

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 149 (1998)  
**Heft:** 11  
  
**Rubrik:** Mitteilungen = Communications

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **Mechanisierung der Holzernte in Hanglagen mit Hilfe der Vollerntertechnik**

Von *Oliver Thees* und *Fritz Frutig*

*Keywords:* Steep terrain logging; off-road mobility; wheeled, tracked, legged vehicles; thinning operations; harvester-cable yarder interface.

FDK 36: 37

Die Mechanisierung der Holzernte in steilen Hanglagen liefert einen wesentlichen Beitrag, um die Bergwälder wirtschaftlicher zu pflegen und zu nutzen. Ein gewichtiger Vorteil ist auch die Verringerung körperlich schwerer und gefährlicher Arbeit. Die Entwicklung dieser technischen Rationalisierung schreitet derzeit schnell voran: In den letzten beiden Jahren kamen im mitteleuropäischen Raum verschiedene spezielle Vollernter versuchsweise an steilen Hängen zum Einsatz. Beträchtliche Verbesserungspotentiale zeichnen sich ab. Jedoch gibt es wegen der besonderen Anforderungen, die der Bergwald an die Mechanisierung stellt (z. B. schwieriges Gelände, empfindliche Ökosysteme), noch viele ungelöste Probleme. Die Gruppe Forsttechnik der WSL engagiert sich für die Untersuchung der Fragen, die sich im Zusammenhang mit dieser Entwicklung stellen. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die aktuelle Situation.

### **Beträchtliche Verbesserungspotentiale vorhanden**

Ein möglicher Lösungsweg für die Mechanisierung der Holzernte im steilen Gelände besteht darin, die in der Ebene bewährte Vollerntertechnik für das Fällen und Aufarbeiten auch am Hang einzusetzen. Dabei verspricht man sich verschiedene Vorteile gegenüber der motormanuellen Arbeit:

- höhere Arbeitsleistungen und geringere Kosten beim Fällen und Aufarbeiten des Holzes;
- Verringerung körperlich schwerer und gefährlicher Arbeit;
- leistungssteigernde Auswirkung auf das Rücken mit dem Seilkran und damit geringere Rückekosten;
- geringere Fäll- und Rückeschäden am verbleibenden Bestand.

