

# 3. Erzeugung von Holzbrennstoffen

**Die Nutzung von Waldhackschnitzel als Brennstoff ist forstwirtschaftlich von großer Bedeutung, da die Erzeugung und der Verkauf von Waldhackschnitzel die notwendige Bestandspflege und die Umstellung von Beständen von einer Baumart auf eine andere ermöglichen. Für Heiz- und Heizkraftwerke ist Holz ein problemloser Brennstoff.**

## Erzeugung von Waldhackschnitzel

Waldhackschnitzel wird vor allem im Zusammenhang mit drei verschiedenen Arbeitsaufgaben erzeugt:

- Durchforstung junger Nadelholzbestände.
- Umstellung von Beständen.
- Beseitigung von Abraum.

Mengenmäßig dominiert die erste Aufgabe, doch steigt die Abraummenge. Die Umstellung von Berg- und Murraykieferbeständen auf andere produktivere Baumarten wird in absehbarer Zeit beendet sein.

### Durchforstung junger Nadelholzbestände

Die Durchforstung junger Bestände führt zu einem Wertzuwachs der verbleibenden Bäume des Bestandes. Der generelle Gesundheitszustand des Bestandes verbessert sich, der Wald insgesamt bekommt einen größeren Erholungswert für Waldbesucher.

Beim Anlegen einer Fichtenschonung werden pro Hektar 3500-5000 Bäume gepflanzt. Die Erstdurchforstung erfolgt normalerweise, wenn die Bäume eine Höhe von ca. 8 m erreicht haben. 25% bis 50% der Bäume werden gefällt, die Stammzahl verringert sich dadurch auf 2000-2500 Bäume pro ha. Wenn der Bestand eine Höhe von ca. 10 m erreicht hat, erfolgt eine erneute Durchforstung, bei der die Stammzahl auf ca. 1000-1500 Bäume pro ha reduziert wird.

Die bei den früher vorgenommenen Durchforstungen gefällten Bäume sind so klein, dass sie nicht als Nutzholz verkauft werden können. Es ist daher verbreitete Praxis, sie zu Hackschnitzel zu verarbeiten. In Zeiten, in denen der Preis für Zel-

luloseholz niedrig ist, wird auch das Holz aus der zweiten Durchforstung zu Hackschnitzel verarbeitet.

Von der Dänischen Forschungsanstalt für Wald und Landschaft im Auftrag der dänischen Energiebehörde vorgenommene Berechnungen (10) zeigen, dass über die 553.000 m<sup>3</sup> Festmasse hinaus, die bereits 1994 genutzt wurden, zwischen 400.000 und 720.000 m<sup>3</sup> Festmasse Holz für die energetische Nutzung erzeugt werden können.

Der Absatz von Waldhackschnitzel ist eine Voraussetzung dafür, dass die frühen Durchforstungen möglichst billig, bzw. kostenneutral für den Waldbesitzer vorgenommen werden können. Ohne Absatzmöglichkeiten werden die Durchforstungen oft so lange aufgeschoben, bis die Bäume eine Größe erreicht haben, bei der ein Gleichgewicht zwischen Durchforstkosten und Einnahmen aus dem Holzverkauf erreicht werden kann. Rechtzeitige Durchforstungen bilden aber die Voraussetzung für qualitativ hochwertiges Nutzholz. Mit anderen Worten: ohne die Erzeugung (und den Absatz) von Holzbrennstoffen kann die Produktion von qualitativ hochwertigem Nutzholz nicht aufrechterhalten werden.

### Umstellung von Beständen

Heute erfolgt die Umstellung von Kiefernbeständen (Berg- und Murraykiefer) hauptsächlich, um Platz für neue, produktivere Baumarten zu schaffen - typisch Fichte, Waldkiefer oder Laubbäume (überwiegend Eiche). Der Kahlschlag einiger älterer Kiefernbestände dient außerdem der Re-Etablierung von Heide- und Dünenlandschaften.

Der Absatz von Waldhackschnitzel stellt eine unabdingbare Voraussetzung für eine wirtschaftlich vertretbare Umstellung dar. Ohne Absatzmöglichkeiten müsste der Waldbesitzer sowohl für das Kahlschlagen wie für das Aufforsten der Fläche bezahlen, und es entstünden ihm Kosten, die die zu erwartenden Einnahmen aus dem neuen Bestand bei weitem überstiegen. Der Verkauf von Waldhackschnitzel aus einer Umstellung deckt im Allgemeinen die Kahlschlagkosten, der Waldbesitzer muss somit nur für die Wiederaufforstung selbst aufkommen.

