Hannibal ante portas!

von **Stefan Feller** und **Helmut Weixler**

Dieser Ruf der alten Römer schallt wieder durch das Land. Im Gegensatz zu damals gilt dieser Ausruf heute keinem punischen Feldherrn und seinen Truppen, sondern einem bayerischen Raupen-Harvester der Firma IMPEX.

Ausgangssituation und Ziel der Untersuchung

Der "Hannibal" von heute ist ein auf einem Baggerfahrgestell aufgebauter Harvester mit 15 Metern Kranreichweite. Dieser Raupen-Harvester wurde entwickelt, um in Beständen mit einem Rückegassenabstand von 30 Metern vollmechanisiert Holz ernten zu können. Der "Hannibal" dringt mit seinem Einsatzspektrum, das Endnutzungsbestände und das Aushalten von Langholz umfaßt, in die Domäne der Regiearbeit ein. Es geht ihm der Ruf voraus, in flächig verjüngten Beständen sehr verjüngungsschonend zu ernten. Dies war der Anlaß, die Produktivität und Pfleglichkeit dieser Maschine näher zu untersuchen und objektive Entscheidungsgrundlagen für den Praktiker herzuleiten.

Beschreibung der Maschine

Die technischen Merkmale des Raupen Harvesters IMPEX 1880 "Hannibal" charakterisiert nachfolgende Tabelle:

Tab. 1: *Technische Daten des Raupen-Harvesters IMPEX 1880 "Hannibal"*

Grundfahrzeug:	Atlas Raupenbagger 1804 mit jeweils um 90 cm seitlich verbreiterbarem Teleskopfahrwerk und 15 m langem zweiteiligem Spezialkranausleger mit schwenkbarer Baumhaltezange
Abmessungen:	Breite: 3,0 bis 4,8 m; Höhe: 3,1 m; Transportlänge 13,5 m
Motorisierung:	Deutz 6-Zylinder Turbo-Dieselmotor mit Ladeluftkühlung (152 KW)
Antrieb:	2 Spezial-Forst-Kettenlaufwerke mit je einem 2-stufigen Fahrmotor
Hydrauliksystem:	AWE 4, stufenlos einstellbar mit automatischem Lastdruckausgleich
Aggregat:	LAKO 80 (Steuerung: Motomit)
Gewicht:	33 t
spez. statischer Bodendruck:	70 kPa

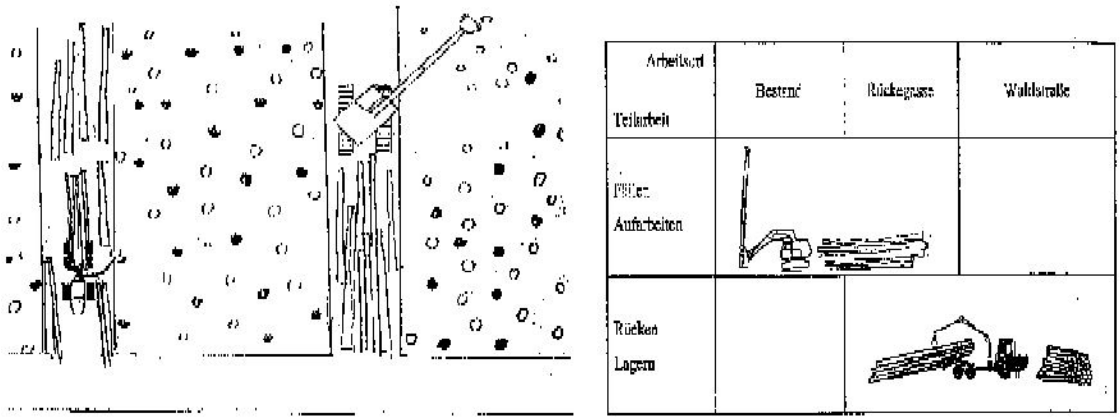

Abb. 1*: Schematische Darstellung des Arbeitsverfahrens: Aufarbeiten von Langholz mit dem Raupen-Harvester und Rücken mit einem Klemmbank-Schlepper*

Arbeitsverfahren

Das Arbeitsverfahren ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt und nachfolgend kurz erläutert.

Der Fahrer positioniert das Aufarbeitungsaggregat und die Baumhaltezange am Baum und löst den Trennschnitt aus. Der abgetrennte Baum wird aufrecht stehend in die Rückegasse gehoben und vor dem Harvester auf die Rückegasse gefällt. Während des Fäll- und Vorliefervorgangs wird der Baum von den Vorschubwalzen und Entastungsmessern des Aggregates sowie der Baumhaltezange festgehalten. Die weitere Aufarbeitung des Baums kann im Sichtbereich des Fahrers vor dem Harvester stattfinden. Die Äste und der Wipfel werden als Reisigmatte in die Gasse eingebaut. Das Langholz schiebt der Harvester seitlich an sich vorbei oder bei schmalen Rückegassen über eine Rinne auf der rechten Fahrzeugseite und legt es hinter sich auf der Rückegasse ab. Rückegassen können daher nur in einer Richtung befahren werden. Standardlängen und Industrieholz werden am Rand der Rückegasse abgelegt.

Das Langholz wird anschließend mit einem Klemmbank-Schlepper, das Kurzholz von einem Forwarder gerückt.

Empfehlungen zur Arbeitsorganisation

Für einen reibungslosen Arbeitseinsatz sind folgende Vorbereitungen notwendig:

- entsprechender Hiebsanfall je Einsatzort und Blockbildung
- Planung des Feinerschließungssystems unter Beachtung folgender Punkte:
  - gestreckte Linienführung der Rückegassen (Manövrierbarkeit)
  - keine Stichgassen, da der Raupen-Harvester das Langholz hinter sich ablegt
  - keine Querneigung der Rückegassen
  - deutliche Markierung der Rückegassenmitte
  - ausreichend große Einmündung der Rückegasse auf die Forststraße (Langholz)
- deutlich sichtbare Markierung der Entnahmebäume mit einem Schrägstrich zur Rückegasse hin
- detaillierter schriftlicher Arbeitsauftrag mit Einweisung der Fahrer und Lageplänen
- Koordinierung von Aufarbeitung und Rückung (Der Klemmbank-Schlepper ist bei Durchforstungen produktiver als der Harvester.)
- Regelung der Vermessung des Holzes, da bei großem Holzanfall eine einzelstammweise Vollvermessung nicht möglich ist.
- Vorbereitung der Holzlagerflächen und Planung der Holzabfuhr für dieses hochproduktive Arbeitssystem.

Rahmenbedingungen der Studie

Die Arbeitsstudie wurde im Februar 1997 in einem Privatwald im Tertiären Hügelland durchgeführt. Nach den Vorgaben des Waldbesitzers wurde ein Altbestand stark durchforstet, ein Bestandsrand abgesäumt und über gesicherter Verjüngung geräumt. Dadurch konnten drei verschiedene Eingriffvarianten in etwa 90-jährigen Fichtenreinbeständen beobachtet werden. Diese Bestände stockten auf einem ebenen Plateau, das nach Norden in einen 20% geneigten Hang mit einem kurzen 50%-igen Steilabfall überging. Die Räumung erfolgte über einer dicht geschlossenen, bis zu 3 m hohen Fichtenverjüngung. Der mittlere BHD des ausscheidenden Bestands lag bei 31,6 cm in der Durchforstung und bei 36,8 cm in der Endnutzung, die Mittelhöhen bei 30,4 und 31,9 m. Die Rückegassen wurden bei der Durchforstung im Abstand von 30 m und einer Breite von 5 m neu angelegt.

Als Sorten gab der Waldbesitzer Langholz (max. 21 m; 12 cm Zopf o.R.), Standardlängen (3,1 oder 4,1 m; 12 cm Zopf o.R.) oder Industrieholz (IS 2 m; 7 cm Zopf o.R.) vor. Aufgrund hohen Rotfäuleanteils fiel bei fast allen Bäumen ein D-Holz-Abschnitt an. Meist wurde ein Baum in ein Stück Langholz, eine Standardlänge bzw. ein D-Stück sowie ein Stück IS eingeteilt.

Produktivität und Kosten

Die Arbeitsstudie umfaßte vier Ganztagsstudien. Dabei konnte die Aufarbeitung von 775 Bäumen bzw. 850 Festmeter Holz beobachtet werden. Die Gesamtarbeitszeit gliedert sich in 62% Reine Arbeitszeit und 38% Allgemeine Zeiten. Letztere sind v. a. maschinenbedingte Ausfallzeiten (Reparaturen) sowie Rüst- und Erholzeiten.

Die Reine Arbeitszeit besteht aus folgenden Teilarbeiten:

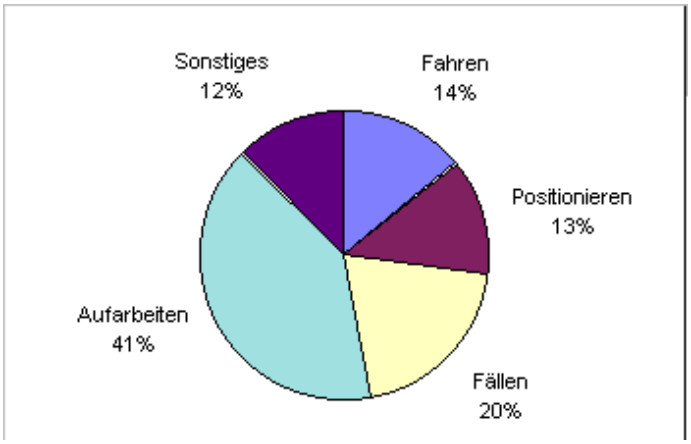

Abb. 2: *Anteile der Teilarbeiten an der Reinen Arbeitszeit des "Königstigers"*

Die Allgemeinen Zeiten der Studie liegen für mechanisierte Verfahren relativ hoch und dürften auf längere Sicht nicht repräsentativ sein. Nach Auskunft des Maschinenbetriebs Bodenwöhr werden bei vergleichbaren Maschinen Ausfallzeiten von höchstens 15 - 20% der Einsatzstunden beobachtet. In den nachfolgenden Kalkulationen wurde von einer längerfristigen Maschinenverfügbarkeit von 75% ausgegangen, um den zwangsläufig höheren Ausfallzeiten bzw. dem Modifikationsbedarf dieses Prototypen gerecht zu werden.

Die Arbeitsstudie ergab eine Leistung zwischen 26 und 34 Bäumen je Stunde (bei einer Maschinenverfügbarkeit von 75%). Zwischen dem Durchforstungseingriff und den Eingriffen mit höherem Hiebsanfall/Fläche (Saum, Räumung) konnten deutliche Leistungs-unterschiede beobachtet werden. Gegenüber diesen Eingriffsarten hatte der Harvester beim selektiven Eingriff bei gleichem BHD einen um 20% höheren Zeitbedarf je Baum. Für den selektiven Eingriff, der mit heutigen waldbaulichen Zielvorstellungen am besten übereinstimmt, ist nachfolgend die Produktivität des Harvesters über dem BHD dargestellt (Tab. 2).

Aus der Graphik (Abb. 3) ist ein starker Stückmasse-Einfluß ersichtlich. Bei einem BHD über 50 cm deutet sich ein Absinken der Leistung an. Dies ist jedoch mit zuwenig Bäumen belegt, um daraus Einsatzgrenzen ableiten zu können. Anhand der berechneten Regression können Kalkulations-grundlagen bereitgestellt werden. Die nachfolgend dargestellten Leistungs- und Kostensätze unterstellen eine Maschinen-verfügbarkeit von 75% und Maschinenkosten von 410,- DM/MAS. Letztere sind vorsichtig kalkuliert, z. B. mit einer Maschinenauslastung von nur 1000 MAS/Jahr.

Die Sätze beinhalten die Aufarbeitung ganzer Bäume in dem beschriebenen Arbeitsverfahren unter den beobachteten Rahmenbedingungen. Sie können daher nicht unbesehen auf sämtliche Ernteeinsätze übertragen werden, zeigen aber den möglichen Kostenrahmen auf. Dieser liegt bei etwa der Hälfte motormanueller Aufarbeitung.

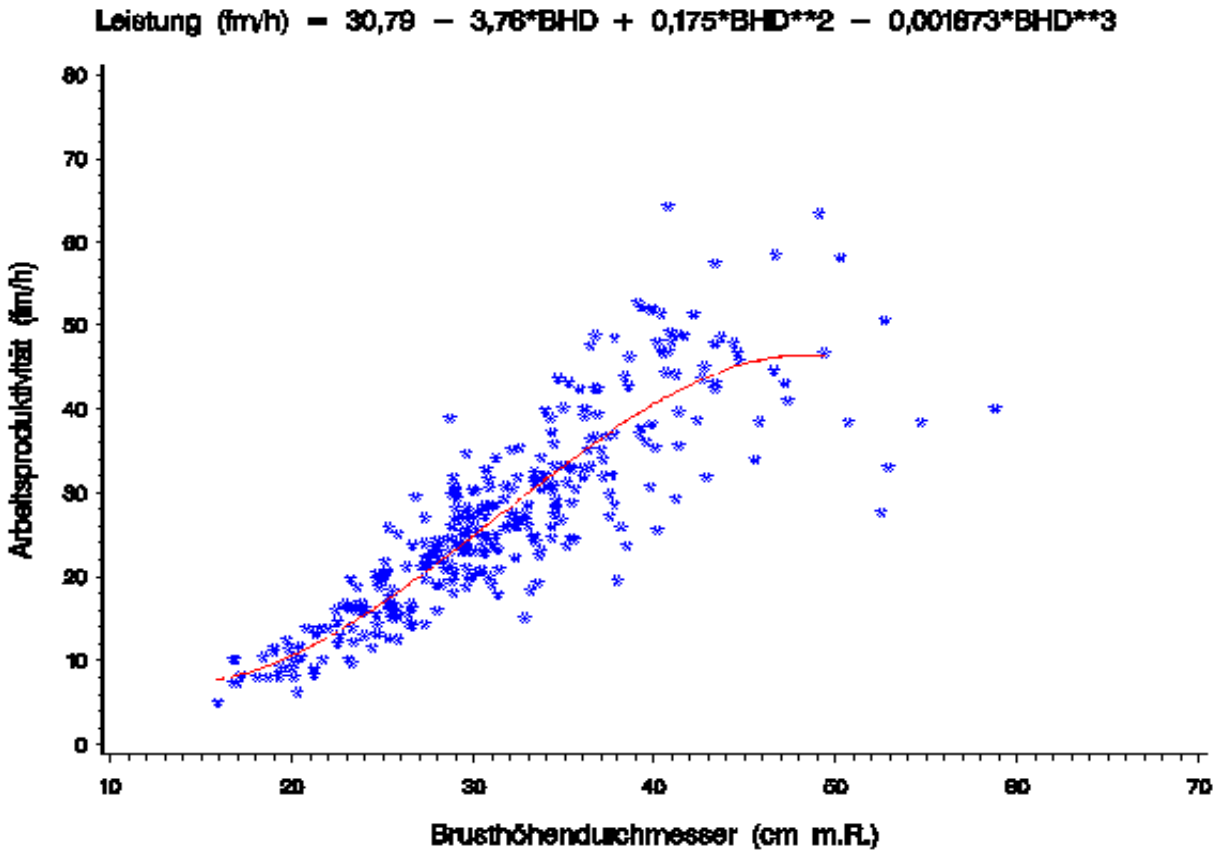

Abb. 3: *Produktivität des Raupen-Harvesters ?Hannibal" in Abhängigkeit vom BHD bei einer unterstellten Maschinenverfügbarkeit von 75%*

Hierbei ist jedoch der Vorteil der Holzpolterung auf und seitlich der Rückegasse noch nicht berücksichtigt. Klemmbank-Schlepper erreichen hier eine hohe Produktivität [Feller et al. 1997]. Dies senkt die Rückekosten gegenüber konventioneller Rückung mit Seilschleppern deutlich. Damit entstehen nicht einmal die Hälfte der Erntekosten, die bei motormanueller Aufarbeitung und Rückung mit Seilschleppern anfallen.

