

Zum Einfluß von Wasserfüllungen in Forstreifen

Gerd Gerdsen

Die Wasserbefüllung von Forstreifen erhöht die Traktion angetriebener Reifen und die Standfestigkeit einer Maschine. Sie verursacht jedoch auch Energieverluste, steigert die statische und dynamische Bodenbelastung, verschlechtert das Schwingungsverhalten der Maschine und erhöht die Gefahr der Beschädigung von Wurzeln und Reifen.

Die Bodenschonung hat beim Einsatz von Forstmaschinen nach wie vor hohe Priorität. Hierbei sind maschinenseitig die Achslasten und deren Verteilung, die Fahrwerksgeometrie, die Antriebscharakteristik und die Reifeneigenschaften von maßgeblicher Bedeutung. Moderne Forstreifen sind neben ihrer Funktionserfüllung auch auf Bodenschonung hin optimiert. Bei einer zur FPA-Prüfung angemeldeten Maschine waren Reifen zur Verbesserung der Standfestigkeit mit Wasser befüllt. An diesen Reifen wurden auffällige mechanische Beschädigungen der Lauffläche (Abb. 1) festgestellt. Es ist deshalb von aktuellem Interesse, wel-

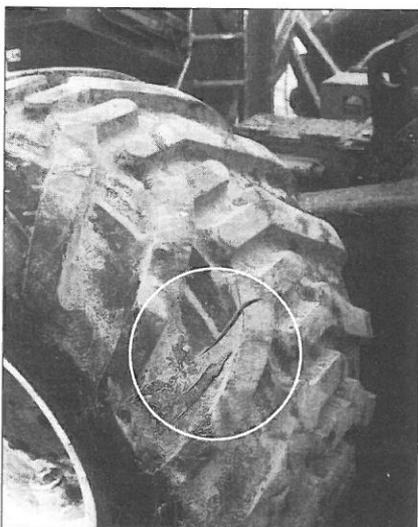


Abb. 1: Starke mechanische Beschädigungen an der Lauffläche eines wassergefüllten Reifens.

chen Einfluß die Befüllung von Reifen mit Wasser auf die Reifeneigenschaften hat. Untersuchungen aus der Literatur, die sich hierauf beziehen, sind

derzeit nicht bekannt.

Moderne Forstreifen sind möglichst großvolumig konzipiert, damit sie auch bei den relativ geringen Drucken von ca. 0,8 bar, oder sogar darunter, die auftretenden Achslasten ohne Reifenschäden abstützen können. Niedriger Reifeninnendruck bedingt eine große Kontaktfläche zwischen Reifen und Boden und damit auch einen geringen mittleren Kontaktflächen- und Kontaktmitteldruck. Das bedeutet, besonders in reifenahen Bodenschichten, eine geringere Bodenbeeinflussung. Weitere Vorteile sind eine höhere Zugkraftübertragung und ein günstigeres Schwingungsverhalten als bei Reifen mit höherem Reifeninnendruck.

Theoretische Grundlagen

Der an den physikalischen Zusammenhängen weniger interessierte Leser kann die folgenden Überlegungen und Formelherleitungen überspringen und sich gleich den Ergebnissen zuwenden. Auf eine exaktere Darstellung wurde ohnehin zugunsten der besseren Lesbarkeit verzichtet.

Zur Herleitung der Zusammenhänge sei vereinfachend angenommen, daß die Dehnung des Reifens vernachlässigt werden kann. Dies gilt umso eher, je geringer der Reifeninnendruck ist. Auch ist die, gerade bei Forstreifen eher sekundäre, Seitenwandstützung vernachlässigt. Diese ist, besonders bei Überfahren von Hindernissen außerhalb des Seitenwandbereiches, von nachgeordneter Bedeutung. Damit liegt eine reine Luftfederung vor, so daß im vorkommenden Druckbereich der Zusammenhang zwischen Druck-, Volumen-



Forsttechnische Informationen

Fachzeitung für Waldarbeit und Forsttechnik

1 Y 6050 E

Inhalt

KWF-Information

Zum Einfluß von Wasserfüllungen in Forstreifen; G. Gerdsen

Aus der Prüfarbeit

Die Prüfgrundlage zur FPA-Prüfung - Tragschlepper (Teil 2);

Geräte- und Verfahrenstechnik

Einfluß verschiedener Erntevarianten auf Baum- und Bodenschäden bei der Durchforstung in Kiefernbeständen; M. Suwala

Termine

Seminar „Ergonomie in der Praxis“

Personelles

<http://www.dainet.de/kwf/fti/fti.htm>

9/97

und Temperaturänderungen der im Reifen eingeschlossenen Luft durch die allgemeine Zustandsgleichung für Gase in der Form

$$p \cdot V = R \cdot T \quad (1)$$

ausreichend beschrieben wird.

In dieser Gleichung sind p der aktuelle Druck des eingeschlossenen Luftvolumens, V das zugehörige Volumen, R die allgemeine Gaskonstante und T die absolute Temperatur der Reifenluft.

Bei Verformung des Reifens durch Überfahren einer im Vergleich zur Latschfläche in allen Dimensionen kleinen Geländeunebenheit (z.B. Stein, Wurzelanlauf) verkleinert sich bei genügend hoher Radlast das Reifenvolumen um eine Größe ΔV , der Reifeninnendruck erhöht sich dadurch um die Größe Δp .

Nimmt man zur Vereinfachung an, daß der Vorgang so schnell verläuft, daß dabei die Abgabe von Wärmeenergie vernachlässigt werden kann, liegt ein adiabate Zustandsänderung vor. Die Gleichung (1) gilt dann in der Form

$$p \cdot V^k = \text{const.} \quad (2)$$

mit k als Adiabatenexponenten und const. als konstanter Größe. Für Luft ist $k=1,4$. (Ansonsten müsste statt des Adiabatenexponenten der für die in Wirklichkeit vorliegende Zustandsän-

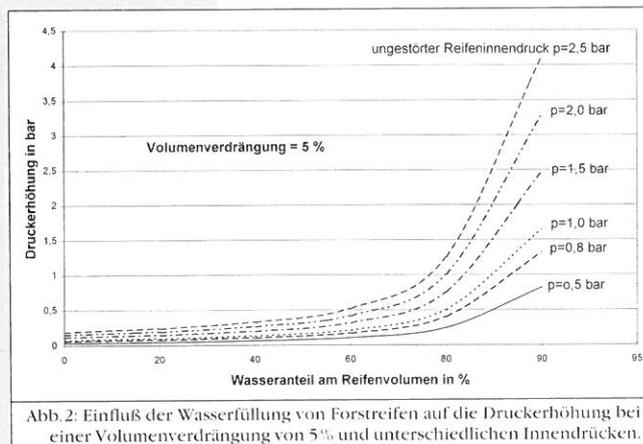


Abb. 2: Einfluß der Wasserfüllung von Forstreifen auf die Druckerhöhung bei einer Volumenverdrängung von 5% und unterschiedlichen Innendrucken.

derung geltende Polytropenexponent n eingesetzt werden. Dabei ist stets $1 \leq n \leq k$)

Die Zustandsgrößen p und V seien im Ausgangszustand p_0 und V_0 , nach Volumenverdrängung, d.h. Auffahrt auf ein Hindernis, p_1 und V_1 . Damit läßt sich die Gleichung 2 auch in der Form

$$p_0 \cdot V_0^k = p_1 \cdot V_1^k \quad (3)$$

schreiben. Mit

$$\Delta p = p_1 - p_0, \quad (4)$$

erhält man hieraus nach Umformung:

$$\Delta p = p_0 \left(\left(\frac{V_0}{V_1} \right)^k - 1 \right) \quad (5)$$

Diese Beziehung gilt mit den getroffenen, für die Praxis nicht einschneidenden Voraussetzungen, exakt.

Man erkennt unmittelbar aus dieser Gleichung, daß die Druckerhöhung in einem Reifen bei vorgegebener Volumenverdrängung direkt proportional zum Reifeninnendruck, d.h. dem Druckniveau im Reifen ist.

Weiterhin kann mit Gleichung (5) der Einfluß der Wasserfüllung von Reifen auf die Druckerhöhung im Reifen beim Überfahren von Bodenunebenheiten in Abhängigkeit vom verdrängten Volumen und dem Ausgangsreifendruck berechnet werden. Bei einem verdrängten Reifenvolumen von z.B. 5% und einer Wasserfüllung von 90% ist dann

$$V_0/V_1 = 0,1/(0,1-0,05)$$

anzusetzen.

Rechenergebnisse

Die folgenden Beispiele wurden, wie oben beschrieben, berechnet und in Diagrammform dargestellt. Für eine Übertragung in die Praxis ist zu beachten, daß die Drücke nur soweit ansteigen, bis die Druckkraft die Radlast erreicht. Dann steigt der Reifen auf die Unebenheit auf. In der Praxis bedeutet dies, daß sich umso höhere Drücke aufbauen können, je kleiner die latschparallele Querschnittsfläche des Hindernisses ist („spitze Steine“!)

Abbildung 2 zeigt für das Beispiel einer Verdrängung von 5% des Reifenvolumens durch die Reifenverformung bei Fahrt über ein Hindernis die zugehörige Druckerhöhung im Reifen für unterschiedliche Wasserfüllungen und Reifendrucke. Man erkennt, daß der Druckanstieg um so größer wird, je höher der gefahrene Reifendruck ist. Weiterhin zeigt sich ein progressiver Druckanstieg mit Verringerung des verbleibenden Luftvolumens durch die Wasserfüllung.

Abbildung 3 zeigt im Balkendiagramm die gleichen Zusammenhänge für Volumenverdrängungen von 2,5%, 5% und 10%. Man erkennt, daß sich der Bereich des drastischen Druckanstiegs mit steigender Volumenverdrängung zu kleineren Wasseranteilen hin verschiebt.

Für das Beispiel eines Reifendruckes von 2,5 bar, einer Wasserfüllung von 80% und einer Volumenverdrängung von 10% entnimmt man dem Diagramm einen Druckanstieg von ca. 4 bar. Das ergibt einen Gesamtdruck von ca. 6,5 bar. Dieser Effekt starker Druckanstiege bei Hindernisüberfahrten wasserbefüllter Reifen läßt sich als wesentliche Ursache für die beobachteten Reifenbeschädigungen vermuten.

