

Wurzelverletzungen unter Raupe und Rad

Trotz schwerer Wurzelverletzungen bei Raupenfahrwerken schneiden Raupenfahrzeuge im Vergleich zu Radmaschinen nicht schlechter ab

Herbert Borchert, Markus Blaschke und Matthias Metan

Raupenfahrzeuge auf Rückegassen können deutlich mehr schwere Verletzungen an den Wurzeln der Randbäume verursachen als Radmaschinen. Dies zeigte ein Versuch aus dem Jahr 2001 in einem Fichtenbestand westlich von Augsburg. Sechs Jahre später hatte nahezu jede Verletzung - ob groß oder klein - eine Fäule ausgelöst. Weil sich die Gesamtzahl der verletzten Bäume bei beiden Fahrwerken sehr ähnelte, unterscheiden sich die wirtschaftlichen Folgen kaum. Das Risiko von Wurzelverletzungen braucht die Entscheidung für oder gegen den Einsatz eines Raupenfahrzeugs nach jetzigem Kenntnisstand nicht beeinflussen.



Abbildung 1: Geschädigte Wurzel eines Baumes am Rand der Rückegasse; die Wurzel wurde freigelegt, um für die weiteren Laboruntersuchungen Proben gewinnen zu können.

Bei einer maschinellen Durchforstung im Herbst 2001 hatten die Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) und der Lehrstuhl für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität München die Auswirkungen der Holzernte auf die Bodenstruktur der befahrenen Rückegassen und die dabei verursachten Wurzelverletzungen ermittelt. Dabei wurden vier Varianten des Maschineneinsatzes verglichen:

- Raupenharvester
- Radharvester
- Raupenharvester und Forwarder
- Radharvester und Forwarder

Waren ausschließlich Harvester eingesetzt, wurde das geerntete Holz von benachbarten Rückegassen aus geborgen. Die vier verschiedenen Varianten wurden sowohl in ebener Lage als auch beim Einsatz am Hang untersucht. Dafür wurden insgesamt acht je 150 Meter lange Gassen angelegt.

Im direkten Vergleich Raupenharvester/Radharvester waren Hinblick auf die Bodenstruktur beim Radharvester sowohl am Hang als auch in der Ebene die größeren Veränderungen auf der Rückegasse festzustellen (Ohrner et al. 2003). Diese hatten wesentlich stärkere Einschränkungen der Leitfähigkeit des Bodens für Wasser und Luft zur Folge. Wurde das Holz anschließend mit dem Forwarder gerückt, war die Belastung für die Böden deutlich größer, die Unterschiede bei den Fahrwerkstypen der Harvester glichen sich nahezu aus. In diesen Fällen sank die Luftleitfähigkeit der Böden in den Fahrspuren der entsprechenden Rückegassen teils auf kritische Werte (Kremer, S. 13–15 in diesem Heft).

Keine quantitativen, aber große qualitative Unterschiede bei Wurzelverletzungen

Bei der Häufigkeit von Wurzelverletzungen zeigten sich kaum Unterschiede zwischen Rad- und Raupenharvester. Der Anteil verletzter Wurzeln sowie der Anteil von Randbäumen entlang der Rückegassen mit verletzten Wurzeln waren beim Raupenharvester nur geringfügig größer. Bei den Varianten mit anschließender Rückung war die Häufigkeit nahezu identisch. Etwa 40 Prozent aller Randbäume hatten nach der Rückung verletzte Wurzeln (Abbildung 1). Große Unterschiede zwischen den Varianten zeigten sich dagegen bei der Schwere der Verletzungen (Ohrner et al. 2003). Der Radharvester verursachte überwiegend Rindenabhub, wobei der Holzkörper intakt blieb. Dagegen verletzte das Raupenfahrwerk den Holzkörper massiv bis hin zur Abscherung von Hauptwurzeln. Im Vergleich zum Radfahrzeug verursachte der Raupenharvester etwa viermal größere Schadflächen und einen doppelt so hohen Prozentsatz gebrochener oder gerissener Wurzeln. Der Forwarder vergrößerte die Schadflächen nochmals wesentlich. Auf Grund der schwereren Verletzungen wurde beim Einsatz von Raupenharvestern eine größere Gefahr von Pilzinfektionen mit der Folge von Holzfäulen erwartet. Die LWF überprüfte sechs Jahre nach der Durchforstung, wie weit sich ausgehend von den Verletzungen Fäulen in den Wurzeln und im Stamm ausgebreitet haben und wie sich dies nun auf die Holzqualität und den wirtschaftlichen Erfolg auswirkt.

