



Kosteneffiziente und nachhaltige Holzerntemethoden

Baltic ForBio

Produktion von Wald-Bioenergie im Ostseeraum

 **Interreg**
Baltic Sea Region



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND



Baltic ForBio

Produktion von Wald-Bioenergie im Ostseeraum

Kosteneffiziente und nachhaltige Holzerntemethoden

**Leiter des Arbeitspakets Pasi Poikonen
Institut für Natürliche Ressourcen Finnland (Luke)**

Chefredakteur:	Pasi Poikonen	Institut für Natürliche Ressourcen Finnland (Luke)
Arbeitsgruppe:	Maria Iwarsson Wide	Swedisches Institut für Forstwissenschaften (Skogforsk)
	Juha Laitila	Institut für Natürliche Ressourcen Finnland (Luke)
	Valda Gudynaitė- Franckevičienė	Technische Universität für Forstwirtschaft und Umwelttechnik Kaunas (KMAIK)
	Indrek Jakobson	Zentrum für den Privatwald Estland (Erametsakeskus)
	Allar Luik	Zentrum für den Privatwald Estland (Erametsakeskus)
	Livia Pošlin	Zentrum für den Privatwald Estland (Erametsakeskus)
	Peichen Gong	Swedische Universität für Agrarwissenschaften (SLU)
	Andis Lazdiņš	Lettisches Institut für Forstwissenschaften (Silava)
	Raimonds Bermanis	Ländliches Beratungs- und Trainingszentrum Lettland
	Maija Birkena- Dzelzkaleja	Ländliches Beratungs- und Trainingszentrum Lettland
	Elvira Grasmane	Ländliches Beratungs- und Trainingszentrum Lettland
	Mareike Schultze	Technische Hochschule Wildau
	Thomas Rimmler	Institut für Natürliche Ressourcen Finnland (Luke)
	Mika Mustonen	Institut für Natürliche Ressourcen Finnland (Luke)
Gutachter:	Urpo Hassinen	Experte für Bioenergie und Bioökonomie, Finnisches Forstzentrum, Servicebereich Ost, Finnland
Bilder:	Arlickienė, Eliasson, Grönlund, Gudynaitė-Franckevičienė, Gudynas, Hartmann, Hassinen, Iwarsson Wide, Laitila, Lazdāns, Lazdiņš, Luke MetInfo, Niemistö, Oksanen, Poikonen, Saule, Schultze, Skogforsk, Soininen, Tykkyläinen, Viklund und von Hofsten	
Übersetzung:	Technische Hochschule Wildau (Mareike Schultze) mit Unterstützung von Institut für Natürliche Ressourcen Finnland (Thomas Rimmler)	
Layout und Druck:	Edita Prima Oy, 2020	
Herausgeber:	Institut für Natürliche Ressourcen Finnland (Luke)	

Link: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-054-0>

ISBN 978-952-380-044-1 Paperback

ISBN 978-952-380-054-0 PDF

Veröffentlicht durch das Institut für Natürliche Ressourcen Finnland (Luke), 2020

Dieses Handbuch ist im Rahmen des Projektes “Baltic ForBio – Accelerating the Production of Forest Bioenergy in the Baltic Sea Region” entstanden. Arbeitspaket 2 – Kosteneffiziente und nachhaltige Holzerntemethoden (G.A.2.2: Handbücher und Leitfäden – Handbücher und Leitfäden für die Bereitstellung von Waldrestholz und Schwachholz).

ABKÜRZUNGEN UND BEGRIFFE

Hacken	=	Maschinelle Zerkleinerung mit scharfen Werkzeugen
BHD	=	Brusthöhendurchmesser = Baumdurchmesser in 1,3 m Höhe
Efm o.R.	=	Erntefestmeter ohne Rinde
Shredding	=	Maschinelle Zerkleinerung mit stumpfen Werkzeugen bei niedriger Geschwindigkeit
Rückegasse	=	Wege für den Transport des geernteten Holzes aus den Waldbeständen

Inhaltsverzeichnis:

Abkürzungen und Begriffe	3
VORWORT	5
1. HINTERGRUND	6
1.1. Stand der Entwicklung des Bioenergiesektors in den Ostsee-Anrainerstaaten.....	6
1.2. Mögliches Wachstum und zu beachtende Beschränkungen	14
1.2.1. Nationale Ziele	14
1.2.2. Bestand an Bioenergieanlagen	18
1.2.3. Potenzial für weitere Bioenergieanlagen.....	25
1.2.4. Verfügbare Mengen an Waldenergieholz.....	27
1.2.5. Bestehende Fernwärmesysteme und Investitionsbedarf.....	33
1.3. Politische Instrumente mit Schlüsselementen zur Förderung des Energieholzsektors.....	35
2. GEWINNUNG VON WALDENERGIEHOLZ ALS TEIL DER JUNGBESTANDSPFLEGE UND FRÜHER DURCHFORSTUNGSEINGRIFFE	40
2.1. Technologische Aspekte der Energieholzernte.....	40
2.1.1. Bereitstellung von Energieholz als Teil der Jungbestandspflege	40
2.1.2. Holzernte mit Mehrfachfällköpfen	41
2.1.3. Rücken.....	50
2.2. Wirtschaftliche Aspekte der Energieholzernte	56
2.3. Ökologische Aspekte der Energieholzernte	63
3. INTEGRIERTE ENERGIEHOLZERNTE IM RAHMEN VON DURCHFORSTUNGSEINGRIFFEN	67
3.1. Technologische Aspekte der Energieholzernte – Qualität und Nachhaltigkeit	67
3.2. Wirtschaftliche Aspekte der Energieholzernte	71
3.3. Ökologische Aspekte der Energieholzernte – Innovative Aspekte.....	75
4. GEWINNUNG VON WALDENERGIEHOLZ IM RAHMEN DER ENDNUTZUNG	78
4.1. Technologische Aspekte der Energieholzernte.....	78
4.2. Wirtschaftliche Aspekte der Energieholzernte	89
4.3. Ökologische Aspekte der Energieholzernte	91
5. BEST PRACTICE UNTER LÄNDERTYPISCHEN RAHMENBEDINGUNGEN	96
5.1. Best Practice in den einzelnen Partnerländern.....	96
5.2. Kontrovers diskutierte Themen	102
5.3. Nächste Schritte	106

VORWORT

Forstliche Biomasse ist eine wichtige Quelle erneuerbarer Energien im Ostseeraum. Bei der Holzernte fallen große Mengen an Resten an, von denen ein großer Anteil für die Energieerzeugung genutzt werden könnte. Diese verbleiben aber weitgehend im Wald – sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus ökologischen Gründen. Es gibt ein großes Potenzial, die steigende Nachfrage durch die vermehrte Ernte von Schwachholz und Nutzung von Waldrestholz zu decken. Dieses Handbuch soll dazu beitragen, die Produktion erneuerbarer Energien im Ostseeraum zu erhöhen, in dem es öffentliche Entscheidungsträger, Forstverwaltungen und Energieagenturen, Organisationen von Waldbesitzern und Unternehmern darin unterstützt, Methoden zur Ernte und Nutzung von Waldrestholz und Schwachholz bekannter zu machen und für diese zu werben.

Das Handbuch gibt in fünf Kapiteln einen Überblick über die Rolle von Waldenergieholz in einigen Ostseeanrainerstaaten – Estland, Finnland, Deutschland, Lettland, Litauen und Schweden. Die Besonderheiten jeder Wachstumsphase eines Waldbestandes werden von technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Perspektive beschrieben. Das Handbuch stellt den aktuellen Stand des Wissens zu Holzerntemethoden in den Ländern dar und leitet Schlussfolgerungen für Best Practices für die Stakeholdergruppen ab. Es kann genutzt werden, um individuell oder im Rahmen von Schulungen neue Zugänge zum Thema Energieholz zu finden.

Autoren

Häufigkeit der Erwähnung der einzelnen Themen im Handbuch:

Waldflächen	Technik	Wirtschaftlichkeit	Umweltverträglichkeit	Gesamt
Jungbestandspflege	16	7	5	28
Durchforstung	3	2	3	8
Endnutzung	11	2	11	24
Gesamtzahl	30	11	19	60

1. HINTERGRUND

1.1. Stand der Entwicklung des Bioenergiesektors in den Ostseeanrainerstaaten

Estland

Die Nutzung von Biomasse wächst in Estland von Jahr zu Jahr. Im Jahr 2017 betrug der Anteil von Bioenergie an der Primärenergieversorgung 15,4% und am Endenergieverbrauch. Die Wärmeproduktion mit erneuerbaren Energien hatte im Jahr 2017 einen Anteil von 57%, wobei Biomasse einen Anteil von fast 46% hatte. Während im Jahr 2010 der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung noch 10,4% hatte, betrug er im Jahr 2017 schon 18%. Der Anteil der Biomasse betrug allerdings nur 2,5%¹. Holz, einschließlich Nebenprodukte der Holzindustrie, hat einen erheblichen Anteil am estnischen Brennstoffmarkt. Geringwertige Holzsortimente und Nebenprodukte der Industrie spielen zunehmend eine wichtige Rolle in der Erzeugung von Strom und Wärme.

Im Bereich Energie legt der Waldentwicklungsplan folgendes Ziel zum Klimaschutz fest: „Die Nutzung von Holz als erneuerbarer Rohstoff und erneuerbarer Energieträger ist gegenüber der Nutzung von Produkten mit schlechterer Treibhausbilanz und gegenüber nicht-erneuerbaren Energieträgern vorzuziehen,“²

Aufgrund der schnellen Entwicklung erneuerbarer Energien unter Nutzung von Holz als Energieträger in den letzten Jahren (einschließlich der Nutzung von Resten aus der Holzernte) hat die Nutzung von Energieholz bereits den Planwert des Waldentwicklungsplans für das Jahr 2020 überschritten (Abbildung 1). Im Jahr 2017 fielen 690.000 m³ Kronenmaterial und 3,7 Millionen m³ geringwertigen Rundholzes an, das für Energiezwecke genutzt werden kann (als Hackschnitzel, Scheitholz oder für die Pelletproduktion). Die größten Mengen Energieholz fallen bei Kahlschlägen an. Die Sägewerke in Estland produzieren rund 2,2 Millionen m³ an Sägerestholz. Mit diesen Mengen ist auch langfristig zu rechnen.³

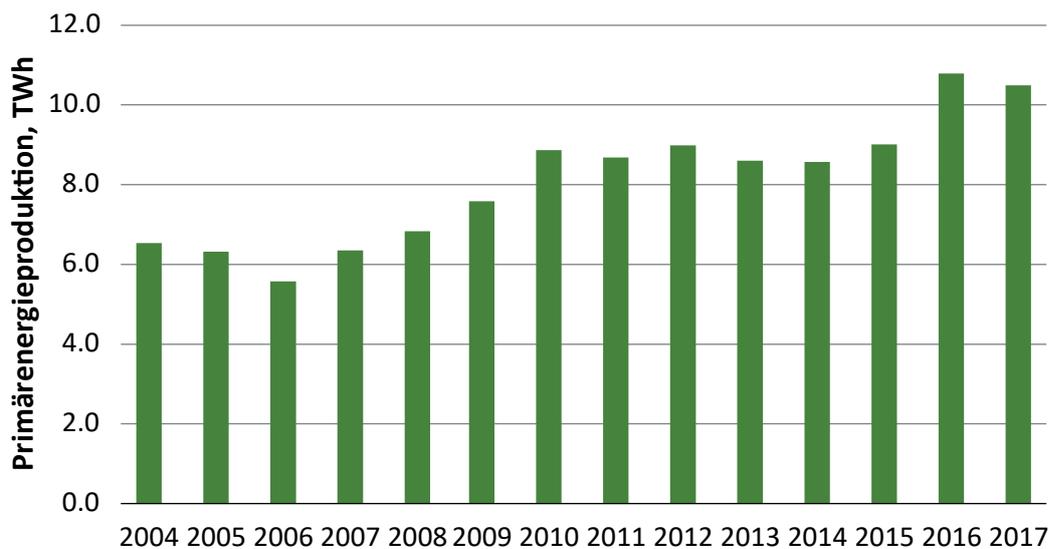


Abbildung 1. Primärenergieproduktion: Energieholz in den Jahren 2004 bis 2017¹

Bei der Nutzung von Holz für die Energieproduktion können Nachhaltigkeitsaspekte nicht ignoriert werden. Die nachhaltige Waldbewirtschaftung wird in Estland durch den nationalen Waldentwicklungsplan bis 2020 sichergestellt sowie durch das Waldgesetz⁴. Ein erheblicher Teil des Energieholzes stammt aus Erlenbeständen. 7,7% des Vorrats in den bewirtschafteten Wäldern (also ohne Schutzgebiete) sind Grauerle. Die etwas wertvollere Schwarzerle macht zusätzliche 3,5% des Vorrats aus. Wie auch für Grauerle gibt es meist keine andere Verwendung als die Nutzung als Energieholz. Geerntet wird oft mit einfachen Aggregaten mit Fällbeilklinge und Bagger als Trägerfahrzeug. Das gesamte Material geht in die Energieerzeugung. Bestände an Grauerle entstehen oft auf nicht mehr genutzten landwirtschaftlichen Flächen. Häufig werden sie nach der Entnahme von Grauerlen mit anderen geeigneten Baumarten (vor allem Fichte) aufgewertet, andere werden der natürliche Vergüngung mit Grauerle überlassen. Da die Erlen häufig bereits im Alter von 25 Jahren geerntet werden, ist die gezielte Anpflanzung wirtschaftlich nicht sinnvoll. Insgesamt sollte die mit Grauerle bestockte Fläche verringert werden. In manchen Gebieten mit geringer Bodenqualität (Teile im nördlichen und westlichen Estland) werden alle Baumarten für die Produktion von Hackschnitzeln genutzt, aber insgesamt herrschen in ganz Estland ähnliche Bedingungen.

Finnland

Die Produktion erneuerbarer Energien ist in Finnland weitgehend in die Forst- und Holzwirtschaft integriert. Der Gesamtverbrauch an Holzenergie betrug 104 TWh im Jahr 2018. Das entspricht 27% des Gesamtenergieverbrauchs und Dreiviertel der Erneuerbaren Energien in Finnland. In der Strom- und Wärmeproduktion wurden 20 Millionen m³ Holz verbraucht. Davon waren 7,4 Millionen m³ Waldhackschnitzel. In Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung wurden 4,7 Millionen m³ in Form von Waldhackschnitzel eingesetzt und in der Erzeugung von Wärme 2,5 Millionen m³. Zusammen mit den Waldhackschnitzeln, die von landwirtschaftlichen Betrieben und kleinen Wohnhäusern verbraucht werden (0,7 Millionen m³), ergibt sich ein Gesamtverbrauch von 8 Millionen m³. Zusätzlich werden in privaten Feuerungsstätten 6,5 Millionen m³ Scheitholz verbrannt.⁵

Etwa die Hälfte (3,9 Millionen m³) der gewerblich eingesetzten Waldhackschnitzel sind aus Schwachholz, das im Rahmen der Jungbestandspflege gewonnen wurde, produziert worden, 2,7 Millionen m³ aus Waldrestholz im Rahmen der Endnutzung. Aus Stubben wurden 0,4 Millionen m³ und aus nicht vermarktbarem stärkeren Rundholz 0,4 Millionen m³ Hackschnitzel für die gewerbliche Erzeugung von Strom und Wärme hergestellt.⁶

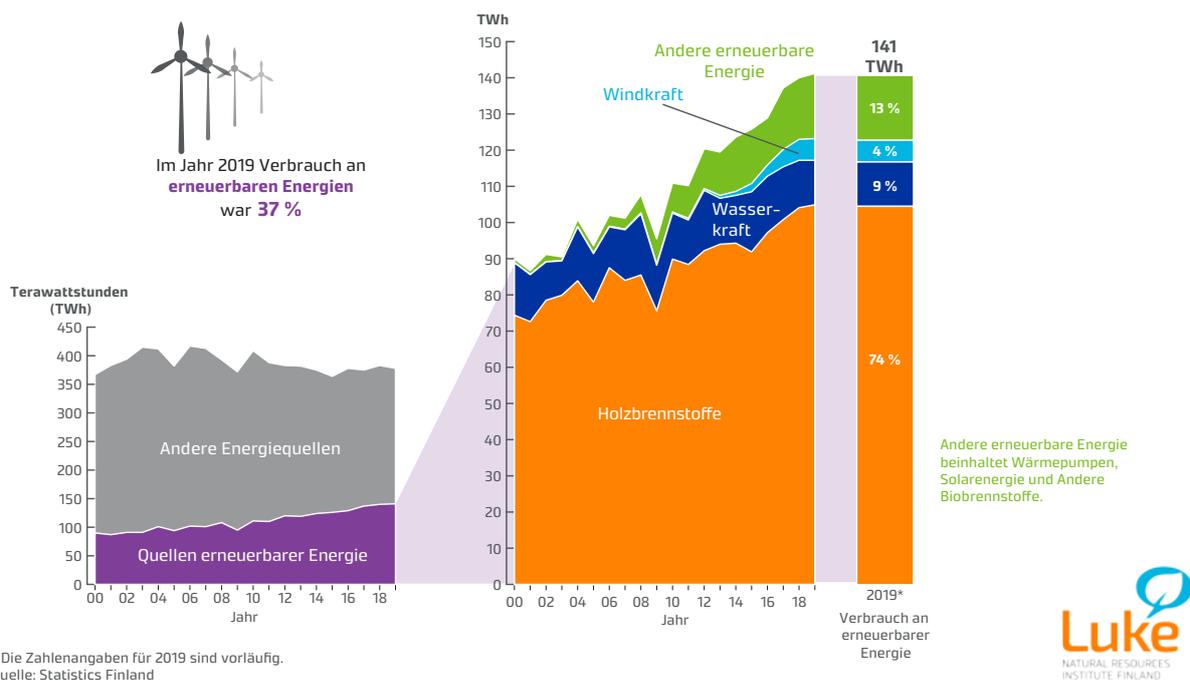


Abbildung 2. Verbrauch von Energie aus Holzbrennstoffen sowie Anteil am Gesamtenergieverbrauch.⁵

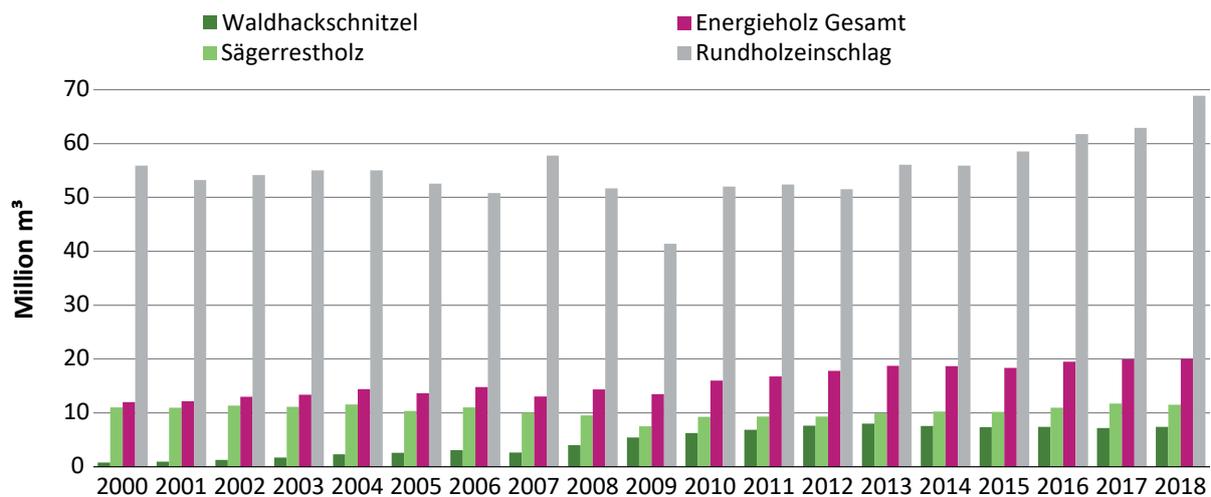


Abbildung 3. Verbrauch von Energieholz für die Wärme- und Stromproduktion in Finnland sowie Rundholzeinschlag in den Jahren 2000 bis 2018.⁷

Der jährliche Verbrauch von Waldenergieholz ist relativ konstant. Schwankungen sind durch die Temperaturen im Winter und den davon abhängigen Wärmebedarf zu erklären.

Deutschland

Bioenergie ist in den letzten Jahren zu einem bedeutenden Wirtschaftsbereich in Deutschland geworden. Im Jahr 2017 hatte Bioenergie einen Anteil von 7,1 % am Primärenergiebedarf.⁸

Zwischen 2003 und 2013 hat sich die Energieholzproduktion in Deutschlands Wäldern verdoppelt. In den letzten Jahren lag die nach amtlicher Statistik geerntete Energieholzmenge zwischen 9 und 11 Millionen m³ pro Jahr. Die Statistik erfasst im Privatwald allerdings nur einen Teil der tatsächlichen Holzernte.⁹

Obwohl der Holzeinschlag in den letzten Jahren stark gestiegen ist, sind sie nach wie vor eine wichtige Kohlenstoffsenke. Im Jahr 2014 wurden etwa 58 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente gebunden¹⁰. Sofern Waldenergieholz fossile Energieträger ersetzt, leistet seine Nutzung einen wichtigen Beitrag im Kampf gegen den Klimawandel. Zukünftig könnten die Wälder unter den sich ändernden klimatischen Bedingungen so sehr leiden, dass sie in der Bilanz zu Klimagasemittenten werden. Vor dem Hintergrund wird nachhaltige Waldwirtschaft mit Erhalt und Förderung der Bodenqualität und der Ökosystemfunktionen weiter an Bedeutung gewinnen.

Lettland

Die lettische Strategie für nachhaltige Entwicklung bis zum Jahr 2030 sieht für das Jahr 2020 einen Anteil der erneuerbaren Energien von 40% am Endenergieverbrauch vor. Damit liegt Lettland zurzeit an dritter Stelle in der EU, was den Anteil der erneuerbaren Energien betrifft. Im Jahr 2017 wurden bereits 39% des Endenergieverbrauchs durch erneuerbare Energiequellen gedeckt. Der Durchschnittswert für die EU lag zu diesem Zeitpunkt bei 17,5%.

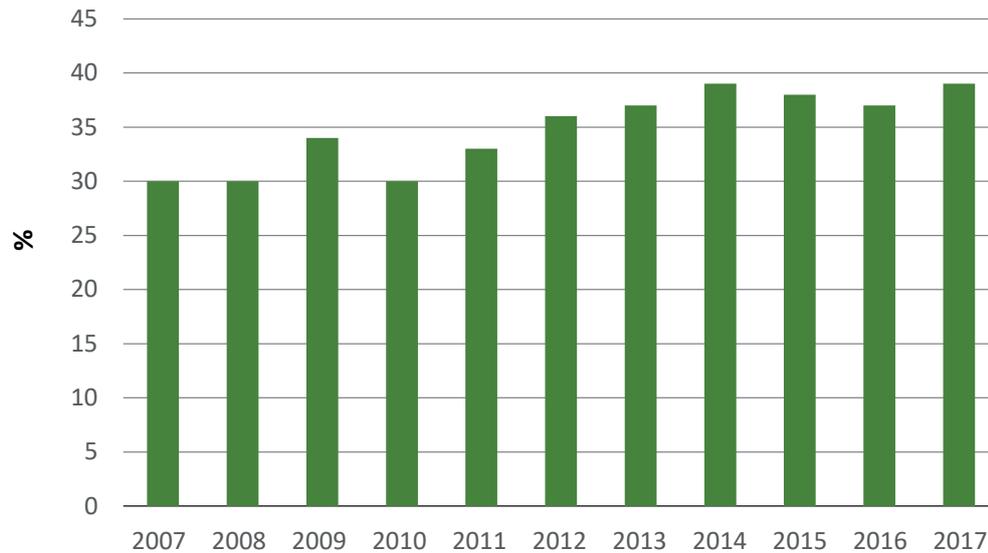


Abbildung 4: Anteil der erneuerbaren Energien in Lettland in %.

Litauen

Energie erneuerbare Energien werden in Litauen als die aussichtsreichste Energieform für die Entwicklung der heimischen Wirtschaft gesehen. Im Bereich Energieholz werden vor allem Hackschnitzel eingesetzt. Die National Energy Independence Strategy beinhaltet sowohl finanzielle als auch nicht-finanzielle Maßnahmen um die Umweltverschmutzung zu verringern¹¹. Im Jahr 2016 betrug der Anteil erneuerbarer Energien 25,5% am Endenergieverbrauch. Der Verbrauch von Scheitholz und Reststoffen aus Holz steigt in Industrie und Landwirtschaft. Heiz(kraft)werke in öffentlicher Hand setzen zunehmend Energieholz ein. Im Nahwärmesektor stieg der Anteil an Biomasse und biogenen Abfällen (Abbildung 5). Der Einsatz von Biomasse in der Wärmeproduktion hat sich in den vergangenen fünf Jahren verdoppelt – von 33,4% im Jahr 2014 auf 68,6% im Jahr 2017. Im Jahr 2007 waren es nur 2%). Der Verbrauch an Strom aus erneuerbaren Energien im Jahr 2016 betrug 17%. Der Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch lag bei 46% und im Transport Sector bei 4%. Einen bedeutenden Anteil stellen Wind und Biomasse (in fester und in flüssiger Form. Im Jahr 2025 sollen mindestens 38% oder 5 TWh des Stromverbrauchs in Litauen aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden.

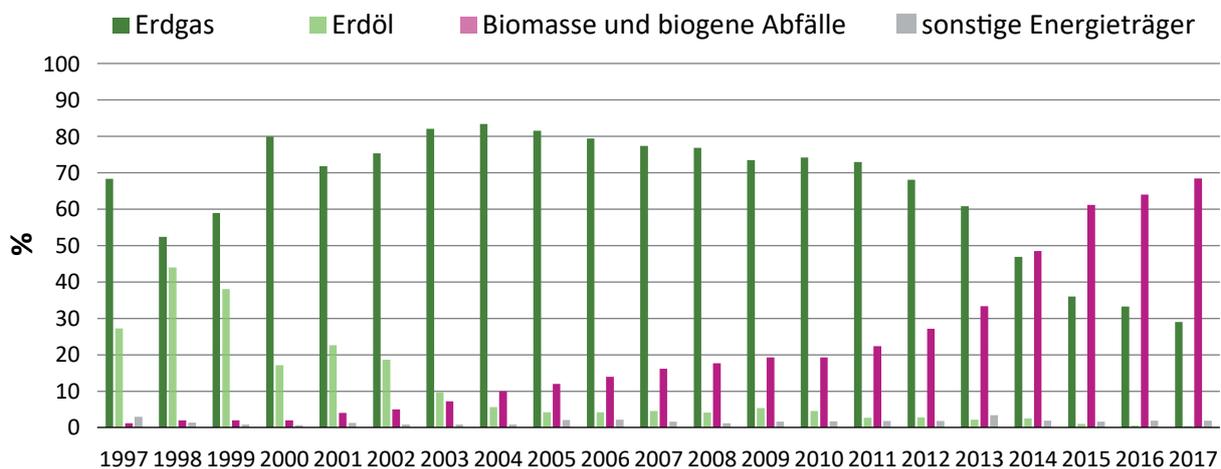


Abbildung 5. Anteil der Energieträger im Wärmesektor in Litauen (Primärenergie)¹²

Stubben, Waldrestholz, Schwachholz und andere Energieholzsortimente fallen in einer Größenordnung von 25 bis 30% der Menge des vermarktbareren Rundholzes an, aber nur 10 bis 15% werden für die Energieholzproduktion genutzt. Der Verkauf von Waldrestholz steigt zwar (Abbildung 6), aber noch immer verbleiben 80% des Materials im Wald¹⁵. Lediglich 65% des gesamten jährlichen Holzzuwachses in Litauen werden genutzt, obwohl das nachhaltig nutzbare Potenzial bei 90 bis 95% liegt. Zusätzlich stehen minderwertige Waldbestände aus Grauerle und Pappel demnächst zur Ernte an, für die es keine andere Verwendung als die Energieerzeugung gibt. Zurzeit wird nur ein Drittel des Potenzials in diesem Bereich genutzt. Es gibt Pläne, den Hiebsatz in Litauens zu erhöhen, um auch minderwertige Bestände in die Nutzung zu bringen. Um einen Anreiz für die Verwertung von Waldrestholz zu schaffen, müsste die Wirtschaftlichkeit in der Bereitstellungskette erhöht werden.

