechnungen; Seintsch, 2011 ¹)	28
Tabelle 10: Marktpreise der wichtigsten Sägeholzsortimente im Jahr 2005 in €/m ³ Sägeware(Quelle: EUWID Holz- und Holzwerkstoffe Jahrgang 2005)	34
Tabelle 11: Durchschnittliche Marktpreise der wichtigsten Sägenebenprodukte im Jahr 2005 in € pro Einheit Sägeware (Quelle: EUWID Holz- und Holzwerkstoffe Jahrgang 2005)	34
Tabelle 12: Umrechnungsfaktoren (Quelle: UNECE, 2010)	34

8 Anhang 1

Tabelle 10: Marktpreise der wichtigsten Sägeholzsortimente im Jahr 2005 in €/m³ Sägeware (Quelle: EUWID Holz- und Holzwerkstoffe Jahrgang 2005)

	Jan	Jan	Feb	Feb	Mrz	Apr	Apr	Mai	Mai	Jun	Jul	Jul	Aug	Aug	Sep	Okt	Okt	Nov	Nov	Dez	Mittel	
Bauholz	152	154	154	154	154	154	154	155	157	157	158	158	158	160	160	157	157	156	157	156	158	156,30
Sparren 8x14 <6m	125	127	128	129	129	131	132	133	133	133	134	135	137	138	138	137	137	136	136	135	135	133,45
Sparren 8x14 >6m	135	137	138	139	139	141	142	143	143	143	144	145	147	148	148	147	147	146	146	144	144	143,35
Kantholz 8x8/10	113	115	115	116	118	121	121	121	121	122	122	124	124	125	125	123	122	120	120	119	120	120,30
Kantholz 10x10	110	112	113	114	115	118	118	118	119	120	120	121	121	122	122	121	119	117	118	116	118	117,70
Kantholz 10x12	110	112	113	114	115	118	118	119	120	120	121	121	121	122	122	121	119	117	118	116	118	117,70
Kantholz 12x12	118	119	119	119	120	121	121	123	123	123	124	124	124	124	124	123	121	120	121	121	121	121,45
Latten 23x47	131	131	131	132	132	132	133	138	139	140	142	142	142	144	144	144	144	144	144	142	142	138,55
Latten 28/38x48/58	129	130	130	132	132	132	132	136	137	138	139	139	139	141	141	141	141	141	141	141	140	136,60
38mm Leimbinderlamellen	146	148	148	148	148	150	150	150	152	151	152	153	153	153	153	153	153	153	153	151	151	150,80
KVH-Rohsparren	142	144	144	144	144	148	148	148	148	148	150	150	152	152	152	152	152	152	152	150	150	148,70
																						134,99

Tabelle 11: Durchschnittliche Marktpreise der wichtigsten Sägenebenprodukte im Jahr 2005 in € pro Einheit Sägeware (Quelle: EUWID Holz- und Holzwerkstoffe Jahrgang 2005)

Durchschnittlicher Preis Sägespäne (EUWID, 2005) €/rm	4,50
Durchschnittlicher Preis TMP Hackschnitzel (EUWID, 2005) €/t atro	60,00
Durchschnittlicher Preis MDF Hackschnitzel (EUWID, 2005) €/rm	6,00

Tabelle 12: Umrechnungsfaktoren (Quelle: UNECE, 2010)

Umrechnungsfaktoren:	m ³ > Fm	srm > Fm
Sägeware	1,6	
Hackschnitzel		2,86
Sägespäne		3,03