Fäule wandert rasch bis in den Stamm

Dazu wurden über alle Schadklassen verteilt insgesamt 61 Randbäume entlang der Rückegassen ausgewählt und gefällt. Die verletzten Wurzeln wurden entnommen, aufgetrennt und die Ausbreitung der Fäule analysiert. Bis auf eine Wundstelle hatten sich ausgehend von den Verletzungen in allen Wurzeln Fäulen etabliert. Die meisten Fäulen verursacht entgegen den Erwartungen offensichtlich nicht der Wurzelschwamm, sondern der Hallimasch. Da in vielen Fällen (43 Prozent der Wurzeln) die Fäule bereits in den Stamm hineingewachsen war, lässt sich die mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit nicht exakt bestimmen, sie wird auf neun bis 21 Zentimeter pro Jahr geschätzt. Solche Wachstumsraten liegen innerhalb des Rahmens, der in anderen Studien für die Ausbreitung der Fäule in Wurzeln und in Stämmen ermittelt wurde (Schönhar 1978; Stendlid, Johansson 1987; Bendz-Hellgren et al. (1999) in Berglund 2005; Piri 2003; Hallaksela 1993; Huse, Venn (1994) in Berglund 2005). Nach verschiedenen Studien lässt das Wachstum im Stamm jedoch über einen längeren Zeitraum deutlich nach (Vasilisauskas 2001; Thor 2005; Johann 1988; v. Pechmann et al. 1973). Auf unserer Versuchsfläche ist damit zu rechnen, dass nahezu jede Verletzung unabhängig von ihrer Schwere zu einer Fäule geführt hat, die früher oder später bis in den Stamm vordringt.

Bei 32 Bäumen (52 Prozent) wurde am Stock bereits eine Fäule festgestellt, die zumeist noch im Anfangsstadium war und bis auf ein paar kleine Stellen überall noch im Bereich des schwächsten Fäulegrades lag. Zwischen der Schwere der Wurzelverletzungen und der Ausdehnung der Fäule auf dem Querschnitt war kein Zusammenhang zu erkennen. Weil die Fäulen zum Teil auch einen anderen Ursprung haben konnten, dürfen solche Zusammenhänge dennoch nicht ausgeschlossen werden.

Festigkeit des Holzes noch nicht beeinträchtigt

Der Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München untersuchte am Computertomographen die Rohdichte des befallenen Holzes (Abbildung 2). Diese war im Querschnitt des Stammes im Bereich der Fäule häufig modifiziert. Dichteinbrüche gab es nur in wenigen eng begrenzten Bereichen. Ansonsten war die Dichte im Fäulebereich häufig höher. Auch aus den Stammteilen geschnittene, verfärbte Holzstäbe hatten tendenziell eine höhere Rohdichte als die visuell als gesund eingestuft Proben. Diese Dichteunterschiede lassen sich möglicherweise auf die unterschiedliche Lage der Proben innerhalb des Stammquerschnittes, zum Teil vielleicht auch auf Abwehrreaktionen des Baumes im Splintholz zurückführen. Die Fachhochschule Rosenheim ermittelte die Biegefestigkeit und das Elastizitätsmodul der Holzstäbe. Dabei wurde keinerlei Beeinträchtigung visuell fauler gegenüber visuell gesunden Proben festgestellt.

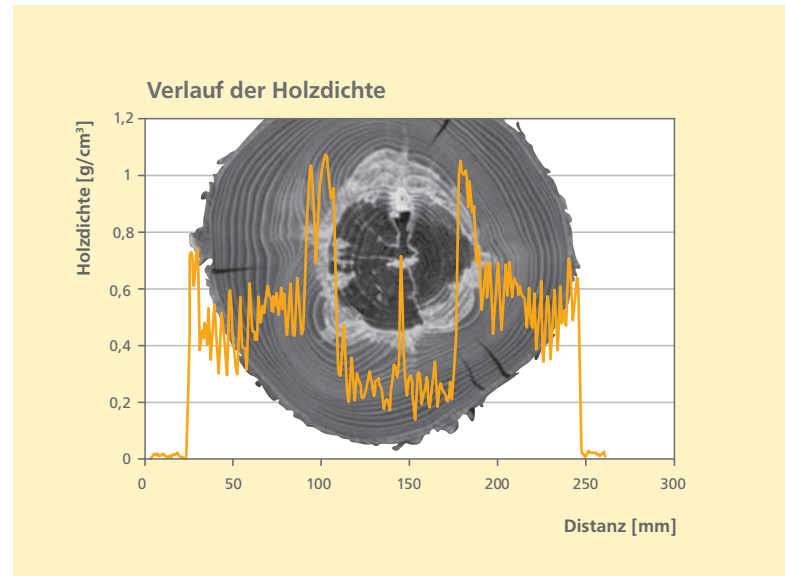


Abbildung 2: Computertomographie-Aufnahme eines Stammquerschnittes und Verlauf der Holzdicke über den Stammquerschnitt

