

## BERICHTE AUS DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

### Aktuelle Holzernteverfahren am Hang



## **Aktuelle Holzernteverfahren am Hang**

Titelbild: Seilbringung im Gebirge [Photo: Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München].

**ISSN 0945 – 8131**

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Verfasser: Stefan Raab, Stefan Feller, Enno Uhl, Andreas Schäfer, Dr. Gunther Ohrner

Herausgeber und  
Bezugsadresse: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
Am Hochanger 11  
85354 Freising  
Tel. / Fax 08161 - 71 - 4881 / - 4971  
E-mail: [poststelle@fo-lwf.bayern.de](mailto:poststelle@fo-lwf.bayern.de) \* Internet: [www.lwf.bayern.de/](http://www.lwf.bayern.de/)

Verantwortlich: Olaf Schmidt, Leiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Redaktion und  
Schriftleitung: Dr. Alexandra Wauer

Redaktionsassistentz: Hildegard Naderer

© Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, November 2002

## **Vorwort**

Die Bewirtschaftung steiler Lagen der Mittelgebirge und des Hochgebirges stellt eine besondere Herausforderung dar. Gerade in diesen sensiblen Räumen mit ihrer hohen Bedeutung für Naturhaushalt und Erholung muss bei forstlichen Maßnahmen das angewendete Verfahren nicht nur den betrieblichen Belangen genügen, sondern seine Auswirkungen auf die gesamten Waldfunktionen besonders berücksichtigt werden.

In den letzten Jahren wurden von den Herstellern von Forstmaschinen zahlreiche neue kreative Lösungen für die mechanisierte Holzernte in steilen Lagen entwickelt. Neben der Senkung der Holzerntekosten steht dabei auch die Optimierung der Schonung von Boden und Bestand im Vordergrund. Hier stehen wir jedoch erst am Anfang einer neuen Entwicklung, so dass diese Verfahren hinsichtlich ihrer Wirkung kritisch begutachtet werden müssen. Zugleich werden aber auch in Zukunft die klassischen Holzernteverfahren je nach Ausgangslage weiterhin sinnvoll eingesetzt werden.

Für den Wirtschaftler ist es notwendig, unter den vorhandenen Verfahren das für die jeweilige Ausgangslage günstigste auszuwählen. In der Literatur finden sich zahlreiche Untersuchungen zu den verschiedenen Holzernteverfahren. Für den Praktiker ist es jedoch oft schwer, sich hier einen Überblick zu verschaffen. Die Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft greift mit dem vorliegenden Bericht eine Anregung des Staatsministeriums auf und ermöglicht erstmals einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand forstlicher Verfahren für die Holzernte im steilen Gelände. Dabei werden wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem In- und Ausland und empirische Erfahrungen der forstlichen Praxis mit einbezogen. Neben technischen Daten, Verfahrensbeschreibungen sowie Leistungs- und Kostenwerten werden auch Aspekte der Pfléglichkeit und der Ergonomie behandelt.

Für die sorgfältige und umfassende Ausarbeitung sei den Verfassern an dieser Stelle ausdrücklich gedankt. Damit steht dem Wirtschaftler eine umfassende und detaillierte Entscheidungshilfe zur Verfügung. Sie wird mit dazu beitragen, die wirtschaftliche Pflege und Nutzung der Wälder auch in Zukunft sicher zu stellen.

Dietrich Fischer

Ministerialrat

Leiter des Referates Waldarbeiter, Forsttechnik, Walderschließung am Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Grundlagen.....</b>	<b>2</b>
2.1 Material und Methode .....	2
2.2 Begriffe und Abkürzungen.....	3
<b>3. Arbeitsverfahren für Fällen und Aufarbeiten .....</b>	<b>4</b>
3.1 Motormanuelle Verfahren.....	4
3.2 Mechanisierte Verfahren: Harvester.....	7
<b>4. Bringungsverfahren im Gebirge .....</b>	<b>19</b>
4.1 Freies Treiben .....	19
4.2 Kunststoffloiten.....	22
4.3 Schlepperbringung.....	25
4.4 Forwarder .....	29
4.5 Seilbringung .....	34
4.6 Hubschrauberbringung .....	45
<b>5. Verfahrenskombinationen .....</b>	<b>49</b>
5.1 Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Rücken mit Forstschlepper auf Maschinenwegen.....	49
5.2 Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Bringung mit Seilkran, Verziehen mit Forstschlepper .....	50
5.3 Motormanuelle Fällung in Kombination mit Seilkranbringung (Vollbäume) und Aufarbeitung mit Harvester oder Prozessor .....	52
5.4 Gebirgharvester .....	54
5.5 Raupenharvester mit anschließender Seilkranbringung .....	58
5.6 Motormanuelle Fällung, Hubschrauberbringung, Aufarbeitung mit Harvester oder Prozessor .....	61
<b>6. Übersicht und Bewertung der Bereitstellungsverfahren.....</b>	<b>63</b>
<b>7. Zusammenfassung .....</b>	<b>65</b>
<b>8. Summary .....</b>	<b>67</b>
<b>9. Literatur .....</b>	<b>69</b>
<b>10. Sonstiges .....</b>	<b>75</b>
10.1 Tabellenverzeichnis .....	75
10.2 Abbildungsverzeichnis .....	76
10.3 Abkürzungsverzeichnis.....	77

## **1. Einleitung**

Holzernte im Gebirge oder in den Steillagen der Mittelgebirge findet unter erschwerten Bedingungen statt. Die Hangneigung, spezielle Geländebeziehungen wie Blocküberlagerung oder Quellhorizonte sind besondere Herausforderungen für die Holzerntetechnik. Eine oft geringe Erschließungsdichte sowie die Sensibilität hinsichtlich Natur- und Landschaftsschutz stellen zusätzliche Anforderungen an die Waldbesitzer. Auf Grund der besonderen Verhältnisse ergeben sich oftmals Probleme bei der Arbeitssicherheit. Nur mit großem Arbeitsaufwand und aufwändiger Technik können die Bestände gepflegt und das Holz genutzt werden.

Als Folge ergeben sich erhöhte Bereitstellungskosten für das Holz. Nur selten gleichen ausgesuchte Holzqualitäten diese Mehrkosten aus. Positive Deckungsbeiträge sind erst bei stärkeren Durchmessern als im Flachland möglich. Steigende Kosten für Löhne und Maschinen stehen stagnierenden Holzpreisen gegenüber und verschärfen die Situation zusätzlich.

Aktuelle Entwicklungen eröffnen auch für die Holzernte in den Steillagen vielversprechende Perspektiven. Zu den bewährten Techniken kommen Neuerungen auf dem Maschinensektor und innovative Verfahrenskombinationen. Die Harvestertechnik wird den besonderen Bedürfnissen im Gebirge laufend angepasst und mit bewährten Verfahren kombiniert.

Die vorliegende Arbeit gibt einen konzentrierten Überblick über die gängigsten Arbeitsverfahren und Maschinen für die Holzernte im Gebirge. Es wurde versucht, aus der Literatur Anhaltswerte für Leistung und Kosten der einzelnen Verfahren abzuleiten. Gerade im Gebirge beeinflussen jedoch eine Vielzahl von Rahmenbedingungen das Arbeitsergebnis. Eine Verallgemeinerung der genannten Werte ist daher nicht möglich. Jeder einzelne Entscheidungsfall erfordert eine kritische Prüfung der speziellen Hiebsbedingungen. Der forstlichen Praxis soll eine Entscheidungshilfe für die Wahl eines geeigneten Holzernteverfahrens an die Hand gegeben werden. Im Laufe der Arbeit wurde jedoch auch klar, dass in vielen Bereichen noch Forschungsbedarf besteht. Sowohl zu den bekannten Verfahren, insbesondere aber zu innovativen Techniken liegen vielfach noch keine ausreichenden Kenndaten vor.

Kapitel 6 soll dem eiligen Leser eine komprimierte Übersicht und Beurteilung der wichtigsten Kombinationen aus Holzernte- und Bringungsverfahren zur Orientierung geben und eine rasche Vorauswahl ermöglichen.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Material und Methode

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis einer intensiven Literaturstudie. Sie basiert auf der Auswertung von Fachartikeln, wissenschaftlichen Arbeiten, Exkursionsführern, Merkblättern sowie technischen Unterlagen von Herstellern. Besonderer Dank gilt dem Seilstützpunkt Laubau für das umfangreiche Zahlenmaterial aus Seilkraneinsätzen der Jahre 1992 - 2000.

Es war nicht beabsichtigt, alle in der Praxis vorkommenden Verfahren und ihre Varianten zu beschreiben. Die Auswahl sollte sich vielmehr auf Standardverfahren und ausgesuchte Verfahrenskombinationen, die die aktuelle Entwicklung für die Holzernte im Gebirge aufzeigen, beschränken.

Alle Verfahren werden hinsichtlich der folgenden Aspekte beschrieben:

- Einsatzbereich
- Maschinen und Geräte
- Verfahrensablauf
- Leistung und Kosten
- Pflughaltung
- Ergonomie und Arbeitssicherheit
- Abschließende Beurteilung

Die Darstellung beschränkt sich auf das jeweilige Arbeitsverfahren oder charakteristische Abläufe. Abweichungen von den Verfahrensbeschreibungen oder von der Maschinenausstattung kommen in der Praxis häufig vor. Dies kann zu Änderungen in der Leistung, Ergonomie und Pflughaltung führen. Für detailliertere Informationen zu einzelnen Verfahren wird auf die einschlägige Spezialliteratur verwiesen.

Das für den Bericht verwendete Material, insbesondere zu Leistungs- und Kostenansätzen, ist sehr heterogen. Deshalb stellen die Kennzahlen nur Rahmenwerte und Tendenzen dar. Zum Teil handelt es sich um Arbeitsstudien unter speziellen Einsatzbedingungen, die sich nicht verallgemeinern lassen. Langfristige Zeitstudien liegen nur für Verfahren vor, die bereits seit längerem in die Praxis eingeführt sind.

Soweit möglich, werden für jedes Verfahren Leistung und Kosten genannt. Bei der Berechnung von Kosten sind stets die Kalkulationsgrundlagen angegeben. Dies eröffnet die Möglichkeit, Leistungswerte und Kostensätze den eigenen Verhältnissen entsprechend zu modifizieren und individuell zu berechnen.

## 2.2 Begriffe und Abkürzungen

Mit dem Begriff *Gebirge* verbindet sich in der Regel die Vorstellung von Hochgebirge. Geeignete Holzernte- und Bringungsverfahren sind jedoch nicht ausschließlich in diesen Regionen anzuwenden. Auch in Mittelgebirgen ist vielfach der Einsatz alpiner Erntetechnik erforderlich.

Es erscheint daher sinnvoll, den Begriff *Gebirge* zu präzisieren. Das *Kriterium Befahrbarkeit des Geländes* entscheidet in diesem Bericht über die Trennung in Gebirge und Flachland. Hangneigungen über 35 bis 40 % gelten allgemein mit den im Flachland bekannten Maschinen als nicht mehr zu befahren. Eingeschränkte Befahrbarkeit gilt auch auf Weichböden und in Bereichen mit deutlich schwächerer Neigung, jedoch mit starker Blocküberlagerung. Die Begriffe *Gebirge*, *Steilhang*, *nicht befahrbare Lagen* und *stark geneigte Hänge* werden in diesem Zusammenhang synonym verwendet.



*Abb. 1: Blocküberlagerung (Photo: LWF)*

Als *Harvester* werden Kran-Vollernter sowohl auf Rad- als auch auf Raupenfahrgestellen bezeichnet. Für *Tragrückeschlepper* wird das Synonym *Forwarder* verwendet. Die Holzmasse wird in *Erntefestmeter ohne Rinde* (Efm o.R.) angegeben. GAZ bezeichnet die *Gesamtarbeitszeit*. Sie umfasst die *Reine Arbeitszeit* (RAZ) und die *Allgemeinen Zeiten* (AZ). *Maschinenarbeitsstunden* sind mit MAS abgekürzt. Sämtliche Kostenwerte sind in *Euro* (€) angegeben (Umrechnungsfaktor zur DM = 1,95583). Die Übernahme von Angaben aus Fremdwährungen (Österreichische Schillinge, ATS und Schweizer Franken, Fr) verursacht geringfügige, rundungsbedingte Abweichungen.

Seit 01.01.2001 ist der Seilstützpunkt Laubau ein Teil des Maschinenbetriebes Schönau. Die Quellenangaben beziehen sich aber noch auf den vormals eigenständigen, dem Forstamt Ruhpolding zugeordneten Seilstützpunkt.



### 3. Arbeitsverfahren für Fällen und Aufarbeiten

#### 3.1 Motormanuelle Verfahren

##### Einsatzbereich

In den nicht befahrbaren Lagen sind motormanuelle Verfahren für Fällen und Aufarbeiten bislang weiter verbreitet als im Flachland. Dem Einsatz von Harvestern stehen die oft kleinen Hiebsflächen und die schwierigen Geländebedingungen entgegen.

Motormanuelle Holzernteverfahren lassen sich universell anwenden. Vollbäume oder Sortenstücke werden im gelösten oder kombinierten Verfahren bereitgestellt. Im Staatswald des bayerischen Hochgebirges gilt der Tarifvertrag für Holzernarbeiten im Hochgebirge (HGT 94), außerhalb des Hochgebirges der Erweiterte Sortentarif (EST 1979). Seit 2002 wird der sogenannte Monatslohn mit Leistungszulage (MoLz) erprobt. Ähnliche Tarifsysteme benutzen Österreich und die Schweiz. Der EST ist bereits hinreichend bekannt und beschrieben. Im folgenden wird deshalb nur der HGT 94 mit seinen Besonderheiten kurz vorgestellt.



*Abb. 2: Waldarbeiter mit Ausrüstung für Starkholz (Photo: LWF)*

## Verfahrensablauf

Im Hochgebirgstarif 1994 sind das Arbeitsverfahren sowie die Anforderungen an die Ausführungen der Holzerntearbeiten festgelegt. Grob umrissen umfasst das Arbeitsverfahren folgende Schritte:

- Baum aufsuchen und Fällung vorbereiten,
- fällen und zufallbringen,
- oberseits entasten bei gleichzeitiger Längenvermessung und zopfen,
- wenden,
- fertig entasten.

Die Anforderungen an die Ausführungen der Holzerntearbeiten geben genaue Hinweise zur Qualität der Aufarbeitung. Bei Verlohnungen außerhalb des Tarifs, zum Beispiel bei kombinierten Verfahren, sind Abweichungen vom tariflich fixierten Arbeitsverfahren möglich.

Das Arbeitsverfahren im HGT 94 unterscheidet sich nicht wesentlich vom EST-Standardarbeitsverfahren. Allerdings kommt der zusätzlichen Teilarbeit *Spranzen* im Gebirge eine besondere Bedeutung zu. Dabei werden die Außenkanten der Stirnflächen abgerundet, um die Bringung zu erleichtern und Rückeschäden zu vermindern. Vor allem das früher übliche freie Treiben oder die Bringung mit Loiten erforderte das Spranzen. Bei der Seilkranbringung werden die Stämme auch heute häufig gespranzt.

Öfter als im Flachland wird im Gebirge manuell entindet. Der HGT 94 enthält auch diese Teilarbeit.

## Leistung und Kosten

Gegenüber dem vorher gültigen Tarif besitzt der HGT 94 einige wichtige Neuerungen [OHRNER und WEIXLER 1993]:

- er ist ein Sortentarif, der Vorläufer-HGT war ein Mittelstammtarif;
- er ist ein Zuschlagstarif, bestehend aus Grundzeiten und prozentualen Zuschlägen;
- als Bezugsbasis für die Zeiten dient die Durchschnittsleistung;
- die Grundzeiten des HGT 94 enthalten Allgemeine Zeiten;
- diese Neuerungen erleichtern die Tarifpflege.

Wichtigste Eingangsgröße des HGT 94 ist die Sorte. Zuschläge werden vergeben für Hangneigung, Bewuchs, Formigkeit und Astigkeit sowie für besondere Hiebsmerkmale und zusätzliche Teilarbeiten. Die starke Streuung der Hiebsmerkmale führt zu einer großen Spreitung von Leistung und Kosten. Die durchschnittliche Leistung im HGT-Anwendungsbereich innerhalb des bayerischen Staatswaldes betrug für das Jahr 1999 1,5 Fm/h. Die Gesamtkosten für die motormanuelle Aufarbeitung pro Fm beliefen sich auf 24,46 €/Fm. Sie setzen sich aus 10,25 € reine Lohnkosten, 1,64 € für Motorsägen- und Werkzeugenschädigung sowie 12,57 € Lohnnebenkosten, jeweils pro Fm, zusammen [BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG 2000]. Eine Analyse der Hiebe aus den Jahren 1997 bis 1999 ergab für die Baumart Fichte folgende nach dem mittleren Mittendurchmesser gestaffelte, durchschnittliche Leistungen für den bayerischen Staatswald:

**Tab. 1:** Durchschnittliche Leistung bei motormanueller Holzernte im Staatswald des bayerischen Hochgebirges

Mittlerer Mittendurchmesser (cm)	Leistung in Fm/h
10	0,28
15	0,70
20	1,12
25	1,53
30	1,95

### **Pfleglichkeit**

Die Auswirkungen motormanueller Verfahren auf Boden und Bestand sind bekannt. Bodenschäden im Zuge der Fällung und Aufarbeitung treten nur in geringem Umfang und oberflächlich auf, Schäden am Bestand wesentlich häufiger. Die Literaturangaben über das im Anhalt an MENG [1978] ermittelte Schadprozent schwanken für das EST-Standardarbeitsverfahren stark zwischen Werten von 3,4 bis 26 [RAAB 1999]. Darin sind durch Vorliefern entstandene Schäden enthalten. Es ist davon auszugehen, dass die motormanuelle Holzernte im Gebirge höhere Schäden am Bestand verursacht als im Flachland. Bereits die Fällung erfordert wegen der meist einseitigen Beastung der Bäume hohe Sorgfalt. Zudem geraten die Stämme am Steilhang leicht ins Rutschen. Das Anschlagen an verbleibende Bäume führt zu Schäden an der Rinde und in den äußeren Holzschichten.

### **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Motormanuelle Arbeit ist körperlich schwer. Sie beansprucht die Arbeiter in Steillagen deutlich mehr als im Flachland. Allein der Transport des Werkzeugs am Hang strengt bereits an. Mit zunehmender Steilheit des Geländes steigt die Beanspruchung der Arbeiter. Erschwerend kommt der vergleichsweise hohe Anteil der Handentrindung im Gebirge hinzu. Bei dieser Teilarbeit wird häufig die individuelle Leistungsgrenze überschritten [OHRNER und WEIXLER 1993].

Die Unfallgefahr ist im Gebirge deutlich höher als im Flachland. Im schwierigen Gelände verletzen sich die Arbeiter häufig. Fehlende Mobilfunknetzabdeckung, topographisch schwieriges Gelände und weite Entfernungen verhindern oft ein schnelles Ablaufen der Rettungskette.

### **Abschließende Beurteilung**

*Die motormanuelle Holzernte in Steillagen ist ein kostenintensives Verfahren. Sie ist mit hoher körperlicher Belastung sowie großer Unfallgefahr verbunden. Hauptvorteil des Verfahrens ist die rasche und flexible Einsatzmöglichkeit in unterschiedlichem Gelände. Es ist unkompliziert und erfordert einen geringen Organisationsaufwand. Die motormanuelle Holzernte wird auch künftig für alle Waldbesitzerarten in den nicht befahrbaren Lagen von großer Bedeutung sein.*

## 3.2 Mechanisierte Verfahren: Harvester

### Einsatzbereich

Harvester werden seit Ende der achtziger Jahre auch in Mitteleuropa verstärkt für die Holzernte eingesetzt. Arbeitsschwerpunkt der Harvester ist das Durchforsten von Nadelholzbeständen, zunehmend auch von Laubholzbeständen. Je nach verwendetem Aggregat und eingesetzter Maschine kann auch Starkholz geerntet werden. Bei schwachem, wipfelschäftigem Laubholz kann annähernd eine gleich hohe Leistung wie im Nadelholz erreicht werden. Starke Äste, Steiläste und Zwiesel sowie das hohe spezifische Gewicht bereiten insbesondere bei stärkerem Laubholz Probleme in der Aufarbeitung.

Der Einsatz von Radharvestern beschränkt sich auf befahrbare Lagen mit einer Neigung bis zu 35 %. FEHRLE [1999] gibt zwar 45 %, SAUTER et al. [1998] sogar 50 (60) % für günstige Witterungs- und geologische Bedingungen als Obergrenze an. Solche Einsätze gehen jedoch zu Lasten der Arbeitssicherheit und sollten sich auf Ausnahmen beschränken. Radharvester sind bei Hangneigungen über 35 % mit Ketten oder Bogiebändern auszurüsten.

Von besonderer Bedeutung beim Einsatz von Harvestern ist die Querneigung des Hangs. Sie sollte nicht mehr als 5 % betragen, um ein Umkippen der Maschine zu vermeiden. Die Fahrlinie bzw. Rückegasse muss deshalb stets in Falllinie liegen, falls dies das Gelände zulässt.

Raupenharvester verfügen über ein deutlich besseres Steigvermögen als Radharvester. Sie bewältigen Hangneigungen bis 60 [DÜRRSTEIN et al. 2000] bzw. 65 %. Auf kurze Distanz werden Wegeböschungen mit 100 % Hangneigung bergauf befahren [SCHÖTTLE et al. 1997 a]. Voraussetzung ist ein stabiler, trockener Untergrund.

Mitte der neunziger Jahre kam der Einsatz von Schreitharvestern im stark geneigten oder schwierigen Gelände ins Gespräch. Auch diese Maschinen überwinden Steigungen bis 60 % [LACKNER 1999 b] und eignen sich für den Einsatz im Gebirge. Sie befinden sich noch in der Erprobungsphase.

### Maschinen

Radharvester sind mit Vier-, Sechs- oder Achtrad-Fahrgestellen sowie mit Teleskop- oder Parallelkran auf dem Markt. Die Kranreichweite beträgt bei den meisten Modellen etwa 10 m.

Einige Fahrzeuge sind mit spezieller Ausrüstung wie „Pendo-Kabinen“ oder niveaureguliertem Fahrwerk ausgerüstet (Tilt). Beide Einrichtungen erlauben dem Fahrer auch am Hang eine aufrechte Sitzposition. Zusätzlich lässt sich mit der hydraulischen Niveauregulierung unebenes Gelände befahren. Sogar Hangquerfahrten sind möglich. Das KWF [1996] gibt für den Harvester *Skogsjan 687 XL* die Grenze für Hangquerfahrten mit bis zu 24 % an.



*Abb. 3: Radharvester mit niveauregulierbarem Fahrwerk (Photo: LWF)*

Eine Einteilung der Harvester ergibt sich aus deren Größe bzw. Leistungsfähigkeit. Üblicherweise wird zwischen einer kleinen, mittleren und großen Maschinenklasse unterschieden. Die folgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über einige technische Kennwerte nach diesem Einteilungsschema.

*Tab. 2: Einteilung von Harvestern nach Leistungsfähigkeit bzw. Größe [KOOPERATIONSABKOMMEN FORST-PLATTE-PAPIER 1998; verändert]*

	<b>Größe</b>	<b>Kleine Harvester</b>	<b>Mittlere Harvester</b>	<b>Große Harvester</b>
<b>Gewicht</b>	t	4 - 8	9 - 13	13 - 15 (18)
<b>Breite</b>	cm	160 - 220	240 - 280	260 - 290
<b>Kranreichweite</b>	m	6,0	8,5 - 10,0	10,0 - 11,0 (15,0)
<b>Stückmassbereich</b>	fm/Baum	bis 0,12	bis 0,25	ab 0,20
<b>max. zu bearbeitender Durchmesser</b>	cm	20	35	55
<b>Leistung</b>	fm/Betriebsstunde	3 - 5	4 - 8	5 - 15
<b>Jahreskapazität</b>	fm/Jahr	7.000	12.000	18.000

Die Prüfgrundlagen des KWF [2001] differenzieren Kranvollernter nach ihrer Motorleistung in drei Klassen:

Klasse 1: bis 70 kW,

Klasse 2: 70 bis 140 kW,

Klasse 3: über 140 kW.

Diese Einteilung gilt auch für die nachfolgend beschriebene Raupenharvestergruppe.

Raupenharvester werden meist auf Grundfahrzeuge aus der Serienfertigung (Bauwirtschaft) als Kurzheckbagger aufgebaut und den Anforderungen für die Arbeit in der Holzernte entsprechend modifiziert. Aber auch eigens für den Forsteinsatz konstruierte Fahrzeuge sind auf dem Markt (z. B. *TIMBCO*). Einige Modelle sind mit tiltbarem Oberwagen versehen und eignen sich somit bestens für den Einsatz in stark geneigtem Gelände.

Raupenharvester können grundsätzlich in zwei Gruppen unterteilt werden. Auf der Basis von Kleinbaggern aus der Serienfertigung existieren Maschinen für schwache bis mittelstarke Durchforstungen. Die Kranreichweiten dieser Harvester betragen bis zu 9 m. Die Fahrzeuge sind mit Gewichten bis ca. 12,5 Tonnen relativ leicht und können auf Grund ihrer schmalen Bauweise problemlos Rückegassen mit einer Breite von 3,5 bis 4 m befahren.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen *Neuson 11002 HV* und *Impex Königstiger* als Beispiele für leichte und (mittel)schwere Maschinen.



**Abb. 4:** Raupenharvester *Neuson 11002 HV*  
(Photo: LWF)



**Abb. 5:** Raupenharvester *Impex „Königstiger“*  
(Photo: LWF)

Die österreichische Firma MHT rüstet ihren Raupenharvester „Robin“ auf Wunsch mit einer vollautomatischen Seilwinde aus. Der Harvester bewältigt mit Hilfe des bergauf verankerten Seils Neigungen bis 100 %. Die Winde läuft synchron zur Fahrgeschwindigkeit und hält das Windenseil immer auf Spannung.

