

# Hacken, schütten, liefern

LWF und TFZ untersuchen Produktivität und Kosten bei mobilen Hackereinsätzen in Bayerns Wäldern

Fabian Schulmeyer und Karl Hüttl

**Die Bereitstellung von Waldhackschnitzeln ist heute ein fester Bestandteil der forstlichen technischen Produktion. Mit steigender Nachfrage nach diesem erneuerbaren Energieträger ist eine zunehmende Professionalisierung zu beobachten. Das Technologie- und Förderzentrum (TFZ) und die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) haben in einem gemeinsamen Forschungsprojekt die gesamte Bereitstellungskette untersucht und den Status quo der Waldhackschnitzelbereitstellung in Bayern aufgezeichnet. Ein Fokus lag auf Produktivität und Kosten beim Verfahrensschritt Hacken und die Einbindung des Hackers in Organisation und Logistik der Gesamtkette.**

Die Bereitstellung von Waldhackschnitzeln bietet für Forstbetriebe und Unternehmen Chancen, neue Geschäftsfelder für ehemals ungenutzte Holzsortimente zu erschließen. Da die Gewinnspannen jedoch in der Regel sehr eng sind, müssen die Produktionsabläufe möglichst reibungslos ablaufen. Dazu sind praxisnahe Kennzahlen für die Verfahrensschritte notwendig. Die bayerischen Verhältnisse beim Einsatz von Großhackern im Wald wurden in Experteninterviews und umfangreichen Arbeitsstudien untersucht. Produktivität und Kosten der Hacker und die Bedeutung der Logistik werden in diesem Artikel dargestellt.

## Gehackt wird auf der Forststraße

Klassisches Ausgangsmaterial für Waldhackschnitzel (Hackholz) ist Waldrestholz (WRH), hauptsächlich aus Fichte und Kiefer. Dazu zählen unter anderem Kronen und Kronenteile, Äste und faule oder gebrochene Stammabschnitte. Je nach Bestand kommen Beimischungen von Laubholz bis zu 30 % vor. Zunehmend werden auch (grob) entastete Stammabschnitte schlechter Qualität als Energierundholz (ER) zum Hacken bereitgestellt.

Insgesamt geht der Trend hin zum Einsatz professioneller Hackerunternehmer. Das Hacken ist in der Regel ein von Ernte und Rückung entkoppelter Verfahrensschritt. Die Forststraße hat sich als Standort des Hackers durchgesetzt. Hier ist aufgrund der geringen Anforderungen an die Geländegängigkeit der Einsatz mobiler Großhacker und verschiedener Maschinenkombinationen (auch bei den Transportfahrzeugen) möglich. Die leistungsstarken Maschinen ermöglichen durch ihre Mobilität wirtschaftliche Hackereinsätze im Wald ohne arbeitsintensiven Transport von Hackholz. Sie können durch die Vorkonzentration des Hackholzes in Poltern ausgelastet werden. Allerdings herrscht im Wald oft Platzmangel sowohl für die Hackholzpolter als auch für das Rangieren der Maschinen.

## Hackholz und Antriebsleistung bestimmen die Produktivität

Das Hacken wurde in 30 Fallstudien mit Waldrestholz und in 13 Fallstudien mit Energierundholz unter Praxisbedingungen begleitet. Nach der bei forstlichen Arbeitsstudien in Deutschland üblichen REFA-Methode wurden Zeitstudien im Fortschrittszeitverfahren durchgeführt. Dazu werden die Arbeitsabläufe in exakt trennbare Ablaufabschnitte gegliedert. So wird eine Auswertung der einzelnen Zeiteile ermöglicht. Neben den Zeiten wurden auch die jeweils relevanten Rahmenbedingungen aufgenommen (z. B. Ausgangsmaterial, Maschinentyp und Einstellungen). Alle untersuchten Hacker waren Trommelhacker, davon 17 LKW-Aufbau-Hacker, 17 Anhängerhacker und vier selbstfahrende Hacker.

Die Produktivität beim Hacken beschreibt das Verhältnis der produzierten Hackschnitzelmenge in Schüttraummeter (Srm) zur eingesetzten Arbeitszeit in Maschinenarbeitsstunden.