Erlösminderung bei Rundholz, Schnittholz und Endnutzung

Die Kernfäule der betroffenen Stämme führt zu einer Abwertung der untersten Stammstücke (Erdstammstücke) – 36 Prozent ihrer Holzmasse – von Güteklasse B nach C. Bei einem Preisabschlag von 20 Prozent für Holz der Güteklasse C errechnet sich ein Mindererlös von im Mittel 81 Euro pro Hektar mit einer Spanne von 60 bis 97 Euro pro Hektar, den das Rundholz Ende 2007 erzielt hätte. Der untere Rahmen stellt den Mindererlös der Variante »Radharvester« dar, bei der die wenigsten Bäume an den Wurzeln verletzt wurden, die obere Grenze die Kombination aus Radharvester und Forwarder. Der Mindererlös bewegt sich zwischen ein und zwei Prozent des Holzerlöses, der sich aus dem Verkauf aller Gassenrandbäume nach Abzug der Erntekosten hätte erzielen lassen, wenn kein Baum eine Kernfäule aufweisen würde.

Auch die Erlösminderung beim Schnittholzverkauf wurde quantifiziert. Als Hauptprodukt wurden dabei Lamellen für Brettschichtholz zugrunde gelegt. Die Firma Binderholz Deutschland stellte dafür Schnittbilder aller Zopfdurchmesser für Abschnitte von fünf Metern Länge zur Verfügung. Nach Auskunft von Mitarbeitern wiegen beim Schnittholzverkauf ästhetische Kriterien weitaus schwerer als Kriterien der Festigkeit. Lamellen mit Verfärbungen können bei Leimbändern nicht im sichtbaren Bereich eingesetzt werden. Der Erlös vermindert sich um 30 bis 40 Euro je Kubikmeter. Welcher Festigkeitsklasse das Schnittholz auf Grund der Verfärbungen nach der DIN 4074 (Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit) zuzuordnen ist, spielt dabei keine Rolle. Beim Schnittholz aus den kernfaulen Erdstammstücken wären 43 Prozent des Volumens verfärbt gewesen und zwar weit überwiegend die Lamellen, also die Hauptware. Der Mindererlös beim Schnittholzverkauf hätte 48 Euro pro Hektar betragen mit einer Spanne von 41 bis 66 Euro pro Hektar.

Der Lehrstuhl für Waldwachstumskunde simulierte mit den Programmen SILVA und RAM (Seifert 2003) die Entwicklung der Fäule über einen Zeitraum von 50 Jahren. Nach der Simulation nehmen im Alter 100 die von Fäule infolge der Befahrung betroffenen Rückegassen-Randbäume zwischen fünf und acht Prozent der gesamten Holzmenge ein. Die kalkulierte Erlösminderung beim Rundholz liegt zwischen 720 und 1.040 Euro pro Hektar. Für Stammabschnitte mit fortgeschrittener Fäule wurde dabei die Differenz zwischen dem Stammholzerlös Güte B und einem niedrigen Brennholzerlös, für die übrigen verfärbten Abschnitte die Differenz zwischen Güte B und C zugrunde gelegt. Die Abstufung beim Stammholz von B nach C beläuft sich auf 330 bis 550 Euro pro Hektar. Für das daraus produzierbare Schnittholz wurde eine Erlösminderung von 290 bis 490 Euro auf Grund der Verfärbungen kalkuliert.

Die Erlösminderung beim Rundholzverkauf entspricht 1,5 bis 2,5 Prozent des möglichen Abtriebserlöses des gesamten Bestandes, wenn keine Rotfäule auftreten würde.

Befahrung erhöht Häufigkeit von Stammfäule

Das Problem der Holzwertung durch Rotfäule soll hier nicht verharmlost werden. Die kalkulierte Erlösminderung bezieht sich schließlich nur auf die bei der Befahrung verletzten Rückegassen-Randbäume. Einbußen durch Rotfäule auf der übrigen Fläche kommen noch hinzu. Allerdings darf die kalkulierte Erlösminderung auch nicht allein der Befahrung zugerechnet werden. Ein Teil der Rückegassen-Randbäume war auch ohne Befahrung schon von Rotfäule befallen oder wäre noch aus anderen Quellen infiziert worden. Beim Aufschneiden der Rückegassen 2001 waren bereits 32 Prozent aller Bäume rotfaul (Blaschke et al. 2004). Nach der Rückung waren 40 Prozent aller Randbäume verletzt. Wenn diese alle stammfäul werden, müssten nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit 59 Prozent der Randbäume belastet sein. Rechnen wir 30 Prozent der Bestandesfläche den Rückegassen-Randbäumen zu, würde die Befahrung die Rotfäulebelastung des Bestandes von 32 auf 40 Prozent erhöhen. Die Befahrung bei nachfolgenden Durchforstungen kann allerdings weitere Schäden hervorrufen.