Für Durchforstungen im stärkeren Bereich und die Starkholzernte werden deutlich größere Raupenharvester verwendet. Als Trägerfahrzeug dient ein Großbagger. Diese Maschinen verfügen über Kranausleger bis 15 m. Sie wiegen bis zu 28 Tonnen und benötigen Rückegassenbreiten von mindestens 4 m. Eine österreichische Neuentwicklung auf dem Gebiet der Raupenharvester ist der *Valmet 911 „Snake“*. Basisfahrzeug ist ein Vierradharvester mit nivellierbarer Kabine. Voneinander unabhängige Raupenfahrwerke ersetzen dessen Räder. Dieses Fahrzeug soll einen besseren Bodenkontakt und damit eine bessere Stabilität und Steigfähigkeit als herkömmliche Raupenharvester besitzen. In ersten Berichten wird die Steigfähigkeit mit bis zu 70 %, auf kurzen Abschnitten bis zu 80 %, angegeben. Die Vorteile dieser Maschine bestehen in besseren Einsatzmöglichkeiten in kuppertem Gelände und effektiverer Bodenschonung. Die Leistungsfähigkeit der Maschine soll mit der bekannter Harvestertypen vergleichbar sein [SPRENGER 2001; STAMPFER et al. 2001]. Die Maschine wird derzeit in Österreich und Bayern ausführlicheren Studien unterzogen.



**Abb. 6:** Raupenharvester Valmet 911 „Snake“ (Photo: LWF)



*Abb. 7: Harvester auf Basis eines „Kaiser“- Schreitbaggers (Photo: LWF)*

Seit 1999 existiert in der Sparte der Schreitharvester eine Neuentwicklung. Während es um den „sechsbeinigen“ Prototyp der Firma Plustech aus der Mitte der neunziger Jahre ruhiger geworden ist, werden jetzt Vollernter auf der Basis von Schreitbaggern erprobt. Neben vier Rädern verfügen diese Maschinen über Knickfüße zum Abstützen. Zum Schreiten stützt sich der Schreitbagger mit dem Kranausleger ab. Namentlich handelt es sich dabei um den Harvester „Menzi Muck“ und um den „Bergbiber“ auf Basis eines „Kaiser“- Schreitbaggers. Der *Bergbiber* besitzt einen Spezialkran (11,5 m) mit zwei Wipparmen. Der oben liegende Arm trägt das Harvesteraggregat, der untere nimmt einen Baggerlöffel auf. Damit kann schnell zwischen Schreit- bzw. Grab- und Harvesterarbeit gewechselt werden [PRÖLL 1999 d]. Der *Bergbiber* ist zur Zeit Gegenstand einer Studie der Österreichischen Bundesforste AG und des Instituts für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen der Universität für Bodenkultur Wien [STAMPFER 2000].

Radharvester können Gelände mit Blocküberlagerung leichter bewältigen als Raupenharvester. Auch ist das Umsetzen der Maschine kostengünstiger, da Radharvester auf Forststraßen eine höhere Geschwindigkeit erreichen. In der Regel ist ein Befahren öffentlicher Straßen zulässig. Raupenharvester erfordern bereits bei relativ kurzen Distanzen ein Umsetzen mit dem Tieflader. Kleine Hiebsflächen, die häufiges Umsetzen erfordern, wirken sich ungünstig aus. Raupenharvester sind dafür in steilen Lagen und auf Weichböden den Radharvestern überlegen.

Der Gebirgharvester, eine Kombination aus Seilanlage und Prozessor, wird in Kapitel 5.4 eingehend behandelt.



Die Aufarbeitungsaggregate eignen sich für Nadel- und Laubholz grundsätzlich gleichermaßen. Durchmesser bis 60 cm sind mit größeren Aggregaten bereits problemlos aufzuarbeiten. In Durchforstungen mit überwiegendem Anteil von glattrindigen Laubhölzern empfiehlt sich die Verwendung von Stachelwalzen als Vorschubeinheit. Sie bewirken zwar Verletzungen der Holzoberfläche, im Gegenzug leisten sie aber einen besseren Vorschub. Im Laubholz ist es von Vorteil, wenn das Aggregat kurz gebaut ist und weniger Entastungsmesser besitzt.

### **Verfahrensablauf**

Bei Rückegassenabständen bis zur doppelten Kranreichweite kann der Harvester prinzipiell die gesamte Bestandsfläche aufarbeiten. In nicht erschlossenen Beständen übernimmt der Harvester auch die Anlage der Rückegassen. Die Maschine soll sich ausschließlich auf der Rückegasse bewegen.

Die gefällten Bäume werden bei Kurzholzaushaltung quer zur Fahrtrichtung aufgearbeitet, die Sortenstücke seitlich an der Rückegasse in Rauhbeigen abgelegt. Langholz wird schräg oder längs zur Gasse aufgearbeitet und, wenn möglich, vorsortiert abgelegt, um die nachfolgende Rückung zu erleichtern. Die Äste der aufgearbeiteten Bäume werden gezielt auf der Rückegasse abgelegt und bilden eine Reismatratze vor dem Fahrzeug zur Armierung des Bodens.

Bei größeren Rückegassenabständen wird der Bestand außerhalb der Kranzonen mit einem anderen Verfahren durchforstet. Die (gezopften) Vollbäume müssen zur Aufarbeitung in Kranreichweite gebracht werden. Bei der motormanuellen Zuarbeit fällen die Waldarbeiter vor dem Harvestereinsatz die Bäume außerhalb der Kranzonen in Richtung Rückegasse. Der Harvester kann so die zugefällten Bäume mit dem Kran erreichen und aufarbeiten.

### **Leistung und Kosten**

Die Leistung der Harvester hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab. Die wichtigsten sind Stückmasse bzw. BHD der aufgearbeiteten Stämme, Geländeausprägung, Bestandsstruktur, Eingriffsstärke, Vorbereitung des Einsatzes, Maschinentchnik und nicht zuletzt die Qualifikation der Fahrer. In der Literatur werden Leistungs- und Kostenwerte vor allem in Abhängigkeit von der Stückmasse bzw. dem BHD der aufgearbeiteten Bäume dargestellt. Da Harvester überwiegend im Nadelholz arbeiten, beziehen sich auch die meisten Leistungszahlen auf Nadelholzbestände in reiner Form oder mit nur geringen Laubholzanteilen. Da pauschale Kosten- und Leistungswerte für Harvestereinsätze nicht genannt werden können, werden beispielhaft Ergebnisse einiger Studien dargestellt. Für die Kalkulation von individuellen Kosten- und Leistungswerten sind die speziellen Bedingungen sowie die Kenndaten der eingesetzten Maschinen zu berücksichtigen. Die Erntekosten bei der Aufarbeitung mit Harvestern setzen sich aus den Maschinenkosten sowie den Lohn- und Lohnnebenkosten für die erforderlichen Maschinenführer und Waldarbeiter zusammen. Gegebenenfalls sind die Umsetzkosten für die Maschine in Anschlag zu bringen. Nach einer Arbeit von SAUTER et al. [1995] bleibt die Art der Aushaltung ohne wesentliche Auswirkung auf die Leistung. Bei vergleichender Aufarbeitung von Lang- und Kurzholz wurden keine relevanten Unterschiede festgestellt.

*Radharvester*

Radharvester wurden eingehend hinsichtlich Leistung und Kosten im befahrbaren Gelände geprüft. Die veröffentlichten Leistungszahlen beschränken sich aber schwerpunktmäßig auf typische Durchforstungsbestände mit ausscheidendem BHD bis 20 cm.

Über den Einsatz von Radharvestern in Steillagen liegen nur vereinzelt veröffentlichte Ergebnisse vor. Bei SAUTER et al. [1998] finden sich Leistungszahlen für einen Harvestereinsatz in einem Fichtenreinbestand. Die Hangneigung im Versuch betrug 25 bis 60 %. Die Maschinenkosten werden im Anhalt an das KWF [1996] mit 117,60 €/MAS angesetzt. Diese beinhalten 85,90 € Maschinenkosten, 28,63 € für Lohn- und Lohnnebenkosten sowie 3,07 € für das Umsetzen, jeweils pro MAS.

**Tab. 3:** Leistung und Kosten eines Radharvesters in einem Fichtenbestand in stark geneigtem Gelände [nach SAUTER et al. 1998]

Hangneigung [%]	Mittlerer BHD [cm]	Mittleres Stammvolumen [Efm o.R.]	Leistung [Efm o.R./MAS RAZ]	Leistung [Efm o.R./MAS GAZ <sup>1)</sup> ]	Kosten [€/Efm o.R.]
25 - 40	19,4	0,24	12,3	9,5	12,38
41 - 60	19,1	0,23	12,5	9,6	12,25
24 - 60	19,2	0,24	12,4	9,5	12,38

<sup>1)</sup>einschließlich 30 % Allgemeine Zeiten

Die Verfasser setzen im Gegensatz zu den bei Maschineneinsätzen üblichen 20 % die Allgemeinen Zeiten mit 30 % an. Sie begründen dies mit den höheren Belastungen und damit höheren Risiken an der Maschine bei Einsätzen am Hang. Das KWF [1996] gibt die Leistung von Radharvestern in befahrbaren Lagen bei einem ausscheidenden BHD von 18 cm mit 9,2 Efm o.R./ MAS GAZ an. Die Leistung von Radharvestern nimmt also bei Hangneigungen bis 60 % nicht ab. PRÖLL [1999 b] berichtet ebenfalls von problemlosen Harvestereinsätzen bei Neigungen bis 46 %.

Das KWF ermittelte aus zahlreichen Leistungsnachweisen von bundesweiten Harvestereinsätzen Leistungs- und Kostenwerte [MORAT et al. 1998]. In der nachstehenden Tabelle werden die Werte nach Harvestern der unteren (< 70 kW), der mittleren (70 - 140 kW) sowie der oberen (> 140 kW) Leistungsklasse aufgliedert. Die Systemkosten gehen mit 117,60 €/ MAS ein.

**Tab. 4:** Leistung und Kosten von Radharvestern in der Durchforstung von Nadelholzbeständen in befahrbaren Lagen [MORAT et al.1998; verändert]

Harvester Leistungs-Klasse	Einflussgrößen		Unterer Rahmenwert		Durchschnittswert		Oberer Rahmenwert	
	Mittlere Stückmasse/Baum (Efm o.R.)	Mittlere Sortenzahl/Hieb	Leistung (Efm/h)	Kosten (€/Efm)	Leistung (Efm/h)	Kosten (€/Efm)	Leistung (Efm/h)	Kosten (€/Efm)
<b>Untere</b>	0,09	1,8	2,2	53,46	4,2	28,00	6,1	19,28
<b>Mittlere</b>	0,15	2,6	4,1	28,68	7,2	16,33	10,3	11,42
<b>Obere</b>	0,23	4,0	7,6	15,47	11,3	10,40	14,9	7,89
<b>Gesamt</b>	0,15	2,5	3,9	30,15	7,2	16,33	10,4	11,31

Die mittleren Stückmassen der Tabelle entsprechen etwa folgenden BHD:

Mittlere Stückmasse/Baum	Mittlerer BHD
0,09 Efm o.R.	ca. 13 – 14 cm
0,15 Efm o.R.	ca. 16 – 17 cm
0,23 Efm o.R.	ca. 20 cm

Die wenigen Arbeiten, die sich mit Leistung und Kosten von Radharvestern im Laubholz befassen, beschränken sich auf Buchenbestände im Flachland [GUGLHÖR 1994; KWF 1996]. Wegen der hohen Anfälligkeit von Laubholz für Rindenverletzungen in der Saftzeit sollten Durchforstungen nur im Winterhalbjahr erfolgen. Das hohe Stammgewicht und vor allem die Kronenausformung des Laubholzes erschweren die Arbeit des Harvesters. Starke Äste, Steiläste, Zwiesel und ausladende Kronen verursachen insbesondere bei Buche einen erhöhten Zeitbedarf von etwa 30 % bei der Aufarbeitung [GUGLHÖR 1994]. Das KWF [1996] nennt Leistung und Kosten für die Durchforstung eines Buchenbestandes bei Rückegassenabständen von 20 bis 30 m. Bäume außerhalb der Kranreichweite wurden motormanuell zugefällt. Der Harvester entastete vom Wipfel her, um anschließend vom Stammfuß aus zu vermessen und abzulängen. Die Systemkosten kalkuliert das KWF [1996] mit 125,78 €/MAS. Darin sind 85,90 € für die Maschine, 36,30 € Löhne und Lohnnebenkosten (bei 1,5 Lohnstunden/ MAS und Schichtbetrieb) sowie 3,58 € für Umsetzen enthalten. Die erzielten Leistungen und Kosten bewegen sich im Gegensatz zu den Beobachtungen GUGLHÖRS auf ähnlichem Niveau wie bei der Durchforstung von Nadelholzbeständen.

**Tab. 5:** Leistung und Kosten von Radharvestern in der Durchforstung von Buchenbeständen in befahrbaren Lagen [KWF 1996]

BHD [cm]	12	15	18	21	24
Fm o.R./Baum	0,10	0,17	0,26	0,35	0,40
Leistung (Efm o.R./h)	5,2	7,2	9,0	10,2	11,5
Kosten (€/Efm o.R.)	24,19	17,47	13,97	12,33	10,94

### Raupenharvester

Raupenharvester sind Gegenstand eigener Studien. Sowohl Maschinen auf der Basis von Kleinbaggern als auch schwere Raupenharvester wurden im steilen Gelände intensiv beobachtet.

WEIXLER et al. [1999 a] erhoben Daten für den auf einem Kleinbagger aufgebrachten Raupenharvester *Neuson 11002 HV* in einem Fichten - Kiefern - Mischbestand bei Hangneigungen von 28 - 54 (39) %. Diese Maschine besitzt einen nivellierbaren Oberwagen und zusätzlich einen schwenkbaren Kran mit 9,1 m Reichweite. Im Versuchseinsatz wurden Standardlängen und Industrieholz ausgehalten. Die Maschinenkosten kalkulierten die Verfasser mit 97,15 € pro MAS.

**Tab. 6:** Leistung und Kosten des Raupenharvesters Neuson 11002 HV am Hang [aus: WEIXLER et al. 1999 a]

BHD (cm)	Stückmasse (Fm o. R.)	Fichte (bergauf)		Fichte (bergab)	
		Leistung (Fm/h)	Kosten (€/Fm)	Leistung (Fm/h)	Kosten (€/Fm)
8	0,014	1,6	60,89	1,4	67,49
10	0,028	2,5	38,14	2,2	43,26
12	0,051	4,1	23,72	3,5	27,25
14	0,083	6,2	15,70	5,3	18,15
16	0,124	8,8	11,10	7,5	12,83
18	0,175	11,7	8,28	10,0	9,56
20	0,234	15,0	6,49	12,8	7,41
22	0,303	18,4	5,27	15,9	6,03
24	0,380	21,8	4,45	19,0	5,01

Im Vergleich zu den Radharvestern liegt die Leistung dieses Raupenharvesters höher. Die Leistung bei der Variante „Aufarbeitung bergauf“ unterscheidet sich laut WEIXLER et al. [1999 a] nicht von den Werten in der Ebene. Bergab dagegen sinkt die Leistung um 10 %. Diese Arbeitsrichtung verlagert den Schwerpunkt der Maschine hangabwärts. Die Fahrzeugbewegungen müssen vorsichtiger gesteuert werden, um den Harvester nicht zu labilisieren.

Die Autoren der Studie leiteten aus den Versuchsergebnissen eine Formel ab. Mit ihr kann die maximale Wegstrecke berechnet werden, bis zu der sich die Umfahrung des Bestandes lohnt, um die höhere Leistung bei Bergauffahrt auszunutzen.

In stärkeren Fichtenbeständen testete die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) den Raupenharvester *Impex 1650 T* „Königstiger“. Basisfahrzeug ist ein Atlas Raupenbagger 1604 HD mit tiltbarem Oberwagen. Seine Kranreichweite beträgt 14,6 m, das Gewicht 28,5 Tonnen. Der Versuchsbestand aus Fichte befand sich in einem Hang mit 15 bis 65 %, im Mittel 35 % Hangneigung. Ein Großteil der Fläche war blocküberlagert. Nach Meinung der Verfasser lässt sich dieser Raupenharvester in stark geneigtem Gelände bis 65 % einsetzen. Ein solcher Einsatz erscheint jedoch nur bei ansonsten idealen Geländebedingungen möglich. Die FVA kalkulierte die Maschinenkosten mit 153,39 €/h. Im Versuch der FVA wurden Standardlängen und IS ausgehalten [SCHÖTTLE et al. 1997 a].

Der Raupenharvester *TIMBCO T 445-C* verfügt bei 28,3 Tonnen Gewicht ebenfalls über einen tiltbaren Oberwagen sowie über einen Kran mit 15 m Reichweite. SCHÖTTLE et al. [1999] beobachteten diesen Typ hinsichtlich Leistung und Kosten in einem laubholzdominierten, 80-jährigen Mischbestand aus 70 % Buche, 20 % Fichte und 10 % Esche/Ahorn. Die Hangneigung lag zwischen 20 und 50 %, im Mittel 35 %. Die Maschinenkosten veranschlagten die Verfasser mit 127,82 €/h. Die Leistungszahlen gelten nur für Langholzaushaltung.

Die tabellarische Gegenüberstellung von Leistung und Kosten des „Königstigers“ und des *TIMBCO T 445-C* im steilen Gelände enthält zusätzlich Vergleichswerte aus einer Studie der LWF zum „Königstiger“ in ebenem bis schwach geneigtem Gelände [WEIXLER et al. 1997].

**Tab. 7:** Leistung und Kosten von Raupenharvestern in stark geneigtem Gelände [nach SCHÖTTLE et al. 1997 b, SCHÖTTLE et al. 1999; WEIXLER et al. 1997]

BHD (cm)	Mittlere Stückmasse (Fm o.R.)	„Königstiger“			TIMBCO T 445-C	
		Nadelholzbestand			laubholzdominierter Bestand	
		Leistung (Fm o.R./h) Versuch LWF	Leistung (Fm o.R./h) Versuch FVA	Kosten (€/Fm o.R.) Versuch FVA <sup>1</sup>	Leistung (Fm o.R./h)	Kosten (€/Fm o.R.) <sup>2</sup>
12	0,07	-	-	-	3,8	33,75
14	0,11	-	-	-	5,3	24,03
16	0,16	-	-	-	7,1	17,90
18	0,21	-	-	-	8,5	15,08
20	0,26	-	-	-	9,7	13,29
22	0,35	11,0	10,2	15,04	11,4	11,25
24	0,40	13,3	12,8	11,98	13,3	9,71
26	0,50	15,6	16,6	9,24	15,2	8,44
28	0,60	18,1	18,9	8,11	17,4	7,41
30	0,70	20,5	19,6	7,82	-	-

1) unterstellte Maschinenkosten: 153,93 €/h

2) unterstellte Maschinenkosten: 127,82 €/h

Trotz der unterschiedlichen Hangneigungen bestehen beim „Königstiger“ keine deutlichen Leistungsunterschiede zwischen den zitierten Studien. Die Leistung des *TIMBCO T 445-C* im Laubholz ist mit der des „Königstiger“ im Nadelholz nahezu identisch. Wegen der niedriger angesetzten Maschinenkosten arbeitet er etwas günstiger auf. Auf Grund der hohen Maschinenkosten sollten schwere Raupenharvester erst in stärkeren Durchforstungen oder in der Endnutzung eingesetzt werden. Bis zum BHD von etwa 25 cm sind kleine Raupenharvester die wirtschaftlichere Lösung.

## Pfleglichkeit

Gegenüber der motormanuellen Aufarbeitung ermöglichen Harvester auch am Hang eine bestandspfleglichere Ernte. Die Pfleglichkeit bei Harvestereinsätzen hängt neben dem Können des Fahrers wesentlich von der Sortenaushaltung und den Boden- beziehungsweise den Geländebeziehungen ab. Mit Radharvestern treten bei der Aushaltung von Kurzholzsortimenten im Durchschnitt Schadprozent nach MENG [1978] am verbleibenden Bestand um 7 auf. Langholzaushaltung erreicht mittlere Schadprozent um 10. Bei schlechten Sichtverhältnissen in einer Fichten-Erstdurchforstung wurde ein Schadprozent von 12 gemessen [RAAB 1999].



**Abb. 8:** Rückegasse nach Harvestereinsatz (Photo: LWF)

WEIXLER et al. [1999 a] geben bei ihrer Studie am Raupenharvester *Neuson 11002 HV* für die Fichte ein mittleres Schadprozent nach MENG [1978] von rund 4,5 an. Dabei wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen ebener Lage und Aufarbeitung am Hang beobachtet. Tag- und Nachtschicht unterschieden sich jedoch deutlich. Die schlechteren Sichtverhältnisse bei Dunkelheit brachten trotz starker Scheinwerfer ein Schadprozent von 7 gegenüber 3 am Tag. Die zunehmende Ermüdung des Fahrers übt ebenfalls einen starken Einfluss auf die Schadhäufigkeit aus. SCHÖTTLE et al. [1997 a] nahmen bei ihrer Studie am „*Königstiger*“ ein Schadprozent nach MENG [1978] von 14,8 auf. Sie führen diesen hohen Wert auf den Einsatz in der Saftzeit, die Steilheit des Geländes sowie die starke Blocküberlagerung zurück. Insbesondere Raupenharvester beschädigen zusätzlich die Wurzeln der Gassenrandbäume. Vor allem im steilen Gelände ist der Einsatz eines gut greifenden, scharfkantigen Raupenfahrwerks erforderlich, um den Schlupf zu reduzieren. Die mehrere Zentimeter langen Stahlstollen solcher Fahrwerke verletzen flachstreichende Wurzeln oder trennen sie ab. Die starken Stege der Ketten (mehrere cm) führen zu Rinden- und Faserverletzungen oder gar zum Abreißen der Wurzeln. Für Fäuleerreger werden damit Eintrittspforten geöffnet. Drehbewegungen des gesamten Raupenfahrwerks scheren den Oberboden ab. Auf eine ausreichende Gassenbreite sowie einen kurvenfreien Verlauf der Fahrlinie ist beim Einsatz von Raupenfahrzeugen zu achten. Im Vergleich zur Ebene fällt Astmaterial bei der Aufarbeitung im Hang häufig nicht gleichmäßig an. Der Fahrer versucht von einem Standpunkt aus möglichst viele Bäume aufzuarbeiten, weil nicht jeder Standpunkt die erforderliche Stabilität aufweist. Die Armierung der Rückegasse ist nur stellenweise möglich. Auf den freien Abschnitten wirkt das volle Gewicht des Fahrzeugs auf den Boden und kann zu nachhaltigen Veränderungen des Bodengefüges führen [MATTHIES 1997].

## **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

In modernen Harvestern ist die ergonomische Belastung des Fahrers gering. Die Kabinen sind komfortabel und häufig vollklimatisiert. Bei geschlossener Kabine tritt keine Abgasbelastung auf, der Lärmpegel bleibt gering. Die Belastung durch Vibrationen und Stöße ist bei Radharvestern auf Grund konstruktiver Lösungen niedrig. Ein Niveaueausgleich wie ein niveauregulierbares Fahrwerk oder Pendo-Kabinen sind bei Radharvestern Sonderausstattungen. Raupenharvester, die speziell für den Einsatz in Steilhängen konzipiert sind, verfügen über tiltbare Oberwagen. Dadurch befindet sich der Fahrer stets in einer aufrechten und ergonomisch günstigen Sitzposition. Hingegen ist die Vibrationsbelastung höher als bei Radharvestern. Stöße werden vom Kranausleger direkt auf die Kabine übertragen, wenn Kran und Kabine eine feste Einheit mit dem Oberwagen bilden.

Eine zusätzliche Belastung für die Fahrer von Raupenharvestern stellt der Kippeffekt dar. Je kürzer das Raupenfahrwerk, umso stärker wippt das gesamte Fahrzeug beim Überfahren von Hindernissen. Besonders bei Bergabfahrten bedeutet das eine hohe mentale Belastung. Grundsätzlich ist die psychische Belastung der Harvesterfahrer relativ hoch. Sie müssen stets hochkonzentriert arbeiten, um optimale Leistung, hohe Pfléglichkeit und eine sichere Arbeitsweise zu garantieren. Diesem Umstand ist durch rechtzeitigen Schichtwechsel mit ausgleichenden Nebenarbeiten und regelmäßige Pausen Rechnung zu tragen.

Die Unfallgefahr beim Einsatz von Harvestern ist gering. Mit zunehmender Hangneigung steigt jedoch das Risiko. SCHÖTTLE et al. [1997 a] berichten vom Umkippen des Raupenharvesters „Königtiger“ während der Studie bei einer Geländeneigung von „nur“ 35 %. Auslöser war Unkonzentriertheit in Verbindung mit einer unvorhersehbaren Geländesituation. Insbesondere bei Fahrten bergab steigt dieses Risiko, weil sich der Schwerpunkt der Maschine hangabwärts verlagert. Im Hieb anwesende Personen müssen stets einen ausreichenden Sicherheitsabstand zur Maschine einhalten.

## ***Abschließende Beurteilung***

*Mit Harvestern ist auch im Gebirge eine effektive, kostengünstige und sichere Holzernte möglich. Mit zunehmender Steilheit sind Raupenharvester die geeigneten Maschinen. Beim Einsatz von Raupenharvestern mit Kranreichweiten um 15 m können die Rückegassenabstände 30 m betragen. Mit motormannueller Zufällung lassen sich die Gassenabstände je nach mittlerer Baumhöhe auf 40 – 60 m erweitern. Die Rückegassen sollen, wenn möglich, immer in Falllinie verlaufen, um ein sicheres Arbeiten zu gewährleisten. Es ist deshalb nicht immer möglich, völlig gerade Gassen in gleichmäßigen Abständen anzulegen. Daraus ergeben sich deutliche Auswirkungen auf das Bringungsverfahren. Die Hiebmasse je Einsatzort soll wegen der hohen Maschinenkosten, die bei Raupenharvestern auch aus erhöhten Kosten für das Umsetzen resultieren, eine Wochenleistung umfassen. Harvestereinsätze müssen sorgfältig organisiert sein, um einen reibungslosen und effektiven Ablauf zu garantieren.*

## 4. Bringungsverfahren im Gebirge

Im Gebirge werden unterschiedlichste Techniken für die Bringung des gernteten Holzes eingesetzt. Sie reichen von einfachen händischen Mitteln bis hin zu hochmechanisierten Verfahren. Innerhalb der einzelnen Verfahren kann es nötig sein, dass die Stämme vom Fällort zur Feinerschließungslinie vorgeliefert werden müssen. Hierzu werden Kleinmaschinen wie Seilwinden (*Ackja*-Winde), handgeführte Kleinschlepper (Mini-Skidder) und Pferde eingesetzt.

### 4.1 Freies Treiben

Das *Freie Treiben* ist eine traditionelle Methode der Holzbringung in Steillagen. Sie verliert zunehmend an Bedeutung und wird nur noch vereinzelt angewandt. In unerschlossenen Lagen oder bei kleinen Hieben hat das Freie Treiben noch immer seine Berechtigung.