### Beseitigung von Abraum

Nach einem Kahlschlag reifer Fichtenbestände bleiben große Mengen Abraum zurück, hauptsächlich die Wipfel der gefällten Bäume, aber auch Äste und Wurzelholz mit Rotfäule.

Normalerweise muss der Abraum im Hinblick auf die Neuaufforstung und die Befahr-, bzw. Begehrbarkeit von Kulturflächen entfernt werden. Er wird oft an Ort und Stelle zu langen Schwaden zusammengeschoben, die später im neuen Bestand als Rückegassen benutzt werden können. Allerdings dauert es mindestens 5-10 Jahre, bevor die Schwaden so weit zusammengesunken sind, dass sie befahren werden können.

Versuche haben gezeigt, dass bei Kahlschlägen die Wipfel mit Vorteil zerhackt und als Brennstoff verwendet werden können. Die Hackschnitzelerzeugung führt zu einem positiven Deckungsbeitrag, die Räumung der Fläche kann oft gespart werden, da ein großer Teil des Abraums bereits durch das Hacken beseitigt wird (32).



foto: nedeselskabel/dorte thomssen

*Der Fäller – eine schmale, geländegängige Maschine mit kranmontiertem Fällkopf – fällt die Bäume und legt sie in Reihen ab, so dass sie nach einigen Monaten Trocknung vom Hacker zu Hackschnitzel verarbeitet werden können.*



foto: søren fodgaard

Hacker beim Kahlschlag alten Rotfichtenbestandes in der Gludsted Plantage. Der Abraum, bestehend aus Baumwipfeln, wird zu Hackschnitzel verarbeitet. Dadurch entsteht u.a. eine leichter befahr- und begehbbare Fläche für das Aufforsten der nächsten Kultur.

Jährlich werden in Dänemark ca. 2500 ha alter Fichtenbestand kahl geschlagen. Bei einem geschätzten Ertrag von den Wipfeln von ca. 40 rm/ha können somit jährlich ca. 100.000 rm Hackschnitzel aus Abraum nach Einschlag in altem Fichtenbestand erzeugt werden.

### Die Waldhackschnitzel-Ernte

Die Erzeugung von Waldhackschnitzel erfolgt in mehreren Stufen (33):

- Einschlag zum Zweck der Hackschnitzelerzeugung.
- Hacken.
- Geländetransport.
- Lagerung im Wald.
- Straßentransport.

### Einschlag zum Zweck der Hackschnitzelerzeugung

Fällen und Hacken erfolgen so, dass das erzeugte Hackschnitzel möglichst trocken ist. Der Feuchtegehalt des Holzes ist von Januar bis März am geringsten, der Einschlag zum Zwecke der Hackschnitzelerzeugung sollte daher in den ersten drei Monaten des Jahres erfolgen. Außerdem vermindert sich dadurch das Risiko eines Befalls der Stöcke durch den Kernfäuleerreger *Heterobasidion annosum*, der über das Wurzelwerk der Bäume auf die übrigen Bäume übergreifen kann. Die gefällten Bäume bleiben

den Sommer über am Fällort liegen. Dadurch erfolgt eine gewisse Trocknung des Holzes, und Nadeln und kleine Zweige können vor dem Hacken austrocknen und abfallen. Der Feuchtegehalt des Hackschnitzels sinkt dadurch von 50-55% auf ca. 35-45%. Der größte Teil der im Holz gebundenen Nährstoffe sitzt in Nadeln und kleinen Zweigen und bleibt dem Wald somit erhalten.

Bei Bäumen, die in den ersten Monaten des Jahres gefällt, aber erst nach dem Sommer gehackt werden sollen, besteht ein gewisses Risiko von Insektenbefall. Das gilt besonders für Nadelholz. In einem Risikogebiet sollte darauf besonders geachtet werden. In gravierenden Fällen kann relativ kurzfristig ein Hacker angefordert werden, der den befallenen Baum beseitigt. Bisher wurde in Dänemark an gefällten Bäumen kein gravierender Insektenbefall festgestellt, da diese Bäume normalerweise im Schatten stehender Bäume liegen, wo die Lebensbedingungen für Insekten ungünstig sind.