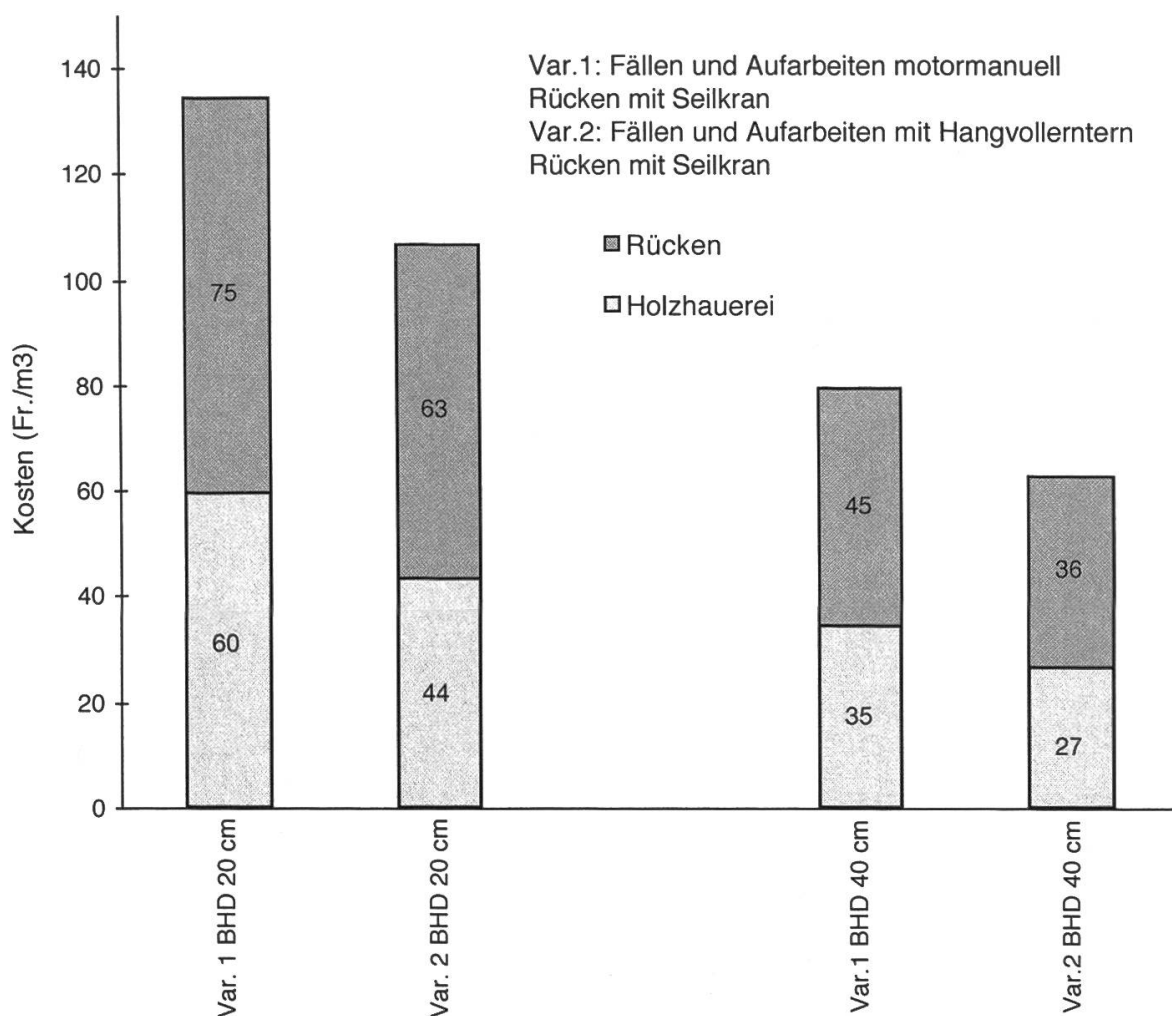


Abbildung 1. Vorsichtige Schätzung des Verbesserungspotentials beim Einsatz der Vollerntertechnik am Hang gemessen an den Holzerntekosten (ohne Kosten für das Umsetzen).

Einige Annahmen:

- Durchforstung, Aushaltung von Kurzholz, Fichte/Tanne
- Leistung Harvester: 9 m<sup>3</sup>/h bei BHD 20 cm, 15 m<sup>3</sup>/h bei BHD 40 cm
- Leistung Seilkran: 4,8 m<sup>3</sup>/h bei BHD 20 cm, 8,5 m<sup>3</sup>/h bei BHD 40 cm (= 20% höhere Leistung gegenüber herkömmlichem Chokerverfahren).

Abbildung 1 zeigt anhand der Holzerntekosten eine grobe, vorsichtige Schätzung des Verbesserungspotentials der hochmechanisierten gegenüber der motormanuellen Holzernte am Hang. Hierbei wurde auch das Rücken mit dem Seilkran einbezogen. Danach lässt sich der Vorteil des Systems Vollernter/Seilkran im eher schwachen Holz mit 20 bis 30 Fr./m<sup>3</sup>, im eher starken Holz mit 10 bis 20 Fr./m<sup>3</sup> beziffern. Es scheinen also beträchtliche Einsparungen möglich zu sein. Die Kalkulationen wurden für Durchforstungen von Fichten/Tannen-Beständen nach der Kurzholzmethode durchgeführt. Grundlage bildeten die Ergebnisse erster Praxisuntersuchungen von Hangvollerntern in Deutschland, Österreich und der Schweiz (3, 5, 6, 7, 8).

Aus Abbildung 2 lässt sich grob ableiten, wieviel Waldfläche und welche Holzdimensionen für den Einsatz von Hangvollerntern in der Schweiz potentiell zur Verfügung stehen. Hierbei sind nur die reinen Nadelholzbestände (Anteil Nadelholz >90%) in Betracht gezogen worden. Die rund 100 000 ha im Hangneigungsbereich 30 bis 60%

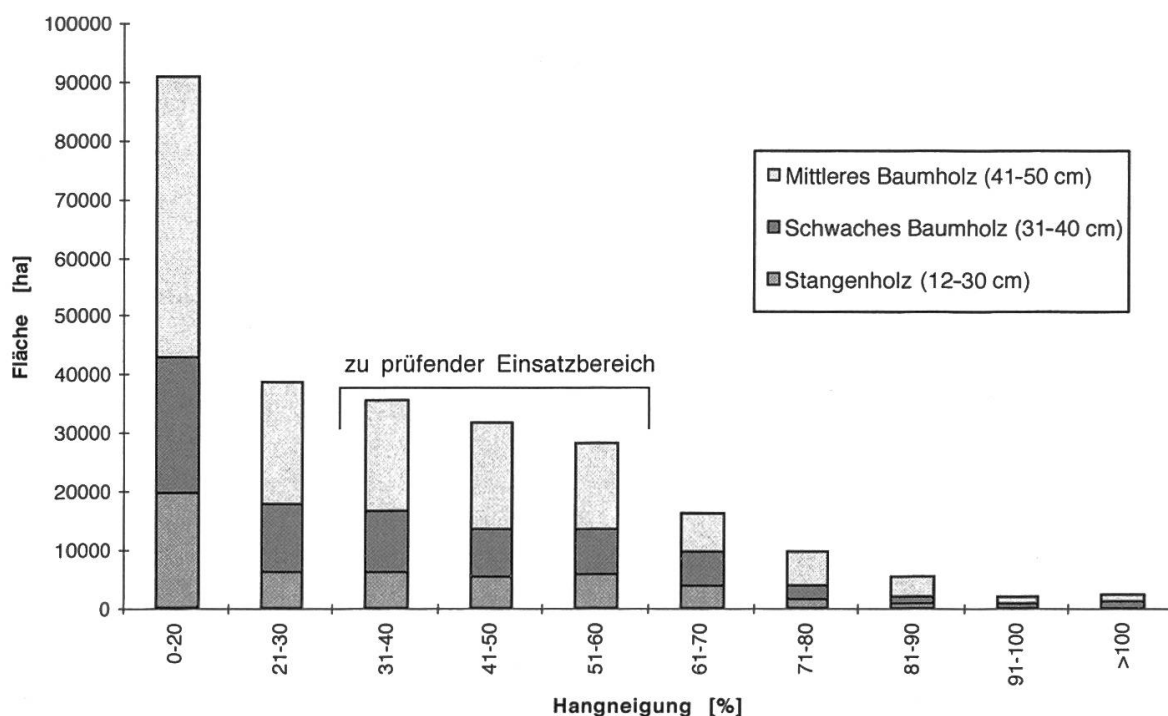


Abbildung 2. Schätzung des möglichen Arbeitsvolumens für Hangvollernter in der Schweiz. (Nadelholzanteil >90%, Klassierung nach Hangneigung ohne Berücksichtigung der Bodentragfähigkeit, erstellt nach einer Spezialauswertung des ersten Schweizerischen Landesforstinventars).

