



Abbildung 1: Abladen von Hackschnitzeln aus einem LKW-Container

Vivienne Schnorf, 2019

Energieholztransport in der Schweiz

Vivienne Schnorf, Janine Schweier, Vanessa Burg, Fritz Frutig und Oliver Thees | Im Rahmen der Schweizer Energiestrategie gewinnt Energieholz zunehmend an Bedeutung. Es stellt sich die Frage, in welchen Fällen es aus wirtschaftlicher und umweltbezogener Sicht sinnvoll ist, unsere Wälder für die Energieholzproduktion zu nutzen. Im Vordergrund steht dabei auch die Frage nach den wirtschaftlichen Grenzdistanzen des Energieholztransportes.

Mit möglichen energetischen Anwendungen in den Bereichen Elektrizität, Wärme und Treibstoff tragen Biomassen als erneuerbare Energiequellen zur Schweizer Energiewende bei. Untersuchungen der Forschungsgruppe Nachhaltige Forstwirtschaft der WSL zufolge könnte der Beitrag aller Biomassen am Schweizer Energieverbrauch verdoppelt werden. Die bisher vom Waldholz gelieferte Energiemenge von 17 PJ könnte um zusätzlich nutzbare 9 PJ erhöht werden und einen massgeblichen Beitrag zur Energieversorgung leisten (Thees et al., 2017). Diese zusätzliche Energiemenge entspricht umgerechnet dem Energieinhalt

von ca. 250 000 Litern Heizöl (Heizwert von Heizöl = 42,9 MJ/kg, BAFU 2019).

In der Regel wird Waldholz immer dann für energetische Zwecke verwendet, wenn es aus technischen, wirtschaftlichen oder anderen Gründen nicht der materiellen Verwendung zugeführt werden kann. Durch die steigende Zahl der Holzschnitzelfeuerungen sowie den Bau grosser Heizkraftwerke steigt die Nachfrage nach Hackschnitzeln kontinuierlich an. Dies geschieht auf Kosten des als Stückholz aufgearbeiteten Brennholzes. Sowohl bei Stückholz wie bei Hackschnitzeln ist die Nutzung von Waldholz immer mit Transporten verbunden

(Abb. 1). Diese kosten, benötigen Energie und verursachen CO₂-Emissionen. Wie genau das Waldenergieholz transportiert wird, war Untersuchungsgegenstand einer neuen Studie.

Übliche Transportketten

Aktuelle und verlässliche Informationen zur Situation des Transportes von Waldenergieholz in der Schweiz fehlen. Die Forschungsgruppe der WSL führte deshalb im Frühling 2019 zahlreiche Gespräche und sieben qualitative Interviews mit Branchenexperten durch. Das Ziel war, die wichtigsten Transportketten von Stückholz

und Hackschnitzeln zu identifizieren und zu evaluieren. Jeder Experte gab dabei je zwei bis vier verschiedene Transportketten als besonders bedeutsam an. Diese umfassen alle Lade-, Ablade- und Transportprozesse vom Polter an der Waldstrasse bis zum Verbraucher des Energieholzes. Während der Interviews wurden unter anderem die transportierten Holzmengen, die eingesetzten Fahrzeuge und die Transportwege und -distanzen erhoben. Letztere wurden von den Experten geschätzt.

Die Resultate zeigen, dass aus Sicht der Befragten vier Transportketten für Stückholz und drei Transportketten für Hackschnitzel am häufigsten praktiziert werden. Es kommt eine achte optionale Transportkette hinzu, wenn Energierundholz an im Winter zugängliche Lagerplätze gebracht wird, um eine kontinuierliche Bereitstellung von Hackschnitzeln zu gewährleisten. Die Transportketten lassen sich nach dem ausführenden Dienstleister (Forstunternehmer, Forstbetrieb, Landwirt oder Privatperson) unterscheiden.

Bei der Transportkette «Stückholz/Forstunternehmer» fährt ein Schweizer Forstunternehmer durchschnittlich 10–20 km vom Werkhof bis zur Waldstrasse, wo er das gepolterte, kranlange Rundholz mit einem für Rundholz geeigneten LKW mit Kran lädt. Zurück im Werkhof wird dann das Rundholz verarbeitet, bevor es über eine durchschnittliche Entfernung von 5 bis 10 km mit einem Personenwagen mit Anhänger als Stückholz von 33 cm Länge an den Endverbraucher ausgeliefert wird. Die durchschnittliche Liefermenge beträgt drei Ster. Im Gegensatz dazu fährt ein Schweizer Landwirt mit seinem Traktor mit Anhänger über eine durchschnittliche Entfernung von 1 bis 10 km vom Hof bis zur Waldstrasse. Das Holz wird vor Ort aufbereitet und das Beladen erfolgt manuell. Es wird anschliessend über eine Entfernung von 5 bis 10 km direkt an den Verbraucher ausgeliefert.