Der Einschlag erfolgt mit Motorsäge oder Fäller. Der Fäller ist eine Spezialmaschine mit einem an einen Kran montierten Fällkopf. Bei der Durchforstung muss der Fäller in einer Rückegasse im Bestand herumfahren können. Zum Anlegen einer Rückegasse werden normalerweise die in der Gasse stehenden Bäume mit einer Motorsäge gefällt, den Som-

mer über getrocknet und eine Saison vor der selektiven Durchforstung gehackt.

Beim Anlegen von Rückegassen und beim Fällen ist zu beachten, dass die Fahreigenschaften von Hackern auf weichen Böden, beim Überqueren von Gräben und bei starken Steigungen begrenzt sind. Darüber hinaus haben Hacker einen großen Wendekreis und brauchen beim Einfahren in Rückegassen und Reihen viel Platz.

Der Fäller legt die Bäume in Reihen hintereinander ab (Wurzelen den in die gleiche Richtung), so dass sie vom Kran des Hackers erfasst und beim langsamen Vorfahren nach und nach in den Hacker gezogen werden können. Die Reihen müssen so gefällt und gelegt werden, dass der Hacker ungehindert auf der Fläche hin und herfahren kann.

Beim Kahlschlag alten Fichtenbestandes erfolgt der Einschlag normalerweise mit einer Motorsäge oder mit einer Erntemaschine. Erfolgt der Einschlag mit einer Erntemaschine, können die Wipfel nach Aufbereitung des Nutzholzes in Reihen abgelegt werden. Die Wipfel liegen dabei in gleicher Richtung, was das spätere Hacken sehr erleichtert. Der Einschlag sollte so geplant werden, dass möglichst viele Wipfel in jeder Reihe liegen (32). Beim Abtransport des Nutzholzes sollte möglichst nicht über die Wipfel gefahren werden, da dies zu einem hohen Anteil zerknickter Äste und Zweige und zu einem erhöhten Sandgehalt führt.

### Hacken

Ein Hacker besteht aus einer Basismaschine mit Motor und Steuerkabine, an die vorn ein Hacker und ein Kran zum Einführen der Bäume montiert sind und hinten ein Container mit Kippanhänger angehängt ist. Es gibt Spezialmaschinen, die nur für die Hackschnitzelerzeugung verwendet werden können und Ausrüstung für einen schweren Schlepper mit Kippanhänger.

Der Hacker hat ein Einzugssystem mit Trichter, um das Einführen zu erleichtern, und hydraulisch angetriebene Walzen, die die Stämme in den Hacker ziehen. In den letzten 20 Jahren hat sich die Leistungsfähigkeit der Hacker stark erhöht. Die Produktivität ist von ca. 80 rm Hackschnitzel pro Tag im Jahr 1980 auf ca. 300-400 rm pro Tag im Jahr 1998 gestiegen.

Hacker gibt es in drei Ausführungen - als Scheibenhacker, Trommelhacker und Schraubenhacker -, die sich vor allem durch die Art und Weise unterscheiden, in der das Holz zerhackt wird. Alle Hacker haben ein Gebläse, das das Hackschnitzel durch ein Rohr in den Container auswirft. Der Schraubenhacker wird in Dänemark nicht benutzt.

Der Scheibenhacker besteht aus einer schweren, rotierenden Scheibe mit rechteckigen Löchern, in denen radial sitzende Messer angebracht sind. Ein Scheibenhacker für Hackschnitzel zur Verbrennung hat normalerweise 2-4 Messer an der Scheibe.

Wenn die Scheibe rotiert, laufen die Messer dicht an einem festen Gegenmesser vorbei. Die Hackschnitzelgröße kann von 12-35 mm Faserlänge reguliert werden, dazu müssen das Gegenmesser und die Messerstellung entsprechend eingestellt werden.

Der Scheibenhacker ist der in Dänemark am häufigsten eingesetzte Hacker. Er produziert Hackschnitzel von einheitlicher Qualität und verbraucht weniger Energie als ein Trommelhacker entsprechender Größe. Die Maschine eignet sich gut für das Hacken von ganzen Bäumen und Rundholz, aber weniger gut für das Zerkleinern von Abraum.

Der Trommelhacker besteht aus einem rotierenden, massiven Zylinder, in dessen gekrümmter Fläche 2-4 längliche Öffnungen mit Messern sitzen. Auch bei einem Trommelhacker laufen die Messer an einem festen Gegenmesser vorbei. Die Hackschnitzelgröße kann wie beim Scheibenhacker beschrieben reguliert werden (Faserlänge 10-50 mm).