Auch andere Infektionsquellen beachten

Wenn die Forstwirtschaft das Problem der Stammfäule angehen möchte, dann sollten alle Infektionsquellen betrachtet werden. Jeder Stock eines gefällten Nadelbaumes kann eine Infektionsquelle darstellen. Die Ausbreitung des Wurzelschwamms ausgehend von solchen Stöcken über Wurzelfusionen in lebende Bäume hinein wird als der bedeutendste Infektionsweg angesehen. Hinzu kommen Wundfäulen, die über Verletzungen am Stamm entstehen. Bei maschineller Holzernte dürften diese Wundverletzungen in geringerem Umfang entstehen als bei motormanueller Ernte. Sicher sollten Wurzelverletzungen bei der Befahrung mit Forstmaschinen mög-

lichst vermieden werden. Wir sehen durchaus noch technische Möglichkeiten, die Raupenfahrwerke oder Bänder für Radfahrzeuge weniger »aggressiv« zu gestalten. Das Risiko von Wurzelverletzungen braucht bei der grundsätzlichen Entscheidung für oder gegen den Einsatz eines Raupenfahrzeugs bei der Holzernte derzeit jedoch nicht als entscheidungsrelevant eingeschätzt werden.

Literatur

Berglund, M. (2005): *Infection and growth of Heterobasidion spp. in Picea abies; Control by Phlebiopsis gigantea stump treatment*. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp

Blaschke, M.; Uhl, E.; Ohrner, G. (2004): *Untersuchungen zum Wurzelschwamm im Rahmen eines Befahrungsversuchs mit Forstmaschinen*. Forst und Holz 2 (59), S. 84–87

Dimitri, L. (1969): *Untersuchungen über die unterirdischen Eintrittspforten der wichtigsten Rotfäuleerreger bei der Fichte (Picea abies Karst.)*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 88, S. 281–308

Johann, K. (1988): *Ergebnisse einer Rotfäuleuntersuchung in sehr wüchsigen Fichtenbeständen*. FBVA-Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesanstalt, Wien, 80 S.

Krautscheid, S. (2008): *Untersuchung der Ausbreitung von Rotfäule im Stamm der Fichte mit Hilfe von Computertomographie*. Diplomarbeit an der Fachhochschule Rosenheim, 84 S.

Ohrner, G.; Matthies, D.; Kremer, J.; Wolf, B.; Uhl, E.; Blaschke M. (2003): *Rad- oder Raupenfahrwerke bei Forstmaschinen?* Wald und Holz 9, S. 40–42 / Forst und Technik 5, S. 2–4

v. Pechmann, H.; v. Aufsess, H.; Rehfuess, K.-E. (1973): *Ursachen und Ausmaß von Stammfäulen in Fichtenbeständen auf verschiedenen Standorten*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 92, S. 68–89

Piri, T. (2003): *Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland – Regeneration and vitality fertilization of infected stands (väitöskirja-dissertation)*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 898, 64 S.

Schönhar, S. (1995): *Untersuchungen über die Infektion der Fichte (Picea abies Karst.) durch Heterobasidion annosum (Fr.) Bref.* Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 166 S. 14–17

Seifert, T., 2003: *Integration von Holzqualität und Holzsortierung in behandlungssensitive Waldwachstumsmodelle*. Dissertation, 314 S.

Thor, M. (2005): *Heterobasidion Root Rot in Norway Spruce; Modelling Incidence, Control Efficacy and Economic Consequences in Swedish Forestry*. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala

Vasiliauskas, R. (2001): *Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review*. Forestry, Bd. 74, S. 319–336

Dr. Herbert Borchert leitet das Sachgebiet »Betriebswirtschaft und Forsttechnik« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. bor@lwf.uni-muenchen.de
Matthias Metan ist Mitarbeiter in diesem Sachgebiet.
Markus Blaschke ist Mitarbeiter für Phytopathologie im Sachgebiet »Waldschutz«. bls@lwf.uni-muenchen.de