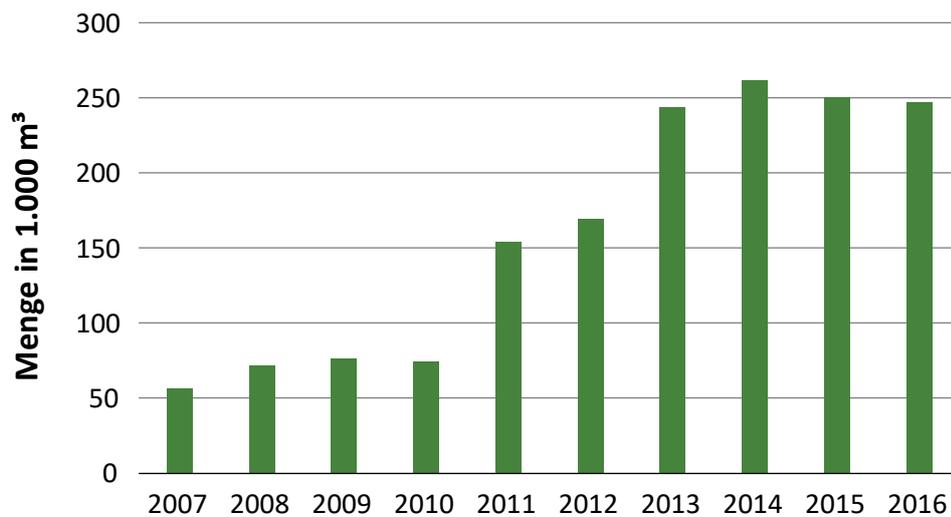


Abbildung 6. Verkauf von Waldrestholz aus dem litauischen Staatswald in den Jahren 2007 – 2016¹⁴

Schweden

Der jährliche Gesamtenergieverbrauch für Strom und Wärme in Schweden liegt bei 370 TWh. Davon sind 150 TWh Bioenergy, und wiederum davon werden 19,5 TWh (5% des schwedischen Energieverbrauchs) aus Waldenergieholz bereitgestellt. Im Nahwärmebereich ist das Potenzial bereits weitestgehend ausgeschöpft, aber bei kleineren Heizanlagen (wie z.B. Schulen, Mehrfamilienhäuser) gibt es noch Entwicklungspotenzial. In privaten Haushalten werden jährlich 9,5 TWh Energieholz eingesetzt. Die private Entnahme und Nutzung von Waldenergieholz ist seit den Rekordjahren 2009 bis 2011 gefallen. Der Verbrauch von Waldrestholz war im Jahr 2011 mit rund 12.000 GWh ebenfalls auf Rekordniveau. Im Jahr 2017 waren es nur noch 8.467 GWh. Die Entnahme von Schwachholz ist von 2.500 GWh in den Jahren 2009 und 2010 auf 835 GWh im Jahr 2017 gefallen. Seitdem hat sich der Energieholzmarkt jedoch stabilisiert.

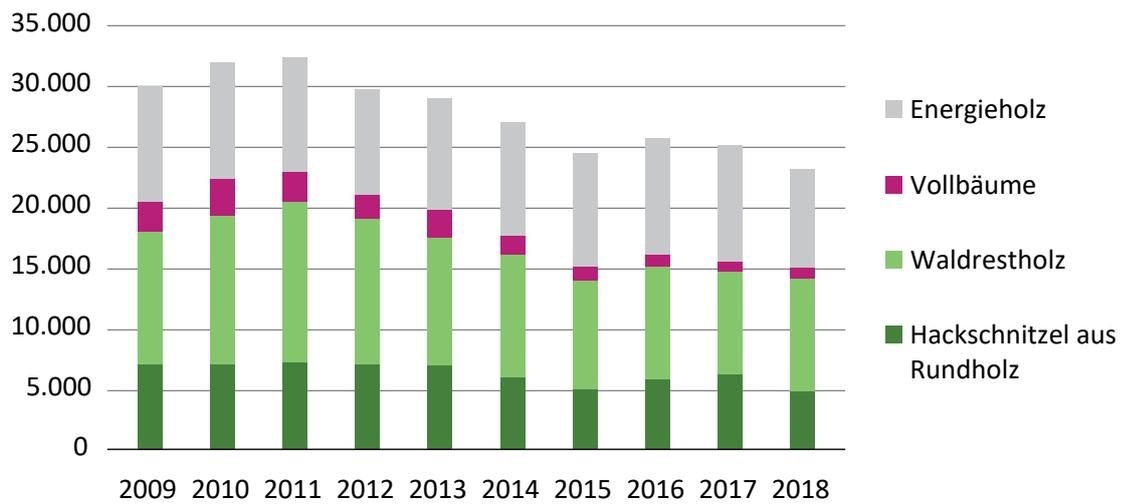


Abbildung 7. Produktion von Waldhackschnitzeln aus Rundholz, Waldrestholz, Vollbäumen und sonstigen Energieholzsortimenten.

Schweden importiert jährlich etwa 2 TWh Pellets und 2 bis 3 TWh aufbereitetes Altholz.

1.2. Mögliches Wachstum und zu beachtende Beschränkungen

1.2.1 Nationale Ziele

Estland

Estlands „Nationaler Energie- und Klimaplan bis 2030“ basiert maßgeblich auf dem Entwicklungsplan für den Energiesektor 2030, der vom Riigikogu angenommen wurde, und der „Grundlagen der Klimapolitik bis 2050“¹⁸. Die nationalen Energie- und Klimaziele stellen sich wie folgt dar:

- Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch 50% im Jahr 2030
- Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen 50% des Stromverbrauchs (bezogen auf die Endenergie) im Jahr 2030
- Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch im Wärmesektor 80% im Jahr 2030
- Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Transportsektor 14%

Vision für den Energiesektor im Jahr 2050

Im Jahr 2050 sollen in Estland vor allem heimische Ressourcen für die Energieerzeugung (Strom, Wärme und Transport) genutzt werden. Durch die Nutzung moderner und umweltfreundlicher Technologien wird Estland zum Energieexporteur im Nordbaltischen Energiemarkt. Die staatlichen Mittel zur Förderung von Energieeffizienz, Entwicklung der heimischen Brennstoffproduktion und Wissensökonomie werden als Treiber für wirtschaftliches Wachstum fungieren und die langfristige Wettbewerbsfähigkeit des Landes stärken. Das wird sich das in Form von zusätzlichen Steuereinnahmen, geringerer Arbeitslosigkeit und verbesserter Außenhandelsbilanz auswirken¹⁵.

Finnland

Waldbiomasse ist die größte nachwachsende erneuerbare Energiequelle in Finnland im Zeitraum von 2015 bis 2030.¹⁶ Nebenprodukte der Holzindustrie werden bereits vollständig genutzt. Zusätzliche Energieholzmengen können in Form von Waldhackschnitzeln bereitgestellt werden. Ein funktionierender Rundholzhandel und gute Strukturen in der Forstwirtschaft auf lokaler Ebene sind die Voraussetzungen dafür, dass die gesetzten Ziele im Bereich erneuerbare Energien erreicht werden können.¹⁷

Die Produktion an Waldhackschnitzeln wird im Vergleich zum Rundholzeinschlag sicher stärker wachsen, weil zusätzliche Mengen aus Waldrestholz und der Stubbenrodung erschlossen werden können. Der Totalverbrauch an Waldhackschnitzeln im Jahr 2030 wird voraussichtlich zwischen 12,7 und 14,2 Millionen m³ liegen.¹⁶

Berechnungen zur zukünftig zusätzlich verfügbaren holzartigen Biomasse basieren auf Daten zu anstehenden Investitionen in der Holzindustrie in neue Produktionskapazi-

täten und sich daraus ergebenden zusätzlichen Produktionsmengen an Sägenebenprodukten und Waldhackschnitzeln. Das Basisszenario für das Jahr entsprechend der Energie- und Klimastrategie ergibt für das Jahr 2030 eine kombinierte Produktion von Strom und Wärme in Höhe von 29 TWh; das entspricht 14,5 Millionen m³ Waldhackschnitzeln.¹⁶

Bei der Nachhaltigkeitsbewertung von Energie aus Waldhackschnitzeln müssen alle Einflussfaktoren auf die Bereitstellungsprozesse berücksichtigt werden. Dazu gehören z.B. auch der Bau von Infrastruktur und Anlagen.¹⁶

Deutschland

Im Jahr 2050 könnte Bioenergie einen Anteil von 28% am Gesamtprimärenergieverbrauch haben. Die nachhaltig gewinnbare Menge an Energieholz wird in den Jahren 2020 bis 2050 wahrscheinlich zwischen 23 und 35 Millionen m³ jährlich liegen. Davon könnte Waldrestholz einen Anteil von 5 bis 12 Millionen m³ haben¹⁸. Aus Schwachholz können weitere Mengen gewonnen werden, abhängig davon wie intensiv die Pflege junger Wälder in Zukunft erfolgt. Neue Verwertungspfade in der Bioökonomie, Waldumbau und klimatische Veränderungen haben einen entscheidenden Einfluss auf die zukünftig verfügbaren Mengen und Sortimente. Der wachsende Laubholzanteil dürfte die für die Energieerzeugung und neue Zweige der Bioenergie erhöhen. Forstwirtschaft, Holzprodukte und Bioenergie finden explizit im Klimaschutzplan 2050 Erwähnung.



Bild 1. Polter mit Waldrestholz für die Produktion von Hackschnitzeln im Stadtwald von Altlandsberg in Brandenburg, Deutschland. (Photo: Holger Hartmann)

Lettland

In Lettland kann die Nutzung forstlicher Biomasse deutlich gesteigert werden. Jedoch wäre eine Wende in der staatlichen Holznutzungspolitik notwendig, damit die effiziente Bereitstellung von Waldbioenergie als Teil der Energieversorgung gefördert werden könnte. Gemeinsame Unternehmungen von Waldbesitzern, Energieproduzenten und Abnehmern wären ein guter Weg, um möglichst effiziente Verwertungsketten zu schaffen.

Litauen

Wichtige Ziele der National Energy Independence Strategy¹¹ sind die Steigerung der Energieeffizienz und des Anteils erneuerbarer Energien. Im Jahr 2025 sollen mindestens 38% des lettischen Stroms, jedoch nicht weniger als 5 TWh aus erneuerbaren Energien kommen. Wenn man die aktuellen Trends der Technologieentwicklung berücksichtigt, könnten 15% aus Biomasse stammen. Im Jahr 2030 mindestens 16% aus hocheffizienten Bioenergieanlagen mit Kraftwärmekopplung. Bis zum Jahr 2050 soll sich Litauen zu einem im Energiesektor nachhaltig und unabhängig wirtschaftenden Staat entwickeln. Dafür sind effiziente Formen der Energieproduktion mit geringen Emissionen sowie moderne Technologien in der gesamten Bereitstellungskette von der Brennstoffproduktion über die Lagerung bis hin zu Energienutzung erforderlich. Die Ziele des litauischen Energiesektors sind in Abbildung 8 dargestellt.

Das nationale Programm zur Entwicklung des Wärmesektors in den Jahren 2015 bis 2021 setzt vor allem auf lokal verfügbare und erneuerbare Ressourcen. Durch die Erneuerung von Wärmenetzen, die Reduktion von Wärmeverlusten auf 14% bis zum Jahr 2021 und den Austausch alter Anlagen mithilfe von EU-Mitteln sinken sowohl die Wärmepreise als auch die Emissionen.

Privathaushalte werden durch den niedrigen Mehrwertsteuersatz von 5% (Unternehmen zahlen 21%) ermutigt, Biomasse anstatt Gas und Kohle zu nutzen. Sie können auch EU-Fördermittel erhalten, wenn sie alte Gas-, Öl-, Kohle oder ineffiziente Biomasseheizungen gegen moderne Kessel austauschen.

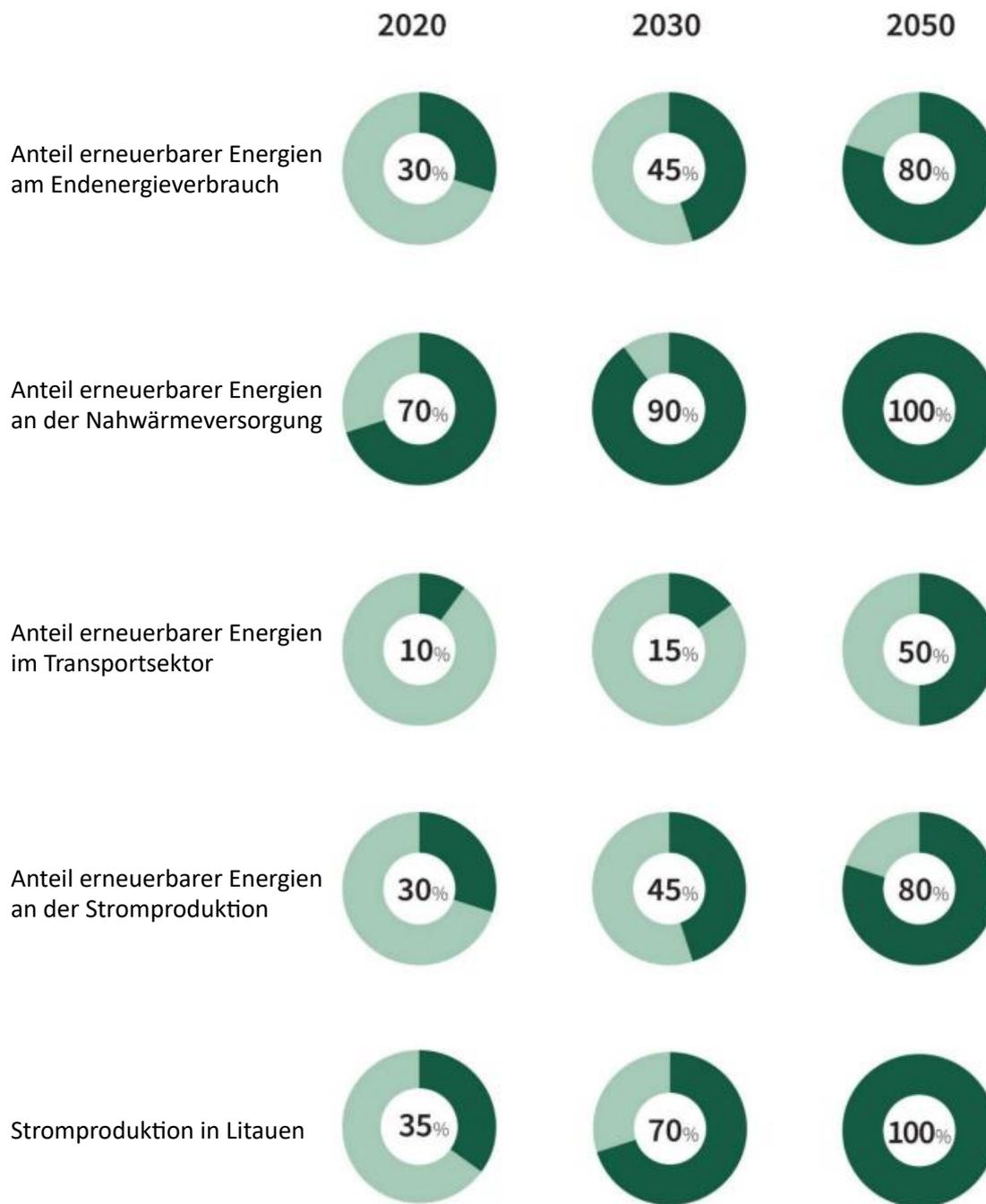


Abbildung 8. Ziele im litauischen Energiesektor für die Jahre 2020, 2030 und 2050¹⁹

Schweden

Bioenergie ist mit 38% Anteil am Energieverbrauch Schwedens wichtigste Energiequelle. Seit Anfang der 1990er Jahre hat sich der Verbrauch an Bioenergie verdoppelt. Eine erneute Verdopplung bis ins Jahr 2045 wäre möglich. Zwischen den Jahren 2000 und 2017, wurde der Verbrauch von Bioenergie um 3,5 TWh pro Jahr gesteigert. Der jährliche Zuwachs auf der produktiv genutzten Waldfläche erhöht sich jedes Jahr um 1% und beträgt zurzeit 450 TWh. Das trägt mehr zur Bindung von Klimagasen bei als der gesamte schwedische Energieverbrauch emittiert. Svebio schätzt das Steigerungspotenzial für Waldbiomasse kurzfristig auf etwa 42 TWh und im Jahr (2050) auf etwa 74 TWh.²⁰

Im Rahmen der Regierungsinitiative "Schweden ohne fossile Rohstoffe" haben die unterschiedlichen Sektoren ein Eindrucksvolles Maßnahmenpaket erarbeitet. Dieses zeigt technische Lösungen auf, um fossile Rohstoffe bis zum Jahr 2045 fast vollständig zu ersetzen. Als die zwei wichtigsten Ansätze wurden die Elektrifizierung und der Einsatz von Biomasse identifiziert. Voraussichtlich wird ein Mehrbedarf an Strom von 50 TWh und an Biomasse von 100 TWh entstehen.

1.2.2 Bestand an Bioenergieanlagen

Estland

Die folgende Tabelle 1 zeigt, dass die Anzahl der Energieholzkessel im Jahr 2017 gegenüber dem Jahr 2010 um etwa 15% abgenommen hatte, dass aber die installierte Leistung um 19% und die produzierte Wärme um 55% zugenommen hatte.

Tabelle 1. Anzahl der Energieholzkessel, Gesamtleistung und Wärmeproduktion¹

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Anzahl Kessel	851	853	828	798	874	844	862	722
Leistung, MW	864	719	719	832	933	1.010	1.161	1.028
Wärmeproduktion, GWh	1.581	1.827	1.703	1.522	1.644	1.834	2.425	2.449

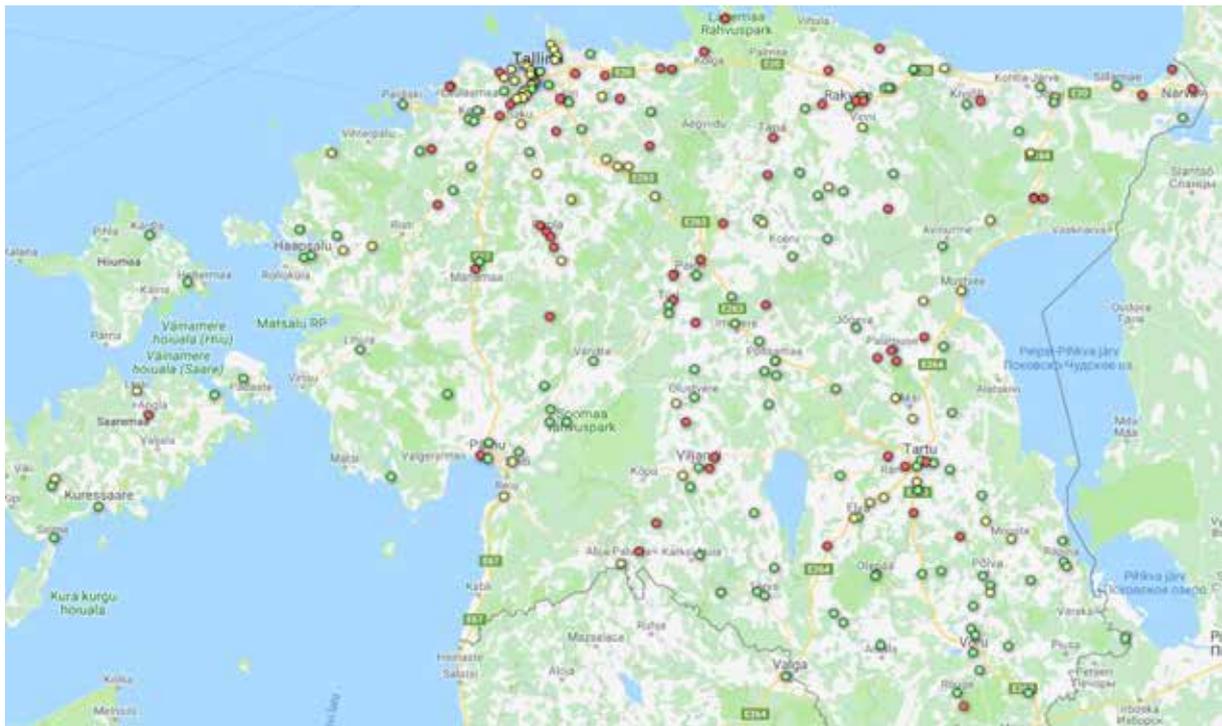
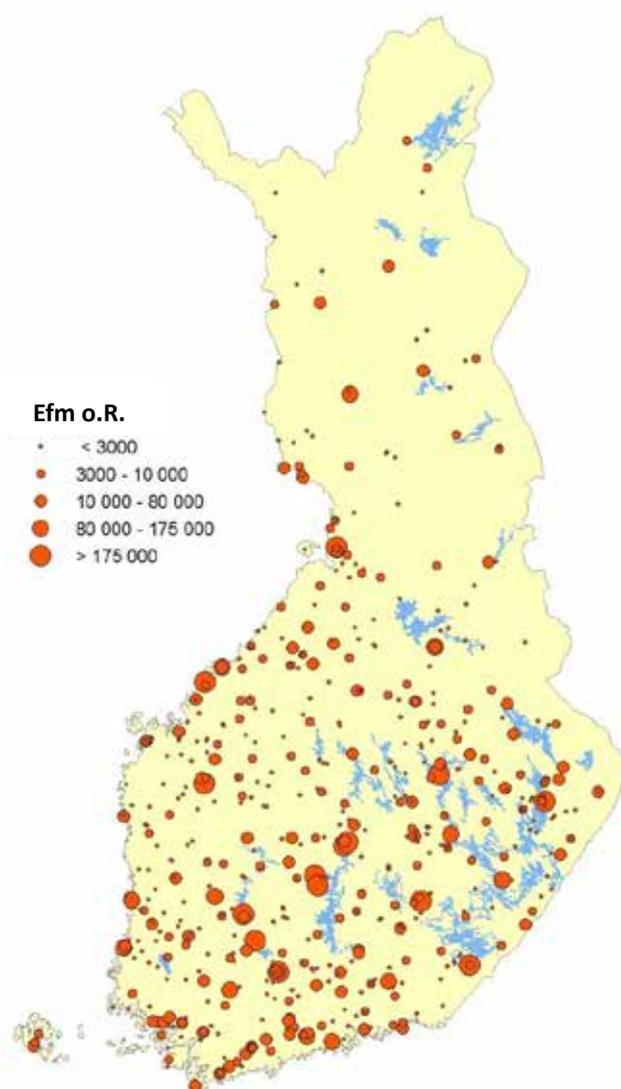


Abbildung 9. Standorte von Nahwärmenetzen und Preisniveau für Nahwärme an den Standorten im Jahr 2015 symbolisiert durch farbige Punkte: grün bis 74,15 € / MWh; gelb 74,15 bis 86,67 € / MWh; rot 86,67 bis 109 € / MWh. ²¹

Zurzeit befinden sich einige kleine Anlagen im Bau. Das Unternehmen N.R.Energy baut eine Anlage in Rõngu und eine in Loksa. Die Anlage in Loksa wird 5MW Leistung haben und eine alte Ölfeuerung ersetzen. Das Unternehmen Adven Eesti baut eine 0,7 MW in Püssi.

Finnland

Der Einsatz von Waldhackschnitzeln und anderen Energieholzsortimenten in Finnland stark gestiegen: Zu Beginn des Jahrtausend waren es nur 250 Anlagen und im Jahr 2009 schon rund 1.000 Anlagen²². Die folgende Abbildung 10 zeigt für das Jahr 2014, wie Holzheiz(kraft)werke dezentral über das ganze Land verteilt vorhanden sind.



Quelle: Institut für Natürliche Ressourcen Finnland (Luke)

Abbildung 10. Energieanlagen mit Einsatz von Forstbiomasse in Finnland im Jahr 2014

Im Jahr 2020 verbrauchten die 50 größten Anlagen mehr als 80% der Waldhackschnitzel.

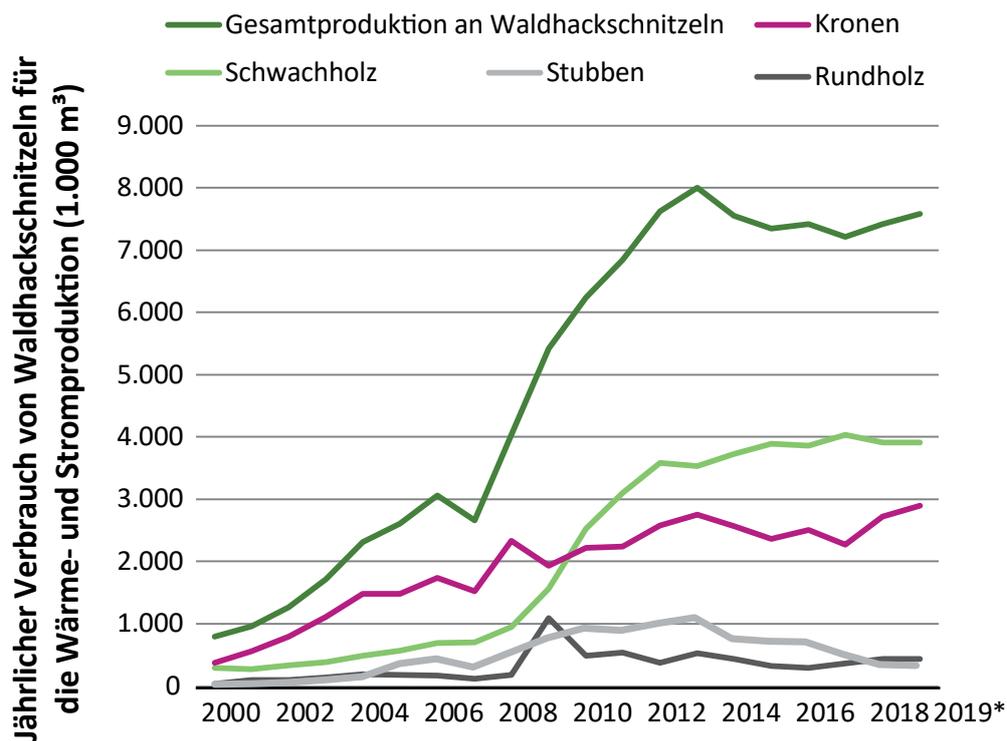


Abbildung 11. Jährlicher Verbrauch an Waldhackschnitzeln für die Wärme- und Stromproduktion in Finnland. Waldhackschnitzel aus Schwachholz sind die wichtigste Energiequelle für lokale Heizwerke.



Bild 2. Lokales Heizwerk in Zentralfinnland (Photo: Juha Laitila)

Deutschland

Die Anzahl der nach dem Erneuerbare Energiengesetz geförderten Anlagen, die Holz als Brennstoff einsetzen, stieg ist etwa 75 Anlagen im Jahr 2003 auf fast 600 Anlagen im Jahr 2015 angestiegen.²³

Lettland

Seit 2007 ist die Anzahl von Anlagen mit kombinierter Strom- und Wärmeproduktion in Lettland um das Fünffache auf 204 Anlagen im Jahr 2017 angestiegen. Die Menge an Holzhackschnitzeln stieg von 17% im Jahr 2012 auf 29% im Jahr 2017. Gleichzeitig ist der Anteil von Erdgas als Brennstoff zurückgegangen.²⁴

Abbildung 12 zeigt die Standorte von Wärmeunternehmen und die jeweils verbrauchte Menge an Energieholz.

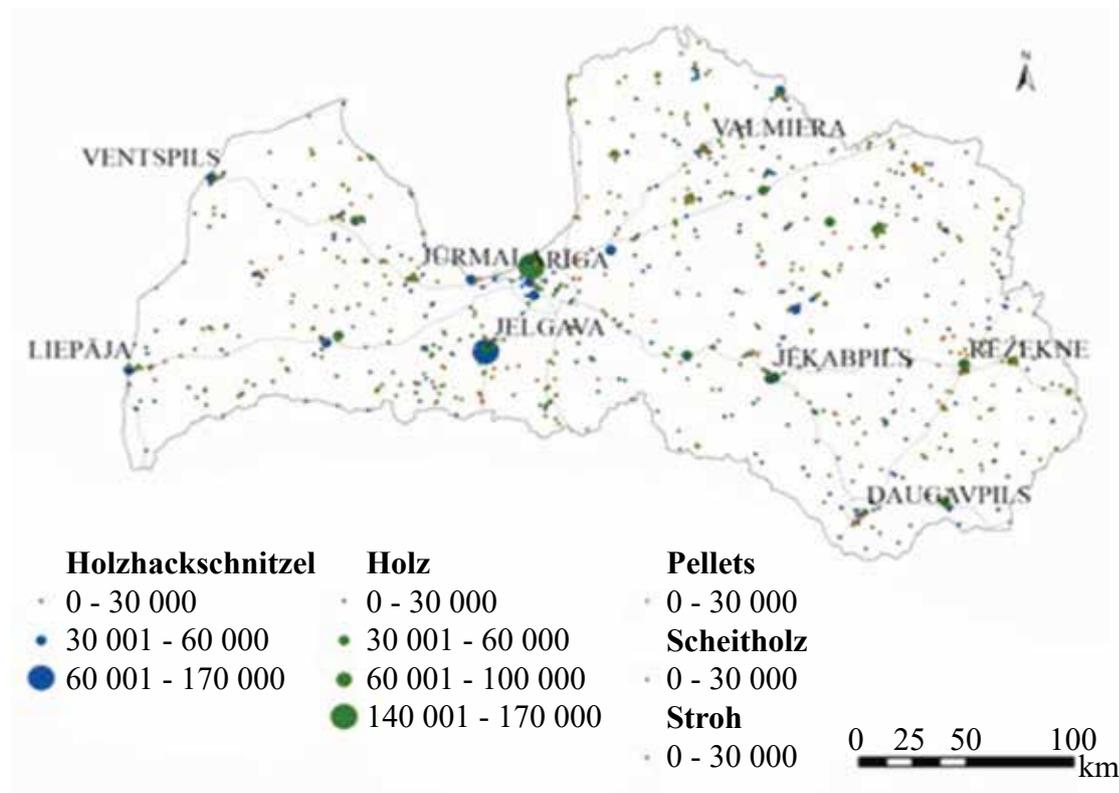


Abbildung 12: Standorte von Heizwerken mit Einsatz von Energieholz in Lettland.