Der Anteil des getriebenen Holzes geht im bayerischen Staatswald mit der zunehmenden Erschließung der Steillagen und dem steigenden Einsatz der Seilbringung zurück. Zu Beginn der siebziger Jahre lag er noch bei rund 60 %, Anfang der neunziger Jahren betrug er noch 10 bis 15 % der im Gebirge gebrachten Holzmenge [OHRNER und WEIXLER 1993].



**Abb. 9:** *Freies Treiben* (Photo: LWF)



## **Einsatzbereich**

Freies Treiben eignet sich nur für das Sortimentsverfahren zur Bergabbringung von maximal 9 m langen Blochen.

Die Hangneigung soll so groß sein, dass ein ungehindertes Treiben des Holzes möglich ist. Ab 60 % Hangneigung nehmen die Schäden am Bestand allerdings unverhältnismäßig zu. Ein Richtwert für die minimale Hangneigung kann nicht angegeben werden, weil zusätzliche Faktoren das Verfahren wesentlich beeinflussen.

Wichtigste Einflussgröße ist die Beschaffenheit des Untergrundes. Auf Schnee oder nassem Gras genügt bereits eine relativ geringe Hangneigung, um den Reibungswiderstand des Holzes auf dem Untergrund zu überwinden. Raue Geländeoberflächen, z. B. Blocküberlagerungen oder Reisigauflagen, bremsen stark und erschweren selbst im steilen Gelände das Freie Treiben oder machen es völlig unmöglich. Bäume und Stöcke stellen weitere Hindernisse dar.

Holzart, Aufarbeitungszustand sowie Gewicht der Sortenstücke sind weitere Einflussgrößen. Glattrindige oder entrindete und sauber entastete Sortenstücke gleiten besser als grobborkige Holzarten oder Bloche mit Aststummeln. Schwere Stammabschnitte erreichen eine höhere Bewegungsenergie als leichte und lassen sich von kleineren Hindernissen nicht oder nur unwesentlich abbremsen.

## **Geräte**

Das wichtigste Werkzeug ist der *Sappie*. Mit ihm werden die Bloche manipuliert und angeschoben. Motorsäge und Axt werden bereitgehalten, um Hindernisse zu beseitigen.

## **Verfahrensablauf**

Unter Ausnutzung von Rinnen, Senken oder nassem Holz werden die gespranzten und gegebenenfalls entrindeten Bloche mit dem Sappie in die Bahn gebracht und abgestoßen („angelassen“). Planmäßig verlegte Stämme können das Holz lenken. Das Freie Treiben wird häufig mit anderen Verfahren kombiniert. Seil- oder Tragschlepper bündeln das Holz am Hangfuß und bringen es zum Lagerplatz.

## **Leistung und Kosten**

Das Freie Treiben ist mit einer Zeit- sowie Zuschlagstabellen im Hochgebirgstarif HGT 94 berücksichtigt und wird im bayerischen Staatswald auf dieser Grundlage entlohnt. Bezugsmaß für den Zeitbedarf ist die mittlere Treibentfernung. Für die folgende Kostenaufstellung wurden Lohnkosten einschließlich Lohnnebenkosten aus der Lohnstatistik der Bayerischen Staatsforstverwaltung für 1998 [BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG 1999] entnommen. Als Durchschnittskosten liegen hieraus 33,71 €/h zugrunde.

**Tab. 8:** Zeitbedarfstabelle und Kosten für das Treiben [HGT 94]

Mittlere Treibentfernung (m)	Zeitbedarf (min/Fm)	Kosten (€/Fm)
bis 30	13	7,31
31 bis 60	15	8,43
61 bis 100	17	9,55
101 bis 150	20	11,24
151 bis 200	23	12,93
201 bis 250	25	14,05
251 bis 300	28	15,73
301 bis 400	30	16,86
401 bis 500	33	18,54
über 500	34	19,11

Die Leistung bei Freiem Treiben schwankt stark in Abhängigkeit von den äußeren Bedingungen. Wichtige Einflussgrößen werden über Zuschläge erfasst.

**Tab. 9:** Einflussgrößen und Zuschläge beim Freiem Treiben – vereinfachte Darstellung [HGT 94]

Einflußgröße	Kriterien	Zuschlag in % bis
Gefälle	Hangneigung unter 41 %	20
Laufen des Holzes	Geländebeschaffenheit, Hindernisse	30
Mittlere Stückmasse	Stückmasse < 0,31 oder > 0,40 fm	50
Holzdicke	Hiebsanfall/Fläche	40
Sonstige Erschwernisse	Beitreiben zu Seiltrassen schräg zum Hang	20
	Erschwertes Treiben	30
	Besondere Rücksichtnahme auf Bestand oder Verjüngung	20
	Sonderzuschlag	10

Unter einfachen Bedingungen ist das Freie Treiben ein kostengünstiges Verfahren. Zuschläge verteuern es deutlich. Bündeln und Poltern mit dem Schlepper erhöht die Gesamtkosten für das Rücken.

### Pfleglichkeit

Freies Treiben verursacht oft starke Boden- und Bestandsschäden. Das Ausmaß der Schäden hängt vom Geschick der Arbeiter sowie von der Bestockungsdichte ab. Am getriebenen Holz können Faserquetschungen und Absplitterungen entstehen. In der Regel wird es mit Erde und Steinen verunreinigt. Insgesamt ist das Verfahren als wenig pfleglich einzustufen.

## **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Das Treiben ist eine dynamische Arbeit und mit hoher körperlicher Anstrengung verbunden. Es besteht eine hohe Unfallgefährdung. Die Bloche erreichen je nach Gewicht und Geländebeschaffenheit hohe Geschwindigkeiten und können unkontrolliert von Hindernissen abprallen. Unterhalb der treibenden Arbeiter dürfen sich keine Personen aufhalten. Die Waldarbeiter sollen Sichtkontakt untereinander halten und auf gleicher Höhe am Hang stehen. Das Rücken des getriebenen Holzes soll aus Sicherheitsgründen zeitlich versetzt erfolgen.

## ***Abschließende Beurteilung***

*Freies Treiben ist ein einfaches Verfahren und erfordert nur einen relativ geringen Organisationsaufwand. Trotz der eher günstigen Kostenbelastung bei einfachen Verhältnissen sollte es nur in Ausnahmefällen angewandt werden. Es ist körperlich anstrengend und unfallträchtig, verursacht Schäden an Bestand, Boden und getriebenem Holz. Auf kleinen Hiebsflächen, bei verstreutem Hiebsanfall oder in unerschlossenem Gelände wird es auch künftig Anwendung finden.*

## **4.2 Kunststoffloiten**

Loiten sind wie das Freie Treiben eine traditionelle Art der manuellen Holzbringung im Gebirge. Ursprünglich aus Holz aufgebaut, sind inzwischen Kunststoffloiten üblich. Ihr wesentlicher Vorteil liegt in den kurzen Auf- und Abbauzeiten.

### **Einsatzbereich**

Kunststoffloiten eignen sich zur Bringung von unentrindeten Schwachholzblochen bis zu einer Länge von 5 - 6 m. Der maximale Durchmesser der Bloche richtet sich nach dem Schalendurchmesser der Loiten und liegt bei etwa 30 cm. Für eine wirtschaftliche Nutzung sollte der Massenanteil mindestens 25 Fm/ha betragen.

Kunststoffloiten erfordern eine minimale Hangneigung von 25 %, die Obergrenze liegt bei 65 %. Ab Hangneigungen von 40 % muss die Geschwindigkeit des Holzes mit Bremsgittern oder Bremswölfen gemindert werden, um ein Herausspringen der Sortenstücke zu vermeiden.



*Abb. 10: Leykam Logline (Photo: Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München)*

## Geräte

Kunststoffloiten bestehen aus Polyäthylen - Halbschalen mit lichten Durchmessern von 30 bis 35 cm und einer Länge von 5 m. Die Halbschalen werden mit Schnellverschlüssen verbunden. Die Arbeitsausrüstung umfasst Motorsäge, Axt (zum Herstellen und Einschlagen von Pflöcken) sowie Sappie.

## Verfahrensablauf

Im Abstand von 15 - 30 m werden vor Hiebsbeginn Trassen mit einer Breite von 0,5 bis 1 m in Falllinie festgelegt. Ab Hangneigungen von 50 % wird die Kunststoffloite schräg zum Hang verlegt, da sonst die Bremsgitter keine ausreichende Wirkung mehr entfalten. Die Loitenabschnitte werden in der Regel mit einer Schlittenwinde zur Hiebsfläche transportiert oder von den Waldarbeitern dorthin getragen. Die Halbschalen werden entlang der Trasse miteinander verbunden und mit Kunststoffschnüren an Bäumen oder Pflöcken fixiert. Durchhängende Schalen können mit Pflöcken oder Ästen abgestützt werden. Die Länge der Bloche bestimmt den Mindestradius von Kurven der Loitenbahn. Die Sortenstücke werden mit Hilfe des Sappie in die Loite eingebracht. Das geloitete Holz wird entweder direkt abgefahren oder mit Hilfe eines Tragschleppers auf einem Lagerplatz gepoltet.

## Leistung und Kosten

Die Leistung des Verfahrens ist relativ gering. Das KWF [1985] ermittelte Leistungsdaten für ein Drei-Mann-Verfahren bei einer durchschnittlichen Bringungsdistanz von 100 bis 150 m. Zur Herleitung der Kosten wurde der Stundensatz von 33,71 €/h je Arbeiter unterstellt [BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG 1999].

**Tab. 10:** Leistung und Kosten bei der Bringung mit Kunststoffloite [nach KWF 1985]

BHD (cm)	12	15	20	25
Stückmasse (Efm o.R.)	0,063	0,118	0,250	0,450
Leistung (Efm o.R./h)	1,8	2,2	3,2	3,7
Kosten (€/Efm o.R.)	56,19	45,98	31,61	27,33

Bei diesen Angaben sind Kosten für Auf-, Um- und Abbau sowie Material für die Loite noch nicht berücksichtigt. Das KWF [1985] nennt lediglich „Maschinenkosten“ von etwa 3 €/h.

In einer neueren Publikation beschreibt PRÖLL [2000 c] einen Versuchseinsatz mit Kunststoffloiten nach Harvesteraufarbeitung. Die mittlere Neigung des Einsatzbereichs schwankte zwischen 30 und 38 %. Als mittleren Trassenabstand gibt der Verfasser 22 m an. Zur Kostenkalkulation werden wieder Lohnkosten einschließlich Lohnnebenkosten von 33,71 €/h unterstellt.

**Tab. 11:** Leistung und Kosten bei der Bringung mit der Kunststoffloite Logline [nach PRÖLL 2000 c]

	Trasse						Gesamt
	1	2	3	4	5	6	
BHD (cm)	20	19	18	19	18	17	18
Mittlere Stückmasse (Fm o.R.)	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
Mannleistung (Efm o.R./h)	1,65	1,40	1,61	1,27	1,15	1,56	1,47
Kosten (€/Efm o.R.)	20,43	24,08	20,94	26,54	29,31	21,61	22,93

Neben den reinen Bringungskosten entstehen beim Bringungssystem Kunststoffloite weitere Kosten für Auf-, Um- und Abbau der Loite sowie zusätzliche Betriebskosten, beispielsweise für die Winde. Die Höhe der Kosten variiert stark in Abhängigkeit von Trassenlänge, Geländebeschaffenheit und Arbeitsmitteleinsatz. Die Bayerische Waldarbeiterschule Laubau rechnet mit einem Zeitbedarf für Auf- sowie Umbau der Loite von 3,5 - 7 min/ lfm bei einer Trassenlänge von etwa 200 m. Der Zeitbedarf für den Abbau dürfte etwas geringer ausfallen. Die Kosten für die Betriebsmittel werden mit etwa 3 €/Fm kalkuliert. [BAYERISCHE WALDARBEITSSCHULE LAUBAU o. J.].

Insgesamt betrachtet ist die Leistung bei der Bringung mit Kunststoffloiten gering und mit hohen Kosten verbunden.

## **Pfleglichkeit**

Das Verfahren ist sehr pfleglich. Bei sachgemäßer Anwendung entstehen kaum Schäden an Bestand und Boden.

## **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Bringung mit Kunststoffloiten bedeutet schwere körperliche Arbeit. Besonders belastend ist die manuelle Vorlieferung der Sortenstücke zur Loite. Die Unfallgefahr für die Arbeiter ist geringer als beim Freien Treiben.

## ***Abschließende Beurteilung***

*Das Verfahren ist einfach anzuwenden und erfordert einen verhältnismäßig geringen Organisationsaufwand. Jedoch ist die Leistung gering, die Kosten dementsprechend hoch. Als positive Aspekte dieses Bringungsverfahrens sind insbesondere die hohe Bestands- und Bodenpfleglichkeit hervorzuheben.*

*Die Verwendung von Kunststoffloiten bietet sich als Alternative in unerschlossenen oder sensiblen Bereichen an. Da keine Maschinen eingesetzt werden, eignet sich das Verfahren besonders für Bereiche mit hohem Fremdenverkehrsaufkommen oder mit besonderer Bedeutung für den Naturschutz.*

## **4.3 Schlepperbringung**

Der Einsatz von Schleppern zur Holzurückung ist am weitesten verbreitet. In erster Linie kommen Forstspeziialschlepper in Frage, aber auch landwirtschaftliche Schlepper mit Forstausrüstung eignen sich. Neben der Ausrüstung der Schlepper mit Seilwinde werden diese zunehmend auch mit Rückezangen versehen.

## **Einsatzbereich**

Auf Grund ihrer großen Verbreitung und ihrer universellen Verwendungsmöglichkeiten werden Seilschlepper auch in Steillagen eingesetzt. Der Befahrung sind jedoch ab etwa 35 % Hangneigung Grenzen gesetzt. Gerückt wird dann von Forststraßen oder Maschinenwegen (Rückewege) aus. Wegen der niedrigen Erschließungsdichte sind am Hang die Beizugsentfernungen meist größer als im Flachland. Mit Schleppern werden in der Regel lang ausgehaltene Sortimente gerückt.



*Abb. 11: Schlepper im Starkholz (Photo: LWF)*

## **Maschinen**

Eingesetzt werden knickgelenkte Forstspezialschlepper oder landwirtschaftliche Allrad-Schlepper mit Forstausrüstung (u.a. Tragbergstütze, verschiedene Schutzvorrichtungen, Frontpolterschild, Funkfernsteuerung für die Seilwinde).

Zangenschlepper arbeiten bei der Bringung von Langholz nur dann effizient, wenn die Stämme vorkonzentriert sind. Häufigster Einsatz des Zangenschleppers im Gebirge stellt deshalb das Verziehen und Gantern von seilkrangerücktem Langholz dar.

## **Verfahrensablauf**

In befahrbarem Gelände unterscheidet sich der Verfahrensablauf nicht wesentlich von der Arbeit im Flachland. Die Rückegassen müssen bei stärkeren Steigungen unbedingt in Falllinie verlaufen. Um den Schleppereinsatz auch in Hangneigungsbereichen zwischen 35 % und 50 % zu ermöglichen, müssen die Bestände mit Maschinenwegen (Rückewegen) erschlossen sein. Diese verlaufen meist diagonal zum Hang. Bringungsrichtung auf Rückewegen ist bevorzugt bergab. Bei der Hiebsplanung ist darauf zu achten, dass der händische Seilauszug bergauf nur über kurze Distanzen notwendig wird. Daher sollte in der Regel etwa ein Drittel der Holzmasse oberhalb, zwei Drittel unterhalb des Rückewegs anfallen.

## Leistung und Kosten

Leistungsfähigkeit und Ausrüstung des Schleppers, Können des Fahrers, Geländeverhältnisse, Beizugs- und Rückentfernung, Stückmasse sowie Anzahl und Ausformung der Sortimente beeinflussen die Leistung.

Zur Bringung in Steillagen liegen wenig Daten vor. Das KWF nennt mittlere Leistungswerte für die Schlepperbringung. Sie können als grobe Richtgröße für das Flachland und für das Gebirge als ungefähre Obergrenze der Leistungsspanne angesehen werden. Für den Forstspeziialschlepper werden Kosten von 60,96 €/h [KWF 1996] angesetzt.

**Tab. 12:** Durchschnittliche Leistung und Kosten beim Rücken von Rohschäften mit Forstspeziialschleppern [MORAT et al.1998]

	BHD (cm)				
	15	20	25	30	35
<b>Leistung (Efm o.R./MAS)</b>	3,0	4,5	6,0	8,0	10,0
<b>Kosten (€/Efm o.R.)</b>	20,32	13,55	10,16	7,62	6,1

Bei vorhandener Erschließung mit Rückewegen ist das Verfahren im Vergleich zu anderen Bringungsmöglichkeiten im Gebirge kostengünstiger.

## Pfleglichkeit

Der Beizug des Holzes beeinträchtigt den Boden nur vereinzelt auf kleiner Fläche. Befahrungseinflüsse beschränken sich auf die Rückegassen oder -wege. Mit zunehmender Steigung erhöhen sich die erforderlichen Zugkräfte, der Schlepper verliert an Traktion. Die Räder drehen häufiger durch, mit typischen Verschmierungen des Oberbodens als Folge (Fahrspurbildung).

Das Ausmaß an Bestandsschäden hängt neben dem Geschick des Rückers wesentlich von der Aushaltung der Stämme, vom Zeitpunkt der Rückung (im Saft/außer Saft) sowie von der Fällordnung ab. Lange Sortimente verursachen höhere Schäden als kurze. Gegenüber der Arbeit in der Ebene entstehen am Hang mehr Bestandsschäden. Wird der Stamm nicht in Falllinie beigeseilt, können Schleifschäden an hangseitig wachsenden Bäumen entstehen. Besonders das Einschwenken von Langholz auf Rückewege ist schadensträchtig.





*Abb. 12: Schlepperbringung (Photo: LWF)*

### **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Moderne Forstschlepper sind ergonomisch gestaltet. Dennoch ist das Rücken mit Seilschleppern am Hang körperlich schwere Arbeit. Der Fahrer muss sehr häufig ein- und aussteigen. Das Ausziehen des Windenseils strengt insbesondere bergauf extrem an. Moderne Winden besitzen als Sonderausstattung eine aktive Seilauszugshilfe, die den Kraftbedarf etwas reduziert. Die Unfallgefahr nimmt mit steigender Hangneigung zu. Blocküberlagerungen und andere Hindernisse erhöhen die Unfallgefahr ebenfalls.

### ***Abschließende Beurteilung***

*Solange die Geländeverhältnisse und die Bringungsentfernung den Einsatz von Schleppern zulassen, soll dieses Verfahren bevorzugt werden. Es eignet sich sehr gut für den Kleinprivatwald. Der Organisationsaufwand ist gering, die Anwendung einfach. Die Maschinen sind weit verbreitet und leicht verfügbar. Die niedrigen Maschinenkosten halten die Kostenbelastung auch bei geringer Leistung in Grenzen. Große Beizugs- und Rückeeentfernungen verteuern das Verfahren.*

## 4.4 Forwarder

Als *Forwarder* werden mit Kran und Rungenaufbau ausgerüstete Spezialrückemaschinen bezeichnet. Sie werden vor allem für das Rücken des vom Harvester gefällten und an der Rückegasse vorkonzentrierten Holzes zur Forststraße eingesetzt [KOOPERATIONSABKOMMEN FORST - PLATTE - PAPIER 1998].

### Einsatzbereich

Voraussetzung für den Einsatz von Forwardern ist eine Grunderschließung der Bestände mit 3,5 m–4 m breiten Rückegassen. Der Einsatzbereich reicht von der Ebene bis zu Hangneigungen von etwa 35 % [TRZESNIOWSKI 1998], bei idealen Boden- und Witterungsverhältnissen wie Frost und Trockenheit bis 45 % [SAUTER et al. 1998]. Die Rückegassen müssen in Falllinie angelegt sein. Die Querneigung darf 5 % (Kippgefahr bei beladenem Rückezug!) nicht überschreiten. Beim Befahren von Hängen stellen hohe Böschungen und schwierige Witterungsbedingungen die größten Probleme im Bergwald dar. Jahreszeitliche Planung und Ortskenntnis sind bei der Einsatzplanung mit einzubeziehen. Die Geländegängigkeit von Harvestern wird nicht erreicht, der Forwarder ist bisher der begrenzende Faktor im Holzerntesystem Harvester - Forwarder in Hanglagen.

### Maschinen

Forwarder besitzen einen hydrostatischen Antrieb sowie vier, sechs bzw. acht Räder oder verfügen über ein Kettenlaufwerk. In Steillagen können Radforwarder mit Gleitschutzketten versehen werden. Radfahrzeuge mit Bogieachsen lassen sich zur Bodenschonung und besseren Traktion mit Bändern ausrüsten, deren Spikes die Gefahr des seitlichen Abrutschens verhindern sollen. Die Maschinen sind mit Kränen mit Reichweiten von 5 bis 11 m ausgestattet. Der meist variable Rungenaufbau kann bei Bedarf zur Klemmbank umgebaut werden. Die tiltbaren Kransäulen mancher Modelle erweitern den Einsatzbereich auf steileres Gelände. Kippbare Kabinen gehören zur Standardausrüstung. Je nach Nutzlast werden drei Geräteklassen unterschieden, wobei Geräte der mittleren und kleinen Klasse auf Grund des geringeren Gesamtgewichts im hängigen Gelände am häufigsten eingesetzt werden [LYTHI 1997].

**Tab. 13:** Unterscheidung verschiedener Maschinenklassen nach Nutzlast mit Modellbeispielen  
[KOOPERATIONSABKOMMEN FORST - PLATTE - PAPIER 1998, verändert; KWF 2002]

<b>Klasse</b>	<b>Klein</b>	<b>Mittel</b>	<b>Groß</b>
<b>Nutzlast</b>	4 – 6 t	8 – 10 t	bis 18t
<b>Maschinen</b> (Beispiele)	Farmi-Trac Terri ATD	PONSSE Caribou Valmet 840 Caterpillar 554 Timberjack 810B	Valmet 890 SKOGSIAN 2000 Caterpillar 574 Timberjack 1710D



**Abb. 13:** Rad-Forwarder Timberjack 810 im Einsatz am Hang (Photo: LWF)

#### *Radmaschinen der Mittelklasse*

Dabei handelt es sich um Sechs- oder Achtrad-Forwarder mit Ladekapazitäten zwischen 8 und 10 t, ausrüstbar mit Ketten und Bändern für den Einsatz im hängigen Gelände. Die Bodenfreiheit beträgt zwischen 400 und 730 mm je nach Modell. Verschiedene Hersteller bieten zudem einen Bogie-Lift an, der die Bodenfreiheit der Maschine erhöht. Damit lassen sich Gräben und Blocküberlagerung besser als bisher überwinden. Das Risiko des Umkippens sinkt. Die Maschinen wiegen leer zwischen 9 und 13 t, bei Zuladung erreichen sie ein Gesamtgewicht bis zu 24 t. Die Kranreichweite in dieser Geräteklasse liegt zwischen 7 und 10 m .

#### *Forwarder mit Raupenfahrwerk*

Diese Modifikationen in der mittleren Geräteklasse (Ladekapazität bis 10 t) befinden sich in Europa noch weitgehend in der Erprobungsphase. Verschiedene Firmen testen derzeit eine Variante mit Raupenfahrwerk für den Einsatz im Gebirge. Als Beispiel sei der Raupenharvester *Valmet 860* genannt. Hierbei handelt es sich um einen von einem österreichischen Forstunternehmen konzipierten Forwarder auf Basis des Gebirgharvesters *Valmet 911 „Snake“*. Er ist mit Bogieachsen ausgerüstet, die gegen Raupenfahrwerke ausgetauscht werden können. Der *Valmet 860* verfügt somit über höhere Steigfähigkeit und bessere Geländegängigkeit. Beladen erreicht er ein Gesamtgewicht von 30 t. Er ergänzt den Harvester *Valmet 911 „Snake“* [SOPPA 2001]. Da das System derzeit noch in der Praxis getestet wird, liegen keine zuverlässigen Kosten- und Leistungszahlen vor.

Als Forwarder mit Raupenfahrwerk in der kleinen Geräteklasse ist der *Farmi Trac* im Einsatz. Bei einem Ladevolumen von 6 t ist er in der Lage, Steigungen bis 35 % zu überwinden.

In der gleichen Geräteklasse bietet eine schwedische Firma den Raupenforwarder *Terri ATD* an. Auch dieser überwindet Steigungen von 35 % und kann damit als bergtauglich gelten. Die Kranreichweite von 4,6 m und die maximale Zuladung von 4 t begrenzen jedoch sein Einsatzspektrum.

Der „*Kettenbär*“ ist ein Spezialrückegerät in der Konzeption eines Klemmbankschleppers. Sein Einsatzbereich ist auf besonders schwierige Bedingungen begrenzt, unter denen der Aufbau einer Seilanlage wirtschaftlich nicht zu vertreten ist. Er bewältigt Hangneigungen bis zu 50 %. Der *Kettenbär* ist auf Tiefladertransport angewiesen. Er ist keine Allzweckmaschine, seine Einsätze beschränken sich auf schwierige Lagen [BAYERISCHER FORSTMASCHINENBETRIEB SCHÖNAU 2001 b].

### Verfahrensablauf

Forwarder sind im Anschluß an den Harvester für das Rücken vorkonzentrierter Sortimente konzipiert. Sie werden aber auch zur Bringung motormanuell gefällten Holzes eingesetzt. Die vom Harvester üblicherweise in Standardlängen von 2 bis 6 m gefällten, entasteten und an der Rückegasse abgelegten Stämme werden mit dem Forwarder auf die Lkw-fahrbare Forststraße gerückt und gepoltert. Motor-manuell zugefällte Stämme werden mit dem Kran herangezogen. Langholzsortimente können durch Anpassen der Ladegatter- und Laderahmenposition ebenfalls rationell gerückt werden.