Tab. 2: *Produktivität und Kosten des Raupen-Harvesters "Hannibal" in Fichte bei selektivem Eingriff*

BHD (cm m.R.)	TAP (fm/h)	Kosten (DM/fm)
18	8,89	46,14
20	10,61	38,66
22	12,83	31,97
24	15,46	26,52
26	18,41	22,27
28	21,59	18,99
30	24,92	16,45
32	28,30	14,49
34	31,63	12,96
36	34,84	11,77

38	37,83	10,84
40	40,52	10,12
42	42,80	9,58
44	44,60	9,19
46	45,82	8,95
48	46,37	8,84
50	46,17	8,88

Beurteilung des Verfahrens

Der Raupen-Harvester erschließt neue Einsatzbereiche für die maschinelle Holzernte:

> In Beständen mit einem Rückegassenabstand von 30 m kann vollmechanisiert, kostengünstig und hochproduktiv Holz geerntet werden.
>
> Es kann Langholz ausgehalten werden.
>
> Bäume können aus hoher Verjüngung heraus mit minimalen Schäden geerntet werden.

Bei den Möglichkeiten, die dieser Raupen-Harvester bietet, sollten die Problembereiche ebenfalls angesprochen werden:

> Der "Hannibal" kann nur mit einem Tieflader umgesetzt werden. Die dabei entstehenden hohen Kosten amortisieren sich nur bei einem entsprechenden Hiebsanfall.
>
> Im Vergleich zu einem Rad-Harvester ist der "Hannibal" schwerfällig und weniger wendig. Die Sicht nach rechts ist wegen des Kranauslegers eingeschränkt. Der weite Überstand des Ausgleichsgewichts bei Schwenkbewegungen bedingt eine große Arbeitsbreite und erschwert die Sicht nach hinten.
>
> Der Kran ist schwierig zu steuern und kann nicht getiltet werden, was die Arbeit am Hang erschwert. Bei voller Auslage des Kranes gestaltet sich das Positionieren des Harvesteraggregates schwierig.
>
> Die beim Vorliefern auftretenden großen Hebelkräfte bereiten Probleme. Bis zu einem Abstand von etwa zehn Metern hebt der "Hannibal" selbst Fichten mit einem BHD über 50 cm ohne Schwierigkeiten. Bei größerer Entfernung übersteigen so starke Bäume die Standfestigkeit des Harvesters und es kommt zu Kipptendenzen.
>
> Der "Hannibal" benötigt zur Ablage des Lang-holzes und für Schwenkbewegungen eine Rückegassenbreite von fünf bis sechs Metern. Bei den weiten Baumabständen in Verjüngungshieben, dem eigentlichen Einsatzbereich der Maschine, ist dieser Umstand als weniger gravierend zu bewerten als in Durchforstungen.

Nach Abschluß der Rückung wurden beim selektiven Eingriff die Beschädigungen am verbleibenden Bestand nach Meng [1978] erhoben. Schäden mit einer Fläche von weniger als 10 cm² wurden nicht erfaßt. 12% der verbleibenden Bäume haben einen Schaden mit freigelegtem Holzkörper. Das Schadprozent ist im Bereich der Rückegasse am größten und sinkt ab einer Entfernung von 4 m zur Gassenmitte auf unter 5%. Das Schadprozent liegt unter dem von Meng festgestellten Niveau für motormanuelle Aufarbeitung von fallenden Längen und Schlepperrückung außer Saft. Allerdings liegt es deutlich über denen bei vollmechanisierter Kurzholzaufarbeitung (< 10%).

Bei der Entwicklung des "Hannibal" wurde der Verjüngungspfleglichkeit ein großer Stellenwert eingeräumt. Das Arbeitsverfahren vermeidet den sonst beim Vorliefern obligatorischen Dreh- und Schleifvorgang des Stammes durch die Verjüngung vollständig. Dementsprechend waren an der Fichten-Naturverjüngung kaum Beschädigungen erkennbar. Diese kamen nur am Rückegassenrand und vereinzelt im Bereich des Stocks eines entnommenen Baums durch den Greif- und Fällvorgang vor. Der "Hannibal" ist somit das Nonplusultra hinsichtlich der Verjüngungspfleglichkeit.

Kettenlaufwerke können durch ihre gegenüber Reifen geringere Elastizität stärkere Schäden an flachstreichenden Wurzeln bzw. Stammfüßen verursachen [Denninger 1997]. Die Ausgestaltung des Kettenlaufwerks mit abgerundeten Kanten und geringer Stollenhöhe vermindert diese Gefahr deutlich. Beim Einsatz ist darauf zu achten, daß das anfallende Reisig vor dem Raupen-Harvester in die Gasse eingebaut wird, um den Bodendruck sowie das Verletzungsrisiko der Wurzeln zu verringern. Der "Hannibal" entwickelt trotz seines hohen Gewichts aufgrund der großen Aufstandsfläche der Kettenlaufwerke nur einen statischen Bodendruck von 70 kPa. Dies entspricht etwa dem Bodendruck eines beladenen Forwarders der Achttonnen-Klasse. Bereits ein statischer Bodendruck von über 50 kPa läßt jedoch erhebliche und tiefreichende Strukturveränderungen des Bodens erwarten [Matthies et al. 1995]. Deshalb sollte dieser Harvester nur von einem festen Feinerschließungsnetz aus operieren.

Resümee

Der Raupen-Harvester "Hannibal" ermöglicht eine hochproduktive, kostengünstige und pflegliche Langholzernte, selbst in Beständen mit Vorausverjüngung. Die Erntekosten mit dem "Hannibal" betragen nicht einmal die Hälfte der bei motormanueller Bereitstellung notwendigen Aufwendungen. Die Bestandesschäden liegen deutlich unter dem Niveau motormanueller Holzernte, doch über dem vollmechanisierter Kurzholzernte. Die Verjüngungspfleglichkeit des "Hannibal" kann gegenwärtig von keinem anderen Verfahren erreicht werden. Kritisch ist jedoch der notwendige Hiebsanfall je Einsatzort und der hohe Platzbedarf zu werten.

Literatur

Denninger, W. 1997: Sind Bagger-Harvester eine Alternative? Forstmaschinen-Profi, Heft 3

Feller, S.; Weixler, H.; Pausch, R. 1997: Holzernte in Fichten-Altbeständen mit einem Raupen-Harvester. AFZ/Der Wald Heft 9,
S. 478-481.

Matthies, D.; Weixler, H.; Guglhör, W.; Löffler, H.; Rehfuess, K. E. 1995: Bodenuntersuchungen zu befahrungsbedingten Strukturveränderungen auf Waldstandorten in Bayern. LWF Freising.

Meng, W. 1978: Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte - Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Band 53.

Königstiger in bayerischen Wäldern

***von Stefan Feller, Hans Schauer
und Helmut Weixler***

Mit "Königstiger" sind hier nicht aus Asien zugewanderte Großkatzen gemeint, sondern das Modell eines Raupen-Harvesters, das als Prototyp in bayerischen Wäldern Holz erntet. Der IMPEX 1650 T "Königstiger" ist nach dem "Hannibal" der zweitgrößte IMPEX Raupen-Harvester.

Kurzcharakteristik

Basisfahrzeug ist ein modifizierter Kurzheckbagger. Er ist in seinen Abmessungen kleiner, leichter und wendiger als der "Hannibal", hat aber ebenfalls 15 m Kranreichweite. Mit seinem tiltbaren Fahrgestell kann der "Königstiger" den Oberwagen selbst in steilen Hängen waagerecht ausrichten. Schöttle et al. [1997] beschrieben einen erfolgreichen Durchforstungseinsatz in einem bis zu 65% geneigten Hang. Mit unserer Untersuchung begleiteten wir einen Einsatz in vorausverjüngten Endnutzungsbeständen im Tertiären Hügelland.

In der Tabelle 1 sind die wichtigsten technischen Daten der Maschine dargestellt.

Die Hubkraft des "Königstigers" liegt mit 1,2 Tonnen bei voller Kranauslage (14,6 m) in Fahrtrichtung erheblich über der von Rad-Harvestern [Weixler et al. 1997]. Dies ermöglicht das bestandes- und verjüngungsschonende Vorliefern des Langholzes in die Gasse. In der Studie überzeugte der "Königstiger" durch seine Standfestigkeit. Trotz stärkster Bäume ergaben sich höchst selten Kippneigungen des Fahrzeugs.

Das Ausgleichsgewicht ragt beim "Königstiger" bei Schwenkbewegungen nur wenig über die Fahrzeugbreite von 3 Metern hinaus. Eine Rückegassenbreite von 4 Metern ist daher ausreichend.

Tab.1: *Technische Daten des Raupen-Harvesters IMPEX 1650 T "Königstiger"*

Grundfahrzeug:	Atlas Raupenbagger 1604 HD mit bis zu 26° (60%) tiltbarem Unterwagen
Abmessungen:	Breite: 3,0 m; Transportlänge: 10,2 m; Höhe: 3,45 m
Motorisierung:	DEUTZ 6-Zylinder Turbo (125 KW)
Hydrauliksystem:	AWE 4, stufenlos einstellbar und grenzlastgeregelt
Antrieb:	2 Forst-Kettenlaufwerke mit je einem 2-stufigen Fahrmotor
Kran:	2 Industrieausleger mit 3-fach Teleskop (14,6 m)
Aggregat:	LAKO 50 (Steuerung: Motomit)
Gewicht:	28,5 t
spez. statischer Bodendruck:	60 kPa

Arbeitsverfahren

Der "Königstiger" fällt die Bäume harvestertypisch. Die Fällrichtung kann der "Königstiger" mit Hilfe seines Krans sogar bei einseitig beasteten Bäumen genau bestimmen. In dem Versuchsbestand verhängten sich beim Fällvorgang häufig Fichten in sperrigen Kiefernkronen. Diese ?Hänger" wurden mit dem Aggregat schonend aus der Krone des anderen Baums herausgedreht.

Im Zuge der Aufarbeitung wird der gefällte Baum komplett angehoben und in der Luft zur Rückegasse vorgeliefert bzw. in diese eingefädelt. Hierbei spielt der Raupen-Harvester seine enorme Hubkraft aus. Das ausgehaltene Langholz legt der Harvester hinter sich auf der Rückegasse ab. Rückegassen können daher nur in einer Richtung befahren werden. Teilnutzholz, Standardlängen und Industrieholz werden am Rand der Rückegasse in Rauhbeigen abgelegt. Das Langholz kann mit einem Klemmbank-Schlepper und das Kurzholz mit einem Forwarder gerückt werden.

Rahmenbedingungen der Studie

Die Arbeitsstudie wurde im Juni/Juli 1997 am Bayerischen Forstamt Siegenburg in zwei etwa gleichaltrigen Endnutzungsbeständen durch-geführt. Die Kenndaten beider Bestände sind in Tabelle 2 zusammmengestellt. Beide Versuchs-bestände waren teilweise vorausverjüngte Kiefern-Fichten-Althölzer. In diese wurde schirm- bzw. femelschlagartig eingegriffen und jeweils ein Drittel der Grundfläche entnommen. Die meisten hauptständigen Bäume beider Flächen waren schneebruchgeschädigt und hatten ca. 4 Meter lange Ersatzwipfel ausgebildet. Der Versuchsbestand "Kastenholz" hatte eine deutlich bessere Bonität als der "Jägerstreu". Bei letzterem fielen aufgrund der geringeren Baumdurchmesser und -höhen mehr Kurzholzabschnitte an.

Tab. 2: *Charakteristika der Versuchsbestände*

Merkmal	**"Jägerstreu"**	**"Kastenholz"**
Größe der Bestände (ha)	2,6	4,5
Mittleres Alter (Jahre)	91	87
Mittlerer BHD (cm) des ausscheidenden Bestandes:	27,9	34,3
- Fichte	26,1	33,7
- Kiefer	34,1	36,2

Mittlere Höhe (m) des ausscheidenden Bestandes: - Fichte - Kiefer	19,3 26,4	27,2 29,5
Anzahl entnommener - verwertbarer Bäume (absolut) - unverwertbarer Bäume (absolut / je ha)	513 141 / 53	598 34 / 8
Aufarbeitungsmenge (absolut in fm) - Fichtenanteil (in %)	315 71	633 77
Entnahmesatz (fm/ha und N/ha inkl. NH)	120 (248)	140 (140)
Anteil als Langholz ausgehaltener Bäume (in %)	50	83

Im Versuchsbestand "Jägerstreu" wurden die Rückegassen vom Harvester im Zuge des Eingriffs in einem Abstand von 30 Metern und mit einer Breite von 4 Metern angelegt. Auf der Fläche waren ein 15 bis 20-jähriger Vorausverjüngungsstreifen sowie einige 40-jährige Buchengruppen vorhanden, die im Zuge des Eingriffs gequert werden mußten. Der hohe Anteil unverwertbarer Bäume ist im wesentlichen auf diesen Aufhieb zurückzuführen. Im "Kastenholz" war nahezu flächendeckend Fichten-Naturverjüngung von 0,5 bis 3 m Höhe vorhanden. Ein Rückegassennetz bestand bereits. An Sortimenten wurde Langholz (bis max. 21 m), Standardlängen (3,1 m bis 10 cm Zopf o.R.) und Industrieholz (2 m bis 7 cm Zopf o.R.) ausgehalten. Aufgrund des hohen Rotfäuleanteils fiel bei einem Fünftel aller Fichten ein D-Abschnitt (4 m) an. Bei zwei Drittel der rotfaulen Bäume konnte der Stamm gesundgeschnitten werden. Meist fielen pro Baum ein Stück Langholz, eine Standardlänge bzw. ein D-Abschnitt sowie ein Stück Industrieholz an. Der Schlagabraum wurde vollständig in die Rückegasse eingebaut.

Produktivität und Kosten des Harvesters

Die Studie umfaßte fünf Ganztagsstudien mit einem Aufnahmeumfang von 46 Stunden. Dabei konnte die Aufarbeitung von 1111 Bäumen bzw. 950 Festmetern beobachtet werden. Die Gesamtarbeitszeit gliedert sich in 88% Reine Arbeitszeit und 12% Allgemeine Zeiten. Der Anteil der beobachteten Allgemeinen Zeiten in der Studie war gering. Im Langzeiteinsatz muß bei vergleichbaren Maschinen mit 15 - 20% Allgemeinen Zeiten gerechnet werden.