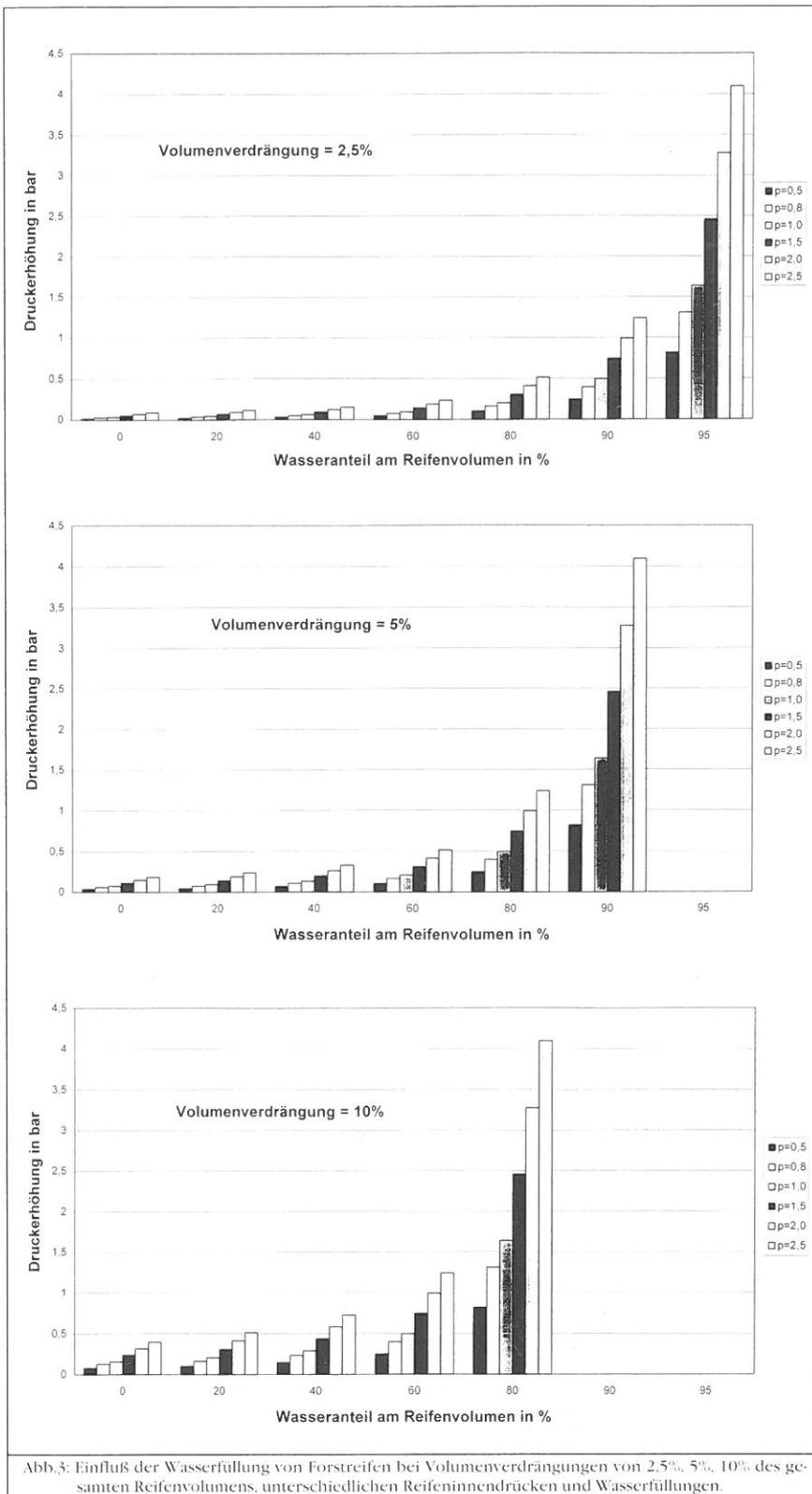


Abb.3: Einfluß der Wasserfüllung von Forstreifen bei Volumenverdrängungen von 2,5%, 5%, 10% des gesamten Reifenvolumens, unterschiedlichen Reifeninnendrücken und Wasserfüllungen.

Resümee

Druckanstiege im Reifen durch Befahren von unebenem Boden sind bei gleicher Volumenänderung direkt proportional dem Reifenfülldruck. Sie hängen darüber hinaus nur noch vom Verhältnis des vorhandenen Luftvolumens bei statischer Belastung zum verbleibenden Volumen nach Einfederung und/oder Volumenverdrängung durch Bodenunebenheiten ab. Das belegt die Vorteile großvolumiger Reifen mit geringen Reifeninnendrücken.

Wasserfüllungen reduzieren das zum Federn und Ausgleichen von Bo-

denunebenheiten verfügbare Luftvolumen des Reifens und führen so zu einer steiferen Federung. Das bedeutet in der Praxis ungünstigeres Schwingungsverhalten und stärkere Bodenbelastung durch dynamische Einflüsse (vergl. z.B. Bloch, Gerdson, Zietsch, FTI 6/92, S. 45 ff).

Wegen der hyperbolischen Abhängigkeit des Druckanstieges vom Volumenverhältnis können durch Wasserfüllung beträchtliche Druckanstiege durch Bodenunebenheiten gegenüber unbefüllten Reifen entstehen. Für die Praxis heißt das höhere Gefahr der Beschädigung von Wurzeln

Aus der Prüfarbeit

Die Prüfgrundlage zur FPA-Prüfung - Tragschlepper (Teil 2)

Die bereits für die letzte Ausgabe angekündigten Kapitel 3 bis 6 der Prüfgrundlage (Teil 1 siehe FTI 5-6/97 S. 55 ff).

und Reifen.

Die Wasserbefüllung von Forstreifen erhöht zwar die Traktion angetriebener Reifen und die Standfestigkeit einer Maschine, sie verursacht jedoch auch Energieverluste, steigert die statische und dynamische Bodenbelastung, verschlechtert das Schwin-

ungsverhalten der Maschine und erhöht die Gefahr der Beschädigung von Wurzeln und Reifen. Deshalb kann die Wasserbefüllung von Forstreifen nur eine fragliche Notlösung sein.

Gerd Gerdson, KWF

3 Arbeitseinsatz

Im Prüfbericht finden unter „Arbeitseinsatz“ die Ergebnisse der Prüfung beim praktischen Rückeeinsatz Eingang. Die Praxiseinsätze sollten dabei eine Zeitdauer von 100 MAS (besser 300 MAS) umfassen.

Die Prüfeinsätze entsprechen bezüglich ihrer Organisation und Arbeitsverfahren den allgemeinen Grundsätzen (vgl. Abschnitt Einsatzorganisation S.55). Für die Prüfaussagen maßgebliche Abweichungen sind im Prüfbericht zu dokumentieren.

Die Bedienung der Maschine muß durch Fahrer mit ausreichender Befähigung und Erfahrung erfolgen.

3.1 Umfang des Praxiseinsatzes

Ziel ist vor allem die Überprüfung des Gebrauchswertes der Maschine unter forstlichen Gesichtspunkten.

Kriterien

Wichtige Kriterien des forstlichen Gebrauchswertes sind:

- die Eignung für den vorgesehenen Zweck,
- die Eignung für verschiedene Geländeschwierigkeiten,
- die Arbeitssicherheit,
- die technische Verfügbarkeit,
- die Auswirkungen auf die Umwelt insbesondere auf Boden und Bestand,
- die Wirtschaftlichkeit, u.a. bezüglich Leistung und Kosten.

Je nach Sachlage können weitere Gesichtspunkte von Bedeutung sein.

Methoden

Für die Praxiseinsätze (Prüfeinsätze) wird vom KWF in Zusammenarbeit mit dem Anmelder ein Prüfplan erstellt, der die Einsatzorte, die Einsatzzeiten, die Einsatzverfahren, die Meßmethoden, Erhebungsmethoden und die zuständigen Personen enthält. Der Prüfplan ist ggf. fortzuschreiben.

Die Dokumentation der Prüfeinsätze umfaßt:

- die Maschinenzeiten (insb. MAS)
- die wichtigsten Einflußgrößen auf die Leistung, wie:
 - Gelände
 - Sortimente
 - Rückebedingungen (Entfernung)
- Angaben zur technischen Verfügbarkeit

- Zeiten für Reparaturen
- Ursachen für Reparaturen
- Angaben zur Bedienung (Ergonomie)
 - Betankung
 - Wartung
 - Bedienung

Die Erhebung von Einsatzdaten erfolgt:

- während des Prüfeinsatzes (Rüttelschreiber, Leistungsnachweise, Einsatztagebücher, Maschinenbuchführung),
- anhand von Umfragen bei Betreibern baugleicher oder vergleichbarer Maschinen (eine Referenzliste ist vom Anmelder bereitzustellen).

3.2 Einsatzbereich

3.2.1 Definition

Der Einsatzbereich umfaßt:

- den Einsatzschwerpunkt, bei dem Arbeitssicherheit, Wirtschaftlichkeit, Ergonomie und Pfleglichkeit in bestmöglichem Verhältnis zueinander stehen und
 - den darüber hinaus gehenden Einsatzbereich, in dem die Maschine in noch vertretbarem Maß - im Vergleich zu den o.g. Kriterien des Einsatzschwerpunktes - arbeiten kann.
- Die Arbeitseinsätze sind im Arbeitsschwerpunkt der Maschine insb. bezüglich Holzstärke und Geländebedingungen durchzuführen. Dieser wird vorläufig in Abstimmung mit dem Anmelder, dem FPA-Arbeitsausschuß „Schlepper und Maschinen“ und dem KWF festgelegt.

3.2.2 Erfassung von Kriterien des Einsatzbereiches

Die Kriterien des Einsatzbereiches eines Tragschleppers werden bei den Praxiseinsätzen erfaßt.

Merkmalsausprägung Gelände

- Die Maschine bewegt sich auf der Rückegasse (Breite ca. 4 m) und der befestigten Waldstraße.
- Die technische Befahrbarkeit der Rückegasse bleibt durch die Verwendung von mindestens 600er Reifen auch bei beliebig vielen Überfahrten erhalten.
- Beurteilt werden daher die Geländeverhältnisse der Rückegasse für den Maschineneinsatz.
 - a) Geländeneigung (entlang der Rückegasse):

- 0% < 10% leicht
- 10% < 20% mittel
- 20% < 35% schwierig
- > 35% sehr schwierig

b) Geländeneigung (quer zur Rückegasse)

- 0% < 10% leicht
- 10% < 30% schwierig

c) Geländehindernisse (Steine, Stöcke, Gräben, Löcher)

- < 25 cm Höhe leicht
- 25 < 50 cm Höhe mittel
- 50 < 100 cm Höhe schwierig
- > 100 cm Höhe sehr schwierig

Bodentragfähigkeit:

Sollten 600er Reifen die dauerhafte technische Befahrbarkeit nicht gewährleisten, so wird dies im Prüfbericht vermerkt.