sind schwergewichtig Baumholzbestände. Andere Gesichtspunkte, wie beispielsweise schlechte Bodentragfähigkeit oder erschwerte Zugänglichkeit der Flächen infolge steiler und langer Wegböschungen, können dieses Potential stark verringern. Geht man von einem realisierbaren Arbeitsvolumen von lediglich 50 000 ha und einer jährlichen Nutzung von nur 3 m<sup>3</sup>/ha aus, ergeben sich bei einem Vorteil von 15 Fr./m<sup>3</sup> bereits Einsparungen gegenüber der konventionellen Methode von mehr als 2 Mio. Fr. pro Jahr.

### Hohe Anforderungen an die Mobilität der Trägerplattformen

Will man Vollernter (auch Harvester genannt) am Hang zum Einsatz bringen, benötigt man ein Vehikel, das fähig ist, die eigentliche Vollerntertechnik, also den Vollernterkopf, im schwierigen Gelände fortzubewegen und einzusetzen. Die Mobilität der Harvester im Gelände ist also von entscheidender Bedeutung. Ausserdem ist für die Arbeit am Hang eine Nivellierung der Kabine und des Kranes mit dem Vollernterkopf unabdingbar.

Für diese Anforderungen stehen derzeit drei verschiedene Trägerplattformen zur Verfügung, die sich konkurrieren, aber auch ergänzen: das Rad- und das Raupenfahrwerk sowie das Schreit- oder Gehwerk (Abbildungen 3 bis 5). Für alle drei technischen Lösungen stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- Welches Gelände (Steilheit, Bodenrauhheit, Hindernisse, Bodentragfähigkeit) und welche Böschungen (Zugang zu den Beständen) können sie bewältigen?
- Wie schnell können sie sich im Gelände fortbewegen?

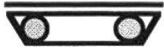
- Welche Baumdimensionen können bei welcher Kranreichweite gefällt, vorge-  
rückt und aufgearbeitet werden?
- Welche Schäden hinterlassen sie in den Arbeitsgassen an Boden und Baumwur-  
zeln sowie an den Waldwegen und Böschungen?
- Wie lassen sie sich zwischen den Einsatzorten umsetzen?

In *Tabelle 1* wird am Beispiel des Hangvollernters dargestellt, wo tendenziell die Stärken und Schwächen der einzelnen Trägerplattformen bei der Fortbewegung am Hang liegen (2, 4, 6).

*Tabelle 1.* Fähigkeit verschiedener Vollernterkategorien zur Fortbewegung am Hang bei bestimm-  
ten Geländebedingungen – Rangordnung geschätzt\*\*.

\* beurteilt anhand des Prototypen von Plustech, der allerdings nicht speziell für den Einsatz am  
Hang konzipiert wurde

\*\* +++ besser als ++ besser als +

| Fortbewegungsprinzip<br>der Trägerplattform<br>am Beispiel Harvester                                                             | <br>Radharvester | <br>Raupeharvester | <br>Schreit harvester* |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>steiles Gelände</b><br>(bei guter Tragfähigkeit und<br>glatter Bodenoberfläche)<br>Grenze des Einsatzbereiches<br>(geschätzt) | ++<br><br>(40–50%)                                                                                | +++<br><br>(50–60%)                                                                                 | +++<br><br>(50–60%)                                                                                       |
| <b>raue Bodenober-<br/>fläche, Hindernisse</b><br>(bei guter Tragfähigkeit und<br>steilem Gelände)                               | ++                                                                                                | +                                                                                                   | +++                                                                                                       |
| <b>weicher Boden</b><br>(bei steilem Gelände und glatter<br>Bodenoberfläche)                                                     | +                                                                                                 | +++                                                                                                 | ++                                                                                                        |

Herkömmliche Radharvester sind für die genannten Einsatzbedingungen eher weniger geeignet als die beiden anderen Maschinenkategorien. Ihre Geländegängigkeit am Hang lässt sich durch optimale Bereifungen und Reifeninnendrucke sowie durch das Anlegen von Ketten und Raupenbändern verbessern. Spezialisierte Radharvester verfügen über verschiedene konstruktive Anpassungen an schwierige Geländebedingungen (z. B. einzeln steuerbare Räder und Boogies, vgl. *Abbildung 3*). Diese verbessern die Fähigkeit, Hindernisse zu überqueren, erlauben eine gewisse Nivellierung der Maschine und erhöhen die Standfestigkeit des Fahrzeugs.

Wegen ihrer besseren Traktion sind Raupenharvester bei der Befahrung steiler Hänge gegenüber Radmaschinen allgemein im Vorteil (*Abbildung 4*). Der Raupenharvester ist jedoch sehr empfindlich bezüglich Unebenheiten des Bodens und Hindernissen (hohe Stöcke, Steinblöcke, Gräben usw.). Ausserdem ist es wegen der Gefahr seitlichen Abrutschens der Maschine notwendig, am Hang möglichst in der Falllinie zu fahren. Auch die Gefahr von Boden- und Wurzelschäden bei Kurvenfahrten schränkt die Einsatzmöglichkeiten der Raupe ein.