Dagegen ist der Ablauf des Hackschnitzeltransportes anders: In der Regel wird je nach Mengenanfall mit zwei oder meh-

Umrechnungsfaktoren

1 Festmeter	→ 1,4 Ster
	→ 2,8 Schüttraummeter
1 Ster	→ 0,40 Tonnen Laubholz
1 Srm	→ 0,20 Tonnen Laubholz

Quelle: W. Riegger [2008], J. Hahn et al. [2014]

	Nutzlast [t]	Lastvolumen [SRM]	Kosten [CHF/h oder CHF/km]	Erlös
Personal^a				
Forstunternehmer, Forstbetriebe [CHF/h]	-	-	75.00	-
Landwirt [CHF/h]	-	-	30.00	-
Privatperson [CHF/h]	-	-	0.00	-
Fahrzeuge und Maschinen				
Rundholz LKW [CHF/h] ^b	12	15	169/135	-
Container LKW 26t [CHF/h] ^c	22	40	173/138	-
Sattelschlepper 40t [CHF/h] ^c	27	90	182/145	-
Traktor [90–104 kw] [CHF/h] ^d	-	-	55.00	-
Anhänger [CHF/h] ^d	20	-	50.00	-
Frontlader [CHF/h] ^d	-	-	12.50	-
Privatfahrzeug mit Anhänger [CHF/km] ^d	-	-	1.05	-
Erlöse^e				
Stückholz 33 cm [CHF/Ster]	-	-	-	167
Stückholz 1 m [CHF/Ster]	-	-	-	66
Energie [CHF/kWh]	-	-	-	0.054

^a Gemäss Fachexperten

^b Gautschi et al, 2017. Kosten unterscheiden sich nach Transport- oder Wartezeit [LSVA].

^c Gemäss Industriepreise, inkl. Fahrerkosten, -20% Profitmarge [richi-weiningen.ch]. Kosten unterscheiden sich nach Transport- oder Wartezeit [LSVA]

^d Maschinenkosten (Agroscope 2018)

^e Preise für Laubholz (WaldSchweiz, 2017)

Tabelle 1: Eingangsparmeter für die Berechnung der Transportkosten und Erlöse

WSL

renen Fahrzeugen zur 5–15 km entfernten Waldstrasse gefahren, wo das Hackholz vom Hacker direkt in die Transportbehälter gehackt wird. Sobald diese vollgeladen sind, fahren die Fahrzeuge die erntefrischen Hackschnitzel von der Waldstrasse zum Endverbraucher. Meistens übernehmen Forstunternehmer den Hackschnitzeltransport, wobei Container-LKW mit Ladekapazitäten von 40 und Sattelaufleger mit 90 Schüttraummeter (Srm) zum Einsatz kommen. Landwirte bieten diese Dienstleistung auch an und führen den Transport mit Traktor und Anhänger (25 Srm) durch. Alle Experten schätzten, dass Hackschnitzel über Entfernungen von 5 bis 30 km zum Abnehmer transportiert werden.

Ermittlung von potenzieller Wertschöpfung, Energieaufwand und CO₂-Emissionen

Um abzuschätzen, welche Transportentfernungen für die verschiedenen Transportketten ökonomisch sinnvoll sind, wurden die potenziellen Erlöse den Transportkosten gegenübergestellt. Die Erlöse wurden für Stückholz mit den zu erwartenden Holzpreisen (CHF/Ster) und für Hackschnitzel mit den Energiepreisen (CHF/kWh) berechnet. Die Transportkosten wurden anhand von

Maschinenkosten und Personalaufwand geschätzt (Tab. 1).

Darüber hinaus wurde untersucht, wie energieintensiv die verschiedenen Transportketten sind. Dazu wurde der Energiegehalt von Stückholz und Hackschnitzeln dem durch den Transportprozess induzierten direkten Energieaufwand gegenübergestellt. Der Kraftstoffverbrauch wurde nach Fahrzeug, Strassentyp (Waldstrasse, Strasse innerorts und ausserorts) und Geschwindigkeit berechnet. Für die Berechnungen wurden alle anfallenden Prozesse berücksichtigt, also das Be- und Entladen, der Transport zum Endverbraucher, allfällige Vorbereitungs- oder Wartezeiten sowie leere Rückfahrten.