Die zusammenfassende Bewertung im Prüfbericht richtet sich nach der jeweils höchsten Schwierigkeitsstufe.

Merkmalsausprägung Holz

a) Sortenstruktur

- Sortenlänge (in m)
- Anteil an der Gesamtmasse (in %)

b) Bestandesstruktur

- Durchschnittliche Stückmasse des ausscheidenden Bestandes (in Fm o.R.)
- Baumarten (Nh, Nh/Lh, Lh/Nh, Lh)

3.2.3 Festlegung des Einsatzschwerpunktes

Der endgültige Einsatzschwerpunkt wird aufgrund der Ergebnisse des Praxiseinsatzes und der technischen Prüfung als Prüfergebnis festgelegt.

3.3 Fahrverhalten

3.3.1 Definition

Unter Fahrverhalten werden folgende Einzelfaktoren und ihr Zusammenwirken sowohl beim Fahren (Umsetzen) als auch beim Arbeiten verstanden:

- Geländegängigkeit (Böschungswinkel, Übersteigfähigkeit, Verschränkwinkel, Fahrverhalten im Gelände),
- Antrieb,
- Fahrgeschwindigkeiten bei Leer- und Lastfahrten, auf Rückewegen und Straßen, bei Bergauf- und Bergabfahrt,
- Lenkung und Manövrierfähigkeit,
- Standsicherheit.

Eventuelle Besonderheiten beim Fahrverhalten werden erfaßt.

3.3.2 Erfassung

Objektive Erfassung: Meßtechnisch (siehe Abschnitt 2 S. 60f), subjektive Erfassung: per Fragebogen.

3.3.3 Art der Beurteilung

Die Beurteilung und Einordnung erfolgt

- a) durch Vergleich der objektiv und der subjektiv erfaßten Ergebnisse und

- b) der Ergebnisse mit denen früherer Prüfungen durch die Einsatzstelle und das KWF.

3.4 Ladearbeit

3.4.1 Untersuchungsumfang

Geprüft werden:

- Greiferbereich (u.a. Fähigkeit, Holz auch vor dem Tragschlepper aufnehmen zu können),
 - Greifen des Holzes und geordnetes Ablegen verschiedener Holzsortimente im Rungenkorb und am Holzpolter,
 - die Standfestigkeit der Maschine beim Be- und Entladen,
 - die Gestaltung und Ausformung des Rungenkorbes und des Ladegitters,
 - gebrauchswertbeeinflussende Parameter des Ladekrans (z. B. Bewegungsgeschwindigkeiten der Kranfunktionen und deren individuelle Dosierbarkeit, Kraneinstellungen).
- Im Einzelfall können weitere Eigenschaften geprüft werden.

3.4.2 Erfassung

Subjektive Erfassung: per Fragebogen und während des Prüfeinsatzes, objektive Erfassung: ggf. Absicherung durch Messungen.

3.4.3 Art der Beurteilung

Die Beurteilung und Einordnung erfolgt

- a) durch Vergleich der objektiv und der subjektiv erfaßten Ergebnisse und
- b) der Ergebnisse mit denen früherer Prüfungen durch die Einsatzstelle und das KWF.

3.5 Stauraum

3.5.1 Untersuchungsumfang

Untersucht werden Stauräume für:

- Werkzeug:
 - Größe (mindestens für Standardwerkzeugkasten ausreichend),
 - Zugänglichkeit an der Maschine,
 - Dichtigkeit (Witterungseinfluß und Verschmutzung).
- Ölbindemittel:
 - Größe und Zugänglichkeit an der Maschine.
- Sonstiges
 - z. B. Raum für Verpflegung in der Kabine.

3.5.2 Erfassung

Objektive Erfassung: Abmessungen, praktische Erprobung, subjektive Erfassung: Zugänglichkeit.

3.5.3 Art der Beurteilung

Der Stauraum wird als ausreichend bezeichnet, wenn er genügend Raum für die Unterbringung von Werkzeug und Ölbindemittel (= Mindestanforderung!) aufweist.

Die Zugänglichkeit wird subjektiv beurteilt.

3.6 Technische Verfügbarkeit, Reparaturen, Wartung

3.6.1 Untersuchungsumfang

- Notwendige Bedingung zum Bestehen der Gebrauchswertprüfung ist eine ausreichende technische Verfügbarkeit der Prüfmaschine während des Prüfzeitraumes. Sie wird daher im Prüfbericht selbst nicht mehr beurteilt, sondern als gegeben vorausgesetzt. Eine repräsentative, mehrere Maschinen umfassende Aussage dazu kann allerdings wegen des begrenzten Prüfzeitraumes kaum gemacht werden.
- Die bei der Prüfmaschine und anderen Maschinen gleichen Typs und in vergleichbarer Ausführung aufgetretenen Schäden und Reparaturen werden nach Art und Instandsetzungsaufwand dokumentiert. Notiert wird auch die Zeitdauer des Arbeitsausfalls.
- Während der Prüfung aufgetretene Reparaturen werden hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens, Umfang und Ursache dokumentiert und analysiert. Die Reparaturfreundlichkeit wird subjektiv bewertet, wobei auch die Qualität der Ersatzteillieferung (Schnelligkeit, Vollständigkeit) eine Rolle spielt.
- Für täglich und wöchentlich durchzuführende Wartungsarbeiten werden Umfang und Durchführbarkeit untersucht.

3.6.2 Erfassung

- Die Art der Schäden und Reparaturen sowie der Anteil an Reparaturzeiten und technisch bedingten Ausfallzeiten werden per Fragebogen, Tagebuchaufschriebe und bei der Prüfmaschine mit Rüttelschreiber ermittelt.
- Zur Beurteilung der täglichen und wöchentlichen Wartung werden Kurz-Arbeitsstudien durchgeführt, bei denen neben dem Zeitaufwand die Zugänglichkeit der Wartungsstellen und ggf. auftretende Erschwernisse erfaßt werden.
- Der Schutz der einzelnen Bauteile des Tragschleppers (z.B. Hydraulikleitungen, Scheinwerfer, Auspuff) vor Beschädigungen wird auf Vorhandensein und Zweckmäßigkeit hin überprüft.

3.6.3 Art der Beurteilung

Art und Umfang der erforderlichen Reparaturen werden zu einer Schwachstellenanalyse herangezogen. Wenn sich beim Praxiseinsatz negative Auffälligkeiten ergeben, kann ein Hinweis im Prüfbericht erfolgen oder im Extremfall die FPA-Anerkennung versagt werden, insbesondere wenn sie durch Umfrageergebnisse gestützt werden.

3.7 Betriebsanleitung, Ersatzteilliste

3.7.1 Untersuchungsumfang

Für den Gebrauchswert einer Maschi-

ne ist eine umfangreiche Dokumentation Voraussetzung. Folgende Unterlagen sind zum sicheren Betrieb in deutscher Sprache unverzichtbar (weitergehende Forderungen der Maschinenrichtlinie bleiben davon jedoch unberührt).

A) Maschinendatenblatt:

- Technische Daten der Maschine,
- Typenbezeichnung der in der Maschine eingebauten Komponenten,
- Grundeinstellung des Krans mit allen Meßwerten der einzelnen Kranfunktionen.

B) Bedienungsanleitung der Grundmaschine mit Kran:

Sie sollte leicht verständliche Informationen zu nachfolgenden Schwerpunkten enthalten:

- Sicherheitsbestimmungen einschließlich Verhalten bei Bränden,
- Erklärung der Bedienungselemente, Meßeinrichtungen und Warnleuchten,
- Betriebshinweise für die Arbeit mit der Maschine,
- Betriebshinweise für den Betrieb der Klimaanlage,
- Betriebshinweise für den Betrieb der Zusatzheizung und deren Programmierung,
- Verhalten bei Fahrten im Gelände
- Beladen der Maschine mit Hinweisen zur Gewichtsverteilung bei unterschiedlichen Beladungszuständen und Holzlängen,
- Verhalten bei Fahrten auf öffentlichen Straßen,
- Verhalten bei Transporten auf Tiefladern mit Sicherheitshinweisen,
- Anweisung für optimale Kraneinstellung,
- Wartungs- und Pflegeanweisung mit Schmierstoff-Empfehlung,
- Maßnahmen vor Schweißarbeiten an der Maschine.

C) Bedienungsanleitung für Maschinen-Kontrollsysteme (wenn vorhanden):

- Bedienung und Einstellung des Kontrollsystems,
- Betriebskontrolle, Fehleranzeige und Verhalten bei auftretenden Fehlern.

D) Werkstatthandbuch:

- Ersatzteilliste mit Definition der Ersatzteile (z.B. Keilriemenbezeichnung, Schraubengröße) möglichst mit Zeichnungen; Schlauchliste aller verwendeten Hydraulikschläuche (Länge, Querschnitt und Armaturen mit Größe, Dichtform und Gewindeabmessungen),
- Detailschaltpläne von Hydraulikanlage mit Meß- und Einstellpunkten (einschließlich Tabelle mit Einstellwerten); Elektrischer Anlage einschließlich Übersichten von Sicherungs- und Relais-Platten.

3.7.2 Art der Beurteilung

- Überprüfung von Unterlagen auf Vollständigkeit,
- Überprüfung folgender Kriterien:
 - Verständliche Beschreibung,
 - Vorhandene Detailpläne,
 - Hinweis auf Sicherheitsrisiken
- Beschreibung der im freien Handel erhältlichen Ersatzteile,
- Beschreibung des Ablaufs von Einstellarbeiten (z.B. Hydraulikdruck, Krangeschwindigkeit).

Die o.g. Punkte werden durch Vorlage überprüft. Die Handhabbarkeit in der Praxis wird ergänzend durch Abfrage subjektiv bewertet.

3.8 Schulung

3.8.1 Definition

Die Bedienung eines Tragschleppers, insbesondere des Ladekrans, muß durch qualifiziertes und speziell geschultes Personal erfolgen. Art und Umfang von Schulungen werden abgefragt.