*Abbildung 3.* Spezialisierter Radharvester für schwieriges Gelände, SKOGSJAN 487 XL. Beim Einsatz von konventionellen Radmaschinen unter extremen Geländebedingungen ist zu bedenken, dass nicht alles, was in Einzelfällen technisch machbar ist, auch wirtschaftlich und unter dem Aspekt der Arbeitssicherheit sinnvoll sein muss, insbesondere, wenn solche Einsätze oft erfolgen sollen. (Foto WSL)



*Abbildung 4.* Raupenharvester TIMBCO 445C. Hohes Eigengewicht der Maschinen (25 bis 30 t) ermöglicht grosse Kranreichweiten bei gleichzeitig grossen Hubkräften ( $>10\text{kN}$  bei 15 m). Nutzbare Kranreichweite bei ungenügenden Sicht- und Platzverhältnissen in den Beständen (z. B. bei Erstdurchforstungen) eingeschränkt. (Foto WSL)



*Abbildung 5.* Schreitharvester PLUSTECH, Prototyp. Der Natur abgeschautes Schreitprinzip ermöglicht sehr hohe Mobilität im Gelände, was bei schwierigen, inhomogenen Verhältnissen von Vorteil ist. Prototyp, noch nicht für den Einsatz im steilen Gelände konzipiert. (Foto WSL)



Dagegen ist der Schreitharvester gerade unter diesen Bedingungen besonders mobil. Beispielsweise kann die Maschine auch parallel zu den Höhenlinien gehen und vergleichsweise grosse Hindernisse übersteigen. Bei geringer Trag- bzw. Scherfestigkeit des Bodens scheint der Raupenharvester dem Schreitharvester am Hang überlegen zu sein. Es ist darauf hinzuweisen, dass der Schreitharvester auf Basis des bekannten Prototypen der finnischen Firma Plustech beurteilt wird (*Abbildung 5*), der nicht speziell für den Einsatz im steilen Gelände konzipiert wurde. Hier bestehen also noch Entwicklungsmöglichkeiten (z. B. Steigerung der Marschgeschwindigkeit, Verbesserung der «Füsse» bzw. «Schuhe» sowie bessere Nivellierung von Kabine und Kran).

In diesem Zusammenhang wird oft auch der Schreitbagger erwähnt und verwechselt. Schreitbagger wurden in den achtziger Jahren in den USA versuchsweise als Feller-Buncher (Fäller-Bündler) und vor einigen Jahren in Japan auch als Vollernter ausgerüstet und eingesetzt. Konstruktionsmässig stehen sie eigentlich zwischen Rad- und Schreitmaschinen, was sich auch in ihren Mobilitätseigenschaften äussert. Da bei den konventionellen Schreitbaggerchassis jede einzelne Beinbewegung von Hand gesteuert werden muss und ihre Fortbewegung durch Abstossen mit dem Kranausleger erfolgt, ist ihre Marschgeschwindigkeit sehr gering und die mentale Belastung des Maschinisten beim Einsatz in der Holzernte sehr hoch.

Auch beim Umsetzen zwischen den Einsatzorten weisen die drei technischen Lösungen Unterschiede auf: Radmaschinen lassen sich auf eigener Achse oder mittels Tieflader einfach umsetzen. Die Plustech-Schreitmaschine kann mit einer einfachen, von Hakengeräten aufnehmbaren Plattform ebenfalls problemlos umgesetzt werden; dagegen ist das Umsetzen auf «eigenem Fuss» wegen der geringen Marschgeschwindigkeit eingeschränkt. Raupenharvester benötigen wegen der möglichen Schäden an Wegen und insbesondere an asphaltierten Strassen sowie wegen der geringen Geschwindigkeit in der Regel auch auf kurzen Distanzen einen Tieflader.

Auf die Fortbewegungsgeschwindigkeit als wichtige Kenngrösse der Mobilität und Bestimmungsfaktor der Arbeitsproduktivität wird weiter unten näher eingegangen.

Bereits hier wird deutlich, dass es für die Auswahl einer geeigneten Maschine einer differenzierten Beurteilung der gesamten Situation des zukünftigen Einsatzes bedarf. Zu den bereits genannten sowie zu den nachfolgend angesprochenen Gesichtspunkten fehlen allerdings heute noch wichtige Grundlagen.

### **Entwicklung der Arbeitsverfahren noch nicht abgeschlossen**

Holzhauerei und Rücken sind für einen optimalen Ablauf der gesamten Holzern- te grundsätzlich gut aufeinander abzustimmen. Besondere Beachtung verdient dabei die Schnittstelle zwischen beiden Prozessen, um einen reibungslosen und schadens- armen Materialfluss zu ermöglichen.

Im Zusammenhang mit Hangvollerntern kommen verschiedene Rückemittel und -verfahren in Betracht (*Tabelle 2*). Bei der Auswahl spielen die Befahrbarkeit des Geländes für konventionelle Rückefahrzeuge, die Länge der aufgearbeiteten Holzsortimente sowie die Menge und die Verteilung des Holzanfalles im Schlag eine wichtige Rolle. Im Alpenraum wird die Aufarbeitung von Kurzholz (Trämel, Kranlängen) sowie die Kombination Hangvollernter/Seilkran besonders bedeutsam sein.