Litauen

Die Anzahl der Bioenergieanlagen in Litauen steigt kontinuierlich. Im Jahr 2010 waren 199 Bioenergieanlagen mit einer installierten Leistung von 395 MW im Betrieb. Im Jahr 2016 waren es schon 322 Anlagen mit einer installierten Leistung von 990 MW (Abbildung 13).

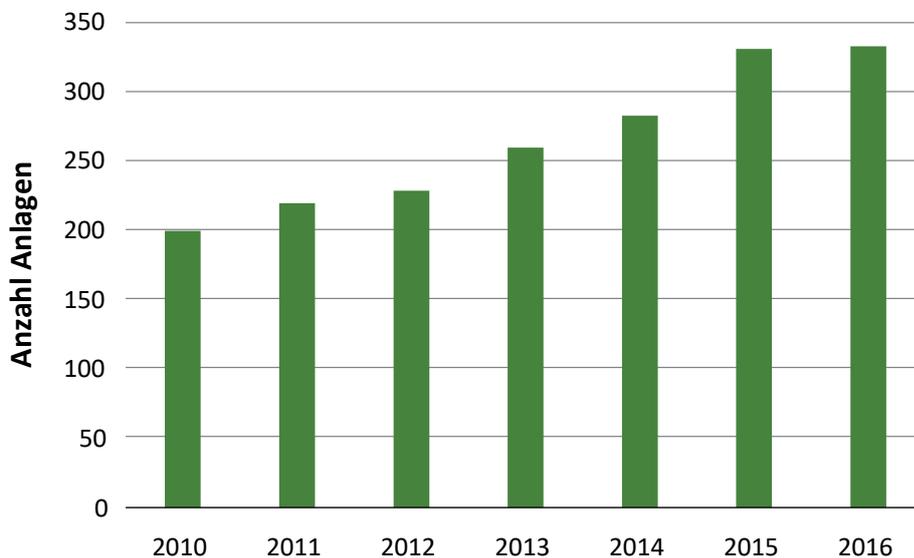


Abbildung 13. Anzahl der Bioenergieanlagen in Litauen²⁵

In Kraftwerken auf Basis erneuerbarer Energiequellen wurden im Jahr 2014 insgesamt 1.510 TWh Strom produziert. Das entspricht einem Anteil von 12,6% des gesamten Inlandsverbrauchs an Strom.²⁶ Das technische Potenzial für die zusätzliche Wärmenutzung in Fernwärmenetzen liegt bei etwa 350 MW.²⁷

Schweden

Die gesamte installierte elektrische Leistung in Schweden liegt bei etwas mehr als 4.300 MW. Die normale jährliche Produktion für diese Bioenergieanlagen beträgt in etwa 18,7 TWh. In den letzten Jahren war sie aufgrund der wirtschaftlichen Gesamtsituation niedriger. Im Durchschnitt laufen die Bioenergieanlagen etwa 4.000 Stunden im Jahr. Im Vergleich dazu liegt die jährliche Betriebsdauer von industriellen Anlagen bei etwa 8.000 Stunden im Jahr.

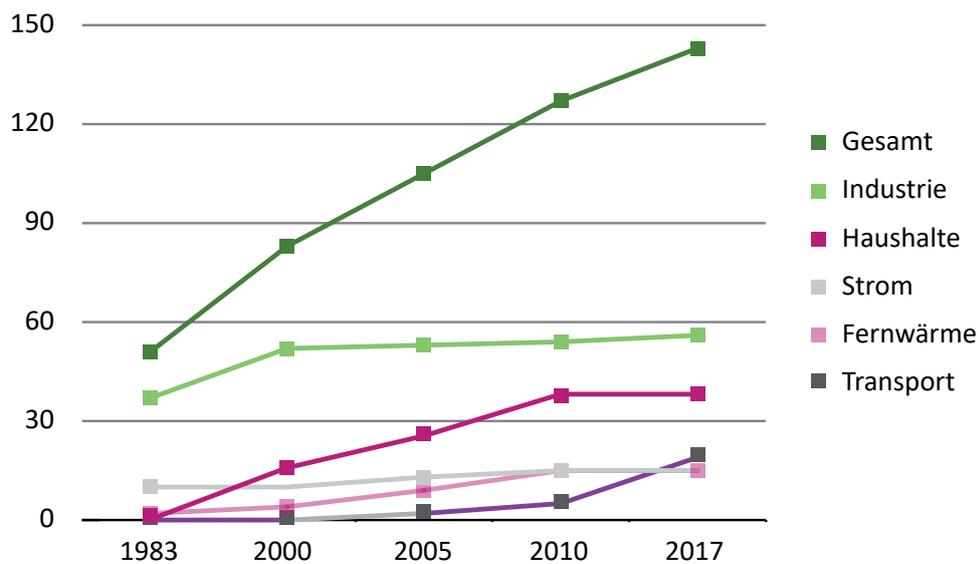


Abbildung 14. Einsatz von Biomasse nach Sektoren seit 1983 in TWh²⁸

Der Bioenergieatlas von Svebios Bioenergy's zeigt für das Jahr 2019 230 laufende Bioenergieanlagen mit Kraft-Wärmekopplung und 15 Anlagen in Planung oder Bau. Die Karte enthält Anlagen, die Strom produzieren und Biomasse, Torf oder Abfälle als Brennstoff einsetzen.

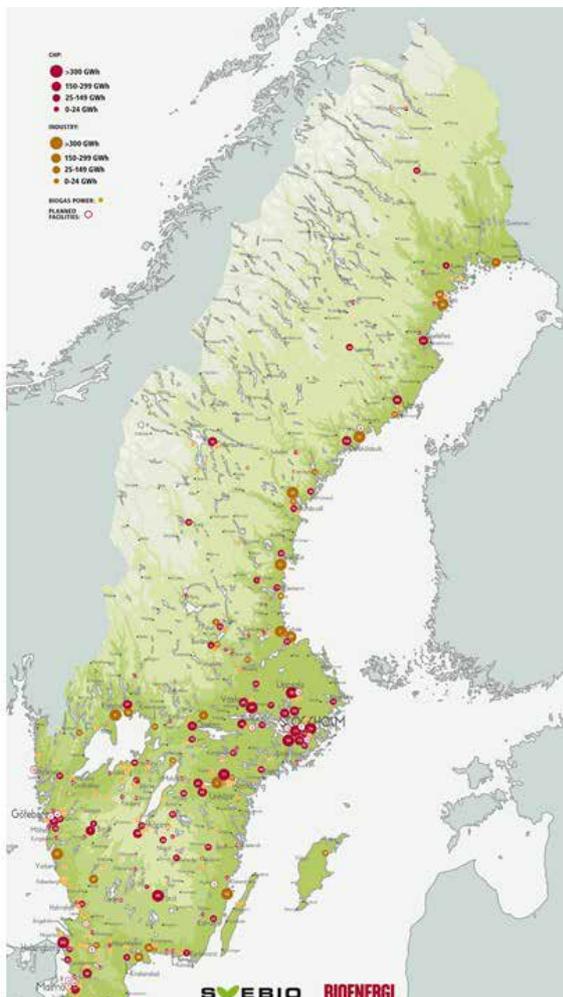


Abbildung 15. Holzbiomasseanlagen in Schweden im Jahr 2019.

1.2.3. Potenzial für weitere Bioenergieanlagen

Estland

Die bestehenden Potenziale für Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wurden in den Regionen mit hohem Wärmebedarf bereits realisiert. In kleineren Siedlungen besteht aber durchaus noch ein hohes Potenzial für KWK-Anlagen auf Basis von Biofestbrennstoffen. KWK-Bioenergieanlagen könnten außerdem in Industrien mit gleichmäßiger Wärmeabnahme (z.B. Zellulose- oder Holzwerkstoffwerke) eine größere Rolle spielen. Zusammengefasst beträgt das geschätzte Potenzial für KWK-Anlagen etwa 150 MW mit einer Stromproduktion von etwa 500 GWh. Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen ist zurzeit noch begrenzt. Weitere technische Entwicklungen und veränderte Marktbedingungen wären notwendig, damit ein Anreiz für Investitionen in solche Anlagen besteht.¹⁵

Finnland

Größere Investitionen in die Produktion von Energie aus Waldbiomasse finden zurzeit nicht statt. Investitionsentscheidungen in Großanlagen sind nur mit Unterstützung der Regierung und einer entsprechenden Politik in den Bereichen erneuerbare Energien und Emissionshandel denkbar. Das regionale Energieunternehmen in Turku Regional Energy Company investierte in eine KWK-Anlage von Naantali mit einer Kapazität von 430 MW (Herbst 2017) und das Lahti Energieunternehmen in eine Kymijärvi III – Heizanlage mit einer Kapazität von 310 MW (Herbst 2019). Die Stadt Helsinki plant eine Neuausrichtung ihrer Energieversorgung. Waldhackschnitzel können zwar auch in diesen Anlagen eingesetzt werden. Tatsächlich wird aber allem in Regionen, in denen die Nutzung von Waldenergieholz ohnehin schon hoch ist, weiterhin in Bioenergieanlagen investiert. Biomasse aus der Landwirtschaft, Kohle und Recyclingmaterialien werden ebenfalls als Energiequellen diskutiert.

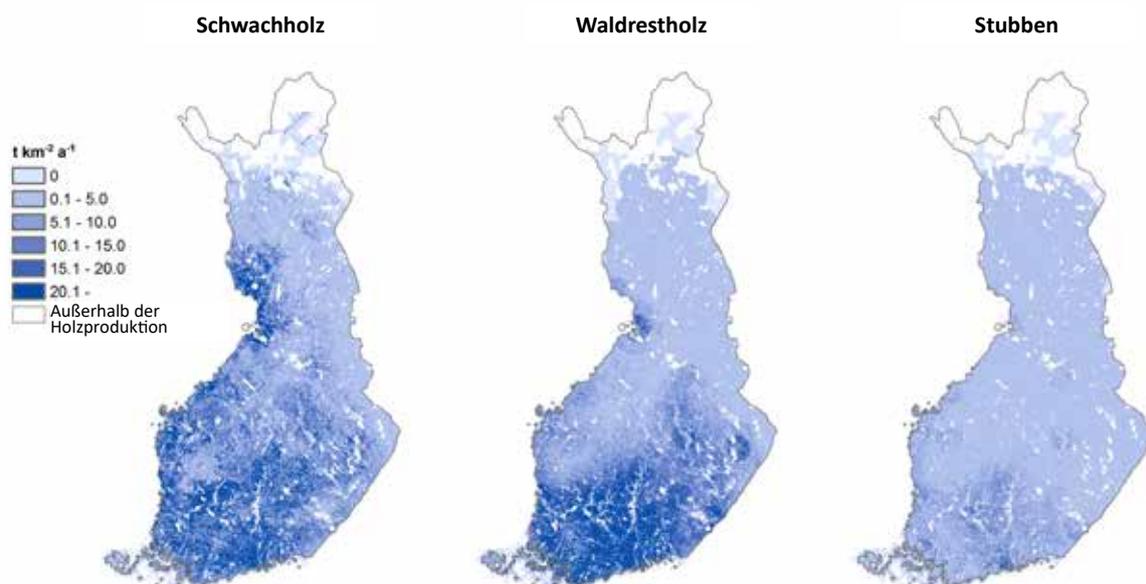


Abbildung 16. Geographisch differenzierte Darstellung der Nachfrage nach (links) Schwachholz, (Mitte) Waldrestholz und (rechts) Stubben im Jahr 2030 nach dem TEM-Szenario.²⁹

Der gesamte Energieverbrauch in Finnland ist aufgrund der allgemeinen Wirtschaftslage, durch steigende Energieeffizienz in vielen Bereichen und milde Winter in den letzten Jahren gesunken. Emissionshandel und fossile Energieträger beeinflussen die Nachfrage nach Energieholz negativ. Heizwerke zur Versorgung von Nahwärmenetzen wurden mit verbesserter Abgasreinigung ausgestattet. Große Heiz(kraft)werke werden nicht mehr gebaut, aber in Heizwerke auf lokaler Ebene wird nach wie vor investiert.

Deutschland

Nach den Prognos-Szenarien³⁰ könnte Bioenergie im Jahr 2050 einen Anteil von 28% der Primärenergieproduktion in Deutschland haben (1.915 PJ) wovon 687 PJ aus holzartiger Biomasse stammen könnte.³¹ In der Biomassestrategie des Landes Brandenburg wird das Potenzial holzartiger Biomasse auf 11,4 PJ geschätzt. In die Berechnung ist der Kleinprivatwald (<20 ha) nicht eingeschlossen.³² Die Energie Strategie 2030 des Landes Brandenburg³³ setzt einen Anteil der Bioenergie von 20% (24 PJ) an der Primärenergieproduktion im Jahr 2020 als Ziel.

Lettland

Lettland hat ein großes Potenzial, die Nutzung forstlicher Biomasse zu erhöhen. Joint Ventures zwischen Waldbesitzern, Energieproduzenten und Endabnehmern könnten ein Ansatz sein, um dieses Potenzial zu erschließen.



Bild 3. Lettland hat ein hohes Potenzial, die Nutzung von Waldbiomasse zu erhöhen. Energieholzpolter im lettischen Staatsforst nach einem Verjüngungshieb. (Photo: Valentīns Lazdāns)

Litauen

Zurzeit werden nicht sehr viele Holzenergieanlagen geplant. Eine große Bioenergieanlage (48 MW) nahe Vilnius ist 2019 in Betrieb gegangen. Als privat finanzierte Infrastruktur im Kampf gegen den Klimawandel wird sie als Projekt mit Vorbildfunktion gesehen.

Die Umrüstung von Anlagen von fossilen Brennstoffen auf Energieholz wird mithilfe von EU-Mitteln vorangetrieben. AB „Panevėžio energija“ hat einen Kessel des städtischen Energiewerkes ausgetauscht. Ein neuer Biomassekessel mit 8 MW Leistung in Kombination mit einem 1,8 MW Kondensgasvorwärmer ersetzt seit Juli 2019 den alten Gaskessel. Im Jahr 2020 wird ein weiterer Kessel ausgetauscht.

Schweden

Die Bioenergieplattform von SVEBIO (2016)³⁴ zeigt eine Ausbaumöglichkeiten von 10 GW Bioenergie mit einer jährlichen Produktion von 40 TWh. Zum jetzigen Zeitpunkt werden 13 TWh Bioenergie (einschließlich Strom aus Abfall und Torf) produziert. Die Nahwärmeversorgung basiert bereits zu etwa 70% auf Biomasse und biogenen Abfälle, einschließlich Abwärme aus der biobasierten Industrie.

Die Umstrukturierung der Industrie von fossilen Energieträgern hin zu erneuerbaren Energien führt zu einer verstärkten Nachfrage nach Biomasse. Bereits heute stellt Biomasse den größten Anteil an Energieträgern in der Industrie, allerdings ist ihr Einsatz bisher auf die Holzindustrie konzentriert. Der Bedarf wird weiter steigen, wenn andere Industriezweige auf Bioenergie umstellen.

1.2.4. Verfügbare Mengen an Waldenergieholz

Estland

Gut die Hälfte von Estland (51,4% der Landesfläche) ist mit Wald bedeckt. Im Jahr 2017, betrug die Waldfläche rund 2,33 Millionen Hektar. Den größten Anteil nehmen Kiefernwälder ein (32,1% der Waldfläche im Jahr 2017); darauf folgen Birkenwälder (30,1%), Fichtenwälder (17,5%) und Wälder, in denen Grauerlen die wichtigste Baumart sind (9%).

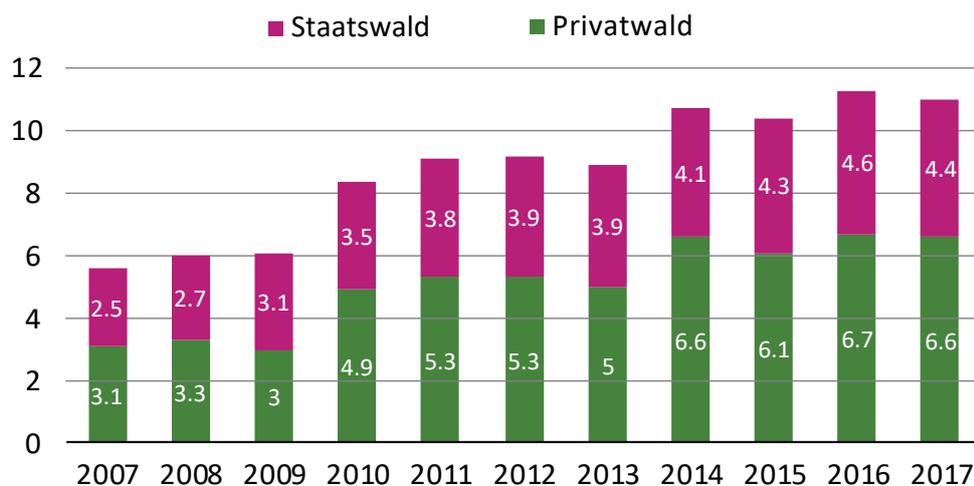


Abbildung 17. Holzerntevolumen in privaten und staatlichen Wäldern³⁵

Verglichen mit dem Jahr 2000 sind sowohl der Gesamtvorrat in den Wäldern als auch der Holzvorrat je Hektar angestiegen.³⁵ Weil der Anteil älterer Wälder in Estland vergleichsweise hoch ist, könnte aus waldbaulicher Sicht der Holzeinschlag deutlich gesteigert werden. Der Waldentwicklungsplan der letzten Dekade sah einen optimalen Holzeinschlag von 13,1 Millionen m³ vor.² Der größte Vorrat an Holz in hiebsreifen Beständen ist in den Regionen im Südosten Estlands zu finden – in Jõgeva, Tartu, Põlva, Võru und Valga Counties. Säge- und Funierholz haben einen Anteil von 4,2 Millionen m³ am jährlichen Holzeinschlag, Brennholz 2,8 Millionen M³ und Papierholz 2,6 Millionen M³. Der Anteil an Waldrestholz am vermarktbareren Holz in Verjüngungshieben beträgt 15%. Die jährliche Menge an Waldrestholz beträgt 1,3 Millionen m³.

Abhängig von den Wetterverhältnissen kann Holz teilweise gar nicht aus den Beständen zu den Polterplätzen an den Waldstraßen gefahren werden. Auch der Zustand der Waldstraßen (geschottert oder asphaltiert) ist teilweise so schlecht, dass die Polter nur bei geeigneten Witterungsverhältnissen abgefahren werden kann.

Zusätzlich von Holz aus der Forstwirtschaft, steht auch Holz aus Fällungen außerhalb von Waldflächen zur Verfügung. Dieses steht vor allem in Form von Holzhackschnitzeln dem Energiemarkt zur Verfügung³⁵. Die Nutzung von Energieholz hat durch den Austausch alter Öl und Gaskessel gegen Biomasseanlagen zugenommen. Lokale Entscheidungsträger wissen inzwischen zunehmend, dass Holzhackschnitzel eine günstige Brennstoffalternative für Nahwärmenetze darstellen können.

Zusätzlich zu großen holzabnehmenden Energieverbrauchern bietet der Außenhandel mit Energieholzprodukten neue Möglichkeiten. Vor dem Hintergrund des generellen Trends in Richtung erneuerbare Energien sind weitere Investitionen in Bioenergieanlagen und eine weiter steigende Nachfrage nach Energieholz wahrscheinlich.¹⁵

Finnland

Waldhackschnitzel werden aus Holz hergestellt, für das es in der Industrie keine Abnehmer gibt. Gründe für den Mangel an Nachfrage können die Qualität des Holzes aber auch die jeweilige Situation auf dem Holzmarkt oder konkrete Probleme vor Ort bei der Holzernte sein. Vor allem Schwachholz in unterschiedlicher Aufbereitungsform, qualitativ minderwertiges Rundholz und Stubben aus der Endnutzung gelangen auf den Markt. Die direkte Abhängigkeit von der Entwicklung auf dem Energieholzmarkt (Nachfrage und Preisentwicklung) stellt die Abnehmer von Waldenergieholz vor Probleme.¹⁷

In unterschiedlichen Regionen Finnlands wurde ermittelt, wie weit sich die Nutzung von Waldhackschnitzeln erhöhen ließe. Das theoretische maximale Potenzial setzt sich aus Energieholz aus der Waldpflege, aus Rundholz, das im Rahmen von Holzerntemaßnahmen auf der Waldfläche verbleibt, aus Kronenmaterial sowie aus Stubben und anderes Wurzelholz, das aus dem Boden gerodet werden kann, zusammen. Das Schwachholzpotezial für die Energieproduktion liegt bei 6,2 Millionen m³ aufbereitetes Rundholz, 8,3 Millionen m³ Vollbäumen sowie 6,6 bis 10,4 Millionen m³ aus integrierten Holzern-teverfahren mit Industrieholzproduktion. Das Potenzial für die Energieholzgewinnung aus Waldrestholz liegt je nach Gesamtholzeinschlag zwischen 4 und 6,6 Millionen m³. Aus der Stubbenrodung könnten 1,5 bis 2,5 Millionen m³ dem Energieholzmarkt zu Verfügung gestellt werden. Stellt man die derzeitige Holznutzung dem theoretischen Potenzial gegenüber, dann liegt das größte ungenutzte Potenzial für die Produktion von Waldhackschnitzeln in der Gewinnung von Schwachholz. In den Küstenregionen Westfinnlands geht praktisch die gesamte Menge des anfallenden Waldrestholzes in die Energieproduktion.²²

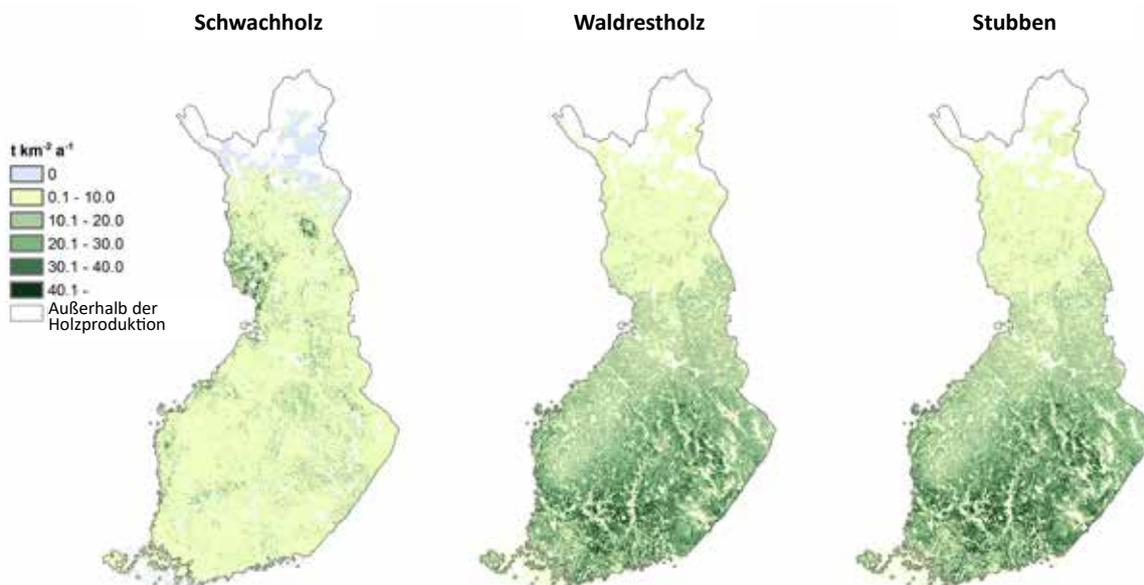


Abbildung 18. Geographisch differenzierte Darstellung der technischen Energieholzpotenziale für (links) Schwachholz, (mittig) Waldrestholz und (rechts) Stubben.²⁹

Das aufgezeigte theoretische Energieholzpotenzial kann aufgrund unterschiedlicher technischer, wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Faktoren nicht vollumfänglich genutzt werden. Zu den technischen Faktoren gehören beispielsweise Lagerverluste, Qualitätsanforderungen an das Brennmaterial, Anforderungen an die Mindestgröße der Hiebsfläche oder der Umfang, in dem Waldrestholz von den Waldflächen entfernt werden kann. Zu den sozialen Faktoren ist beispielsweise die Bereitschaft von Waldbesitzern zum Verkauf von Energieholz zu zählen. Aus ökologischer Sicht sollen Negative Auswirkungen auf das Ökosystem und die Einschränkung von Ökosystemdienstleistungen vermieden werden. Aus wirtschaftlicher Sicht spielt die Höhe der Energieholzpreise im Verhältnis zu anderen Energieformen sowie zum Rundholzpreis eine entscheidende Rolle.³⁶ Unter bestimmten Umständen kann es durchaus sinnvoller sein, Industrieholz für die Energieproduktion einzusetzen, als es stofflich zu vermarkten.

Deutschland

Für Deutschland zeigt die Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM), wie sich die Verfügbarkeit verschiedener Holzsortimente in Abhängigkeit der Waldbehandlungsstrategie und der Bedingungen bis ins Jahr 2052 entwickeln könnte. Die Menge verfügbaren Energieholzes wird sich voraussichtlich im Bereich zwischen 23 und 35 Millionen m³ jährlich bewegen. Davon könnte auf Waldrestholz ein Anteil von 5 bis 12 Millionen m³ jährlich entfallen¹⁸. Die Pflege junger Wälder und Ernte von Schwachholz wird voraussichtlich eine wichtige Quelle für den Energieholzsektor bleiben. Der Waldumbau und steigende Anteil von Laubholz wird zusätzlich Quellen für den Energieholzsektor (aber auch für neue Formen der Holznutzung) erschließen.

Lettland

Die erste nationale Waldinventur (2004–2008) zeigt auf, welche Energieholzpotenziale aus der Durchforstung unter Berücksichtigung rechtlicher Regelungen und technischer Möglichkeiten von Holzernte und Waldbau verfügbar wären. In Jungbeständen mit einem BHD < 8 cm könnten aktuell auf einer Fläche von insgesamt 161.000 ha Pflegemaßnahmen mit Schwachholzgewinnung durchgeführt werden. Die insgesamt entnehmbare oberirdische Biomasse beträgt 4,9 Millionen m³ Rundholz, wovon 21% in von Nadelbäumen dominierten Beständen zu finden sind. Die Berechnung berücksichtigt alle Bäume mit einem Durchmesser > 4 cm. Wirtschaftlich effiziente Energieholzgewinnung kann auf ca. 53.000 durchgeführt werden, wobei ca. 1,8 Millionen m³ Biomasse anfallen würden. Das entspricht 36% des Gesamtpotenzials aus der Schwachholzernte.

Die Verschiebung der Jungbestandspflege auf einen möglichst späten Zeitpunkt ist ein wichtiger Faktor, um die Wirtschaftlichkeit der Pflegemaßnahme zu erhöhen. Die Stückmasse der zu entnehmenden Bäume liegt bei einer Baumhöhe von 12 m sechsmal so hoch, wie bei einer Baumhöhe von 6 m. Weitere waldbauliche Untersuchungen sind notwendig, um eine Bewertung des optimalen Zeitpunkts einer Pflegemaßnahme unter Berücksichtigung der gewinnbaren Biomasse zu ermöglichen. Der Zugang zu Energieholzressourcen in Abhängigkeit der Befahrbarkeit der Böden scheint kein Problem darzustellen. Nur 19% der Energieholzpotenziale können ausschließlich im Winter (bei gefrorenen Böden) gewonnen werden.³⁷

Die Holzpreise haben sich in den letzten Jahren nur geringfügig verändert. Der Durchschnittspreis für Holzhackschnitzel für den Endabnehmer schwankte im letzten 10 Jahreszeitraum zwischen 7 und 11 EUR /m³ bzw. 8,8 bis 13,8 EUR/MWh. ³⁸

Litauen

Im Jahr 2017 bedeckte die Waldfläche in Litauen mit 2.189.600 ha etwa 33,5% der Landesfläche. Davon nahm die Kiefer mit 713.200 ha den größten Anteil ein, Fichte 429.500 ha. Birke als bedeutendste Laubbaumart 456.600 ha. Schwarzerle ist auf 156.100 ha zu finden, Grauerle auf 121.600 ha und Aspe auf 93.800 ha. Die Einschlagszahlen haben sich in den letzten fünf Jahren kaum verändert.