Die Reine Arbeitszeit gliedert sich in folgende Teilarbeiten:

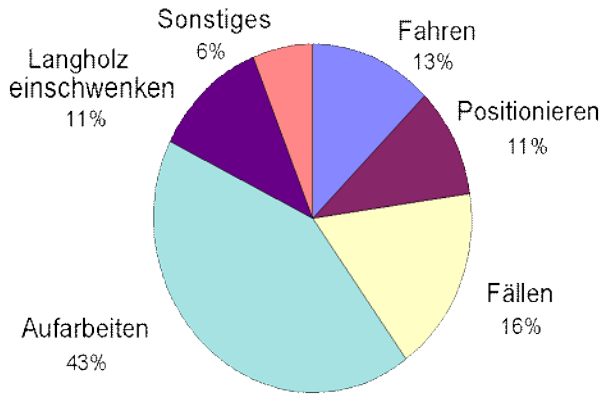

Abb. 1: *Anteile der Teilarbeiten an der Reinen Arbeitszeit des "Königstiger"*

Die Zeitanteile der wichtigsten Teilarbeiten entsprechen weitgehend denen, die beim "Hannibal" zu beobachten waren.

Der "Königstiger" erreichte bei einem mittleren BHD von 31 cm eine Leistung von etwa 24 Bäumen bzw. 21 Festmetern je Stunde (bei unterstellten Allgemeinen Zeiten von 20%). Starkholz mit einem BHD über 45 cm zeigte die Einsatzgrenze des angebauten Fällkopfs auf. Das Fällen von Bäumen über diesem BHD ist so zeitintensiv, daß die Leistung des "Königstigers" insgesamt sinkt. Zudem können stärkere Bäume nicht zuverlässig gerichtet gefällt werden und verursachen häufig Fällungsschäden. Mit dem verwendeten Aufarbeitungskopf sollte die Maschine nur bis zu einem BHD von 45 cm eingesetzt werden. Sofern in den Einsatzbeständen einzelne Bäume diese Stärke überschreiten, sollten sie motormanuell zugefällt oder an den Wurzelanläufen beigeschnitten werden. Ein größerer Aufarbeitungskopf wird aufgrund seiner größeren Abmessungen und seines höheren Gewichts nicht empfohlen.

Deutliche Leistungsunterschiede konnten zwischen den Versuchsbeständen, der Aushaltung von Lang- bzw. Kurzholz und den Baumarten Fichte und Kiefer festgestellt werden. Beide Versuchsbestände hatten deutlich unterschiedliche Rahmenbedingungen. Dies führte zu einem Leistungsunterschied bei gleichem Sortiment von knapp 20%. Damit wird deutlich, daß die nachfolgend dargestellten, aus den Daten beider Bestände berechneten Leistungszahlen für Fichte nicht unbesehen auf weitere Ernteeinsätze übertragen werden können. Das Leistungsvermögen der Maschine spiegeln sie jedoch ausreichend wider. Die folgenden Graphiken zeigen die für die Baumart Fichte hergeleiteten Regressionen bei Lang- bzw. Kurzholzaufarbeitung.

Aus den Regressionen konnten Leistungs- und Kostenwerte berechnet werden. Die dargestellten Zeiten beinhalten 20% Allgemeine Zeiten und die Aufarbeitung ganzer Bäume unter den geschilderten Rahmenbedingungen. Für die Kostenkalkulation wurden Maschinenkosten von 330,- DM/MAS zugrundegelegt.

Die Langholzaushaltung verursachte gegenüber der Kurzholzaushaltung einen höheren Zeitbedarf. In dem Überschneidungsbereich beider Aushaltungsvarianten von 20 bis 30 cm BHD ist der "Königstiger" bei Kurzholzaushaltung um durchschnittlich 15% produktiver als bei Langholzaushaltung. Dies liegt an dem zeitaufwendigen Einschwenken des Langholzes in die Rückegasse. Dieses Einschwenken erhöht jedoch die Produktivität des Rückefahrzeugs und senkt die Rückeschäden erheblich. In der Studie wurden vom Rücker minimale Schäden verursacht.

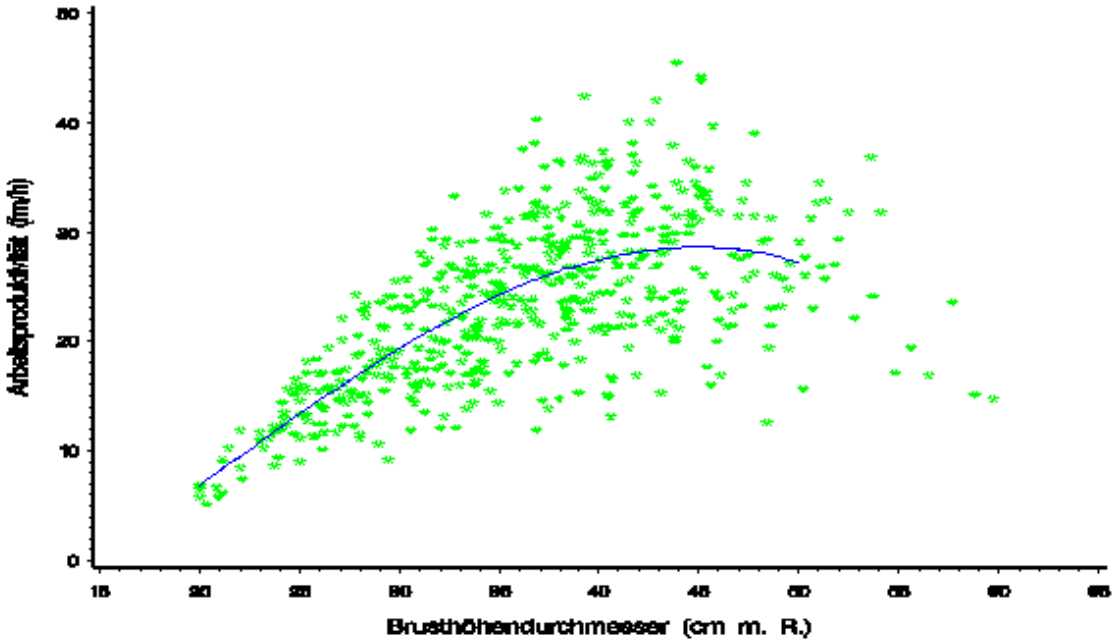

***Abb. 2**: Leistung des ?Königtigers" bei Fichten-Langholz-Aufarbeitung*

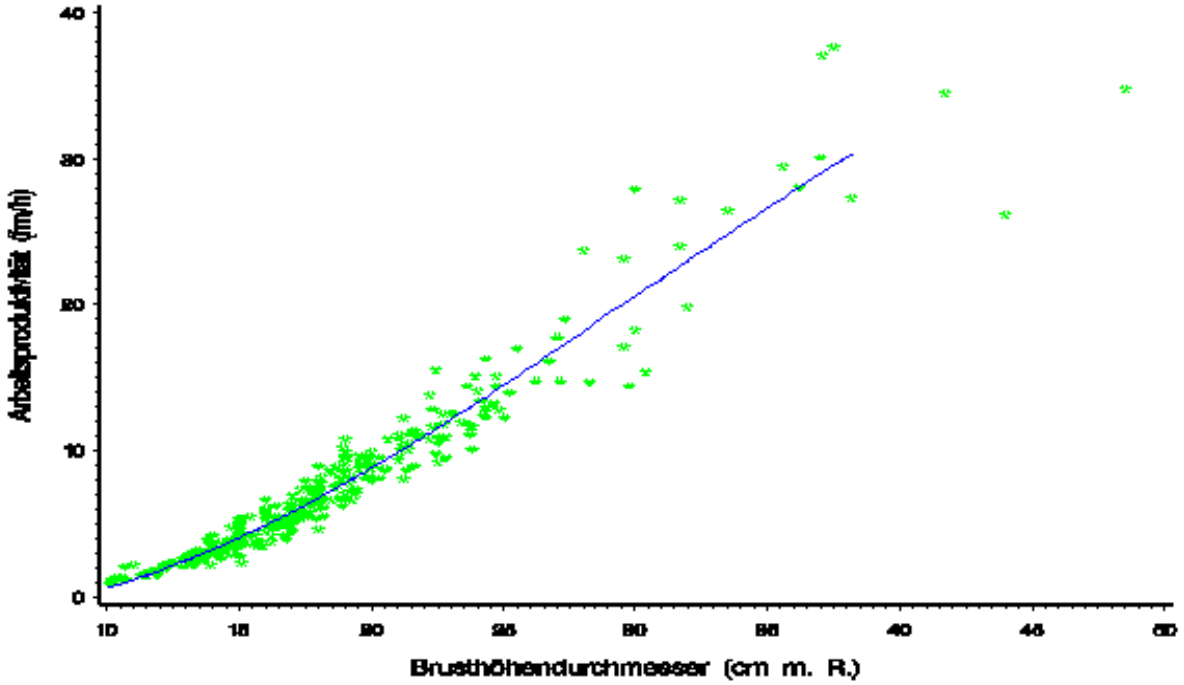

***Abb. 3**: Leistung des ?Königtigers" bei Fichten-Kurzholz-Aufarbeitung*

Die Aufarbeitung von Fichte ging trotz der häufig vorhandenen Ersatzwipfel nach Kronenbrüchen schneller als bei der Kiefer. Gegenüber der Kiefer war eine um etwa 5% höhere Leistung zu beobachten. Auch die Entfernung eines Baumes von der Rückegasse wirkt sich auf die Produktivität des Harvesters über höhere Positionierungs- und Vorlieferzeiten aus.

Die beobachtete Leistung des "Königstigers" liegt um ein Mehrfaches über derjenigen motormanueller Aufarbeitung und die Aufarbeitungskosten liegen erheblich darunter. Damit stellt auch der "Königstiger" eine beachtliche Rationalisierungsmöglichkeit bei der Holzernte in stärkeren Beständen und in Hanglagen dar. Der "Hannibal" erreicht bei der Langholzaufarbeitung eine bis zu 50% höhere Leistung. Aufgrund geringerer

Maschinenkosten des "Königstigers" liegt der Kostenvorteil des "Hannibal" jedoch nur bei bis zu 25%.

Bei der Aufarbeitung von Kurzholz ist die Leistung des Raupen-Harvesters trotz um 50% größerer Reichweite und daraus resultierenden höheren Positionierungs- und Vorlieferzeiten mit der von Rad-Harvestern vergleichbar [z. B. Sauter et al. 1996]. Ein Vergleich bei Langholzaushaltung ist nicht möglich, da Rad-Harvester im beobachteten BHD-Bereich kaum eingesetzt werden.

Tab. 3: *Leistung und Kosten des Raupen-Harvesters "Königstiger" bei Fichten-Aufarbeitung*

	Langholz-Aushaltung		**Kurzholz-Aushaltung**	
BHD (cm m. R.)	**Leistung (fm/h)**	**Kosten (DM/fm)**	**Leistung (fm/h)**	**Kosten (DM/fm)**
14			3,2	102,34
16			4,9	67,55
18			6,7	48,90
20	6,8	48,29	8,8	37,57
22	9,5	34,77	11,0	30,10
24	12,1	27,26	13,3	24,89
26	14,6	22,54	15,6	21,10
28	17,1	19,34	18,1	18,26
30	19,4	17,05	20,5	16,07
32	21,5	15,38		
34	23,4	14,12		
36	25,0	13,18		
38	26,4	12,49		
40	27,5	11,99		
42	28,3	11,67		
44	28,7	11,51		
46	28,7	11,51		
48	28,2	11,68		

Bestandespfleglichkeit

Die Schäden am verbleibenden Bestand nach der Holzernte und Rückung wurden mit der von Meng [1978] entwickelten Methodik in beiden Beständen erhoben. Insgesamt wurden 2133 Bäume angesprochen. Für die Versuchsbestände ergaben sich bei Berücksichtigung wirtschaftlich relevanter Bäume (BHD > 15 cm) Schadprozente von 13,4 im "Jägerstreu" bzw. 14,1 im "Kastenholz". Schäden mit einer Flächengröße von über 300 cm^2 kommen auf beiden Versuchsflächen am häufigsten vor, konzentriert im Bereich der Rückegasse. Besonders betroffen von großflächigen Rindenverlusten war die Kiefer. Dies dürfte auf die Ernte im Saft zurückzuführen sein, wo jedes Anschlagen eines Stammes zu einem Rindenverlust führte. Häufigster Schadensort ist der Wurzelanlauf, gefolgt von dem Bereich bis 1 m Höhe. Die beobachtete Zunahme der Schäden oberhalb des Wurzelanlaufs gegenüber motormanueller Aufarbeitung wurde auch von Sauter beschrieben. Bemerkenswert ist der geringe Anteil von Schäden an flachstreichenden Wurzeln. Dieses Ergebnis unterstreicht die Beobachtung, daß die Stämme bei der Aufarbeitung nur wenig Bodenkontakt haben und Schleifschäden weitgehend vermieden werden.

Das Kettenlaufwerk des "Königstigers" ist für den Einsatz am Hang mit 7 cm hohen Stollen versehen und

damit wenig bodenschonend. Es waren daher erhebliche Verletzungen an flachstreichenden Wurzeln in der Rückegasse zu erwarten. Das Ausmaß dieser Verletzungen war jedoch trotz einer geringmächtigen Reisigauflage außerordentlich gering. Für den Einsatz im Flachland könnte ein zweiter Kettensatz mit geringer Stollenhöhe und abgerundeten Kanten vorgehalten werden, um das Verletzungsrisiko an flachstreichenden Wurzeln und die Schäden an den Forstwegen weiter zu verringern.

Insgesamt erreichte der "Königstiger" bei Langholz-Aushaltung in der Saftzeit ein Schadprozent, das erheblich unter dem motormanueller Verfahren und nur geringfügig über dem des "Hannibal" [12% außer Saft; Feller et al. 1997] liegt. Die von Sauter bei Langholzaushaltung mit Rad-Harvester in der Saftzeit beobachteten Schäden liegen auf gleichem Niveau (14,6%). Die Pfleglichkeit vollmechanisierter Kurzholzverfahren konnten alle Langholzverfahren allerdings nicht erreichen. Schäden nach Harvestereinsätzen in Durchforstungen mit Kurzholz-Aushaltung liegen meist deutlich unter 10% [z. B. Bort et al. 1993b: 8 - 10%; Pfeil et al. 1988: 3,9 - 8,4%; Sauter und Busman 1994: 7,3%].