Tabelle 2. Einsatzmöglichkeiten verschiedener Rückemittel in Kombination mit Hangvollernter.

| <i>Rückemittel</i>        | <i>Kurzholz<br/>(Trämel)</i> | <i>Langholz</i> | <i>Einsatz zusammen mit<br/>Hangvollernter...</i> |
|---------------------------|------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------|
| Seilkran Bringung bergauf | X                            | X               | erprobt                                           |
| Seilkran Bringung bergab  | X                            | –               | erprobt                                           |
| Helikopter                | X                            | X               | denkbar                                           |
| Windenschlepper           | X                            | X               | denkbar                                           |
| Zangenschlepper           | –                            | X               | denkbar                                           |
| Klemmbankschlepper        | –                            | X               | denkbar                                           |
| Forwarder                 | X                            | –               | erprobt                                           |

Für die Aufarbeitung von Kurzholz in Durchforstungen kommen für die Kombination Hangvollernter/Seilkran verschiedene Einsatzkonzepte in Betracht. Besonderes Interesse dürfte dabei der Bergabbringung zukommen, weil es für diesen Fall keine hochmechanisierte Alternative (Vollbaumbringung mit anschliessender Aufarbeitung an der Waldstrasse) gibt. Überträgt man das Einsatzkonzept für Vollernter, wie es aus der Ebene bekannt ist (Bewegen, Bearbeiten und Transportieren auf parallelen Erschliessungslinien) auf den Hang, dann sind, neben anderen, folgende zwei Lösungen denkbar:

- jede Arbeitslinie des Vollernters ist auch eine Seillinie;
- nur jede dritte Arbeitslinie des Vollernters ist eine Seillinie (3 Arbeitslinien, davon ist die mittlere gleichzeitig die Seillinie).

Zur erstgenannten Lösung liegen bereits praktische Erfahrungen aus Österreich und Deutschland vor. Dabei handelte es sich um Langholz- und Kurzholzaufarbeitung mit Rad- und Raupenharvestern und anschliessender Seilbringung. Dagegen wurde die zweite Lösung mit der geringeren Anzahl von Seilkraninstallationen in steilerem Gelände bisher noch nicht erprobt.

Beim Feinerschliessungskonzept mit 3 Arbeitslinien/1 Seillinie liesse sich beim Einsatz eines Vollernters mit 10 m Kranreichweite ein Seilschlag von 60 m Breite folgendermassen bearbeiten: Die mittlere Arbeitslinie ist zugleich die Seillinie. Hier liegt das aufgearbeitete Holz direkt am Gassenrand und kann praktisch ohne Zuzüge gerückt werden. Das von den Nebenlinien aus aufgearbeitete Holz wird vom Vollernter bereits in Richtung der Seillinie abgelegt, so dass dessen Zuzugdistanz weniger als 10 m beträgt. Insgesamt ist eine die Ruckeleistung begünstigende Vorkonzentration des Holzes an der Seillinie zu erwarten, wie noch näher zu erläutern sein wird. In dichteren Beständen dürfte es aufgrund der eingeschränkten Sicht- und Platzverhältnisse problematisch sein, Vollernter mit 15 m Kranreichweite in diesem Konzept einzusetzen, um eine Breite des Seilschlages von 90 m zu erreichen.

Dem Vorteil einer eingesparten Seilkraninstallation und der hohen Konzentration von Holz pro Seillinie stehen allerdings folgende mögliche Nachteile gegenüber:

- geringerer Leistungsvorteil beim Rücken, weil nicht mehr alles Holz direkt an der Seillinie liegt;
- höheres Risiko für Bestandesschäden, weil der grösste Teil des Holzes nicht auf den Arbeitslinien, sondern im Bestandesinnern aufgearbeitet wird und nicht mehr direkt von der Seillinie aus gerückt werden kann.



Beide dargestellten Lösungen bedingen eine intensive Erschliessung des Geländes mit Arbeitslinien (Abstände etwa 20 bis 30 m, ohne Zufällen; Breite mindestens 4 m). Ob der Seilkran auf jeder Linie oder nur auf jeder dritten Linie zum Einsatz kommt, ist eine Frage der Kosten, der Schadensrisiken und der technischen Machbarkeit der Lösungen. Günstige Installationsbedingungen für die Seilkrananlage, hoher Holzanfall pro Linie und hohe Stück- bzw. Lastvolumen, die Verfügbarkeit und Einsetzbarkeit eines Vollernters mit grosser Kranreichweite sowie gute Voraussetzungen für das Zufällen von Bäumen in die Kranzone sprechen tendenziell für die Lösung «jede Arbeitslinie eine Seillinie».

Der Abstand der Arbeitslinien hängt im einzelnen von vielen Faktoren ab:

- maximale Kranreichweite der Vollernter (10 bis 15 m);
- Hubkraft der Kräne im Verhältnis zu den zu bearbeitenden Baumdimensionen;
- Sicht- und Platzverhältnisse im Bestand, um die maximale Kranreichweite auszunutzen (Arbeit mit 15 m Kranreichweite in Erstdurchforstungen problematisch);
- Möglichkeit des Zufällens von Bäumen in die Kranreichweite (Bestandesdichte, zugefällte Bäume müssen im kronenfreien Stammbereich von der Maschine gegriffen werden können);
- Gelände- und Platzverhältnisse, um ein Erschliessungsnetz mit bestimmten Linienabständen in den Schlag zu legen;
- vorhandene Bauelemente für die Seilkrananlage (Anker, Stützen);
- Gelände- und Bestandesverhältnisse im Zuzugbereich des Holzes (Rückeleistung, Bestandesschäden);
- Kosten für Montage und Demontage der Seilkrananlage;
- Zugangsmöglichkeiten für den Vollernter in den Bestand.