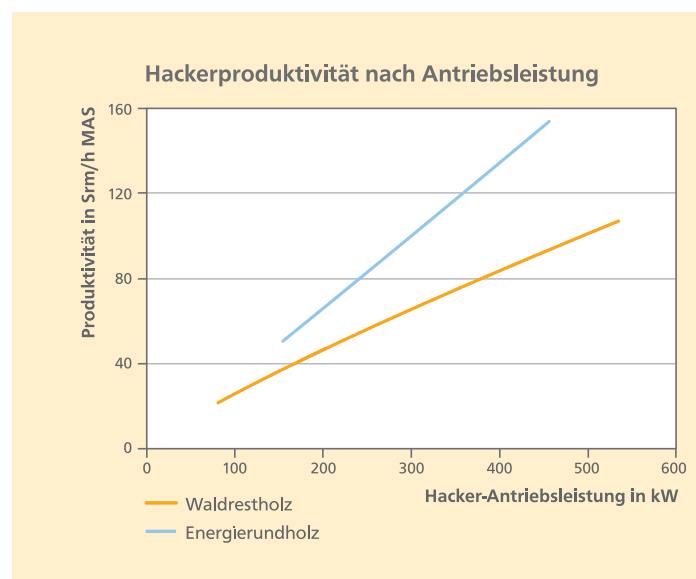


Abbildung 1: Produktivität des Hackers in Schüttraummeter pro Maschinenarbeitsstunde in Abhängigkeit von Ausgangsmaterial und Antriebsleistung

Tabelle 1: Produktivität und Kosten des Hackers in Abhängigkeit von Ausgangsmaterial und Antriebsleistung (ohne Anfahrtskosten)

Hacker-Antriebsleistung [KW]	Produktivität Srm/h (MAS)		Hackkosten (€/Srm)	
	Waldrestholz	Energierundholz	Waldrestholz	Energierundholz
bis 99	bis 25	bis 30	ab 4,10	ab 3,30
100 – 199	bis 45	bis 65	3,50 – 6,30	2,50 – 5,00
200 – 299	bis 65	bis 100	3,70 – 5,20	2,40 – 3,60
300 – 399	bis 85	bis 135	3,00 – 3,80	1,80 – 2,50
ab 400	bis 105	bis 180	2,40 – 3,10	1,40 – 1,90

den (h MAS). Die Maschinenarbeitsstunde beinhaltet die reine Arbeitszeit und alle Unterbrechungen, die nicht länger als 15 Minuten dauern. Die Auswertung ergab zwei statistisch signifikante Zusammenhänge: Erstens wird bei Energierundholz eine höhere Produktivität erreicht als bei Waldrestholz, zweitens steigt die Produktivität mit zunehmender Hacker-Antriebsleistung (Abbildung 1). Außerdem zeigten sich Tendenzen einer höheren Produktivität bei Weichholz gegenüber Hartholz sowie bei größeren Siebweiten (80 x 80 mm aufwärts) gegenüber engeren.

Die höhere Produktivität beim Energierundholz lässt sich auf einen im Durchschnitt 19% höheren Durchsatz bezogen auf die reine Arbeitszeit zurückführen. Dieser resultiert aus der kompakteren und geordneteren Lage der Hölzer im Polter, wodurch dem Hacker je Kranbewegung eine größere Holzmenge zugeführt werden kann. Hinzu kommen noch geringere Rüst- und Rangierzeiten am Polter und weniger mechanische Verteilzeiten (kleinere Reparaturen). Die höheren Rüst- und Rangierzeiten bei Waldrestholz erklären sich ebenfalls durch die Polterstruktur: Um eine vergleichbare Hackschnittmenge aus Waldrestholz zu erzeugen, sind größere Polter notwendig. Der Hacker kommt daher schneller an die Grenzen der Kranreichweite und muss rangieren. Die höheren mechanischen Verteilzeiten könnten auf eine höhere Maschinenbeanspruchung bei Waldrestholz hindeuten.