3.8.2 Art der Beurteilung

Die o.g. Punkte werden durch Vorlage/Fragebogen überprüft. Die Beurteilung erfolgt subjektiv und objektiv gemäß Schulungsdauer.

3.9 Leistung

3.9.1 Untersuchungsumfang

Der Leistungsrahmen (Rahmen der Arbeitsproduktivität) für die jeweilige Tragschleppergruppe wird aus Maschinenbuchführungsergebnissen hergeleitet und ggf. durch die Haupteinflußgrößen zahlenmäßig oder zumindest verbal ergänzt. Er wird in Efm/MAS angegeben

Bei den Praxiseinsätzen, die eine Zeitdauer von 100 MAS nicht unterschreiten sollte, werden (Leistungs-) Produktivitätsnachweise geführt. Dabei werden mindestens erhoben:

- MAS (möglichst über Rüttelschreiber bzw. Prozessdatenerfassung, ansonsten über Zeitaufschriebe)
- gerückte Holzmasse (Efm, D. o. R., vergleichbare Erfassung wird beachtet!),
- zusätzlich werden, wenn möglich, folgende Größen erfaßt:
 - Qualität der Bereitstellung des Holzes in Rauhbeigen (gut - mittel - schlecht),
 - Sortenanzahl und Anteil der Sortenlängen,
 - Holzanfall je ha,
 - Geländebedingungen (siehe Abschnitt 3.2.2),
 - durchschnittliche Rückedistanz in drei Stufen (<200 m, 200-500 m, >500 m).

Ggf. werden Arbeitsstudien im Einsatzschwerpunkt durchgeführt.

3.9.2 Art der Beurteilung

Es wird überprüft, ob sich die (Leistungs-) Produktivitätsangaben der Prüfstellen in o.g. (Leistungs-) Pro-

duktivitätsrahmen bewegen.

Aus den Praxiseinsätzen sich ergebende deutliche und begründbare

Kurzholz (2-6 m)			Langholz (>6 m)		
Unterer Rahmen	Mittelwert	Oberer Rahmen	Unterer Rahmen	Mittelwert	Oberer Rahmen
5,3	8,4	11,5	5,8	8,1	10,5

Tab. 3: Leistungsrahmentabelle Kurzholz-Rücken / Langholz-Rücken (alle Angaben in Efm o.R./MAS).

(Leistungs-) Produktivitätsabweichungen werden im Prüfbericht entsprechend erwähnt. Über die Aufnahme von Einzel- (Leistungs-) Produktivitätsnachweisen aus den Praxiseinsätzen entscheidet der Arbeitsausschuß.

4 Umweltverträglichkeit

4.1 Bestandes- und Bodenpfleglichkeit

4.1.1 Definitionen

Konstruktiv günstige Voraussetzungen für Bestandespfleglichkeit sind:

- oben eingezogene Rungen,
- Tiltmöglichkeit der Kransäule.

Die Bestandespfleglichkeit wird anhand des Verhältnisses von beschädigten zu unbeschädigten Bäumen (insb. Z-Bäume) beurteilt.

Die Befahrung des Waldbodens ist in nahezu allen Fällen mit einer mehr oder weniger starken Verdichtung, d.h. einer Verringerung des Porenvolumens verbunden. Wichtige beeinflussende Faktoren dabei sind:

- Bodenart und Zustand
- Kontaktflächendruck der Reifen
- horizontale Scherkräfte
- Reisigauflage
- Befahrungshäufigkeit

Der Maschineneinsatz ist daher auf die Rückegasse zu beschränken, deren technische Befahrbarkeit erhalten bleiben muß. Es gibt deutliche Verbindungen zwischen Bodenschäden, Fahrsicherheit und dem Profiltyp des Reifens.

Kontaktflächendruck:

Der Kontaktflächendruck der Reifen bzw. Gleisketten ist eine wichtige Kenngröße bei der Bewertung der Schadwirkungen von Forstmaschinen auf den Boden.

Der mittlere Kontaktflächendruck ergibt sich als Quotient der Radlast und der Aufstandsfläche des Reifens. Er wird um so niedriger, je größer der Raddurchmesser, je breiter der Reifen und je niedriger die Radlast ist.

Bei niedrigem Reifeninnendruck baucht sich der Reifen aus, liefert dadurch eine größere Aufstandsfläche und damit geringeren Bodendruck. Deshalb sollten Tragschlepper der mittleren und oberen Leistungsklasse mit Niederdruckreifen ausgestattet sein. Sehr vorteilhaft sind diesbezüglich Maschinen mit Reifendruckverstellanlagen.

Bis zum Vorliegen besserer Bewertungskriterien wird der Kontaktflächendruck von Rädern auf weichem Boden näherungsweise nach einer empirischen Beziehung von Skogforsk errechnet. Der Reifennendruck bleibt in dieser Formel unberücksichtigt, wird jedoch im Prüfbericht angegeben.

$$p = P / R \cdot B$$

p = Bodendruck in kN/cm²
P = Radlast in kN
R = Radradius in cm
B = Reifenbreite in cm
(1 N/cm² = 10 kPa = 0,1 bar)

Eine Präzisierung dieser Beziehung ist durch Grundsatzuntersuchungen unter Berücksichtigung des Reifennendruckes anzustreben, (vergl. Abschnitt 2.7. S.62).

4.1.2 Meßverfahren

Die jeweiligen Radlasten werden durch Radlastwägungen ermittelt. Für die vergleichende Wertung werden folgende Belastungsfälle untersucht:

1. Transportposition: Das Fahrzeug wird mit dem maximal zulässigen Ladevolumen beladen. Dies bedeutet in der Regel die maximal zulässige Füllung des Rungenquerschnittes mit Nadelholz (4 m oder 2 m lang, Rollendurchmesser > 15 cm, waldfrisch),
2. Ladeposition: Das Fahrzeug wird wie beschrieben vollgeladen. Gemessen wird mit voller Zangenfüllung in Maximalauslage des Krans und bei 4 m Auslage über dem höchstbelasteten Rad.

Der Reifennendruck wird festgehalten.

4.1.3 Bewertung/Interpretation

Die Bewertung im Prüfbericht erfolgt aus der Einordnung in das Datenfeld geprüfter Maschinen.

4.2 Werkstoffe und Materialien

4.2.1 Definitionen/Festlegungen
In der Maschine eingesetzte Kunststoffe sind zwecks späteren Recyclings zu kennzeichnen.

Über Gefahrstoffe ist zu informieren. Grundlage bildet das Sicherheitsdatenblatt gemäß 91/155/EWG, § 14 Gefahrstoffverordnung, TRGS 220.

Hinweise zu Unfallrisiken und Entsorgung sind in die Betriebsanleitung einzufügen. Dies wird im Rahmen der Prüfung kontrolliert.

4.2.2 Meßverfahren

Dokumentationskontrolle.

4.2.3 Interpretation

Umweltmanagement - Ökoaudit : Bei Herstellern, die über dieses Zertifikat umweltschonender Produktion verfügen, wird das im FPA-Bericht erwähnt.

Die Prüfung kann in Teilbereichen durch bereits vorhandene Ergebnisse

der Umweltzertifizierung ersetzt werden.

4.3 Motor, Betriebsstoffe und Abgasemissionen

4.3.1 Definitionen

Betrachtet werden die Abgasemissionsgrenzwerte

4.3.2 Meßverfahren

Auswertung von Dokumentation

4.3.3 Bewertung/Interpretation

Die Einhaltung der geltenden Abgasemissionsgrenzwerte wird überprüft. Die Einsatzmöglichkeit von Bio-Diesel oder anderer alternativer Kraftstoffe wird dargestellt.

Das Tankvolumen wird in folgender Hinsicht bewertet:

- Ein Tanken ist nur am Ende jeder Schicht nötig.
- Eine Betankung sollte normal nur durch eine Kraftstoffbefüllpumpe möglich sein. Kanisterbetankung sollte erschwert und nur in Havariefällen möglich sein.

4.4 Schmierstoffe, Hydraulikflüssigkeit

4.4.1 Definitionen

Als umweltschonende Flüssigkeiten gelten solche, die biologisch schnell abbaubar sind und in die Wassergefährdungskategorie 0 eingeordnet wurden.

4.4.2 Meßverfahren

Dokumentationsauswertung

4.4.3 Bewertung/Interpretation

Es wird der Einsatz umweltschonender Hydraulikflüssigkeiten und Motorenöle dokumentiert sowie auf Filtersysteme (z.B. Nebenstromfeinfilter), die eine Erhöhung der Nutzungsdauer der Betriebsstoffe und damit einen indirekten ökologischen Nutzeffekt bewirken, hingewiesen.

Konstruktive Möglichkeiten zur Leckageminderung sollten genutzt werden (sauberes Verlegen von Leitungen, Schlauchbruchsicherungen, Vakuumpumpen). Vakuumpumpen dienen dazu, bei Reparatur- und Wartungsarbeiten das Ausfließen von Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten weitestgehend zu vermeiden. Das Vorhandensein wird im Prüfbericht dargestellt.

Die weitgehende Erfüllung von Empfehlungen wird im Vergleich zum Datenfeld geprüfter Maschinen bewertet.

4.5 Feuerlöscher / Feuerlöscheinrichtungen

Es werden die eingesetzten Löschmittel bezüglich ihrer ökologischen Unbedenklichkeit anhand der Sicherheitstechnischen Datenblätter bewertet.

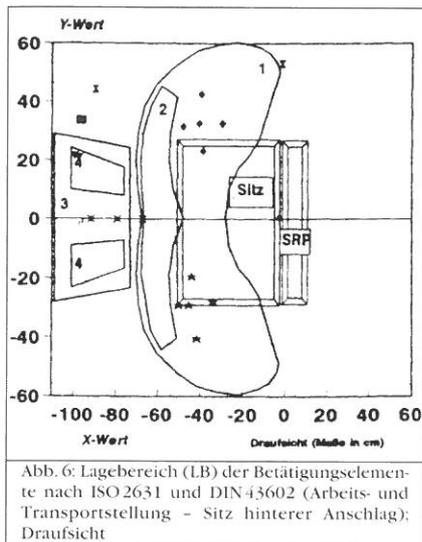
Die Wartungsintervalle und die da-

bei notwendigen Arbeiten sind durch den Hersteller genau darzulegen.

5 Arbeitssicherheit und Ergonomie

5.1 Arbeitsschutz

Es wird das für einen FPA-Abschluß zwingend notwendige sicherheitstechnische Prüfzertifikat einer akkreditierten Prüfstelle (z.B. BLB, KWF, DPLF, Eurotestprüfstelle...) erwähnt.