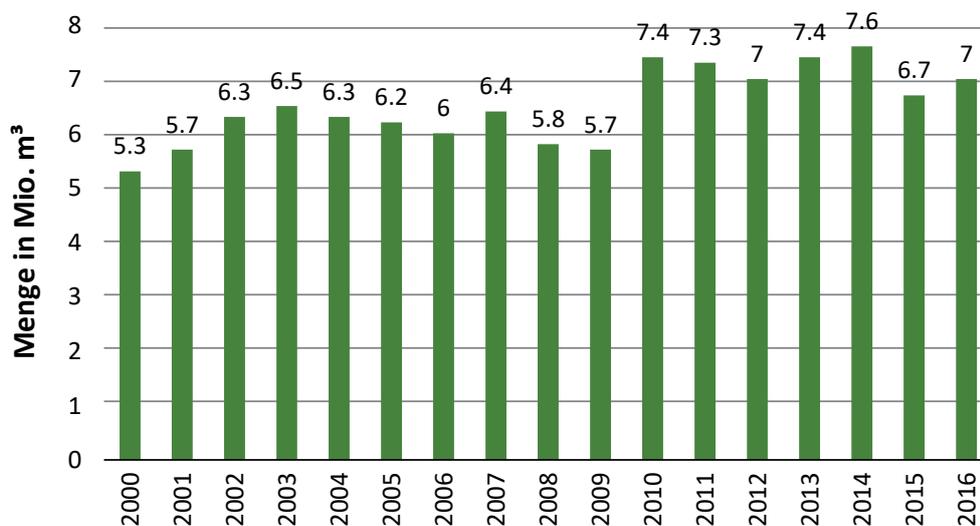


Abbildung 19. Holzeinschlag in staatlichen und privaten Wäldern in den Jahren 2000–2016¹⁵

Das durchschnittlich jährlich einschlagbare Volumen an Energieholz wird auf 5,8 Millionen m³ geschätzt.¹³ Davon sind etwa ca. 1,8 Millionen m³ jährlich Scheitholz. Das entspricht einem Anteil von 21% der eingeschlagenen Rundholzmenge. Das theoretische Potenzial Waldhackschnitzel liegt bei 4 Millionen m³. Aus Waldrestholz könnten jährlich etwa 0,85 Millionen m³ Hackschnitzel gewonnen werden, 0,3 Millionen m³ aus Schwachholz im Rahmen der Jungbestandspflege, 0,25 Millionen m³ aus der Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen, 0,6 Millionen m³ aus dem Umbau geringwertiger Waldbestände und 0,2 Millionen m³ aus der Pflege von Parks und Landschaftselementen. Derzeit werden nur etwa 15 bis 20% der bei der Holzernte anfallenden Reste zur Energieholzgewinnung genutzt. Nach Einschätzung von Wissenschaftlern könnte der Anteil auf etwa 50% gesteigert werden ohne ökologische Nachhaltigkeitskriterien zu verletzen. ³⁹



Bild 4. Kiefernwälder haben den größten Anteil an der Waldfläche in Litauen. (Photo: Vita Arlickienė)

Energieholzproduzenten können nach wie vor umfangreiche Mengen aus der Sanierung verlassener Felder und Gräben gewinnen. Da viele Landwirte diese Mengen umsonst abgeben, können bisher noch keine Einnahmen aus der Abgabe von Waldrestholz generiert werden. Ein weiteres Problem ist der Mangel an Arbeitskräften aufgrund der Lohnstruktur im Energieholzsektor.

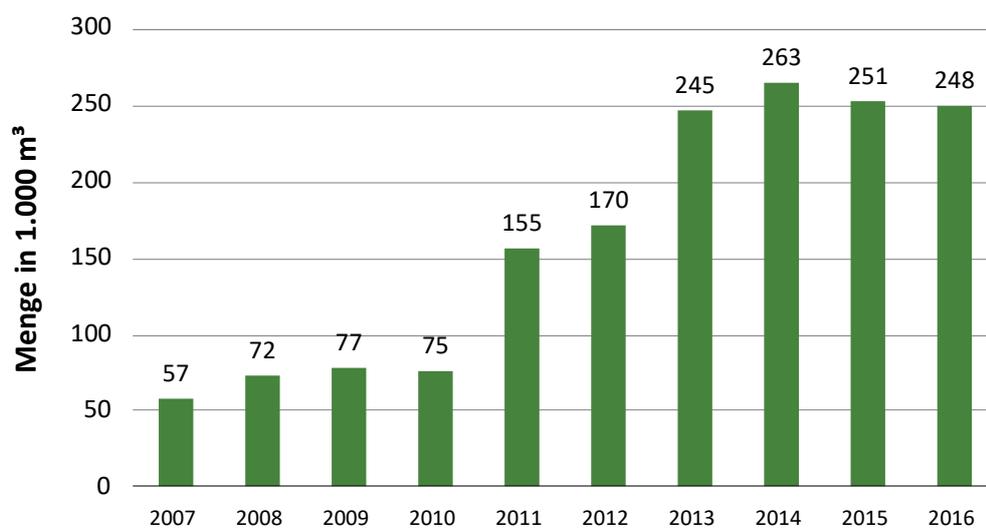


Abbildung 20. Verkauf von Waldrestholz aus dem litauischen Staatsforst in den Jahren 2007 bis 2016¹⁴

Seit Mai 2018 gelten für alle Produzenten, Importeure, Händler und Nutzer von Biofestbrennstoffen in Litauen die gleichen Qualitätsstandards⁴⁰. In den letzten zehn Jahren wurden enorme Fortschritte bei der Einführung erneuerbarer Energien in den Wärmemarkt erzielt. Heute macht Biomasse etwa zwei Drittel der im Nahwärmebereich eingesetzten Brennstoffe aus. In privaten Haushalten liegt der Anteil sogar höher. Die Durchsetzung von Qualitätskriterien ist eine wichtige Grundlage für die Vermeidung von Emissionen aus der Verbrennung.

Schweden

Nach Schätzungen könnten zusätzliche 60 bis 65 TWh an Waldenergieholz nachhaltig aus den schwedischen Wäldern entnommen werden. Im Bereich von Waldrestholz ist eine Steigerung von heute etwa 8,5 TWh auf 29 TWh in den Jahren 2020 bis 2029 möglich. Dabei hat die Bewertung von ökologischen Belangen großen Einfluss darauf, mit welchen Entnahmemengen aus den Wäldern gerechnet werden. Die Empfehlungen zur nachhaltigen Holznutzung des schwedischen National Forest Board wirken sich so aus, dass Waldrestholz und Stubben aus bestimmten Beständen gar nicht entfernt wird, dass generell geschätzte 20 % der Erntereste und Stubben im Bestand verbleiben, und dass Stubben von Laubbäumen gar nicht entfernt werden. Bei Durchforstungen entfällt die Stubbenrodung ebenfalls. Wenn diese Empfehlungen umgesetzt werden, entspricht das Potenzial immer noch in etwa dem drei bis vierfachen der im Jahr 2013 genutzten Menge.

1.2.5. Bestehende Fernwärmesysteme und Investitionsbedarf

Estland

Im Jahr 2016 betrug die jährliche Wärmeproduktion geschätzte 6,5 TWh, wovon 44% in größeren Heizkraftwerken geniert wurde und 56% in kleineren Anlagen. 70% der Wärme wurde als Fernwärme genutzt, 9% gingen durch Netzverluste verloren und der Rest wurde in industriellen Prozessen eingesetzt. Etwa 42% des Wärmeverbrauchs (Endenergie) entfiel auf Haushalte. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die im Jahr 2017 in der Fernwärmeproduktion eingesetzten Brennstoffe.¹

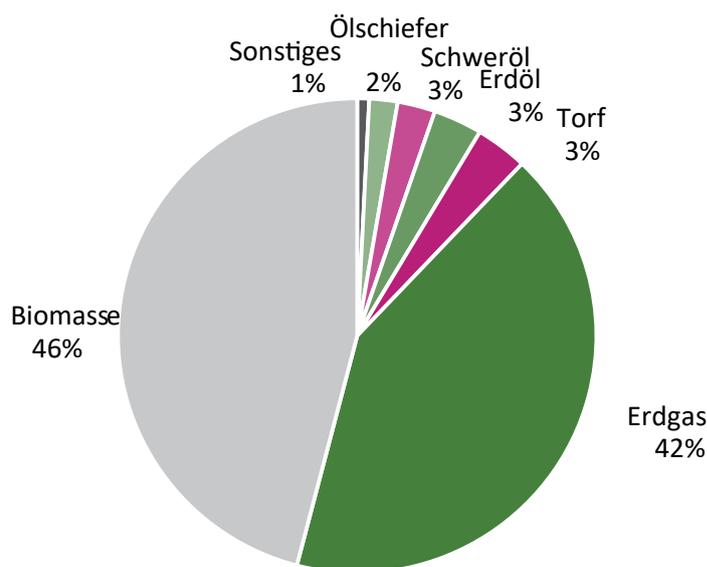


Abbildung 21. Einsatz verschiedener Brennstoffe für die Wärmeproduktion in Estland im Jahr 2017.

Obwohl Erdölkessel flächendeckend mit Bioenergieanlagen ersetzt werden, bleibt der Anteil von Erdöl an der Wärmeproduktion relativ hoch.

Im Juni 2016 schlug Estlands Regierung eine Änderung des Fernwärmegesetzes mit Garantien und zusätzliche Anreize für Wärmeproduzenten vor⁴¹, um so den Anteil erneuerbarer Energiequellen (inkl. Torf) zu erhöhen und den Einsatz fossiler Brennstoffe zu senken.

Finnland

In den dichter besiedelten Gebieten in Finnland sind Heiz(kraft)werke weit verbreitet. Typisch ist neben der Nutzung von Torf als Brennstoff der Einsatz von Energieholz in Form von Waldhackschnitzeln, Rinde, Sägemehl oder Pellets sowie von Mischungen daraus. Anlagen, die mehrere Brennstoffe oder Mischungen einsetzen können, sind im Vorteil. Risiken in der Brennstoffversorgung können sich durch die Verfügbarkeit und den Preis einzelner Brennstoffarten aber auch durch die Gesetzgebung im Bereich des Umweltschutzes ergeben. Eine Lösung im Bereich Versorgungssicherheit sind Nahwärmenetze mit zwei Anlagen, die unabhängig voneinander operieren können. Mehrere kleinere Einheiten können leichter für die Durchführung von Wartungsarbeiten oder bei Störungen heruntergefahren bzw. bei Verbrauchsspitzen dazu geschaltet werden.⁴²

Litauen

Der Fernwärmesektor in Litauen macht mehr als 50% des gesamten Wärmemarktes aus. Die andere Hälfte besteht aus Einzelfeuerstätten, die überwiegend mit Gas oder Festbrennstoffen betrieben werden. Im Jahr 2017 waren 49 lizenzierte Wärmelieferanten im litauischen Fernwärmemarkt aktiv.

Die Gesamtlänge der Fernwärmeleitungen in Litauen beträgt fast 2.846 km. In der Zeit von 2007 bis 2013 wurden etwa 12 % der Leitungen mithilfe von EU-Fördermitteln saniert. Der Austausch veralteter Leitung ist eine langfristig lohnenswerte Investition. Die Wärmeverluste in den Leitungen betragen bis zu 15,5%.⁴³

Schweden

In den meisten dicht besiedelten Gebieten in Schweden sind auf kommunaler Ebene Bioenergieanlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung oder reine Heizwerke vorhanden. Eingesetzt werden Energieholzprodukte wie Hackschnitzel, Rinde, Sägemehl oder Pellets, als Einzelbrennstoffe oder als Mischung. Zukünftig geplante sollten Bioenergieanlagen verstärkt so ausgelegt werden, dass verschiedene Energieholzarten und deren Mischungen als Brennstoff zum Einsatz kommen können.

1.3 Politische Instrumente mit Schlüsselementen zur Förderung des Energieholzsektors

Allgemeines

Entscheidungen über Maßnahmen zur Waldbehandlung werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören die geltende Gesetzgebung, Empfehlungen von Experten, die aktuellen Bedingungen auf dem Holzmarkt, die technische Entwicklung im Forstsektor und auch der Wille, einen Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels zu leisten. Diese Faktoren und ihr Einfluss auf forstliche Maßnahmenentscheidungen müssen in der Gesamtsicht beurteilt werden.¹⁶

Das Projekt Baltic ForBio erhielt Unterstützung von dem Projekt S2BIOM⁴⁴ bei der Auflistung aller relevanten politischen Instrumente mit Einfluss auf die Energieholzgewinnung und -nutzung in den Partnerregionen. Für Finnland wurden insgesamt 48 Instrumente mit Relevanz für den Bioenergiesektor aufgelistet, von denen vier Einfluss auf die Produktion und Nutzung von Waldenergieholz haben.

Tabelle 2. Politische Instrumente in den Projektregionen (gemäß Liste des Projektes S2BIOM sowie davon die für den Energieholzsektor bedeutendsten)

Projektregion	Politische Instrumente gemäß Projekt S2BIOM *	Davon relevant für den Energieholzsektor **
Estland (EST)	20	5
Finnland (FIN)	48	5
Deutschland (GER)	24	6
Lettland (LV)	12	4
Litauen (LT)	15	6
Schweden (SWE)	14	4

*Internet Search Operator Provided by S2BIOM Project: <https://s2biom.vito.be/>

**Die Anzahl ergibt sich aus dem im vorhergehenden Kapitel erwähnten Fragebogen aus Sicht des Projektes Baltic ForBio mit Bezug auf Waldrestholz, Stubben, anderweitig nicht vermarktbare Rundholz und Holz aus Kurzumtriebsplantagen.

Estland

Biomasse ist die wichtigste Quelle erneuerbarer Energien in Estland. Für die Wärmezeugung wird sie seit Jahrhunderten genutzt, ohne dass dafür eine Förderung notwendig gewesen wäre. Allerdings haben staatliche Fördermaßnahmen geholfen, den Übergang von fossilen Brennstoffen hin zu erneuerbaren zu beschleunigen.

Die Förderung erneuerbarer Energien wurde schrittweise durch finanzielle Hilfen bei Investitionen und Gewährleistungen für den Betrieb von Anlagen aufgebaut. Das Ministerium für Wirtschaft und Verkehr, das Finanzministerium, das Umweltministerium sowie das Ministerium für ländliche Angelegenheiten (früher Landwirtschaftsministerium) waren die wichtigsten Akteure bei der Einführung von staatlichen Maßnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien. Das *Environmental Investment Center* (KIK), die *KredEx Foundation* sowie das staatliche *Agricultural Registers and Information Board* (ARIB) sind die durchführenden Institutionen.

In Estland wird die Pflege von Waldbeständen im Alter unter 30 Jahren gefördert. Die Fördermittel gehen an die Waldbesitzer. Fördermittel, die auf die produzierte Energie bezogen sind, gehen an die Besitzer von Bioenergieanlage. Die derzeit einzige direkte staatliche Unterstützung des Einsatzes für Biomasse ist die Beihilfe zum Anlagenbetrieb. Nach dem Strommarktgesetz können Stromproduzenten, deren Anlagen weniger als 125 MW der Netzkapazität nutzen, Unterstützung erhalten. Erneuerbare Energien im Sinne dieses Gesetzes sind Wasser, Wind, Sonne, Gezeiten/Wellen, Geothermie, Hydrostatik, Deponiegas, Biogas und Biomasse⁴⁵.

Die Förderung, die vom Netzbetreiber dem Stromproduzenten für Strom aus erneuerbaren Quellen gezahlt wird, beträgt 57,30 €/MWh mit einer Laufzeit von 12 Jahren ab Produktionsstart.

Entsprechend der Gesetzgebung werden die Mittel von Netzbetreiber AS Elering gezahlt. Die entstehenden Kosten werden vom Konsumenten über eine Abgabe für erneuerbare Energien getragen. Im Fall von Holz wird die Förderung für die Stromproduktion in Anlagen mit Kraftwärmekopplung gezahlt.

Es gibt staatliche Pläne, Unternehmen für den Einsatz erneuerbarer Energien anstelle von Erdöl zu fördern. Die geschätzte jährliche Fördersumme würde rund 5 Millionen betragen. Dadurch könnte der Einsatz von Biomasse in geeigneten Anlagen theoretisch um 250.000 m³ erhöht werden. Realistische Schätzungen gehen von 100.000 bis 200.000 m³ aus.

Finnland

Staatlich geförderte Aktivitäten im Bereich Forstwirtschaft:
Nachhaltige Pflege und Nutzung von Wäldern, Erhalt und Förderung von Waldökosystemen und der biologischen Vielfalt, Holznutzung und andere geeignete Maßnahmen.

Die Ernte von Schwachholz im Rahmen der Waldpflege wird über spezielle Förderung von Energieholz aus Schwachholz unterstützt. Die Beihilfe wird für Rundholz ausge-

zahlt, das bei der Pflege von Jungbeständen und Erstdurchforstungen anfällt. Waldbesitzer können die Hilfe unabhängig vom aktuellen Holzmarkt und den erzielbaren Preisen erhalten. Die Fördersumme betrug im Jahr 2017 bei 430 € je Hektar. Das entspricht etwa 9 € / m³ für das Rundholz. Der durchschnittliche Preis für Energieholz lag bei 20,56 € und der Preis für Stubben bei 3,54 €. Die Förderung hat einen direkten Einfluss auf die Entscheidungsfindung zur Durchführung von Pflegemaßnahmen und die Profitabilität der Holzernte.⁵

Die Voraussetzungen für die Auszahlung der Förderung sind

- a) Mindestgröße der Fläche 2 ha
- b) Höhe des verbleibenden Bestands mindestens 3 m
- c) mittlerer Brusthöhendurchmesser (BHD) des Ausgangsbestands maximal 16 cm
- d) Entnahme von mindestens 1.500 Bäumen mit einem Durchmesser von mindestens 2 cm am Wurzelanlauf je Hektar
- e) guter Bestandeszustand 10 Jahre nach der Maßnahme
- f) Zahlung von zusätzlichen 200 € je Hektar, wenn mindestens 35 m³ je Hektar entnommen werden.

Staatliche Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien:

Wind, Biogas sowie Stromproduktion aus holzartiger Biomasse in kleinen Anlagen wird durch Einspeisevergütungen gefördert. Gefördert werden nur neue Anlagen. Für Strom aus der Kraft-Wärmekopplung (Biogas oder holzartige Biomasse) wird ein höherer Tarif in Form einer Wärmeprämie gezahlt, sofern die Nutzung und Gesamteffizienz der Anlage den geforderten Standards entspricht. Die geförderten Holzarten sind auf frisches Holz "direkt aus dem Wald" (Kronenmaterial, Stubben, Schwachholz, Waldrestholz) begrenzt. Die Vorschrift wurde eingeführt um zu verhindern, dass stofflich nutzbare Holzsortimente für die Energieerzeugung eingesetzt werden. Die Laufzeit beider Fördermechanismen beträgt 12 Jahre.

Deutschland

Der Nationale Klimaschutzplan 2050 unterstreicht sowohl die Bedeutung der Holznutzung als auch den Schutz der Wälder für die Speicherung von Klimagasen. Die Charta für Holz 2.0 führt verschiedene Aktionsfelder zur Förderung der Holznutzung im Detail auf. Die Forstpolitik von Bund und Ländern setzt einen weiteren Schwerpunkt auf den Schutz und Erhalt der Wälder vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen sowie auf Fragen des Naturschutzes. Die Nutzung von Waldenergieholz für die Wärmeerzeugung in Haushalten wird über das Marktanzreizprogramm gefördert. Seit 2020 können bis zu 45% der förderfähigen Ausgaben für Holzheizungen geltend gemacht werden. Das betrifft nicht nur die Kessel selbst, sondern auch weitere notwendige Investitionen, um Pellets, Hackschnitzel und Scheitholz nutzen zu können.

Lettland

Um eine effizientere Nutzung von Waldenergieholz im Bereich der staatlichen Energieproduktion zu unterstützen, wären als Grundlage zunächst Änderungen in der Holznutzungspolitik erforderlich. Eine Lösungsmöglichkeit könnten Joint Ventures zwischen Waldbesitzern, Energieproduzenten und Endabnehmern sein, um eine weitest gehende Ausnutzung der im Holz gespeicherten Energie zu ermöglichen. Konkrete Maßnahmen werden im Nationalen Klima- und Energieaktionsplan 2021-2030 aufgelistet sowie im Programm für die ländliche Entwicklung. Biomasse als Quelle erneuerbarer Energien ist jedoch derzeit nicht ausreichend berücksichtigt.

Litauen

Die wichtigste Maßnahme zur Unterstützung der "grünen" Stromproduktion ist die Preisbindung für Strom aus erneuerbaren Energiequellen. Damit wird die Erzeugung von Strom aus Wind, Biomasse, Sonnenenergie und Wasserkraft in Anlagen bis 10 MW Leistung gefördert. Für Anlagen im Bereich erneuerbare Energien gibt es darüber hinaus einen Rabatt von 40% auf die Anschlussgebühren an das Stromnetz.

Das Wärmemarktgesetz sieht vor, dass der Staat (die Kommunen) zum Kauf von Wärme aus Bioenergie für Nahwärmenetzen ermutigen soll. Bei gleichem Preis gilt folgende Rangfolge zur Bevorzugung unabhängiger Wärmelieferanten⁴⁶:

- 1) Wärme von Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung, die erneuerbare Energiequellen nutzen
- 2) Wärme aus erneuerbaren Quellen und Geothermie
- 3) Abwärme von Industrieanlagen
- 4) Wärme von hocheffizienten Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung
- 5) Wärme aus fossilen Energieträgern.

Für Unternehmen und Privatpersonen, die die Nutzung von Biomasse für die Energieerzeugung nachweisen können, sind Erleichterungen bei Umweltabgaben für Emissionen von stationären Emissionsquellen vorgesehen.⁴⁷ Energieträger, die zumindest teilweise aus biologischem Material bestehen, werden mit reduzierten Steuersätzen (Verbrauchssteuer) belegt.⁴⁸

Das National Energy Regulatory Council (NERC) startete am 2. September 2019 zum ersten Mal einen Wettbewerb, dessen Gewinner eine Prämie auf den aktuellen Börsenkurs des Unternehmens erhalten wird. Der Wettbewerb ist technologieneutral und soll generell die Entwicklung erneuerbarer Energien unterstützen.¹⁹

Es gibt einige Programme der EU, die den Austausch veralteter Heizkessel gegen moderne Biomassekessel unterstützen. Private Haushalte können Biomasse mit vergünstigtem Mehrwertsteuersatz erwerben. Kleine Unternehmen und private Haushalte können im Rahmen des Programms „Investitionen für die Waldentwicklung und Verbesserung der Vitalität von Wäldern“ Fördermittel für Investitionen in Technik zur Aufbereitung von Rundholz und Energieholzsortimenten erhalten.

2. GEWINNUNG VON WALDENERGIEHOLZ ALS TEIL DER JUNGBESTANDSPFLEGE UND FRÜHER DURCHFÖRSTUNGSEINGRIFFE

2.1. Technologische Aspekte der Energieholzernte

Da die Bedingungen in den Wäldern der Länder im Ostseeraum unterschiedlich sind (Klima, forstliche Praxis etc.), gibt dieser Teil des Handbuchs einen generellen Überblick die Vorteile verschiedener Holzerntemethoden. Die Informationen können Forstpraktiker in ihren Entscheidungen unterstützen.

Die dargestellten Hinweise basieren hauptsächlich auf Erfahrungen in den nordischen Ländern. Sie sind allgemeingültig gehalten, da sowohl die Preisgefüge als auch die konkreten Einsatzbedingungen in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich sein können. Auf die länderspezifischen Bedingungen wird – soweit sie erwähnenswert sind – anhand von Fallbeispielen eingegangen. Die vorgestellten Herangehensweisen können den Wissenserwerb sowohl auf individuellem Level als auch in Organisationen unterstützen.

In diesem Kapitel sollen die folgenden Schlüsselfragen beantwortet werden: Warum ist es sinnvoll, eine bestimmte Technologie aufgrund von Produktivitäts- und Profitabilitätsanalysen zu wählen? Oder gibt es andersgelagerte Gründe, die zur technischen einer bestimmten Holzerntemethode geführt haben?

2.1.1. Bereitstellung von Energieholz als Teil der Jungbestandspflege

Checkliste für frühe waldbauliche Eingriffe in Fichtenbeständen

Die Jungwuchspflege kann so gestaltet werden, dass 4.000 bis 5.000 Bäume je Hektar verbleiben und dann später beim ersten Durchforstungseingriff Energieholz gewonnen wird. Die zusätzlichen Bäume für die Energieholzproduktion sind Birken mit einer Anzahl von 1.000 – 3.000 Individuen pro Hektar, die maximal die Höhe der dominierenden Fichte erreichen dürfen. Dieser Eingriff wird spätestens bei einer Höhe von 2 bis 2,5 m der dominierenden Fichtensetzlinge empfohlen. Wird die Pflegemaßnahme mehr als zehn Jahre nach der Bestandesbegründung durchgeführt wird, ist dies zu spät, denn die Birken haben bereits die Fichten im Höhenwachstum überholt⁴⁹

Optimaler Zeitpunkt für waldbauliche Maßnahmen

Feldversuche in Finnland haben ergeben, dass der beste Zeitpunkt für die Jungwuchspflege in der Fichte bei einer Höhe von 1,5 bis 2 m liegt. So kann erreicht werden, dass die vorhandenen Laubbäume bis zum ersten Durchforstungseingriff bei 8 bis 12 m das Wachstum der Hauptbaumart Fichte nicht einschränken. Üblicherweise wird diese Vorgehensweise in Beständen gewählt, in denen die gepflanzten Fichten oder Kiefern durch Birke in Naturverjüngung ergänzt wird. Die im Bestand belassenen Birken dürfen die vorherrschende Höhe der Fichten (oder Kiefern) nicht überschreiten. Die Standortbonität ist in Fichtenbeständen aus natürlicher Verjüngung recht gut. Deshalb ist ein hohes Potenzial für die Energieholzproduktion vorhanden. Dennoch ist die Vollbaumnutzung nicht empfehlenswert. Vielmehr sollten die Stämme zumindest grob entastet werden und Zweige und Nadeln bzw. Blätter im Bestand verbleiben, um Nährstoffverlusten vorzubeugen⁴⁹



Bild 5. Die zusätzlichen Bäume für die Energieholzproduktion sind Birke aus Naturverjüngung mit einer Dichte von 1.000 – 3.000 Individuen pro Hektar, deren maximale Höhe der dominanten Fichten nicht überschreitet (Photo: Pentti Niemistö)

2.1.2. Holzernte mit Mehrfachfällköpfen

Generelle Herangehensweise

Die Wahl einer Holzerntetechnologie beruht im Regelfall auf der Produktivität unterschiedlicher Holzerntesysteme (z.B. effiziente Ausnutzung und wirtschaftlicher Nutzen von Maschinen). Zusätzlich sollten Faktoren wie Flexibilität, Qualität des Arbeitsergebnisses und der hergestellten Produkte, Umweltaspekte und waldbauliches Ergebnis im Sinne von Schäden und Eigenschaften des verbleibenden Bestandes in die Überlegungen einbezogen werden.