Schäden an der Verjüngung

Die Schäden an der Naturverjüngung wurden im Bestand Kastenholz an in Aufnahmefelder unterteilten Probestreifen untersucht. Von 1481 aufgenommenen Pflanzen wurden 256 als geschädigt angesprochen (17%). Häufigste Schäden waren das Umdrücken der Pflanzen bei der Fällung bzw. durch gelagertes Holz sowie das Zudecken der Pflanzen mit Reisig. Bruchschäden waren aufgrund der Flexibilität der Stämmchen selten. Die Schäden an der Verjüngung konzentrierten sich am Rückegassenrand. Hier war die Hälfte der Verjüngungspflanzen geschädigt, während in der Bestandestiefe der Anteil geschädigter Pflanzen unter 5% sank. Die wirtschaftliche Relevanz der beobachteten Schäden ist jedoch gering: Ein Aufnahmefeld entspricht dem Standraum einer Fichtenpflanze bei künstlicher Begründung. Selbst bei einer Schädigung von 90% (9 von 10 Pflanzen) wäre eine ausreichende Verjüngung vorhanden. Kein einziges Feld wies einen Totalschaden auf. Die geringen Schäden weisen auf die große Pfleglichkeit des Raupen-Harvesters hin.

Bodenpfleglichkeit

Der Harvester entwickelt trotz seines hohen Gewichts von 28 Tonnen einen statischen Bodendruck unter 60 kPa. Dieser Wert entspricht dem Bodendruck eines konventionellen Rad-Harvesters mit Niederdruck-Breitreifen. Ab einem statischen Bodendruck von 50 kPa sind bei Radfahrzeugen erhebliche und tiefreichende Strukturveränderungen des Bodens zu erwarten [Matthies et al. 1995]. Das Fahrzeug sollte sich daher nur auf der Rückegasse bewegen. Die Rückegassen sollten zur Minderung des Bodendrucks mit einer Reisigmatte armiert werden.

Resümee

Das Einsatzspektrum des "Königstigers" ist sehr vielseitig. Es reicht von Durchforstungen bis zu Endnutzungen auch in steilen Hanglagen. Mit dem "Königstiger" steht ein weiterer hochproduktiver und vielseitiger Raupen-Harvester zur Verfügung, um Langholz in Altbeständen mit 30 m Rückegassenabstand aus der Verjüngung heraus ernten zu können. Trotz schwieriger Rahmenbedingungen wurde bei dem Einsatz ein hoher Grad an Pfleglichkeit erreicht. Insofern sollte es nicht verwundern, wenn künftig mehrere dieser "Großkatzen" durch bayerische Wälder streifen.

Literatur

Bort, U.; Mahler, G.; Pfeil, C. 1993a: Mecha-nisierte Holzernte. Wechselwirkungen von Erschließungsdichte, Pfleglichkeit und Betriebserfolg. FTI, Heft 11, S. 121 - 124.

Bort, U.; Emhardt, M.; Mahler, G. 1993b: Vollerntereinsatz in der Zweitdurchforstung bei vorgegebener Feinerschließung. FVA Baden-Württemberg, Freiburg.

Feller, S.; Weixler, H.; Pausch, R. 1997: Holzernte in Fichten-Altbeständen mit einem Raupen-Harvester. AFZ/Der Wald Heft 9, S. 478 - 481.

Matthies, D.; Weixler, H.; Guglhör, W.; Löffler, H.; Rehfuess, K. E. 1995: Bodenuntersuchungen zu befahrungsbedingten Strukturveränderungen auf Waldstandorten in Bayern. LWF, Freising.

Meng, W. 1978: Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte - Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Band 53.

Pfeil, Ch.; Mehlin, H.; Glöckler, H. G. 1988: Vollerntereinsatz in Nadelschwachholz. FVA Baden-Württemberg, Versuchsbericht 3.

Sauter, U.H.; BUSMAN, Ch. 1994: Bestandes-schäden bei der Durchforstung von Fichtenbeständen mit Kranvollerntern unter Berücksichtigung unterschiedlicher Rücke-gassenabstände. Forsttechnische Informationen, Heft 12.

Sauter, U.H.; Grammel, R.; Fürstenberg, C. v. 1996: Konkurrierende Lang- und Kurz-holzaushaltung mit Vollerntemaschinen - Fäll- und Rückeschäden - Volumen und Wertausbeute - Leistung und Kosten. Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Weixler, H.; Feller, S.; Schauer, H. 1997: Der Raupen-Harvester IMPEX 1650 T "Königstiger" im Einsatz. Leistung und Pfleglichkeit bei der Langholzernte in Endnutzungsbeständen. AFZ/Der Wald Heft 22, S. 1182 - 1185.

Stichprobenverfahren zur Vermessung von Standardlängen

- ein Vergleich

von Stefan Feller

Mit der Verbreitung der Harvester-Technologie in Mitteleuropa ist die Bedeutung von schwachem Stammholz in Standardlängen enorm gestiegen. Die bisher übliche einzelstammweise Vollvermessung dieses Sortimentes ist jedoch sehr zeitaufwendig und kostenträchtig. Andererseits erreichen die bislang verwendeten Stichprobenverfahren ein geringeres Maß an Genauigkeit. In folgendem Beitrag werden 4 verschiedene Verfahren vorgestellt, die die LWF einem Praxistest unterzogen hat.

Einsatzbereich

Stichprobenverfahren zur Vermessung von Rundholz zielen darauf ab, den hohen Vermessungsaufwand für relativ geringwertige und homogene Sortimente zu reduzieren. Sie kommen im wesentlichen für Industrieholz und schwaches Stammholz in Betracht. Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf die Vermessung von schwachem Stammholz in Standardlängen.

Stichprobenverfahren können für folgende Zwecke verwendet werden:

- Kontrollmaß für Werkseingangsvermessung,
- zeitnahes Maß zur Abrechnung mit Unternehmern oder Waldarbeitern und/oder
- Verkaufsmaß.

Die vorgestellten Stichprobenverfahren liefern als Ergebnis das Holzvolumen ohne Rinde (fm o.R.) mit der Stärkeklassenverteilung. Wird eine Stärkeklassenverteilung nicht benötigt, bietet sich auch das Sektions-Raummaß zum Einsatz an.

Problematik

Bei Stichprobenverfahren können auch eine Reihe von Problemen auftreten, die nachfolgend stichwortartig beleuchtet werden:

- Repräsentanz und Genauigkeit
- Manipulierbarkeit und Reproduzierbarkeit
- Einhalten von Aufnahmevorschriften
- spezielle EDV-technische Auswertung
- Akzeptanz bei den Handelspartnern

Einzelne Stichprobenverfahren

Die LWF hat die 4 folgenden Verfahren einem Vergleich unterzogen:

Freie Stichprobe im Hieb,

Lagenweise Mantelmessung,

Stirnflächenverfahren und

Modifiziertes Stirnflächenverfahren.

Freie Stichprobe im Hieb
(Mittendurchmesser-Stichprobe vor dem Poltern)

Als geeignete Vorschrift für dieses Verfahren empfiehlt sich bei hochmechanisierter Aufarbeitung das Kluppen des Mittendurch-messers von jedem Stammabschnitt in jeder 4. Rückegasse. Bei konzentriertem Holzanfall müssen dazu eventuell vom Harvester angelegte Rauhbeugen auseinandergezogen werden.

Bei motormanueller Aufarbeitung läßt sich die Aufnahmeempfehlung modifizieren: Es werden die Mittendurchmesser von **allen** Stamm-abschnitten gekluppt, die zwischen der 2. und 3. Rückegasse, zwischen der 6. und 7. Rückegasse usw. liegen. Das Holz auf jeweils einer Rückegasse ist in die Stichprobe mit einzubeziehen.

Auf keinen Fall ist es empfehlenswert, durch den Bestand zu laufen und nur solche Stämme aufzu-nehmen, die leicht erreichbar und gut zu kluppen sind. Dies führt zu einer nicht repräsentativen Stichprobe und damit zu einer fehlerhaften Vol-umenberechnung.

Lagenweise Mantelmessung
(Mittendurchmesser-Stichprobe
während und nach dem Poltern)

Bei der Mantelmessung werden die Mittendurchmesser der Stämme gekluppt, die am Mantel (= oberste Lage) des Polters liegen. Es ist allerdings zu beachten, daß der Stichprobenumfang zu klein ist, wenn das Holz erst nach dem Abschluß der Rückearbeiten aufgenommen wird (Ausnahme: mehrere, sehr kleine Polter). Daher ist es notwendig, mehrmals während des Rückens die jeweils oberste Lage des Polters zu kluppen (= lagenweise Mantel-messung).

Gerade bei diesem Verfahren ist ganz besonders auf die Repräsentanz der Stichprobe zu achten. Die schwachen Stämme rutschen beim Poltern leicht zwischen stärkere Stücke. Dadurch kann es passieren, daß die dünneren Stämme nicht ausreichend in der Stichprobe repräsentiert sind. Dies hat zur Folge, daß das Holzvolumen überschätzt und die Stärkeklassenverteilung nach oben verschoben wird. Bei der Holzvermessung mit diesem Verfahren müssen die Polter bestiegen werden. Dies bedingt eine erhöhte Unfallgefährdung.

Stirnflächenverfahren
(Linienstichprobe)

Die Stirnflächendurchmesser werden an Poltervorder- und -rückseite in einer systematischen Linienstichprobe aufgenommen (Abb. 1). Erdstämme mit erkennbaren Wurzel-anläufen werden nicht gemessen. Aus den arithmetisch gemittelten Stirnflächendurch-messern wird ein Durchschnittsstamm berechnet. Das Gesamtvolumen ergibt sich aus dem Durchschnittsstamm und der Gesamtstückzahl. Die Stärkeklassenverteilung wird aus der Stichprobe hochgerechnet.

Bei der Anwendung des Stirnflächenverfahrens sind einige Besonderheiten zu beachten:

Die Stichprobenauswahl mit Hilfe von Linien führt dazu, daß dickere Stämme bevorzugt in die Stichprobe gelangen. Dadurch wird die Stärkeklassenverteilung nach **oben** verschoben (Linienstichprobenfehler).

Erdstämme mit erkennbaren Wurzelanläufen werden beim Stirnflächenverfahren nicht aufgenommen. Die Erdstämme haben dickere Durchmesser als der Rest des Kollektives. Dadurch wird das wahre Volumen unterschätzt und die Stärkeklassenverteilung nach **unten** verschoben (Erdstammfehler).

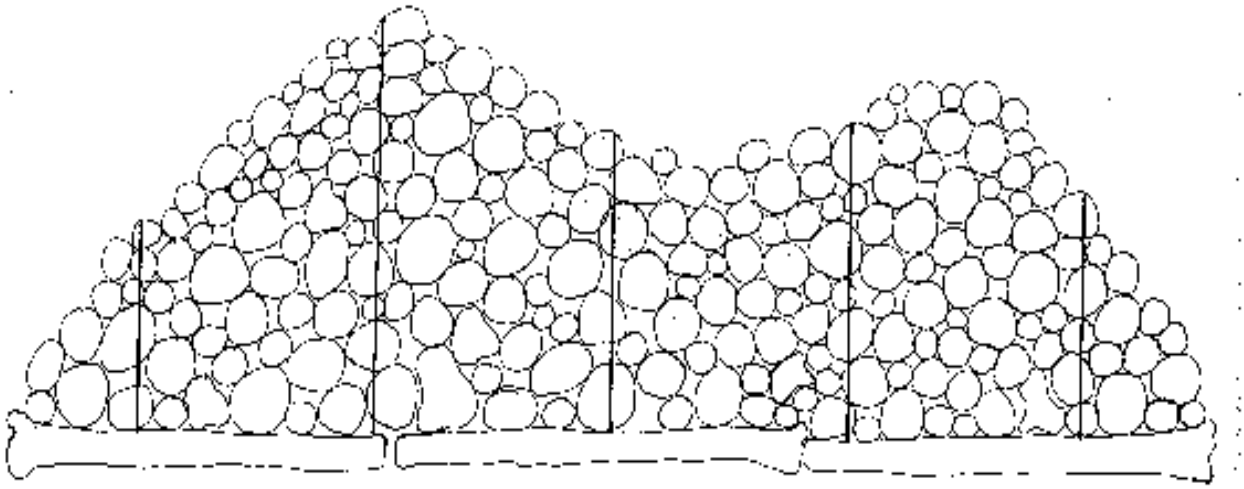

Abb. 1: *Ziehen der Linienstichprobe anhand von senkrechten Linien auf beiden Polterseiten*

Bei richtiger Anwendung bringt das Stirnflächenverfahren mit relativ wenig Aufwand gute Ergebnisse. Allerdings ist dieses Verfahren derzeit nicht mit dem mobilen Datenerfassungsgerät EG-10 verbuchbar.

Modifizierte Linienstichprobe
(MLS oder Weihenstephaner Verfahren)

Die Aufnahmemethodik entspricht weitgehend dem Stirnflächenverfahren (Abb. 2). Um die

beschriebenen Verfahrensbesonderheiten des Stirnflächenverfahrens zu vermeiden, erfolgt die Auswertung der Stichprobe mit einem anderen Rechengang:

Der Linienstichprobenfehler wird durch einen Rechenmodus eliminiert.

Die Erdstämme werden in der Stichprobe mit dem kleinsten Stirnflächendurchmesser erfaßt und separat ausgewertet.

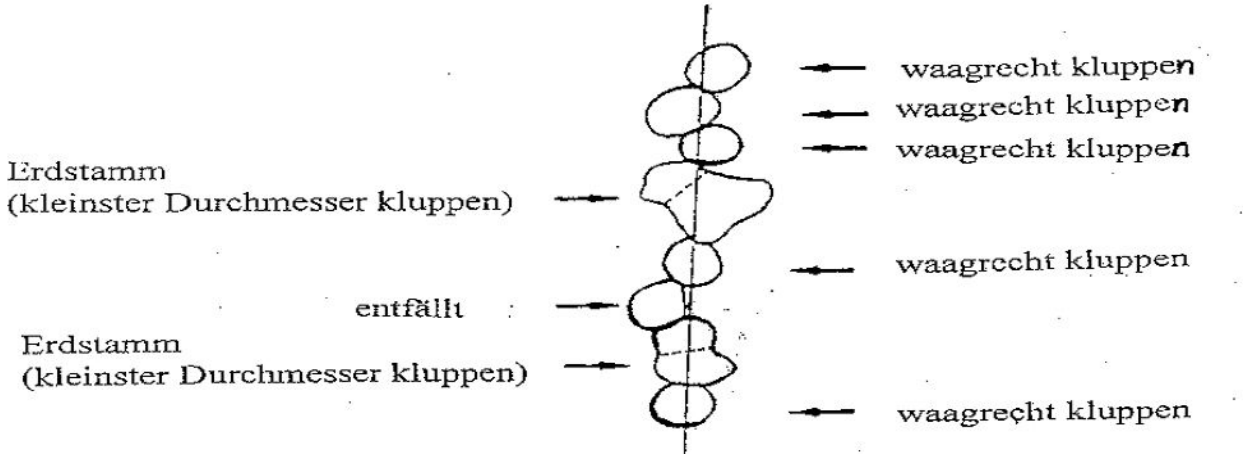

Abb. 2: *Aufnahme nach dem* ***MLS-Verfahren***

Das Gesamtvolumen wird über den Grund-flächenmittelstamm berechnet.