Das Verfahren Hangvollernter/Seilkran lässt sich recht flexibel anwenden, was angesichts der häufig inhomogenen Gelände- und Bestandesverhältnisse zu begrüssen ist. So kann beispielsweise die Seillinie durchaus länger sein als die Arbeitslinien des Vollernters. Hierdurch kann zusätzlich Holz konventionell geerntet werden, das von der Maschine nicht aufgearbeitet werden kann oder soll. Ausserdem kann bei grösseren Baumdimensionen und -abständen, wie bereits erwähnt, auch mit Zufällen gearbeitet werden. Auf diese und ähnliche Weise lassen sich die Dichte der Arbeitslinien sowie die Anzahl der Seilkraninstallationen verringern bzw. den Verhältnissen optimal anpassen.

### **Höhere Seilleistungen infolge Vollerntereinsatz zu erwarten**

Durch den Einsatz von Vollerntern ergeben sich günstige Bedingungen für eine Rationalisierung der Lastbildung beim Rücken. Diese führen auch im Falle der Seilbringung zu deutlich höheren Rückeleistungen (Englisch: *prebunching effect*). Erste Resultate von Untersuchungen in Österreich zeigen für Kurzholz aus Durchforstungen nach dem Verfahren «jede Arbeitslinie eine Seillinie» eine um 20 bis 30% höhere Leistung gegenüber dem Seilkranrücken nach herkömmlichem Fällen und Aufarbeiten (3).



*Abbildung 6.* Vorkonzentration des Holzes an der Seillinie infolge der Harvesteraufarbeitung. Die Vorkonzentration führt zu einer beträchtlichen Leistungssteigerung beim Rücken. (Foto Forstverwaltung Mayr-Melnhof-Saurau).

Die Vorteile sind folgende: Der Vollerntereinsatz führt zu einer Vorkonzentration des Holzes in Form von Haufen (Rohpoltern) in der Seillinie, an ihrem Rand oder in ihrer Nähe (*Abbildung 6*). Diese Situation ermöglicht beim Seilkraneinsatz

- geringere Beladezeiten des Laufwagens im Bestand und
- bessere Ausnutzungen der Ladekapazität des Laufwagens (höherer Lastnutzungsgrad)

als bei der herkömmlichen Methode. Ursache der geringeren Beladezeiten sind die geringen Entfernungen und damit geringeren Zeitbedarfe beim Ausziehen des Seiles sowie beim Anhängen und Zuziehen der Last. Die höheren Lastnutzungsgrade ergeben sich infolge der besseren Möglichkeit, mehrere Rundholzabschnitte mit einer einzigen Seilstruppe (Seilstroppe, Seilschlinge) zusammenzubinden und zuzuziehen sowie der Verfügbarkeit von genügend Holz. Hierdurch wird tendenziell eine grössere Holzmenge pro einzeltem Zuzug und damit auch pro Fuhre bzw. Lastfahrt des Laufwagens gefördert.

Hohe Leistungssteigerungen ergeben sich vor allem bei kleinen Stückvolumen. Der beschriebene Leistungsvorteil dürfte – gleicher Bestand und Durchforstungseingriff vorausgesetzt – beim Konzept «jede dritte Arbeitslinie eine Seillinie» in der Regel geringer ausfallen als bei der Variante «jede Arbeitslinie eine Seillinie», weil eben nicht jeder zu rückende Rundholzabschnitt direkt an der Seillinie liegt.

Im Zusammenhang mit dem Rücken von an die Seillinie vorgeliefertem Holz stellte sich eine Reihe von Fragen im Detail:

- Ist es möglich und sinnvoll, ganze Haufen, also mehrere zusammenliegende Rundholzabschnitte, mit einer einzigen Seilstruppe anzubinden und zu rücken?
- Gehen beim seitlichen Zuzug und bei der Lastfahrt einzelne Stämme aus den Haufen verloren?
- Steigt das Risiko von Schäden am verbleibenden Bestand, insbesondere in steilerem Gelände?
- Welches ist die optimale Grösse dieser Haufen?
- Kann der Harvestermaschinist die Lastbildungsarbeiten bei der Ablage des Holzes günstig beeinflussen?
- Wie kann die Auslastung des Laufwagens bei der Lastfahrt optimiert werden?
- Wann soll eine und wann sollen zwei Personen für die Lastbildung im Bestand eingesetzt werden?