*Abb. 14: Forwarder „Farmi Trac“ mit Raupenfahrwerk (Photo: LWF)*



*Abb. 15: Kaiser-Kettenrückegerät „Kettenbär“ (Photo: LWF)*

### **Leistung und Kosten**

Wie im Flachlandeinsatz bestimmen die Faktoren Stückmasse, Zahl der Sortimente, Vorkonzentration, Befahrbarkeit, Rückentfernung und Größe des Forwarders die Leistung pro Stunde [LYTHI 1997]. Da in Gebirgslagen ein regelmäßiger Rückegassenabstand auf Grund von Blocküberlagerung oder kupiertem Gelände oft nur schwer einzuhalten ist, differieren die Leistungszahlen stark. Insgesamt liegen bisher nur wenige Studien über Kosten und Leistungszahlen von Forwardern in Gebirgslagen vor, da auf Grund des inhomogenen Geländes oft andere Bringungsverfahren angewendet werden und das Hauptaugenmerk auf der Leistungsfähigkeit des Harvesters liegt. Weiterhin lassen Fahrten mit nicht ausgeschöpfter Ladekapazität zur Gewichtsreduktion keine detaillierten Auswertungen der Leistung zu. Daher kann an dieser Stelle nur ein Leistungsrahmen angegeben werden. MORAT et al. [1998] nennen als unteren Rahmenwert 5,3 Efm o.R./MAS, einen Durchschnitt von 8,4 Efm o.R./MAS und einen oberen Rahmen von bis zu 10,5 Efm o.R./MAS bei Kurzholz (2 – 6 m) und einem BHD zwischen 12 und 30 cm. SAUTER et al. [1998] bestätigten in einer Versuchsreihe diese Rahmenwerte. Die Zeitstudie ergab, dass 70 % der RAZ Ladevorgänge umfassen, d.h. Sortendiversität und ein sicherer Stand sind verantwortlich für Leistung und Kosten des Rückens. Bei durchschnittlichen Hangneigungen zwischen 37 und 43 %, Aushaltung von drei Sortimenten, hohem Übungsgrad des Maschinenführers, griffigem Untergrund (Buntsandstein, Granit) und trockenen Witterungsbedingungen wurden die in Tabelle 15 enthaltenen Leistungszahlen ermittelt. Die Maschinenkosten werden im Anhalt an das KWF [1996] mit 70,60 €/MAS kalkuliert. Diese beinhalten 43,98 € Maschinenkosten, 24,04 € für Lohn- und Lohnnebenkosten sowie 2,55 € für das Umsetzen, jeweils pro MAS (mittlere Maschinenklasse, *Valmet 820*).

**Tab. 14:** Ruckeleistung des Tragschleppers in den einzelnen Ruckezyklen einschließlich der Bezugsvolumina der Ladung [SAUTER et al. 1998, verändert]

Zyklus Nr.	Sortenlänge [m]	Volumen je Ladung [Efm o. R.]	Leistung [Efm o. R./ MAS RAZ]	Leistung [Efm o. R./ MAS GAZ] <sup>1)</sup>
1	4,5	8,4	10,6	8,2
2	4,5	8,6	13,5	10,4
3	3,0	5,1	8,0	6,2
4	3,0	4,4	6,0	4,6
5	4,5	6,2	12,8 <sup>2)</sup>	9,8
<b>Mittelwert</b>	<b>3,9</b>	<b>6,6</b>	<b>10,2</b>	<b>7,8</b>

1) Reine Arbeitszeit (RAZ) + 30 % Allgemeine Zeiten (AZ)

2) Einfahrt rückwärts in die Rückegasse im flacheren unteren Hangbereich

## Pfleglichkeit

Das hohe Gewicht der Maschine im beladenen Zustand, häufige Befahrung sowie der Einsatz bei ungünstiger Witterung und ungeeignetes Bodensubstrat führen zu Bodenschäden. Eine gleichmäßige Verteilung des Gewichtes auf alle Räder (mind. 600 mm Breitreifen) und eine Lastreduktion wirken sich hier schonend aus. Eine Beschränkung auf wenige Sortimente senkt die Befahrungshäufigkeit und reduziert somit Bodenschäden. Bei der Befahrung ist weiterhin auf eine ausreichende Reisigmatratze (>20 cm) auf der Rückegasse zu achten. Der Einsatz von Achtrad-Maschinen ermöglicht das Anbringen von Bogiebändern auf beiden Achsen und vermindert somit die Bodenbelastung. Gleiches gilt für Moorbänder (900 mm) bei der Bringung auf Weichböden. Auf vernässten Standorten erweisen sich Raupenfahrwerke (z. B. Farmi-Trac) als bodenschonende Alternative [BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG 2001]. Ruckeunterbrechungen bei Schlechtwetter können Befahrungsschäden weiter minimieren. Schäden am Bestand halten sich wegen der hohen Wendigkeit der Maschine und des großen Arbeitsradius des Krans im vertretbaren Rahmen.

## Ergonomie und Arbeitssicherheit

Die ergonomische Belastung des Fahrers in modernen Forwardern ist gering. Sie verfügen über ein geräumiges, schallgedämpftes und schwingungsfreies Fahrerhaus. Moderne Kabinen sind tiltbar, klimatisiert sowie mit übersichtlichen Displays und Bedieneinheiten ausgestattet. Die mentale Belastung der Fahrer ist bei Arbeiten im steilen und schwierigen Gelände hoch und erfordert Geschicklichkeit. Beladene Ruckezüge und steiles Gelände fordern vom Maschinenführer ein hohes Maß an Konzentration und Erfahrung. Blocküberlagerungen, Nassstellen und Hangneigung benötigen eine sorgfältige Gefahrenabschätzung. Bei Querneigungen über 5 %, Schneeeauflage und dem Einsatz von Bändern erhöht sich die Gefahr des seitlichen Abrutschens und des Kippens des Fahrzeuges.

## ***Abschließende Beurteilung***

*Die Hangneigung und der Untergrund begrenzen im wesentlichen die Möglichkeiten des Rückens mit dem Forwarder in Hanglagen. Der Bringung mit dem Forwarder kommt im Gebirge demnach ein eher geringer Stellenwert zu. Bei befahrbarem Gelände, nicht zu großen Ruckeentfernungen sowie einer begrenzten Anzahl von Sortimenten ist es ein wirtschaftliches und pflegliches Verfahren. In hängigen Lagen bestimmt der Forwarder die Einsatzmöglichkeit der Holzertekette Harvester - Forwarder.*

## **4.5 Seilbringung**

Die Seilbringung kann in zwei Grundsysteme unterteilt werden. Seilsysteme mit laufendem Tragseil (running skyline) setzt im wesentlichen die Forstwirtschaft Nordamerikas ein. In der vorliegenden Arbeit beschränken sich die Ausführungen auf die Seilbringung im mitteleuropäischen Raum mit Schwerpunkt in den Alpen. Daher werden nur Bringungsverfahren mit stehendem Tragseil (standing skyline) beschrieben. Die eingesetzten Maschinen bzw. Geräte können an dieser Stelle nur mit den wesentlichen Eckdaten skizziert werden. Anleitungen zur Projektierung von Seilanlagen würden den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen. Ausführliche Darstellungen finden sich in der Grundlagenliteratur zur Holzerte [z. B. GRAMMEL 1988; LÖFFLER 1989] sowie in spezieller Fachliteratur zur Seilbringung. Zu nennen sind insbesondere PESTAL [1961], TRZESNIOWSKI [1998] und die Broschüren des österreichischen KOOPERATIONSABKOMMENS FORST - PLATTE - PAPIER [1997, 1988].

### **Einsatzbereich**

Insbesondere in Lagen, in denen eine Schlepper- oder Forwarderbringung auf Grund der Hangneigung oder geringen Erschließungsdichte nicht mehr möglich ist, stellen Seilkrananlagen ein gebräuchliches Mittel zur Bringung im gelösten oder kombinierten Verfahren dar. Auch auf nicht befahrbaren Standorten im Flachland, z. B. auf Weichböden, eignen sich Seilkrananlagen zum Rücken [ZAISER 1994; GRUNER 2000]. Sowohl im Laub- als auch im Nadelholz können Sortenstücke, Rohschäfte oder (gezopfte) Vollbäume zur Lkw - fahrbaren Waldstraße gerückt werden.

### **Maschinen/Geräte**

#### *Seilanlagen*

Nach der Aufstelldauer der Seilanlagen wird zwischen stationären, halbstationären und mobilen Seilanlagen unterschieden. Stationäre Seilsysteme spielen in der Forstwirtschaft eine untergeordnete Rolle. Halbstationäre Anlagen bestehen aus einer Winde für das Zugseil und einer Antriebseinheit. Beides ist meist auf Schlitten oder einfachen Radfahrgestellen aufgebaut. Das Tragseil wird separat gespannt, wobei Bäume als Stützen fungieren. Schlittenwinden ziehen sich mit eigener Kraft am zuvor ausgezogenen und bergauf verankerten Zugseil nach oben oder ein Hubschrauber bringt sie zur Bergstation. Dieser

große Montageaufwand verursacht hohe Kosten. Schlittenwinden werden deshalb hauptsächlich im Langstreckenbereich mit einer Rückeentfernung von bis zu 1500 m, bei hohem Massenanstieg und langer Standzeit sowie im Schutzwald oder auf Baustellen eingesetzt. Bei der Holzbringung in Mitteleuropa schwindet ihre Bedeutung immer mehr. So werden zur Zeit im oberbayerischen Hochgebirge noch ca. 20 % des geseilten Holzes mit Schlittenwinden gebracht [BAYERISCHE WALDARBEITSSCHULE LAUBAU 2002].

Bei Mobilseilkränen (Kippmastgeräte) sind Mast, Winde und Antriebseinheit auf einem Trägerfahrzeug montiert. Mastseilgeräte benötigen kürzere Montage- und Umbauzeiten. Sie werden nach der Trassenlänge in drei Größenklassen unterteilt.

**Tab. 15:** Konstruktionsmerkmale von Mastseilgeräten [aus: STAMPFER 1995, verändert]

Technische Merkmale	Größenklasse		
	klein	mittel	groß
Masthöhe (m)	bis 7	7 – 10	über 10
Zulässige Nutzlast (t)	bis 1,5	bis 2,5	bis 4
Windenanzahl	2 – (3)	2 – 5	3 – 6
Max. Windenzugkraft (Tragseil) (kN)	45 – 80	80 – 100	100 – 140
Tragseillänge (m)	bis 400	bis 600	bis 800
Motorleistung (kW)	50	100	140
Gewicht der Anlage (kN)	bis 55	bis 160	bis 340
Trägerfahrzeug	Traktor, Anhänger	Anhänger, Lkw (2 Achsen)	Lkw (3 Achsen)
Beispiele	K 300, K 301, Wanderfalke, Urus L, HPC	K 400, K 500, Turmfalke, Syncrofalke, SKM 6	KSK 16, Urus S, SKM 10, K 800

Mobilseilkräne werden zunehmend mit Verladekränen und neuerdings auch mit Kranprozessoren ausgestattet (siehe Kapitel 5.4).

### Seilsysteme

Ein wichtiges Unterscheidungskriterium für Seilkrananlagen sind die eingesetzten Seilsysteme je nach Anzahl der Winden bzw. Seile. Dies wirkt sich wiederum auf ihren Einsatzbereich aus.

- **Zweiseilverfahren:** Die Anlage besteht aus einem Tragseil und einem Zugseil. Der Kippmast steht bergauf, die Bringungsrichtung verläuft bergauf oder bergab. Mit Hilfe der Schwerkraft bewegt sich der Laufwagen - je nach Bringungsrichtung leer oder beladen - bergab. Am Zugseil hängt der Lasthaken, der nach dem Arretieren des Laufwagens durch sein Eigengewicht zu Boden sinkt. Dieses als Gravitationsverfahren bezeichnete System erfordert eine Mindestneigung von 15 %. Es ist ein einfaches, häufig eingesetztes Verfahren mit geringen Montagezeiten [BAYERISCHE WALDARBEITSSCHULE LAUBAU 2002].
- **Dreiseilverfahren:** Zusätzlich zum Tragseil und Zugseil verfügt dieses System über ein Rückholseil. Hier steht der Kippmast bergab, gebracht wird bergab, bergauf oder horizontal. Das Rück-



hohlseil verläuft außerhalb der Seiltrasse. Es dient als Bremse beim Lasttransport, zum Rücktransport des Laufwagens in die Trasse sowie zur Zwangsausspulung des Zugseiles (Ergonomie!). Der Lasthaken hängt am Rückhohlseil. Die Trommeln von Zug- und Rückhohlseil sind im Laufwagen derart miteinander gekoppelt, dass nach der Arretierung des Laufwagens am Tragseil beim Einziehen des Zugseils das Rückhohlseil ausgespult wird. Dies erleichtert das Ausziehen des Lasthakens.

- Vierseilverfahren: Zu Tragseil, Zugseil und Rückhohlseil kommt ein Hilfsseil. Es dient zunächst als Montage-seil, dann zum Ausspulen des Zugseiles (dabei wird der Laufwagen in seiner Position gehalten). Die Maschine steht meist im Tal, die Bringung erfolgt bergauf, bergab und horizontal. Der Lasthaken kann in jeder beliebigen Höhe fixiert werden. Dies gestattet ein kontrolliertes Senken und Abhängen der Last.

Als Allterrainanlagen werden Seilsysteme bezeichnet, die eine Bringung bergauf, bergab oder horizontal erlauben und daher mit mindestens drei Seilen ausgestattet sind. Die Montagezeiten bei Allterrainanlagen erhöhen sich um ca. 40 % gegenüber Gravitationsanlagen, weil ein Umlauf aufzubauen ist.

#### *Laufwägen/Seilkranautomaten*

Nach strenger Begriffsdefinition enthalten Laufwägen keine Steuerhydraulik, sondern werden über Umlaufseil bzw. Zugseil gehalten. Dagegen werden Seilkranautomaten mittels Tragseilklemmung in der Trasse angehalten, um den Seilauszug zu ermöglichen. Mittlerweile sind fast nur noch Seilkranautomaten im Einsatz. Diese werden in der Praxis (auch im vorliegenden Bericht) häufig als Laufwägen bezeichnet. Die Tragseilklemmung der Seilkranautomaten wird über unterschiedliche Steuermechanismen ausgelöst:

- Fahrtwende
- Zeitschalttechnik
- Funksteuerung (gegebenfalls mit Zielautomatik)

Seilkranautomaten können mit einer aktiven Seilausspulung ausgerüstet sein, um den Auszug des Lasthakens zu erleichtern.

#### *Selbstfahrende Laufwägen*

Als solche werden funkgesteuerte Laufwägen bezeichnet, die mit einem eigenen Motor und einem Hubseil ausgestattet sind. Im Gegensatz zu herkömmlichen, gezogenen Laufwägen bewegen sie sich „aus eigener Kraft“ entlang des Tragseils. Ein Teil der Modelle benötigt dazu ein sogenanntes Fahrseil (z. B. *Twister SL 3600*), bei anderen fungiert das Tragseil gleichzeitig auch als Fahrseil (z. B. *Woodliner*). Der Antrieb steuert auch das Hubseil zum Beizug der Last. Neuere Modelle können Stützen überfahren. Selbstfahrende Laufwägen sind im Prinzip Allterrainanlagen, eignen sich aber vor allem für die Horizontal- und Bergabbringung. Die Montagezeiten sind deutlich kürzer als bei Drei- oder Vierseilanlagen mit herkömmlichen Laufwägen.

## Verfahrensablauf

Die Bringung mit Seilkrananlagen ist ein komplexes Verfahren. Es erfordert eine ausführliche Einsatzplanung. Der Erschließungszustand gibt in der Regel die Bringungsrichtung vor. Ausreichende Lagermöglichkeiten müssen vorhanden sein. Der Planung der Trassen kommt eine entscheidende Bedeutung zu. In der Vornutzung sollen nach Erkenntnissen des Seilstützpunkts Laubau die Trassenabstände 30 - 40 m, in der Endnutzung 60 m betragen. Diese Abstände erwiesen sich als guter Kompromiss zwischen Rentabilität und Bestandespfleglichkeit. Grundsätzlich gilt, dass bei jungen und stammzahlreichen Beständen sowie bei langen Sortimenten und niedriger Tragseilhöhe enge Trassenabstände gewählt werden sollen. Die Trassenbreite hängt von der Art der Anlage sowie von der Bringungsrichtung ab.

**Tab. 16:** *Trassenbreite in Abhängigkeit von der Art der Seilkrananlage und der Bringungsrichtung*  
[SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU 1999]

Seilgerät	Trassenbreite (m)	
	bergauf	bergab
Kleinkippmastanlage	1,5 – 2	2,5 – 3
Mittlere Kippmastanlage	2,5 – 3	3 – 4
Großkippmast	3 – 4	4 – 6
Langstreckenseilkran	3 – 6 (8)	3 – 6 (8)

In der Planungsphase ist darauf zu achten, dass am oberen und unteren Ende der Seiltrasse geeignete Verankerungsmöglichkeiten für die Abspannseile und gegebenenfalls Stützenbäume in der Trasse vorhanden sind. Der Bestand wird erst ausgezeichnet, nachdem die Seiltrassen sowie die Anker- und Stützenbäume festgelegt wurden.

Das Holz kann sowohl motormanuell als auch maschinell gerettet werden. Besonders wichtig ist die Einhaltung der Fällordnung. Bei der Bergaufbringung wird spitzwinklig (fischgrätartig) zur Trasse gefällt. Dabei dürfen keine Stämme quer über die Trasse zu liegen kommen. Weiter entfernte Bäume werden in stumpferem Winkel zur Trasse gefällt, um die Vorlieferentfernung zu verkürzen. Bei Bergabbringung wird quer zur Trasse oder leicht bergauf gefällt [KOOPERATIONSABKOMMEN FORST - PLATTE - PAPIER 1997]. Das Standardverfahren mit dem Seilkran sieht die Bringung im Sortimentsverfahren vor. Die Sortenstücke werden zeitlich versetzt zur Aufarbeitung gerückt.



Abb. 16: Kippmasteanlage „K 800“ (Photo: LWF)



Abb. 17: Laufwagen „Woodliner“ (Photo: LWF)

## Leistung und Kosten

Hohe Fixkosten und starke Schwankungen bei Leistung und Kosten kennzeichnen die Seilkranbringung. Kosten fallen an für die Seillinien-Projektierung, die Seilkranmontage und -demontage sowie für den Betrieb des Seilkrans.

Neben der Art des eingesetzten Seilgeräts beeinflussen zahlreiche Größen Leistung und Kosten bei der Seilbringung [SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU 1999].

### *Organisation*

Gründliche Planung und Organisation sind entscheidende Voraussetzungen für den Erfolg der Seilkranbringung. Eine rechtzeitige Einsatzplanung vor Ort zusammen mit dem Unternehmer oder Maschinenstützpunkt ist unerlässlich. Nur gut ausgebildete Spezialisten können Einsätze von Seilkränen effizient planen und durchführen. Beispielsweise ist bei hohem Holzanfall und wenig Lagerplatz die ständige Abfuhr des Holzes sicherzustellen. Bedingt durch die hohen Systemkosten wirkt sich ein Stillstand der Seilanlage deutlich auf die Kostenbelastung pro Fm aus.

### *Montage*

Der Montageaufwand steigt in der Regel

- mit zunehmender Rückedistanz, da Zwischenstützen notwendig werden und das Tragseil höher an den Zwischenstützen und dem Endmast befestigt werden muss;
- bei Allterrainanlagen mit einem Seilumlauf. Daher ist die Bergaufbringung meist kostengünstiger als die Bringung bergab. MITTERBACHER [1990] beschreibt gewisse Vorteile der Bergabbringung, die die höheren Montagezeiten teilweise aufwiegen können. Selbstfahrende Laufwägen weisen niedrige Montagezeiten auf.

### *Aushaltung und Stückmasse*

Bei der Seilbringung hängen Leistung und Kosten auch vom Stückmassegesetz ab. Die Stückmassen pro Lastbildung sollten möglichst auf die Tragkraft der Anlage abgestimmt sein und diese nutzen. Eine möglichst geringe Anzahl von Sortimenten bewirkt zudem einen effizienten Einsatz des Systems.

### *Fällordnung*

Abweichungen von der Fällordnung beeinflussen die Leistung beim seitlichen Beizug beträchtlich. Sie sollten in Absprache mit dem Betreiber der Seilkrananlage festgelegt werden.

### *Trassenabstand*

Während mit größeren Trassenabständen die Montagekosten anteilmäßig sinken, steigt im Gegensatz dazu der Zeitbedarf beim Ausziehen des Seils und beim seitlichen Zuzug. Bei einem Modellvergleich von Durchforstungen im Baumverfahren mit Bergaufrückung über kurze Strecken (mittlere Rückentfernung 50 m) wurden kostengünstige Trassenabstände von 9 bis 27 m ermittelt [KOOOPERATIONSABKOMMEN FORST - PLATTE - PAPIER 1997]. In diesem Bereich sind die Gesamtkosten am niedrigsten. Bei größeren Abständen wachsen die Gesamtkosten (und auch die Bestandesschäden)

stark an.

### *Massenanfall*

Je geringer der Massenanfall pro Trasse, desto stärker steigt die Fixkostenbelastung je Fm auf Grund des Montageaufwandes. Bei der Bergaufbringung können die Mindestmassen niedriger sein als bei Bergabbringung. Der SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU [o. J.] nennt grobe Richtwerte für den Massenanfall. So sollten bei Bergaufbringung mit Kippmastanlagen rund 0,35 Fm/lfm Trassenlänge, mindestens aber 80 Fm je Trasse zur Rückung anstehen. Für Bergabbringung mit Kippmastanlagen stellen 0,5 Fm/lfm Trassenlänge, mindestens jedoch 130 Fm je Trasse die Untergrenze dar. Langstreckenanlagen benötigen einen Massenanfall von mindestens 1,0 Fm/lfm Trassenlänge.

Großen Einfluss auf die Leistung nimmt die angehängte Masse pro Seilvorgang. Sortenaushaltung und Vorkonzentration sollten an den technischen Möglichkeiten der Seilanlage ausgerichtet werden.

### *Mittlere Ruckeentfernung*

Mit zunehmender Trassenlänge steigt der Zeitbedarf für die Last- und Leerfahrt des Laufwagens, die Leistung sinkt. Außerdem verursachen lange Trassen höhere Montagekosten (s.o.).

### *Verziehen*

Falls die Seilkrananlage keinen Verladekran besitzt, muss das Holz mit Hilfe von Schleppern verzogen und gegantert werden. Dabei fallen Kosten von etwa 7,- €/Fm im schwachen bis mittelstarken und etwa 2,5 bis 4,- €/Fm im starken Holz an [MEIER 2001]. Moderne Anlagen sind mit Verladekran oder Kranprozessor ausgestattet. Bei einer fließenden Holzabfuhr entfällt daher das Verziehen.

Auf Grund der aufgeführten variablen Einflüsse ist es nur schwer möglich, allgemein gültige Durchschnittswerte für Leistung und Kosten bei der Seilbringung zu nennen. In der Literatur werden oft Maschineneinsätze mit Seilkrananlagen beschrieben, die nicht auf andere Verhältnisse übertragbar sind. Es handelt sich dabei um Einzelfallstudien, die nur für das jeweils beschriebene System und die örtlichen Verhältnisse gelten. Kalkulationsgrundlagen und Zeitbedarfswerte finden sich unter anderem bei BISCHOFBERGER et al. [1986], FRUTIG und TRÜMPI [1990] sowie ABEGG et al. [1989].

Das österreichische KOOPERATIONSABKOMMEN FORST - PLATTE - PAPIER [2000] präsentiert in seiner Broschürenreihe „Holzernte in der Durchforstung“ Leistungszahlen der Österreichischen Bundesforste für die Seilbringung im Sortimentsverfahren. Mit Hilfe eines Kalkulationsprogramms auf CD-ROM kann der Zeitbedarf bei der Seilbringung berechnet werden. Über ein Punktesystem werden dabei sehr viele Einflussgrößen in die detaillierte Modellrechnung integriert. Der Zeitbedarf von Projektierung und Montage/Demontage ist jedoch nicht enthalten.

STAMPFER und DAXNER [1998] erarbeiteten ein Produktivitätsmodell für den selbstfahrenden Laufwagen „Woodliner“. Sie kommen zu folgenden Ergebnissen:

- Die Produktivität ist in der Endnutzung (Freifläche) größer als in der Vornutzung (aus dem Bestand). Mit zunehmender Rückedistanz verringert sich der Unterschied.

- Der „Woodliner“ ist im Vergleich zu anderen selbstfahrenden Laufwagen wesentlich leistungsfähiger.
- Bei Schwachholz und kurzen Rückentfernungen erreicht er in etwa das Leistungsniveau von konventionellen Mastseilgeräten.

Eine Auswertung der Betriebsdaten des Seilstützpunkts Laubau aus den Jahren 1992 bis 2000 ergab für die Seilanlagen *K 300*, *HPC* und *K 303* folgenden Zusammenhang zwischen Leistung und durchschnittlichem Massenanteil pro Laufmeter Trasse in Abhängigkeit von der Stückmasse:

**Tab. 17:** Leistung der Kurzstreckenseilkräne *K 300*, *HPC* und *K 303*, Bergauf- und Bergabrückung [BAYERISCHER FORSTMASCHINENBETRIEB SCHÖNAU 2001]

durchschnittliche Stückmasse	fm/lfm Trasse		
	0,5 fm/lfm	1,0 fm/lfm	1,5 fm/lfm
<b>0,1 fm</b>	3,9 fm/MAS	4,2 fm/MAS	4,4 fm/MAS
<b>0,2 fm</b>	4,6 fm/MAS	4,9 fm/MAS	5,1 fm/MAS
<b>0,3 fm</b>	5,3 fm/MAS	5,5 fm/MAS	5,8 fm/MAS
<b>0,4 fm</b>	6,0 fm/MAS	6,2 fm/MAS	6,5 fm/MAS
<b>0,5 fm</b>	6,7 fm/MAS	6,9 fm/MAS	7,2 fm/MAS

Die Leistungswerte liegen in der Größenordnung, die aus den ÖBF-Seiltabellen [KOOPERATIONSABKOMMEN FORST - PLATTE - PAPIER 2000] und den Merkblättern 11 [BISCHOFBERGER et al. 1986] und 13 [ABEGG et al. 1989] der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen Birmensdorf errechnet werden können.

Für den Starkholz-Seilkran *K 800* konnte neben der durchschnittlichen Stückmasse die Trassenlänge als signifikante Einflussgröße auf die Leistung bestimmt werden.

**Tab. 18:** Leistung des Seilkranes *K 800*, Bergauf- und Bergabrückung [BAYERISCHER FORSTMASCHINENBETRIEB SCHÖNAU 2001]

durchschnittliche Stückmasse	Trassenlänge		
	200 m	400 m	600 m
<b>0,3 fm</b>	10,0 fm/MAS	7,6 fm/MAS	5,2 fm/MAS
<b>0,6 fm</b>	11,8 fm/MAS	9,4 fm/MAS	7,1 fm/MAS
<b>0,9 fm</b>	13,7 fm/MAS	11,3 fm/MAS	8,9 fm/MAS
<b>1,2 fm</b>	15,5 fm/MAS	13,1 fm/MAS	10,7 fm/MAS
<b>1,5 fm</b>	17,3 fm/MAS	14,9 fm/MAS	12,6 fm/MAS

Die in Tabelle 18 genannten Leistungswerte liegen etwas über den Angaben aus den ÖBf-Seiltabellen [KOOPERATIONSABKOMMEN FORST - PLATTE - PAPIER 2000] und deutlich über den Werten des Merkblattes 11 der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen Birmensdorf für die Kalkulation von Schlittenwinden [BISCHOFBERGER et al 1986].

Für die Montage der jeweiligen Seilkräne kalkuliert der BAYERISCHE FORSTMASCHINENBETRIEB SCHÖNAU [2001] mit folgenden Werten:

- K 800: 8 bis 15 Stunden,
- K 303: 6 bis 12 Stunden,
- Syncrofalke: 6 bis 12 Stunden.

Für den Abbau ist nochmals mit der Hälfte der Aufbauzeit zu rechnen.

In Tabelle 19 werden Kenndaten sowie Kostensätze des SEILSTÜTZPUNKTES LAUBAU [1999, 2001 a] der Bayerischen Staatsforstverwaltung zusammenfassend dargestellt. Leistungs- und Kostenwerte sind als Richtgrößen aufzufassen.

**Tab. 19:** Kenndaten der Seilgeräte am Seilstützpunkt Laubau der Bayerischen Staatsforstverwaltung [SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU 1999, 2001 a]

Anlage	Einsatzbereich	Bringungsrichtung	Reichweite (bergauf)	Trassenbreite <sup>1</sup>	Trassenabstand <sup>2</sup>	Anhängelast (frei im Seil) <sup>3</sup>	Systemkosten	Leistung	Kosten incl. Vergantern
			m	m	m	fm	€/MAS	Fm/MAS	€/Fm
FFM Syncrofalke	mittelstarkes Holz	↑ ⇔ ↓	650	2,5 - 4	25 - 40	2	148,- €	5 - 12	15,- bis 26,- bergauf 18,- bis 28,- bergab
FFM Syncrofalke mit Kranprozessor	Baumverfahren	↑ ⇔ (↓)			25 - 30		179,- €	4 - 7	28,- bis 51,- incl. Aufarbeitung
Koller K 800	Starkholz	↑ ⇔ ↓	700	3 - 5	40 - 60	3	123,- €	7 - 15	13,- bis 23,- bergauf 18,- bis 28,- bergab
Koller K 303	mittelstarkes Holz	↑ ⇔ ↓	400	1,5 - 3	30 - 40	1	92,- €	4 - 7	18,- bis 23,- bergauf 20,- bis 31,- bergab
Koller K 300 und HPC	mittelstarkes Holz	↑	500/400	1,5 - 2	30 - 40	1	77,- €	4 - 7	18,- bis 31,-

<sup>1</sup> Bei Bergaufbringung sind schmalere Trassen möglich als bergab.

<sup>2</sup> Je dichter der Bestand, desto enger müssen die Trassenabstände gewählt werden.

<sup>3</sup> Bei der Bringung von Langholz im Kopfhoch-Verfahren sind deutlich höhere Anhängelasten möglich.

Insgesamt gesehen führen vor allem die Systemkosten und eine aufwändige Montage zu einer hohen Kostenbelastung bei der Bringung mit Seilkrananlagen. Holzernte mit anschließender Seilkranbringung erscheint nur im Starkholz kostendeckend möglich.



*Abb. 18: Stammholz am Seilkran (Photo: Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München)*

### **Pfleglichkeit**

Das Verfahren ist bodenschonend. Bei längeren Sortimenten und Vollbaumbringung wird der Boden zwar verwundet, aber nicht nennenswert verdichtet. Befahrungsschäden im Bestand entstehen nicht. Bestandesschäden sind bei der Seilkranbringung nur schwer zu vermeiden. Das Ausmaß dieser Schäden hängt von der Einhaltung der Fällordnung und von der Länge der ausgehaltenen Sortimente ab. Lange Sortimente und eine nicht eingehaltene Fällordnung führen in der Regel zu höheren Schadprozenten. Ankerbäume zur Fixierung der Abspannseile können trotz Verwendung von Kunststoffschlaufen beschädigt werden, überleben aber meist. Gelegentlich müssen die Ankerbäume angeschnitten werden, um die Abspannseile sicher zu fixieren. Zum Teil sterben die Stützenbäume in der Trasse ab.



## **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Belastende Arbeiten sind die Montage der Seilkrananlage und das Anhängen der Last, wenn der Seilzug am Laufwagen nicht aktiv unterstützt ist. Starke Hangneigungen erschweren ebenfalls die Arbeit im Bestand. Inzwischen erfolgt das Aushängen der Last meist automatisch, so dass hier keine Beanspruchung mehr auftritt.

Im Vergleich zu Seillinienverfahren im Flachland erhöht sich die Unfallgefahr bei der Arbeit im Bestand. Abgesehen von der Stolpergefahr im Steilhang stellen abrollende Stammstücke eine große Gefahr dar. Dies erfordert große Umsicht aller Arbeiter.

Während des Betriebes ist der Aufenthalt im Gefährdungsbereich der Seilanlage verboten. Funkfernsteuerungen sorgen dafür, dass sich die Arbeiter stets außerhalb des Gefahrenbereichs der angehängten Last aufhalten können. Dies reduziert die Unfallgefahr insbesondere bei der Lastaushängung deutlich. Bei der Montage der Stützen müssen die Arbeiter ausreichend gesichert sein.

Die Technik und das Verfahren verlangen eine gute Schulung und einen hohen Übungsgrad des eingesetzten Personals.

## ***Abschließende Beurteilung***

*Die Bringung mit dem Seilkran ist ein bewährtes Verfahren im Hoch- und Mittelgebirge. Es erfordert einen hohen Organisationsaufwand. Hohe Fixkosten und eine im Vergleich zur Bringung im Flachland geringe Leistung verteuern das Verfahren relativ. Einsätze im Schwachholz sind überwiegend defizitär. Nur über eine optimale Auslastung der Anlage lassen sich die Systemkosten minimieren. Die Nutzung einer möglichst großen Holzmasse je Aufstellung bei idealem Trassenabstand zählt zu den wichtigsten Erfolgsfaktoren. Nur erfahrene Spezialisten sind dazu in der Lage.*

*Selbstfahrende Laufwagen tragen durch ihren niedrigen Anschaffungspreis und die geringen Montagezeiten zur Kostenreduktion bei und ermöglichen es, auch bei kleineren Hieben positive Deckungsbeiträge zu erzielen.*

*Das Verfahren ist universeller einsetzbar und vereint mehr Vorteile als Freies Treiben oder die Bringung mit Kunststoffloiten. In Kombination mit anderen Verfahren ist bei der Seilkranbringung eine höhere Leistung möglich (siehe Kapitel 5.3, 5.4 und 5.5).*

## 4.6 Hubschrauberbringung

### Einsatzbereich

Hubschrauber werden eingesetzt, um Holz aus unbefahrbaren und unzugänglichen Lagen zu bringen. Es handelt sich dabei fast ausschließlich um unerschlossene Bestände im Gebirge. Mit dem Hubschrauber werden Kurzholz, Langholz sowie Vollbäume gerückt.

### Maschinen

Für die Einsätze steht eine Vielfalt von Maschinen zur Verfügung. HEINIMANN [1998 b] nennt 15 gebräuchliche Helikoptertypen für das Holzlücken. Nach seinen Ausführungen werden in der Schweiz - und in Anlehnung daran im gesamten Alpenraum - nur leichte und mittlere Typen eingesetzt. Es handelt sich dabei um Maschinen aus der Serienfertigung, die teilweise erst für den Holztransport umgerüstet werden müssen.

1995 erschien mit dem *K-MAX K 1200* ein leichter Hubschrauber auf dem Markt, der speziell für den Transport von Außenlasten konzipiert wurde. Der *K-MAX K 1200* transportiert bei einem Leergewicht von 2,2 Tonnen Lasten bis 2,7 Tonnen. Inzwischen verfügen mehrere Flugunternehmen über diesen Hubschraubertyp. In der neueren Literatur finden sich bereits einige Veröffentlichungen zu diesem Helikopter. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich daher überwiegend auf diesen Typ.



**Abb. 19:** Hubschrauber beim Abhängen (Photo: LWF)

## Verfahrensablauf

HEINIMANN [1998] beschreibt den Verfahrensablauf im Produktionssystem „Holzernte mit Helikopter“. Da der Helikopter das teuerste Glied der Holzertekette ist, müssen alle anderen Schritte auf ihn abgestimmt werden.

Die motormanuell gefällten Bäume werden im Bestand grob entastet und eventuell gezopft. Dabei ist es wichtig, die Fällordnung streng einzuhalten. Vor allem darf bei der Fällung kein „Verhau“ entstehen, den der Hubschrauber nicht entzerren kann. Stämme, die die Anhängelast des Hubschraubers überschreiten, werden so abgelängt, dass optimale Transportgewichte entstehen. Möglich ist auch die Aufarbeitung von Sortenstücken im Bestand und die anschließende Hubschrauberbringung. Die Vortrocknung des Holzes auf der Hiebsfläche ist ebenfalls eine wirkungsvolle Maßnahme, um über den Gewichtsverlust die Leistung des Systems zu erhöhen.

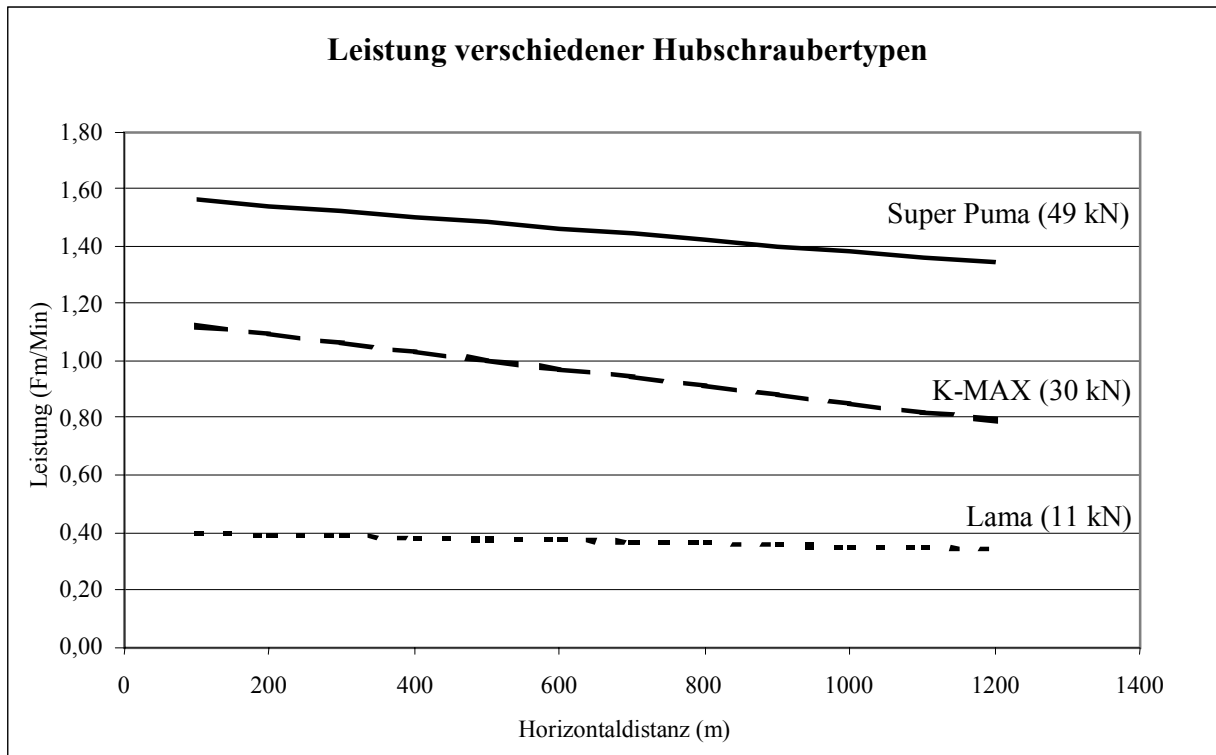
Im Bestand sind ein bis zwei Arbeiter damit beschäftigt, die Stämme im Chokerverfahren an den Lasthaken des Hubschraubers anzuhängen. Sie müssen in der Lage sein, die Last optimal zu bündeln. Der Hubschrauber sollte bei jedem Flug maximal ausgelastet sein, darf aber keinesfalls überlastet werden. Ein Überlastschutz am Helikopter löst im Fall des Überladens die Last wieder aus. Das Holz wird zu einem ausreichend großen Lagerplatz im Tal geflogen. Dort kann es ein Harvester oder Prozessor aufarbeiten.

Hubschraubereinsätze müssen sorgfältig vorbereitet werden, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Die Planung muss in enger Abstimmung zwischen Forstbetrieb und Flugunternehmen erfolgen.

Die Piloten und die Bodenmannschaft sollen über ausreichende Erfahrung verfügen. Ein Teil der Flugunternehmer bietet die komplette Abwicklung der Bringung an. Dies hat den Vorteil, dass eine erfahrene und aufeinander eingespielte Mannschaft die Arbeiten übernimmt.

## Leistung und Kosten

Die Leistung bei der Hubschrauberbringung hängt von verschiedenen Faktoren ab und kann stark schwanken. Neben dem Helikoptertyp entscheiden horizontale und vertikale Flugdistanz wesentlich über die Leistung. Mit zunehmender Meereshöhe und steigender Temperatur sinkt die Hubkraft, weil wegen der geringeren Luftdichte der aerodynamische Auftrieb abnimmt. In gleicher Weise sinkt die Turbinenleistung in dünnerer Luft. Deshalb kann die Hubkraft eines Hubschraubers in der Praxis nur zu rund 70 % ausgenutzt werden [HEINIMANN 1998]. Darüber hinaus beeinträchtigen schlechte Sichtverhältnisse und starke Winde die Leistung in hohem Maße.



**Abb. 20:** Leistung verschiedener Hubschraubertypen bei Transport bergab in Abhängigkeit von der Horizontal­distanz [nach HEINIMANN 1998]

HEINIMANN [1998] zeigt in einer Grafik die Leistung von Hubschraubern beim Holzrücken in Abhängigkeit von der horizontalen Flugdistanz. Die durchschnittliche Höhendifferenz zwischen Aufnahmeort und Ablageplatz soll 25 % der Horizontalentfernung entsprechen. Für den *K-MAX* nennen verschiedene Autoren Tagesleistungen bis 500 Fm unter günstigen Bedingungen. SPRENGER [2000] und HEINRICH [1997 a] geben Kosten von ca. 51,- €/Fm an. FEICHTNER [2002] gibt bei maximal 400 Höhenmeter und 900 m Distanz eine Kostenspanne von 40 bis 50 €/fm an.

Bei einer Annahme der Kosten von 3.000 €/Flugstunde für den *K-MAX* (30 kN) und vorgegebener Horizontal­distanz und Leistung [nach HEINIMANN 1997] ergeben sich folgende Kosten pro Festmeter.

**Tab. 20:** Leistungsdaten *K-MAX* (30 kN) bei unterstellten 3.000 €/Flugstunde

<b>Horizontal­distanz (m)</b>	200	600	1200
<b>Leistung (Fm/Min)</b>	1,10	0,98	0,80
<b>Kosten (€/Fm)</b>	45,45	51,02	62,5

## **Pfleglichkeit**

Die Bringung mit dem Hubschrauber ist sehr pfleglich. Die Gefahr von Bestandesschäden wird als gering bewertet. In der Regel zieht der Hubschrauber die Last fast senkrecht nach oben.

## **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Die Bodenmannschaft verrichtet schwere Arbeit, vor allem beim Übersteigen und Anhängen der Stämme. Diese anstrengende Tätigkeit ist mit einer mittleren bis hohen Unfallgefahr verbunden. Am Abladeplatz besteht beim Ausklinken der Last eine erhöhte Unfallgefahr. Die Arbeitssicherheit steigt, wenn der Lasthaken vom Piloten ausgelöst werden kann.

Die ergonomische Belastung des Piloten hängt vom jeweiligen Maschinentyp ab. Vibrations- und Geräuschdämpfung sind unterschiedlich. Die körperliche Belastung ist eher gering, die mentale sehr hoch. Die Arbeit des Piloten verlangt eine andauernd hohe Konzentration. Abstürze sind eher selten. Bei schlechter Sicht und starkem Wind sollte der Einsatz aus Sicherheitsgründen unterbrochen werden.

## ***Abschließende Beurteilung***

*Die Holzbringung mit dem Hubschrauber ist teuer. Sie erfordert einen hohen Organisationsaufwand, um den Hubschrauber als teuerstes Glied des Systems effizient auszunutzen.*

*Auf Grund der hohen Kosten kommt die Hubschrauberbringung nur in besonderen Fällen in Betracht. Neben der Ernte sehr wertvoller Hölzer sind Waldschutz (Käferholz), Verkehrssicherungsmaßnahmen und Holzernte im Schutzwald die wichtigsten Einsatzbereiche. Auf Grund der guten Pfleglichkeit stellt die Bringung mit dem Hubschrauber im Schutzwald eine wichtige Alternative dar.*

*Problematisch ist der hohe Energieeinsatz für das Bringungsverfahren und die mit der Arbeit verbundene Lärmbelästigung. Andererseits kann in Gebieten mit hohem Touristenaufkommen die Helikopterbringung sogar eine Attraktion darstellen.*

## 5. Verfahrenskombinationen

Im folgenden werden einige ausgewählte Verfahrenskombinationen näher beschrieben, die nach Meinung der Autoren bei der Holzernte im Gebirge gebräuchlich sind oder denen in Zukunft eine größere Bedeutung zukommen wird.

### 5.1 Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Rücken mit Forstschlepper auf Maschinenwegen

#### Einsatzbereich

Das Verfahren eignet sich für ausreichend mit Maschinenwegen erschlossene Bestände. Vorzugsweise wird Langholz aufgearbeitet. Die Rückeleistung nimmt im Kurzholz deutlich ab. Nadel- und Laubholz können gleichermaßen aufgearbeitet werden.

#### Maschinen

Für die motormanuelle Fällung und Aufarbeitung wird die Standardausrüstung (Motorsäge, Axt, Keile, persönliche Schutzausrüstung) benötigt. Zum Rücken dient ein landwirtschaftlicher Schlepper mit Forstausrüstung oder ein Forstspezialschlepper mit einer funkgesteuerten Seilwinde.

#### Verfahrensablauf

Fällen und Aufarbeiten entsprechen den Anforderungen der jeweiligen Tarife oder Auftraggeber. Zeitlich versetzt wird das Holz mit dem Schlepper gerückt und gepoltet.

#### Leistung und Kosten

Die Kosten für die motormanuelle Holzernte schwanken deutlich. Bei einem mittleren Lohnniveau von 33,71 €/h [BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG 1999], den Leistungswerten des bayerischen Staatswalds im Hochgebirge (siehe Kapitel 3.1) sowie den in Kapitel 4.3 dargestellten Kosten für die Schlepperbringung lassen sich die aus Tabelle 21 ersichtlichen Gesamtkosten ermitteln. Dabei wurden die Leistungswerte auf BHD-Stufen umgerechnet und eine Aufarbeitung von 6 m langen Rohschäften unterstellt.

*Tab. 21: Durchschnittliche Kosten beim motormanuellen Fällen/Aufarbeiten und Rücken mit Schleppern auf Maschinenwegen*

	BHD (cm)			
	20	25	30	35
<b>Holzernte HGT (€/Fm)</b>	35,50	24,89	18,93	15,35
<b>Rücken (€/Fm)</b>	13,55	10,16	7,62	6,10
<b>Gesamtkosten (€/Fm)</b>	<b>49,05</b>	<b>35,05</b>	<b>26,55</b>	<b>21,45</b>

## **Pfleglichkeit und Ergonomie**

Aspekte zur Pfleglichkeit und Ergonomie des Verfahrens wurden in den Kapiteln 3.1 und 4.3 besprochen.

### ***Abschließende Beurteilung***

*Bei vorhandener Erschließung der Bestände mit Maschinenwegen ist dieses Verfahren zu empfehlen und eignet sich auch für den Kleinprivatwald. Vorteilhaft sind der geringe Organisationsaufwand sowie die einfache Ausführung. Die benötigten Maschinen sind im Privatwald in der Regel weit verbreitet oder zumindest leicht verfügbar. Die Hiebsbedingungen beeinflussen Leistung und Kosten wesentlich. Motormanuelle Holzernte sowie lange Beizugs- und Rückedistanzen bedingen hohe Kosten. Ab mittelstarkem Holz kann jedoch mit einer kostendeckenden Aufarbeitung gerechnet werden. Schäden am Bestand sind nicht zu vermeiden, gravierende Bodenschäden nicht zu erwarten. Die ergonomische Belastung ist relativ hoch.*

## **5.2 Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Bringung mit Seilkran, Verziehen mit Forstschlepper**

### **Einsatzbereich**

Diese Kombination stellt das Standardverfahren in steilen Lagen dar, wenn auf Grund der mangelnden Erschließung mit Maschinenwegen die Schlepperbringung ausscheidet.

### **Maschinen**

Die Arbeiter sind für die Fällung und Aufarbeitung mit der Standardausrüstung bzw. dem im Arbeitsauftrag genannten Werkzeug ausgestattet. Vorzugsweise wird für die Bringung ein Seilkran mit Kippmast verwendet (zur Ausstattung von Seilkränen siehe Kapitel 4.5). Ein Forstschlepper, häufig auch ein Radbagger, steht zum Verziehen des Holzes bereit. Zangenschlepper sind beim Verziehen Seilschleppern überlegen. Bei der Aufarbeitung von Kurzholz kann auch ein Forwarder das geseilte Holz aufnehmen.

### **Verfahrensablauf**

Die motormanuelle Aufarbeitung erfolgt gemäß den Anforderungen (siehe Kapitel 3.1). Mit dem Seilkran werden die Sortenstücke vorzugsweise bergauf gerückt (siehe Kapitel 4.5). Massenanfall pro Trasse und Ablagemöglichkeiten am Ende der Trasse bestimmen, ob das gerückte Holz sofort oder zu einem späteren Zeitpunkt verzogen werden muss.

## Leistung und Kosten

Bei der folgenden Kostenaufstellung werden für motormanuelle Fällung und Aufarbeitung 24,89 €/Fm für mittelstarkes Holz und 15,35 €/Fm für Starkholz veranschlagt (siehe Kapitel 5.1). Die Seilkranarbeit wird mit den durchschnittlichen Kosten aus den Seilkraneinsätzen des SEILSTÜTZPUNKTS LAUBAU [2000] bewertet. Als durchschnittliche Kosten für das Verziehen werden im mittelstarken Holz 7,41 €/Fm und für Starkholz 4,86 €/Fm unterstellt [SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU 1999].

*Tab. 22: Kosten bei motormanueller Fällung und Aufarbeitung, Bringung mit Seilkran, Verziehen mit Forstschlepper*

	Mittelstarkes Holz	Starkholz
<b>Holzernte (€/Fm)</b>	24,89 <sup>1</sup>	15,35
<b>Seilkranarbeit (€/Fm)</b>	32,76	21,63
<b>Verziehen (€/Fm)</b>	7,41	4,86
<b>Gesamtkosten (€/Fm)</b>	<b>65,06</b>	<b>41,84</b>

<sup>1</sup> Siehe Tabelle 21

Mobilseilanlagen sind häufig mit Verladekran ausgestattet, dadurch entfallen die Kosten für das Verziehen. Alle genannten Kostensätze sind Mittelwerte mit großer Streubreite. Unter günstigen Bedingungen werden sich bereits im mittelstarken Holz die Kosten derart reduzieren, dass kostendeckend aufgearbeitet werden kann. Umgekehrt können schwierige Hiebsbedingungen dazu führen, dass selbst im Starkholz keine Kostendeckung erreicht wird.

## Pfleglichkeit und Ergonomie

Ausführliche Erläuterungen hierzu finden sich in den Kapiteln 3.1 und 4.5.

### *Abschließende Beurteilung*

*Bei einem mittleren bis hohen Planungs- und Organisationsaufwand verursacht dieses Verfahren hohe Gesamtkosten. Sie schwanken stark je nach Einsatzbedingungen. In der Regel ist erst im Grenzbereich vom mittelstarken Holz zum Starkholz eine kostendeckende Holzernte möglich.*

*Die Arbeiter sind einer hohen ergonomischen Belastung ausgesetzt. Schäden am Bestand sind nicht zu vermeiden. Das Verfahren ist jedoch relativ bodenschonend, da keine Befahrung stattfindet.*



### **5.3 Motormanuelle Fällung in Kombination mit Seilkranbringung (Vollbäume) und Aufarbeitung mit Harvester oder Prozessor**

#### **Einsatzbereich**

Der wirtschaftliche Erfolg bei der Aufarbeitung und Rückung von Schwachholz zu verkaufsfähigen Sortimenten ist in steilen Lagen häufig in Frage gestellt. Die Vollbaumbringung im kombinierten Verfahren mit dem Schwachholzseilkran und die anschließende Aufarbeitung zu Sorten mittels Harvester ermöglicht eine Kostenreduktion gegenüber geringer mechanisierten Verfahren. Eine kostendeckende Aufarbeitung im Schwachholz lässt sich dennoch nur unter besten Bedingungen erreichen. Das bereits in den achtziger Jahren entwickelte Verfahren wird überwiegend in der Durchforstung von Nadelholzbeständen angewandt.

#### **Maschinen/Geräte**

Der mit der Fällung beauftragte Arbeiter ist mit Motorsäge und persönlicher Schutzausrüstung ausgestattet. Der Funkseilkran ist je nach Bedarf für Schwachholz oder mittelstarkes Holz dimensioniert. Er soll über möglichst komfortable Steuerfunktionen verfügen. Vorteilhaft ist es, wenn sich die Position des Laufwagens während des seitlichen Beizugs verändern lässt. Als Harvester oder Prozessor eignet sich jede auf dem Markt befindliche Maschine, die in ihrer Leistungsfähigkeit der Dimension der Stämme angepasst ist. Raupenharvester oder Bagger mit Prozessorkopf sind vorzuziehen, weil ihre Hubkraft groß genug ist, um gerückte Vollbäume zu entzerren. Falls am Ende der Seiltrasse nicht ausreichend Platz zum Ablegen der gerückten Vollbäume vorhanden ist, muss ein Schlepper zum Entzerren bereit stehen. Zangenschlepper eignen sich gut für diese Teilarbeit.

#### **Verfahrensablauf**

Der Arbeitsablauf gleicht dem Seillinienverfahren in der Ebene. Vor Hiebsbeginn werden die Trassen markiert und ein ausreichend großer Trichter am Ende der Trasse zum Ablegen der Vollbäume aufgehauen. Ein Arbeiter legt durch Stehendentasten die Seillinie im spitzen Winkel zur Seiltrasse fest. Ein weiterer Arbeiter zieht das Seil bis ans Ende der Seillinie aus. Die einzelnen Bäume werden nach dem Fällschnitt angelehnt und mit Seilunterstützung zu Fall gebracht. Sie werden mit Chokerschlingen gebündelt bis zur Seiltrasse vorgerückt. Die Bringungsrichtung verläuft bergauf oder horizontal. Anschließend wird das Lastbündel gezopft und hochgeseilt. Ausgehängt werden die Bäume über die Funksteuerung oder automatisch.

Zeitlich versetzt zur Fällung und Rückung erfolgt der Harvestereinsatz auf der Waldstraße. Die Vollbäume werden zu Sortenstücken aufgearbeitet und abgelegt. Falls notwendig, muss ein Schlepper die Sortimente noch rücken und getrennt poltern.

## Leistung und Kosten

Auch zu diesem Verfahren existieren nur wenige Studien zu Leistung und Kosten. Aus einer Literaturquelle des KWF [1992] liegen Leistungszahlen und Kostenwerte für das Verfahren „Bringung mit Schwachholzseilkran, Aufarbeitung mit Radharvester sowie anschließendem Rücken mit Forwarder“ vor. Zur Berechnung aktueller Kostenwerte wurden in Anlehnung an das KWF [1996] Systemkosten für Seilkranarbeit und Fällen von 93,31 €/h (einschließlich Montage, Umbau sowie Motorsägengeld) herangezogen.

**Tab. 23:** Leistung und Kosten für kombiniertes Fällen/Rücken von Vollbäumen mit Funkseilkran, Aufarbeitung mit Harvester und Rücken mit Forwarder [KWF 1992, verändert]

		<b>BHD in cm m.R.</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>18</b>
		<b>Stückmasse in Fm o.R.</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>	<b>0,20</b>
<b>Leistung (Fm/MAS)</b>	<b>Seilkranarbeit</b>		2,5	2,8	3,2	3,8
	<b>Aufarbeitung</b>		8,0	8,5	9,5	12,0
	<b>Rücken</b>		8,0	9,0	10,0	12,0
<b>Kosten (€/Fm)</b>	<b>Seilkranarbeit</b>		37,32	33,32	29,16	24,56
	<b>Aufarbeitung</b>		16,49	15,52	13,89	10,99
	<b>Rücken</b>		8,63	7,67	6,90	5,75
<b>Gesamtkosten (€/Fm)</b>			<b>62,44</b>	<b>56,51</b>	<b>49,59</b>	<b>41,30</b>

Die Kosten für das Verfahren sind hoch, kostendeckende Aufarbeitung ist in den überprüften Durchmesserbereichen derzeit nicht möglich. Leistungszahlen für die Teilarbeit kombiniertes Fällen und Rücken liefert auch eine weitere Quelle [MORAT et al. 1998]. Als Grundlage für die Kostenrechnung werden für dieses Zwei-Mann-Verfahren ebenfalls 93,31 €/h unterstellt.

**Tab. 24:** Durchschnittliche Leistung und Kosten für kombiniertes Fällen und Rücken mit Schwachholzseilkranen [MORAT et al. 1998, verändert]

<b>BHD (cm)</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>
<b>Leistung (Fm/h)</b>	2,0	2,5	3,0	4,1	4,5	5,2
<b>Kosten (€/Fm)</b>	46,66	37,32	31,10	22,76	20,74	17,94

Die Daten des KWF können lediglich als Orientierungswerte interpretiert werden, sie sind nicht miteinander vergleichbar. Es muss davon ausgegangen werden, dass sich die Quellen sowohl in der Maschinenausstattung als auch bei den Rahmenbedingungen unterscheiden.

## Pfleglichkeit

Durch die Seilunterstützung können die Bäume gezielt und damit bestandesschonend gefällt werden. Die Gefahr von Rückeschäden ist beim Einschwenken der Lastbündel in die Trasse am größten. Beschädigungen der Trassenrandbäume kommen regelmäßig vor. Die Aufarbeitung und das anschließende Rücken mit Schlepper bzw. Forwarder stellen keine Gefährdung für den Bestand dar.

Bodenverwundungen können beim seitlichen Zuzug und Lasttransport entstehen. Sie sind oberflächlich, wirken sich also nicht langfristig nachteilig auf das Bodengefüge aus. Der Bestand wird bei dieser Verfahrenskombination nicht befahren.

### **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Die Montage der Seilkrananlage ist eine schwere körperliche Arbeit. Ebenso kann der Seilauszug stark belasten, wenn die Anlage nicht über eine aktive Seilausspülung verfügt (siehe Kapitel 4.5). Die seilunterstützte Fällung erleichtert die motormanuelle Arbeit deutlich. Insbesondere die starke körperliche Beanspruchung beim Zufallbringen verringert sich. Um einseitigen Belastungen vorzubeugen, sollen sich die Arbeiter beim Fällen und Bedienen des Seilkrans abwechseln. In Kapitel 4.5 wurden bereits die Unfallgefahren bei der Seilkranbringung angesprochen. Die Seilunterstützung beim Fällen verringert die Gefährdung.

### ***Abschließende Beurteilung***

*Das Verfahren erfordert einen mittleren Organisationsaufwand. Es ist bodenschonend, verursacht aber Bestandesschäden. Bezüglich der Ergonomie schneidet es besser ab als die vorher beschriebenen Verfahren. In Schwachholzdurchforstungen kann selten kostendeckend gearbeitet werden. Wenn Waldbau oder Forstschutz Hiebe in diesen Durchmesserbereichen erfordern, stellt die Verfahrenskombination eine sinnvolle Alternative dar.*

## **5.4 Gebirgharvester**

Als Gebirgharvester werden Seilkrananlagen bezeichnet, die zusätzlich mit einem Kranprozessor am Trägerfahrzeug ausgerüstet sind. Sie sind erst seit wenigen Jahren im Einsatz.

### **Einsatzbereich**

Der Einsatzbereich der Gebirgharvester deckt sich etwa mit dem der übrigen Seilkrananlagen. Sie werden zur Bringung sowohl bergauf als auch bergab oder horizontal eingesetzt. Für die Bergabbringung in der Durchforstung eignet er sich aber wegen hoher Bestandesschäden und geringerer Leistung nur bedingt [BAYERISCHE WALDARBEITSSCHULE LAUBAU 2002]. Das Verfahren sieht Vollbaumbringung in Nadelholzbeständen vor, mit anfallendes Laubholz wird ebenso aufgearbeitet.



*Abb. 21: Gebirgsarvester „Syncrofalke“ (Photo: LWF)*

## Maschinen

Auf dem Trägerfahrzeug (Lkw) ist zusätzlich zur Kippmastanlage ein Prozessorkopf montiert. Die Seilkrananlagen sind Allterrainanlagen oder arbeiten mit einem selbstfahrenden Laufwagen. Sie sind meist mit moderner Funksteuerung und Zielautomatik ausgestattet.

Bei den jüngeren Modellen ist der Prozessorkopf am Kranausleger integriert. Üblicherweise sind die Kranausleger hinter dem Kippmast auf der Trägerplattform montiert. Bei neueren Entwicklungen (Konrad *MOUNTY 4000*) befindet er sich direkt am Kippmast. Ein rundes Formrohr umschließt dabei den Kippmast. Der Vorteil dieser Montage besteht in einem sehr großen Arbeitsradius des Kranes von  $300^\circ$ . Die Antriebseinheit liegt unter der Plattform. Ideal sind Aggregate mit hochklappbaren Vorschubrollen. Der Prozessorkopf fungiert dann als vollwertiger Ladegreifer.

## Verfahrensablauf

Ein Arbeiter fällt die Bäume motormanuell und zopft sie an der Verwertungsgrenze. Ein zweiter Arbeiter hängt die Last an, bündelt gegebenenfalls und schickt per Funksteuerung den Laufwagen zum Trägerfahrzeug. Dort nimmt ein dritter Mann die Last ab, arbeitet mit dem Prozessor die Vollbäume zu Sortimenten auf und legt das Holz geordnet ab.

Es ist auch möglich, je einen Arbeiter links und rechts der Trasse mit dem Fällen und Anhängen zu beauftragen. Beide Arbeiter sind dabei mit einer Funkfernsteuerung ausgerüstet und seilen abwechselnd die Last hoch. Bei geringen Stückmassen empfiehlt es sich, mehrere Bäume in einer Seillinie mit Seilun-

terstützung zu fällen und beizuziehen. Im Falle kurzer Rückentfernungen kann der Prozessorführer die gerückten Bäume teilweise nicht schnell genug aufarbeiten. Dadurch entstehen Wartezeiten für die Arbeiter im Bestand.

## Leistung und Kosten

Das Verfahren besitzt klare Vorteile. Die Systemkosten reduzieren sich, weil nur eine Maschine mit drei Arbeitern erforderlich ist. Bei ausreichendem Lagerplatz am Maschinenstandort kann das Holz abfuhrbereit abgelegt werden.

Gebirgharvester sind erst seit wenigen Jahren im Einsatz. Sie sind Gegenstand aktueller Studien in Österreich. Leistungswerte und Kostensätze sind momentan nur aus einzelnen Einsätzen verfügbar. SCHEURER [1996] berichtet von einem Einsatz in einer Durchforstung mit einem Mittelstammvolumen von 0,37 Fm. Er beziffert den Aufwand des Forstbetriebs bei einer Tagesleistung des Systems von 32,8 Fm mit 71,10 SFr/Fm, das entspricht etwa 47,- €/Fm. Die Leistungsspanne gibt der Autor mit 30 bis 100 Fm pro Tag an, wobei unklar bleibt, wie viele Stunden pro Tag jeweils gearbeitet wurde.

PRÖLL [2000 a] errechnete für einen Einsatz in Österreich Selbstkosten eines Unternehmers von 2.147 ATS/h ohne Umsatzsteuer. Unternehmergewinn, Gemein-, Planungs- und Überstellungskosten sind nicht enthalten, ebensowenig Reparaturzeiten. Dieser Satz entspricht etwa 153,39 €/h.

In einer Fichtendurchforstung beobachtete der Autor den Einsatz eines Gebirgharvesters. In die Kostenrechnung gehen die Selbstkosten des Unternehmers ein. Kosten für den Auf- und Umbau sind nicht enthalten.

**Tab. 25:** Leistung und Selbstkosten des Unternehmers beim Einsatz eines Gebirgharvesters [nach PRÖLL 2000 a]

	Trasse		
	I	II	III
<b>Stückmasse</b>	0,08	0,10	0,10
<b>Leistung (Fm/h GAZ)</b>	6,0	7,2	7,4
<b>Selbstkosten (€/Fm)</b>	26,13	21,73	21,17

Leistungsdaten des Seilstützpunktes in der Laubau zeigen ein ähnliches Bild für den *Syncro-Falken* auf einem gering höheren Kostenniveau pro Festmeter [SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU 2002]. Sie sind jedoch nicht direkt vergleichbar, da hier bereits die Kosten für Auf- und Abbau inbegriffen sind und die Werte der Tagesleistung nicht ermittelt wurden.

Die Firma Konrad Forsttechnik als Hersteller und Betreiber des Gebirgharvesters *Mounty 4000* nennt eine Systemleistung von ca. 60 Fm pro Tag in Durchforstungen und von 80 – 120 Fm bei „Absäumungen und stärkeren Freistellungen“ [KONRAD - FORSTTECHNIK o. J.]. Ausgehend von diesen Zahlen und bei unterstellten Systemkosten von 204,52 €/h wurden für unterschiedliche Einsatzstunden pro Tag die Erntekosten errechnet.

**Tab. 26:** Erntekosten mit einem Gebirgsharvester bei unterstellten Systemkosten [nach KONRAD FORSTTECHNIK o. J.]

Leistung in Fm/Tag	Kosten in €/Fm bei		
	8 h/Tag	10 h/Tag	12 h/Tag
60	27,27	34,09	40,90
80	20,45	25,56	30,68
120	13,64	17,04	20,45

Bei Unternehmern werden häufig zehn Stunden pro Tag gearbeitet. Werden die Leistungszahlen von PRÖLL [2000 a] entsprechend umgerechnet, beträgt die Tagesleistung seiner Studie in einer Durchforstung 60 bis 74 Fm. Weitere wissenschaftliche Arbeiten zur Kostenstruktur stehen noch aus.

### **Pfleglichkeit**

Hier gelten die Aussagen zur Pfleglichkeit bei der Seilkranbringung im Vollbaumverfahren (siehe Kapitel 5.3).

### **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Die ergonomische Belastung und die Unfallgefährdung bei der motormanuellen Holzernte wurden bereits in Kapitel 3.1 besprochen, zur Seilkranarbeit siehe Kapitel 4.5.

Um einem monotonen Arbeitsablauf vorzubeugen, sollten sich die Arbeiter zumindest beim Fällen und Anhängen regelmäßig abwechseln. Seilunterstütztes Fällen der Bäume entlastet bei der motormanuellen Arbeit. Die Arbeit des Maschinenführers wechselt zwischen Abhängen und Bedienen des Prozessors. Eine Kabine schützt den Maschinenführer bei der Bedienung des Prozessors.

### **Abschließende Beurteilung**

*Der Einsatz von Gebirgsharvestern ist eine Alternative zu Raupenharvestern mit anschließender Seilkranbringung. Der Einsatz nur einer Maschine wirkt sich günstig aus. Der Organisationsaufwand ist vergleichbar mit der normalen Seilkranbringung. Bei höherem Holzanfall pro Trasse und Aushaltung mehrerer Sorten können schnell Lagerplatzprobleme neben der Maschine entstehen. Eine gute zeitliche Abstimmung der Abfuhr stellt gewisse Ansprüche an die Logistik.*

*Das Verfahren erscheint leistungsfähig und lässt auch im Gebirge eine kostendeckende Holzernte erwarten. Gesicherte Ergebnisse zu Leistung und Kosten liegen allerdings noch nicht vor.*

*Gebirgsharvester ermöglichen im Vergleich zu anderen Erntesystemen im Gebirge eine bestandes- und bodenschonende Holzernte. Sie eignen sich daher auch für Eingriffe in sensiblen Bereichen.*

## 5.5 Raupenharvester mit anschließender Seilkranbringung

### Einsatzbereich

Das wichtigste Kriterium für die Anwendbarkeit des Verfahrens ist die Befahrbarkeit des Hanges mit einem Raupenharvester. Vor allem dürfen keine Geländehindernisse vorhanden sein, die den Harvester zu Kurvenfahrten zwingen. Der physikalische Bodenzustand, insbesondere der Wassergehalt bestimmen die Einsatzmöglichkeit des Fahrzeugs. Das Verfahren setzt voraus, dass die Arbeitswege des Raupenharvesters, die in Falllinie ohne Querneigung verlaufen müssen, mit den Seiltrassen übereinstimmen.

### Maschinen/Geräte

Der Raupenharvester soll über einen möglichst langen Kranausleger verfügen (zu verschiedenen Harvestertypen siehe Kapitel 3.2). Von Vorteil ist eine tiltbare Kabine. Bei großen Gassenabständen ist eine Ausrüstung für motormanuelles Fällen notwendig, um gegebenenfalls Bäume zufällen zu können. Die Bringung erfordert einen leistungsfähigen Seilkran mit Funksteuerung. Ideal ist ein Laufwagen mit Zielautomatik.

### Verfahrensablauf

Die Fahrwege bzw. Seiltrassen sind vor Hiebsbeginn deutlich zu markieren. Am Ende der Seiltrasse muss ausreichend Platz zum Ablegen der gerückten Sortimente vorhanden sein. Bäume außerhalb der Kranreichweite des Harvesters werden motormanuell zur Trasse gefällt. Dies sollte zeitlich vor dem Harvestereinsatz erfolgen, um Wartezeiten der Maschine zu vermeiden. Der Harvester bewegt sich auf den Trassen und legt das aufgearbeitete Holz auf der Trasse (Langholz) oder an deren Rand (Kurzholz) ab. Die je nach Einsatzort erforderliche Rückfahrt des Harvesters muss möglich sein. Beim Ablegen des Holzes sollen möglichst große Rauhbeigen entstehen, die aber gegen Abrutschen zu sichern sind.

Zeitlich versetzt wird das Holz mit dem Seilkran gerückt. Mit dem Anhängen der Last sollen zwei Arbeiter beauftragt werden. Bei geringen Trassenabständen empfiehlt es sich, den Seilkran nur an jeder zweiten oder dritten Trasse aufzustellen. Das Holz an den dazwischen liegenden Trassen wird beigeilt. Bei hohem Massenanstieg oder beengten Ablagemöglichkeiten kann es notwendig sein, einen Trag- oder Zangenschlepper zum sofortigen Verziehen der gerückten Sortimente bereitzuhalten.

### Leistung und Kosten

Bisher liegen nur Daten aus Einzelstudien vor. Sie zeigen aber die mögliche Leistungssteigerung gegenüber geringer mechanisierten Verfahren. Der Harvester arbeitet leistungsstark auf, die Vorkonzentration der Sortimente an der Trasse steigert die Effektivität des Seilkrans.

STEINMÜLLER und STAMPFER [2000] ermittelten die Produktivität eines Seilkrans nach dem Einsatz eines kleinen Raupenharvesters vom Typ *MHT Robin*. Der Gassenabstand betrug 15 m, der Seilkran der Firma Königswieser wurde nur an jeder dritten Trasse aufgestellt. Im Mittel betrug die Rücke-

distanz für den Seilkran 80 m und die seitliche Zuzugsentfernung 11 m. Je Lastfahrt wurden durchschnittlich vier Schlingen angehängt. Die Verfasser geben die Anzahl der zum Anhängen der Last eingesetzten Arbeiter nicht an. Im Vergleich zur Variante mit motormanueller Aufarbeitung steigerte die Vorkonzentration die Leistung des Seilkranes bei einer Stückmasse von 0,06 Fm um 21 %. Das entsprach einem absoluten Produktivitätsunterschied von 1,6 Fm je Stunde GAZ und dies trotz der relativ hohen seitlichen Beizugsentfernung. In der Regel wächst die Leistung mit zunehmender Stückmasse. Die prozentuale Leistungssteigerung durch die Vorkonzentration ist jedoch in Bereichen geringer Stückmassen höher als bei stärkeren.

In einer weiteren Studie berichten STAMPFER und LOSCHEK [1999] von einem vergleichbaren Einsatz. Ein Raupenharvester „*Königstiger*“ arbeitete das Holz auf, gerückt wurde mit den Seilgeräten „*Syncro*“ und „*Turmfalke*“ mit Zielautomatik des Laufwagens. Auf fünf Trassen wurde bergab, auf sieben bergauf transportiert. Die mittlere Transportdistanz betrug knapp 120 m, die seitliche Zuzugsentfernung 4,7 m. Auch hier wurden je Lastfahrt durchschnittlich vier Schlingen eingesetzt. Für ein Stückvolumen von 0,15 Fm wurde im Vergleich zur Variante ohne Vorkonzentration eine Leistungssteigerung von 30 % erreicht. Das entsprach einem absoluten Leistungsunterschied von 4,4 Fm je Stunde GAZ. Bei kleineren Stückvolumen von etwa 0,06 Fm ergab sich ein Leistungszuwachs von 66 %, bei großen Stückmassen um 0,24 Fm von 23 %. Unterschiede zwischen Bergauf- und Bergabbringung konnten die Verfasser nicht nachweisen.

Der Leistungsunterschied wird am durchschnittlichen Lastvolumen pro Fahrt deutlich. Ohne Vorkonzentration belief sich das Lastvolumen auf 0,97 Fm, mit Vorkonzentration auf 1,23 Fm je Fahrt. Auch die Qualität der Lastbündel beeinflusste die Leistung wesentlich. Bündig aufgesetzte Rauhbeigen mit hohen Stückzahlen erwiesen sich als ungünstig, weil sie einen erhöhten Zeitaufwand beim Entzerren der Bündel und beim Durchziehen der Chokerschlingen verursachten.

Auf allen Trassen des Versuchsbestands waren zwei Arbeiter zum Anhängen der Lasten eingesetzt. Dies ist notwendig, um die erhöhte Leistungsfähigkeit des Seilkranes bei vorkonzentriertem Holz voll auszuschöpfen und Wartezeiten des Seilkranes zu vermeiden. Gleichzeitig wird die körperliche Belastung der Arbeiter auf einem vertretbaren Niveau gehalten. Die Verfasser sehen mit diesem Verfahren beste Rationalisierungschancen bei der Bergabbringung mittlerer Baumdimensionen im Sortimentsverfahren. SCHÖTTLE et al. [1998 c] berichten ebenfalls über den Einsatz eines Raupenharvesters „*Königstiger*“ mit anschließender Seilkranrückung in Fichtenbeständen. Die Leistungssteigerung betrug mit einem Arbeiter zum Anhängen 30 bis 50 % gegenüber herkömmlicher Aufarbeitung. Dies soll einer Kosteneinsparung beim Seilkran von 20 bis 30 % entsprechen. Im Versuchseinsatz wurde eine Kosteneinsparung von 12,78 € je Fm erzielt. Die Gesamtkosten einschließlich Verziehen mit dem Schlepper beziffert SCHÖTTLE et al. [1998 c] in den beiden Beständen mit 27,21 €/Fm (BHD 25 cm) bzw. 29,25 €/Fm (BHD 28 cm).

Die Kombination „Aufarbeitung mit dem Raupenharvester und anschließende Seilkranbringung“ erscheint als sehr leistungsfähig und kostengünstig. Das Verfahren stellt gegenwärtig die wirtschaftlichste Variante für die Holzernte im Steilhang dar, wenn die Geländebedingungen ein Befahren mit Harvestern



zulassen.

### **Pfleglichkeit**

Bei der Schadensanalyse nach MENG [1978] kamen STEINMÜLLER und STAMPFER [2000] auf ein Schadprozent von 14, wobei der Harvester und das Seilgerät die Schäden zu jeweils etwa gleichen Teilen verursachten. SCHÖTTLE et al. [1998 c] stellten in ihren beiden Versuchsbeständen an 7,2 bzw. 16,6 % der Bäume des verbleibenden Bestandes Schäden über 5 cm<sup>2</sup> Fläche auf. Das Verfahren kann daher als bestandesschonend bezeichnet werden. Wichtige Voraussetzung dafür ist allerdings konzentriertes Arbeiten aller Beteiligten.

Bodenschäden wurden in den genannten Quellen nicht beschrieben. Es kann davon ausgegangen werden, dass hier die Aussagen zu den jeweiligen Teilverfahren zutreffen (siehe Kapitel 3.2 und 4.5). Insbesondere der Raupenharvester kann bei unsachgemäßem Einsatz erhebliche Wurzelbeschädigungen hervorrufen.

### **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Zur Ergonomie gelten die in den Kapiteln 3.2 und 4.5 getroffenen Aussagen. Zu beachten ist hier, dass der Seilkran mehr Lastfahrten mit höheren Lasten als bei konventioneller Aufarbeitung absolviert. Dies bedingt eine höhere Belastung des oder der Anhänger/s. Es ist deshalb unbedingt notwendig, zwei Mann mit dem Anhängen der Last zu beauftragen, um die Beanspruchung des einzelnen Arbeiters in Grenzen zu halten.

### ***Abschließende Beurteilung***

*Solange der Einsatz eines Raupenharvesters aus technischer und ökologischer Sicht möglich ist, kann dieses Verfahren empfohlen werden. Der Organisationsaufwand ist hoch, auf der anderen Seite ist aufgrund hoher Leistung bereits in Durchforstungen eine kostendeckende Holzernte möglich. Die Vorkonzentration der Sortenstücke mit dem Harvester trägt maßgeblich zur Kostenreduktion bei.*

*Die Schäden am verbleibenden Bestand bewegen sich in einem vertretbaren Rahmen. Der Einsatz bodengestützter Maschinen und damit eine höhere Gefährdung des Bodens kennzeichnet dieses Verfahren. In sensiblen Bereichen kann dies einen Ausschlussgrund für das Verfahren darstellen.*

## 5.6 Motormanuelle Fällung, Hubschrauberbringung, Aufarbeitung mit Harvester oder Prozessor

### Einsatzbereich

Das Verfahren bietet sich in unbefahrbaren Lagen an, wenn keine andere Bringungsmöglichkeit existiert.

### Maschinen

Die wichtigsten Maschinen sind ein Helikopter zum Transport von Außenlasten sowie ein Harvester oder ein Prozessor am Abladeplatz. Wenn die Aufarbeitung mit dem Harvester zeitlich versetzt zum Holztransport erfolgt, ist eine ausreichend leistungsfähige Maschine erforderlich. Das Holz liegt ungeordnet und ist gelegentlich verkeilt. Der Harvester muss daher über ausreichende Hubkräfte verfügen, um die Stämme aufzunehmen. Dazu eignen sich am besten Raupenharvester oder Bagger mit Prozessorkopf.

### Verfahrensablauf

Rechtzeitig vor dem Einsatz des Hubschraubers werden die Bäume motormanuell gefällt. Sie werden an der Verwertungsgrenze gezopft, wenn der Wipfel aus Waldschutzgründen nicht mit entnommen werden muss.

Der Transportvorgang des Hubschraubers wurde unter 4.6 beschrieben. Ist der Zeitbedarf für die Aufarbeitung länger als die Dauer eines Transportzyklus, häufen sich die Stämme am Standort des Harvesters. Dies ist kein Problem, solange ausreichend Platz zur Verfügung steht. Wenn es die örtlichen Umstände erlauben, sollte die Aufarbeitung zeitlich versetzt stattfinden, um den Hubschrauber als teuerstes Glied in der Verfahrenskette nicht beim Abladen zu behindern.

### Leistung und Kosten

Wie bereits bei in Kapitel 4.6 erläutert, sind bei diesem Verfahren sehr hohe Schwankungen bei Leistung und Kosten zu erwarten. Auch die Leistungswerte des Harvesters oder Prozessors hängen von zusätzlichen Faktoren ab, z. B. vom Zeitaufwand beim Entzerren von Stämmen. Es kann aber von geringeren Gesamtkosten als bei motormanueller Aufarbeitung ausgegangen werden.

HEINRICH [1997 b] beschreibt das Verfahren bei der Bringung und Aufarbeitung von Käferbäumen im Bayerischen Wald. Der Hubschrauber „K-MAX“ transportierte das Starkholz, der Raupenharvester „Hannibal“ arbeitete es sofort auf. Das Holz wurde laufend abgefahren und werksvermessen. Die Kostenrechnung beinhaltet die Kosten für einen Häcksler zur Aufarbeitung des Kronen- und Astmaterials. Der Verfasser beziffert die Kosten für den Lufttransport mit 44,48 bis 50,41 €/Fm, für die Aufarbeitung mit dem Raupenharvester mit ca. 11,76 €/Fm. Es gilt zu bedenken, dass hier großflächig Käferholz genutzt wurde, also deutlich vereinfachte Hiebsbedingungen vorlagen.

Wichtigste Voraussetzung für den Erfolg sind bei diesem komplexen Verfahren eine perfekte Organisation und eine möglichst große Holzmenge. Die Teilprozesse müssen aufeinander abgestimmt sein, um die Maschinen optimal auszulasten. Wartezeiten verursachen hohe Kosten.

### **Pfleglichkeit**

Das Verfahren ist ausgesprochen pfleglich. Lediglich bei der Fällung können Schäden am verbleibenden Bestand entstehen. Sind die Bäume zu Fall gebracht, verursachen Bringung und Aufarbeitung keine Schäden an Boden oder Bestand.

### **Ergonomie und Arbeitssicherheit**

Zur Ergonomie gelten die zu den einzelnen Teilverfahren getroffenen Aussagen (siehe Kapitel 3.1, 3.2, 4.6).

### ***Abschließende Beurteilung***

*Das Verfahren eignet sich für absolut unbefahrbare Lagen. Es ist effektiv und schonend für Boden und Bestand. Voraussetzung ist eine gute Organisation der Teilarbeiten.*

*Eine gründliche Vorkalkulation ist dringend zu empfehlen. Es ist nicht geklärt, inwieweit das Verfahren unter normalen Nutzungsbedingungen anwendbar und dabei noch wirtschaftlich ist. Vermutlich ist wirtschaftlicher Erfolg nur bei hohen Hiebmassen mit starkem Holz unter Kahlhiebsbedingungen möglich.*

## 6. Übersicht und Bewertung der Bereitstellungsverfahren

In den vorangegangenen Ausführungen wurden die wichtigsten Verfahrenskombinationen für die Holzernte in nicht befahrbaren Lagen beschrieben. In Kapitel 6 werden die Varianten zusammenfassend bewertet und dem eiligen Leser ein rascher Überblick sowie eine schnelle Vorauswahl ermöglicht. Das Verfahren 5.6 „Motormanuelle Fällung, Hubschrauberbringung, Aufarbeitung mit Harvester oder Prozessor“ wird hierbei ausgeklammert, weil es nur auf spezielle Einsatzzwecke beschränkt sein wird. Das Freie Treiben wird nur noch in Ausnahmefällen, meist auf kleineren Teilflächen, eingesetzt. Auf Grund der Schäden am verbleibenden Bestand sollte davon möglichst Abstand genommen werden.

### **Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Rücken mit Forstschlepper auf Maschinenwegen (5.1)**

Das Verfahren ist anwendbar, wenn die Bestände über eine ausreichende Erschließung mit Maschinenwegen quer zum Hang verfügen. Es ist relativ unkompliziert. Bei sachgemäßer Anwendung halten sich die Schäden am Bestand im vertretbaren Rahmen. Schlepper sind allgemein weit verbreitet und leicht verfügbar.

Wegen der hohen Kosten für die motormanuelle Holzernte und der langen Beizugs- und Rückedistanzen ist eine kostendeckende Holzernte erst im mittelstarken Holz und Starkholz zu erwarten. Vorteilhaft sind dagegen der geringe Organisationsaufwand und geringe Stillstandskosten.

Falls das Holz motormanuell zur Bereitstellung von Sortenstücken geerntet wird und Gelände sowie Erschließung der Bestände es zulassen, sollte ein Schlepper für die Bringung anderen Rückeverfahren vorgezogen werden. Diese Variante eignet sich gut für den Kleinprivatwald.

### **Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Bringung mit Seilkran, Verziehen mit Forstschlepper (5.2)**

Neben der Bringung mit Schleppern stellt diese Systemvariante die wichtigste Verfahrenskombination in den nicht befahrbaren Steillagen der Gebirge und Mittelgebirge dar. Sie eignet sich für nicht mit Maschinenwegen erschlossene Bestände. Der Planungs- und Organisationsaufwand ist groß. Das Verfahren ist bodenschonend, Schäden am Bestand sind nahezu unvermeidlich, bewegen sich in den meisten Fällen jedoch in einem tolerablen Bereich. Seilkrananlagen stehen im Hochgebirge in ausreichender Zahl zur Verfügung.

Die Kostenbelastung ist hoch, sie schwankt stark in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen. Kostendeckung wird oft erst im Starkholz erreicht.

Dieses Verfahren empfiehlt sich, wenn im mittelstarken oder starken Holz eine motormanuelle Aufarbeitung notwendig ist und die Erschließungssituation den Einsatz von Schleppern verhindert.

### **Motormanuelle Fällung in Kombination mit Seilkranbringung (Vollbäume) und Aufarbeitung durch Harvester oder Prozessor (5.3)**

Gerade im Schwachholz ist die Bereitstellung von Holz extrem kostenintensiv. Seilunterstütztes Fällen, Vollbaumbringung mit Schwachholzseilkran und anschließender Aufarbeitung zu Sorten mittels Harvester scheint eine gewisse Kostenreduktion gegenüber geringer mechanisierten Verfahren zu ermöglichen. Eine kostendeckende Aufarbeitung im Schwachholz ist dennoch nur unter besten Bedingungen erreichbar.

Das Verfahren schneidet bezüglich Bestandespfleglichkeit und Ergonomie besser ab als die vorgenannten.

Das Verfahren empfiehlt sich in unbefahrbaren Lagen. Der Harvestereinsatz auf der Waldstraße reduziert die Kosten für die Aufarbeitung im Vergleich zum vorgenannten Verfahren.

### **Gebirgharvester (5.4)**

Seilkrananlagen mit aufgebautem Kranprozessor sind erst seit kurzem im Einsatz. Erste Ergebnisse sind vielversprechend hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit. Kostendeckende Holzernte scheint ab mittelstarkem Holz erreichbar.

Der Organisationsaufwand für dieses Verfahren ist mittel bis hoch. Bei einer vertretbaren ergonomischen Belastung ist das Verfahren bestandespfleglich und bodenschonend.

Gebirgharvester sind eine Alternative zu Raupenharvestern mit anschließender Seilkranbringung. Nach ersten Studien erreichen sie vergleichbare Kosten. Boden und Bestand werden geschont. Das Verfahren könnte in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

### **Raupenharvester mit anschließender Seilkranbringung (5.5)**

Bei einem hohen Organisationsaufwand kann mit diesem Verfahren effektiv und bereits im mittelstarken Holz kostendeckend gearbeitet werden. Die hohe Leistung des Raupenharvesters und der Effekt der Vorkonzentration der Sortenstücke auf der Seiltrasse sind die wesentlichen Merkmale. Seil- und Aufarbeitungstrasse sollen übereinstimmen, um unnötige Aufschlüsse des Bestands zu vermeiden.

Das Verfahren ist bestandespfleglich, muss aber unter dem Gesichtspunkt des Boden- und Wurzelschutzes kritisch betrachtet werden. Der Raupenharvester benötigt Fahrwege mit ausreichender Breite und kann bei unsachgemäßem Einsatz tiefgreifende Veränderungen im Bodengefüge verursachen. Labile Böden, wie beispielsweise Flysch, schließen den Einsatz des Raupenharvesters aus.

Diese Verfahrenskombination ist ab mittelstarkem Holz zu empfehlen, wenn gegen den Einsatz eines Raupenharvesters keine Bedenken bestehen.

## 7. Zusammenfassung

Die vorliegende Literaturstudie beschreibt **die wichtigsten Verfahren für die Holzernte und Bringung** in bedingt oder nicht befahrbaren Lagen der **Gebirge und Mittelgebirge**. Ausgewählte **Verfahrenskombinationen** und deren Bewertung ergänzen den Bericht.

Im Vergleich zum Flachland kommt in Gebirgslagen der **motormanuellen Holzernte** noch größere Bedeutung zu. Die **Harvestertechnik** hält mit zeitlicher Verzögerung Einzug in die Steillagen und bedarf besonderer technischer Veränderungen. Mit Raupenharvestern ist auch im Steilhang eine kostengünstige Holzernte möglich. Die Entscheidung über den Einsatz darf nur mit sorgfältiger Abwägung der möglichen ökologischen Nachteile erfolgen.

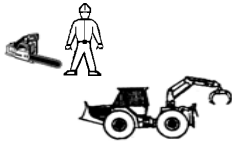
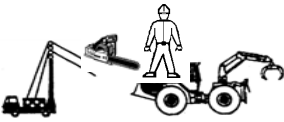
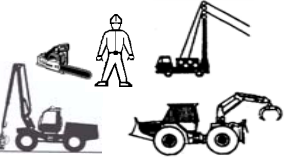
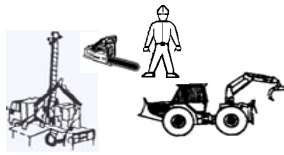

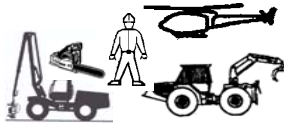
Traditionelle Bringungsverfahren wie das **Freie Treiben** oder Loiten (**Kunststoffloiten**) verlieren wegen ihrer hohen Kosten und Entwicklung moderner sowie pfleglicher Techniken an Bedeutung. Niedrige Erschließungsdichte und geringe Befahrbarkeit schränken in den Steillagen die Bringung mit **Schleppern** und **Forwardern** ein. Die **Seilkrantechnik** ist ein bewährtes Mittel für die Rückung im Gebirge. Mit Seilkränen ist eine bestands- und bodenschonende Bringung möglich, die Kosten sind jedoch hoch. In besonderen Fällen werden **Hubschrauber** für die Bringung eingesetzt.

Die verbreitetsten **Verfahrenskombinationen** für die Holzernte in den Steillagen bestehen aus **motormanueller Fällung** und gegebenenfalls Aufarbeitung im Bestand sowie Bringung mit **Schleppern** oder **Seilkränen**. Mit diesen Kombinationen ist erst in stärkeren Durchmesserbereichen eine kostendeckende Holzernte möglich.

Moderne Erntetechniken erlauben bereits im mittelstarken Holz eine kostendeckende Aufarbeitung und Bringung. Die **Holzernte mit Raupenharvestern** und die anschließende **Rückung mit Seilkränen** bewährten sich bereits in der Praxis. **Gebirgharvester** sind eine technisch und wirtschaftlich interessante Neuentwicklung, die für die Zukunft an Bedeutung zu gewinnen scheint.

Der **wirtschaftliche Erfolg** aller Holzernte- und Bringungsverfahren in Gebirgslagen hängt wesentlich von der **Einsatzorganisation** und den **Rahmenbedingungen** des jeweiligen Hiebes ab. Da Gelände und Bestandsstruktur im Gebirge stark wechseln, ergeben **sich hohe Kostenschwankungen**.

Die nachfolgende **Übersicht** enthält die wichtigsten Fakten und Kriterien zu den **gängigsten Holzernteverfahren** am Hang.

Tabellarische Kurzübersicht und Wertung der verschiedenen Verfahrenskombinationen in der Holzernte am Hang									
Verfahren	Einsatzbereich	Maschinen und Verfahren	Erschließungsbedarf	Organisationsaufwand	Ergonomische Belastung	Pflichtigkeit	Leistung	Kosten	
<b>Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Rücken mit Forstschlepper auf Maschinenwegen (5.1)</b>	Ausreichende Erschließung; vorzugsweise Langholz; bis 35% Hangneigung	Fällen und Aufarbeitung mit Standardausrüstung für motormanuelle Aufarbeitung nach Tarif; Bringung und Poltern durch Forstspeziialschlepper mit funkgesteuerter Seilwinde		++	-	++	-	0	0
<b>Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Bringung mit Seilkran, Verziehen mit Forstschlepper (5.2)</b>	Standardverfahren bei nicht ausreichender Erschließung; Lang- und Kurzholz	Fällen und Aufarbeitung mit Standardausrüstung für motormanuelle Aufarbeitung nach Tarif; Seilkranbringung mit Seilkran und Verziehen mit Forstspeziialschlepper		0	0	++	-	0	++
<b>Motormanuelle Fällung in Kombination mit Seilkranbringung (Vollbäume) und Aufarbeitung durch Harvester oder Prozessor (5.3)</b>	Schwachholzsortimente in steilen Lagen; Vollbaumbringung; Hangneigung begrenzt WA-Einsatz	Fällen und Aufarbeitung mit Standardausrüstung für motormanuelle Aufarbeitung nach Tarif; Vollbaumbringung mit Seilkran; Harvesteraufarbeitung und Entzerren mit Forstspeziialschlepper		0	0	+	+	+	+
<b>Gebirgsharvester (5.4)</b>	Vollbaumbringung; Schwachholzsortimente in steilen Lagen; Hangneigung begrenzt WA-Einsatz	Fällen und Aufarbeitung mit Standardausrüstung für motormanuelle Aufarbeitung nach Tarif; Bringung mit Kippmastseilanlage und Aufarbeitung mit integriertem Prozessor; Poltern		0	0	0	0	+	-
<b>Raupenharvester mit anschließender Seilkranbringung (5.5)</b>	Befahrbarer Hang mit Erschließung; bis 60% Hangneigung	Harvesteraufarbeitung sowie Seilkranbringung mit Seilkran und Verziehen mit Forstspeziialschlepper		+	++	+	0	++	-
<b>Motormanuelle Fällung, Hubschrauberbringung, Aufarbeitung mit Harvester oder Prozessor (5.6)</b>	Unbefahrbare Lagen; Kalamitätssituation; hoher Massenanteil notwendig/Langholz	Fällen und Aufarbeitung mit Standardausrüstung für motormanuelle Aufarbeitung nach Tarif; Hubschraubertransport; Harvesteraufarbeitung und Poltern		-	++	0	++	-	++

**Bewertung:** + hoch    0 mittel    - gering    WA = Waldarbeiter

## 8. Summary

The present literature study describes the most important processes of timber harvesting and logging in areas in the mountains and low mountain ranges, which are practicable only to a certain extent or not at all. Selected process combinations and their evaluation supplement the report.

In contrast to the flat land motor-manual timber harvesting is still rather important in the mountains. With a time lag the harvester technique makes its entry in the steep slopes and requires particular technical amendments. The use of tracked harvesters facilitates cost-effective timber harvesting even in steep slopes. Possible ecological disadvantages have to be considered carefully before the decision about the use of a tracked harvester is made.

Traditional logging processes such as free drifting or sliding (plastic slides) are losing significance as a result of high cost as well as the development of modern and low impact techniques. In steep slopes logging by means of tractors and forwarders is limited due to the low degree of opening-up and the restricted practicability in these areas. The cable crane technique is an approved skidding method in the mountains. The use of cable cranes enables low-impact skidding for the stand and the ground, however, the costs are high. In particular cases helicopters are used for transport.

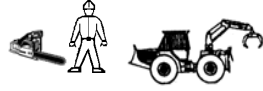


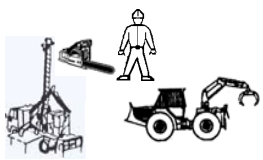


The most common process combinations for timber harvesting in steep slopes are motor-manual felling, and where appropriate, the logging of wood in the stand and transport using tractors or cable cranes. The use of these combinations enable a cost-covering timber harvesting in the case of large diameters only.

Modern harvesting techniques allow cost-covering logging and skidding already in the case of medium diameters. Timber harvesting using tracked harvesters and subsequent skidding by means of cable cranes have proved successful in practice. Mountain harvesters are a technically and economically interesting new development, which seems to gain significance for the future.

The economic success of all timber harvesting and logging processes in the mountains essentially depends on the organisation and the general framework of the respective cutting. High fluctuations in costs result from the fact that the terrain and the structure of the stands vary considerably in the mountains.

The following table includes the most important facts and criteria of the most common timber harvesting processes in the slope.



Process	Field of use	Machines and Processes	Necessity of opening-up	Organisational work involved	Ergonomic load	Degree of low impact	Efficiency	Cost	
<b>Motor-manual felling and logging, skidding by forestry tractor on machine roads (5.1)</b>	Sufficient opening-up preferably long logs up to 35% slope angle	Felling and logging using standard equipment for motor-manual logging according to tariff Skidding and rattling using special forestry tractors with remote-controlled winch		+	-	+	-	0	0
<b>Motor-manual felling and logging, skidding by means of cable crane, transport by forestry tractor (5.2)</b>	Standard process in case the degree of opening-up is not sufficient Long and short wood	Felling and logging using standard equipment for motor-manual logging according to tariff Skidding by cable crane and transport using special forestry tractor		0	0	+	-	0	+
<b>Motor-manual felling in combination with skidding by cable crane (complete trees) and logging by means of harvester or processor (5.3)</b>	Small-sized wood assortments in steep slopes skidding of complete trees Slope angle limits employment of forestry workers	Felling and logging using standard equipment for motor-manual logging according to tariff Skidding of complete trees using cable crane Harvester logging and transportation using special forestry tractors		0	0	+	+	+	+
<b>Mountain harvester (5.4)</b>	Logging of complete trees small-sized wood assortments in steep slopes Slope angle limits employment of forestry workers	Felling and logging using standard equipment for motor-manual logging according to tariff Skidding by means of mobile tower yarder and logging by means of integrated processor Rattling		0	0	0	0	+	-
<b>Tracked harvester with subsequent skidding by cable crane (5.5)</b>	Practicable slope opened up up to 60 % slope angle	Logging by harvester Skidding by means of cable crane and transport using special forestry tractor		+	+	+	0	+	-
<b>Motor-manual felling, logging by means of harvester or processor (5.6)</b>	Impassable areas Enormous damages Large quantities necessary/ long wood	Felling and logging using standard equipment for motor-manual logging according to tariff Transport by helicopter Harvester logging and rattling		-	+	0	+	-	+

Evaluation: + high 0 medium - low

## 9. Literatur

- ABEGG, B.; FRUTIG, F.; WÜTHRICH, W. (1986): Kalkulationsgrundlagen für den Seilkraneneinsatz. Merkblatt für den Forstpraktiker Nr. 11 der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, Änderungsvertrag Nr. 13 (13.07.1995)
- ANONYMUS (1999): Vollmechanisiert auch am Hang. Wald und Holz Nr. 12, S. 12 - 14
- ANONYMUS (1999): Lastoptimierung bei der Flug- und Seilbringung. AFZ/Der Wald Nr. 18, S. 967
- BAYERISCHER FORSTMASCHINENBETRIEB SCHÖNAU (2001 a): Seilkranbringung - Einsatzbereiche, Organisation, Kalkulationsgrundlagen, UVV. Skript zum Praktikum, Technische Universität München
- BAYERISCHER FORSTMASCHINENBETRIEB SCHÖNAU (2001 b): Zum Einsatz des Kaiser-Kettenrückegerätes, dem sog. Kettenbär. Skript zur Referendarausbildung
- BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG (1999): Lohnstatistik 1998
- BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG (2000): Jahresbericht 1999
- BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG (2001): Fortbildungsveranstaltung der Forstdirektion Oberbayern – Schwaben: „Bodenschutz bei der Holzernte“
- BAYERISCHE WALDARBEITSSCHULE LAUBAU (o. J.): Richtlinien für den Einsatz der Kunststoffloite
- BAYERISCHE WALDARBEITSSCHULE LAUBAU (2002): Schriftliche Anmerkungen zum Entwurf „Holzernte am Hang“
- BECK, J. (1995): Schwachholzernte am Steilhang. AFZ/Der Wald Nr. 26, S. 1434 - 1436
- BERBERICH, K.; KNÖRZER, B. (1992): Einsatz eines Kurzstreckenseilkranes in der Laubholzdurchforstung. AFZ/Der Wald Nr. 16, S. 852 – 853
- BISCHOFBERGER, M.; TRÜMPI, D.; WALTHER, H.-R. (1989): Kalkulationsunterlagen für den Einsatz eines leichten Mobilseilkranes. Merkblatt für den Forstpraktiker Nr. 13 der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf
- BOHLANDER F. (2001): Vollmechanisierte Holzernte im Steilhang. Im Forstamt Ruhpolding wird ein Prototyp mit Gleiskettenfahrwerken auf Basis des Valmet 911.1 eingesetzt. Forsttechnische Informationen 8/2001, S. 87-88
- BORT, U.; PFEIL, C. (1993): Mechanisierte Holzernte, Wechselwirkung von Erschließungsdichte, Pflughöhe und Betriebserfolg. Forschungsbericht Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
- BOTKA, A. (1992): Seiltechnik in der Praxis. Österreichische Forstzeitung Nr. 7, S. 11 - 14
- DAXNER, P.; STAMPFER, K. (1998): Selbstfahrende Laufwägen - nicht nur Woodliner. Arbeit im Wald, S. 5 –6, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- DIVERSE (2000): Grenzen des Harvestereinsatzes im Bergwald. Seminar des Kärntner Forstvereins am 15.02.2000
- DÜRRSTEIN, H.; STAMPFER, K. (2000): Aktuelle Trends in der Forsttechnik. Arbeit im Wald, S. 1–3, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 4
- EBNER, G. (2000): Harvester im Bergwald: Grenzen beachten. Österreichische Forstzeitung Nr. 4, S. 18-19
- EISBACHER, J.; LENGGER, A. (1993): Versuchseinsätze mit VMF-Forstseilgerät „Turmfalke“. Österreichische

- Forstzeitung Nr. 12, S: 37-41
- EST-TARIFVERTRAG (1979): Tarifvertrag über die Entlohnung von Holzerntearbeiten nach dem Erweiterten Sortentarif (EST) vom 3.5.1979
- FEICHTNER, C. (2002): Aufforstung modern, Hubschraubereinsatz. In: Österreichische Forstzeitung Nr. 7, S. 8
- FEHRLE, M. (1999): Bessere Lastbildung bei der Hubschrauberbringung. Arbeit im Wald, S. 10, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 6
- FELLER, S.; WEIXLER, H.; HAMBERGER, J. (1999): Neuson 11002 HV - Raupenharvester der Kompaktklasse. Forst und Technik Nr. 6, S. 10–13
- FORBRIG, A. (2001): Zur technischen Arbeitsproduktivität von Kranvollerntern. Analyse von Maschinenbuchführungsergebnissen der Länder. In: Forsttechnische Informationen, S.2-4
- FPP (Kooperationsabkommen Forst - Platte - Papier) (1988): Holzernte in der Durchforstung – Verfahren, methodische Arbeit, Seilgelände. Wien, 192 S.
- FPP (Kooperationsabkommen Forst - Platte - Papier) (1997): Holzernte in der Durchforstung – Organisation, Seilgelände. Wien, 113 S.
- FPP (Kooperationsabkommen Forst – Platte – Papier) (2000): ÖBF-Leistungstabellen. Seiltabelle. CD-ROM, <http://www.fpp.at/fpp/>
- FPP (Kooperationsabkommen Forst - Platte - Papier) (1998): Holzernte in der Durchforstung – Harvester, Forwarder. Wien, 120 S.
- FRUTIG, F.; TRÜMPI, D. (1990): Holzbringung mit Mobilseilkran, Ergebnisse mit dem Koller K-600. Bericht Nr. 316 der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf
- GRAMMEL, R. (1988): Holzernte und Holztransport - Grundlagen. Hamburg/Berlin, Parey, 242 S.
- GRIDLING, H.; STAMPFER, K. (2000): Holzrückung mit dem Helikopter K-Max. Arbeit im Wald, S. 4-5, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- GRIESHOFER, H. (2000 a): Rationelle Seilbringung. Arbeit im Wald Nr. 5, S. 1-3, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- GRIESHOFER, H. (2000 b): Gebirgharvester Mouny 4000. Arbeit im Wald, S. 8–9, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- GRUNER, R. (2000): Schonende Holzernte im Spreewald. Forst und Technik Nr. 3/2000, S. 4
- GUGLHÖR, W. (1994): Durchforstung von Buchenbeständen mit einem Kranvollernter. AFZ Nr. 13, S. 695-698
- HEIL, K. (1999): Holzernte am Steilhang. Forst und Holz Nr. 9, S. 279 - 283
- HEINIMANN, H.R. (1998 a): Seilkrantechnik - Grundzüge. Unterlagen zur Vorlesung (zuletzt geändert am 11.01.1999)
- HEINIMANN, H.R. (1998 b): Holzrücken mit Helikoptern. Wald und Holz Nr. 3, S. 7-10
- HEINRICH, H. (1997 a): Mit „K-Max“ und „Hannibal“ gegen den Borkenkäfer. Forstinfo Nr. 19, S. 4
- HEINRICH, H. (1997 b): Mit „K-Max“ und „Hannibal“ gegen den Borkenkäfer. Sonderdruck aus AFZ/Der Wald Nr. 22, S. 2-3
- HELI AIR ZAGEL LUFTTRANSPORT AG (o. J.): Infomaterial zur Hubschrauberbringung (Logging)
- HELI AIR ZAGEL LUFTTRANSPORT AG (o. J.): KAMAN K-MAX D-HFZA. Technische Daten

- HGT - TARIFVERTRAG (1994): Tarifvertrag für Holzerntearbeiten im Hochgebirge (Hochgebirgstarif 1994 HGT 94) vom 8.3.1994
- KONRAD FORSTTECHNIK (o. J.): Gebirgharvester
- KRÄMER, G.; SAUTER, U.H. (1995): Die Leistung von Kurzstreckenseilkränen. Forst und Holz Nr. 4, S. 102-104
- KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK E.V. (KWF) (1985): 9. KWF-Tagung Ruppolding 1985. Tagungsführer
- KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK E.V (KWF) (1992): 11. KWF-Tagung Koblenz 1992. Tagungsführer
- KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK E.V (KWF) (1993): Marktübersicht Seilkräne
- KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK E.V (KWF) (1996): Forsttechnik für naturnahe Waldwirtschaft. 12. KWF-Tagung Oberhof 1996, Tagungsführer
- KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK E.V. (KWF) (1999): Geldtafeln zum EST 1999
- KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK E.V. (KWF) (2002): Marktübersicht Tragschlepper
- LACKNER, C. (1999 a): Holzernte unter schwierigen Bedingungen. Arbeit im Wald, S. 14–16, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- LACKNER, C. (1999 b): Bergbiber. Arbeit im Wald, S. 12–13, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- LYTHI, CH. (1997): Kalkulationsgrundlage für das Holzrücken mit Forwarder. Interner Bericht WSL Forschungsprojekt 2.91.720, 59 S.
- LÖFFLER, H. (1991): Forstliche Verfahrenstechnik (Holzernte). Manuskript zu den Lehrveranstaltungen, unveröffentlicht, 2. Auflage, München, 525 S.
- MAHLER, G.; PFEIL, C. (1998): Die beispiellose Erfolgsgeschichte einer Forstmaschine. AFZ/ Der Wald Nr. 26, S. 1570-1571
- MATTHIES, D. (1997): Maschinelle Holzernte und ihre Auswirkungen auf unsere Bestände. AFZ/ Der Wald Nr. 9, S. 474-477
- MECHLER, K.; WEBER, H. (1992): Mechanisierte Nadelschwachholzernte in Steilhängen. AFZ/ Der Wald Nr. 23, S. 1217-1222
- MEIER, B. (1999): Neue Kippmastanlage „Syncrofalke“ ermöglicht Vollbaumbringung. Forstinfo Nr. 6, S. 3
- MEIER, B. (2001): Mündliche Mitteilung
- MENG, W. (1978): Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg Band 53
- MENZI MUCK AG (2000 a): Menzi Muck Harvester. Forst und Technik Nr. 2, S. 52-53
- MENZI MUCK AG (2000 b): Gebirgharvester Menzi Muck 4x4 Plus. Forst und Technik Nr. 8, S. 50
- MHT FORSTTECHNIK (1999): Raupenharvester Robinson. Forst und Technik Nr. 10, S. 38
- MITTERBACHER, B. (1990): Ermittlung und Vergleich von Leistungs- und Kostendaten der Bergauf-Bergab-Seilung mit Kippmastseilgeräten als Entscheidungskriterium für den Forsttechniker. Centralblatt für das gesamte Forstwesen (107) Heft 4, S. 241-258
- MORAT, J.; FORBRIG, A.; GRAUPNER, J. (1998): Holzernteverfahren - Vergleichende Erhebung und Beurteilung der Holzernteverfahren in der Bundesrepublik Deutschland. Bericht Nr. 25, 110 S.

- OHRNER, G.; WEIXLER, H. (1993): Der neue Bayerische Hochgebirgstarif. AFZ Nr. 17, S. 896-900
- ÖSTERREICHISCHER FORSTVEREIN (2000): Kriterien der Wirtschaftlichkeit im Seilgelände. Arbeit im Wald, S. 14–16, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- PESTAL, E. (1961): Seilbahnen und Seilkräne für den Holz- und Materialtransport. Wien/München, Verlag Georg Fromme & Co., 511 S.
- PRÖLL, W. (1998): Forsttechnik in Österreich. Forstmaschinen-Profi 9/1998, S. 32-37
- PRÖLL, W. (1999 a): Trageilbringung im Kleinwald. Arbeit im Wald, S. 1-3, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 3
- PRÖLL, W. (1999 b): Leistung und Kosten von Timberjack-Radharvestern. Arbeit im Wald, S. 6–7, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 4
- PRÖLL, W. (1999 c): Lösen Raupenharvester das Gebirgswaldproblem? Arbeit im Wald, S. 6–7, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- PRÖLL, W. (1999 d): Weltpremiere eines Harvesters. Arbeit im Wald, S. 7-8, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 11
- PRÖLL, W. (1999 e): Mit Besucherrekord. Wald und Holz Nr. 15, S. 40-41
- PRÖLL, W. (2000 a): Koller K - 501 mit Woody 50. Arbeit im Wald, S. 1-3, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 3
- PRÖLL, W. (2000 b): Harvester-Log-Line. Arbeit im Wald, S. 4–5, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 6
- PRÖLL, W. (2000 c): Harvester-Log-Line. Forst und Technik Nr. 7, S. 16-17
- PRÖLL, W.; BAUER, R. (1995): Leistung und Kosten des „Wanderfalken“. Österreichische Fortzeitung Nr. 2, S. 53-55
- RAAB, S. (1999): Arbeitsverfahren für die Pflege in der Fichte. Bericht aus der LWF Nr. 20, Freising, 86 S.
- REITER, W. (1992): Forstliche Seiltechnik heute. Österreichische Forstzeitung Nr. 7, S. 15-18
- RIEGER, G. (2000): 12 Jahre Seilkran-Einsatz. Arbeit im Wald, S. 6–7, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 10
- RIEHLE, CH. (1997): Vergleichende Untersuchung eines Harvestereinsatzes bei Gruppendurchforstung und Z-Baum-orientierter Durchforstung von Fichte. Diplomarbeit Ludwig-Maximilians-Universität München
- RÖSSLER, G. (1999): Holzbringung in den Karawanken. Österreichische Forstzeitung Nr. 7, S. 8-9
- SANKTJOHANSER, L. (1989): Seilkransysteme für die Holzbringung im Gebirge. Holzzentralblatt Nr. 62/63, S. 991-992
- SAUTER, U. H.; KRÄMER, G. (1995): Kurzstreckenseilkräne. Forst und Holz Nr. 3, S. 74-79
- SAUTER, U. H.; GRAMMEL, R.; FÜRSTENBERG, C. (1995): Konkurrierende Lang- und Kurzholzaushaltung mit Vollerntemaschinen; Fäll- und Rückeschäden - Volumen- und Wertausbeute, Leistung und Kosten. Forschungsbericht des Instituts für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwig-Universität Freiburg
- SAUTER, U. H.; MEHLIN, I.; GRAMMEL, R. (1998): Vollmechanisierte Holzernte am Steilhang mit Vollerntertechnik. AFZ/Der Wald Nr. 14, S. 722-724
- SCHEURER, J. (1996): Wann kommt er in die Schweiz? Wald und Holz Nr. 16, S. 8-10
- SCHMIEDERER, P. (1994): Einsatz von Kurzstreckenseilkränen bei schwachem und mittelstarkem Holz. AFZ Nr. 17, S. 954-956

- SCHÖTTLE, R.; KÖLLNER, M.; PFEIL, C.; WEBER, K. (1998 c): Vorkonzentrierung durch Raupenharvester macht Seilkran Beine. AFZ/Der Wald Nr. 26, S. 1575-1576
- SCHÖTTLE, R.; PFEIL, C.; BOES, T.; ILG, H.-D. (1999): Vorkonzentrierung durch Raupenharvester steigert Rückeleistung mit Seilschlepper. AFZ/Der Wald Nr. 18, S. 932 - 934
- SCHÖTTLE, R.; PFEIL, C.; KÖLLNER, M.; WEBER, K. (1998 a): Vorkonzentrierung durch Raupenharvester mit anschließender Seilkranbringung. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Versuchsbericht Nr. 2
- SCHÖTTLE, R.; PFEIL, C.; KAPAHNKE, F. (1998 b): Einsatz von Starkholz-Raupenharvestern in naturverjüngten Altholzbeständen. AFZ/Der Wald Nr. 19, S. 981-984
- SCHÖTTLE, R.; PFEIL, C.; SAUTER, F. (1997 a): Vollmechanisierte Holzernte am Steilhang, -Raupenharvester „Impex 1650 T Königstiger“ - Forwarder „Valmet 860“ - Kurzstreckenseilkran „Ritter KSK“. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Versuchsbericht Nr. 2
- SCHÖTTLE, R.; PFEIL, C.; SAUTER, F. (1997 b): Leistung und Einsatzmöglichkeiten des Raupenharvesters in der Durchforstung. AFZ/Der Wald Nr. 22, S. 1179-1181
- SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU (1999): Seilkranbringung - Einsatzbereiche, Organisation, Kalkulationsgrundlagen, UVV. Skript zum Praktikum, Technische Universität München
- SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU (2000): Kennzahlen aus Seilkraneinsätzen der Jahre 1992 bis 1996. Schriftliche Mitteilung
- SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU (2001 b): Kennzahlen aus Seilkraneinsätzen der Jahre 1997 bis 2000. Schriftliche Mitteilung
- SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU (2002): Kennzahlen aus Seilkraneinsätzen der Jahre 1999 bis 2002. Schriftliche Mitteilung
- SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU (o. J.): Tragseilbringung
- SOPPA, R. (1998): Raupenharvester und Seilkran. AFZ/Der Wald Nr. 14, S. 727
- SOPPA, R. (2001): Forwarder Valmet 860 mit Raupenfahrwerken. Forst und Technik Nr.12, S. 4-6
- SPIEGEL, W.-D. (1999): Straßensicherungshieb an der B 10 mit K-MAX. AFZ/Der Wald Nr. 3, S. 104-106
- SPRENGER, A. (1999): Bestandesschonende Holzernte erhöht Planungsaufwand. Arbeit im Wald, S. 14-15, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- SPRENGER, A. (2000): Der fliegende Kran und der Waldbau des Gebirges. Österreichische Forstzeitung Nr. 3, S. 44-45
- SPRENGER, A. (2001): Nutzung des Bergwaldes. Arbeit im Wald, S. 12-13, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 3
- STAMPFER, K. (1995): Seilbringung in Österreich. Österreichische Forstzeitung Nr. 7, S. 8-12
- STAMPFER, K. (1998): Harvester und Seilgerät kombinieren. Forstmaschinen-Profi 1/1999, S. 18-20
- STAMPFER, K. (2000): Trägerplattformen. Arbeit im Wald, S. 4-5, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 1
- STAMPFER, K.; DAXNER, P. (1998): Ein Produktivitätsmodell für ein selbstfahrendes Seilgerät Typ „Woodliner“. Centralblatt für das gesamte Forstwesen Heft 4, S. 249- 260
- STAMPFER, K.; LOSCHEK, J. (1999): Harvestereinsatz steigert Seilproduktivität. Arbeit im Wald, S. 4-6, in:

- Österreichische Forstzeitung Nr. 2
- STAMPFER, K.; STEINMÜLLER, T. (2000): Raupenharvester in der Durchforstung. Arbeit im Wald, S. 4–6, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 3
- STAMPFER, K.; STEINMÜLLER, T.; SVATON, R. (2001): Grenzen der Steigfähigkeit. Arbeit im Wald, S. 1–3, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 3
- STAMPFER, K.; VISSER, R.; PIECHL, S.; STAMPFER, E. (1998): Seilrückung nach Harvestereinsatz. AFZ/Der Wald Nr. 14, S. 726-727
- STEINMÜLLER, T.; STAMPFER, K. (2000): Seilrückung nach Harvestereinsatz - Produktivität und Bestandesschäden. Arbeit im Wald, S. 6–7, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 5
- THIEME, F. (1999): Zeitgemäße Holzernte im Hochgebirge. AFZ/Der Wald Nr. 3, S. 107
- TRATTNIG, B. (1999): Bringung mit Helikopter. Österreichische Forstzeitung Nr. 7, S. 9
- TRZESNIEWSKI, A. (1998): Holzernte im Gebirge – Neue Arbeitskette, Raupenharvester mit Mastseilgerät (Fallstudie). Forstliche Forschungsberichte München Nr. 174, S. 107–118
- WEIXLER, H.; FELLER, S.; HAMBERGER, J. (1999 a): Der Raupen-Harvester Neuson 11002 HV - Leistung, Kosten, Pfleglichkeit. Abschlußbericht, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, 37 S.
- WEIXLER, H.; FELLER, S.; HAMBERGER, J. (1999 b): Ergebnisse einer Arbeitsstudie am Neuson 11002 HV. AFZ/Der Wald Nr. 18, S. 935-938
- WEIXLER, H.; FELLER, S.; HAMBERGER, J. (1999 c): Gebirgharvester made in Austria. Arbeit im Wald, S. 6–7, in: Österreichische Forstzeitung Nr. 8
- WEIXLER, H.; FELLER, S.; SCHAUER, H. (1997): Der Raupen-Harvester Impex 1650 T „Königtiger“ im Einsatz. AFZ/Der Wald, Nr. 22, S. 1182-1184
- WITTEK, K. (1999): Anforderungen an Seilgeräte. Arbeit im Wald, S. 1-3, in: Österreichische Forstzeitung Nr.5
- WUCHER HELICOPTER GMBH & CO KG (o.J.): Die 10 Grundregeln für die Helicopterrundholzbringung
- ZAGEL, W. (1999): Vom Flug- zum Forstunternehmen. Österreichische Forstzeitung Nr. 7, S. 10-11
- ZAISER, C. (1994): Seilbringung im Flachland. Die Allterrainkippmastanlage Koller K 800. Forst und Technik Nr. 4, S. 14–17
- ZUR MÜHLEN, A. (1995): Kardiozirkulatorische und muskuläre Beanspruchung bei der manuellen Holzernte im Hochgebirge. Dissertation Ludwigs-Maximilian-Universität München

## 10. Sonstiges

### 10.1 Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1:</b>	Durchschnittliche Leistung bei motormanueller Holzernte im Staatswald des bayerischen Hochgebirges .....	6
<b>Tab. 2:</b>	Einteilung von Harvestern nach Leistungsfähigkeit bzw. Größe [Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier 1998; verändert] .....	8
<b>Tab. 3:</b>	Leistung und Kosten eines Radharvesters in einem Fichtenbestand in stark geneigtem Gelände [nach SAUTER et al. 1998] .....	13
<b>Tab. 4:</b>	Leistung und Kosten von Radharvestern in der Durchforstung von Nadelholzbeständen in befahrbaren Lagen [MORAT et al. 1998; verändert] .....	13
<b>Tab. 5:</b>	Leistung und Kosten von Radharvestern in der Durchforstung von Buchenbeständen in befahrbaren Lagen [KWF 1996] .....	14
<b>Tab. 6:</b>	Leistung und Kosten des Raupenharvesters Neuson 11002 HV am Hang [aus: WEIXLER et al. 1999 a] .....	15
<b>Tab. 7:</b>	Leistung und Kosten von Raupenharvestern in stark geneigtem Gelände [nach SCHÖTTLE et al. 1997 b, SCHÖTTLE et al. 1999; WEIXLER et al. 1997] .....	16
<b>Tab. 8:</b>	Zeitbedarfstabelle und Kosten für das Treiben [HGT 94] .....	21
<b>Tab. 9:</b>	Einflussgrößen und Zuschläge beim Freien Treiben – vereinfachte Darstellung [HGT 94] .....	21
<b>Tab. 10:</b>	Leistung und Kosten bei der Bringung mit Kunststoffloite [nach KWF 1985] .....	24
<b>Tab. 11:</b>	Leistung und Kosten bei der Bringung mit der Kunststoffloite Logline [nach PRÖLL 2000 c] .....	24
<b>Tab. 12:</b>	Durchschnittliche Leistung und Kosten beim Rücken von Rohschäften mit Forstspeziialschleppern [MORAT et al. 1998] .....	27
<b>Tab. 13:</b>	Unterscheidung verschiedener Maschinenklassen nach Nutzlast mit Modellbeispielen [KOOPERATIONSABKOMMEN FORST - PLATTE - PAPIER 1998, verändert; KWF 2002] .....	29
<b>Tab. 14:</b>	Rückerleistung des Tragschleppers in den einzelnen Ruckzyklen einschließlich der Bezugsvolumina der Ladung [SAUTER et al. 1998, verändert] .....	33
<b>Tab. 15:</b>	Konstruktionsmerkmale von Mastseilgeräten [aus: STAMPFER 1995, verändert] .....	35
<b>Tab. 16:</b>	Trassenbreite in Abhängigkeit von der Art der Seilkrananlage und der Bringungsrichtung [SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU 1999] .....	37
<b>Tab. 17:</b>	Leistung der Kurzstreckenseilkräne K 300, HPC und K 303, Bergauf- und Bergabrückung [BAYERISCHER FORSTMASCHINENBETRIEB SCHÖNAU 2001] .....	41
<b>Tab. 18:</b>	Leistung des Seilkrans K 800, Bergauf- und Bergabrückung [BAYERISCHER FORSTMASCHINENBETRIEB SCHÖNAU 2001] .....	41
<b>Tab. 19:</b>	Kenndaten der Seilgeräte am Seilstützpunkt Laubau der Bayerischen Staatsforstverwaltung [SEILSTÜTZPUNKT LAUBAU 1999, 2001 a] .....	42
<b>Tab. 20:</b>	Leistungsdaten K-MAX (30 kN) bei unterstellten 3.000 €/Flugstunde .....	47
<b>Tab. 21:</b>	Durchschnittliche Kosten beim motormanuellen Fällen/Aufarbeiten und Rücken mit Schleppern auf Maschinenwegen .....	49
<b>Tab. 22:</b>	Kosten bei motormanueller Fällung und Aufarbeitung, Bringung mit Seilkran, Verziehen mit Forstschlepper .....	51
<b>Tab. 23:</b>	Leistung und Kosten für kombiniertes Fällen/Rücken von Vollbäumen mit Funkseilkran, Aufarbeitung mit Harvester und Rücken mit Forwarder [KWF 1992, verändert] .....	53
<b>Tab. 24:</b>	Durchschnittliche Leistung und Kosten für kombiniertes Fällen und Rücken mit Schwachholzseilkränen - [MORAT et al. 1998, verändert] .....	53
<b>Tab. 25:</b>	Leistung und Selbstkosten des Unternehmers beim Einsatz eines Gebirgharvesters [nach PRÖLL 2000 a] .....	56
<b>Tab. 26:</b>	Erntekosten mit einem Gebirgharvester bei unterstellten Systemkosten [nach KONRAD FORSTECHNIK o. J.] .....	56



## 10.2 Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b>	Blocküberlagerung (Photo: LWF).....	3
<b>Abb. 2:</b>	Waldarbeiter mit Ausrüstung für Starkholz (Photo: LWF) .....	4
<b>Abb. 3:</b>	Radharvester mit niveauregulierbarem Fahrwerk (Photo: LWF) .....	8
<b>Abb. 4:</b>	Raupenharvester Neuson 11002 HV (Photo: LWF).....	9
<b>Abb. 5:</b>	Raupenharvester Impex „Königstiger“ (Photo: LWF) .....	9
<b>Abb. 6:</b>	Raupenharvester Valmet 911 „Snake“(Photo: LWF).....	10
<b>Abb. 7:</b>	Harvester auf Basis eines „Kaiser“ - Schreitbaggers (Photo: LWF) .....	11
<b>Abb. 8:</b>	Rückegasse nach Harvestereinsatz (Photo: LWF) .....	17
<b>Abb. 9:</b>	Freies Treiben (Photo: LWF) .....	19
<b>Abb. 10:</b>	Leykam Logline (Photo: Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München) .....	23
<b>Abb. 11:</b>	Schlepper im Starkholz (Photo: LWF).....	26
<b>Abb. 12:</b>	Schlepperbringung (Photo: LWF).....	28
<b>Abb. 13:</b>	Rad-Forwarder Timberjack 810 im Einsatz am Hang (Photo: LWF) .....	30
<b>Abb. 14:</b>	Forwarder „Farmi Trac“ mit Raupenfahrwerk (Photo: LWF) .....	31
<b>Abb. 15:</b>	Kaiser-Kettenrückegerät „Kettenbär“ (Photo: LWF).....	32
<b>Abb. 16:</b>	Kippmastanlage „K 800“ (Photo: LWF).....	38
<b>Abb. 17:</b>	Laufwagen „Woodliner“ (Photo: LWF) .....	38
<b>Abb. 18:</b>	Stammholz am Seilkran (Photo:Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technischen Universität München) .....	43
<b>Abb. 19:</b>	Hubschrauber beim Abhängen (Photo: LWF) .....	45
<b>Abb. 20:</b>	Leistung verschiedener Hubschraubertypen bei Transport bergab in Abhängigkeit von der Horizontaldistanz [nach HEINIMANN 1998] .....	47
<b>Abb. 21:</b>	Gebirgsharvester „Syncrofalke“(Photo: LWF) .....	55

### 10.3 Abkürzungsverzeichnis

#### Zeiten und Tarife

AZ	Allgemeine Zeiten
GAZ	Gesamtarbeitszeit
RAZ	Reine Arbeitszeit
MAS	Maschinenarbeitszeit
EST	Erweiterter Sortentarif
HGT 94	Tarifvertrag für Holzerntearbeiten im Hochgebirge (Hochgebirgstarif)
h	Stunde
a	Jahr

#### Holz

fm	Festmeter (1 fm = 1,43 rm )
Efm o. R.	Erntefestmeter ohne Rinde
lfm	laufender Meter
BHD	Brusthöhendurchmesser (Durchmesser eines stehenden Stammes in 1,3 m Höhe)

#### Währungen

€	Euro / €uro
1 €	= 1,95583 DM
ATS	Österreichische Schilling
SFR	Schweizer Franken

#### sonstige

KWF	Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik
LWF	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
FVA	Forstliche Versuchsanstalt
kW	Kilowatt
t	Tonne
ha	Hektar

**Bisher sind in der Reihe „Berichte aus der LWF“ folgende Hefte erschienen:**

Nr. 1	1994	S. KRÜGER, R. MÖSSMER, A. BÄUMLER	Der Wald in Bayern: Ergebnisse der Bundeswaldinventur 1986-1990
Nr. 2	1995	A. KÖNIG, R. MÖSSMER, A. BÄUMLER	Waldbauliche Dokumentation der flächigen Sturmschäden des Frühjahrs 1990 in Bayern und meteorologische Situation zur Schadenszeit
Nr. 3	1995	H. REITER, R. HÜSER, S. WAGNER	Auswirkungen von Klärschlammapplikation auf vier verschiedene Waldstandorte
Nr. 4	1995	A. SCHUBERT, R. BUTZ-BRAUN, K. SCHÖPKE, K.H. MELLERT	Waldbodendauerbeobachtungsflächen in Bayern
Nr. 5	1995	V. ZAHNER	Der Pflanzen- und Tierartenbestand von Waldweihergebieten und Maßnahmen zu deren Sicherung (- vergriffen -)
Nr. 6	1996	A. ZOLLNER	Düngeversuche in ostbayerischen Wäldern
Nr. 7	1996	S. NÜSSLEIN	Einschätzung des potentiellen Rohholzaufkommens in Bayern auf der Grundlage der Ergebnisse der Bundeswaldinventur von 1987
Nr. 8	1996	F. BURGER, N. REMLER, R. SCHIRMER, H.-U. SINNER	Schnellwachsende Baumarten, ihr Anbau und ihre Verwertung (- vergriffen -)
Nr. 9	1996	H.-J. GULDER	Auwälder in Südbayern: Standortliche Grundlagen und Bestockungsverhältnisse im Staatswald (- vergriffen -)
Nr. 10	1996	O. SCHMIDT et al.	Beiträge zur Eibe (- vergriffen -)
Nr. 11	1996	N. REMLER, M. FISCHER	Kosten und Leistung bei der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln (- vergriffen -)
Nr. 12	1996	O. SCHMIDT et al.	Beiträge zur Hainbuche (- vergriffen -)
Nr. 13	1997	V. ZAHNER	Der Biber in Bayern - Eine Studie aus forstlicher Sicht (- vergriffen -)
Nr. 14	1997	N. REMLER, A. ZOLLNER, H.-P. DIETRICH	Eigenschaften von Holzaschen und Möglichkeiten der Wiederverwertung im Wald (- vergriffen -)

Nr. 15	1997	J. DAHMER, S. RAAB	Pflanzverfahren und Wurzelentwicklung (- vergriffen -)
Nr. 16	1998	N. REMLER, H. WEIXLER, S. FELLER	Vollmechanisierte Waldhackschnitzel-Bereitstellung – Ergebnisse einer Studie am Hackschnitzel-Harvester (- vergriffen -)
Nr. 17	1998	O. SCHMIDT et al.	Beiträge zur Vogelbeere
Nr. 18	1998	H.J. GULDER et al.	Humuszustand und Bodenlebewelt ausgewählter bayerischer Waldböden
Nr. 19	1998	G. LOBINGER	Zusammenhänge zwischen Insektenfraß, Witterungsfaktoren und Eichenschäden (- vergriffen -)
Nr. 20	1999	S. RAAB	Arbeitsverfahren für die Pflege in der Fichte (- vergriffen -)
Nr. 21	1999	H. WEIXLER et al.	Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln
Nr. 22	1999	CH. KÖLLING	Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in den Wäldern Bayerns – Ergebnisse der Stoffhaushaltsuntersuchungen an den Bayerischen Waldklimastationen 1991 bis 1998 (- vergriffen -)
Nr. 23	1999	L. ALBRECHT et al.	Beiträge zur Wildbirne
Nr. 24	1999	O. SCHMIDT et al.	Beiträge zur Silberweide (- vergriffen -)
Nr. 25	2000	S. NÜSSLEIN et al.	Zur Waldentwicklung im Nationalpark Bayerischer Wald – Buchdrucker-Massenvermehrung und Totholzflächen im Rachel-Lusen-Gebiet (- vergriffen -)
Nr. 26	2000	S. WITTKOPF, K. WAGNER	Der Energieholzmarkt Bayern
Nr. 27	2000	BAYER. LWF	Großtiere als Landschaftsgestalter – Wunsch oder Wirklichkeit? (- vergriffen -)
Nr. 28	2000	BAYER. LWF	Beiträge zur Sandbirke
Nr. 29	2000	A. WAUER	Verfahren der Rundholzlagerung
Nr. 30	2001	BAYER. LWF	Symposium Energieholz
Nr. 31	2001	BAYER. LWF	Waldzustandsbericht 2001
Nr. 32	2001	H. VALENTWOSKI, H.-J. GULDER, CH. KÖLLING, J. EWALD, W. TÜRK	Die regionale natürliche Waldzusammensetzung

Nr. 33	2002	BAYER. LWF	Waldbewohner als Weiser für die Naturnähe und Qualität der forstlichen Bewirtschaftung
Nr. 34	2002	BAYER. LWF	Beiträge zur Esche
Nr. 35	2002	BAYER. LWF	Auerhuhnschutz und Forstwirtschaft - Lösungsansätze zum Erhalt von Reliktpopulationen unter besonderer Berücksichtigung des Fichtelgebirges