Ergebnisse vergleichender Kontrollmessungen

Bei 10 Holzlosen (Gesamtvolumen: 1350 fm o.R.) in 8 bayerischen Forstämtern wurden 3 verschiedene Stichprobenverfahren mit der einzelstammweisen Vollaufnahme im Wald verprobt. In Tabelle 1 sind die Resultate dargestellt. Das Ergebnis der Vollaufnahme entspricht jeweils 100%. Um eine Aussage über die Abweichungen im Volumen und der Stärkeklassenverteilung zu erhalten, wurde auch der Erlös aus dem Volumen und der mittleren Meßzahl errechnet und mit dem Ergebnis der Vollaufnahme verglichen. Die

Ergebnisse sind statistisch nicht abgesichert, geben aber Hinweise auf Tendenzen.

Tab. 1: *Ergebnisse vergleichender Kontrollmessungen bei Fichte und Kiefer (Gesamtvolumen: 1350 fm o.R.) - Abweichungen vom Volumen und Erlös der Vollaufnahme*

Abweichung vom Volumen der Vollaufnahme				
Verfahren	Mittelwert	Ø - Streuung	Minimum	Maximum
Vollaufnahme	100,0 %	0 %	100,0 %	100,0 %
Mantelmessung	104,5 %	7,8 %	94,0 %	120,0 %
Stirnflächenverfahren	99,6 %	5,5 %	7,8 %	106,9 %
MLS-Verfahren	99,9 %	4,2 %	92,6 %	106,9 %
Abweichung vom Erlös der Vollaufnahme				
Verfahren	Mittelwert	Ø - Streuung	Minimum	Maximum
Vollaufnahme	100,0 %	0 %	100,0 %	100,0 %
Mantelmessung	105,7 %	10,3 %	90,8 %	124,7 %
Stirnflächenverfahren	100,5 %	7,1 %	84,0 %	109,6 %
MLS-Verfahren	99,9 %	5,7 %	89,4 %	109,4 %

Wertung verschiedener Verfahren

Die vier untersuchten Stichprobenverfahren werden in der Tabelle 2 zusammengefaßt, nach verschiedenen Kriterien miteinander verglichen und bewertet.

Tab. 2: *Vergleich und Wertung der vorgestellten Stichprobenverfahren*

Kriterium	**Freie Stichprobe im Hieb**	**Lagenweise Mantelmessung**	**Stirnflächen-Verfahren**	**MLS-Verfahren**
bündiges Poltern	nicht notwendig	nicht notwendig	notwendig	notwendig
Unfallgefährdung	gering	hoch	gering	gering
Organisationsaufwand	mittel	groß	gering	gering
Messung ohne Rinde	möglich (zusätzlicher Aufwand)	nicht möglich	möglich	möglich

Manipulation	möglich	möglich	kaum möglich	kaum möglich
Zeitbedarf	mittel	gering	gering	gering
Kosten[1]	ca. 2,- DM/fm[1]	ca. 1,20 DM/fm[1]	ca. 1,20 DM/fm[1]	ca. 1,25 DM/fm[1]
Streuung der Ergebnisse	- [2]	hoch	gering	gering
systematische Volumenabweichung	- [2]	ca. +5%	gering	gering

Anmerkung:

[1] Die Kostenwerte wurden aus orientierenden Arbeitsstudien abgeleitet und geben lediglich Größenordnungen an.
[2] nicht Bestandteil der LWF - Untersuchung.

Schlußbemerkung

In der Bayerischen Staatsforstverwaltung sind derzeit nur die "Freie Stichprobe im Hieb" und die "Lagenweise Mantelmessung" zugelassen. Die Forstverwaltung Baden-Württemberg wendet darüber hinaus auch das Stirnflächenverfahren an. An einer "einheitlichen süddeutschen Lösung" wird gearbeitet.

Der vorliegende Artikel skizziert lediglich die vorgestellten Vermessungsverfahren. Er kann eine detaillierte Aufnahmeanweisung nicht ersetzen.

© 1995-2002 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 1998
Dokument: LWF-*zertifiziert* - Informationen aus der Wissenschaft/ aus LWF-aktuell Nr. 11
Internet: http://www.lwf.bayern.de Email: poststelle@fo-lwf.bayern.de

Königstiger in bayerischen Wäldern

von **Stefan Feller**, **Hans Schauer** und **Helmut Weixler**

Mit "Königstiger" sind hier nicht aus Asien zugewanderte Großkatzen gemeint, sondern das Modell eines Raupen-Harvesters, das als Prototyp in bayerischen Wäldern Holz erntet. Der IMPEX 1650 T "Königstiger" ist nach dem "Hannibal" der zweitgrößte IMPEX Raupen-Harvester.

Kurzcharakteristik

Basisfahrzeug ist ein modifizierter Kurzheckbagger. Er ist in seinen Abmessungen kleiner, leichter und wendiger als der "Hannibal", hat aber ebenfalls 15 m Kranreichweite. Mit seinem tiltbaren Fahrgestell kann der "Königstiger" den Oberwagen selbst in steilen Hängen waagerecht ausrichten. Schöttle et al. [1997] beschrieben einen erfolgreichen Durchforstungseinsatz in einem bis zu 65% geneigten Hang. Mit unserer Untersuchung begleiteten wir einen Einsatz in vorausverjüngten Endnutzungsbeständen im Tertiären Hügelland.

In der Tabelle 1 sind die wichtigsten technischen Daten der Maschine dargestellt.

Die Hubkraft des "Königstigers" liegt mit 1,2 Tonnen bei voller Kranauslage (14,6 m) in Fahrtrichtung erheblich über der von Rad-Harvestern [Weixler et al. 1997]. Dies ermöglicht das bestandes- und verjüngungsschonende Vorliefern des Langholzes in die Gasse. In der Studie überzeugte der "Königstiger" durch seine Standfestigkeit. Trotz stärkster Bäume ergaben sich höchst selten Kippneigungen des Fahrzeugs.

Das Ausgleichsgewicht ragt beim "Königstiger" bei Schwenkbewegungen nur wenig über die Fahrzeugbreite von 3 Metern hinaus. Eine Rückegassenbreite von 4 Metern ist daher ausreichend.

Tab.1: *Technische Daten des Raupen-Harvesters IMPEX 1650 T "Königstiger"*

Grundfahrzeug:	Atlas Raupenbagger 1604 HD mit bis zu 26° (60%) tiltbarem Unterwagen
Abmessungen:	Breite: 3,0 m; Transportlänge: 10,2 m; Höhe: 3,45 m
Motorisierung:	DEUTZ 6-Zylinder Turbo (125 KW)
Hydrauliksystem:	AWE 4, stufenlos einstellbar und grenzlastgeregelt
Antrieb:	2 Forst-Kettenlaufwerke mit je einem 2-stufigen Fahrmotor
Kran:	2 Industrieausleger mit 3-fach Teleskop (14,6 m)
Aggregat:	LAKO 50 (Steuerung: Motomit)
Gewicht:	28,5 t
spez. statischer Bodendruck:	60 kPa

Arbeitsverfahren

Der "Königstiger" fällt die Bäume harvestertypisch. Die Fällrichtung kann der "Königstiger" mit Hilfe seines Krans sogar bei einseitig beasteten Bäumen genau bestimmen. In dem Versuchsbestand verhängten sich beim Fällvorgang häufig Fichten in sperrigen Kiefernkronen. Diese ?Hänger" wurden mit dem Aggregat schonend aus der Krone des anderen Baums herausgedreht.

Im Zuge der Aufarbeitung wird der gefällte Baum komplett angehoben und in der Luft zur Rückegasse vorgeliefert bzw. in diese eingefädelt. Hierbei spielt der Raupen-Harvester seine enorme Hubkraft aus. Das ausgehaltene Langholz legt der Harvester hinter sich auf der Rückegasse ab. Rückegassen können daher nur in einer Richtung befahren werden. Teilnutzholz, Standardlängen und Industrieholz werden am Rand der Rückegasse in Rauhbeigen abgelegt. Das Langholz kann mit einem Klemmbank-Schlepper und das Kurzholz mit einem Forwarder gerückt werden.

Rahmenbedingungen der Studie

Die Arbeitsstudie wurde im Juni/Juli 1997 am Bayerischen Forstamt Siegenburg in zwei etwa gleichaltrigen Endnutzungsbeständen durch-geführt. Die Kenndaten beider Bestände sind in Tabelle 2 zusammmengestellt. Beide Versuchs-bestände waren teilweise vorausverjüngte Kiefern-Fichten-Althölzer. In diese wurde schirm- bzw. femelschlagartig eingegriffen und jeweils ein Drittel der Grundfläche entnommen. Die meisten hauptständigen Bäume beider Flächen waren schneebruchgeschädigt und hatten ca. 4 Meter lange Ersatzwipfel ausgebildet. Der Versuchsbestand "Kastenholz" hatte eine deutlich bessere Bonität als der "Jägerstreu". Bei letzterem fielen aufgrund der geringeren Baumdurchmesser und -höhen mehr Kurzholzabschnitte an.

Tab. 2: *Charakteristika der Versuchsbestände*

Merkmal	"Jägerstreu"	"Kastenholz"
Größe der Bestände (ha)	2,6	4,5
Mittleres Alter (Jahre)	91	87
Mittlerer BHD (cm) des ausscheidenden Bestandes: - Fichte - Kiefer	27,9 26,1 34,1	34,3 33,7 36,2
Mittlere Höhe (m) des ausscheidenden Bestandes: - Fichte - Kiefer	19,3 26,4	27,2 29,5
Anzahl entnommener - verwertbarer Bäume (absolut) - unverwertbarer Bäume (absolut / je ha)	513 141 / 53	598 34 / 8
Aufarbeitungsmenge (absolut in fm) - Fichtenanteil (in %)	315 71	633 77
Entnahmesatz (fm/ha und N/ha inkl. NH)	120 (248)	140 (140)
Anteil als Langholz ausgehaltener Bäume (in %)	50	83

Im Versuchsbestand "Jägerstreu" wurden die Rückegassen vom Harvester im Zuge des Eingriffs in einem Abstand von 30 Metern und mit einer Breite von 4 Metern angelegt. Auf der Fläche waren ein 15 bis 20-jähriger Vorausverjüngungsstreifen sowie einige 40-jährige Buchengruppen vorhanden, die im Zuge des Eingriffs gequert werden mußten. Der hohe Anteil unverwertbarer Bäume ist im wesentlichen auf diesen Aufhieb zurückzuführen. Im "Kastenholz" war nahezu flächendeckend Fichten-Naturverjüngung von 0,5 bis 3 m Höhe vorhanden. Ein Rückegassennetz bestand bereits. An Sortimenten wurde Langholz (bis max. 21 m), Standardlängen (3,1 m bis 10 cm Zopf o.R.) und Industrieholz (2 m bis 7 cm Zopf o.R.) ausgehalten. Aufgrund des hohen Rotfäuleanteils fiel bei einem Fünftel aller Fichten ein D-Abschnitt (4 m) an. Bei zwei Drittel der rotfaulen Bäume konnte der Stamm gesundgeschnitten werden. Meist fielen pro

Baum ein Stück Langholz, eine Standardlänge bzw. ein D-Abschnitt sowie ein Stück Industrieholz an. Der Schlagabraum wurde vollständig in die Rückegasse eingebaut.

Produktivität und Kosten des Harvesters

Die Studie umfaßte fünf Ganztagsstudien mit einem Aufnahmeumfang von 46 Stunden. Dabei konnte die Aufarbeitung von 1111 Bäumen bzw. 950 Festmetern beobachtet werden. Die Gesamtarbeitszeit gliedert sich in 88% Reine Arbeitszeit und 12% Allgemeine Zeiten. Der Anteil der beobachteten Allgemeinen Zeiten in der Studie war gering. Im Langzeiteinsatz muß bei vergleichbaren Maschinen mit 15 - 20% Allgemeinen Zeiten gerechnet werden.

Die Reine Arbeitszeit gliedert sich in folgende Teilarbeiten:

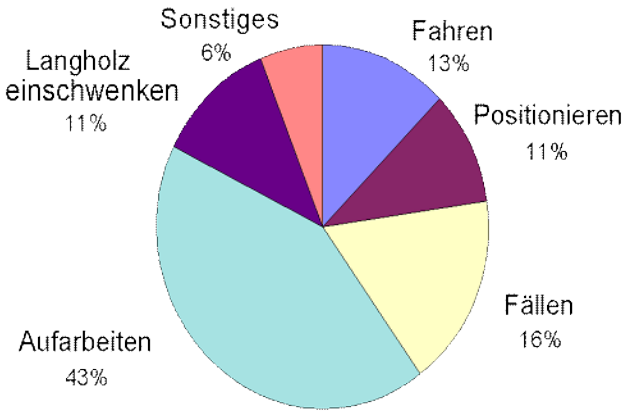

Abb. 1: *Anteile der Teilarbeiten an der Reinen Arbeitszeit des "Königstiger"*

Die Zeitanteile der wichtigsten Teilarbeiten entsprechen weitgehend denen, die beim "Hannibal" zu beobachten waren.

Der "Königstiger" erreichte bei einem mittleren BHD von 31 cm eine Leistung von etwa 24 Bäumen bzw. 21 Festmetern je Stunde (bei unterstellten Allgemeinen Zeiten von 20%). Starkholz mit einem BHD über 45 cm zeigte die Einsatzgrenze des angebauten Fällkopfs auf. Das Fällen von Bäumen über diesem BHD ist so zeitintensiv, daß die Leistung des "Königstigers" insgesamt sinkt. Zudem können stärkere Bäume nicht zuverlässig gerichtet gefällt werden und verursachen häufig Fällungsschäden. Mit dem verwendeten Aufarbeitungskopf sollte die Maschine nur bis zu einem BHD von 45 cm eingesetzt werden. Sofern in den Einsatzbeständen einzelne Bäume diese Stärke überschreiten, sollten sie motormanuell zugefällt oder an den Wurzelanläufen beigeschnitten werden. Ein größerer Aufarbeitungskopf wird aufgrund seiner größeren Abmessungen und seines höheren Gewichts nicht empfohlen.

Deutliche Leistungsunterschiede konnten zwischen den Versuchsbeständen, der Aushaltung von Lang- bzw. Kurzholz und den Baumarten Fichte und Kiefer festgestellt werden. Beide Versuchsbestände hatten deutlich unterschiedliche Rahmenbedingungen. Dies führte zu einem Leistungsunterschied bei gleichem Sortiment von knapp 20%. Damit wird deutlich, daß die nachfolgend dargestellten, aus den Daten beider Bestände berechneten Leistungszahlen für Fichte nicht unbesehen auf weitere Ernteeinsätze übertragen werden können. Das Leistungsvermögen der Maschine spiegeln sie jedoch ausreichend wider. Die folgenden Graphiken zeigen die für die Baumart Fichte hergeleiteten Regressionen bei Lang- bzw. Kurzholzaufarbeitung.

Aus den Regressionen konnten Leistungs- und Kostenwerte berechnet werden. Die dargestellten Zeiten beinhalten 20% Allgemeine Zeiten und die Aufarbeitung ganzer Bäume unter den geschilderten

Rahmenbedingungen. Für die Kostenkalkulation wurden Maschinenkosten von 330,- DM/MAS zugrundegelegt.