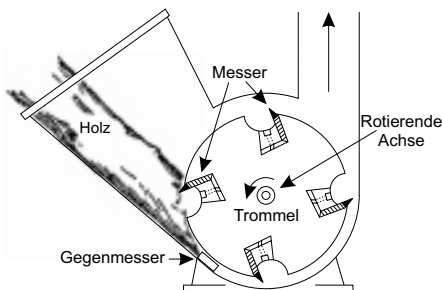


Schaubild 7: Durch die kreisförmige Bewegung des Trommelhackers ändert sich der Winkel des Messers im Verhältnis zum Faserverlauf des Holzes mit dem Durchmesser. Das Hackschnitzel wird daher etwas ungleichmäßiger als das aus einem Scheibenhacker. (34).

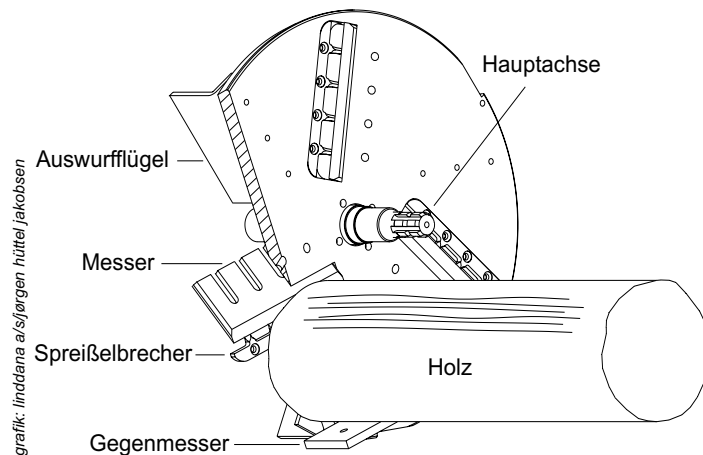


Schaubild 6: Ein Scheibenhacker erzeugt Hackschnitzel von recht einheitlicher Qualität. Die Scheibe rotiert um die Hauptachse, das Gegenmesser hält das Holz an die Messer.

In Dänemark sind nur wenige Trommelhacker im Einsatz. Diese Maschinen eignen sich für das Zerkleinern von ganzen Bäumen, Rundholz und Abraum. Ein Trommelhacker schneidet über die gesamte Messerbreite und ist daher weniger empfindlich bei Sand und anderen Verschmutzungen als der Scheibenhacker.

### Geländetransport

Da ein Hacker sehr teuer ist, muss die Arbeit dementsprechend gut organisiert werden. Oft begleitet ein Traktor mit Kipphanhänger oder ein Spezialfahrzeug für den Abtransport den Hacker, so dass das Hacken weitergehen kann, während das Hackschnitzel abtransportiert wird.

### Lagerung im Wald

Die Lagerung des Hackschnitzels ist ein wichtiges Glied in der Kette vom Wald zum Heizwerk. Hackschnitzel muss aus mehreren Gründen gelagert werden:

- Der Hackschnitzelverbrauch ist jahreszeitenabhängig und schwankt daher stark.
- Hackschnitzel kann nicht zu jeder Jahreszeit erzeugt werden.
- Im Sommer wird mehr Hackschnitzel erzeugt als verbraucht wird.

Eine Hackschnitzelerzeugung, die dem Bedarf des Heizwerkes entspricht, ist in jedem Fall vorzuziehen. Allerdings ist auch dabei eine Lagerung nicht zu vermeiden, da der Wald einem in kälteren Perioden größeren Hackschnitzelbedarf nachkommen und Hackschnitzel liefern können muss, obwohl nicht in den Beständen gearbeitet werden kann. Normalerweise geht aus dem Liefervertrag hervor, welche Mengen Hackschnitzel in der

Heizsaison auf Lager gehalten werden müssen (üblicherweise 10-20% des Jahresverbrauches des Werkes).

Der Lagerplatz muss sorgfältig gewählt werden (35). Der Hackschnitzelhaufen muss vor allem nahe an einer Forststraße liegen, die ganzjährig von LKW befahren werden kann. Die Straße muss trocken sein, da der Haufen sonst jedes Mal, wenn ein Fahrzeug daran vorbeifährt, von Spritzwasser durchnässt wird. Der Haufen muss höher liegen als die Straße, da sonst Wasser von der Straße in den Haufen läuft. Der Boden unter dem Haufen muss eben sein und darf keine Stöcke, großen Steine oder Abraum enthalten. Hackschnitzelhaufen sollten so groß wie möglich sein, dadurch



Hackschnitzellagerung im Wald. Der Haufen dampft, weil er durch Schimmelpilze und Bakterien zersetzt wird. Das Holz wird in Kohlendioxid, Wasser und Wärme umgesetzt.

verringert sich der Verlust unten im Haufen. Hackschnitzel sollte jedoch nicht höher als 7-8 Meter aufgehäuft werden, da sonst die Gefahr einer Selbstentzündung besteht.