5.2 Arbeitsplatz, Kabinenmaße, Betätigungskräfte

5.2.1 Definitionen

Die Kabine muß der ISO 8082 (Nachweis für ausreichende Stabilität bei seitlichem Umsturz durch zugelassene Prüfstelle) entsprechen.

Die Abmessungen für Kabinenzugang, Innenraum, Fahrersitz sowie Bedienelemente müssen der prEN 1553 entsprechen.

Eine ausreichende Temperierung des Innenraums für alle Witterungsbedingungen und eine Abschirmung gegen starke Sonneneinstrahlung muß gegeben sein.

5.2.2 Meßverfahren

Untersucht werden das Bedienfeld und die Bedienbarkeit der Bedienelemente in der Kabine.

Die Einhaltung geltender Normen (ISO 4252, ISO 3411-1982, Richtlinie 80/720/EWG) wird überprüft.

5.2.3 Bewertung/Interpretation

Die Einhaltung der Normforderungen wird verbal bewertet, Abweichungen werden benannt und ggf. bewertet.

Daneben kann der subjektive Eindruck von einer Kabine formuliert werden, wenn sie Besonderheiten aufweist, die außerhalb der Normforderungen liegen (z.B. Die Kabine wirkt aufgrund der Deckengestaltung besonders eng).

5.3 Lärmbelastung

5.3.1 Definitionen

Der Lärmpegel (am Ohr des Fahrers)

beim Arbeiten unter Einsatzbedingungen wird ermittelt als äquivalenter Dauerschallpegel, Kabine geschlossen. Die Zeitanteile einzelner Arbeitsverrichtungen werden dabei vergleichbar gehalten.

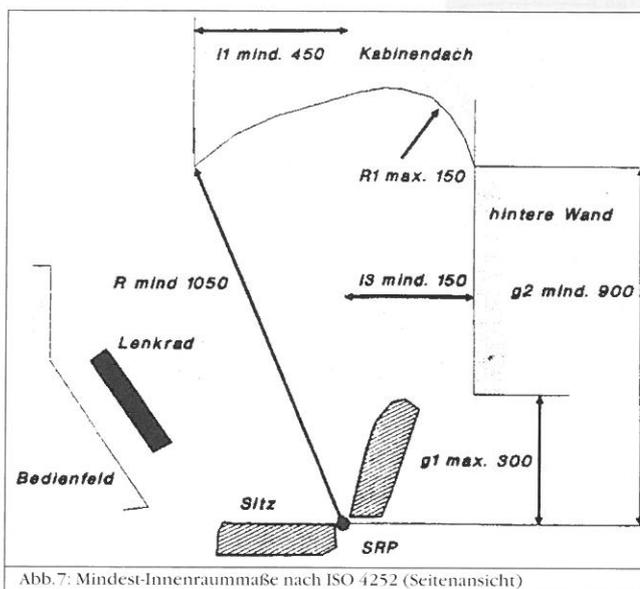


Abb. 7: Mindest-Innenraummaße nach ISO 4252 (Seitenansicht)

Das Fahrgeräusch (am Ohr des Fahrers) wird ermittelt nach den geltenden Richtlinien des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften e.V. bei Fahrt mit Nenndrehzahl ohne Last, Kabine geschlossen.

Die Geräuschentwicklung/Schallpegel (außerhalb der Maschine) wird gemessen im Abstand von 7 m bei Arbeits- und Nenndrehzahl an jeder Seite der Maschine. Im Bericht werden nur die Maximalwerte angegeben.

5.3.2 Meßverfahren

Lärmmessungen mit Lärmdosimeter und/oder Lärmpegelmeßgerät in Verbindung mit Zeitdatenerfassung.

sehr niedrig	++	< 70 dB
niedrig	+	≥ 70 dB bis 75 dB
durchschnittlich	o	≥ 75 dB bis 80 dB
hoch	-	≥ 80 dB bis 85 dB
sehr hoch	--	≥ 85 dB

Tab. 4: Lärmbelastung

5.3.3 Bewertung / Interpretation

Grundsätzlich sollte der Schallpegel so niedrig wie möglich sein. Als maximal zulässiger Dauerschallpegel am Ohr des Maschinenführers gilt der für Gehörschäden zutreffende Grenzwert von 85 dB (A). Bei äquivalenten Dauerschallpegeln > 85 dB(A) sind Gehörschutzmaßnahmen erforderlich.

Moderne Tragschlepper überschreiten in der Kabine selten einen Wert von 75 dB(A). Gemäß Maschinenlärminformationsverordnung - 3. GSGV ist der arbeitsplatzbezogene Geräuschemissionswert ab 70 dB(A) in die Betriebsanleitung aufzunehmen.

Die Bewertung im Prüfbericht erfolgt aus der Einordnung in das Datenfeld geprüfter Maschinen.

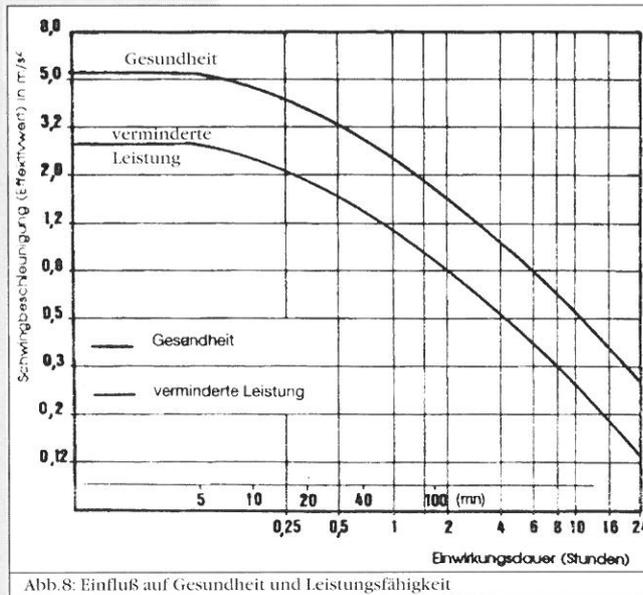


Abb. 8: Einfluß auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit

K-Wert	Belastungsdauer für Wohlbefinden	Belastungsdauer ohne Leistungseinschränkung (h)	Belastungsdauer ohne Gesundheitsschäden (h)
16	5	2	8
10	30	4	12
6,3	90	8	24

Tab. 5: Schwingungswerte und Gesundheit

5.4 Schwingungsbelastung

5.4.1 Definitionen

Schwingungen werden durch Ganzkörperschwingungs-Messungen in Richtung der 3 Raumachsen (x-Achse: Fahrzeuglängsachse, y-Achse: quer zur Fahrtrichtung, z-Achse: vertikal) nach VDI - Richtlinie 2057/1 am Fahrersitz und am Kabinenboden während des Arbeitseinsatzes, unterteilt nach den jeweiligen Arbeitsverrichtungen, untersucht. Als Ergebnis erhält man zunächst Kollektive von Schwingbeschleunigungen. Daraus wird unter Berücksichtigung der Schwingfrequenzen ein Wahrnehmungsstärkewert K für jede Schwingrichtung errechnet. Der so ermittelte K-Wert gibt Auskunft über die zulässige Einwirkungs-dauer (Länge der Arbeitsschicht), bei der gemäß VDI-Richtlinie 2057 bzw. der Norm ISO 2631 aus arbeitsmedizinischer Sicht keine Beeinträchtigung der Gesundheit durch Schwingungseinwirkung nach derzeitigem Kenntnisstand zu erwarten ist. Für die Bewertung ist der jeweils höchste K-Wert entscheidend.

5.4.2 Meßverfahren

Schwingbeschleunigungen werden mittels Sensoren auf dem Fahrersitz (und als Vergleichswert am Kabinenboden) in Richtung der 3 Raumachsen gemessen und kombiniert mit einer Zeitdatenerfassung aufgezeichnet. Als Randbedingungen sind Masse des

Fahrers, Sitzeinstellung, Reifeninnen-druck und Charakteristik der Einsatzbedingungen festzuhalten.

5.4.3 Bewertung/Interpretation
Derzeit gültiges Entscheidungskriterium ist der Grenzwert K für gesundheitliche Schäden. Daneben gibt es Vorschläge für Bewertungskriterien, die sich unterhalb o.g. Grenzwertes auf die Minderung der Leistungsfähigkeit oder des Wohlbefindens durch Vibrationseinwirkung beziehen. Für die jeweils gemessene oder errechnete Schwingbeschleunigung kann aus dem nachfolgenden Diagramm die zulässige Einwirkungs-dauer für die Kriterien „Gesundheit“ und „verminderte Leistung“ entnommen werden.

Neben den Ganzkörperschwingungswerten (GKS) auf dem Fahrersitz werden auch Analogwerte am Kabinenboden gemessen. In den Schwingrichtungen Y und X, wo oft die höchsten und damit für die Bewertung entscheidenden Schwingbeschleunigungen auftreten, werden naturgemäß häufig am Boden geringere Werte gemessen als am höher gelegenen Sitz. Die Schwingungsdämpfung des Sitzes wirkt nur in Z-Richtung. Treten in Z-Richtung am Kabinenboden niedrigere Schwingungsbelastungen auf als am Sitz, dann ist eine schlechte Abstimmung zwischen dem Schwingssystem der Gesamtmaschine und dem des Sitzes die Ursache.

Wegen des erheblichen Einflusses der Randbedingungen (insbesondere der Geländeverhältnisse - Mikrorelief) auf die Meßergebnisse ist eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse nur sehr begrenzt gegeben. Für die Messungen sollten im Interesse der Sicherheit vor Gesundheitsschäden schwierige Geländeverhältnisse ausgewählt werden.

sehr niedrig	++	≤ 6,3
niedrig	+	6,3 bis ≤ 10
durchschnittlich	o	10 bis ≤ 15
hoch	-	15 bis ≤ 18
sehr hoch	-	> 18

Tab. 6: Schwingungsbelastung (K-Werte)

5.5 Sichtverhältnisse

5.5.1 Definitionen

Der Begriff Sichtfeld bezieht sich auf das aus der Bedienkabine heraus sichtbare Arbeitsfeld. Beim Tragschlepper ist das vorrangig der Umgebungsbereich seitlich neben der Ladefläche, hinter der Ladefläche und die Ladefläche selbst. Für Last- und Leerfahrt interessiert auch die Sichtfläche nach vorn.