Die Langholzaushaltung verursachte gegenüber der Kurzholzaushaltung einen höheren Zeitbedarf. In dem Überschneidungsbereich beider Aushaltungsvarianten von 20 bis 30 cm BHD ist der "Königstiger" bei Kurzholzaushaltung um durchschnittlich 15% produktiver als bei Langholzaushaltung. Dies liegt an dem zeitaufwendigen Einschwenken des Langholzes in die Rückegasse. Dieses Einschwenken erhöht jedoch die Produktivität des Rückefahrzeugs und senkt die Rückeschäden erheblich. In der Studie wurden vom Rücker minimale Schäden verursacht.

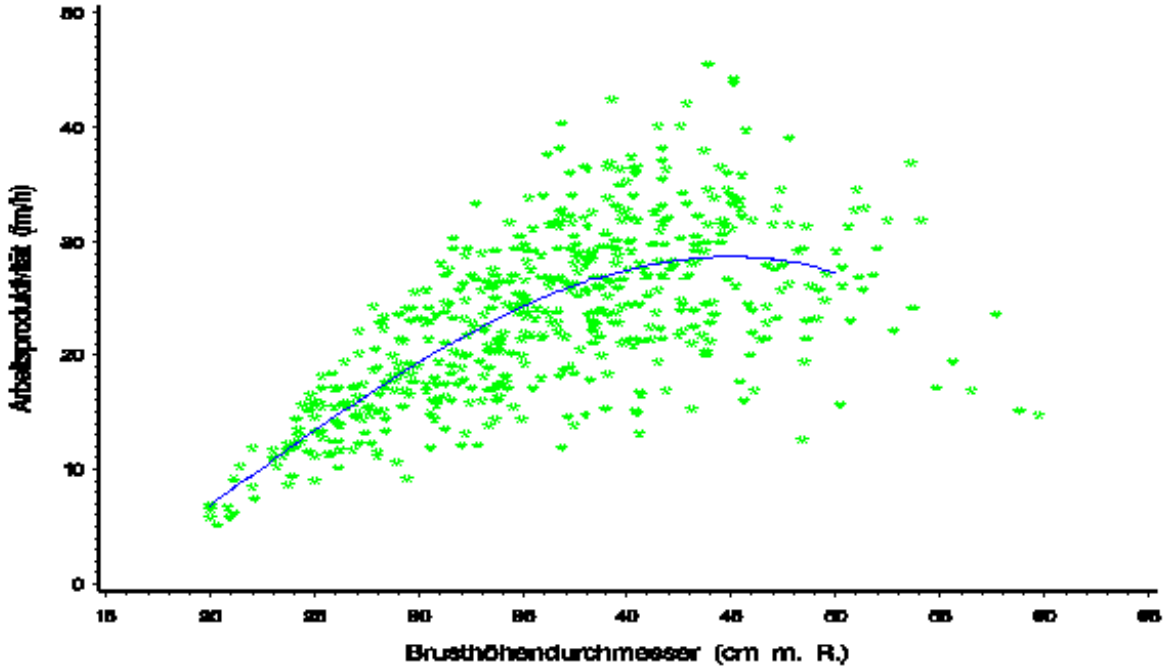

***Abb. 2**: Leistung des ?Königtigers" bei Fichten-Langholz-Aufarbeitung*

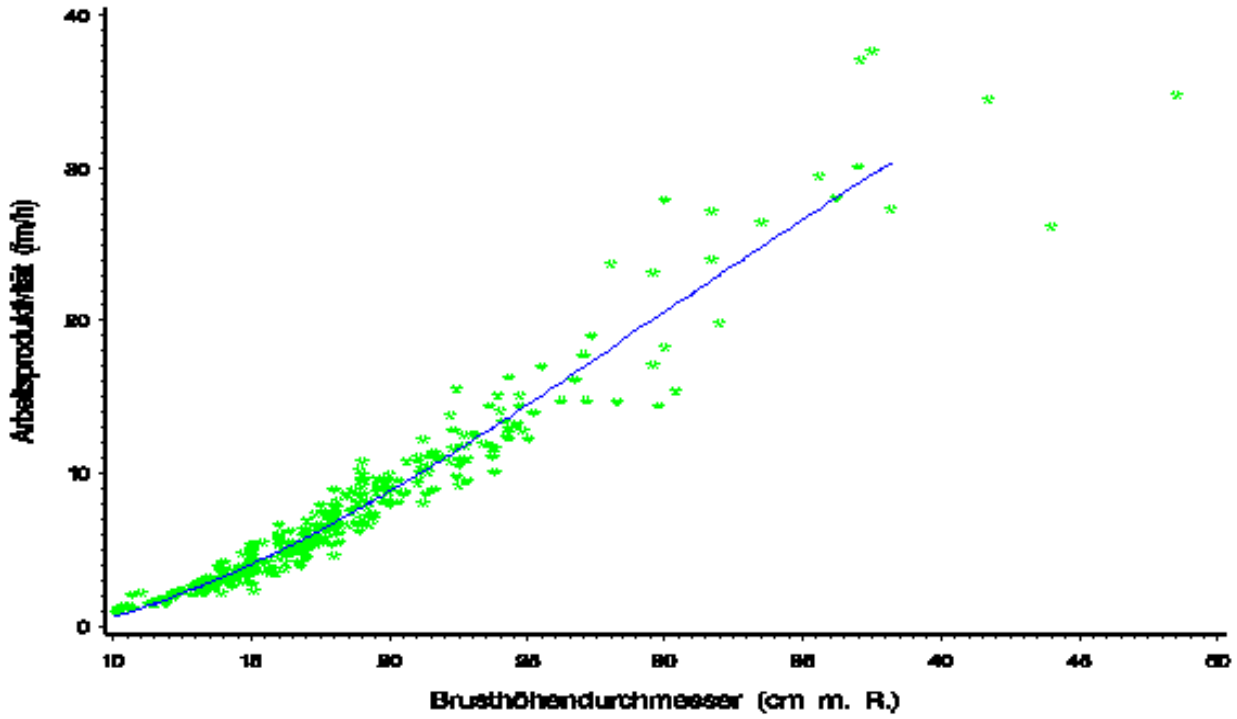

***Abb. 3**: Leistung des ?Königtigers" bei Fichten-Kurzholz-Aufarbeitung*

Die Aufarbeitung von Fichte ging trotz der häufig vorhandenen Ersatzwipfel nach Kronenbrüchen schneller als bei der Kiefer. Gegenüber der Kiefer war eine um etwa 5% höhere Leistung zu beobachten. Auch die Entfernung eines Baumes von der Rückegasse wirkt sich auf die Produktivität des Harvesters über höhere Positionierungs- und Vorlieferzeiten aus.

Die beobachtete Leistung des "Königstigers" liegt um ein Mehrfaches über derjenigen motormanueller Aufarbeitung und die Aufarbeitungskosten liegen erheblich darunter. Damit stellt auch der "Königstiger" eine beachtliche Rationalisierungsmöglichkeit bei der Holzernte in stärkeren Beständen und in Hanglagen dar. Der "Hannibal" erreicht bei der Langholzaufarbeitung eine bis zu 50% höhere Leistung. Aufgrund geringerer Maschinenkosten des "Königstigers" liegt der Kostenvorteil des "Hannibal" jedoch nur bei bis zu 25%.

Bei der Aufarbeitung von Kurzholz ist die Leistung des Raupen-Harvesters trotz um 50% größerer Reichweite und daraus resultierenden höheren Positionierungs- und Vorlieferzeiten mit der von Rad-Harvestern vergleichbar [z. B. Sauter et al. 1996]. Ein Vergleich bei Langholzaushaltung ist nicht möglich, da Rad-Harvester im beobachteten BHD-Bereich kaum eingesetzt werden.

***Tab. 3:** Leistung und Kosten des Raupen-Harvesters "Königstiger" bei Fichten-Aufarbeitung*

	Langholz-Aushaltung		**Kurzholz-Aushaltung**	
BHD (cm m. R.)	**Leistung (fm/h)**	**Kosten (DM/fm)**	**Leistung (fm/h)**	**Kosten (DM/fm)**
14			3,2	102,34
16			4,9	67,55

18			6,7	48,90
20	6,8	48,29	8,8	37,57
22	9,5	34,77	11,0	30,10
24	12,1	27,26	13,3	24,89
26	14,6	22,54	15,6	21,10
28	17,1	19,34	18,1	18,26
30	19,4	17,05	20,5	16,07
32	21,5	15,38		
34	23,4	14,12		
36	25,0	13,18		
38	26,4	12,49		
40	27,5	11,99		
42	28,3	11,67		
44	28,7	11,51		
46	28,7	11,51		
48	28,2	11,68		

Bestandespfleglichkeit

Die Schäden am verbleibenden Bestand nach der Holzernte und Rückung wurden mit der von Meng [1978] entwickelten Methodik in beiden Beständen erhoben. Insgesamt wurden 2133 Bäume angesprochen. Für die Versuchsbestände ergaben sich bei Berücksichtigung wirtschaftlich relevanter Bäume (BHD > 15 cm) Schadprozente von 13,4 im "Jägerstreu" bzw. 14,1 im "Kastenholz". Schäden mit einer Flächengröße von über 300 cm^2 kommen auf beiden Versuchsflächen am häufigsten vor, konzentriert im Bereich der Rückegasse. Besonders betroffen von großflächigen Rindenverlusten war die Kiefer. Dies dürfte auf die Ernte im Saft zurückzuführen sein, wo jedes Anschlagen eines Stammes zu einem Rindenverlust führte. Häufigster Schadensort ist der Wurzelanlauf, gefolgt von dem Bereich bis 1 m Höhe. Die beobachtete Zunahme der Schäden oberhalb des Wurzelanlaufs gegenüber motormanueller Aufarbeitung wurde auch von Sauter beschrieben. Bemerkenswert ist der geringe Anteil von Schäden an flachstreichenden Wurzeln. Dieses Ergebnis unterstreicht die Beobachtung, daß die Stämme bei der Aufarbeitung nur wenig Bodenkontakt haben und Schleifschäden weitgehend vermieden werden.

Das Kettenlaufwerk des "Königstigers" ist für den Einsatz am Hang mit 7 cm hohen Stollen versehen und damit wenig bodenschonend. Es waren daher erhebliche Verletzungen an flachstreichenden Wurzeln in der Rückegasse zu erwarten. Das Ausmaß dieser Verletzungen war jedoch trotz einer geringmächtigen Reisigauflage außerordentlich gering. Für den Einsatz im Flachland könnte ein zweiter Kettensatz mit geringer Stollenhöhe und abgerundeten Kanten vorgehalten werden, um das Verletzungsrisiko an flachstreichenden Wurzeln und die Schäden an den Forstwegen weiter zu verringern.

Insgesamt erreichte der "Königstiger" bei Langholz-Aushaltung in der Saftzeit ein Schadprozent, das erheblich unter dem motormanueller Verfahren und nur geringfügig über dem des "Hannibal" [12% außer Saft; Feller et al. 1997] liegt. Die von Sauter bei Langholzaushaltung mit Rad-Harvester in der Saftzeit beobachteten Schäden liegen auf gleichem Niveau (14,6%). Die Pfleglichkeit vollmechanisierter Kurzholzverfahren konnten alle Langholzverfahren allerdings nicht erreichen. Schäden nach Harvestereinsätzen in Durchforstungen mit Kurzholz-Aushaltung liegen meist deutlich unter 10% [z. B. Bort et al. 1993b: 8 - 10%; Pfeil et al. 1988: 3,9 - 8,4%; Sauter und Busman 1994: 7,3%].

Schäden an der Verjüngung

Die Schäden an der Naturverjüngung wurden im Bestand Kastenholz an in Aufnahmefelder unterteilten Probestreifen untersucht. Von 1481 aufgenommenen Pflanzen wurden 256 als geschädigt angesprochen (17%). Häufigste Schäden waren das Umdrücken der Pflanzen bei der Fällung bzw. durch gelagertes Holz sowie das Zudecken der Pflanzen mit Reisig. Bruchschäden waren aufgrund der Flexibilität der

Stämmchen selten. Die Schäden an der Verjüngung konzentrierten sich am Rückegassenrand. Hier war die Hälfte der Verjüngungspflanzen geschädigt, während in der Bestandestiefe der Anteil geschädigter Pflanzen unter 5% sank. Die wirtschaftliche Relevanz der beobachteten Schäden ist jedoch gering: Ein Aufnahmefeld entspricht dem Standraum einer Fichtenpflanze bei künstlicher Begründung. Selbst bei einer Schädigung von 90% (9 von 10 Pflanzen) wäre eine ausreichende Verjüngung vorhanden. Kein einziges Feld wies einen Totalschaden auf. Die geringen Schäden weisen auf die große Pfleglichkeit des Raupen-Harvesters hin.

Bodenpfleglichkeit

Der Harvester entwickelt trotz seines hohen Gewichts von 28 Tonnen einen statischen Bodendruck unter 60 kPa. Dieser Wert entspricht dem Bodendruck eines konventionellen Rad-Harvesters mit Niederdruck-Breitreifen. Ab einem statischen Bodendruck von 50 kPa sind bei Radfahrzeugen erhebliche und tiefreichende Strukturveränderungen des Bodens zu erwarten [Matthies et al. 1995]. Das Fahrzeug sollte sich daher nur auf der Rückegasse bewegen. Die Rückegassen sollten zur Minderung des Bodendrucks mit einer Reisigmatte armiert werden.

Resümee

Das Einsatzspektrum des "Königstigers" ist sehr vielseitig. Es reicht von Durchforstungen bis zu Endnutzungen auch in steilen Hanglagen. Mit dem "Königstiger" steht ein weiterer hochproduktiver und vielseitiger Raupen-Harvester zur Verfügung, um Langholz in Altbeständen mit 30 m Rückegassenabstand aus der Verjüngung heraus ernten zu können. Trotz schwieriger Rahmenbedingungen wurde bei dem Einsatz ein hoher Grad an Pfleglichkeit erreicht. Insofern sollte es nicht verwundern, wenn künftig mehrere dieser "Großkatzen" durch bayerische Wälder streifen.

Literatur

Bort, U.; Mahler, G.; Pfeil, C. 1993a: Mecha-nisierte Holzernte. Wechselwirkungen von Erschließungsdichte, Pfleglichkeit und Betriebserfolg. FTI, Heft 11, S. 121 - 124.

Bort, U.; Emhardt, M.; Mahler, G. 1993b: Vollerntereinsatz in der Zweitdurchforstung bei vorgegebener Feinerschließung. FVA Baden-Württemberg, Freiburg.

Feller, S.; Weixler, H.; Pausch, R. 1997: Holzernte in Fichten-Altbeständen mit einem Raupen-Harvester. AFZ/Der Wald Heft 9, S. 478 - 481.

Matthies, D.; Weixler, H.; Guglhör, W.; Löffler, H.; Rehfuess, K. E. 1995: Bodenuntersuchungen zu befahrungsbedingten Strukturveränderungen auf Waldstandorten in Bayern. LWF, Freising.

Meng, W. 1978: Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte - Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Band 53.

Pfeil, Ch.; Mehlin, H.; Glöckler, H. G. 1988: Vollerntereinsatz in Nadelschwachholz. FVA Baden-Württemberg, Versuchsbericht 3.