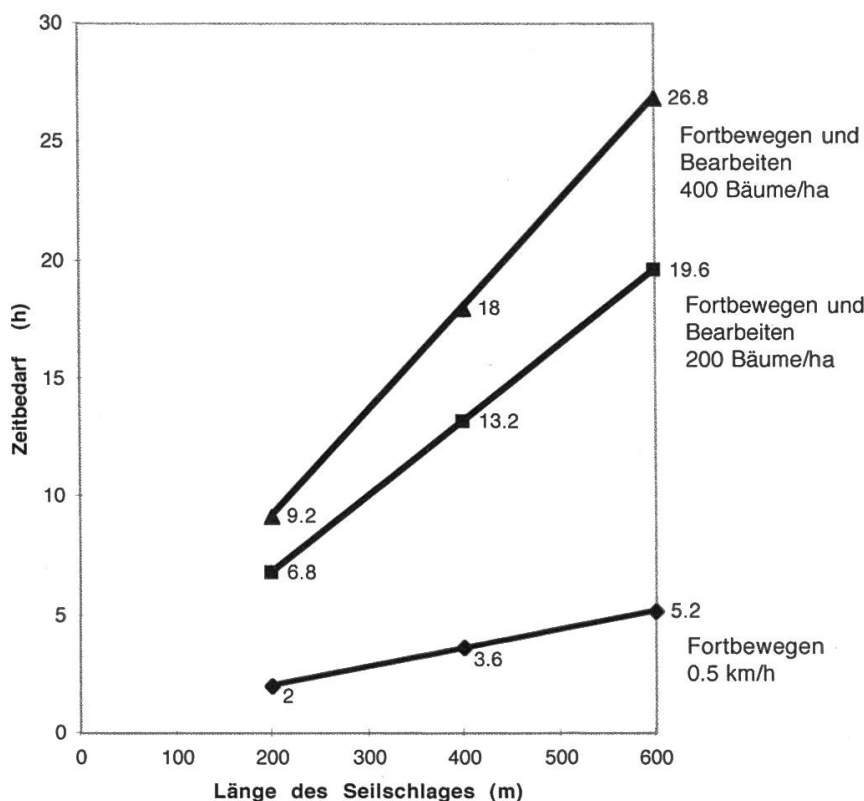


Abbildung 7. Schätzung des Zeitbedarfs für das Fortbewegen und Bearbeiten beim Einsatz eines Vollernters in einem Seilschlag am Hang. (Durchforstung, Schlagbreite 60 m, Einsatzkonzept: «jede Arbeitslinie eine Seillinie», zweifaches Befahren bzw. Begehen der Arbeitslinien, Fortbewegungsgeschwindigkeit 0,5 km/h).

Ein von der Gruppe Forsttechnik angelegter Vorversuch im Frühling 1998 hat erste Erkenntnisse, insbesondere zu technischen Fragen der Lastbildung geliefert (1). Danach zeichnet sich ab, dass das Rücken ganzer Haufen mit Seilkran durchaus möglich ist und auch nicht mehr Schäden verursacht als das herkömmliche Rücken (Chorkern). Bezüglich der Vorbereitung der Lasten, den Unterbrüchen beim Zuzug und den Schäden am verbleibenden Bestand waren kleinere Haufen (2 bis 4 Stück pro Seilstruppe) tendenziell vorteilhafter als grössere (5 bis 8 Stück pro Seilstruppe). Hierbei betrug das durchschnittliche Stückvolumen  $0,11 \text{ m}^3$ .

### **Zeitbedarf für Fortbewegung im Hang stark leistungsbestimmend**

Die Geschwindigkeit bei der Fortbewegung des Vollernters am Hang spielt eine nicht unerhebliche Rolle für den gesamten Zeitbedarf des Fällens und Aufarbeitens und damit für die Arbeitsleistung. Dies wird besonders deutlich, wenn man bedenkt, dass infolge von Geländeschwierigkeiten die Arbeitslinien oft zweifach befahren werden müssen: Die Maschine bewegt sich bergauf, fällt Bäume und arbeitet sie auf. Wenn nun im oberen Teil der Gasse eine Querfahrt zur nächsten Linie nicht möglich ist, wird eine «Leerfahrt» bergab unausweichlich. Dies ist auch dann der Fall, wenn eine Querfahrt zwar möglich wäre, aber die Maschine die nächste Linie z.B. wegen ihrer Steilheit nicht in Fortbewegungsrichtung bergab bearbeiten kann. *Abbildung 7* zeigt den Anteil der Fortbewegung am gesamten Zeitbedarf des Vollerntereinsatzes für das Konzept «jede

*Tabelle 3. Wichtige Fragen zum Einsatz der neuen Hangvollerntertechnik.*

| <i>Merkmal</i>          | <i>Fragen</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Technik</i>          | <p>Wo liegen die Einsatzgrenzen der verschiedenen Maschinen (Gelände, Erschliessung, Bestände und waldbauliche Eingriffe)?</p> <p>Wie kann die Schreitmaschinentechnik weiterentwickelt werden?</p>                                                                                                                                          |
| <i>Arbeitsverfahren</i> | <p>Wie sind die Arbeitsverfahren im Detail zu gestalten (z. B. im Zusammenhang mit dem Gelände, der Grob- und Feinerschliessung sowie mit der Struktur der Bestände und den Eingriffen)?</p> <p>Wie können die Schnittstellen zu anderen Verfahrensabschnitten optimal gestaltet werden (z. B. Lastbildung für das Rücken mit Seilkran)?</p> |
| <i>Umweltwirkungen</i>  | <p>Wie sind die Schäden an den Waldböden und den Wurzeln der Bäume zu beurteilen und gegebenenfalls zu vermindern?</p> <p>Wie ist die Arbeitssicherheit zu beurteilen? Wie stark werden die Maschinisten psychisch beansprucht?</p>                                                                                                          |
| <i>Nutzen</i>           | <p>Wie sind die verschiedenen Lösungen in ganzheitlicher Hinsicht zu beurteilen und abzugrenzen (ökonomische, ökologische und soziale Aspekte)?</p> <p>Welche Verfahren und welche Einsatzbereiche können der Praxis konkret empfohlen werden?</p>                                                                                           |

Arbeitslinie eine Seillinie» bei zweifacher Befahrung bzw. Begehung der Arbeitslinien. Der Anteil der Fortbewegung beträgt ca. 20 bis 30 % und ist umso grösser, je kürzer die Seillinie ist und je weniger Bäume pro Laufmeter Gasse gefällt und aufgearbeitet werden. Es ist deshalb wichtig zu wissen, wie die Geschwindigkeit der Maschinen von den sie bestimmenden Einflussgrössen, insbesondere vom Gelände, abhängt.