5.5.2 Meßverfahren

Messung der Höhen von Augenbe-

zugspunkt, Rungenoberkante sowie des Abstandes Augenbezugspunkt - Kranachse.

5.5.3 Bewertung/ Interpretation
Die Beurteilung der Sicht aus der Kabine auf die Arbeitsfläche wird bei Tragschleppern

- anhand der Meßwerte „Höhe des Augenbezugspunktes“ im Verhältnis zur „Höhe der Rungenoberkante“ (Sicht auf die Ladefläche, Sicht im beladenem Zustand nach hinten),
- des Abstandes „Augenbezugspunkt -Kranachse“ (Sichtverdeckungen im Dreieck Augenbezugspunkt -Kranachse - Holzzange)
- sowie wesentlicher Sichtverdeckungen durch Maschinenteile (Kabinenholme, Kransäule u. dgl.) in Richtung der Ladefläche und nach vorn

vorgenommen, durch Fotos dokumentiert und verbal beurteilt.

5.6 Arbeitsfeldausleuchtung

5.6.1 Definitionen

Eine gute Arbeitsfeldbeleuchtung ist wegen des relativ hohen Anteils an Arbeit bei Dunkelheit für Tragschlepper eine wichtige Voraussetzung zum Erreichen der für einen wirtschaftlichen Einsatz notwendigen MAS pro Jahr. Kriterien für die Güte einer Arbeitsbeleuchtung sind:

- Lichtstärke (Lux),
- Gleichmäßigkeit der Arbeitsplatzbeleuchtung (G = Minimale Lichtstärke der Bewertungsfläche/ mitt-

lere Lichtstärke der Bewertungsfläche) und

- Blendfreiheit.

5.6.2 Meßverfahren

Die Güte der Arbeitsfeldbeleuchtung und die Blendfreiheit wird gutachlich eingeschätzt und nur in Sonderfällen (bei diesbezüglichen Problemen) gemessen. Die Messung der Lichtstärke erfolgt mit einem Luxmeter. Bei Messungen werden folgende Arbeitsbereiche untersucht:

- Hauptarbeitsbereich (bis 10m vor und seitlich der Maschine),
- Nebearbeitsbereich (bis 8m hinter der Maschine, Fahrtschneise von 4m Breite),
- Aufstiege, Kopplungselemente,
- Beobachtungsobjekte im Sichtfeld (Ladefläche, Holzzange).

5.6.3 Bewertung/ Interpretation

Es werden folgende Mindestlichtstärken gefordert:

- Hauptarbeitsbereich > 10 Lux,
- Nebearbeitsbereich > 3 Lux,
- Aufstiege, Kopplungselemente >3 Lux,
- Beobachtungsobjekte im Sichtfeld >20 Lux.

Gleichmäßigkeit und Blendfreiheit sind gutachlich einzuschätzen und durch Befragung von Bedienkräften zu ergänzen.

6 Maschinenkosten

Ausführliche Beschreibungen der Kalkulationsschemata können der Literatur entnommen werden (Lei-

[A] Anschaffungspreis der Maschine in der geprüften Ausstattung einschließlich des zum Betrieb notwendigen Zubehörs ohne MwSt.	300.000			
[B] Gesamtnutzungsdauer in MAS	10.000			
[C] jährliche Auslastung in MAS	1.000 / 1.500 / 2.000			
[D] Reparaturkostenfaktor (= Quote aus der Abschreibung)	0,8			
[E] Betriebsstoffkosten (Treib- + Schmierstoffe) in DM/MAS	15,0			
[F] Zinssatz (%)	8,0			
[G] Umsetzkosten, Kosten für An- und Abfahrt in DM/Jahr	9.000			
[H] Sonstige Kosten (Versicherung, Unterbringung, Organisation, Einsatzlenkung u.ä.) - DM/Jahr	15.000			
Auslastung MAS/Jahr	1000	1500	2000	
Abschreibungszeitraum (in Jahren)	10	6,6	5	
	Rechengang	DM/MAS	DM/MAS	DM/MAS
Abschreibung	[A]:[B]	30,-	30,-	30,-
Reparatur- und Wartung	([A]:[B])·[D]	24,-	24,-	24,-
Treib- und Schmierstoff	[E]	15,-	15,-	15,-
Zinsen	$\frac{[A] \cdot (1/2 \cdot 0,0[F])}{[C]}$	12,-	8,-	6,-
Umsetzen, An- und Abfahrt	[G]:[C]	9,-	6,-	4,50
Sonstiges	[H]:[C]	15,-	10,-	7,50
Maschinenkosten		105,-	93,-	87,-
Fahrerlohn (individuell)	

Tab. 7: Kalkulationsbeispiel

Geräte- und Verfahrenstechnik
Einfluß verschiedener
Erntevarianten auf Baum-
und Bodenschäden bei der
Durchforstung in Kiefern-
beständen

Marian Suwala

Vergleich und Bewertung der
Bestandes-, Boden- und Wurzel-
schäden von fünf in Polen
gebräuchlichen Holzernte-
verfahren.

ner, FTI 1/1978, KWF-Kalkulations-
 schema „Unternehmermaschinen“
 1993).

6.1 Kalkulationsgrundlagen:
 Die in Tabelle 7 aufgeführten Kalkula-
 tionsgrundlagen basieren auf Erfah-
 rungswerten aus der Forstpraxis.

In Polen stellt die gemeine Kiefer (Pi-
 nus silvestris) die wichtigste bestan-
 desbildende Baumart dar. Sie stockt
 auf mehr als 70% der Waldfläche. Die
 Bestandespflege erfolgt im Auslese-
 prinzip.

Die Holzernte wird bei den späte-
 ren Durchforstungseingriffen meist
 im Rohschafftverfahren durchgeführt.
 Zum Fällen und Aushalten werden
 dabei fast ausschließlich Motorsägen
 sowie Handwerkzeuge und -geräte
 eingesetzt, gerückt wird häufig im
 Pferdezug. In jüngster Vergangenheit
 werden aber auch in Polen leistung-
 fähige Großmaschinen wie Forwar-
 der und - noch vereinzelt - Harvester
 eingesetzt.

Es ist anzunehmen, daß der Anteil
 der vollmechanisierten Holzernte auf-
 grund wirtschaftlicher, sicherheits-
 technischer und ergonomischer Vor-
 züge schrittweise zunehmen wird. Es
 werden jedoch in unserem Lande
 auch häufig kritische Stimmen laut,
 die auf die im Vergleich zu traditi-
 onellen Verfahren höheren Bestandes-
 und Bodenschäden hinweisen und
 diese Entwicklung in Frage stellen.

Ein häufig verwendetes Argument
 sind dabei die erheblichen Unter-
 schiede in den Gelände- und Bestan-
 desverhältnissen zwischen Polen und
 Skandinavien, so daß die dort ge-
 machten positiven Erfahrungen und
 die zahlreichen Forschungsergebnisse
 nicht ohne Einschränkung auf Po-
 len übertragbar sind.

Vor diesem Hintergrund war es er-
 forderlich, eigene Versuche durchzu-
 führen, die den Einfluß von Techno-
 logie und Technik auf die Waldökosy-
 steme unter den Bestandesverhältnis-

6.2 Kalkulationsbeispiel

Zusätzliche Kosten und Ausrüstun-
 gen (z.B. Telefon, Funk) sowie not-
 wendige Zusatzgeräte (Tankfaß, Tief-
 lader usw.) für den Einsatz müssen
 bei der Vorkalkulation individuell
 berücksichtigt werden. Dieser Hin-
 weis wird auch in den Prüfbericht
 aufgenommen.

sen unseres Landes klären sollten.

Praktisches Ziel dieser Studie war
 die Bewertung gängiger Holzernte-
 Verfahren hinsichtlich der Boden-
 und Bestandeschäden und die For-
 mulierung konkreter Empfehlungen
 für den Forstbetrieb.

2. Material und Methoden

Im Rahmen des Versuches wurden
 zwei Aushaltungsvarianten, Roh-
 schäfte und Kurzholz, verglichen (s.
 Tab. 1).

Zur Aufarbeitung von Rohschäften
 kamen wiederum drei Verfahrens-
 varianten zum Einsatz:

- Motormanuelles Fällen und Aufar-
 beiten und anschließendes Rücken
 mit dem Pferd (Variante R-MP:
 Rohschafft-Motorsäge/Pferd).
 - Motormanuelles Fällen und Aufar-
 beiten und anschließendes Rücken
 mit einem Seilschlepper (Variante
 R-MS).
 - Mechanisiertes Fällen und Aufar-
 beiten mit einem Eingriffharvester
 und anschließendes Rücken mit ei-
 nem Seilschlepper (Variante R-HS).
- Kurzholz wurde in zwei Verfahrens-
 varianten aufgearbeitet:
- Motormanuelles Fällen und Aufar-
 beiten und anschließendes Rücken
 mit einem Forwarder (Variante K-
 MF).
 - Mechanisiertes Fällen und Aufar-
 beiten mit einem Eingriffharvester
 und anschließendes Rücken mit ei-
 nem Forwarder (Variante K-HF).

Bei den Harvesterverfahren wur-
 den zusätzlich drei unterschiedliche
 Rückegassenabstände (22, 40 und
 60m) betrachtet. Bei den Motorsä-
 gen-Varianten im Rahmen der Roh-

Rohschafft Methode			Kurzholzmethode		
R-MP Variante	R-MS Variante	R-HS Variante	K-MF Variante	K-HF Variante	
Motorsäge, Pferdezug	Motorsäge, Seil-Schlepper	Eingriffharvester, Seil-Schlepper	Motorsäge, Forwarder	Eingriffharvester, Forwarder	
Rückegasseabstand [m]					
40-60	40 60	22 40 60	40	22 40 60	

Tab. 1: Die untersuchten Versuchsvarianten

schaftaufarbeitung wurden Gassenabstände von 40 und 60 m gewählt. Sowohl der Harvester als auch die Schlepper verließen bei Gassenabständen über 22 m die angelegten Rückegassen und befuhren auch die Bestandesstreifen. (Auf die Auswirkungen wird im Abschnitt 3.2 näher eingegangen.)

Die Breite der Rückegassen betrug bei den Varianten mit motormanueller Fällung und Aufarbeitung und Pferde- oder Seilschlepper-Rückung 3 m, bei allen übrigen mit Harvester- oder Forwardereinsatz ungefähr 4 m.