Sauter, U.H.; BUSMAN, Ch. 1994: Bestandes-schäden bei der Durchforstung von Fichtenbeständen mit Kranvollerntern unter Berücksichtigung unterschiedlicher Rücke-gassenabstände. Forsttechnische Informationen, Heft 12.

Sauter, U.H.; Grammel, R.; Fürstenberg, C. v. 1996: Konkurrierende Lang- und Kurz-holzaushaltung mit Vollerntemaschinen - Fäll- und Rückeschäden - Volumen und Wertausbeute - Leistung und Kosten. Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Weixler, H.; Feller, S.; Schauer, H. 1997: Der Raupen-Harvester IMPEX 1650 T "Königstiger" im Einsatz. Leistung und Pfleglichkeit bei der Langholzernte in Endnutzungsbeständen. AFZ/Der Wald Heft 22, S. 1182 - 1185.

© 1995-2002 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 1998

Internet: http://www.lwf.bayern.de Email: poststelle@fo-lwf.bayern.de

Stichprobenverfahren zur Vermessung von Standardlängen - ein Vergleich

von **Stefan Feller**

Mit der Verbreitung der Harvester-Technologie in Mitteleuropa ist die Bedeutung von schwachem Stammholz in Standardlängen enorm gestiegen. Die bisher übliche einzelstammweise Vollvermessung dieses Sortimentes ist jedoch sehr zeitaufwendig und kostenträchtig. Andererseits erreichen die bislang verwendeten Stichprobenverfahren ein geringeres Maß an Genauigkeit. In folgendem Beitrag werden 4 verschiedene Verfahren vorgestellt, die die LWF einem Praxistest unterzogen hat.

Einsatzbereich

Stichprobenverfahren zur Vermessung von Rundholz zielen darauf ab, den hohen Vermessungsaufwand für relativ geringwertige und homogene Sortimente zu reduzieren. Sie kommen im wesentlichen für Industrieholz und schwaches Stammholz in Betracht. Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf die Vermessung von schwachem Stammholz in Standardlängen.

Stichprobenverfahren können für folgende Zwecke verwendet werden:

- Kontrollmaß für Werkseingangsvermessung,
- zeitnahes Maß zur Abrechnung mit Unternehmern oder Waldarbeitern und/oder
- Verkaufsmaß.

Die vorgestellten Stichprobenverfahren liefern als Ergebnis das Holzvolumen ohne Rinde (fm o.R.) mit der Stärkeklassenverteilung. Wird eine Stärkeklassenverteilung nicht benötigt, bietet sich auch das Sektions-Raummaß zum Einsatz an.

Problematik

Bei Stichprobenverfahren können auch eine Reihe von Problemen auftreten, die nachfolgend stichwortartig beleuchtet werden:

- Repräsentanz und Genauigkeit
- Manipulierbarkeit und Reproduzierbarkeit
- Einhalten von Aufnahmevorschriften
- spezielle EDV-technische Auswertung
- Akzeptanz bei den Handelspartnern

Einzelne Stichprobenverfahren

Die LWF hat die 4 folgenden Verfahren einem Vergleich unterzogen:

- Freie Stichprobe im Hieb,
- Lagenweise Mantelmessung,
- Stirnflächenverfahren und
- Modifiziertes Stirnflächenverfahren.

Freie Stichprobe im Hieb
(Mittendurchmesser-Stichprobe vor dem Poltern)

Als geeignete Vorschrift für dieses Verfahren empfiehlt sich bei hochmechanisierter Aufarbeitung das Kluppen des Mittendurch-messers von jedem Stammabschnitt in jeder 4. Rückegasse. Bei konzentriertem Holzanfall müssen dazu eventuell vom Harvester angelegte Rauhbeugen auseinandergezogen werden.

Bei motormanueller Aufarbeitung läßt sich die Aufnahmeempfehlung modifizieren: Es werden die Mittendurchmesser von **allen** Stamm-abschnitten gekluppt, die zwischen der 2. und 3. Rückegasse, zwischen der 6. und 7. Rückegasse usw. liegen. Das Holz auf jeweils einer Rückegasse ist in die Stichprobe mit einzubeziehen.

Auf keinen Fall ist es empfehlenswert, durch den Bestand zu laufen und nur solche Stämme aufzu-nehmen, die leicht erreichbar und gut zu kluppen sind. Dies führt zu einer nicht repräsentativen Stichprobe und damit zu einer fehlerhaften Vol-umenberechnung.

Lagenweise Mantelmessung

(Mittendurchmesser-Stichprobe
während und nach dem Poltern)

Bei der Mantelmessung werden die Mittendurchmesser der Stämme gekluppt, die am Mantel (= oberste Lage) des Polters liegen. Es ist allerdings zu beachten, daß der Stichprobenumfang zu klein ist, wenn das Holz erst nach dem Abschluß der Rückearbeiten aufgenommen wird (Ausnahme: mehrere, sehr kleine Polter). Daher ist es notwendig, mehrmals während des Rückens die jeweils oberste Lage des Polters zu kluppen (= lagenweise Mantel-messung).

Gerade bei diesem Verfahren ist ganz besonders auf die Repräsentanz der Stichprobe zu achten. Die schwachen Stämme rutschen beim Poltern leicht zwischen stärkere Stücke. Dadurch kann es passieren, daß die dünneren Stämme nicht ausreichend in der Stichprobe repräsentiert sind. Dies hat zur Folge, daß das Holzvolumen überschätzt und die Stärkeklassenverteilung nach oben verschoben wird. Bei der Holzvermessung mit diesem Verfahren müssen die Polter bestiegen werden. Dies bedingt eine erhöhte Unfallgefährdung.

Stirnflächenverfahren
(Linienstichprobe)

Die Stirnflächendurchmesser werden an Poltervorder- und -rückseite in einer systematischen Linienstichprobe aufgenommen (Abb. 1). Erdstämme mit erkennbaren Wurzel-anläufen werden nicht gemessen. Aus den arithmetisch gemittelten Stirnflächendurch-messern wird ein Durchschnittsstamm berechnet. Das Gesamtvolumen ergibt sich aus dem Durchschnittsstamm und der Gesamtstückzahl. Die Stärkeklassenverteilung wird aus der Stichprobe hochgerechnet.

Bei der Anwendung des Stirnflächenverfahrens sind einige Besonderheiten zu beachten:

- Die Stichprobenauswahl mit Hilfe von Linien führt dazu, daß dickere Stämme bevorzugt in die Stichprobe gelangen. Dadurch wird die Stärkeklassenverteilung nach **oben** verschoben (Linienstichprobenfehler).
- Erdstämme mit erkennbaren Wurzelanläufen werden beim Stirnflächenverfahren nicht aufgenommen. Die Erdstämme haben dickere Durchmesser als der Rest des Kollektives. Dadurch wird das wahre Volumen unterschätzt und die Stärkeklassenverteilung nach **unten** verschoben (Erdstammfehler).

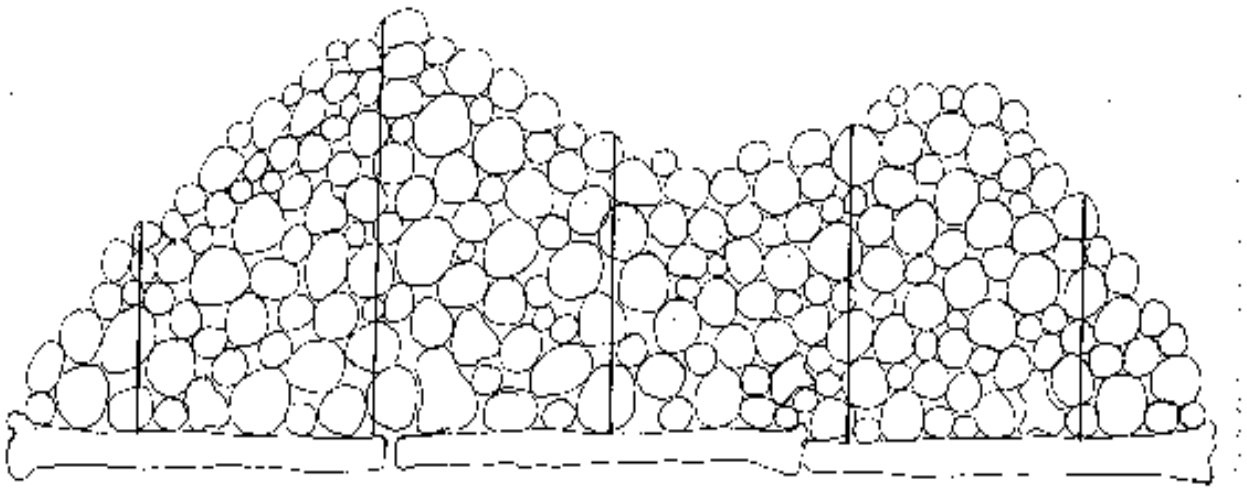

Abb. 1: *Ziehen der Linienstichprobe anhand von senkrechten Linien auf beiden Polterseiten*

Bei richtiger Anwendung bringt das Stirnflächenverfahren mit relativ wenig Aufwand gute Ergebnisse. Allerdings ist dieses Verfahren derzeit nicht mit dem mobilen Datenerfassungsgerät EG-10 verbuchbar.

Modifizierte Linienstichprobe
(MLS oder Weihenstephaner Verfahren)

Die Aufnahmemethodik entspricht weitgehend dem Stirnflächenverfahren (Abb. 2). Um die

beschriebenen Verfahrensbesonderheiten des Stirnflächenverfahrens zu vermeiden, erfolgt die Auswertung der Stichprobe mit einem anderen Rechengang:

- Der Linienstichprobenfehler wird durch einen Rechenmodus eliminiert.
- Die Erdstämme werden in der Stichprobe mit dem kleinsten Stirnflächendurchmesser erfaßt und separat ausgewertet.

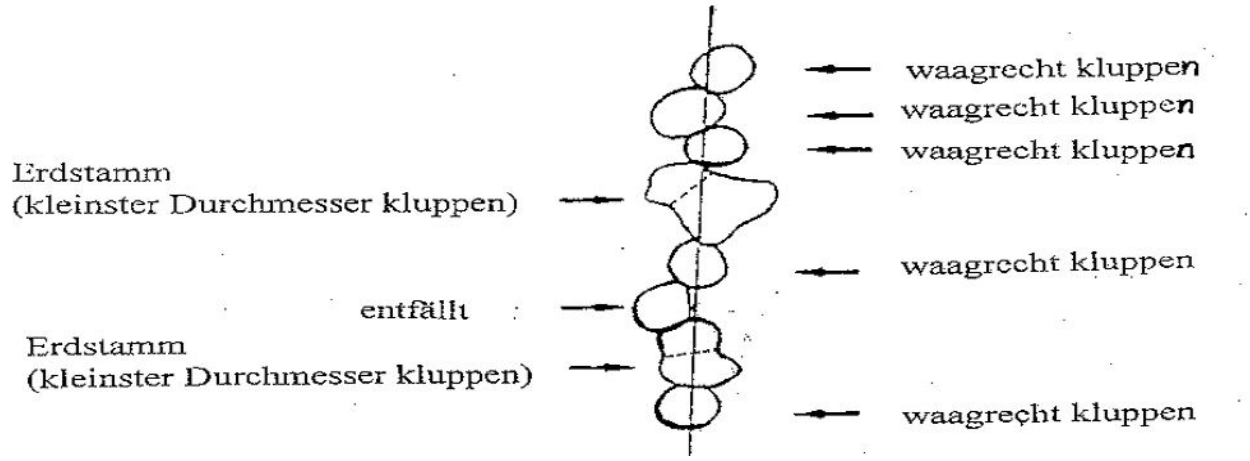

Abb. 2: *Aufnahme nach dem* ***MLS-Verfahren***

Das Gesamtvolumen wird über den Grund-flächenmittelstamm berechnet.

Ergebnisse vergleichender Kontrollmessungen

Bei 10 Holzlosen (Gesamtvolumen: 1350 fm o.R.) in 8 bayerischen Forstämtern wurden 3 verschiedene Stichprobenverfahren mit der einzelstammweisen Vollaufnahme im Wald verprobt. In Tabelle 1 sind die Resultate dargestellt. Das Ergebnis der Vollaufnahme entspricht jeweils 100%. Um eine Aussage über die Abweichungen im Volumen und der Stärkeklassenverteilung zu erhalten, wurde auch der Erlös aus dem Volumen und der mittleren Meßzahl errechnet und mit dem Ergebnis der Vollaufnahme verglichen. Die Ergebnisse sind statistisch nicht abgesichert, geben aber Hinweise auf Tendenzen.

Tab. 1: *Ergebnisse vergleichender Kontrollmessungen bei Fichte und Kiefer (Gesamtvolumen: 1350 fm o.R.) - Abweichungen vom Volumen und Erlös der Vollaufnahme*

Abweichung vom Volumen der Vollaufnahme				
Verfahren	Mittelwert	Ø - Streuung	Minimum	Maximum
Vollaufnahme	100,0 %	0 %	100,0 %	100,0 %
Mantelmessung	104,5 %	7,8 %	94,0 %	120,0 %
Stirnflächenverfahren	99,6 %	5,5 %	7,8 %	106,9 %
MLS-Verfahren	99,9 %	4,2 %	92,6 %	106,9 %

Abweichung vom Erlös der Vollaufnahme				
Verfahren	Mittelwert	Ø - Streuung	Minimum	Maximum
				100,0

Vollaufnahme	100,0 %	0 %	100,0 %	%
Mantelmessung	105,7 %	10,3 %	90,8 %	124,7 %
Stirnflächenverfahren	100,5 %	7,1 %	84,0 %	109,6 %
MLS-Verfahren	99,9 %	5,7 %	89,4 %	109,4 %

Wertung verschiedener Verfahren

Die vier untersuchten Stichprobenverfahren werden in der Tabelle 2 zusammengefaßt, nach verschiedenen Kriterien miteinander verglichen und bewertet.

Tab. 2: *Vergleich und Wertung der vorgestellten Stichprobenverfahren*

Kriterium	Freie Stichprobe im Hieb	Lagenweise Mantelmessung	Stirnflächen-Verfahren	MLS-Verfahren
bündiges Poltern	nicht notwendig	nicht notwendig	notwendig	notwendig
Unfallgefährdung	gering	hoch	gering	gering
Organisationsaufwand	mittel	groß	gering	gering
Messung ohne Rinde	möglich (zusätzlicher Aufwand)	nicht möglich	möglich	möglich
Manipulation	möglich	möglich	kaum möglich	kaum möglich
Zeitbedarf	mittel	gering	gering	gering
Kosten[1]	ca. 2,- DM/fm[1]	ca. 1,20 DM/fm[1]	ca. 1,20 DM/fm[1]	ca. 1,25 DM/fm[1]
Streuung der Ergebnisse	- [2]	hoch	gering	gering
systematische Volumenabweichung	- [2]	ca. +5%	gering	gering

Anmerkung:
1 Die Kostenwerte wurden aus orientierenden Arbeitsstudien abgeleitet und geben lediglich Größenordnungen an.
2 nicht Bestandteil der LWF - Untersuchung.