Unter der Annahme, dass die energetische Verwendung von Stückholz und Hackschnitzeln zu einer Substitution fossiler Energieträger führt, wurden die eingesparten CO₂-Emissionen dem beim Transportprozess verursachten Treibstoffverbrauch gegenübergestellt (Tab. 2).

Die Berechnungen wurden auch für Nadelholz durchgeführt, sie sind jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit in diesem Artikel nicht dargestellt. Sie können bei den Autoren angefordert werden.

Transportkosten als grösster limitierender Faktor

Obwohl die Transportentfernungen für Stückholz bei den Forstunternehmern am höchsten sind (40 km bis zum Wald und zurück und weitere 15 km bis zum Kunden), gelingt es ihnen offenbar, die Transportkosten von Laubholz knapp unter 100 CHF/tTS zu halten (Abb. 2, oben). Damit sind die potenziellen Erträge beim Verkauf des Produktes viermal höher als die Transportkosten. Trotz kürzeren Distanzen haben Forstbetriebe wegen des Einsatzes von weniger effizienten Traktorgespannen gegenüber den LKW der Forstunternehmer höhere Kosten (bis 136 CHF/tTS), was dazu führt, dass die Erlöse aus dem verkauften Stückholz nur noch dreimal höher sind als die Transportkosten. Trotz eingerechnetem Anteil an Eigenleistung ergeben sich die höchsten Kosten bei den Landwirten (232 CHF/tTS), nicht nur weil das manuelle Beladen zeitaufwendiger ist, sondern auch weil kleinere Mengen transportiert werden (1 Ster). Das führt dazu, dass die Erlöse nur noch zwei- bis maximal dreimal die Transportkosten decken. Da nur der Einsatz des Fahrzeuges berücksichtigt wird und keine Personalkosten, erreichen Privatpersonen die niedrigsten Kosten (27 CHF/tTS). Hier ist der Erlös zwölfmal höher als die Transportkosten.

Der Transport von Hackschnitzeln kostet deutlich weniger (maximal 28–39 CHF/tTS) als derjenige von Stückholz, die potenziellen Erlöse sind fünf- bis neunmal höher als die Transportkosten. Die im Durchschnitt tieferen Kosten sind dadurch zu erklären, dass bei Hackschnitzeln grössere Mengen transportiert werden (Tab. 1). Trotz kurzen Entfernungen (5–10 km bis zum Waldstandort und 5–10 km bis zum Endverbraucher) schliesst auch bei den Hackschnitzeln der Landwirt am schlechtesten ab. Muss das Energieholz aber zuerst ins Winterlager gebracht werden, können die Kosten durch diesen zusätzlichen Arbeitsaufwand um bis zu 23 CHF/tTS steigen.

Die Ressource Holz enthält viel Primärenergie, nämlich im Durchschnitt 18 GJ je Tonne trockenes Laubholz. Betrachtet man die verschiedenen Transportketten aus rein energetischer Sicht, wird deutlich, dass der Energiegehalt von Holz viel höher ist als die direkte für den Transportprozess aufgewendete Energie (Abb. 2, Mitte). Der Energieaufwand für den Transport beträgt lediglich zwischen 0,3% und 3% der in der Ressource enthaltenen Primärenergie.

Dass Holz als ein nahezu kohlenstoffneutraler Energieträger gilt, liegt daran, dass

bei der Konversion nur so viel Kohlenstoff freigesetzt wird, wie zuvor während des Wachstums gebunden wurde. Würde die durch fossile Brennstoffe erzeugte Fernwärme mit Stückholz und Holzhackschnitzeln substituiert, und würde importierter Strom mit demjenigen eines Holzheizkraftwerks (WKK) ersetzt, könnten mit einer Tonne trockenem Stückholz 655 kg Äq-CO₂ und mit einer Tonne trockener Hackschnitzeln bis zu 8323 kg Äq-CO₂ vermieden werden. Somit wird 17- bis 200-Mal so viel CO₂ eingespart wie durch den Transport verursacht wird.