Für die Versuche wurde der Bestand in mehrere Teilflächen untergliedert. Die Breite der einzelnen Teilflächen entsprach jeweils dem doppelten Rückegassenabstand der Variante. Die Gassen verliefen jeweils durch die Mitte dieser Teilflächen.

Bei der Durchforstung des 69 (59-92) jährigen Kiefernbestandes wurde die Stammzahl von ca. 870 Bäume pro ha auf ca. 700 reduziert. Auf den Bestandesstreifen (zwischen den Rückegassen) wurden im Durchschnitt 21 m³/ha entnommen. Die Stückmasse der entnommenen Bäume lag bei rund 0,15 m³.

Der Boden auf der Versuchsfläche wurde als rostfarbener Podsol auf fluvioglazialen Sanden eingestuft.

Als Parameter zur Beurteilung der Varianten wurden betrachtet:

- Beschädigungen an oberirdischen Baumteilen,
- Ausmaß der Oberbodenschädigungen,
- Physikalische Bodeneigenschaften an den Schadstellen,
- Wurzelschäden an Stellen mit befahrungsbedingten Bodenschäden.

Die Ergebnisse wurden für unterschiedliche Varianten und Gassenabstände als arithmetische Durchschnittswerte berechnet.

3. Ausgewählte Untersuchungsergebnisse

3.1. Schäden an oberirdischen Baumteilen

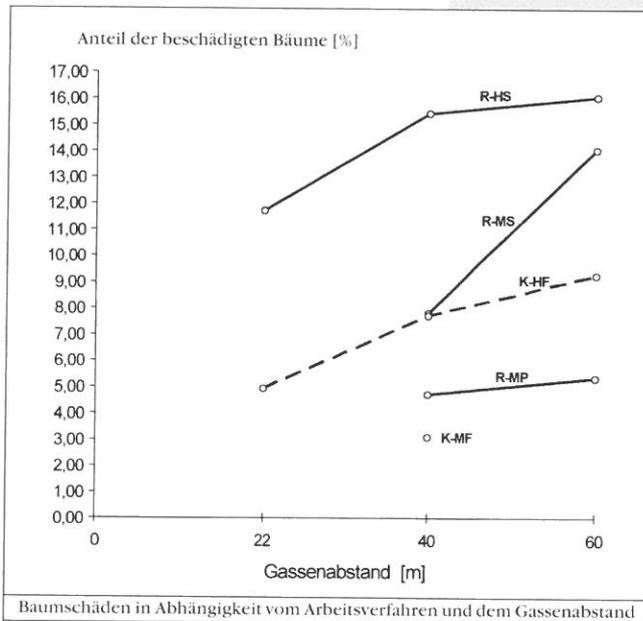
Als Schäden an oberirdischen Baumteilen wurden Verwundungen des Schaftes, Astbrüche und Verwundungen an oberflächennahen, im Bereich des Stammfußes freigelegten Wurzeln angesprochen.

Es wurde jeweils der prozentuale Anteil der geschädigten Bäume an der Zahl aller nach dem Eingriff verbliebenen Bäume erfasst.

Folgende signifikante Unterschiede im Beschädigungsgrad der oberirdischen Baumteile wurden zwischen den Varianten (s. Abb.) festgestellt:

- Bei den Verfahren auf niedrigerem technischen Niveau - mit motormanueller Fällung und Ausformung - sind die Anteile der beschädigten Bäume bei der Kurzholzaushaltung und Forwarder-Rückung (K-MF Va-

riante) sowie bei der Rohschafmethode mit Pferderücken (R-MP Variante) signifikant geringer als bei der Rohschafmethode mit Schlepper-Rückung (R-MS);



Baumschäden in Abhängigkeit vom Arbeitsverfahren und dem Gassenabstand

- bei den Harvesterverfahren werden bei Kurzholzaushaltung (K-HF Variante) ebenfalls signifikant niedrigere Baumschäden verursacht, als bei der Rohschafmethode (R-HS);
- die Baumschäden nehmen generell mit Vergrößerung des Rückegassenabstandes signifikant zu;
- von den untersuchten Varianten verursacht die Kurzholzaushaltung mit der Motorsäge und das anschließende Rücken mit dem Forwarder (K-MF) die geringsten Bestandeschäden;
- die Harvesteraufarbeitung von Kurzholz mit Forwarder-Rückung schneidet, sofern die Maschinen nur die Rückegassen befahren (d.h. bei einem Gassenabstand von ca. 20 m), ähnlich günstig ab, wie die relativ bestandespflegliche Motorsägenvariante mit Pferderückung (R-MP).

3.2. Schäden an der Bodenoberfläche
Alle eingesetzten Varianten rufen sichtbare Beschädigungen an der Bodenoberfläche hervor (s. hierzu Tab.2). Die wichtigsten Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst:

- Bei allen Varianten, die Harvester und/oder Schlepper einbeziehen (R-MS, R-HS, K-HF), nimmt die Fahrspurlänge pro Flächeneinheit mit zunehmendem Rückegassenabstand zu. Es zeigte sich, daß der Harvester und die Schlepper beim Befahren des Bestandesstreifens zwischen den Gassen generell längere Wege zurücklegen müssen, um die Bäume zu umfahren;
- es wurden auf dem untersuchten Standort keine größeren Unterschiede in den Fahrspurentiefen

zwischen den einzelnen Erntemethoden festgestellt;

- bei der Aufarbeitung von Rohschäften mit dem Harvester und dem anschließenden Rücken mit dem Seilschlepper kommt es zu bedeutenden Verwundungen der Bodenoberfläche. Derartige Schäden treten bei Kurzholzaushaltung mit Forwarder-Rückung nicht auf;
- bei der Pferde-Variante werden rund 400 m²/ha durch Huf- und Schleifspuren beschädigt.

- schiede zwischen den einzelnen Varianten sind jedoch gering. Die Zunahme des Raumgewichtes ist in den Fahrspuren tendentiell höher als in den durch Beizug und Pferdehufe gestörten Bereichen;
- der kapillare Wasserinhalt des Bodens steigt an den verformten Stellen deutlich an; auch für diesen Parameter zeigen sich in den Radspuren die höchsten Werte;
 - am deutlichsten zeigen sich diese Unterschiede in der auffallend ho-

No. Die Aufzählung	Maßeinheit	Rohschafft Methode						Kurzholzmethode			
		R-MP Variante		R-MS Variante		R-HS Variante		K-MF Variante		K-HF Variante	
		Motorsäge, Pferdezug		Motorsäge, Seil-Schlepper		Eingriffharvester, Seil-Schlepper		Motorsäge, Forwarder		Eingriffharvester, Forwarder	
		Rückgasseabstand [m]									
		40-60	40	60	22	40	60	40	22	40	60
1. Die Länge der Pferdefahrten oder der Reifenspurpaare von Maschinen	m/ha	10.860	500	680	450	650	750	680	450	630	740
2. - darin auf Bestandesstreifen außerhalb der Rückgasse	m/ha	8.810	250	520	-	400	580	430	-	380	570
3. Tiefe der neuen Reifenspuren nach Befahrung durch Maschinen	cm	-	5,1		6,5		6,0		6,6		
Der durch das aufgearbeitete und verzogene Holz aufgerissene Boden:											
4. - Fläche	m ² /ha	60	50	80	90	105	115	-	-	-	-
5. - Tiefe	cm	1-13			1-18			-	-	-	-

Tab. 2: Veränderung der Bodenoberfläche in Abhängigkeit vom Arbeitsverfahren und dem Rückgassenabstand

3.3. Veränderungen bodenphysikalischer Parameter

Für jede Verfahrens-Variante wurden an 2 Stellen im Bestand mit typischem Schadbild jeweils 3 Stechzylinderproben zur Bestimmung der bodenphysikalischen Kennwerte (im Labor) entnommen. Die Veränderungen der physikalischen Bodeneigenschaften an den Schadstellen gestalten sich wie folgt (s. Tabelle 3):

- Das Raumgewicht des Bodens hat an den Verformungsstellen um einige Prozente im Vergleich zum Kontrollwert zugenommen. Die Unter-

hen Abnahme der Wasserdurchlässigkeit in den Radspuren.

3.4. Wurzelschäden

Für die Laboruntersuchung der Wurzelschäden wurden von jeder Variante an 2 Stellen im Bestand Bodenproben mit einer Größe von 30x30x10 cm entnommen.

Zur Beurteilung der Wurzelschäden in den Huf-, Schleif- und Fahrspuren wurde der prozentuale Anteil beschädigter Wurzeln, bezogen auf die Gesamtlänge der Wurzeln in der Probe, berechnet. Es wurden zwei

No. Die Aufzählung	ROHSCHAFF-METHODE					KURZHOLZ-METHODE	
	R-MP Variante Motorsäge Pferdezug	R-MS Vari. Motors. Seil-Schl.	R-HS Vari. Eingriffh. Seil-S.	K-MF Vari. Motors. Forw.	K-HF Vari. Eingri Forw.		
Stelle der Probeentnahme	in den Hufspuren	Schleifspur	in den Radspuren				
Index der physikalischen Bodeneigenschaften (Mittel für die Schichten 0-5 und 5-10 cm) ¹⁾	Kontrollgröße						
1. Das Raumgewicht [g/cm ³]	1,36	1,36	1,41	1,45	1,41	1,45	
2. Kapillarer Wasserinhalt [g/100cm ³]	27,1	27,7	27,7	29,8	28,8	32,8	
3. Koeffizient der Durchlässigkeit [cm/24h]	163	157	116	109	109	109	
4. Wurzelbeschädigung bei den Proben ²⁾	3,2	7,0	3,7	8,9	3,1	9,2	
5.	1,4	2,1	0,2	1,9	0,5	1,4	

Tab. 3: Veränderung der physikalischen Bodeneigenschaften und der Wurzelbeschädigungen in Abhängigkeit vom Arbeitsverfahren.

Schadklassen unterschieden:

- schwache Schäden: Abgerissene oder abblätternde Rinde (diese Schäden führen zu keiner Beeinträchtigung der physiologischen Prozesse),
- starke Schäden: Beschädigtes Holzgewebe (verursachen Funktionsstörungen, schaffen Eingangspforten für Pathogene und tragen zum Absterben der Wurzel bei).

Die Untersuchung lieferte keine signifikant unterschiedlichen Wurzelschäden zwischen den einzelnen Varianten. Es lassen sich jedoch folgende Bemerkungen formulieren (s. Tabelle 3):

- Der Anteil der beschädigten Wurzelteile ist bei allen Varianten gering. Die relativ größten Wurzelschäden wurden in den u. a. nach dem Pferderücken auftretenden Rillen festgestellt (R-MP Variante); derartige Beschädigungen treten auch bei den übrigen Rohschaft-Varianten in größerem Ausmaß auf (z.B. R-HS Variante - in den Rillen, die bei der Entastung der Rohschäfte mit dem Harvester entstehen, wenn die Wurzelteile oft mitsamt dem Boden herausgerissen werden);
- der Anteil der Wurzelschäden ist bei Kurzholzaushaltung geringer als bei der Rohschaftmethode.

Unser Wissen über die Folgen der Schäden ist noch sehr beschränkt. Aus diesem Grund müssen wir bei der Bewertung und Auswahl von Arbeitsverfahren auf die maximale Verringerung der Schäden abzielen.

4. Empfehlenswerte Holzernteverfahren

Als Ergebnis der bisherigen Versuche können für die späte Durchforstung von Kiefernbeständen folgende Verfahren als vergleichsweise boden-

und bestandespfleglich empfohlen werden:

4.1. K-MF Variante:

Motormanuelles Fällen, Entasten und Aushalten von Kurzholz nach der Sortimentsmethode, Rücken mit dem Forwarder.

Für diese Variante ist eine Bestandeserschließung mit 4 m breiten Rückegassen notwendig. Der Gassenabstand sollte dabei die doppelte Summe aus der Kranreichweite des Forwarders und der Länge der ausgehaltenen Sorten betragen (unter den heutigen Bedingungen 30 - 35 m).

4.2. K-HF Variante:

Fällen und Aufarbeiten mit dem Harvester, Rücken mit dem Forwarder. Die beiden Maschinen befahren ausschließlich die Rückegassen. Die ungefähr 4 m breiten Gassen müssen im doppelten Abstand der Reichweite des Harvesterkrans angelegt werden (d.h. ca. 20 m). Der Eingriffharvester sollte ausschließlich zum Aufarbeiten von Kurzholz eingesetzt werden.

4.3. Rohschäfte

Sollen Rohschäfte ausgehalten werden, ist der weitere Einsatz der klassischen R-MP Variante, d.h. das Fällen und Aufarbeiten mit der Motorsäge und Rücken im Pferdezug, den untersuchten höher mechanisierten Verfahren (Harvester und Seil-Schlepper-Varianten) vorzuziehen.

Autor:

Marian Suwala
Forstliches Forschungsinstitut
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r, nr 3
00-973 Warszawa
Tel. +48 22 23 40 40
Fax +48 22 22 49 35

Nach Vollendung seines 65. Lebensjahres trat Oberforstmeister Martin Engelke in den Ruhestand. Als Leiter des Referates „Waldarbeit und Forsttechnik“ im Ministerium für Landwirtschaft und Naturschutz vertrat er das Land Mecklenburg-Vorpommern auch im Verwaltungsrat des KWF.

Oberforstmeister Martin Engelke entstammt einer Bauernfamilie in Pommern. Der Flüchtlingsstrom führte die Familie nach Thüringen, wo Martin Engelke die Schulzeit mit dem Abitur beendete und im ehemaligen Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieb (StFB) Eisenach die Forstfacharbeiterprüfung ablegte. Nach dem Studium an der Forstwissenschaftlichen Fakultät Eberswalde der Humboldt-Universität Berlin arbeitete er bis 1972 im wissenschaftlich-techni-

schen Bereich des StFB Neubrandenburg. Ab 1972 spezialisierte sich Oberforstmeister Engelke auf dem Gebiet der Allgemeinen Datenverarbeitung und übernahm die Funktion eines EDV-Organisators im StFB Malchin. Dazu qualifizierte er sich zum Fachingenieur für Maschinelles Rechnen und Elektronische Datenverarbeitung. Schließlich war er von 1978 bis zur Wende beim Rat des Bezirkes Neubrandenburg für Fragen der Arbeitsökonomie und ADV verantwortlich. Seine vielfältigen beruflichen Erfahrungen befähigten ihn nach der Wende zur Übernahme der Referatsleitertätigkeit in Schwerin. Von Beginn an war er ein konstruktiver Mitstreiter im Forstausschuß der Tarifgemeinschaft Deutscher Länder und im Verwaltungsrat des KWF. Seine Fragestellungen führten stets ins

Personelles

Oberforstmeister Martin Engelke - 65 Jahre

Personelles

Wir gratulieren

Geräte- und Verfahrenstechnik LUCAS Säge gestattet Kant- holzeinschnitt in flexiblen Querschnittsmaßen

Geräte- und Verfahrenstechnik Falschetikettierung

Termine

Seminar „Ergonomie in der Praxis“

Der Arbeitsausschuß „Mensch
und Arbeit“ des bietet in der Zeit
vom 24. bis 27.11.97 ein Seminar
„Ergonomie in der Praxis“ an.

Detail und halfen, Sach-
verhalte tiefgründig zu
klären. Dabei ist es ihm in
seiner besonnenen und
beharrlichen Art gelun-
gen, die spezifischen Pro-
bleme der Mecklenburg-
Vorpommerschen Landes-
forstverwaltung in die Ku-
ratoriumsarbeit mit einzu-
bringen. So hat sich Ober-
forstmeister Engelke be-
sonders bemüht, zur Ver-
einfachung des Lohnfin-
dungsaufwandes bei der
Gestaltung neuer Lohn-
modelle beizutragen.

Der Verwaltungsrat und der Vor-
stand des KWF beglückwünscht Mar-
tin Engelke herzlich zur Vollendung

Oberforstmeister Wolfram Schulz
vollendet am 15. September 1997
sein 60. Lebensjahr. Hierzu gratuliert
ihm das KWF, vor allem auch die ehe-
maligen Mitarbeiterinnen und Mitar-
beiter der KWF-Außenstelle in Pots-
dam, sehr herzlich. Wolfram Schulz
leitete die Schwestereinrichtung des
KWF in Potsdam-Bornim, die Zentral-
stelle für forsttechnische Prüfungen
(ZFP), seit 1982 bis zu ihrer Zusam-

Im Rahmen des Berichtes zur ELMIA 97
(FTI 7-8/1997, S.80) wurde fälschli-
cherweise beanstandet, daß die von
der Firma INTERFORST, Gutenstein,
vertriebenen Lucas-Sägewerke ledig-
lich den Einschnitt von Kanthölzern

Waiblingen - Aus einer unzulässigen
Serie sind Schnitzzuschutzhosen Micro-
faser, blau, der Marke „Stihl“, vertrags-
widrig, ohne Wissen der Firma Stihl
über dritte Kanäle auf den Markt ge-
langt. Diese Hosen weisen auf dem
Einnäheticket die neueste Ausführung
der Norm EN 381 Teil 5 auf, es fehlen

Der Lehrgang findet von Montag,
den 24.11.1997 bis Donnerstag, den
27.11.1997 im Versuchs- und Lehrbet-
rieb für Waldarbeit und Forsttechnik
Diemelstadt statt. In der Seminarge-
bühr von DM 280,- ist für jeden Teil-
nehmer die Lehrmappe „Ergonomie
in der Praxis“ enthalten. Für Verpfle-
gung und Unterkunft berechnet der
Lehr- und Versuchsbetrieb DM 150,-.

Das Seminar wendet sich insbeson-

Mitteilungsblatt des Kuratoriums für Waldarbeit und
Forsttechnik (KWF) e.V. (Herausgeber), Spremberger
Straße 1, 64823 Groß-Umstadt · Schriftleitung:
Dr. Reiner Hofmann, Telefon 06078/785-31, KWF-Tele-
fax 06078/785-50 · e-mail: kwf.info@t-online.de · Redak-
tion: Dr. Klaus Dummel, Andreas Forbrig, Gerd Gerdsen,
Jochen Graupner, Jörg Hartfiel, Joachim Morat, Dietmar
Ruppert · „Forsttechnische Informationen“ Verlag: Fritz
Nauth Erben und Philipp Nauth Erben, Bonifaziusplatz
3, 55118 Mainz, Telefon (061 31) 67 2006 + 61 16 59

Postanschrift 1 Y 6050 E Entgelt bezahlt
Verlag:
Fritz Nauth Erben und Philipp Nauth Erben
Bonifaziusplatz 3, 55118 Mainz

des 65. Lebensjahres und wünscht
ihm für den Ruhestand alles Gute.

Lfm. Dr.habil.W.Hartung

menführung mit dem KWF 1992.
Ihm ist mit das hohe fachliche Anse-
hen dieser Einrichtung und die vor-
bildliche Zusammenarbeit mit dem
KWF seit den ersten Kontakten im
Dezember 1989 zu danken, die
schließlich, unterstützt durch sein
umsichtiges und zielstrebiges Wir-
ken, zur Einbeziehung der neuen
Bundesländer und die Integration
der ZFP in das KWF führte.

in zwei fixen Querschnittmaßen ge-
statten.

Tatsächlich können mit den beiden
angebotenen Sägen Querschnitte von
16/16 bzw. 21/21 sowie jedes darun-
terliegende Maß geschnitten werden!

jedoch die notwendigen 5 cm Schnitt-
schutz auf der Innenseite des Hosen-
beines des rechten Oberschenkels. Die
Hosen können beim Stihl-Handel ge-
gen Bezugsnachweis umgetauscht wer-
den. - Mittwoch, der 3. September 97

gez. P.Haselmayer, Firma Stihl

dere an Sicherheitsbeauftragte, Forst-
wirtschaftsmeister und Forstwirte.
Die Zahl der Teilnehmer ist auf max.
25 begrenzt.

Für weitere Auskünfte und zur An-
meldung können sich alle Interessent-
en direkt an den Fachbereich
Mensch und Arbeit in der KWF-Zen-
tralstelle (Tel.: 06078/785-40, Fax:
06078/785-39, e-mail: kwf.info@t-on-
line.de) wenden.

Druck: Gebr. Nauth, 55118 Mainz, Telefax 06131/
670420 · Erscheinungsweise monatlich · Bezugspreis
jährlich im Inland incl. 7% MwSt. 43,- DM im voraus auf
das Konto Nr. 20032 Sparkasse Mainz oder Postgirokonto
Ludwigshafen Nr. 78626679 · Kündigungen bis 1.10.
jeden Jahres · Nachdruck nur mit Genehmigung des
Verlegers · Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Mainz ·
Einzel-Nr. DM 4,80 einschl. Porto.