Für junge Waldbestände gibt es diverse technische Lösungen für das Fällen und Entasten der Bäume, die unterschiedliche Auswirkungen auf die erntbare Holzmenge, die Aushaltung von Derbholz- und Energieholzsortimenten und den Umfang der im Bestand verbleibenden Hiebsreste haben.⁵⁰

Ein typischer Einsatzfall für Energieholzernte sind laubholzdominierte junge Waldbestände, in denen aus den meisten geernteten Bäumen bereits Industrieholzsortimente gewonnen werden können. In solchen Beständen sind das h/d- (Höhe zu Durchmesser) Verhältnis der Bäume und die Anzahl von Bäumen je Hektar hoch. Eine Möglichkeit der Sortimentsbildung ist die Kombination von einem oder mehreren Industrieholzsortimenten mit einem Energieholzsortiment. Bäume unterhalb der Dimension für die Industrieholzgewinnung und Kronen werden ebenfalls entnommen.¹⁷



Bild 6. Holzerntemaßnahme durchgeführt mit einem Fällkopf, der das Handling mehrerer Stämme in einem Arbeitsgang ermöglicht. (Photo: Erik Viklund)

Möglichkeiten, die Produktivität von Durchforstungseingriffen zu erhöhen – geometrische oder selektive Pflege

Um die Produktivität der Pflege dichte, junger Waldbeständen zu erhöhen, können geometrische Verfahren der Holzernte zwischen den Rückegassen angewandt werden. Ein Beispiel ist das Fällen aller Bäume in engen Fällkorridoren von der Rückegasse aus. In den Korridoren können Mehrfachfällköpfe verwendet werden, die die entnommenen Bäume in aufrechter Position sammeln und dann an der Rückegasse für die Aufbereitung ablegen. Im Vergleich zur althergebrachten Methoden der selektiven Pflege belegen Zeitstudien die bessere Holzernteproduktivität und Profitabilität von geometrischen Holzernteverfahren unter Verwendung moderner Forsttechnologie. Versuche belegen außerdem, dass mehr Waldenergieholz effizient geerntet werden könnte. Vorbehaltlich weiterer technischer Entwicklungen, könnten Pflegeverfahren mit Fällkorridoren sogar noch wettbewerbsfähiger werden und sogar in Beständen mit sehr geringen Durchmessern profitabel eingesetzt werden.⁵¹

Multifunktionale Fällköpfe

Viele Forstunternehmen sind sowohl in der Holzernte mit Produktion stofflicher Holzsortimente als auch in der Energieholzernte tätig. Technikhersteller haben deshalb Fällköpfe entwickelt, die gleichermaßen in der Produktion von Industrierundholz als auch für die Ernte von Energieholz einsetzbar sind.⁵¹

Herausforderung Holzerntekosten

Die Pflege junger Waldbestände ist notwendig, um zukünftig vitale und produktive Wälder zu erhalten. Die hohen Kosten können in vielen Beständen durch große Entnahmemengen an Waldenergieholz zumindest zum Teil gedeckt werden. Es gibt ein erhebliches Potenzial, die Ernte von Schwachholz in solchen frühen Pflegemaßnahmen zu erhöhen. Die Ernte von Schwachholz wird jedoch aufgrund der hohen Holzerntekosten in Kombination mit fallenden Preisen für Energieholz zunehmend unattraktiv.⁵¹



Bild 7. Die Pflege junger Waldbestände ist notwendig, um zukünftig vitale und produktive Wälder zu erhalten. (Photo: Maria Iwarsson Wide)

Unterschiedliche Aushaltungsvarianten – Vollbaum, Rohschaft oder Rundholzabschnitte

Schwachholz kann in unterschiedlicher Form aufbereitet werden, z.B. in Form von Vollbäumen, von grob entasteten Rohschäften sowie als Industrie- oder Energierundholz. Das gewonnene Energieholz ist aufgrund des hohen Anteils an Derbholz von guter Qualität. Außerdem ist es relativ unproblematisch in der Handhabung sowie beim Hacken und beim Transport.⁵¹



Bild 8. Drei technische Lösungen für das Ablängen werden bei der Ernte von Schwachholz mit Harvesterkopf eingesetzt. (Photo: Maria Iwarsson Wide)

Technische Lösungen für das Abtrennen und Ablängen bei der Schwachholzernte

Drei technische Lösungen für das Ablängen werden bei der Ernte von Schwachholz mit Harvesterkopf eingesetzt: Klinge(n), Kreissäge und Kettensäge. Alle drei Lösungen haben ihre Vor- und Nachteile. Der wichtigste Aspekt ist allerdings die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems und nicht nur die Frage, wie die Bäume nach dem Fällen gehandhabt und bearbeitet werden.

- Klingen sind robust aber der Schneid- bzw. Abtrennvorgang verläuft langsam.
- Kreissägen haben den Vorteil, dass der Schneid- bzw. Abtrennvorgang sehr schnell verläuft. Allerdings sind sie empfindlicher.
- Kettensägen sind die traditionelle Lösung in der Holzernte, und man kann flexibel zwischen der Produktion von Industrieholz und Energieholz wechseln. Nachteilig sind die hohen Kosten bei der Ernte sehr schwacher Bäume.



Bild 9. Spezieller Holzerntekopf für die effiziente Ernte von Schwachholz in der Fäll-Phase (Photo: Maria Iwarsson Wide)

Effizienz in der Fäll- und in der Sammel-Phase des Holzerntevorgangs

Eine geeignete Holzernteeinheit sollte in der Lage sein, mehrere Bäume in einem Arbeitsgang zu fällen, zu sammeln, das Bündel zusammenzuhalten und zu komprimieren sowie, wenn notwendig, in Abschnitte abzulängen, die dann für das Rücken oder den Straßentransport geeignet sind.⁵¹

Transport über das Rückegassennetz zum Polterplatz an der Waldstraße

Die nicht entasteten Stämme werden in Bündeln an der Rückegasse abgelegt, entweder in voller Länge oder in Abschnitten, und dann zur Waldstraße gerückt. Normalerweise finden Lagerung und Hacken an der Waldstraße statt. Anschließend werden die Hackschnitzel entweder direkt oder über ein Terminal (Lagerplatz, Biomassehof, Umschlagplatz zum Wechsel des Transportmittels und ggf. auch Verkehrsträgers etc.) zum Kunden transportiert.⁵¹



Bild 10. Lagerung und Hacken an der Waldstraße. Die Hackschnitzel werden anschließend direkt oder über ein Terminal zu den Kunden transportiert. (Photo: Lars Eliasson)

Erreichbarkeit ist ein großes Problem in den baltischen Staaten. Häufig können geeignete Waldbestände nicht für die Energieholzernte genutzt werden, weil die benötigte Infrastruktur fehlt. Der Bau und Ausbau von Waldstraßen ist dringend notwendig, um die Situation zu verbessern.

Vorteile von Harwardern

Für die mechanisierte Ernte von Schwachholz können neben dem traditionell eingesetzten System aus zwei Maschinen (Harvester und Forwarder) auch sogenannte Harwarder genutzt werden. Diese ernten die Bäume und transportieren sie auch zur Waldstraße. Studien haben gezeigt, dass Harwarder bei der Vollbaumernte gegenüber Zwei-Maschinen-Systemen vorteilhaft sind, wenn die Rückedistanz sehr kurz (<150 m), das Mittelstammvolumen gering (<0.02 m³) sowie die Hiebsmenge je ha sehr klein ist (<55 m³/ha).⁵¹



Bild 11. Energieholz-Harwarder sind bei kurzen Rückedistanzen kosteneffizienter als Zwei-Maschinen-Systeme. (Photo: Juha Laitila)

Auslastung der Maschinen

Harwarder sind kosteneffizient, wenn der Aufwand für das Fällen und Aufarbeiten im Verhältnis zum Aufwand für das Rücken hoch ist. Harwarder sind vor allem für Einsteiger interessant, da sie es erlauben, zu einem späteren Zeitpunkt das Geschäft flexibel auszubauen, z.B. in dem der Fällkopf an eine andere Trägermaschine montiert wird und der Harwarder zu einem konventionellen Forwarder umgebaut wird. Gerade in kleinen Unternehmen kann eine Maschine, die für mehrere Zwecke eingesetzt wird, besser ausgelastet werden. Generell ist es einfacher, für sie geeignete Aufträge zu akquirieren als die gleichmäßige Auslastung von zwei Maschinen zu ermöglichen und deren Einsatz aufeinander abzustimmen.



Bild 12. Holzernte mit Zwei-Maschinen-System-Harvester für Fällen und Aufarbeiten, Forwarder für das Rücken zum Polterplatz an der Waldstraße. (Photo: Juha Laitila)

Wie kann ein Produktivitätssprung erzielt werden?

Für die Schwachholzernte in sehr dichten Beständen wurden Prototypen für kontinuierlich arbeitende Fällköpfe entwickelt. Diese Köpfe arbeiten mit kontinuierlichem Fällen und Sammeln der geernteten Bäume und sind z.B. für die geometrische Pflege mit Fäll-Korridoren geeignet. Aus theoretischen Simulationen lässt sich ableiten, dass sich die Holzernteproduktivität bei sehr dünnem Schwachholz mit diesem Prinzip verdreifachen ließe. Feldversuche zur Überprüfung der Funktionalität und Leistungsfähigkeit von Prototypen solcher Fällköpfe bestätigen grundsätzlich das Potenzial für die Leistungssteigerung.⁵¹ Bis eine Verdreifachung der Produktivität in der Praxis wirklich erreicht werden kann, ist allerdings noch viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit notwendig.

Wie kann die Produktivität der Kranarbeiten verbessert werden? Neun Bäume je Fällzyklus

Um das Rücken und den Weitertransport von Schwachholz zu rationalisieren, wurden verschiedene Fäller-Bündler-Aggregate entwickelt. Bei der Schwachholzernte besteht ein Großteil des Aufwands für den Harvester in Kranarbeiten. Die Produktivität könnte durch verbesserte Bündelvorrichtungen zukünftig verbessert werden.⁵¹



Bild 13. Ein Großteil des Zeitaufwands für die Schwachholzernte mit Harvester entfällt auf Kranarbeiten. Auf dem Bild werden Birken aus einem Fichtenbestand entfernt. (Photo: Örjan Grönlund)

Ein Schlüssel für die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Schwachholzernte ist in der Kapazität von Holzernteköpfen für das Fällen von mehreren Bäumen in einem Arbeitsgang zu suchen. Fast die gesamte Schwachholzernte findet aktuell in Schweden bereits mit Fäll-Sammelköpfen statt. Mit existierender Technik könnte die Produktivität um 15 bis 30 % erhöht werden, wenn die Anzahl an Bäumen je Fällzyklus von heute drei auf sechs bis neun Bäume erhöht würde. Verbesserte Arbeitsverfahren mit einer Optimierung der Reihenfolge, in der die Bäume gefällt werden, können die Kranarbeit weiter verringern. Dadurch sind Produktivitätssteigerungen möglich, ohne dass dies zur einer Mehrbelastung des Maschinenführers führt.⁵¹

Bei Fäll-Sammel-Köpfen mit Vorschubwalzen kann problemlos zwischen der Aushaltung von Industrieholz und Energieholz hin- und hergewechselt werden. Das bringt eine große Flexibilität bei der Schwachholzernte mit sich. Zurzeit sind Maschinensysteme mit Sägeschwert und zusätzlichem Sammelaggregat beliebt. Kräne mit großer Reichweite sind häufiger als kurze Kräne und meistens auch besser geeignet, weil mehr Bäume von einem Standplatz auf der Rückegasse aus erreicht werden können. Das bedeutet aber auch, dass große Trägerfahrzeuge benötigt werden, um mehrere Bäume bei voller Kranauslage heben zu können.⁵¹



Bild 14. Harvesterköpfe mit Einzugswalzen und Sammelaggregat sind gut geeignet, wenn flexibel zwischen der Produktion von Industrierundholz und Energieholz gewechselt werden soll. (Photo: Juha Laitila)

2.1.3. Rücken

Effizientes Rücken – Ladungsoptimierung

Für effizientes Rücken ist es wichtig, die gefällten Bäume an wenigen Stellen an der Rückegasse zu konzentrieren. Beim Rücken von entastetem Schwachholz kann fast die gleiche Produktivität erreicht werden wie bei Industrierundholz (etwa 95 %). Die etwas geringere Ladung bei kleineren Durchmesser ist auf den niedrigeren Anteil an Festmasse bei gleichem Volumen zurückzuführen. Bei teilentasteten Schäften für Energieholz kommt man auf 80 bis 90% der Leistung und bei unverdichteten Baumteilen (z.B. Kronen, Vollbäume) auf etwa 65%.⁵¹



Bild 15. Beim Rücken von Vollbäumen wird eine etwas geringere Auslastung beim Rücken erreicht, weil die Festmasse bei gleichem Volumen durch die Äste und sehr kleinen Durchmesser geringer ist. (Photo: Maria Iwarsson Wide)



Bild 16. Korrekte Energieholz-Lagerung in Poltern an der Waldstraße. Die Polter werden so hoch wie technisch möglich bzw. unter Sicherheitsaspekten sinnvoll angelegt. Die Stämme schließen an der Vorderseite möglichst bündig ab. Die oberste Schicht wirkt als Schutz gegen Regen. (Photo: Juha Laitila)

Straßentransport

Teilentastete Abschnitte sind ein gängiges Sortiment bei der Ernte von Energieholz mit Mehrfachfällköpfen. Wenn die Abschnitte weitgehend entastet sind, ist ein Transport mit normalen Rundholz-Lkw mit Rungen möglich. Andernfalls ist es empfehlenswert, spezielle Transportfahrzeuge für den Energieholztransport einzusetzen, bei denen die Seiten geschlossen oder andere Vorrichtungen vorhanden sind. Je größer die Dimension der geernteten Bäume, um so sinnvoller ist es, Energieholz- und Industrieholzproduktion miteinander zu verbinden.⁵¹



Bild 17. Je besser die Abschnitte entastet sind, umso eher können normale Rundholz-Lkw für den Transport genutzt werden. Das Bild zeigt den Transport von Schwachholz aus einem Birkenbestand, das für eine Pellet-Fabrik in Jēkabpils, Lettland, bestimmt ist. (Photo: Andis Lazdiņš)



Bild 18. Nicht entastetes Energieholz oder ungebündeltes Waldrestholz kann in speziellen Biomasse-Lkw mit fester Seitenwand und festem Boden transportiert werden. (Photo: Juha Laitila)

Weitere Verarbeitung und Lieferung der Festbrennstoffe zum Kunden

Liefersysteme für Waldhackschnitzel unterscheiden sich grundsätzlich darin, wo das Hacken stattfindet (Waldstraße, Terminal, Bioenergieanlage) und in welcher Form das Material dem Kunden geliefert wird. Wird das Energieholz erst an der Bioenergieanlage oder an einem speziellen Terminal gehackt, sind die jährlichen Durchsatzmengen groß, die Auslastung des Hackers ist hoch und in der Folge sind die Kosten für das Hacken gering. In diesem Fall wird das Energieholz unaufbereitet (als Vollbäume, Rohschäfte, Abschnitte, loses Material) per Lkw zur Bioenergieanlage oder zum Terminal transportiert.¹⁷

Nachteilig bei Aufbereitung an der Bioenergieanlage oder an einem Terminal ist die geringe Auslastung der Transportfahrzeuge für den Transport des unaufbereiteten Materials. Um das Ladungsgewicht zu erhöhen und die Kosten zu senken, muss die Biomasse vor dem Transport verdichtet werden. Dafür gibt es die folgenden technischen Lösungsansätze: Verdichtung in Bündeln, Transport von entasteten Abschnitten statt Vollbäumen, Zerkleinern von Stubben und Wurzelholz.¹⁷



Bild 19. Die Gestaltung von Bereitstellungssystemen für Hackschnitzel baut auf der Grundsatzentscheidung auf, wo die Verarbeitung zu Hackschnitzeln stattfindet. (Photo: Juha Laitila)

Da mit der Installation eines Hackers an der Bioenergieanlage oder an einem Terminal hohe Investitionskosten verbunden sind, ist dies nur eine Option für große Anlagen bzw. große Durchsatzmengen am Terminal. Hinzu kommen mögliche Probleme durch die entstehenden Staub- und Lärmemissionen, wenn die Anlage oder das Terminal in der Nähe eines Wohngebiets liegt. Terminals können Bioenergieanlagen unterschiedlicher Größe beliefern und die Funktion eines Pufferlagers übernehmen. Das ist beispielsweise vorteilhaft, wenn die Zufahrt zum Wald aufgrund schlechter Witterung und Infrastruktur nicht möglich ist. Andererseits entstehen durch den zusätzlichen Transport und Umschlag erhebliche Mehrkosten. In Finnland werden Terminals mit Großhackern üblicherweise in der Nähe von Anlagen installiert, die Hackschnitzel einsetzen, oder in der Nähe von Produktionsstätten der Torfindustrie. Die Terminals können ebenfalls für die Lagerung fertiger Hackschnitzel genutzt werden.¹⁷

Beim Hacken im Wald wird üblicherweise direkt vom Polter in das Transportfahrzeug oder einen bereitgestellten Wechselcontainer gehackt. Hacker und Transportfahrzeuge arbeiten in dem Fall eng zusammen, und die Abläufe müssen entsprechend gestaltet werden. Selbst wenn Hack- und Transportkapazitäten gut aufeinander abgestimmt sind, entstehen oft Wartezeiten entweder für den Hacker oder eines der Transportfahrzeuge. Mögliche Behinderungen des Straßenverkehrs durch das Hacken am Straßenrand lassen sich nicht immer vermeiden. Beim Hacken an der Waldstraße können die Ladekapazitäten der Transportfahrzeuge in der Regel voll ausgelastet werden. Diese Methode ist daher auch für längere Transportstrecken geeignet, und wird sowohl für kleine als auch für große Bioenergieanlagen eingesetzt. Der Großteil der Waldhackschnitzel in Finnland wird direkt an der Waldstraße gehackt.¹⁷



Bild 20. Der Großteil der Waldhackschnitzel in Finnland wird direkt an der Waldstraße gehackt. (Photo: Lars Eliasson)

2.2. Wirtschaftliche Aspekte der Energieholzernte

Wettbewerbsfähigkeit von Waldhackschnitzeln gegenüber anderen Energieträgern wie z.B. Torf oder Kohle

In Finnland ersetzen Waldhackschnitzel Torf als Brennstoff in kleinen Bioenergieanlagen. Bei großen Kraftwerken in Küstennähe liegt es näher, Kohle einzusetzen als Torf oder Waldhackschnitzel.⁵²

Schwachholz als Rohmaterial für Waldhackschnitzel

Während der frühen Pflegeeingriffe in Waldbeständen werden vor allem Industrieholz und Energieholz produziert. Die Eingriffe sind kaum profitabel wegen der hohen Holzerntekosten aufgrund der geringen Stückmasse und der geringen Erntemenge je Hektar. Die Holzfasern sind qualitativ für die Zellstoff- und Papierproduktion noch nicht optimal.⁵⁰

Die Bereitstellungskosten für Schwachholz als Energieholz übersteigen zurzeit in der Regel den Preis für Waldhackschnitzel. Um den Markt zu entwickeln und die Mengen zu erhöhen, wäre eine Förderung der Bereitstellungsketten für Energieholz (Holzernte, Hacken) denkbar oder aber die Schaffung von Anreizen durch steuerliche Instrumente.⁵²

Sortimentsverfahren mit Industrieholz und Energieholz ermöglichen es, relativ große Mengen an bisher ungenutzten Energieholzpotenzialen zu erschließen und gleichzeitig die höherwertigen Sortimente zu höheren Preisen an die Holzindustrie zu vermarkten.²²

Einzelfallentscheidungen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Waldhackschnitzeln

Die wirtschaftliche Nachhaltigkeit der Schwachholzernte kann verbessert werden, indem der Pflegeeingriff erst stattfindet, wenn die zu erntenden Bäume geeignete Dimensionen für die Aushaltung größerer Mengen Industrierundholz erreichen. Dadurch kann das Verhältnis von Kosten zu Erlösen für beide Sortimente (Industrieholz und Energieholz) verbessert werden.⁵²

Die Erntekosten für Schwachholz sind hoch. Den größten Anteil hat der Prozess des Fällens (bzw. Fällen und Sammeln) mit 60 bis 75 % der Kosten. In jungen Waldbeständen ist ein vergleichsweise großer Anteil der vorhandenen Biomasse in Ästen und Kronen konzentriert. Zum Zeitpunkt der Läuterung oder vorgezogenen Erstdurchforstung liegt die entnommene Biomassemenge bei der Energieholzernte um mindestens 50% höher als bei der traditionellen Aushaltung von Industrierundholz.⁵¹



Bild 21. Im Vergleich zur Aushaltung von Industrierundholz liegt die entnommene Biomassemenge bei der Energieholzernte mindestens 50% höher. (Photo: Erkki Oksanen)

Entnahme des Unterwuchses vor Holzerntemaßnahmen

Um die Produktivität zu erhöhen und Schäden am stehen Bestand vorzubeugen, sollte vor Maßnahmen der Schwachholzernte eventuell bestehender Unterwuchs entfernt werden.¹⁷

Durch Entnahme der schwächsten Bäume (BHD <4 cm) im Vorfeld der Maßnahme werden die durchschnittliche Stückmasse bei der Holzernte und dadurch die Produktivität erhöht. In Finnland ist es deshalb üblich diese in vielen Fällen finanziell kurzfristig nicht darstellbare Maßnahme durchzuführen.⁵¹ Sie ist vor allem in Beständen mit dichtem Unterwuchs auf fruchtbaren Böden sinnvoll. In Finnland werden etwa die Hälfte der Bestände so auf die maschinelle Holzernte vorbereitet. Durch die Entnahme des Unterwuchses entstehen zusätzliche Kosten von etwa 300 bis 400 Euro pro Hektar.



Bild 22. Wenn Energieholz in Sortimentsverfahren mit Industrieholzproduktion gewonnen wird, fällt ein großer Anteil der Biomasse als Ast- und Kronenmaterial an. (Photo: Erkki Oksanen)

Vermarktung der gesamten anfallenden Menge als Energieholz

Die Länge, Qualität und der Durchmesser der produzierten Sortimente wird je nach Marktlage und Voraussetzungen des Bestandes variiert. Dadurch lässt sich beeinflussen, welche Mengen an Industrieholz und Energieholz auf einer Fläche anfallen. Industrieholz erzielt höhere Preise als Energieholz und wird deshalb im Normalfall nicht an Bioenergieanlagen vermarktet. In sehr jungen Beständen kann die Menge des produzierbaren Industrieholzes aber so gering oder die Qualität so schlecht sein, dass die reine Energieholzernte profitabler ist.¹⁷



Bild 23. In sehr jungen Beständen kann die Menge des produzierbaren Industrieholzes so gering oder die Qualität so schlecht sein, dass die reine Energieholzernte vorteilhaft ist. (Photo: Maria Iwarsson Wide)

Nach derzeitigen Empfehlungen kann in Kiefern- und Birkenbeständen auf wüchsigen Standorten Biomasse in Form von Kronen und Ästen für die Energieholzproduktion ohne nennenswerte Beeinträchtigung ihrer Wuchsleistung entzogen werden. Die gesamte anfallende Erntemenge wird in Industrieholz und Energieholz in Abhängigkeit der Qualitätsanforderungen (Minstdurchmesser) des Abnehmers für das Holzsortiment eingeteilt. In Finnland liegt der Minstdurchmesser für Industrieholz zurzeit bei mindestens 6 cm über Rinde, für Birke bei 6 cm und für Fichte bei 6 bis 8 cm je nach Verwendung. Wird die Anforderung an den Minstdurchmesser nur um einen Zentimeter verändert, hat dies bereits deutliche Auswirkungen auf den Mengenanfall an Energieholz.⁵⁰



Bild 24. Waldlager nach der Schwachholzernte im Sortimentsverfahren – links Industrieholz, rechts Energieholz. (Photo: Juha Laitila)

Besonderheiten der Preisfindung zwischen Industrieholz und Energieholz in den Baltischen Staaten

Im Baltikum wird Industrieholz in Abschnitten mit 3 m Länge produziert. Das ist günstig für den Schiffstransport, der vor allem in Richtung Finnland oder Schweden geht. Fixlängen werden produziert, um die Ladung auf den Langstreckentransporten zu optimieren. In den nordischen Ländern variiert die Länge der Industrieholzabschnitte je nach Abnahmevertrag zwischen 2,7 m und 5,5 m. In der Praxis werden häufig nur Abschnitte mit 3 m Länge produziert, auch wenn die Baumdimensionen Abschnitte mit 4 m Länge erlauben würden.

Waldhackschnitzel werden in der Regel preisgünstiger angeboten als Industrieholz. In vielen Fällen ist es nicht sinnvoll eine Kleinmenge von z.B. 10 m³ Industrieholz zu produzieren. Zusätzlich zu Industrieholz und Hackschnitzeln wird auch Brennholz für private Haushalte bereitgestellt. Da der Durchmesser zwischen 10 und 30 cm liegen sollte, stammt dieses allerdings eher aus späten Durchforstungen und Endnutzungen.



Bild 25. Verschiedene Holzsortimente aus einem Hieb in Litauen einschließlich Energieholz.
(Photo: Valda Gudynaitė-Franckevičienė)



Bild 26. Industrieholz und entastete Stämme auf einer Hiebsfläche neben der Rückegasse.
(Photo: Juha Laitila)

2.3. Ökologische Aspekte der Energieholzernte

Zu berücksichtigende Checkliste Ökologie – Insekten, Recycling und saisonale Planung

Die Lagerung und Abfuhr von Energieholz sollte so organisiert werden, dass es nicht zur Brutstätte für Schadinsekten wird und so die umliegenden Wälder gefährdet. Die Asche aus der Holzverbrennung sollte – so weit möglich – aufbereitet und als Dünger in den Wald zurückgeführt werden.⁵⁵ Allerdings ist die Düngung von Wäldern mit Asche beispielsweise in Estland nicht erlaubt. Der Hauptgrund hierfür ist, dass Einträge in Gewässer befürchtet werden. Da Holzasche rechtlich als Dünger gilt, fällt sie auch unter diese Regelung.

Untersuchungen der Estnischen Universität der Umweltwissenschaften schließen in der Empfehlung, die Gesetzgebung dahingehend zu ändern, dass der Einsatz von Holzasche erlaubt wird. Allerdings wird auf mögliche Gesundheitsgefahren beim Umgang mit trockener Holzasche hingewiesen. Daher wird empfohlen, die Zulassung auf Holzasche in Form von Granulat zu beschränken.

In Finnland wird empfohlen, die Holzernte jahreszeitlich und wetterabhängig zu planen, Nadelbaumstubben mit Harnstofflösung zu behandeln, Energieholzpolter während der Lagerung an der Waldstraße mit speziellen Folien abzudecken, um Schäden am verbleibenden Bestand und am Boden zu vermeiden.

Nährstoffe in den unterschiedlichen Baumteilen

Bei Fichten im Bereich von BHD 6 cm bis BHD 12 cm machen Äste, Krone und Nadeln 45 bis 55 % der Biomasse aus. Die Anteile bei Birke und Kiefer liegen zwischen 25 und 40 %. Etwa ein Drittel des gebundenen Stickstoffs befindet sich in Nadeln, Ästen und Krone. Die grünen Baumteile enthalten also ungleich mehr Nährstoffe als der Stamm. Entsprechend werden bei der Entnahme von nicht entasteten Baumteilen dem Bestand deutlich mehr Nährstoffe entzogen als bei der Produktion von Industrierundholz.⁵¹



Bild 27. Etwa ein Drittel des in der Biomasse von Bäumen gebundene Stickstoffs befindet sich in den Nadeln, den Ästen und der Krone. (Photo: Lars Eliasson)

Grüne Biomasse entnehmen oder im Bestand belassen?

In den 10 Jahren nach der Ernte und Entnahme von Vollbäumen wurde in Untersuchungen ein um 7 bis 17 % reduziertes Wachstum festgestellt. Das weist darauf hin, dass die im Boden verfügbaren Nährstoffe durch die Entnahme der grünen Biomasse deutlich verringert wurde. Im Vergleich zur reinen Rundholzernte ist dieser Nährstoffverlust deutlich höher. Pro Prozentpunkt der Zunahme der Biomasseentnahme erhöht sich der Nährstoffentzug bei Kiefer um 2 bis 3 Prozentpunkte, bei Fichte um 3 bis 4 Prozentpunkte und bei Laubbäumen in unbelaubtem Zustand um 1,5 Prozentpunkte.⁵¹



Bild 28. Die Entnahme von Vollbäumen vergrößert den Nährstoffentzug im Vergleich zur Rundholzernte. (Photo: Maria Iwarsson Wide)

In der Praxis lässt sich nie die gesamte Biomasse aus dem Wald entnehmen. Lässt man das Energieholz noch für einen Monat nach der Ernte im Bestand trocknen, so fällt ein Teil des Reisigs und der Nadeln ab und verbleibt im Wald. Das verringert den Nährstoffentzug. Außerdem verringert sich der Aschegehalt des Brennstoffes und damit der Verschleiß in der Bioenergieanlage.

Wie können Nährstoffverluste durch die Entnahme der Biomasse kompensiert werden?

Kompensationsmaßnahmen durch Ascheausbringen auf Torfböden und Stickstoffdüngung auf mineralischen Standorten sind möglich aber kostenintensiv. Die zusätzlichen Kosten müssen in die Kalkulation der Energieholzernte einbezogen werden. Eine zu intensive Energieholznutzung kann dazu führen, dass eine Düngung erforderlich ist. Das Ausbringen von Asche in stabilisierter Form (Granulat, Pellets) ist eine geeignete Methode, um Nährstoffverluste zu ersetzen. Negative Auswirkungen auf den Boden oder die Pflanzen sind nicht bekannt.⁵¹

Gibt es andere negative Auswirkungen der Schwachholzernte auf den Bestand?