Maximale Transportdistanzen

Wenn nur die Transportkosten (für Hin- und Rückweg) betrachtet werden, liegt die wirtschaftliche Grenze für den Transport von Stückholz durch Forstunternehmer bei 110 km, während sie für Forstbetriebe und Landwirte bei 43 km bzw. 47 km liegt. Im Gegensatz dazu könnten Hackschnitzeln mit Sattelaufliegern bis zu 470 km transportiert werden, mit Container-LKW bis zu 286 km und mit landwirtschaftlichen Anhängern bis zu 110 km.

Aus energetischer und ökologischer Sicht können sich in bestimmten Fällen Transportdistanzen über mehrere hundert Kilometer wirtschaftlich lohnen. Dabei muss aber beachtet werden, dass der hier

betrachtete Transport des Energieholzes auf der Strasse nur einen Teil der Logistikkette darstellt und dass diese Studie daher keine umfassende Lebenszyklusanalyse beinhaltet (zum Beispiel werden der vorgängige Aufwand für waldbauliche Massnahmen oder andere Aufwendungen wie etwa die anteilige graue Energie für die Herstellung und Nutzung von Erntemaschinen nicht untersucht). Grundsätzlich sollte die lokale Nutzung von Waldholz bevorzugt werden.

Schlussfolgerungen

Die Studie bietet quantitative Grundlagen für die Beurteilung des Transportes von Waldenergieholz in der Schweiz. Sie zeigt, dass die Produktion von Hackschnitzeln auch bezüglich des Transportes gegenüber Stückholz Vorteile verspricht: Der Transport von Waldhackschnitzeln ist nicht nur kostengünstiger, sondern auch umweltfreundlicher als der von Stückholz. Die Studie zeigt für die wichtigsten Transportketten auch, dass die Kosten als wichtigster Faktor in der Praxis die Transportdistanzen konkret bestimmen. Aus wirtschaftlicher Sicht sind teilweise grosse Transportdistanzen möglich. Wegen des grossen Energieinhaltes von Holz ist es grundsätzlich auch aus umweltbezogener Sicht, das heisst aus Sicht der Energiebilanz und der Bilanz der CO₂-Emissionen vertretbar, Stückholz und

	Wert	Einheit
Wirkungsgrad der Konversion^a		
Stückholz	63	%
Hackschnitzeln	86	%
Gewicht und Energieinhalt		
Gewicht Nadelholz ^b	0,379	t/m ³
Energieinhalt Nadelholz ^b	5200	kWh/t
Gewicht Laubholz ^b	0,558	t/m ³
Energieinhalt Laubholz ^b	5000	kWh/t
Energieinhalt Benzin	10	kWh/l
Energieinhalt Diesel	9,2	kWh/l
Emissionen Kraftstoff		
Benzin	2320	g CO ₂ /l
Diesel	2620	g CO ₂ /l
Vermiedene Emissionen		
Fossiler Anteil Fernwärmemix Schweiz ^c	208,1	g CO ₂ /kWh
Importierter Strom ^c	345,0	g CO ₂ /kWh

^a Stettler et al., 2019. Der elektrische Anteil am Wirkungsgrad von Hackschnitzeln ist 7%

^b Hahn et al., 2014

^c Alig et al., 2017; Messmer and Frischknecht, 2016

Tabelle 2: Eingangsdaten für die Berechnung von Energieverbräuche und CO₂-Emissionen wsl

Waldhackschnitzel über längere Distanzen zu transportieren. Trotzdem fällt die gesamte Umweltbilanz besser aus, wenn der lokal anfallende Rohstoff Energieholz auch möglichst lokal oder regional verwendet wird. ■

Infos
www.wsl.ch

LITERATUR

Alig, M., Tschümperlin, L., Frischknecht, R. 2017. Treibhausgasemissionen Strom- und Fernwärmemixe Schweiz gemäss GHG Protocol. Im Auftrag von Sustainerv GmbH, UBS Fund Management, Die Schweizerische Post und pom+Consulting, treeze Ltd., Uster.

BAFU, 2019. Faktenblatt CO₂-Emissionsfaktoren für die Berichterstattung der Kantone. Bundesamt für Umwelt BAFU.

Gautschi, M., Taverna, R., Hagenbuch, M., 2017. Transporte in der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft: Situationsanalyse und Optimierungsmöglichkeiten im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Abt. Wald, CH-3003 Bern

Hahn, J., Schardt, M., Schulmeyer, F., Mergler, F., 2014. Merkblatt 12 – Der Energieinhalt von Holz [No. 12]. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft [LWF].

Messmer, A., Frischknecht, R., 2016. Umweltbilanz Strommix Schweiz 2014. Uster.