Schlußbemerkung

In der Bayerischen Staatsforstverwaltung sind derzeit nur die "Freie Stichprobe im Hieb" und die "Lagenweise Mantelmessung" zugelassen. Die Forstverwaltung Baden-Württemberg wendet darüber hinaus auch das Stirnflächenverfahren an. An einer "einheitlichen süddeutschen Lösung" wird gearbeitet.

Der vorliegende Artikel skizziert lediglich die vorgestellten Vermessungsverfahren. Er kann eine detaillierte Aufnahmeanweisung nicht ersetzen.

© 1995-2002 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 1998

Dokument: LWF-*zertifiziert* - Informationen aus der Wissenschaft/ aus LWF-aktuell Nr. 11
Internet: http://www.lwf.bayern.de Email: poststelle@fo-lwf.bayern.de

Die Wildbirne - Baum des Jahres 1998

von **Olaf Schmidt**4

Am 15. Oktober 1997 wurde die Wildbirne (Pyrus communis) zum Baum des Jahres 1998 gekürt. Die Wildbirne ist in Westeuropa beheimatet. In Bayern ist sie häufig in der Frankenalb und auf der Fränkischen Platte anzutreffen. Als Baumart der sommerwarmen Eichenmischwälder im Flach- und Hügelland ist sie in anderen Landesteilen selten und kommt nur vereinzelt vor. Zum guten Gedeihen verlangt sie nährstoffreiche, am besten basenreiche Standorte.

Erkennungsmerkmale

Als Baumart zweiter Ordnung (15-20 m) kann die Wildbirne einen Durchmesser von 50 bis 70 cm erreichen. Bei höheren bzw. stärkeren Birnbäumen im Wald handelt es sich meist um verwilderte, alte **Kulturbirnensorten** wie z.B. Mostbirnen, die ein stärkeres Wachstum als die eigentliche **Wildbirne** zeigen. Wild- und Kulturbirnen sind in der Ausprägung verschiedener morphologischer Merkmale sehr variabel. Oft ergibt sich daher auch ein fließender Übergang zwischen den verschiedenen Formen, so daß eine klare taxonomische Abgrenzung oftmals nicht möglich ist.

Folgende Merkmale dienen zur Unterscheidung von Wild- und Kulturbirnen:

- Wildbirnen besitzen meist Dornen,
- ihre Blätter sind meist kleiner als 5 x 6 cm,
- der Blattstiel erreicht kaum 6 cm Länge,
- die Blätter sind meistens nicht filzig und
- die gelben, grünen oder braunen Früchte sind rundlich oder nur kurz-birnenförmig und sehr klein (im Durchschnitt 3 cm).

Weitere Unterscheidungsmerkmale sind in der AFZ Nr. 11/1997 (S. 602) veröffentlicht.

Weiterführende Literatur

Zur Literatur über die Wild- oder Holzbirne möchten wir auf folgende Beiträge verschiedener forstlicher Fachzeitschriften hinweisen:

- ?Zum Anbau der Wildbirne im Wald" (AFZ 1981, S. 949-952),
- ?Die Wild- oder Holzbirne" (AFZ 21/1986,

S. 520-522),

?Wildbirnen - Beobachtungen und Er-fahrungen" (AFZ 6-7/1990, S. 169-170),

?Erhaltung von Wildapfel und Wildbirne in Hessen" (AFZ/Der Wald 11/1997, S.602-604),

?Identifikation von Wildapfel und Wildbirne" (Forstarchiv 66/1955, S. 39-47),

?Wildapfel und Wildbirne" (Forst u. Holz 1988, S. 483-485).

Fachtagung zur Wildbirne

Darüber hinaus wird die LWF zusammen mit der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald (SDW) - Landesverband Bayern wie bereits in den vergangenen Jahren eine Fachtagung zum Baum des Jahres durchführen. Sie wird voraussichtlich am 15./16. Mai 1998 im Bereich des Forstamtes Uffenheim stattfinden. Die Ergebnisse werden in einem LWF-Bericht veröffentlicht (s.a. LWF-Berichte Nr. 10 ?Beiträge zur Eibe" und Nr. 12 ?Beiträge zur Hainbuche").

© 1995-2002 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 1998
Dokument: LWF-*zertifiziert* - Informationen aus der Wissenschaft/ aus LWF-aktuell Nr. 11
Internet: http://www.lwf.bayern.de Email: poststelle@fo-lwf.bayern.de

Untersuchungen zur Stickstoffübersättigung in Rein- und Mischbeständen

von **Andreas Rothe[5]**

Mit verstärkter wirtschaftlicher Ausrichtung der Forstbetriebe gewinnt die Frage nach den Auswirkungen unterschiedlicher Laubholzanteile neue Aktualität. Im Rahmen eines vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und vom Bundesministerium für Forschung und Technologie finanzierten Forschungsvorhabens wurde deshalb an den Standorten Höglwald (Oberbayerisches Tertiärhügelland) und Schongau (Vorallgäu) der Einfluß des Baumartenanteils auf verschiedene Eigenschaften von Fichten-Buchen-Mischbeständen untersucht.

Dazu wurden an beiden Standorten jeweils einschichtige Fichten und Buchenreinbestände sowie Fichten-Buchen-Mischbestände im Alter von 70 bis 90 Jahren untersucht. Bei beiden Standorten handelt es sich um hochproduktive, im Oberboden stark versauerte Lehmböden mit guter Nährstoffversorgung im Unterboden.

Unterschiede zwischen Fichten- und Buchenreinbeständen

An beiden Standorten unterscheiden sich Fichten- und Buchenreinbestand deutlich:

- Die Fichte hat eine höhere **Wuchsleistung**. Sie ist am Standort Höglwald mit über 20 VfmD/ha und Jahr nahezu doppelt so hoch wie diejenige des Buchenreinbestandes.
- Die Buche ist hinsichtlich der untersuchten **ökologischen Eigenschaften** günstiger zu beurteilen:
    - Die Durchwurzelung ist tiefer und gleichmäßiger,
    - die Sickerwasserspende ist um ca. 15% höher,
    - die Humusform ist besser und der
    - pH-Wert ist im Oberboden um nahezu eine Einheit höher,
    - der Stoffeintrag ist (insbesondere am Standort Höglwald mit hohen Stickstoffeinträgen) deutlich geringer,
    - der Elementumsatz mit dem Streufall ist bei den basischen Nährelementen fast doppelt so groß und
    - die Nitratbelastung des Sickerwassers ist im Gegensatz zur Fichte unbedenklich.

Unterschiede zwischen Misch- und Reinbeständen

Der Mischbestand verhält sich anders als die Summe der Reinbestände:

- Der **Volumenzuwachs** im Fichten-Buchen-Mischbestand ist geringer als im Fichtenreinbestand, aber größer als bei einem getrennten Anbau beider Baumarten auf gleicher Fläche. Im Höglwald beträgt die Zuwachsleistung des Mischbestandes bei einem Standraumanteil der Buche von 40% fast 90%, bei einem Anteil von 80% noch 70% der Zuwachsleistung des Fichtenreinbestandes.
- Im Mischbestand findet eine **starke Umverteilung von Streumaterial** von der Buche zur Fichte statt. Die dabei verlagerte Nährstoffmenge liegt über 10 Jahre betrachtet in der Größenordnung einer Volldüngung und hat auf nährstofflimitierten Standorten (rund 90% aller Standorte in Bayern) eine positive Auswirkung auf die Zuwachsleistung.
- Im Mischbestand zeigt sich **eine vertikale Zweiteilung der Feinwurzeln**, wobei die Fichte flacher, die Buche tiefer wurzelt als im Reinbestand. Damit verbunden ist eine verbesserte Nutzung des Wurzelraumes. Eine unterirdische Stabilisierung der Misch-bestandsfichte läßt sich nicht nachweisen.
- **Die Wirkung der Buchenbeteiligung auf den Bodenzustand hängt von der Säurebelastung des Standortes ab**, wofür saures Ausgangssubstrat und/oder hoher Säureeintrag und/oder Akkumulation von saurem Auflagehumus (als Folge übermäßiger Nutzung oder Nadelholzreinanbau) verantwortlich sind. Auf derartigen Standorten (rund 60 - 80% der Waldfläche Bayerns) ist die Wirkung der Buche wie im Höglwald geringer als ihr Standraumanteil, bei günstigeren Ausgangsverhältnissen wie in Schongau größer als ihr Standraumanteil. **Je schlechter (d.h. je saurer oder je stärker die Säurebelastung) der Standort ist, umso höher muß der Buchenanteil sein, um bedeutsame Effekte zu erzielen.** Die Ausgangslage kann näherungsweise anhand der Humusform beurteilt werden.

Keine bedeutsamen Interaktionseffekte treten im Fichten-Buchen-Mischbestand beim Wasser- und Stoffeintrag und davon abhängigen Eigenschaften wie Quantität und Qualität der Sickerwasserspende auf. Die Eigenschaften des Mischbestandes lassen sich bei Kenntnis der Reinbestände näherungsweise aus den Standraumanteilen der Baumarten ableiten.

Die Wechselwirkungen sind umso ausgeprägter je kleinflächiger die Mischung und je homogener die Verteilung ist. Ein guter Kompromiß zwischen waldbautechnischen Erfordernissen und dem Bestreben nach möglichst intensiven Mischungseffekten liegt in einer trupp- bis gruppenweisen Mischung.

Schlußfolgerungen

Obwohl Fichtenbestände auf fast allen Standorten eine höhere Zuwachsleistung aufweisen als Buchenbestände, wird aus ökologischen und landeskulturellen Gründen eine bedeutsame Laubholzbeteiligung an der Waldbestockung angestrebt. Dabei ist es günstiger, einen geplanten Buchenanteil über innige Mischung (einzeln bis gruppenweise) als über den horst- oder bestandesweise getrennten Anbau beider Baumarten zu realisieren.

Die Frage nach dem optimalen Baumartenanteil in Fichten-Buchen-Mischbeständen läßt sich wissenschaftlich nicht beantworten, sondern hängt entscheidend von Zielvorgaben des Waldbesitzers und der Gesellschaft unter den Rahmenbedingungen des Standorts ab. Trotz seiner Vorteile ist der Mischbestand keine Patentlösung für alle ökonomischen und ökologischen Probleme. Nennenswerte ökologische Verbesserungen hinsichtlich der untersuchten Eigenschaften erfordern auf den meisten Standorten einen deutlichen Laubholzanteil von mindestens 40%. Der damit verbundene Zuwachsverlust ist vergleichsweise gering und liegt in einer Größenordnung von 0 bis 20% bezogen auf den Fichtenreinbestand.

Literatur

Rothe, A. 1997: Einfluß des Baumartenanteils auf Durchwurzelung, Wasserhaushalt, Stoffhaushalt und Zuwachsleistung eines Fichten-Buchen-Mischbestandes am Standort Höglwald. Forstliche Forschungsberichte München Nr 163.

© 1995-2002 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 1998
Dokument: LWF-*zertifiziert* - Informationen aus der Wissenschaft/ aus LWF-aktuell Nr. 11
Internet: http://www.lwf.bayern.de Email: poststelle@fo-lwf.bayern.de

Auszeichnung für LWF-Forscher: Dr. Gabriele Lobinger und Dr. Christian Kölling

Fürst Thurn und Taxis-Förderpreise 1996 und 1997

Dr. Gabriele Lobinger (Sachgebiet V ?Waldökologie und Waldschutz" der LWF) und **Dr. Ulrich Schulz** (FH Eberswalde) sind die Träger des Fürst Thurn und Taxis Preises 1996 und 1997.

Dr. Gabriele Lobinger erhielt die Auszeichnung für ihre grundlegenden Arbeiten zur biologischen und biotechnischen Bekämpfung von Schadinsekten im Wald. Ihre Erkenntnisse über die Wirtspezifität und Wirkungsbreite sowie die Aggressivität insektenpathogener Viren sind ein wichtiger Beitrag für die Beurteilung der Chancen und Risiken biologischer Pflanzenschutz-maßnahmen. Die Arbeiten stellen einen weg-weisenden Markstein dar, konventionelle Pflanzenschutzstrategien durch umweltverträg-lichere zu ersetzen.

Dr. Ulrich Schulz wurde dafür ausgezeichnet, daß er ein methodisches Konzept für den Vergleich zwischen verschiedenen bewirt-schafteten und ungenutzten Waldbeständen entwickelt hat.

Hanskarl-Goettling-Preis 1997

Der Hanskarl-Goettling-Preis 1997 wurde dem LWF-Wissenschaftler **FR Dr. Christian Kölling** (Sachgebiet II ?Standort und Umwelt" der LWF) für seine Umweltforschungarbeiten zum "Sauren Regen" in Bayerns Wäldern verliehen. Staatssekretärin Marianne Deml nahm in einer Feierstunde an der LWF die Preisverleihung vor.

Mit dem Preis werden Persönlichkeiten gewürdigt, die sich auf dem Gebiet der forstlichen Forschung und Wissenschaft in den Bereichen, die zu den Aufgaben der LWF gehören, besonders verdient gemacht haben.

Dr. Christian Kölling hat im Zuge eines europaweiten Waldbeobachtungsprogramms den Niederschlag aus 16 bayerischen Wald-klimastationen auf Inhaltsstoffe untersucht und mit früheren Analyseergebnissen verglichen. Dabei zeigt sich, daß die Belastung mit Schwefel und Säure abgenommen hat. Andere Stoffe, wie die Stickstoffverbindungen Nitrat und Ammonium, gelangen in gleichbleibender Menge in die Wälder. Da die pH-Werte dadurch angestiegen sind, ist der Begriff des "Sauren Regens" für die Benennung der derzeitigen Situation kaum mehr zutreffend.

Nach Dr. Köllings Untersuchungen gibt dies aber keinen Anlaß zum Optimismus. Waldböden und Waldbäume können nur zu einem gewissen Anteil die in die Wälder gelangenden, großen Mengen an Stickstoff binden. Früher oder später gelangt der überschüssige Stickstoff als Nitrat ins Grundwasser.

Eine weitere Verringerung von Schadstoffemissionen sollte deshalb verfolgt werden. Der Festvortrag des Preisträgers wird in Kürze in **LWF-*aktuell*** veröffentlicht.

Arbeitsgruppe des Forstamtes Bad Tölz ausgezeichnet

Eine Arbeitsgruppe ehemaliger Angehöriger des Forstamtes Bad Tölz, bestehend aus **FD Harald Loher**, **FD Wolfgang Neuerburg**, **FAm i.R. Heinrich Bühler** und **Haumeister a.D. Martin Neuner** wurde ebenfalls ausgezeichnet. Die Arbeitsgruppe hatte einen vorbildlichen Praxisversuch zur Verjüngung von Reliktföhrenwäldern in den Bayerischen Alpen initiiert und betreut, der in die Arbeit der LWF integrierbar ist.

© 1995-2002 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 1998

Dokument: LWF-*zertifiziert* - Informationen aus der Wissenschaft/ aus LWF-Aktuell Nr. 11
Internet: http://www.lwf.bayern.de Email: poststelle@fo-lwf.bayern.de