Wenn starke Eingriffe in dichten Beständen durchgeführt werden, können diese zunächst empfindlicher gegen Sturm und Schneebruch sein. Untersuchungen in 14 Waldbeständen zeigen, dass zwei Jahre nach dem Eingriff nur 3,6 % der Bäume durch Wind- oder Schneebruch geschädigt waren. 0,9 % der Bäume zeigten Fällschäden und 0,7 % der Bäume wiesen Schäden unbekannter Ursache auf.⁵¹



Bild 29. Nach starken Pflegeeingriffen in vorher sehr dichten Waldbeständen besteht die Sorge vor erhöhter Gefahr von Wind- und Schneebruch. (Photo: Rimantas Gudynas)

3. INTEGRIERTE ENERGIEHOLZERNTEN IM RAHMEN VON DURCHFÖRSTUNGSEINGRIFFEN

Allgemeine Herausforderungen

Herausforderungen bei der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln aus Holzerntemaßnahmen entstehen vor allem durch die steigenden Kosten, die Fähigkeiten der Maschinenführer, die Verfügbarkeit von Fachkräften und die Integration von Abläufen in die Arbeitsverfahren.⁵⁴

Waldrestholz fällt generell nicht bei der Durchforstung an. Das gesamte Waldenergieholz aus frühen Pflegemaßnahmen und Durchforstungen fällt als entastetes Energieholz, als Kronenmaterial oder als Schwachholz (dann in Kombination mit Industrieholz) an. Die letzte Option wird zurzeit selten umgesetzt, da der Energieholzpreis in den letzten 5 bis 7 Jahren niedrig war.⁵¹

3.1 Technologische Aspekte der Energieholzernte – Qualität und Nachhaltigkeit

Entastetes Energierundholz

Die Bereitstellung von entastetem Energierundholz wird immer häufiger bevorzugt, da sie eine hohe Hackschnitzelqualität ermöglicht und die Ladungseigenschaften für den Straßentransport günstig sind. Außerdem verbleibt ein größerer Teil der Nährstoffe im Wald, was einen positiven Einfluss auf das Waldwachstum hat.⁵²

Die Methode ist für alle Waldtypen, unabhängig von der Nährstoffversorgung, geeignet. Durch das Entasten wird die Menge an gewonnener Biomasse reduziert. Der Effekt fällt bei etwas älteren Beständen, in denen sich die Anteile der Biomasse in Ästen und Krone zugunsten der Biomasse im Baumstamm verringern, geringer aus.¹⁷

In Beständen mit geringen Durchmessern, sind die Mengen an zusätzlich zum Industrieholz gewinnbaren Energieholz erheblich. Je stärker die Bäume werden, desto geringer ist der Zusatznutzen der Energieholzproduktion. Tabelle 3 zeigt, wie sich die zusätzlich gewinnbare Menge bei Produktion von teilentastetem Energieholz zusätzlich zur Industrieholzernte erhöht, wenn die durchschnittliche Stückmasse der entnommenen Bäume geringer ausfällt. Wenn die gesamten Baumteile entnommen würden, wären die Mengen sogar noch größer.⁵¹



Bild 30. In Beständen mit sehr geringen Baumdurchmessern kann das Nutzungspotential an neben Industrieholz entnehmbarem Energieholz erheblich sein. (Photo: Maria Iwarsson Wide)

Tabelle 3. Zusätzlich in Form von teilentastetem Energieholz zu entnehmende Mengen in Abhängigkeit der durchschnittlichen Stückmasse der entnommenen Bäume⁵¹

Durchschnittliches Stammvolumen [l]	20	30	40	50	60
Zusätzlich entnehmbare Menge in Prozent	120	75	40	20	10

Vollbaumverfahren

Kiefern- und Laubholzbestände mit einem Durchmesser der entnommenen Bäume bis 9 cm sind am besten für die Vollbaumernte geeignet. Wegen des Nährstoffverlusts ist sie nicht empfehlenswert für junge Fichtenbestände – unabhängig vom Standort.¹⁷

Verglichen mit der Industrieholzernte liegt das Volumen bei der Vollbaumernte (also inklusive Ästen und Kronenmaterial) um etwa 20 bis 40 % höher. Das erhöht die Arbeitsproduktivität des Fällvorgangs um 15 bis 40%. Die Erntemenge kann um mehr als 50% erhöht werden.⁵¹



Bild 31. Verglichen mit der Industrieholzernte liegt das Volumen bei der Vollbaumernte (also inklusive Ästen und Kronenmaterial) etwa 20 bis 40% höher. Das erhöht die Arbeitsproduktivität des Fällvorgangs um 15 bis 40%. Die Erntemenge kann um mehr als 50% erhöht werden. (Photo: Maria Iwarsson Wide)

Durchforstung – Armierung der Rückegassen mit Waldrestholz, um die Tragfähigkeit zu erhöhen

Bei späteren Durchforstungseingriffen wird kein Energieholz geerntet. Theoretisch gäbe es ein großes Potenzial an Waldrestholz pro Hektar. Jährlich werden solche Eingriffe auf etwa 200.000 ha in Finnland durchgeführt.⁵⁰ In der Praxis wird das Waldrestholz aber benötigt, um die Rückegasse gegen Schäden durch das Befahren mit Forstmaschinen zu schützen und ihre Tragfähigkeit zu erhöhen und kann deshalb nicht geerntet werden.



Bild 32. In der Praxis wird das anfallende Waldrestholz benötigt um die Rückegassen zu schützen und ihre Tragfähigkeit zu erhöhen. (Photo: Erkki Oksanen)



Bild 33. In der Praxis wird das anfallende Waldrestholz benötigt um die Rückegassen zu schützen und ihre Tragfähigkeit zu erhöhen. Deshalb wird bei späten Durchforstungseingriffen kein Energieholz entnommen. (Photo: Erkki Oksanen)

3.2 Wirtschaftliche Aspekte der Energieholzernte

Vergleich von Holzernteverfahren zur Aushaltung verschiedener Sortimenten:

- Vollbaumholz (Schaft-, Ast- und Zopfholz)
- Energieschaftholz (entastet und entzopft)
- Schaftholz einschließlich Zopf
- Industrieholz

Der Großteil der Biomasse in jungen Waldbeständen befindet sich in dünnen Stämmen, in Ästen und in den Kronen. Die nachfolgende Tabelle zeigt für die Baumarten Kiefer und Birke die Biomassekoeffizienten zwischen unterschiedlichen Baumteilen. Diese sind gültig für Brusthöhendurchmesser zwischen 8 cm und 10 cm und bei Einsatz von Mehrfachfällköpfen.⁵¹

Tabelle 4. Biomassekoeffizienten für die verschiedenen Baumteile nach Holzerntemethode in Kiefernbeständen der Dimension BHD 8 bis 10 cm

	Vollbaum	Energieholz	Stamm	Industrieholz
Vollbaum	1.00	0.79	0.74	0.69
Energieholz	1.21	1.00	0.95	0.88
Stamm	1.35	1.06	1.00	0.93
Industrieholz	1.46	1.15	1.08	1.00

Tabelle 5. Biomassekoeffizienten für die verschiedenen Baumteile nach Holzerntemethode in Birkenbeständen der Dimension BHD 8 bis 10 cm

	Vollbaum	Energieholz	Stamm	Industrieholz
Vollbaum	1.00	0.86	0.72	0.62
Energieholz	1.17	1.00	0.84	0.73
Stamm	1.40	1.20	1.00	0.88
Industrieholz	1.60	1.38	1.15	1.00

Beispiel zum Lesen der Tabelle: Erste Zeile von links nach rechts. Wenn Energieholz geerntet wird, dann beträgt die Entnahmemenge nur 86% verglichen mit der Vollbaummethode, werden nur die Stämme genutzt, sind es 72% und wird ausschließlich Industrieholz produziert 62%.

Bedeutung des Preisgefüges zwischen den Holzsortimenten in der Kalkulation von Holzerntemaßnahmen. Das Preisverhältnis zwischen Industrieholz und Energieholz ist entscheidend für die Sortimentsbildung und dafür, mit welcher Erntemethode die höchsten Deckungsbeiträge für die Maßnahme erzielt werden können. Die nachfolgende Abbildung zeigt, wie der relative Preis von Energieholz im Vergleich zu Industrieholz die Gesamtbeurteilung der Maßnahme bezüglich des Nettoerlöses je Hektar beeinflusst. Der durchschnittliche geerntete Stamm bei der Industrieholzernte ist 0,05 Efm o.R., und 1.000 Stämme je Hektar werden geerntet. Bei der Energieholzernte, ist der durchschnittliche Stamm 0,04 Efm o.R. und 150.00 Stämme je Hektar werden geerntet. Die bei der Energieholzernte zusätzlich gewonnene Biomassemenge beträgt 20%. Bei Annahme der zurzeit in Finnland üblichen Kostensätze wird der Break Even Point erreicht, wenn der Energieholzpreis (in Euro je Efm o.R.) höher als 80% des Industrieholzpreises liegt.⁵¹

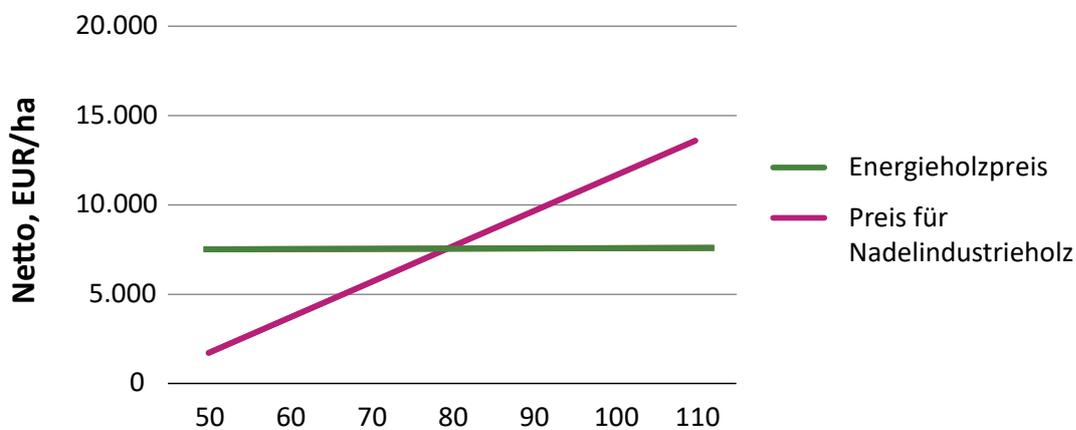


Abbildung 23. Die reine Energieholzernte ist bei den derzeitigen Kostensätzen in einem gemischten Nadelholzbestand dann vorteilhaft, wenn der durchschnittliche Stamm ein Volumen von 0,05 Efm o.R. hat und der Energieholzpreis bei mindestens 80% des Industrieholzpreises liegt.⁵¹

In Beständen, in denen dem das durchschnittliche Volumen der entnommenen Stämme über 0,05 Efm o.R. liegt, ist die Produktion von Industrieholz in der Regel vorteilhaft. In sehr schwachen Beständen mit durchschnittlichem Volumen der entnommenen Stämme bei 0,02 bis 0,03 Efm o.R. erzielt die Energieholzernte das beste finanzielle Ergebnis. Wenn der Laubholzanteil bei über 50% der geernteten Menge beträgt, oder das durchschnittliche Stammvolumen unter 0,035 Efm o.R. liegt, sollte die reine Energieholzernte zumindest als Option bedacht werden.⁵¹ In Finnland wird die Schwachholzernte mit 10 EUR je Efm staatlich gefördert.

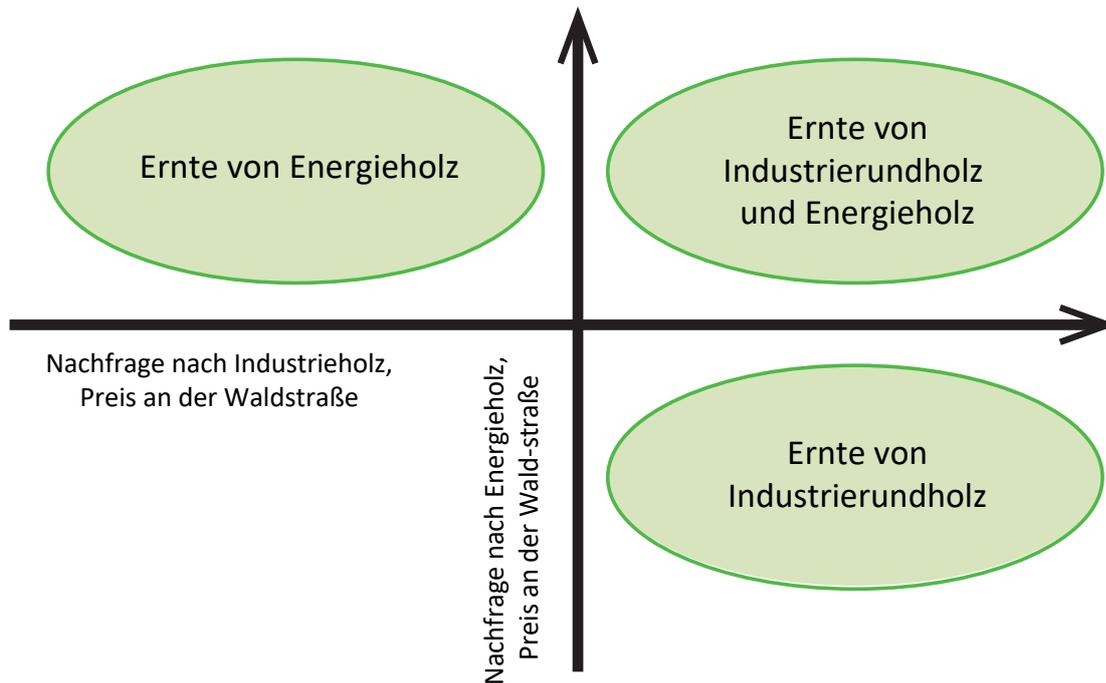


Abbildung 24. Die Nachfrage und der Preis nach Industrierundholz und Energieholz steuern die Entscheidung darüber, welche Sortimente im Rahmen einer Pflegemaßnahme gebildet werden.⁵¹

Die kombinierte Ernte von Industrierundholz und Energieholz kann dann interessant sein, wenn der gesamte Holzanfall mindestens 35 Efm o.R. pro Hektar beträgt und wenn das schwächste Sortimenten mindestens 10 Efm o.R. pro Hektar ausmacht. Allerdings steigen mit der Anzahl der gebildeten Sortimente die Kosten für das getrennte Rücken der Sortimente.⁵¹

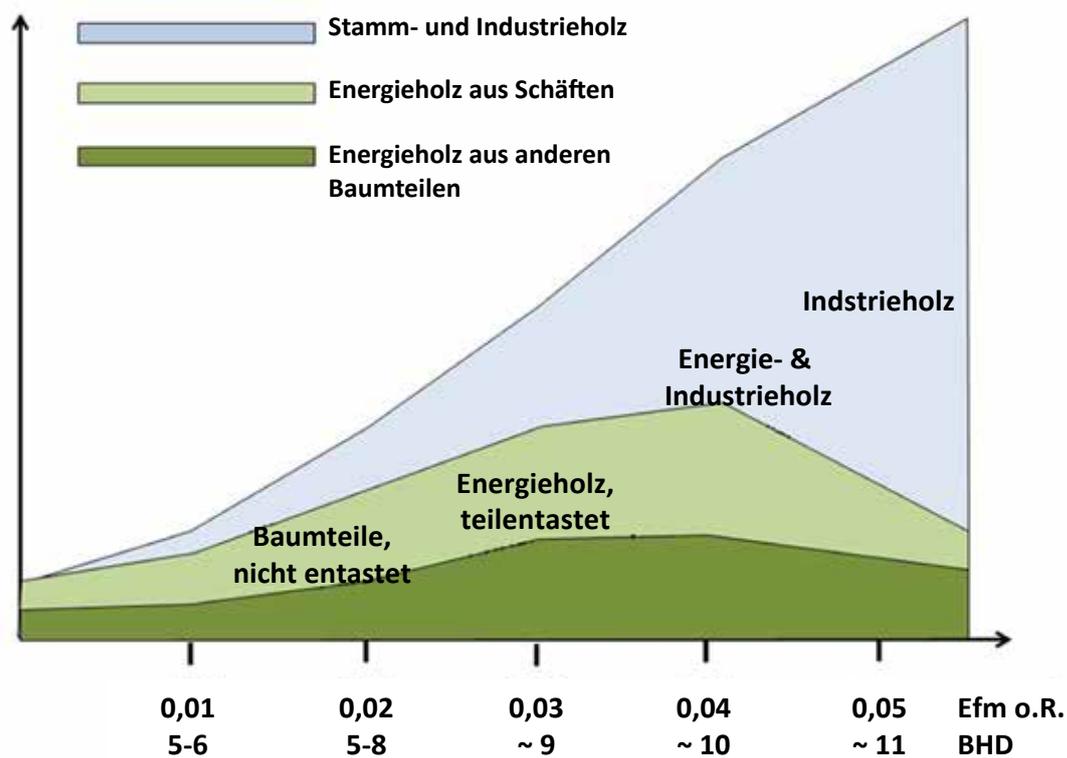


Abbildung 25. Die Abbildung zeigt wie sich die bei Holzerntemaßnahmen gewinnbaren Mengen an Energieholz (in Erntefestmetern je Hektar) im Verhältnis zu den Rundholzsortimenten mit zunehmendem Stammvolumen verändern. Die Berechnung wurde mit dem Kalkulationstool zur Mengenabschätzung "Flis av Flis" durchgeführt.⁵¹

3.3. Ökologische Aspekte der Energieholzernte – Innovative Aspekte

Reduktion der Waldbrandgefahr durch Entnahme des Waldrestholzes

Ein sehr bedeutender Umweltaspekt bei der Holzernte ist der Entzug von Nährstoffen aus dem Wald und der damit verbundene Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit. Während der Holzernte werden die auf einer Waldfläche vorhandenen Nährstoffe reduziert, die eigentlich für das Wachstum des verbleibenden Bestands zur Verfügung stehen müssten. Werden diese entzogen, ist mit negativen Effekten zu rechnen. Verbleiben die Nährstoffe auf der Fläche, können sie vom verbleibenden Bestand genutzt werden, und die Umweltauswirkungen der Holzerntemaßnahme sind geringer. In Finnland ist dieser Effekt noch nicht ausreichend untersucht worden.⁵¹ Vorteilhaft ist beispielsweise, dass das Entfernen des Waldrestholzes von den Flächen die Risiken für Waldbrände und Insektenkatastrophen verringert.



Bild 34. Die Entfernung von Ernteresten von der Fläche senkt das Risiko von Waldbränden und Insektenkatastrophen. (Photo: Lars Eliasson)

Erhalt von Schlüsselhabitaten und starkem Totholz

Bei der Entnahme von Energieholz sollten wertvolle Lebensräume erhalten werden. In zertifizierten Wäldern müssen die Vorgaben des jeweiligen Zertifikats eingehalten werden. Beispiele für wertvolle Habitate sind Lebensräume in der Nähe von Quellen und Bächen oder Moore. Habitatbäume, starkes Totholz sowie wertvolle oder seltene Baumarten sollten ebenfalls nicht entnommen werden.



Bild 35. Habitatbäume, starkes Totholz sowie wertvolle oder seltene Baumarten dürfen nicht entnommen werden. (Photo: Pasi Poikonen)

Erholungswert von Wäldern in Siedlungsnähe

Wander- und Radwege, Naturdenkmäler, frühzeitliche Monumente, kulturell bedeutende Bauwerke und sonstige gesellschaftlich und touristisch bedeutende Einrichtungen sollten im Rahmen der Holzernte schonend behandelt werden. In der Nähe von Städten ist besondere Achtsamkeit geboten. In Gebieten mit Freizeit- und Erholungsaktivitäten ist es gerechtfertigt und wünschenswert Rücksicht auf die besonderen Bedürfnisse des Landschafts- und Naturschutzes zu nehmen. Schutzzonen um Wasserläufe und andere Wasserschutzgebiete müssen respektiert werden.⁵¹



Bild 36. Wanderwege und alle Einrichtungen kultureller Art sowie Natur- und frühzeitliche Denkmäler müssen schonend behandelt werden. (Photo: Pasi Poikonen)

4. GEWINNUNG VON WALDENERGIEHOLZ IM RAHMEN DER ENDNUTZUNG

4.1. Technologische Aspekte der Energieholzernte

Stubben



Bild 37. Stubben auf einer Waldfläche in Litauen. (Photo: Valda Gudynaitė-Franckevičienė)

Stubbenrodung in Fichtenbeständen

Stubben werden vor allem im Rahmen der Endnutzung in Fichtenbeständen entnommen. Die Wurzeln der Fichten breiten sich tellerförmig in den oberen Bodenschichten aus. Die Stubben haben große Durchmesser, und die Biomasseakkumulation pro Hektar ist hoch. Die Entnahme der Stubben kann der Ausbreitung von Wurzelfäule in der nächsten Baumgeneration entgegenwirken. Die Rodung der Stubben ist in Kiefernbeständen aufgrund der Wurzelform deutlich schwieriger. Kiefernstubben sind auch deutlich stärker durch Steine aus tieferen Bodenschichten verunreinigt. Diese Verschmutzungen werden mit aus dem Wald in die Biomasseläger und zu den Anlagen transportiert.¹⁷

Die Stubbenrodung erfolgt bei frostfreier Witterung nach der Holzernte und vor Beginn der Flächenvorbereitung für die Bestandesbegründung

Die Stubben werden mit speziell ausgerüsteten Baggern gerodet, gespalten und in Poltern gelagert. Die Arbeiten werden in der frostfreien Jahreszeit (in Finnland von Mai bis November oder Dezember) durchgeführt. Die gespaltenen Stubben werden in Poltern vorkonzentriert, um das Rücken zu vereinfachen. Die Stubbenrodung wird zeitlich zwischen Abschluss der Holzernte und vor Beginn der Flächenvorbereitung für die Bestandesbegründung eingeordnet.¹⁷



Bild 38. Die Stubben werden mit speziell ausgestatteten Baggern gerodet, gespalten und vorkonzentriert. Die Bild zeigt einen Versuch zur Stubbenrodung nach einem Verjüngungshieb in einem Fichtenbestand in Lettland. (Photo: Valentīns Lazdāns)

Bagger als Trägermaschinen

Speziell ausgerüstete Bagger haben sich als leistungsfähige und kosteneffiziente Lösung für die Stubbenrodung erwiesen.⁵²



Bild 39. Schwere Bagger sind stabil und leistungsfähig genug für die Stubbenrodung.
(Photo: Juha Laitila)

Lagerung

Über den Sommer werden die gespaltenen Stubben eine Weile gelagert, damit sie abtrocknen und große Verschmutzungen abfallen bevor sie gerückt und an der Waldstraße gepoltert werden.¹⁷



Bild 40. Spezielle Aufbauten für Forwarder wurden entwickelt, um die Stubben zum Lager an der Waldstraße zu transportieren (Photo: Juha Laitila)

Verschmutzungen und Partikelgröße als Herausforderungen

Eine zentrale Herausforderung beim Einsatz von Energieholz aus Stubben ist insbesondere in kleinen Bioenergieanlagen die Entfernung der Verunreinigungen in den verschiedenen Stufen der Bereitstellung (Rodung, Rücken, Lager, Transport, Zerkleinern).⁵⁴ Außerdem können die erzeugten Partikelgrößen ungeeignet für die Fördersysteme und Kessel kleiner Anlagen sein.



Bild 41. Über den Sommer werden die gespaltenen Stubben einige Wochen zum Trocknen und Abfallen von Verschmutzungen liegen gelassen, bevor sie gerückt und an der Straße gelagert werden. (Photo: Juha Laitila)

Die Herausforderungen bei der Bereitstellung von Stubben liegen vor allem in der Erzielung einer ausreichenden Qualität für entsprechende Verwendungsmöglichkeiten. Dabei geht es vor allem um mineralische Verschmutzungen, und um die Partikelgröße und die Anteile verschiedener Fraktionen. Weitere Schwierigkeiten liegen im Langstreckentransport in der schlechten Auslastung der Transportfahrzeuge und in langen Be- und Entladezeiten.⁵³



Bild 42. Stubben werden an geeigneten Orten für die Lieferung an die Bioenergieanlagen zerkleinert (Photo: Juha Laitila)

Waldrestholz

Energieholzgewinnung bei der Endnutzung von Fichtenbeständen

Die Gewinnung von Waldrestholz für die Energieholzerzeugung wird in Finnland vor allem im Rahmen der Endnutzung von Fichtenbeständen umgesetzt. Nur bei solchen Maßnahmen kommen ausreichende Mengen zusammen, und die Gewinnung ist technisch relativ einfach. Außer Kronenmaterial werden auch andere, für die Rundholzproduktion ungeeignete Baumteile verwertet.¹⁷



Bild 43. Im Rahmen der Endnutzung können unterschiedliche Baumteile für die Energieholzproduktion gewonnen werden. (Photo: Pasi Poikonen)

Ein Drittel der Biomasse sollte auf der Fläche verbleiben

Feldversuche zeigen, dass etwa 30% der Biomasse aus den Kronen auf der Fläche verbleiben sollten, unabhängig von der Holzerntemethode und-technologie.⁵² In Estland müssen einige lebende und tote Bäume auf der Fläche stehen bleiben, und zwar mindestens 5 m³/ha. Nur auf ganz wenigen Standorten mit sehr geringer Bodentiefe, dürfen keinerlei Kronen und Äste entnommen werden, da sie für die Verbesserung der Bodenqualität notwendig sind.

Energieholz wird direkt im Zuge der Holzernte vorkonzentriert

Während der Holzernte konzentriert der Harvester Äste und Kronen entlang der Rückgassen. Wenn das Material nicht als Energieholz entnommen wird, wird es zur Armierung der Gassen und Erhöhung ihrer Tragfähigkeit verwendet. Wird das Waldrestholz im Zuge der Holzernte vorkonzentriert, erhöht das den Mengenertrag, die Arbeitseffizienz steigt und eine Verschmutzung der Kronen durch Steine und Erde wird vermieden.¹⁷ Die Arbeitsplanung muss so erfolgen, dass die Fläche spätestens vor den Vorbereitungsarbeiten für die Verjüngung komplett beräumt ist.



Bild 44. Wird das Waldrestholz im Zuge der Holzernte vorkonzentriert, erhöht das den Mengenertrag, die Arbeitseffizienz steigt und eine Verschmutzung der Kronen durch Steine und Erde wird vermieden. (Photo: Erkki Oksanen)

Das produzierte Energieholz muss innerhalb von zwei Jahren verbraucht werden, um den Energiegehalt optimal auszunutzen

Energieholz muss verbraucht werden, bevor zu viel Biomasse abgebaut wird und der Energiegehalt stark absinkt. Waldrestholz wird am besten in der nachfolgenden Heizsaison (Herbst, Winter, Frühjahr) verbraucht, wenn die Holzernte bis Ende Juli abgeschlossen wurde. Stubben und Schwachholz können über einen längeren Zeitraum im Lager getrocknet werden, aber auch nicht mehr als zwei Jahre. Die Trocknung auf der Fläche verbessert die Qualität des Waldrestholzes, den Energiegehalt und die Lagereigenschaften.¹⁷



Bild 45. Stubben und Schwachholz können bis zu zwei Jahre im Lager getrocknet werden bevor der Biomasseabbau den Energiegehalt stark absenkt. (Photo: Maria Iwarsson Wide)

Nadeln sollten im Wald bleiben

Die Trocknung von Waldrestholz auf der Waldfläche wird – soweit möglich – empfohlen. Zu Beginn des Sommers werden zwei Wochen Trocknungszeit empfohlen, am Ende des Sommers vier Wochen bevor das Material ins Lager an die Waldstraße transportiert wird. Beim Handling des Materials ist darauf zu achten, dass ein möglichst großer Anteil von Nadeln und Blättern auf der Fläche bleibt. Einerseits bleiben so die Nährstoffe erhalten, andererseits werden die Brennstoffeigenschaften verbessert. Gerade in kleineren Anlagen und Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung führen hohe Anteile an Nadeln und Blättern zu verstärktem Verschleiß.¹⁷

Energieholzgewinnung im Rahmen der Endnutzung verbessert die Bedingungen für die nächste Baumgeneration

Als Vorteile der Energieholzgewinnung vor der Verjüngung können die bessere Qualität der Bodenverwundung, bessere Bedingungen für die Pflanzung, ein geringeres Risiko für Wurzelfäule in der neuen Baumgeneration und die Möglichkeit der Freizeitnutzung der Waldfläche genannt werden. Auch für die natürliche Waldverjüngung verbessert die Energieholznutzung die Voraussetzungen.¹⁷



Bild 46. Die Entfernung des Schlagabraums und Nutzung als Energieholz verbessert die Voraussetzungen für die Naturverjüngung. (Photo: Lars Eliasson)

Im Baltikum gibt es als Folge traditioneller Formen der Landnutzung viele Grauerlenbestände auf ehemaligen Feldern. Im Jugendalter sind die Bäume recht klein, und deshalb gibt es in den Beständen starken Unterwuchs, der vor der mechanisierten Holzernte entfernt werden muss. Die Bestände werden im Alter von etwa 25 bis 35 Jahren (teilweise auch früher) gefällt, und die Flächen werden für die Pflanzung wertvollerer Baumarten wie z.B. Fichte vorbereitet. Das anfallende Material wird vorwiegend für energetische Zwecke genutzt.