Hackschnitzel, das gelagert werden soll, sollte so trocken wie möglich sein. Wenn es länger als 14 Tage gelagert werden muss, sollte der Haufen abgedeckt werden. In der Mitte eines abgedeckten Haufens kommt es zu einer gewissen Trocknung, die verdunstende Feuchtigkeit kondensiert an der Innenseite der Abdeckung (einer Plane z.B.), und die äußerste Hackschnitzelschicht nimmt entsprechend mehr Feuchtigkeit auf.

Erfolgt die Lagerung, um den Feuchtegehalt zu senken, sollte Hackschnitzel unter Dach gelagert werden. Versuche haben gezeigt, dass eine Lagerung unter Dach über einen Zeitraum von 4-6 Monaten den Feuchtegehalt von ca. 45% auf 25-30% senken kann (36). Bei Lagerung im Freien ohne Abdeckung wird das Hackschnitzel nasser als vor der Lagerung, bei Lagerung mit Abdeckung bleibt der Feuchtegehalt konstant.

### **Straßentransport**

Der Straßentransport von Waldhackschnitzel erfolgt normalerweise mit Container-LKW, ein Lastwagen mit Anhänger kann ca. 75 rm transportieren. Sollen Transport und Hacken gleichzeitig erfolgen, sollten mindestens 2 Container im Wald stehen bleiben. Die Container werden nach und nach gefüllt und können dann zum Heizwerk oder zum Lagerplatz transportiert werden. Wird das Hackschnitzel aus einem Lager entnommen, wird zum Füllen der Container normalerweise ein Schaufellader benutzt. Bei einer Leistung von 30-50 rm/h kann ein Hacker in 2-3 Stunden zwei Container füllen (37).

### **Herstellung von Holzpellets**

Holzpellets werden normalerweise aus trockenen Holzabfällen aus der Industrie hergestellt (Späne, Sägemehl und



foto: biopress/torben skatt

Schleifstäube). Unter hohem Druck wird das fein zerteilte Material durch eine Schneidplatte gepresst. Die Lochgröße der Schneidplatte - üblicherweise zwischen 8 und 12 mm - bestimmt den Durchmesser der Pellets. Es ist nicht erforderlich, Bindemittel zuzugeben, damit die Pellets zusammenhängen. Falls die Pellets dennoch Bindemittel enthalten, muss dies bei Lieferung angegeben werden.

Nach dem Pressen werden die Pellets abgekühlt, gesiebt, um Sägemehl zu entfernen und anschließend lose oder in stabilen Plastiksäcken gelagert. Geliefert werden die Pellets mit Kippanhänger oder einem Futtermitteltransporter, bei dem die Pellets beim Abnehmer mit einem Gebläse direkt in ein Silo geblasen werden.

Werden die Pellets als reiner Holzbrennstoff verbrannt, müssen sie dem (dänischen) Erlass über Biomasse-Abfall entsprechen (31). Dieser Erlass schreibt

vor, dass Holzpellets maximal 1% Leim und weder Farbrückstände noch andere Rückstände von Produkten zur Oberflächenbehandlung enthalten dürfen. Falls dies doch der Fall ist, ist eine Müllabgabe zu entrichten (1999: DKK 350/Tonne), und die Pellets dürfen nur in genehmigten Müllverbrennungsanlagen verbrannt werden.

### **Produktion von Abfallholz**

Abfallholz wird in großen Mengen energetisch genutzt (vgl. Kapitel 2.1). Abfallholz kann Recyclingholz sein, z.B. Abrißholz, das vor dem Verbrennen anderweitig genutzt wurde, oder es kann sich um Restholz (Verschnitt u.ä.) aus der Holz verarbeitenden Industrie handeln. Das Holz, das oft von sehr unterschiedlicher Größe ist, wird vor dem Verbrennen zerkleinert. Abfallholz fällt wie Holzpellets unter die Bestimmungen des Erlasses über Biomasse-Abfall.

*Ein Container wird von einem Traktor mit Kippanhänger mit Hackschnitzel beladen. Anschließend wird der Container mit LKW zum Heizwerk transportiert.*