Riegger, W., 2008. Umrechnungsfaktoren Waldholz und Restholz. Beschlüsse der 96. Vorstandssitzung der IG Industrieholz vom 13.9.2007. Umrechnungsfaktoren Waldholz und Restholz.

Stettler, Y., Betbèze, F., 2019. Schweizerische Holzenergiestatistik. Erhebung für das Jahr 2018. BFE, Bern.

Thees, O.; Burg, V.; Erni, M.; Bowman, G.; Lemm, R., 2017. Biomassepotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung. Ergebnisse des Schweizerischen Energiekompetenzzentrums SCCER BIOS-WEET. WSL Berichte, 57. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. 299 p.

WaldSchweiz, 2017. «Energieholzpreise 2017/2018», Wald und Holz, vol. 12/17, 2017.

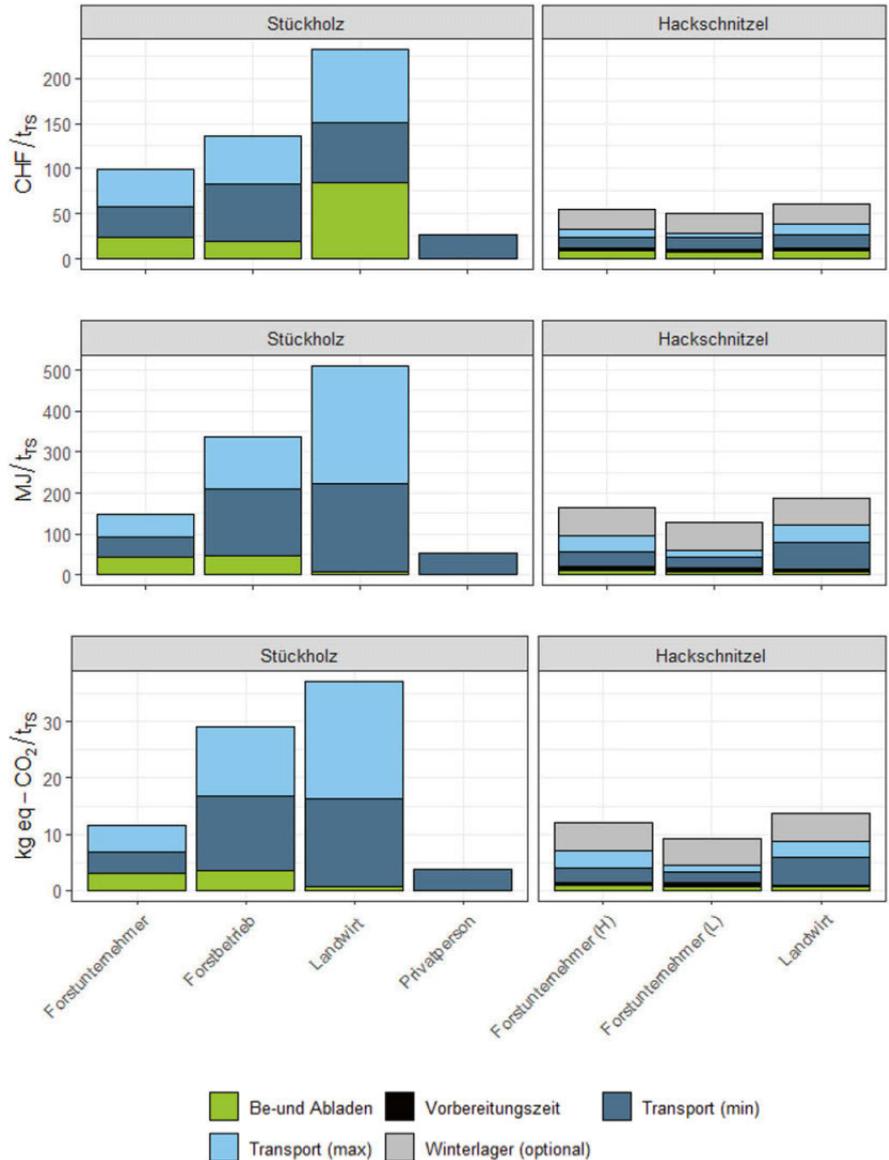


Abbildung 2: Kosten, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen beim Transport von Stückholz und Hackschnitzeln aus Laubholz

WSL

Zeitschrift für Wald, Waldwirtschaft, Holzmarkt und Holzverwendung

WALD UND HOLZ

auch auf
www.waldundholz.ch

wo Sie Ihren Traumjob finden!