Radharvester bewegen sich in Durchforstungen mit einfachen Geländebedingungen mit einer Geschwindigkeit von etwa 1 km/h (geringe Rollreibung, kein Hangabtrieb). Den Kalkulationen für den Hangvollernter wurde basierend auf den Untersuchungen der Mobilität der Plustech-Schreitmaschine (6) eine Fortbewegungsgeschwindigkeit von 0,5 km/h unterstellt. In der Fortbewegungsgeschwindigkeit äussern sich letztlich alle Einflussgrössen: die technischen Eigenschaften der Maschine, die Gelände- und Erschliessungsbedingungen, die Bestandesmerkmale (Baumabstände) sowie die Wahl der Route und die Fähigkeiten des Maschinisten.

### **Noch viele Fragen offen – weitere Untersuchungen der WSL geplant**

Der vorgestellte Lösungsweg ist bei weitem nicht die einzige Möglichkeit zur Mechanisierung der Holzernte im steilen Gelände. Es gibt noch weitere Ansätze, die zu verfolgen sind (z. B. die Optimierung des Verfahrens der Seilkranbringung von Vollbäumen mit anschliessender Aufarbeitung durch Prozessoren auf der Waldstrasse). Mit Sicherheit stellt jedoch das System Hangvollernter/Seilkran in einem bestimmten Segment von Gelände, Erschliessung, Beständen und Eingriffsarten eine gegenüber bisherigen Methoden prüfenswerte Lösung dar. Auf die Grössenordnung der erwarteten Potentiale für Kosteneinsparungen wurde bereits hingewiesen. Allerdings sind, wie *Tabelle 3* zeigt, wichtige Fragen noch nicht beantwortet.

Daher beschäftigt sich die Gruppe Forsttechnik der WSL seit einiger Zeit mit Fragen zum Einsatz von Vollerntern am Hang. Um Doppelspurigkeiten möglichst zu vermeiden und von den Erfahrungen gegenseitig zu profitieren, werden die praktischen Untersuchungen mit der Forstlichen Versuchsanstalt (FVA) Baden-Württemberg und dem österreichischen Grossprivatwaldbetrieb und Seilkranhersteller Mayr-Melnhof-Saurau koordiniert. Letztes Jahr wurde durch die Gruppe Forsttechnik die Mobilität des Prototypen der Schreitmaschine von Plustech am Hang untersucht. Dieses Jahr ist ein Feldversuch geplant, in dem die Kombination Raupenvollernter/Seilkran im Stangen- und im Baumholz eingesetzt werden soll. Teile der Versuchsflächen werden jeweils auch herkömmlich geerntet, so dass ein direkter Vergleich mit der konventionellen Methode möglich sein wird. Die in den Untersuchungen gewonnenen Praxisdaten dienen letztlich einer umfassenden Beurteilung und modellmässigen Abbildung verschiedener Verfahrensvarianten des gesamten Erntesystems auf der Basis von Hangvollerntern.

#### *Literatur*

- (1) *Frutig, F.; Thees, O.; Richli, T.*, 1998: Rücken von ganzen Rohpoltern mit Seilkran – Auswirkungen auf Zeitbedarf und Bestandesschäden bei Vorbereitung und Zuzug der Lasten. Interner Bericht der Gruppe Forsttechnik der Eidg. Forschungsanstalt WSL, unveröffentlicht.
- (2) *Heinimann, H. J.*, 1995: Schreittechnologie – Perspektiven für die Forsttechnik. Österreichische Forstzeitung 9, 56–59.
- (3) *Heinimann, H. J.; Visser, R.; Stampfer, K.*, 1997: Effects of Harvester-Prebunching on the Productivity of a Cable Yarder System, Bericht der Professur für forstliches Ingenieurwesen der ETH Zürich, bisher unveröffentlicht.
- (4) *Moore, D. W.*, 1992: US Army Wheeled Versus Tracked Vehicle Mobility Performance Test Programm. In: *Kushawa, R. L.; Upadhyaya, S. K.*: The International Society for Terrain-Vehicle Systems, Proceedings of the 4th North American Regional Meeting, Sacramento CA, March 25–27, 1992, Volume II, 274–281.
- (5) *Schöttle, R.; Pfeil, C.; Sauter, F.*, 1997: Leistung und Einsatzmöglichkeiten des Raupenharvesters in der Durchforstung. AFZ/Der Wald 22, 1179–1181.
- (6) *Thees, O.*, 1997. Schreitmaschine für die Holzernte am Hang - Prototyp in der Schweiz im Test. Wald und Holz 5, 8–9.
- (7) *Visser, R.; Stampfer, K.*, 1998: Cable Extraction of Harvester-Felled Thinnings: An Austrian Case Study. Journal of Forest Engineering 1, 39–46.
- (8) *Weixler, H.; Feller, S.; Schauer, H.*, 1997: Der Raupen-Harvester IMPEX 1650 T «Königstiger» im Einsatz. AFZ/Der Wald 22, 1182–1184.

Abbildungen gedruckt mit Unterstützung der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.

#### *Verfasser:*

Dr. Oliver Thees und Fritz Frutig, dipl. Forsting. ETH, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf.