LWF MERKBLATT 13
der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft November 2010

ZENTRUM WALD FORST HOLZ
WEIHENSTEPHAN

BAYERISCHE FORSTVERWALTUNG

Holzernte in steilen Hanglagen

Fast 12 % der Waldflächen Bayerns weisen eine Hangneigung von 35 % und mehr auf. Diese Flächen liegen nicht ausschließlich im Hochgebirge, sondern zum großen Teil auch in den Mittelgebirgen. Dieser Wert markiert in etwa die Einsatzgrenze für Radmaschinen. Aber der Hang ist nicht die einzige Erschwernis in steilen Lagen. Häufig treten noch besondere Geländeverhältnisse hinzu. An das eingesetzte Personal sowie an die Technik der Holzernte werden spezielle Anforderungen gestellt.

Die Bedingungen bei der Holzernte in steilen Lagen erfordern besondere Sorgfalt bei der Hiebsplanung und Hiebsdurchführung. Die folgenden Entscheidungsfelder sind in gleichem Maße zu berücksichtigen.

Arbeitssicherung/Ergonomie

Die Waldarbeit an Hängen ist sowohl für den arbeitenden Menschen als auch beim Umgang mit Maschinen **unfallträchtig**. Ab- und Ausrutschen sowie rollende Stammteile stellen eine große Gefahr dar. Der Maschineneinsatz erfordert große Umsicht. Leicht können Maschinen abgleiten oder bei Querneigung kippen. Das eingesetzte Personal muss daher in den einzelnen Tätigkeiten insbesondere bei Seilarbeiten intensiv geschult und ausreichend erfahren sein.

Umweltaspekte

Generell hat Wald im Hochgebirge und in den steilen Lagen der Mittelgebirge hinsichtlich der **Schutzfunktionen eine besondere Bedeutung**. Er wirkt stabilisierend auf den Boden und beugt so Erosion, Steinschlag und Lawinen vor. Seine ausgleichende Wirkung auf den Wasserhaushalt reduziert die Gefahr von Hochwasser. Dem **Bodenschutz** muss durch geeigneten Technikeinsatz Rechnung getragen werden. **Bestandspflegliches Arbeiten** ist unerlässlich.

Wirtschaftlichkeit/Kosten

Die natürlichen Vorraussetzungen führen in steilen Lagen zu relativ **geringeren Leistungen der Ernteverfahren**. Die Kombination von Aufarbeitungs- und Bringungsverfahren erfordert in den meisten Fällen einen erheblichen Organisationsaufwand. Der Personalbedarf ist bei speziellen Techniken, beispielsweise der Seilbringung, deutlich höher. In der Summe ergeben sich **höhere Aufarbeitungskosten** als im Flachland, die Holzerlöse hingegen bleiben gleich.

Wesentliche Einflussgrößen auf Einsetzbarkeit und Leistung des Erntesystems

Erschließungssituation:
Forstwegenetz, Rückewege

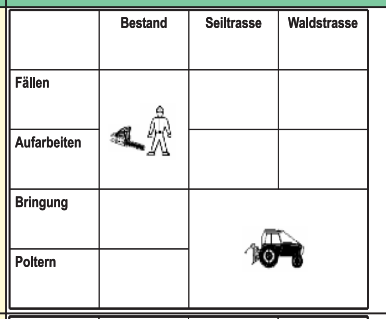
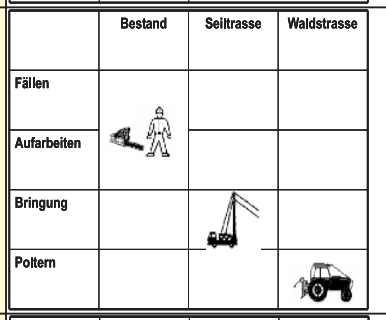
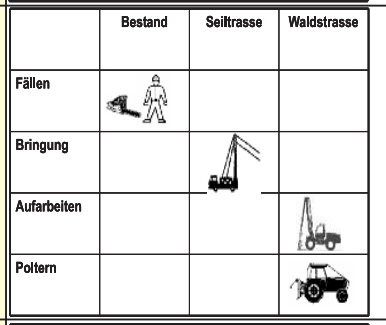
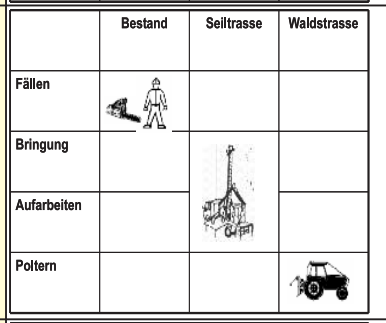
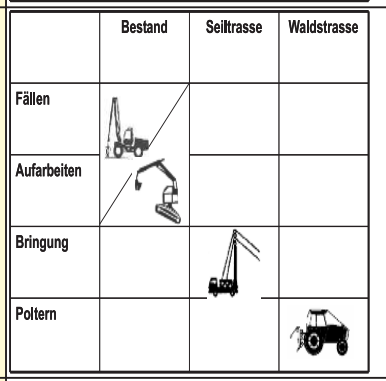
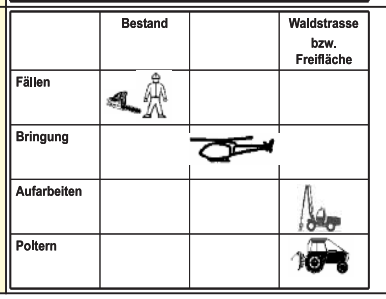
Gelände: Hangneigung, Relief, Bewuchs, Blocküberlagerung, Feuchtflächen

ausscheidender Bestand:
Stärkeklassenverteilung, Massenanfall pro Fläche

Auf die Wahl des geeigneten Holzernteverfahrens kommt es an!

Gängige Holzernteverf

zunehmender Mechanisierungsgrad

Verfahren	Einsatzbereich/ Anforderungen	Verfahrensablauf	Piktogramm
Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Rücken mit Forstschlepper	**Hangneigung**: bis 35% auf Rückegassen, bei Erschließung mit Maschinenwegen auch höher **Erschließung**: Rückegassen bzw. Maschinenwege erforderlich **Sortimente**: vorzugsweise Langholz, aber auch Abschnitte **Hiebsanfall**: auch bei geringem Hiebsanfall einsetzbar	**Fällung und Aufarbeitung:** motormanuell im Bestand **Bringung:** zeitlich versetztes Beiseilen mittels Seilschlepper von der Waldstraße oder von Maschinenwegen (Rückewegen) aus, anschließend wird zum Lagerplatz gerückt und gepoltert.	
Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten, Bringung mit Seilkran	**Hangneigung**: je nach Seiltechnik 100 (140%) **Erschließung**: Basiserschließung durch Forststraßen **Sortimente**: Langholz und Abschnitte **Hiebsanfall**: je nach Größe des eingesetzten Seilkrans, mind. 200fm bei Kurzstrecken-Seilkran, 500fm bei Langstrecken-Seilkran	**Fällung und Aufarbeitung:** motormanuell im Bestand Fällordnung bei Bergaufbringung i. d. R. fischgrätartig, bei Bergabbringung quer zur Seiltrasse **Bringung**: zeitlich versetzt mittels Mobilseilkran; verziehen und poltern mit Schlepper auf der Waldstraße	
Motormanuelles Fällen in Kombination mit Seilkranbringung (Vollbäume [1]) und Aufarbeitung durch Harvester oder Prozessor [1] (Stamm incl. Krone)	**Hangneigung**: je nach Seiltechnik 100 (140%) **Erschließung**: Basiserschließung durch Forststraßen **Sortimente**: Vollbäume **Hiebsanfall**: wegen hoher Sytemkosten großer Anfall pro Seiltrasse erforderlich (100fm pro Trasse)	**Fällung:** motormanuell, ggf. können die Bäume durch Seilunterstützung zu Fall gebracht werden (Seillinienverfahren); Fällordnung spitzwinklig zur Seiltrasse **Bringung:** mittels Mobilseilkran bergauf **Aufarbeitung**: durch Harvester je nach Platzangebot zeitgleich oder zeitlich versetzt auf Waldstrasse; ggf. verziehen und poltern mit Schlepper	
Motormanuelle Fällung, Bringung (Vollbäume) und Aufarbeitung mit Gebirgsharvester [2] [2] Kombination aus Seilkran und Prozessor	**Hangneigung**: je nach Seiltechnik 100 (140%) **Erschließung**: Basiserschließung durch Forststraßen **Sortimente**: Vollbäume **Hiebsanfall**: wegen hoher Sytemkosten großer Anfall pro Seiltrasse erforderlich (100fm pro Trasse)	**Fällung**: motormanuell, ggf. mit Seilunterstützung **Bringung**: zeitlich versetzte oder zeitgleiche Vollbaumbringung mit Seilkran **Aufarbeitung**: mit am Seilkran integriertem Harvester (Prozessor); ggf. verziehen und poltern mit Schlepper auf der Waldstraße	
Fällung und Aufarbeitung durch Raupenharvester mit anschließender Seilbringung	**Hangneigung**: bis 65% **Erschließung**: Rückegassen erforderlich **Gelände**: keine Blocküberlagerung **Sortimente**: Langholz und Abschnitte, Starkholz und Schwachholz **Hiebsanfall**: hoch	**Fällung und Aufarbeitung**: durch Raupenharvester von den Rückegassen aus; ggf. ist eine motormanuelle Zufällung außerhalb der Kranzonen notwendig. **Bringung**: zeitlich versetzt durch leistungsfähigen Seilkran; bei geringem Gassenabstand genügt eine Aufstellung an jeder zweiten oder dritten Gasse; Stämme aus den Zwischenbereichen werden beigestellt; ggf. Schleppereinsatz zum Verziehen.	
Motormanuelle Fällung, Hubschrauberbringung, Aufarbeitung mit Harvester	**Hangneigung**: ohne Einfluss auf Bringung **Erschließung**: unerschlossene Bestände **Sortimente**: Vollbäume **Hiebsanfall**: flächenweise konzentriert	**Fällung**: motormanuell **Bringung**: zeitlich versetzt durch Hubschrauber (Vollbäume) **Aufarbeitung**: am Abladeplatz durch Harvester oder Prozessor; ggf. entzerren und poltern mit Schlepper	

Stand: Dezember 2003

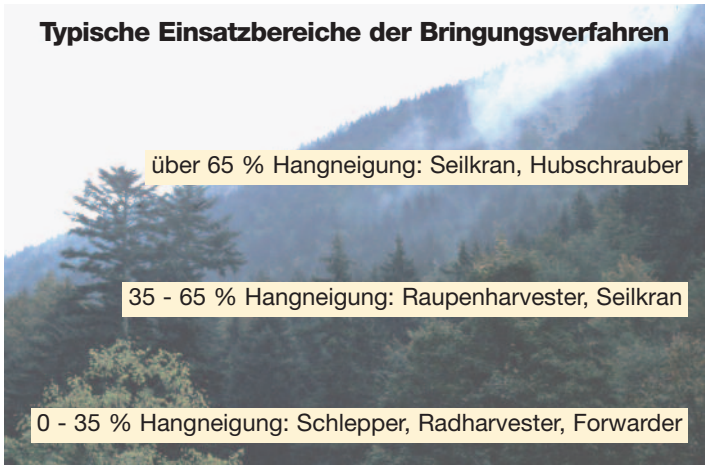
ahren für steile Hänge

Pfleglichkeit	Arbeitssicherheit [3] und Ergonomie	Wirtschaftlichkeit [4]	Sonstiges/Varianten
Boden: Gefahr der Fahrspurbildung, insbesondere bei größerer Hangneigung **Bestand**: Schäden durch schräg zur Fallrichtung gerichtetes Beiseilen; bei Langholz höhere Gefährdung Pfleglich, wenn sich Befahrung auf Rückegassen/-wege und Waldstraßen beschränkt.	**Arbeitssicherheit**: Gefährdung der Waldarbeiter durch abrollende Stammteile; Rutschgefahr; Kipp- und Abrutschgefahr für den Schlepper bei Überschreitung der max. Hang- und Querneigung **Ergonomie**: körperlich schwere Arbeit bei Fällung, Aufarbeitung und Seilauszug; dieser wird durch aktive Seilauszugshilfe erleichtert.	**Personalbedarf**: 2 Pers. Fällung/Aufarbeitung; 1 Pers. Rückung **Maschinenkosten**: Schlepper ab ca. 25 €/MAS **Organisationsaufwand**: gering Bei ausreichender Erschließung mit Rückewegen kostengünstiges Verfahren, das insbesondere für den Kleinprivatwald geeignet ist.	Die Bringung von Mehrfachlängen erhöht die Rückeleistung (mehrere, ungetrennte Sortenstücke). Die Bringung ist bei fehlender Erschließung mit Rückegassen auch durch Freies Treiben, mittels Loiten oder Pferd möglich.
Boden: keine Verdichtungsschäden; Schleifschäden bei Langholz- und Kopf-Hochverfahren **Bestand**: Schäden konzentrieren sich an Seiltrasse. Bei sorgfältiger Einhaltung der Fällordnung pfleglich	**Arbeitssicherheit**: Gefährdung der Waldarbeiter siehe oben; eine Funkfernsteuerung am Seilkran erhöht die Sicherheit bei der Seilarbeit. **Ergonomie**: körperlich schwere Arbeit bei Fällung und Aufarbeitung, Seilkranmontage sowie Lastanhängung; aktive Seilausspulung erleichtert Anhängearbeit.	**Personalbedarf**: 2 Pers. Fällung/Aufarbeitung; 2 Pers. Seilarbeit **Maschinenkosten**: je nach Seilanlage 20 bis 80 €/MAS **Organisationsaufwand**: mittel Effizientes Verfahren bei ausreichender Auslastung der Seilanlage	Zur Seilkranarbeit ist eine eingehende Schulung des Personals erforderlich. Im **Seillinienverfahren** kann die Fällung durch die Seilanlage unterstützt werden. Die Aufarbeitung erfolgt dann auf der Waldstraße. Selbstfahrende Laufwägen reduzieren den Montageaufwand der Seilanlage.
Boden: keine Verdichtungsschäden; Schleifschäden durch Vollbaumbringung **Bestand**: bestandsschonende Fällung bei Seilunterstützung; Schäden durch Seilung an Trassenrandbäumen Das Verfahren ist als pfleglich einzustufen.	**Arbeitssicherheit**: sicheres Fällen bei Seilunterstützung; sichere Aufarbeitung durch Harvestereinsatz **Ergonomie**: körperlich schwere Arbeit bei Seilkranmontage; Seilunterstützung bei Fällung ist ergonomisch günstig; aktive Seilausspulung erleichtert Anhängearbeit.	**Personalbedarf**: Fällung/Seilung 2-3 Pers.; Aufarbeitung 1 Pers. **Maschinenkosten**: je nach Seilanlage 20 bis 80 €/MAS, Harvester (Prozessoren) ab 45 (15) €/MAS **Organisationsaufwand**: hoch Abhängig von der Stückmasse ist eine relativ hohe Leistung möglich. Diese steht hohen Systemkosten gegenüber.	Die Aufarbeitung kann auch durch einen Prozessor erfolgen, der i. d. R. etwas kostengünstiger ist als ein Harvester.
Boden: keine Verdichtungsschäden; Schleifschäden durch Vollbaumbringung **Bestand**: bestandsschonende Fällung bei Seilunterstützung; Schäden durch Seilung an Trassenbäumen Das Verfahren ist als pfleglich einzustufen.	**Arbeitssicherheit**: sicheres Fällen bei Seilunterstützung; sichere Aufarbeitung durch Harvestereinsatz. **Ergonomie**: Seilkranmontage und Anhängearbeit sind körperlich schwere Arbeiten; Seilunterstützung bei Fällung ist ergonomisch günstig; aktive Seilausspulung erleichtert Anhängearbeit.	**Personalbedarf**: Fällung/Seilung 3 Pers., Aufarbeitung 1 Pers. **Maschinenkosten**: Gebirgsharvester ab 55 €/MAS **Organisationsaufwand**: mittel bis hoch Bei entsprechender Auslastung sind hohe Leistungswerte erzielbar. Der Einsatz nur einer Maschine bedingt geringere Systemkosten.	Neuere Entwicklungen ermöglichen von einem Standpunkt aus die zeitgleiche Bringung bergauf und bergab. Damit reduzieren sich die Stückkosten. Ein erhöhter Organisationsaufwand ist nötig.
Boden: Raupenfahrwerke sind hinsichtlich der Verdichtung günstiger als Radfahrzeuge; Bodenverwundung durch Scherbewegungen aufgrund von Lenkbewegungen; Gefahr von Wurzelverletzungen **Bestand**: bestandsschonend; Schäden durch Seilung an Trassenbäumen Das Verfahren ist als bedingt pfleglich einzustufen.	**Arbeitssicherheit**: sicheres Fällen und Aufarbeiten durch Harvester; nivellierbare Fahrerkabinen verbessern den Sichtbereich und damit die Fahrsicherheit **Ergonomie**: Seilkranmontage ist körperlich schwere Arbeit; aufgrund höherer Anhängelasten (Vorkonzentration) steigt die Belastung; aktive Seilausspulung erleichtert Anhängearbeit.	**Personalbedarf**: Fällung/Aufarbeitung 1 Pers.; Bringung 2 bis 3 Pers. **Maschinenkosten**: Harvester ab 40 €/MAS; Seilkran ab 40 €/MAS **Organisationsaufwand**: hoch Die Vorkonzentration durch den Harvester erhöht die Leistung des Seilkrans. Derzeit wirtschaftlichstes Verfahren, wenn die Befahrbarkeit der Bestände mit Raupenharvestern gegeben ist.	Durch die Harvesteraufarbeitung wird dem Bestand wenig Biomasse entzogen. Das Verfahren ist auch für Durchforstungen in schwächeren Beständen geeignet. Bis ca. 35% Hangneigung können auch Radharvester eingesetzt oder statt des Seilkrans auch ein Forwarder verwendet werden. Die Entwicklung von zwei unabhängig operierenden Laufwerken bei Raupenharvester erhöht die Steigfähigkeit.
Boden: keine Beeinflussung **Bestand**: übliche Schäden durch Fällarbeiten, selten Schäden durch Bringung Das Verfahren ist als sehr pfleglich einzustufen.	**Arbeitssicherheit**: Unfallgefahr beim Ein- und Ausklinken der Last; sicheres Aufarbeiten durch Harvester **Ergonomie**: körperlich schwere Arbeit beim Fällen und Anhängen; hohe mentale Belastung des Piloten Ein sicherer Einsatz des Hubschraubers ist nur bei stabiler Witterung möglich.	**Personalbedarf**: Fällung/Anhängearbeit 2 Pers.; Bringung 1 Pers.; Aufarbeitung 1 Pers. **Maschinenkosten**: Hubschrauber ab 50 €/Flugminute (!); Harvester ab 40 €/MAS **Organisationsaufwand**: sehr hoch	Häufig einziges Bringungsverfahren bei Windwurf oder Käferholz in unerschlossenen Beständen Die Aufarbeitung kann auch motormanuell im Bestand erfolgen. Gebracht werden dann Sortenstücke oder Mehrfachlängen.

[3] Die jeweils für das angewendete Verfahren sowie für den Betrieb der eingesetzten Geräte und Maschinen geltenden Unfallverhütungsvorschriften sind in jedem Fall einzuhalten.

[4] MAS = Maschinenarbeitsstunde

Typische Einsatzbereiche der Bringungsverfahren



Der Mobilseilkran

Die Bringung mit dem Mobilseilkran ist das bedeutendste Verfahren für steile Lagen. Er kann mit zahlreichen Fällungs- und Aufarbeitungsverfahren kombiniert werden und ist auch für den Einsatz auf Feuchtböden im Flachland geeignet. Mittlerweile existieren für viele Einsatzbereiche angepasste, leistungsfähige Systeme.
Reichweiten: ca. 200 bis 800 m
Bringungsrichtungen:
bergauf, bergab, horizontal
Trägerfahrzeuge:
Schlepperaufbau, Anhänger, LKW

Spezielle Neuentwicklungen in der Forstwirtschaft (Beispiele)

Moderner Maschinen- und Technikeinsatz nimmt auch bei der Holzernte am Hang zu. In den letzten Jahren gab es zahlreiche Neuentwicklungen, die sowohl die Leistung aber auch die Arbeitssicherheit und Pfleglichkeit verbessern.

Der Raupenharvester

Kettenlaufwerke erreichen gegenüber Radfahrwerken eine bessere Steigfähigkeit. Hangneigungen bis 65 % können bewältigt werden. Eine maschinelle Aufarbeitung in diesen Hangneigungsbereichen ist damit möglich. Die Vorkonzentration an den Fahrgassen erhöht die Leistung einer nachfolgenden Seilbringung deutlich.

Arbeitssicherheit/ Ergonomie

- nivellierbare Fahrerkabine (Tilt)
- aktiver Seilauszug

Leistung

- selbstfahrende Laufwägen
- Zielautomatik der Laufwägen

Pfleglichkeit

- Kunststoffkettenlaufwerke

Der Gebirgsharvester

Der Gebirgsharvester ist kein Harvester im herkömmlichen Sinn. Er ist vielmehr eine Kombination aus Seilkran und integriertem Prozessor. Er bietet entscheidende Vorteile. Die Vollbäume werden nach der Bringung an der Waldstraße aufgearbeitet. Durch Verwendung nur einer Maschine für Bringung und Aufarbeitung sinken die Systemkosten beträchtlich.

Drei Schritte zur Auswahl eines geeigneten Verfahrens:

Welche Verfahren kommen aufgrund der Geländeausformung und der Erschließungssituation technisch in Frage?

Welche dieser Verfahren lassen aufgrund des Holzanfalls und der aufzuarbeitenden Sortimente ein wirtschaftliches Ergebnis erwarten?

Welche Verfahrensschritte können durch Eigenleistung bzw. eigene Maschinen durchgeführt werden?

Empfehlung:

Höher mechanisierte Arbeitsverfahren erfordern für ihren wirtschaftlichen Einsatz entsprechende Hiebsmengen. Im Privatwald sind die Flächen dazu häufig nicht ausreichend. Über Zusammenschlüsse lassen sich Maschineneinsätze effizienter planen und durchführen.

Detallierte Darstellungen zu den verschiedenen Ernte- und Bringungsverfahren finden Sie im *LWF*-Bericht Nr. 36 „*Aktuelle Holzernteverfahren am Hang*“. Weitere Informationen zu forstlichen Arbeitsverfahren sind in den Veröffentlichungsreihen der LWF erschienen. Diese können über unser Internetangebot eingesehen und ausgedruckt oder direkt bei der LWF bestellt werden.

Impressum

Herausgeber und Bezugsadresse:	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1 85354 Freising Tel. +498161-71-4881 E-Mail: redaktion@lwf.bayern.de, Internet: www.lwf.bayern.de
Verantwortlich:	Olaf Schmidt, Präsident der LWF
Redaktion:	Dr. Alexandra Wauer, Dr. Joachim Hamberger, LWF
Bearbeiter:	Enno Uhl, LWF
Bildnachweis:	LWF, TU-München, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Leonhard Steinacker
Auflage:	5.000 Stück