Bild 47. Im Baltikum gibt es als Folge traditioneller Formen der Landnutzung viele natürlich entstandene Laubholzbestände auf ehemaligen Feldern. Gewinnung von Energieholz auf ehemaligen landwirtschaftlichen Fläche mit Fäll-Sammelkopf in Lettland. (Photo: Andis Lazdiņš)



Bild 48. Die Nutzung des Waldrestholzes vereinfacht viele zukünftig auf der Fläche durchzuführende Arbeiten. (Photo: Juha Laitila)

4.2. Wirtschaftliche Aspekte der Energieholzernte

Wettbewerbsfähigkeit und Preisfindung

Wirtschaftliche Nachhaltigkeit ist eine Herausforderung bei der Bereitstellung von Energieholz sowohl bei der Holzernte als auch bei den Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen zur Versorgung der Bioenergieanlagen. Die Bereitstellung von Energieholz aus Waldrestholz ist unter skandinavischen Verhältnissen bereits wettbewerbsfähig, Hackschnitzel aus der Stubbenrodung nur in Regionen mit hoher Nachfrage nach Hackschnitzeln.⁵²



Bild 49. Wirtschaftliche Nachhaltigkeit ist eine Herausforderung bei der Bereitstellung von Energieholz sowohl bei der Holzernte als auch bei den Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen zur Versorgung der Bioenergieanlagen. (Photo: Maria Iwarsson Wide)

Die Preisfindung bei Waldrestholz und Stubben erfolgt entweder auf Basis der Pflegekosten auf der jeweiligen Fläche oder der Preis wird in Abhängigkeit des von der Fläche vermarkteten Rundholzes kalkuliert. Rundholz schlechter Qualität (Fäule, etc.) wird nach Harvestermaß bezahlt. Rohschäfte und Vollbäume werden meistens auf Basis des mittels Kranwaage ermittelten Gewichts bezahlt.¹⁷

Der Preis für das bei frühen Durchforstungen anfallende Rundholz hängt auch von der geernteten Menge und von den Fördermöglichkeiten für das zusätzlich gewinnbare Energieholz ab. Je größer der Mengenanfall in einer Maßnahme, umso höhere Preise können erzielt werden.¹⁷

Wirtschaftliche Besonderheiten im Baltikum

Transportentfernungen spielen unter den geographischen Bedingungen in den baltischen Staaten keine Rolle. Es gibt viele kleine Bioenergieanlagen, die einen Teil des Rundholzes als Brennstoff nutzen. Die Waldflächen im Radius von 100 km immer ausreichend, um auch größere Anlagen zu versorgen. Das Hauptproblem im Baltikum ist die mangelnde Erschließung der Wälder für den Transport von Holz. Da die Waldstraßen fehlen, kann Energieholz häufig nicht von den Hiebsflächen zu den Anlagen transportiert werden. Außerdem muss oft das gesamte Waldrestholz zur Befestigung der Rückegassen und Wege genutzt werden, so dass keine Möglichkeit der Energieholzgewinnung besteht.



Bild 50. Fehlende oder schlechte Waldstraßen sind das größte Hindernis für die Energieholznutzung in den baltischen Staaten. Das Bild zeigt die Situation an einer Waldstraße in Südschweden. (Photo: Lars Eliasson)

Lagerflächen für Energieholz sind häufig nicht groß genug, um eine längere Lagerung und Trocknung zu ermöglichen. Genutzt werden können Felder oder Wirtschaftsflächen von Wohngebäuden. Im Regelfall befinden sich die Felder und Wohnhäuser direkt an der Straße und die Wälder dahinter. Die Kosten zur Nutzung inklusive anschließender Reinigung und Wiederherstellung der Felder können ein erheblicher Kostenfaktor im Rahmen einer Holzerntemaßnahme sein. In warmen und nassen Wintern stellt der schlechte Zustand der Schotterstraßen ein echtes Problem für den Holztransport dar.

4.3 Ökologische Aspekte der Energieholzernte

Keine Entnahme von starkem Totholz

Die Gewinnung von Energieholz reduziert die Biomasse auf einer Waldfläche. Das kann Folgen für die Tier- und Pflanzenwelt haben, vor allem wenn Totholz entnommen wird. Waldbauliche Richtlinien empfehlen daher, stehendes Totholz generell im Wald zu belassen.¹⁶

Stubbenrodung nur bei geeignetem Terrain

Bei der Stubbenrodung sollten 25 bis 50 Stubben pro Hektar auf der Fläche bleiben. Generell sollten keine Stubben an steilen Hängen, in felsigem Gelände, in Wasserschutzgebieten, in der Nähe von Gräben, an der Grenze der Hiebsfläche und in der Nähe lebender Bäume entnommen werden. Frische Stubben mit Fäule sollten unabhängig von Wasserschutzgebieten und bestehenden Wasserläufen entfernt werden.¹⁷

Besondere Beachtung von Wasserschutzgebieten

Stubbenrodung ist schädlich für Gewässer wie Flüsse und Seen. Der Rodungsvorgang erhöht die Erosion organischer Partikel, die ohnehin schon aufgrund des Klimawandels steigt. Insbesondere bei der Ganzbaumernte inklusive Stubben werden organische Nährstoffe, die auch Metalle enthalten, ausgetragen.¹⁶



Bild 51. Stubbenrodung gefährdet Flüsse und Seen. (Photo: Henrik von Hofsten)

Endnutzung, Bodenvorbereitung und Stubbenrodung haben die gleichen Umweltwirkungen

Die Umweltwirkungen der Stubbenrodung wurden in unterschiedlichen Teilen Finnlands über mehrere Jahre nach der Maßnahme untersucht. Es konnten keine erheblichen Unterschiede zu den Umweltwirkungen von Endnutzungen und anschließender Bodenvorbereitung festgestellt werden. Es gibt auch Berichte, dass durch die Entnahme der Stubben keinerlei Veränderungen der Bodenchemie und der Grundwasserqualität festgestellt werden konnten (verglichen mit den Werten einer gewöhnlichen Endnutzung und anschließenden Bodenvorbereitung). Auch wenn entsprechend finnischer Gesetzgebung ein Drittel der Stubben im Boden bleibt, hilft die Stubbenrodung die Verbreitung der Wurzelfäule einzudämmen. Im Wald gelagerte Stubben sind keine Brutstätten für Insekten.⁵²

Nährstoffverluste haben einen Einfluss auf die Waldvegetation

Die Entfernung des Waldrestholzes hat Einfluss auf die Bodenvegetation. Arten mit hohem Nährstoffbedarf (Weidenröschen, Himbeere) verschwinden zugunsten von Arten mit geringeren Ansprüchen an die Nährstoffversorgung. In der Regel lässt man den Schlagabraum 4 bis 6 Wochen nach der Holzernte auf der Fläche trocknen. Bis dahin ist ein Großteil der Nadeln abgefallen, und die Nährstoffe bleiben auf der Fläche. Außerdem werden die Lagereigenschaften und die Brennstoffqualität der Hackschnitzel verbessert. Abgestorbene und bereits verfaulte Bäume sollten zur Förderung der Artenvielfalt im Wald bleiben. Rückegassen sollten so geplant werden, dass sie nicht gefällt werden müssen.⁵²

Die Nutzung des Waldrestholzes hat keinen großen Einfluss auf das Anwuchsverhalten der nächsten Baumgeneration

Studien in Finnland zeigen, dass es keinen Einfluss auf das Anwuchsverhalten von gepflanzten Fichtensetzlingen hat, ob der Schlagabraum auf der Fläche gelassen oder entfernt wird. Die Empfehlung in Finnland lautet, ein Drittel des Waldrestholzes auf der Fläche zu lassen. Hingegen besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Qualität der Bodenvorbereitung und dem Anwuchsverhalten.⁵⁴ Schwedische Studien berichten, dass die Entfernung des Schlagabraums über einen Zeitraum von 15 Jahren das Wachstum der neu gepflanzten Bäume beeinflusst.⁵⁶



Starkholz aus Naturschutzgründen auf der Fläche lassen

Für Starkholz gibt es kaum Nachfrage. Deshalb ist es sinnvoll, sehr starke Bäume für den Naturschutz auf der Fläche zu lassen. Aus ihnen könnte höchstens Energieholz gewonnen werden. Das gleiche gilt für tote oder bereit teilweise verfaulte Bäume und für überlagertes Rundholz.

Vor der Energieholzernte Naturschutzfragen, Wasserschutzauflagen, Risiken für Insektenkalamitäten und die Bodenqualität prüfen

Waldenergieholz kann nur gewonnen werden, wenn Fragen des Naturschutzes, des Wasserschutzes, mögliche biotische Risiken und der Nährstoffhaushalt des Bodens ausreichende Berücksichtigung finden. Bodenschäden durch Befahrung können in frostfreien Perioden ein Problem sein. Die geerntete Biomasse enthält Nährstoffe, die grundsätzlich für das zukünftige Waldwachstum auf der Fläche benötigt werden. Eher trockene mineralische Forstböden, nährstoffreiche Böden und Torfböden sind grundsätzlich für die Gewinnung von Waldrestholz geeignet. Unterholz ist teilweise problematisch bei der Stubbenrodung. Stubbenrodung ersetzt nicht die Bodenvorbereitung für die Bestandesbegründung.¹⁷



Bild 53. Bodenschäden durch Befahrung können nach der Holzernte in frostfreien Perioden ein Problem sein. (Photo: Rimantas Gudynas)

Unterschiedliche Ansätze der Entscheidungsfindung über die Nutzung von Waldrestholz

Die Nutzung von Waldrestholz aus Endnutzungshieben wird nicht als Risiko für die Biodiversität angesehen. Allerdings können sich die Erntereste einiger Baumarten (insbesondere Aspe, Eiche und andere Laubholzarten) in der oberen Schicht eines sonnenbeschienenen Energieholzpolters zu einem Brutsubstrat für viele schützenswerte Käferarten entwickeln. Dieses Holz sollte von der Nutzung ausgeschlossen werden solange Eier und Larven zu finden sind. Auch bei Weichhölzern empfiehlt die Schwedische Forstagentur, maximal 80% auch tatsächlich zu nutzen. In Gegenden mit Vorkommen besonders gefährdeter Arten (z.B. ländliche Gegenden mit vielen alten Eichen), kann es sinnvoll sein, an die lokalen Verhältnisse angepasste Vorgehensweisen und Regeln zu entwickeln und anzuwenden.⁵¹

Ascheausbringung zum Erhalt der Pufferkapazität der Böden

Ein deutlicher Effekt der Entnahme von Waldrestholz ist der Einfluss auf die Bodenchemie. Grundsätzlich besteht die Gefahr, durch den Nährstoffentzug die Pufferkapazität des Bodens und des Bodenwassers zu verringern. Dem kann durch Ausbringen von Asche aus der Holzverbrennung in langsam löslicher Form (z.B. als Pellets oder Granulat) entgegen gewirkt werden. Eine Dosierung von 1,5 bis 3 Tonnen trockener Asche je Hektar ist üblich.⁵¹

Stubbenrodung kann negative Auswirkungen auf die Bodenstabilität und die Bodenchemie haben

Die Umweltwirkungen der Stubbenrodung wurden in einem groß angelegten Forschungsprojekt der Schwedischen Agraruniversität SLU untersucht. Stubbenrodung erhöht nur moderat den Verlust von mineralischen Nährstoffen und Kationen. Nach dem derzeitigen Wissensstand haben Stubben nur eine begrenzte Bedeutung für schützenswerte in Holz lebende Insekten. Das derzeitige Ausmaß der Stubbennutzung (< 1% der jährlichen Endnutzungsfläche) scheint auf Landschaftsebene nur vernachlässigbar zu sein. Eine umfangreiche Nutzung von Stubben würde hingegen die Menge an Totholz in den Wäldern deutlich verringern. Eine mögliche Kompensationsmaßnahme wäre es naturschutzfachlich besonders relevanter hoher Stubben als Lebensraum auf der Fläche zu lassen. Stubbenrodung kann negative Auswirkungen auf die Bodenstabilität und die Bodenchemie haben. Besondere Vorsicht ist in Feuchtgebieten mit viel organischem Material und in der Nähe von Wasserlebensräumen geboten. Hier wurde festgestellt, dass Erdarbeiten zu einer Methylierung von Quecksilber führen können.⁵¹

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN ZU BEST PRACTICE UNTER LÄNDERTYPISCHEN RAHMENBEDINGUNGEN

5.1 Best Practice in den einzelnen Partnerländern

Estland

In Estland setzen viele Städte inzwischen Waldhackschnitzel als Brennstoff in eigenen Bioenergieanlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) ein. Durch die Verwendung von Holz und Torf zur Energieerzeugung kann die Abhängigkeit von importierten Energieträgern reduziert werden, und es entstehen Arbeitsplätze in lokalen Unternehmen. Die Erzeugung von Strom vor Ort erhöht außerdem die Sicherheit der Energieversorgung und verringert Leitungsverluste.



Abbildung 54. Das finnische Unternehmen Fortum betreibt die Bioenergieanlage Pärnu im Industriegebiet Niidu. Die Anlage produziert Strom und Wärme überwiegend aus Biomasse (z.B. aus Holzhackschnitzeln). (Photo: Pasi Poikonen)

Finnland

Optimale Ergebnisse können erzielt werden, wenn nachhaltige Forstwirtschaft und Energieholzproduktion bei der Pflege junger Waldbestände oder im Rahmen regulärer Holzerntemaßnahmen miteinander kombiniert werden. Durch die Produktion von Energieholz zusätzlich zu anderen Sortimenten (wie z.B. Industrierundholz) können Mehreinnahmen zur Deckung der anfallenden Kosten generiert werden. Ein für Finnland typisches Beispiel ist auch die Nutzung von Waldrestholz als Energieholz im Zuge der Flächenvorbereitung für die Verjüngung.



Abbildung 55. Optimale Ergebnisse durch die Kombination von nachhaltiger Forstwirtschaft mit Energieholzproduktion im Rahmen der Jungbestandspflege: In den abgebildeten Beispiel wurden alle Laubbäume aus einem 20jährigen Fichtenbestand entfernt und zu Hackschnitzeln verarbeitet. (Photo: Pasi Poikonen)

Deutschland

Nachhaltige Forstwirtschaft, Holzprodukte und Holzenergie sind wichtige Bestandteile des nationalen Klimaschutzplans¹⁰. Obwohl die Holznutzung in den letzten Jahren stark gestiegen ist, erfüllen die Wälder in Deutschland weiter ihre Funktion als Kohlenstoffsenke. Da Waldenergieholz fossile Energieträger ersetzt, wird es generell als klimafreundlicher Brennstoff eingeschätzt.



Abbildung 56. In Deutschland sind fast eine halbe Million Pelletkessel installiert. (Photo: Valda Gudynaitė-Franckevičienė)

Bis zum Jahr 2016 stieg die Anzahl der Holzheiz(kraft)werken über 1 MW Leistung auf mehr als 500 Anlagen und eine installierte Leistung von 1.700 MW_{el}.²³ Zusätzlich gibt es etwa 35.000 kleine Anlagen unter 1 MW Leistung (ohne private Haushalte) und fast eine halbe Million Pelletkessel⁵⁷. Waldrestholz und Rundholz haben gemeinsam einen Anteil von rund 45% an der Versorgung kleiner Anlagen. Traditionell bedingt gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den Regionen bezüglich Wissen und Qualität der Energieholzerzeugung. Inzwischen sind aber überall in Deutschland gut funktionierende Bereitstellungsstrukturen zur Versorgung von privaten Haushalten und Holzheiz(kraft)werken mit unterschiedlichen Energieholzprodukten entstanden. Kapazitäten für das Hacken, den Transport und die Lagerung von Holz hackschnitzeln stehen meist in ausreichendem Maß zur Verfügung. Pellets werden überwiegend in hoher Qualität für den heimischen Markt produziert und in Kleinanlagen eingesetzt.



Abbildung 57. Kapazitäten für das Hacken, den Transport und die Lagerung sind vorhanden.
(Photo: Mareike Schultze)

Große Bioenergieanlagen spielen eine wichtige Rolle zur Verwertung von geringwertigen Hackschnitzeln z.B. aus der Landschaftspflege und von Altholz. Für die Verbrennung von schadstoffbelasteten Altholzsortimenten sind so umfangreiche Anlagenkapazitäten entstanden, dass Altholz zur Energieerzeugung aus anderen europäischen Ländern importiert werden kann.

Nachhaltigkeit ist in Deutschland fester Bestandteil der Waldbewirtschaftung. Viele Waldbesitzer gehen einen Schritt weiter und wenden noch strengeren Regeln der nachhaltigen Forstwirtschaft an als sie in den Waldgesetzen (Bundeswaldgesetz BwaldG und Waldgesetze der Länder) festgeschrieben sind. Große Teile der Wälder sind zertifiziert, weit überwiegend nach PEFC- und FSC-Standard. Aber auch in nicht-zertifizierten Wäldern ist eine Nutzung von Kronenmaterial nur auf gut nährstoffversorgten Böden üblich, und das Belassen eines Anteils Totholz im Bestand ist vielerorts die Regel. Stubben werden im Rahmen der regulären Waldbewirtschaftung nicht genutzt.

Letland

Die technischen Herausforderungen der Ernte und Aufbereitung von Schwachholz wurden in Nordeuropa (und vor allem in Schweden und Finnland) ausführlich untersucht. Die entwickelten technischen Lösungen können auch in Lettland angewandt werden. Allerdings sind die Qualitätsanforderungen an Schwachholzsortimente (Industrieholz und Energieholz in unterschiedlichen Längen) häufig so, dass Vorteile von Fällverfahren mit Entnahme mehrerer Bäume in einem Arbeitsschritt (z.B. Fäll-Sammel-Köpfe) nicht genutzt werden können. Die Forstwissenschaften konzentrieren sich zurzeit vor allem auf Entwicklungen im Maschinenbau, um Bodenschäden zu verhindern und Böden mit geringer Tragfähigkeit für Forstmaschinen zur Holzernte zugänglich zu machen.



Abbildung 58. Forstmaschinen der Kompaktklasse sind in den baltischen Staaten gefragt. In diesem Beispiel wird eine Maschine schwedischer Herkunft auf einer Waldfläche in Lettland eingesetzt. (Photo: Guntis Saule)

In Lettland sind Forstmaschinen der Kompaktklasse bis zu einem Gewicht von 6 t und einer Breite von 2 m sehr gefragt. Diese werden in der Ernte von Schwachholz und der Erstdurchforstung eingesetzt, aber auch für andere Maßnahmen wie z.B. bei Fällarbeiten zur Eindämmung von Insektenkalamitäten, bei Verjüngungshieben und bei der Fällung von Grauerlen-Beständen, die insbesondere auf durchgewachsenen Landwirtschaftsflächen entnommen werden müssen. Bei normalen Durchforstungseingriffen hat sich die Aushaltung teilentasteter Stammabschnitte für die Energieholzproduktion als vorteilhaft erwiesen. Diese werden dann an der Waldstraße gehackt und zu den Bioenergieanlagen transportiert. Harvester mit Fäll-Sammel-Köpfen sind die beste Technologie für Pflegemaßnahmen, bei denen ausschließliche Energieholz produziert wird. Harvester der Kompaktklasse werden empfohlen, wenn der Durchmesser der gefällten Bäume unter 20 cm liegt. Die Rodung von Stubben hat zwar wissenschaftlich nachgewiesene Vorteile, um die Ausbreitung der Wurzelfäule zu verhindern, bisher gibt es aber keine profitablen Absatzmöglichkeiten für dieses Material. Zertifizierung ist ein wichtiges Mittel für die Vermarkung und den Export der erzeugten Festbrennstoffe, insbesondere für die Erschließung und Entwicklung von Märkten für Pellets.

Litauen

In ländlichen Gebieten in Litauen ist Holzenergie oft noch die einzige verfügbare Form von Wärmeenergie.



Abbildung 59. Optimale Ergebnisse werden erzielt, wenn Waldpflege und Energieholzproduktion in frühzeitig durchgeführten Durchforstungsmaßnahmen kombiniert werden. Der abgebildete Kiefernbestand in Litauen zeigt nach einer Durchforstung gute Zuwächse. (Photo: Valda Gudynaitė-Franckevičienė)

Schweden

Etwa die Hälfte des an die Sägeindustrie gelieferten Rundholzes endet als Sägenebenprodukte und wird so für den Energiemarkt verfügbar, und in der Forstwirtschaft ist die Produktion von Rundholz für die Sägeindustrie die Triebfeder für die Gewinnung von Energieholz. Waldenergieholz wird hauptsächlich aus Waldrestholz gewonnen. Wenn Forstunternehmen kurzfristig größere Mengen benötigen, greifen sie häufig auch auf Schwachholz zurück und führen Erntemaßnahmen vor allem entlang von Straßen durch.

Wenn die Holznutzung durch eine verstärkte Ernte und Nutzung von Energieholz intensiviert wird, kann sich das negativ auf die Nährstoffversorgung der Wälder und das zukünftig zu erwartende Wachstum der Bestände auswirken. Im Prinzip reduziert dies durch den Entzug von Kationen auch die Pufferkapazität der Waldböden. Falsch durchgeführt, kann die Ernte von Energieholz größere Bodenschäden nach sich ziehen, die dann auch zu einer Beeinträchtigung der Wasserqualität führen können. Die umfangreiche Entnahme von Waldrestholz, Schwachholz und vor allem Stubben kann auch bestimmten Arten den Lebensraum entziehen, die auf Totholz angewiesen sind.⁵¹

5.2 Kontrovers diskutierte Themen

Estland

Die Nutzung von Holz als Energieträger kann weiter erhöht werden. Dies hätte dann aber auch Einfluss auf die Verfügbarkeit von Rohstoffen in anderen Wirtschaftsbereichen. Bisher hat die vorrangige Entwicklung der erneuerbaren Energien aber die Wettbewerbsfähigkeit anderer Industrien, die auf die gleichen Ressourcen zugreifen, noch nicht wesentlich beeinflusst. Die Holzpreise schwanken abhängig von der jeweiligen Marktsituation.

In Estland sollte vor einigen Jahren ein Bioraffinerie-Standort aufgebaut werden. Proteste der lokalen Bevölkerung führten dann dazu, dass von dem Fabrikneubau abgesehen wurde. Zurzeit sind zunehmend Differenzen zwischen der Forst- und Holzwirtschaft und Umweltschützern zu beobachten, und zwar in dem Maße, dass die Medien bereits von einem „Krieg um den Wald“ sprechen. Die Nutzung von dem reichlich anfallenden Waldrestholz ist in der Bevölkerung aber weitestgehend akzeptiert.

Der Holzmarkt wird auch von den Entwicklungen in den Nachbarländern beeinflusst. Die Länder im nördlichen Teil der EU haben keine Probleme, ihre Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2020 zu erreichen. In vielen mitteleuropäischen Staaten hingegen bedarf es noch erheblicher Anstrengungen, wodurch ein weiterer Anstieg der Nachfrage nach Holz zu erwarten ist. Estland hat ein erhebliche Potenzial für den Export von Energieholz auch mit dem Zeithorizont bis 2030. Die Erschließung dieser Potenziale wird sowohl von regionalen wie auch von globalen Marktentwicklungen abhängen.

Finnland

Entscheidungen für Bioenergieprojekte werden als konkrete Maßnahmen für die regionale und landesweite Entwicklung gesehen. Wälder sind eine erneuerbare und risikoarme Alternative, um die zukünftige Energieversorgung sicher zu stellen. Die Nutzung lokal verfügbarer erneuerbarer Energien reduziert die Abhängigkeit von Energieimporten. Um die ambitionierten Ziele der EU im Bereich Energie zu erreichen, muss Biomasse fossile Energieträger sowohl in der Strom- und Wärmeversorgung als auch im Transportsektor ersetzen. Bisher bleibt allerdings unklar wie Bioenergie trotz der wesentlich höheren Kosten der Konversionsprozesse Kohle und andere fossile Energieträger vollständig ablösen soll. In dicht besiedelten Gebieten werden private Feuerungsstätten wie Kamine und Öfen als eine der schlimmsten Quellen für Feinstaub angesehen. Die Nutzung von Waldrestholz zur Energieerzeugung ist weithin akzeptiert. Von der Rodung von Stubben für die Energieerzeugung sollte hingegen abgesehen werden. Rundholz, das auch stofflich genutzt werden könnte, sollte als letzte Alternative für Erzeugung von Holzenergie angesehen werden.

Die meisten Krankheiten, die durch Luftverschmutzung ausgelöst werden, hängen mit der Feinstaubbelastung in der Atemluft zusammen. Feinstaub gilt als Auslöser vieler Krankheiten und Todesfälle. Die beiden größten Emittenten von Feinstaub sind der Straßenverkehr und die private Verfeuerung von Holz.¹⁶

Für Finnland wurde eine Studie durchgeführt, um die Zusammenhänge zwischen der Produktion von Bioenergie, der Erreichung von Klimaschutzzielen und dem Zustand der Wälder zu untersuchen. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass Finnlands Wälder Kohlenstoffsinken bleiben, auch wenn die Nutzung von Waldenergieholz steigt²². Die Leitidee der Energiewende in Finnland ist die Ablösung fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien.

Auch wenn Waldbesitzer bereit sind, Energieholz zu erzeugen und zu vermarkten, können beispielsweise die langfristigen Auswirkungen der Entnahme von Energieholz auf die Waldentwicklung und den Einfluss auf das Waldökosystem zu Einschränkungen führen und die Entwicklung des Sektors verlangsamen. Das betrifft alle Bereiche der forstlichen Energieholzernte: Waldrestholz, Schwachholz und Stubbenrodung. Ein weiteres Themenfeld ist die Verbesserung der Versorgungssicherheit mit Energieholz.⁵⁴

Deutschland

Da Waldenergieholz in der Regel fossile Energieträger ersetzt, wird als grundsätzlich als klimafreundlicher Energieträger angesehen. Zukünftig könnten aber Extremwetterereignisse sowie Kalamitäten, die durch diese hervorgerufen wurden, die Wälder so weit schädigen, dass sie beginnen, mehr Treibhausgase zu emittieren als sie speichern können. Mit der zunehmenden Entnahme von Rund- und Energieholz in den letzten Jahren hat sich auch die Diskussion um zukünftige Wege nachhaltiger Forstwirtschaft verschärft. Die Nährstoffversorgung der Wälder, die zukünftige Waldentwicklung sowie Fragen von Boden-, Wasser- und Naturschutz rücken zunehmend ins öffentliche Interesse.

Viele Bundesländer haben inzwischen die reguläre Untersuchung des Zustands der Waldböden eingeführt und geben Empfehlungen zur Entnahme von Kronenmaterial für die Energieholzerzeugung in Abhängigkeit der Bodenqualität. Waldbesitzer mit einem kontinuierlichen Monitoring und genaue Informationen zum Zustand einzelner Flächen zu versorgen, bleibt aber eine der wichtigsten Herausforderungen der kommenden Jahre. Teile der Bevölkerung in Deutschland befürworten die Stilllegung großer Teile des Waldes zugunsten des Naturschutzes. Auf vielen Versuchs- und Demonstrationsflächen wird die natürliche Waldentwicklung untersucht. Nach deutschem FSC-Standard sollen sogar 10% der Waldfläche einer natürlichen Entwicklung überlassen werden und eine wichtige Rolle für den Naturschutz spielen. Dies und das Verbot der Nutzung von Nicht-Derbholz (< 7 cm Durchmesser) nach deutschem FSC-Standard führt allerdings bereits jetzt zu massiven Einschränkungen der Energieholznutzung in einigen Regionen.

Der Einsatz von Schwachholz und höherwertigen Sägenebenproduktion in großen Biomasseheiz(kraft)werken ist umstritten, da sie die Verfügbarkeit dieser Sortimente für die Holzwerkstoff- und die Papierindustrie verringert. Von politischer Seite wird der stofflichen Nutzung klar Vorrang vor der energetischen Nutzung gegeben. Entsprechend sehen der Klimaschutzplan 2050 und die Charta für Holz 2.0 in erster Linie eine Kaskadennutzung von Holz mit der energetischen Verwertung als letzter Etappe des Lebenszyklus von Holzprodukten vor. Für Holzqualitäten, die in den traditionellen Bereichen der Holzverwendung und -verwertung nicht genutzt werden können, sollen zukünftig verstärkt als Rohstoff in innovativen Anwendungen der Bioökonomie eingesetzt werden. Ein erfolgreiches Beispiel hierfür ist die Herstellung von Textilfasern aus Holz. Auf

lokaler Ebene hingegen soll die Wärmeerzeugung mit Holz in Kleinanlagen weiter ausgebaut und gefördert werden, auch um Wertschöpfungsmöglichkeiten im ländlichen Raum weiter zu entwickeln.

Der Einsatz von Waldenergieholz in kleinen Verbrennungsanlagen wird einerseits gezielt durch Fördermaßnahmen (wie z.B. das Marktanreizprogramm) unterstützt und andererseits durch eine Reihe von Gesetzen und Verordnungen geregelt. Um beispielsweise Emissionen aus der Holzverbrennung, die lokal zum Teil eine erhebliche Belastung darstellen, weiter zu reduzieren, wurde 2019 die Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV) angepasst. Dies stellt gerade die Betreiber kleiner Bioenergieanlagen vor erhebliche Herausforderungen. Ebenso werden die neuen Anforderungen des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) nach der letzten Novellierung als Hemmnis für Investitionen in Bioenergieanlagen auf kommunaler Ebene angesehen.

Letland

In Letland werden dringend effizientere Methoden der Pflege von jungen Waldbeständen und Ernte von Schwachholz benötigt. Ebenso sollten Qualitätskriterien für Energieholz und Industrieholz mit den Stakeholdern diskutiert und einheitliche Standards in Nordeuropa geschaffen werden. Im Bereich Forstwissenschaften lassen sich die folgenden Prioritäten für den Forschungsbedarf in naher Zukunft formulieren: a) Energieholzernte im Rahmen der Läuterung und Jungbestandspflege, b) Gewinnung von Waldrestholz und Brennholz bei Durchforstungseingriffen.

Benötigt werden vertiefte Informationen zu verfügbaren Potenzialen, zu den einschlägigen Vorschriften für die Begrenzung der Auswirkungen der Waldnutzung auf den natürlichen Wasserhaushalt, zu Lagerung und Trocknung von Energieholz, zu Möglichkeiten der Qualitätseinschätzung und -vorhersage sowie zu Biomasseverlusten durch Lagerung und Transport. Weiterhin sollten die Möglichkeiten zur Reduktion der Transportkosten durch Erhöhung der Zuladung untersucht werden.

Litauen

Die Unabhängigkeit der Energieversorgung ist ein wichtiges Thema in Litauen. Allerdings nehmen die Importe von Holzhackschnitzeln aus Weißrussland stark zu und haben zurzeit einen Marktanteil von 40% (LITBIOMA). Obwohl Litauen selbst ein großes Energieholzpotenzial hat, werden die preiswerteren Hackschnitzel über die Plattform Baltpool Energy Exchange gehandelt. Dadurch erhöht sich die Abhängigkeit im Energiesektor weiter. Zwar können weißrussische Firmen nicht direkt Biofestbrennstoffe über Baltpool Energy Exchange anbieten, Unternehmen aus Litauen und Letland können aber von diesen Mengen ankaufen und dann über die Plattform weitervermarkten.

Große Mengen an Energieholz wurden von Weißrussland im Jahr 2019 nach der Borkenkäferplage (*Ips acuminatus*) angeboten, die große Teile Europas betraf. Weißrussische Firmen verkaufen Energieholz zu Preisen, die die Transportkosten decken oder leicht darüber. Die Exportmengen aus Weißrussland haben starken Einfluss auf das Preisgefüge in Litauen. Gleichzeitig fließen dadurch jährlich etwa 20 Millionen Euro von Litauen nach Weißrussland, obwohl Litauen über ausreichende Energieholzpotenziale verfügt und diese Mittel für die einheimische Wertschöpfung zur Verfügung stehen könnten.



Abbildung 60. Große Mengen Energieholz aus Fällmaßnahmen gegen den Borkenkäfer *Ips acuminatus* wurden von Weißrussland nach Litauen exportiert. Die Käfer lebt unter der Rinde von Kiefern in Waldrestholz, Kronenmaterial, auf Sturmflächen oder an geschwächten Bäumen. (Photo: Luke MetInfo)

Auf Druck der EU-Märkte muss ab 2020 das gesamte in Heizkraftwerken eingesetzte Holz zertifiziert sein. Weißrussland begann ab 2010 damit, große Teile der Wälder zu zertifizieren. Die Zertifizierung nach FSC dient in Weißrussland vor allem dazu, die Nachfrage der Exportmärkte bedienen zu können.

Aufgrund dieser Marktsituation müssen vor allem kleine Energieholzproduzenten Personal entlassen oder sogar ganz aufgeben. Dadurch bekommt der Energieholzmarkt oligopolistische Strukturen. Bereits 42% des Energieholzmarktes ist zwischen vier großen Unternehmen aufgeteilt. Zölle oder Einfuhrbeschränkungen könnten eine Antwort auf solche von ausländischen Firmen gesteuerten Niedrigpreis-Strategien sein. Zölle oder Beschränkungen widersprechen jedoch dem bilateralen Handelsabkommen zwischen Weißrussland und Litauen und kommen daher nicht in Frage. Zurzeit gibt es keine rechtliche Basis, gegen Energieholzimporte vorzugehen, und das Ministerium für Energie hat bisher keine Maßnahmen angekündigt.

Schweden

Schweden will bis zum Jahr 2045 unabhängig von fossilen Brennstoffen werden. Bioenergie hat den größten Anteil an den erneuerbaren Energien, aber es gibt erhebliches Potenzial für weiteres Marktwachstum. Schon seit einiger Zeit wird kontrovers diskutiert, wie ein sinnvolles Gleichgewicht zwischen Bioenergie, Biodiversität und bestmöglicher Nutzung der Wälder in Zeiten des Klimawandels geschaffen werden kann. Diese Diskussionen werden auch weiter notwendig sein. Die schwedische Regierung, Forstun-

ternehmen und private Waldbesitzer sehen Waldenergieholz als wichtigen Bestandteil der zukünftigen Bioökonomie.

Die Verpflichtung von Forstunternehmen zum Schutz der Waldböden hat Einfluss auf die verfügbaren Potenziale an Waldrestholz. In einigen Landesteilen hat das zu einem vermehrten Interesse von Unternehmen an der Ernte von Energieholz entlang von Straßenrändern geführt.

Insbesondere im Norden des Landes wird die profitable Energieholzgewinnung bei den seit etwa 5 bis 7 Jahren auf niedrigem Niveau stagnierenden Preisen zunehmend schwierig. Energieholz ist in der Bereitstellung – vor allem was die Logistik und die Lagerung betrifft – ein vergleichsweise aufwendiges Sortiment. In Südschweden werden die Märkte zurzeit durch die großen Mengen an Käferholz beeinflusst.

5.3 Nächste Schritte

Finnland

In Finnland wird das verfügbare Potenzial an Waldhackschnitzeln aus Waldrestholz, Schwachholz und Stubben auf etwa 12 bis 21 Millionen Festmeter pro Jahr geschätzt. Der Wert ist abhängig vom jährlichen Holzeinschlag und Verbrauch der Holzindustrie, den angewandten Holzernteverfahren für Schwachholz und dem Einsatz von Industrierundholz für die Energieerzeugung. Schwachholz hat sich zu einem der wichtigsten Waldenergieholz-Sortimente entwickelt, und die Nutzung kann weiter erhöht werden.⁵²

Investitionen in Holzheiz(kraft)werke sind von verschiedenen Faktoren abhängig – von dem eingesetzten bzw. von der Anlage benötigten Brennstoff, der Nachfrage nach Industrieholzsortimenten, der Verfügbarkeit von Waldrestholz und Sägerestholz auf regionaler Ebene, den Bereitstellungskosten, der Nachfrage, den Preisen, von Nachhaltigkeitskriterien, von staatlichen Förderungen und von bestehenden Industriestandorten. Als Brennstoffe werden auch in Zukunft Waldrestholz, Rundholz und Sägenebenprodukte eingesetzt.¹⁶

In Finnland bestehen die größten Entwicklungsmöglichkeiten für Holzenergie durch neue Lösungen der Energieversorgung in der Region um Helsinki und durch die Substitution von Kohle in Heizkraftwerken in Südfinnland. In Mittelfinnland und Nordfinnland ist zu klären, wie Torf als Brennstoff abgelöst werden kann.

Deutschland

Die zukünftige Verfügbarkeit von Energieholz in Deutschland hängt davon ab, wie die Wälder in Zukunft bewirtschaftet werden und wie sich die Absatzmärkte für geringwertige Holzsortimente entwickeln. Die Holzaufkommens- und -absatzmodellierung mit verschiedenen alternativen Waldbehandlungs- und Holzverwendungsszenarien (WEHAM-Szenarien)¹⁸ lässt die Schlussfolgerung zu, dass keine erhebliche Ausweitung der Bereitstellung von Waldenergieholz möglich ist. Der laufende Waldumbau hin zu artenreichen Mischwäldern wird voraussichtlich langfristig zu einem Rückgang der Verfügbarkeit von Rundholzsortimenten führen. Waldenergieholz könnte hingegen anteilig an der Gesamtmenge zunehmen⁵⁷, es sei denn, aus Naturschutzgründen würde

ein deutlich höherer Anteil Totholz in den Beständen gelassen. Die Auswirkungen des Klimawandels sind ein neuer, schlecht abzuschätzender Einflussfaktor. Einerseits werden zurzeit aufgrund von Sturmereignissen, Dürreperioden und nachfolgenden Insektenkalamitäten große Mengen geringwertiger Holzsortimente auf den Markt gedrückt. Andererseits sind zukünftig voraussichtlich geringere Zuwächse und eine niedrigere Produktivität der Wälder zu erwarten. Die Erhaltung der Wälder und ihre Anpassung an die neuen klimatischen Bedingungen haben derzeit höchste Priorität in der Waldbewirtschaftung. Die Pflege junger Waldbestände ist eine wichtige Maßnahme, um sie gegen Sturmereignisse zu stabilisieren. Dabei fallen schwache Rundholzsortimente an, die je nach Marktlage in der Holzindustrie oder als Energieholz verwertet werden können.

Das größte Entwicklungspotenzial bieten noch kleine Bioenergieanlagen und der Einsatz von Holzbrennstoffen in privaten Haushalten. Lokale Lieferketten mit hoher Wertschöpfung zur Bereitstellung höherwertiger Brennstoffe aus der Waldbewirtschaftung und der Landschaftspflege schaffen Wertschöpfungsmöglichkeiten und mobilisieren bisher ungenutzte Holz mengen von privaten Wald- und Landbesitzern. Energieholzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen (in Kurzumtriebsplantagen oder in Agroforst-Systemen) könnte zukünftig eine noch größere Rolle spielen, um lokal vorhandene Energieholzpotenziale zu ergänzen und die Versorgungssicherheit von Bioenergieanlagen zu erhöhen.

Letland

In Lettland wurden verschiedene Methoden zur Bereitstellung von Energieholz im Rahmen der Durchforstung und bei Verjüngungshieben untersucht. Am vielversprechendsten für die Ernte von Schwachholz sind Verfahren mit Produktion von Industrieholz und teilentasteten Abschnitten für Energieholz unter Verwendung kleiner bis mittelgroßer Harvester. Das Konzept "teilentastete Abschnitte" ist so zu verstehen, dass die Krone im Wald verbleibt. Energieholzpotenziale aus Verjüngungs- bzw. Endnutzungshieben sind vom Material ganz anders und erfordern eigene Bereitstellungsmethoden. Die Maschinenführer müssen es vermeiden, Stämme zu verarbeiten, aus denen nicht mindestens ein Abschnitt Industrierundholz gewonnen werden kann. Holzernteverfahren mit Mehrfachfällköpfen müssten noch vermehrt von Holzkäufern und Forstunternehmen angenommen werden, um die Leistung zu verbessern.

In der nächsten Zeit wird der Schwerpunkt in Lettland auf Maßnahmen zur Senkung der Holzerntekosten und zur Verbesserung der Logistikprozesse liegen. Geoinformationssysteme, aus denen Informationen zur Bodenfeuchte abzulesen sind, können eine Unterstützung für die Planung effizienter Bereitstellungsprozessen darstellen. Für Waldbesitzer und Maschinenführer sind Aus- und Weiterbildungsangebote notwendig, um die Bereitstellungsketten für Energieholz weiter zu verbessern. Die Aufwertung von geringwertiger Biomasse als Brennstoff unterstützt die Entwicklung des gesamten Sektors. Treibhausgas- (THG) Emissionen müssten verstärkt in Entscheidungen zum Einsatz von Holz als Energieträger beachtet werden.

Litauen

Zwei große Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen, in Kaunas und Wilna, befanden sich 2019 im Bau. Die Anlage in Kaunas ging noch im selben Jahr ans Netz. Die Anlage hat eine Nennleistung von $24 \text{ MW}_{\text{el}}$ und $70 \text{ MW}_{\text{th}}$. Das Werk ermöglicht die Entsorgung und energetische Nutzung von rund 200.000 Tonnen kommunaler Abfälle, welche in der Region jährlich anfallen. Nach der Trennung der nicht verwertbaren Fraktionen, ermöglicht dieses Abfallaufkommen die Erzeugung von 500 GWh an thermischer Energie, womit die Anlage mit 40 % zur Heizwärme- und Warmwasserversorgung der Stadt beiträgt. Daneben produziert die Anlage 170 GWh an elektrischem Strom. Die Inbetriebnahme der zweiten Anlage in Wilna ist für 2020 geplant. Die Anlage hat eine Nennleistung von $92 \text{ MW}_{\text{el}}$ und $229 \text{ MW}_{\text{th}}$.

Die Verstromung kommunaler und industrieller Abfälle könnte zukünftig die Abhängigkeit von Biomasse verringern (insbesondere im Sommer). Die Anlage in Kaunas wird ausschließlich kommunale und industrielle Abfälle nutzen. Die Anlage in Vilnius wird sowohl kommunale und industrielle Abfälle als auch Biomasse verwerten. Biomasse soll vor allem im Winter eingesetzt werden, wenn die Menge an Abfällen nicht ausreicht, um alle drei Heizkraftwerke, die in Litauen Abfall verbrennen, zu versorgen. Nach Einschätzung der EU ist die Anlagenkapazität zur Energieproduktion aus Abfällen zu groß für das Aufkommen in Litauen. Deshalb wurde die Anlage in Kaunas mit der Hilfe eines privaten Investors gebaut. Der Import von Abfall aus anderen Ländern ist verboten.

Wärmeversorger und potenzielle unabhängige Wärmeproduzenten können im Rahmen des Programmes "Promotion of low power biofuel cogeneration" EU-Hilfen beantragen. Unterstützt werden die folgenden Aktivitäten: Installation neuer hocheffizienter Biomasseanlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung, Nachrüstung bestehender Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung, Ersatzinvestitionen in Kraft-Wärme-Kopplung im Bereich Nahwärmeversorgung bis zu einer Anlagengröße von 5 MW elektrisch und 1 - 20 MW Gesamtnennwärmeeintrag. Das Programm hat in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit erfahren. Viele Anlagen wurden mithilfe der Förderung umgerüstet.



Abbildung 61. Nachhaltig bewirtschaftete Wälder bieten auch Lebensraum für Tiere. Ein Luchs läuft durch einen Kiefernwald in Litauen, in dem kurz zuvor ein Verjüngungshieb durchgeführt wurde. (Photo: Vita Arlickienė)

Schweden

Die Möglichkeiten zur Produktion von Fernwärme werden in Schweden fast vollständig genutzt, aber es besteht noch Potenzial für Heizanlagen und kleine Wärmenetze zum Beispiel in Schulen oder Mehrfamilienhäusern. Die Nebenprodukte der Holzindustrie werden in Schweden vollständig verwertet. Zukünftig wird Sägemehl wahrscheinlich für andere Zwecke eingesetzt, z.B. Pyrolyseöl. Dadurch wird die Nachfrage nach Waldenergieholz für die Energieproduktion in den Industrieanlagen steigen. Diese Entwicklung hat bereits eingesetzt. Gerade bei Lignin ist ein Wachstum zu beobachten.

Schon heute sind Biofestbrennstoffe die größte Energiequelle in der Industrie, aber ihr Einsatz ist weitgehend auf die holzverarbeitende Industrie konzentriert. Wenn andere Industrien auf erneuerbare Energien umsteigen, werden auch hier große Mengen an Biofestbrennstoffen benötigt. Der Umbau der Industrie weg von fossilen Energieträgern wird zu einer stark wachsenden Nachfrage nach Biofestbrennstoffen führen. Pläne für Schwedens Industrie weisen einen zusätzlichen jährlichen Bedarf von 25 bis 28 TWh aus. Wenn man die Substitution fossiler Energieträger im Verkehrssektor und in der Stromerzeugung hinzuzählt, ergibt sich ein Bedarf von zusätzlichen 100 bis 120 TWh pro Jahr. Auf Seiten der Potenziale wird geschätzt, dass die verfügbaren Mengen Biomasse bis zum Jahr 2050 in der Forstwirtschaft um 74 TWh gesteigert werden könnten und in der Landwirtschaft um 54 TWh.

In über 1,4 Millionen Hektar Wald in Schweden wurde keine Läuterung oder Jungbestandspflege durchgeführt. Weniger kostenintensive Technologien und Erntemethoden für Schwachholz werden dringend benötigt, um den Sektor weiterzuentwickeln.⁵¹

Wenn der derzeitige Wissensstand in der Praxis angewandt wird, ist es bereits jetzt möglich, die Ernte von Waldenergieholz massiv zu erhöhen, ohne dass dies inakzeptable Konsequenzen für die Umwelt oder die Biodiversität hätte. Kompensations- und Vorsichtsmaßnahmen können angewandt und weiterentwickelt werden, um sicherzustellen, dass eine erhöhte Nutzung von Waldenergieholz ohne gravierende Auswirkungen auf die Umwelt möglich ist.⁵¹

QUELLEN

1. Statistical Database of the Statistics Estonia. <http://pub.stat.ee/px-web.2001/dialog/statfile1.aspweb.2001/Database/Majandus/databasetree.asp>
2. Implementation Plan for the Renewable Action Energy Plan until 2020. https://issuu.com/elering/docs/taastuvenergia_tegevuskava_rakendusplaan (in Estonian) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>
3. Puidubilanss. Ülevaade puidukasutuse mahtudest 2017. Keskkonnaagentuur. https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/puidubilanss_2017_0.pdf
4. Estonian Forestry Development Plan until 2030. <https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/metsandus>
5. Ruoka- ja luonnonvaratilastojen e-vuosikirja 2019. Tilastoja maataloudesta, metsäsektorilta sekä kala- ja riistataloudesta. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2018. (Finnish statistical e-book 2019) <https://stat.luke.fi>
6. Luke Internews News, <https://www.luke.fi/uutinen/puun-energiakaytto-lisaantyy-edelleen/>
7. Suomen virallinen tilasto (SVT). Luonnonvarakeskus, Puun energiakäyttö. Internet site. stat.luke.fi
8. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2018): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland – 1990 bis 2017, Stand: Juli 2018; Berlin
9. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Hg.) (2017): Holzmarktbericht 2016. Abschlussergebnisse für die Forst- und Holzwirtschaft des Wirtschaftsjahres 2016 (01.01.2016 – 31.12.2016); Bonn
10. Federal Ministry for the Environment; Nature Conservation; Building and Nuclear Safety (BMUB) (2016): Climate Action Plan 2050 – Principles and goals of the German Government's climate policy. Berlin <https://www.bmu.de/publikation/climate-action-plan-2050/>
11. The National Energy Independence Strategy, 2018. http://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija_2018_LT.pdf
12. The Lithuanian District Heating Association. <https://lsta.lt/>
13. Tebėra A., Kibirskštienė I. Medienos kuro pasiūlos ir paklausos įvertinimas ir pasiūlymų vie-tiniais medienos ištekliams pagrįstų energijos gamybos pajėgumų darniai plėtrai parengimas. Kauno miškų ir aplinkos inžinerijos kolegija, 2014.
14. Lithuanian statistical yearbook of forestry 2017. Ministry of Environment, State Forest Service. Lututė, 2018.
15. National Development Plan of the Energy Sector until 2030. Approved on 20.10.2017 with order no 285 of the Government of the Republic. Tallinn 2017. https://www.mkm.ee/sites/default/files/ndpes_2030_eng.pdf
16. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Koljonen T., Soimakallio S., Asikainen A., Lanki T., Anttila P., Hildén M., Honkatukia J., Karvosenoja N., Lehtilä A., Lehtonen H., Lindroos T., Regina K., Salminen O., Savolahti M., Siljander R. & Tiittanen P. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017. 106 s. Helmikuu 2017.
17. Metsäkoulu. Satu Rantala (toim.) 351 s. Metsäkustannus 2017.
18. Schier, Franziska; Weimar, Holger (2018): Holzmarktmodellierung – Szenarienbasierte Folgenabschätzung verschiedener Rohholzangebotssituationen für den Sektor Forst und Holz. Thünen Working Paper 91; Braunschweig
19. The National Energy Regulatory Council, 2019. <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2019-metai/2019-rugsejis/prasideda-atsinaujinancios-energetikos-pletra-skatinantys-aukcionai.aspx>

20. Svebio, 2019. Roadmap Bioenergy – meeting the demand for bioenergy in a fossil free Sweden. Internet sites. <https://www.svebio.se/en/about-bioenergy/>; <https://www.svebio.se/app/uploads/2020/03/Roadmap-Bioenergy-2020.pdf>
21. Energiatalgud. Internet site: www.energiatalgud.ee
22. Metsähakevarat ja metsähakkeen käyttö. Anttila P., Nivala M., Laitila J. & Korhonen K. Metlan työraportteja 289: 13–20. Saatavilla: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp267.htm>
23. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (2017): Anlagenbestand und installierte elektrische Leistung von Biomasse(heiz)kraftwerken; <https://mediathek.fnr.de/anlagenbestand-und-installierte-elektrische-leistung-von-eeg-anlagen-auf-basis-holzartiger-biomasse.html>, accessed 30.05.2018.
24. Katlumājās patērētais kurināmais un saražotā siltumenerģija, TJ. Centrālā statistikas pārvalde. Internet site: <https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/statistikas-temas/vide-energetika/energetika/tabulas/eng120/katlumajas-pateretais-kurinamais-un-sarazota>
25. Lithuanian Biomass Energy Association LITBIOMA. <http://www.biokuras.lt/en>
26. Marčiukaitis M., Dzenajavičienė E.F., Kveselis V., Savickas J., Perednis E., Lisauskas A., Markevičius A. ir kt. Atsinaujančių energijos išteklių naudojimo Lietuvoje patirtis, reikšmė ir siekiai. ENERGETIKA. 2016. T. 62. Nr. 4. P. 247–267
27. Nacionalinė atsinaujančių energijos išteklių plėtros 2017–2023 metų programa. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActPrint/lt?jfwid=hok3ihs6m&documentId=bc949290ac-ob11e68987e8320e9a5185&category=TAP>
28. Swedish Energy Agency. Statistics. Internet site. <https://www.energimyndigheten.se/en/facts-and-figures/statistics/>
29. Anttila et al. Regional balance of forest chip supply and demand in Finland in 2030. Silva Fennica vol. 52 no. 2 article id 9902.
30. Prognos AG; EWI; GWS (2014): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Projekt Nr. 57/12. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Basel/Köln/Osnabrück
31. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (2016): Domestic Bioenergy: Potential 2050; <https://mediathek.fnr.de/grafiken/pressegrafiken/was-kann-bioenergie-2050-leisten.html>; accessed 04.09.2019
32. Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV) (2010): Biomassestrategie des Landes Brandenburg; Potsdam
33. Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten des Landes Brandenburg (MWE) (2012): Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg; Potsdam
34. Svebio's biopower platform (2016). Internet site. <http://www.mynewsdesk.com/se/svebio/documents/bioenergikarta-bioaerme-2020-94265>
35. Forest Act, RT I, 04.03.2015, 10. https://www.riigiteataja.ee/en/compare_original?id=525032015010
36. Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. Loppuraportti. Teknologiaohjelmaraportti 5/2004. 135 s.
37. Lazdiņš, A., Kaleja, S., Gruduls, K., Bardule, A. (2013). Theoretical evaluation of wood for bio-energy resources in pre-commercial thinning in Latvia. Research for Rural Development (2), 42–48. <http://llufb.llu.lv/conference/Research-for-Rural-Development/2013/LatviaResearchRuralDevel19thvolume2-42-48.pdf>
38. Latvijas statistikas gadagrāmata, 2018. Centrālā statistikas pārvalde. Internet site. <https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/statistikas-temas/ekonomika/ikp/meklet-tema/285-latvijas-statistikas-gadagramata-2018>

39. Aleinikovas M., Sadauskienė L., Mikšys V., Gustainienė A.. Biokuro potencialo Lietuvoje įvertinimas, biokuro kainų prognozė, biokuro panaudojimo socialinės naudos įvertinimas ir biokuro panaudojimo plėtrai reikalingų valstybės intervencijų pasiūlymai. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialo Miškų instituto ataskaita. Girionys, Kauno r. , 2013, p. 48
40. Kietojo biokuro kokybės reikalavimai (2017-12-06, Nr. 1-310), TAR, 2017-12-08, Nr. 19830.
41. District Heating Act. Estonian Government. SE 264, <https://www.riigikogu.ee/tegevus/eel-noud/eelnou/f3be6f3f-1b97-44ff-8d8f-41d9a909b3a3>
42. Metsätalouden kehittäminen ja puun energiakäytön edistäminen rajan ylittävällä yhteistyöllä. Asko Puhakka (toim.) Karelia-ammattikorkeakoulu. Joensuu. 75 s. LaserMedia Oy, 2014.
43. Šilumininkų indėlis į lietuvos energetinę nepriklausomybę per 20 metų. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija, 2018.
44. S2BIOM. Project. Database of Policy Measures & Instruments. Internet site: <https://s2biom.vito.be/>
45. Wood Balance (Puidubilanss, in Estonian). <http://empl.ee/wp-content/uploads/2015/01/Puidubilanss-2016-ja-2019.pdf>
46. Šilumos supirkimo iš nepriklausomų gamintojų į šilumos tiekimo sistemas tvarka (2003-07-25, Nr. 982), Valstybės žinios 2003, Nr. 75-3481
47. Mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas (2005-03-31, Nr. X-152). Valstybės žinios 2005, Nr. 47-1560
48. Akcizų įstatymo pakeitimo įstatymas (2004-02-29, Nr. IX-1987), Valstybės žinios 2004, Nr. 26-802 //
49. Taimikonhoito ja harvennusbiomassan tuottaminen kuusen taimikossa. Niemistö, P. Metlan työraportteja 289, ss. 135-141, saatavilla: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp289.htm>
50. Kasvatismetsien integroidun aines- ja energiapuun korjuu ja puuntuotannolliset vaikutukset. Nurmi J., Jylhä P., Läspä O., Räisänen T. & Wall A. Metlan työraportteja 289, ss. 34-46, saatavilla: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp289.htm>
51. Skogforsk. Swedish Forest Research Institute. Internet sites. <https://www.skogforsk.se/english/products-and-events/other/forest-energy-for-a-sustainable-future/>; <https://www.skogforsk.se/english/products-and-events/other/efficient-forest-fuel-supply-systems/>
52. Bioenergiaa metsistä kestävästi ja kilpailukykyisesti. Asikainen A., Ilvesniemi H. & Hynynen J. Metlan työraportteja 289, ss. 10-12, saatavilla: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp289.htm>
53. Metsähakkeen toimitusketjun pullonkaulat. Laitila J., Leinonen A., Flyktman M., Virkkunen M. & Asikainen A. Metlan työraportteja 289, ss. 147-152, saatavilla: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp289.htm>
54. Hakkuutähteen korjuun vaikutuksista 10-vuotiaissa kuusen taimikoissa. Saksa T. Metlan työraportteja 289, ss. 142-146, saatavilla: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp289.htm>
55. egnell, G. & Leijon, B. 1999. Survival and growth of planted seedlings of Pinus sylvestris and Pinus abies after different levels of biomass removal in clear-felling. Scandinavian Journal of Forest Research 14:303-311.
56. Deutsches Pelletinstitut (Depi), 2020. Pelletfeuerungen in Deutschland. 27/02/2020. <https://depi.de/de/p/Pelletfeuerungen-in-Deutschland-aqzgTdFJwz77hk1Vrr3kHy>
57. Oehmichen, Katja; Röhling, Steffi; Dunger, Karsten; Gerber, Kristin; Klatt, Susann, 2017. Ergebnisse und Bewertung der alternativen WEHAM-Szenarien. AfZ – Der Wald 13/2017. p. 14 – 17.



Projekt im Interreg-Ostseeraumprogramm Baltic ForBio 2017 - 2020

Produktion von Wald-Bioenergie im Ostseeraum

Forstliche Biomasse ist eine wichtige Quelle erneuerbarer Energien im Ostseeraum. Über 80 % der erneuerbaren Energien in Estland, Finnland, Deutschland, Lettland, Litauen und Schweden werden aus holzartiger Biomasse gewonnen. Zurzeit werden vor allem Nebenprodukte der Holzindustrie, Altholz, und (in Haushalten) Scheitholz eingesetzt. Bei der Holzernte fallen große Mengen an Resten an, von denen ein großer Anteil für die Energieerzeugung genutzt werden könnte. Diese verbleiben aber weitgehend im Wald – sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus ökologischen Gründen. Es gibt ein großes Potenzial, die steigende Nachfrage durch die vermehrte Ernte von Schwachholz und Gewinnung von Waldrestholz zu decken.

Das Projekt Baltic ForBio hat zum Ziel, die Produktion erneuerbarer Energien im Ostseeraum zu steigern, indem öffentliche Entscheidungsträger, Forstverwaltungen und Energieagenturen sowie Organisationen von Waldbesitzern und Unternehmern bessere Informationsgrundlagen zur Ernte und Nutzung von Waldrestholz und Schwachholz erhalten. Das vorliegende Handbuch über kosteneffiziente und nachhaltige Erntemethoden für Energieholz geht von verfügbaren Technologien und Forschungsergebnissen aus. Es behandelt sowohl technologische und wirtschaftliche Fragen als auch Umwelt- und Naturschutzaspekte in den verschiedenen Phasen des Bestandeslebens. Trainingsprogramme zur Gewinnung von Schwachholz und Waldrestholz sowie Demonstrationsflächen für die Bereitstellung von Schwachholz ergänzen den Inhalt des Handbuchs. Das Handbuch unterstützt den Aufbau nachhaltig wirtschaftender Unternehmen und von Kapazitäten zur lokalen Erzeugung von Bioenergie

Über das Projekt:

Baltic ForBio ist ein transeuropäischer Forschungsverbund zu nachhaltigen erneuerbaren Energien mit 13 Projektpartnern in 6 Ländern und 4 assoziierten Partnern

Projektlaufzeit und Förderung

Laufzeit: Oktober 2017 - März 2021

Gesamtbudget: 2,55 Millionen EUR

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung:

2 Millionen EUR

www.slu.se/balticforbio/