**Produktivität und Maschinenkosten ergeben die Hackkosten**

Zur Ableitung von Kennzahlen für Produktivität und Kosten wurden die Hacker nach den Herstellerangaben zur Antriebsleistung gruppiert. Viele der größeren zapfwellenbetriebenen Anhängerhacker werden von Schleppern mit einer Antriebsleistung am Hacker von 200 bis 299 kW eingesetzt (Abbildung 2). Die meisten der verbreiteten LKW-Aufbau-Hacker liegen im Bereich zwischen 300 und 399 kW (Abbildung 3). Jeweils für ein typisches Hackermodell (ggf. inkl. Schlepper) wurden in Anlehnung an gängige Kalkulationsschemata (z. B. KWF 2013) die Maschinenkosten berechnet. Mit steigender Antriebsleistung wurde eine höhere Produktivität erreicht (Tabelle 1). Dadurch konnten die höheren Maschinenkostensätze für stärkere Modelle ausgeglichen werden. Unter Praxisbe-

dingungen im Wald kann die Produktivität jedoch nicht grenzenlos durch mehr Antriebsleistung gesteigert werden, da durch den schnelleren Durchsatz beim Hacker auch die Anforderungen an Organisation und Logistik steigen.

**Die Schnitzel müssen weg**

Beim Einsatz auf der Forststraße sind Hacken und Transport aneinander gekoppelt, da die Hackschnitzel in der Regel direkt in Transportbehälter ausgeworfen werden. Waldhackschnitzel werden beim Einsatz von Großhackern überwiegend mit Container-LKW transportiert (Abbildung 4). Meist werden LKW-Züge mit zwei Containern eingesetzt, von denen einer an einem Umladeplatz (z. B. Waldparkplatz) abgestellt wird. Die Waldfahrt zur Beladung am Hacker erfolgt dann ohne Anhänger. Bei kleineren Einsätzen spielen auch landwirtschaftliche Anhänger an Schleppern eine Rolle. Wo es die Erschließungssituation (v. a. Wegebreite und Kurvenradien) erlaubt, werden zunehmend Schubboden-LKW eingesetzt.



Foto: K. Hüttl

Abbildung 2: Ein Beispiel für eine Maschinenkombination im Antriebsleistungsbereich 200-299 kW ist der Anhängerhacker Heizohack HM 14 800 K an einem Fendt 936 Vario.





Foto: K. Hüttl

Abbildung 3: In den Leistungsbereich 300-399 kW sind viele gängige LKW-Aufbau-Hacker einzuordnen, wie z. B. der Jenz HEM 582 R.

Je leistungsstärker der Hacker ist, desto kürzer werden die Intervalle, in denen die Behälter ausgetauscht werden müssen. Die Wartezeiten auf einen neuen, leeren Transportbehälter waren mit 28 % der gesamten Arbeitszeit der Hauptgrund für Arbeitsunterbrechungen des Hackers (Abbildung 5). Zur Minimierung der Standzeiten müssen ausreichend Transportkapazitäten bereitgestellt werden. Allerdings ist eine gewisse Wartezeit auch bei optimaler Organisation unvermeidbar, gerade unter Praxisbedingungen im Wald. Hier spielen vor allem Rangierzeiten unter beengten Verhältnissen und Zeiten für die Ladungssicherung vor der Abfahrt eine Rolle. Beim Einsatz von Container-LKW wurden Wartezeiten je Wechselvorgang von durchschnittlich 14 Minuten beobachtet. Schubboden-LKW zeigten, bedingt durch längere Rangier- und Einrichtungszeiten am Hacker, signifikant höhere Wartezeiten von durchschnittlich 26 Minuten. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass ein Schubboden-LKW ein deutlich höheres Ladevolumen hat und daher die Wechsel weniger häufig anfallen. Bezogen auf die mögliche Zuladung sind die Wartezeiten auf Container sogar höher.

Aus den Erfahrungen im Projekt heraus werden Wartezeiten von bis zu 15 Minuten für Container und bis zu 37 Minuten für Schubboden-LKW als akzeptabel angesehen. Jeweils 75 % der beobachteten Wechsel lagen unter diesen Werten. Längere Wartezeiten waren in der Regel auf eine zu geringe Anzahl an Fahrzeugen oder unvorhersehbare Verkehrsbedingungen und Wartezeiten beim Abladen am Bestimmungsort zurückzuführen.

## 40 Tonnen sind bald erreicht

Vorteile der Container-LKW sind ihre weite Verbreitung und ihre vielseitige Einsetzbarkeit. Sie sind im Wald ausreichend wendig und stehen auch als Allradausführungen zur Verfü-



Foto: K. Hüttl

Abbildung 4: Beim Hacken im Wald werden häufig Container-LKW zum Transport der Hackschnitzel eingesetzt.

gung. Nachteilig ist das vergleichsweise hohe Leergewicht. Aus fünf Wiegungen von LKW (ohne Allrad) mit Hakenlifteinrichtung, Anhänger und zwei Containern wurde ein durchschnittliches Leergewicht von rund 20 t ermittelt. Für Schubboden-LKW liegen zwei Wiegungen mit rund 16 t Leergewicht vor. Bei Ansatz des durchschnittlichen Leergewichtes bleibt wegen des in Deutschland auf 40 t beschränkten zulässigen Gesamtgewichtes eine Zuladung von rund 20 t für Container-LKW und von rund 24 t für Schubboden-LKW.

In den Studien wurden für die waldfrischen Hackschnitzel ein mittlerer Wassergehalt von rund 50 % und eine Schüttdichte im LKW von durchschnittlich 340 kg/Srm gemessen. Ein Ladungsgewicht von 20 t entspricht rund 60 Schüttraummeter, ein Ladungsgewicht von 24 t gut 70 Schüttraummeter waldfrischen Hackschnitzeln. Das mittlere maximale Ladevolumen der LKW-Züge mit zwei Containern betrug 74 m<sup>3</sup>, das der Schubboden-LKW 91 m<sup>3</sup>. Das Ladevolumen kann also bei Hackschnitzeln mit 50 % Wassergehalt nicht vollständig ausgenutzt werden. Da der Wassergehalt zudem (z. B. durch Trocknungseffekte im ungehackten Polter) und damit auch die Schüttdichte stark schwanken können, erfordert es viel Erfahrung bei den Maschinenführern, damit die Transportfahrzeuge nicht überladen werden, gleichzeitig aber möglichst wenig Transportvolumen ungenutzt bleibt. Die Schubboden-LKW sind bei der möglichen Zuladung klar im Vorteil, sind aber schwieriger zu rangieren und benötigen eine bessere Erschließung. Eine Vortrocknung des Hackholzes reduziert das Gewicht und kann so die Zuladung von mehr Schüttraummeter möglich machen. Allerdings kann hierfür keine allgemeine Empfehlung gegeben werden, da im Wald oft die notwendigen Voraussetzungen für eine sinnvolle Vortrocknung (Sonne, Wind) fehlen. Zudem sind die Waldschutzsituation und Naturschutzbelange zu berücksichtigen.

Zeitanteile in der »Hackschnitzelproduktion«

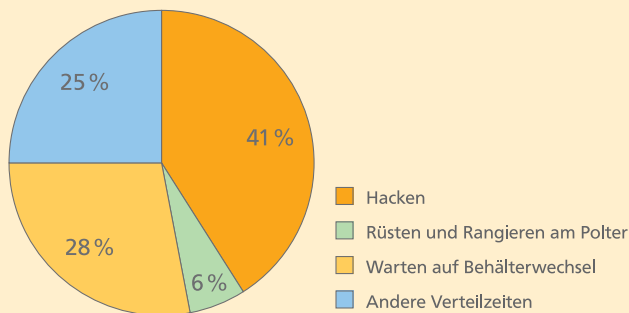


Abbildung 5: Zeitanteile der einzelnen Ablaufabschnitte an der gesamten Arbeitszeit

## Fazit und Ausblick

Der professionelle Einsatz mobiler Großhacker ist in bayerischen Wäldern weit verbreitet. Allerdings müssen die leistungsstarken Maschinen durch eine gute Organisation und Logistik unterstützt werden, um hohe Durchsatzleistungen zu erbringen. Vor allem die Transportkapazitäten müssen auf die erwartete Produktivität des Hackers abgestimmt sein. Bei der Auswahl der Transportfahrzeuge müssen zudem die Bedingungen vor Ort berücksichtigt werden. Die vollständigen Ergebnisse des Forschungsprojektes »Optimale Bereitstellungsverfahren für Holz hackschnitzel« werden Ende 2014 in der Schriftenreihe des TFZ veröffentlicht.

Ein weiteres wichtiges Thema bei der Disposition von Hacker und Logistik ist die Einschätzung der erwarteten Hackschnitzelmengen. Im Projekt wurden gängige Schätzverfahren und Umrechnungsfaktoren überprüft und ein praxistaugliches Schätzverfahren entwickelt, das ausführlich im Projektbericht und anwenderfreundlich in einer weiterentwickelten Neuaufgabe des LWF-Merkblatts 10 *Bereitstellung von Wald hackschnitzeln* veröffentlicht wird.

## Literatur

KWF – Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (2013): Forstmaschinen vorkalkulieren – Hintergründe, KWF-Richtwerte und Berechnungsbeispiele. KWF Merkblatt Nr. 17

Fabian Schulmeyer ist an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in der Abteilung »Forsttechnik, Betriebswirtschaft, Holz« für den Bereich Energieholzbereitstellung zuständig. Karl Hüttl bearbeitete das Forschungsprojekt »Optimale Bereitstellungsverfahren für Holz hackschnitzel«.

*Fabian.Schulmeyer@lwf.bayern.de*

## Zum Forschungsprojekt »Optimale Bereitstellungsverfahren für Holz hackschnitzel«

Im Rahmen des vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsprojektes haben das Technologie- und Förderzentrum (TFZ) und die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) die gesamte Bereitstellungskette für Wald hackschnitzel untersucht. Ziele des Projektes waren die Erarbeitung von Verfahrensdaten zur Herstellung und Qualitätssicherung von Wald hackschnitzeln, Empfehlungen zur Optimierung und der Wissenstransfer in die Praxis. Die Artikel auf den Seiten 4–13 stellen eine Auswahl an Erkenntnissen aus dem Projekt vor. Die gesammelten Ergebnisse werden Ende 2014 in einem umfangreichen Forschungsbericht in der Schriftenreihe des TFZ veröffentlicht. Dieser wird im Internet auf der Homepage des TFZ ([www.tfz.bayern.de](http://www.tfz.bayern.de)) in der Rubrik »Service – Publikationen« zum kostenfreien Download zur Verfügung gestellt.

## Aktuelle Energieholzprojekte an der LWF (1)

### »Ressourcenschonung durch grob entastetes Energierundholz«

Nährstoffentzüge bei der Nutzung von Kronen und Waldrestholz für Wald hackschnitzel können je nach Standort zu dessen Degradierung bzw. Versauerung führen, weil in Ästen, Reisig und Nadeln überproportional viele Nährelemente enthalten sind. Im Projekt werden Ernteverfahren ökologisch und ökonomisch bewertet, bei denen zum Hacken vorgesehene Baumteile grob entastet werden, um den Nährstoffentzug zu reduzieren. Untersucht wird, ob dadurch die Hackschnitzelbereitstellung auf Waldstandorten, die im Grenzbereich zum Nutzungsverzicht liegen und für eine Kronen- bzw. Waldrestholznutzung ausgeschlossen sind, ermöglicht werden kann. Im Zuge der Energiewende kann so Waldholz nachhaltig energetisch genutzt und gleichzeitig die Hackschnitzelqualität erhöht werden.

### »Qualitätserhaltende Hackschnitzellagerung«

Das gemeinsam mit dem TFZ durchgeführte Projekt untersucht die Auswirkungen der Lagerung auf die Qualität von Holz hackschnitzeln sowohl in praxisnahen Freilandversuchen als auch unter kontrollierten Bedingungen im Labor. Hierbei werden auch verschiedene Ausgangsqualitäten von Hackschnitzeln berücksichtigt. Bei den Versuchen stehen insbesondere der Verlust an Trockenmasse durch Zersetzungsprozesse und die Trocknungseffekte im Vordergrund. Neben der Untersuchung von weiteren (überwiegend qualitativen) Parametern wird eine ökonomische Betrachtung verschiedener Lagerungsarten und der damit verbundenen Logistik durchgeführt. Aus den Ergebnissen der Studie werden Empfehlungen an die Praxis abgeleitet, wie die Lagerhaltung optimiert werden kann.

Abt. 4, LWF