

Richtiger Einsatz moderner Forsttechnik – zur Sicherung der Produktionskraft unserer Waldböden

Nikolaus Nemestóthy

Burgenländischer Forsttag

November 2023

Inhaltsüberblick

- Hintergründe für den Einsatz moderner Maschinen
- Wirkung der Maschine auf den Boden
- Lösungsansätze zur Reduktion von Bodenschäden
- Biomassenutzung - Nährstoffhaushalt

Grundsätzliches Ziel des Forstgesetzes:

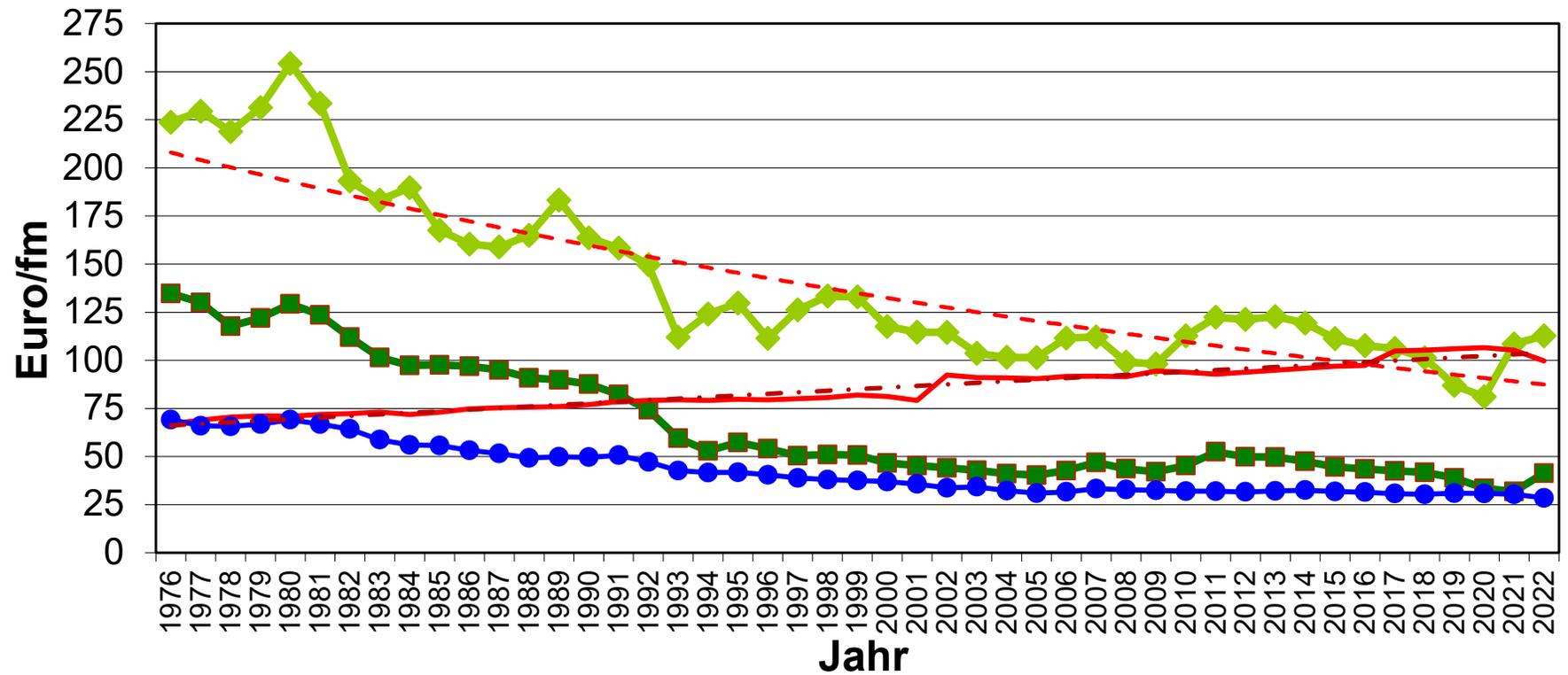
1. Die **Erhaltung des Waldes** und des Waldbodens,
2. die Sicherstellung einer (geeigneten) Waldbehandlung, sodass die **Produktionskraft des Bodens erhalten** und seine Wirkungen im Sinne des § 6 Abs. 2 nachhaltig gesichert bleiben
3. die Sicherstellung einer **nachhaltigen Waldbewirtschaftung für nachfolgende Generationen**

Zu Waldboden und Holzernte besagt das Forstgesetz:

Bringung von Holz hat so zu erfolgen, dass Waldboden möglichst wenig beschädigt und die Wasserführung in Runsen und Wasserläufen nicht beeinträchtigt wird.

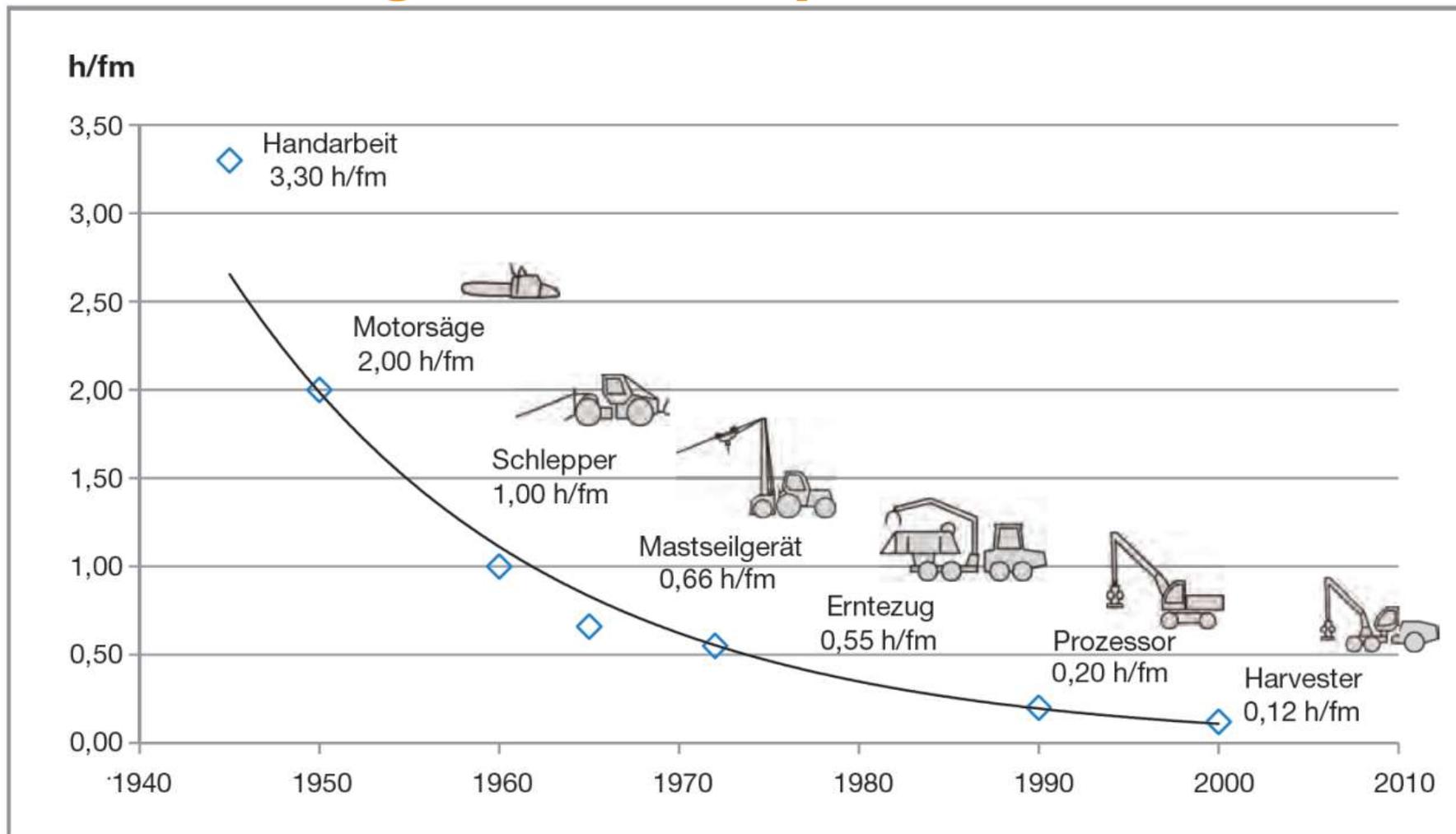
Schädigungen des Waldbodens sind nur **insoweit zulässig**, als sie unvermeidbar und behebbar sind.

Holzpreise und Lohn- und Erntekosten, Werte inflationsbereinigt nach VPI (Daten: Statistik Austria, Land&Forst-Betriebe)

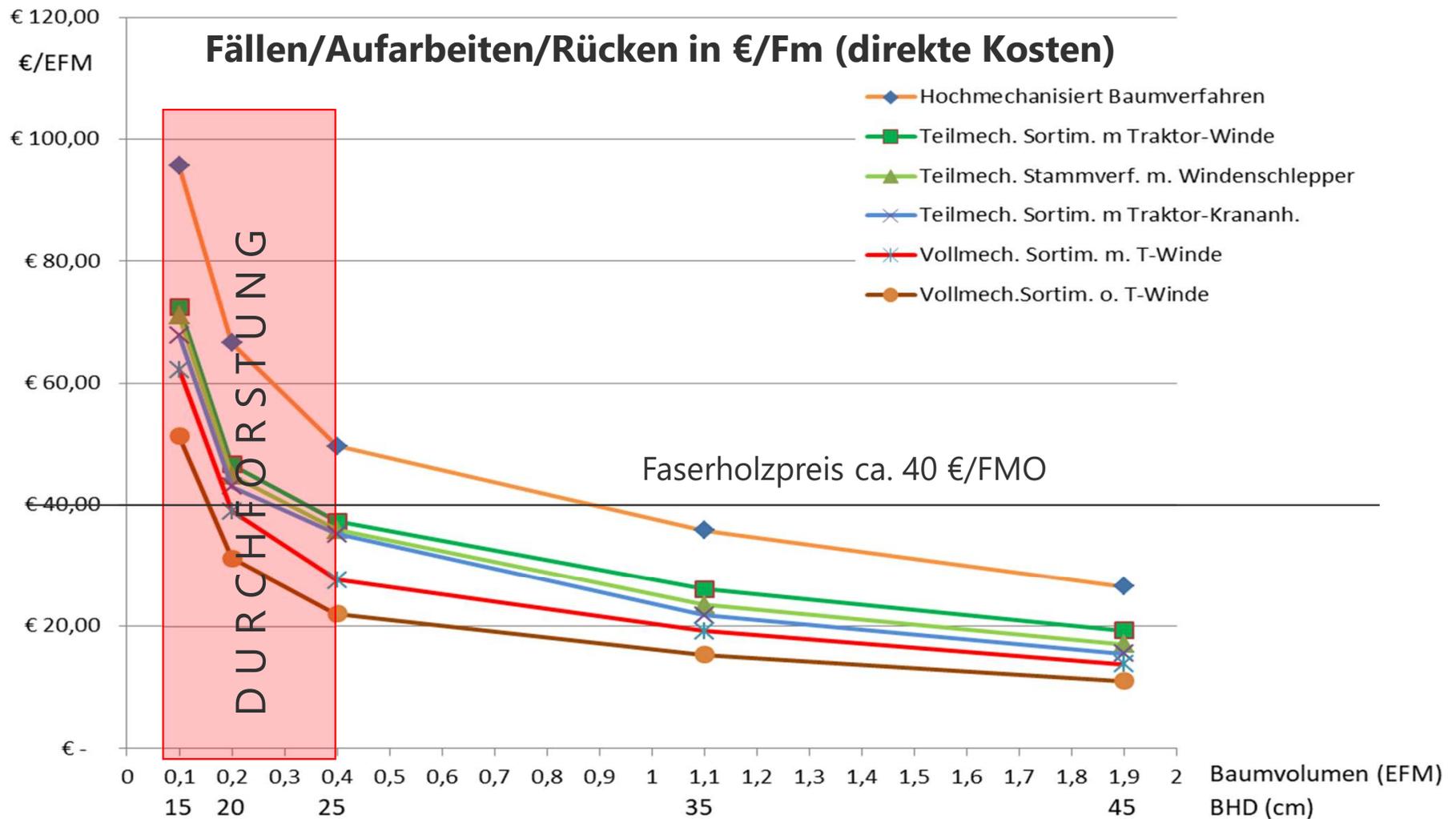


- ◆ Sägerundholzpreis Fi/Ta Media 2b B valorisiert
- Forstfacharbeiter Taglohn (8h) brutto valor.
- Industrieholzpreis NH valorisiert
- Holzerntekosten valorisiert
- - - Expon. (Sägerundholzpreis Fi/Ta Media 2b B valorisiert)
- · - Linear (Forstfacharbeiter Taglohn (8h) brutto valor.)

Entwicklung der Arbeitsproduktivität



Erntekosten unterschiedlicher Verfahren



Wie schwer sind die Maschinen?

Extrembeispiel Raptor

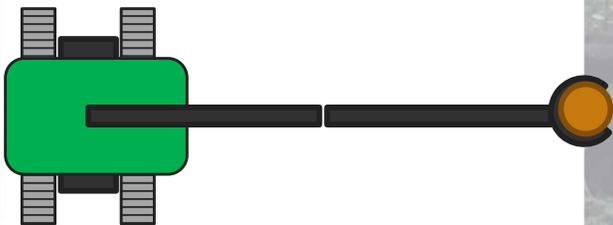
70 Tonnen Einsatzgewicht

17,4 m Reichweite

35 kN (3,5 To) Hubkraft (netto
bei 17,4 m)

→ $17,4 \times 35 = 609 \text{ kNm}$

Notwendige Abstützkraft auf
Kette des Fahrzeuges = 650 kN
(~65 Tonnen)



Rückemaschinen im Forsteinsatz

Agrarischer Schlepper mit Forstpaket: → Achslast 4 - 8 to

- Hinterrad Steyr 4095 mit Tigerwinde = 2,35 t , mit Holz Radlast ca.: 3,5 t auf Reifen 600/65 R 34

Forstspezialschlepper:

- Kotschenreuther K135 mit Kran Gesamtgewicht 11,6 t, Radlast Hinterrad **ohne** Holz ~ 4 t + 1,5 t Holzlast
- HSM 805 mit Kran, Gesamtgewicht 15 t, Hinterrad ohne Holz 4,2 t + 1,5 t Holzlast

Vollmechanisiert : Forwarder

- Komatsu 845 = 17 t+12 t, Hinterrad: 5 t auf 710/45 R 26,5
- Ponsse Wiesent = 17 t+ 12 t, Hinterrad: 4,5 t auf 710/40 R 22,5

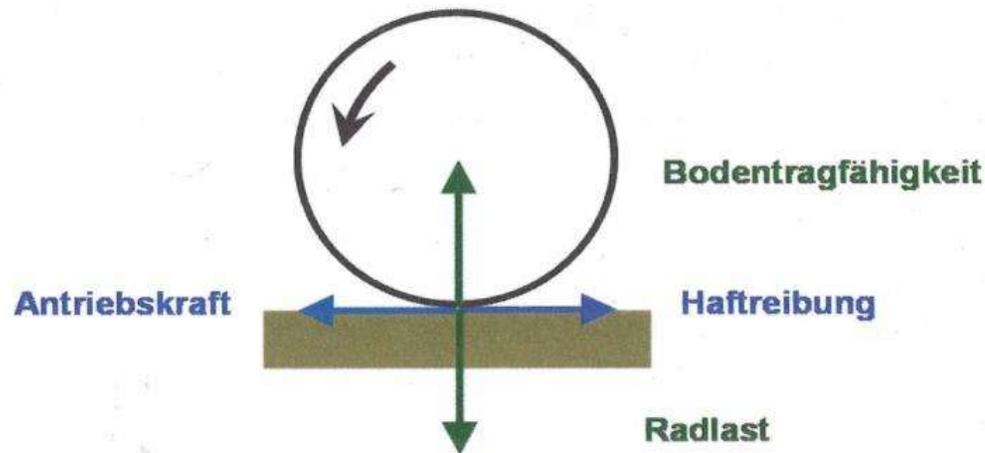


Bild: HSM 2022

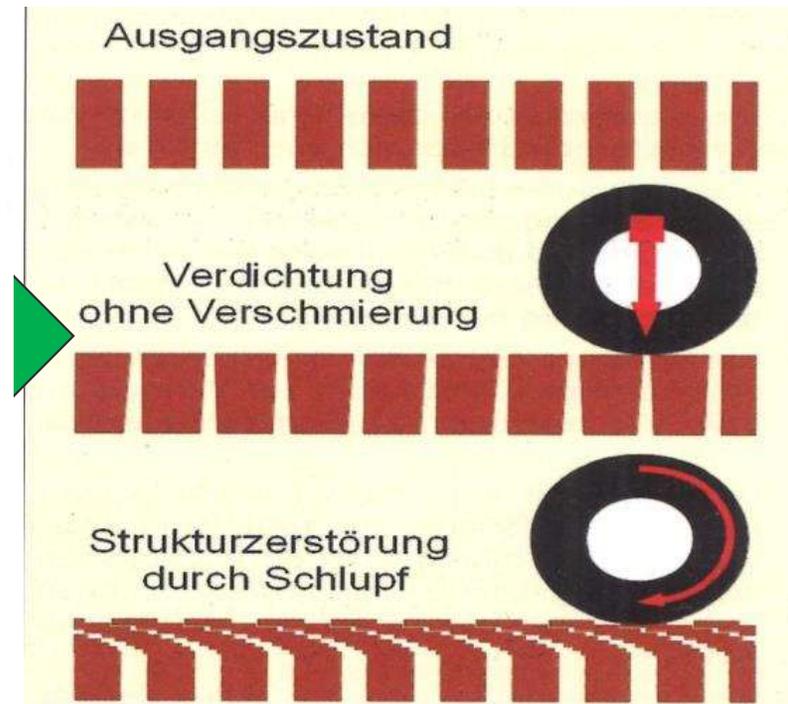
Wie wirken Gewicht und Antrieb auf den Boden?



Reifen oder Raupe überträgt die Last und die Vortriebskraft auf den Boden

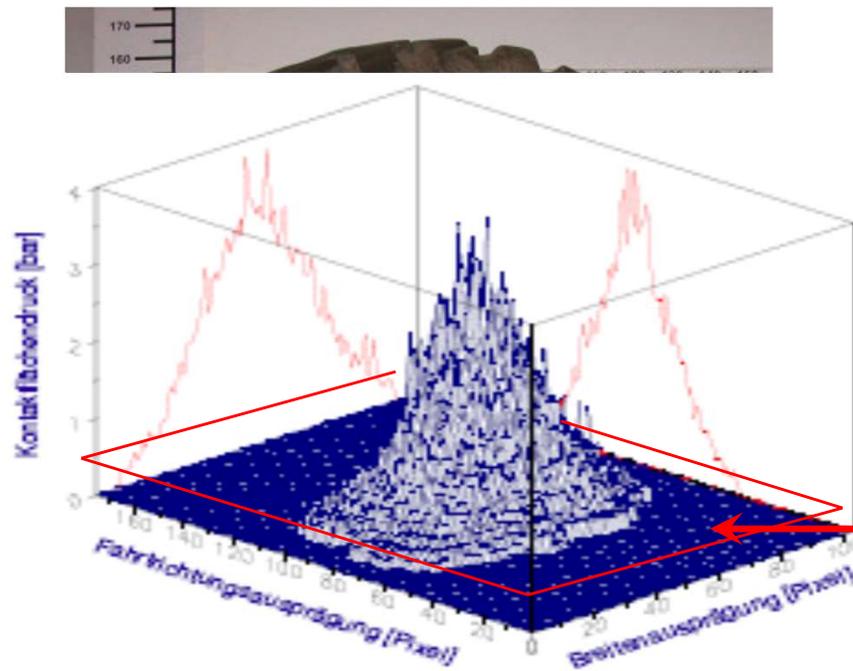


Grafik: BAFU, WSL, 2016

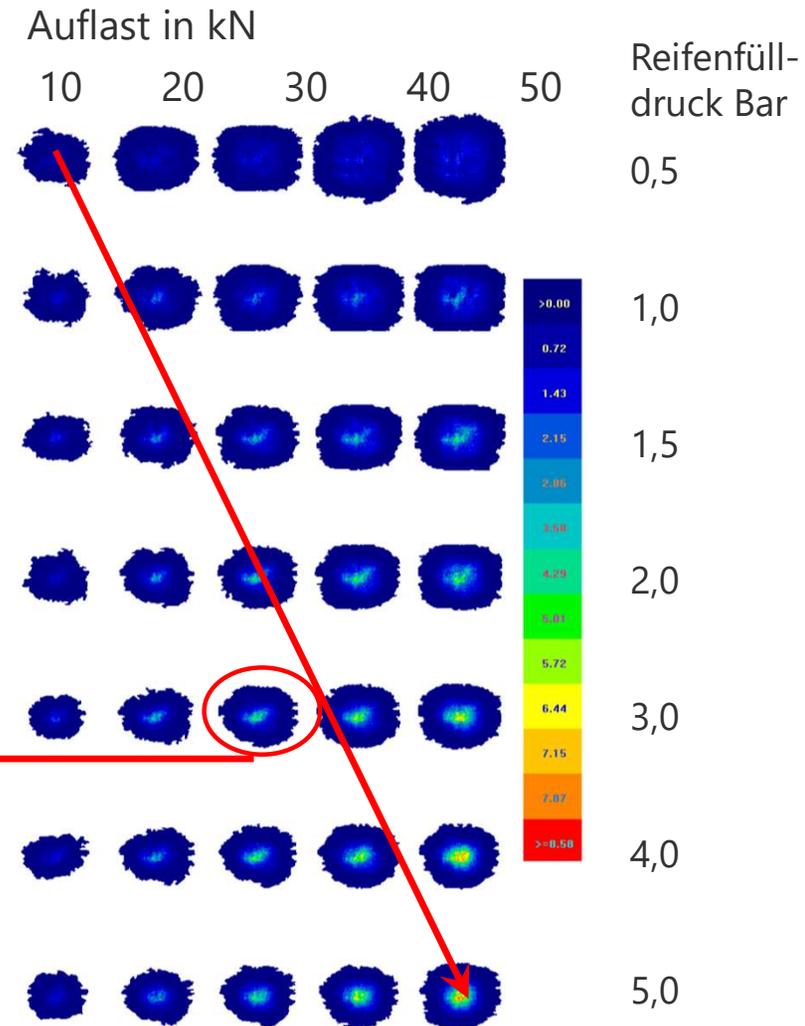


Grafik: Uni Freiburg,
Inst. f. Bodenkunde,
2012

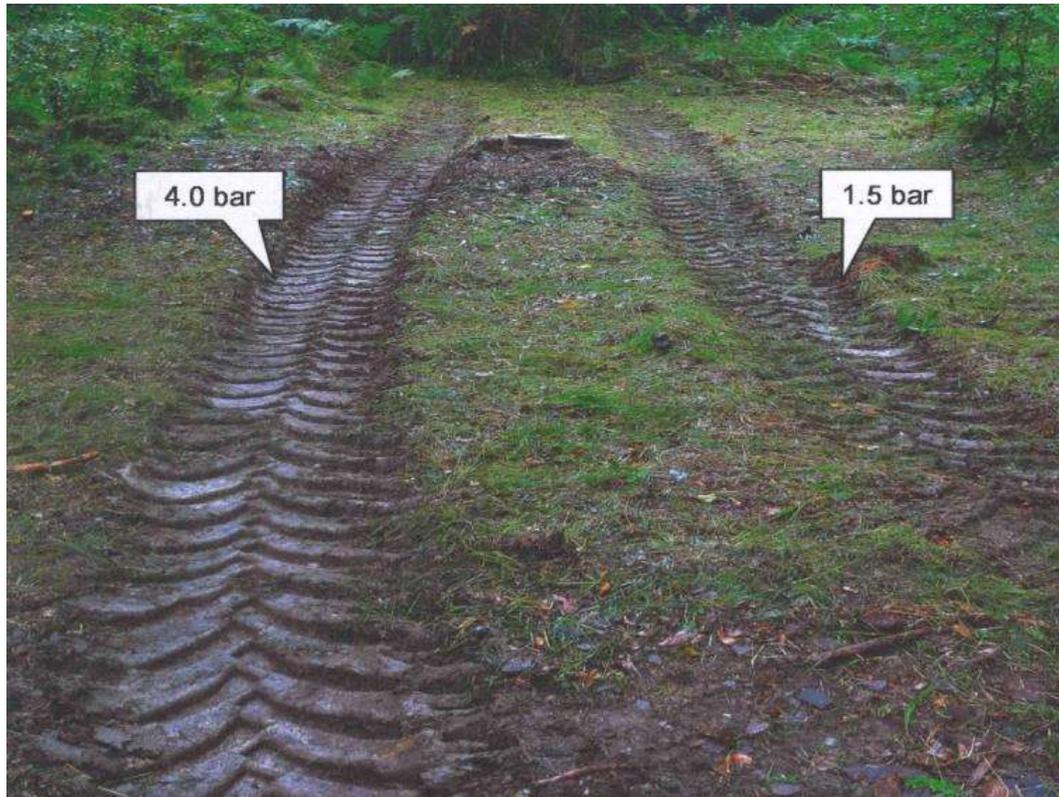
Mit zunehmender Rad-Auflast und zunehmendem Reifenfülldruck wächst die zentrale Druckspitze



Glockenförmige Druckverteilung – zentrale Druckspitze (JACKE, EBEL, 2006)



Reifendimension und Reifenfülldruck entscheidend für Auflagefläche



Bildquelle: BAFU,
WSL, 2016

Spurtypen



Typ I: leicht gestört

keine seitlichen Aufwölbungen
Spurtiefe immer kleiner als 10cm



Typ II: mittel gestört

teilweise seitliche Aufwölbungen
Spurtiefe meist kleiner als 10cm



Typ III: stark gestört

in der Regel seitliche Aufwölbungen
Spurtiefe immer grösser als 10cm



Quelle: WSL
Waldwissennet

Bodenverdichtung und die Folgen

- Reduktion des Porenvolumens
- Unterbrechung der Kapillarität
- Erhöhung der Lagerdichte

**Verminderte
Wasserleitfähigkeit**

- Staunässe
- Oberflächenabfluss

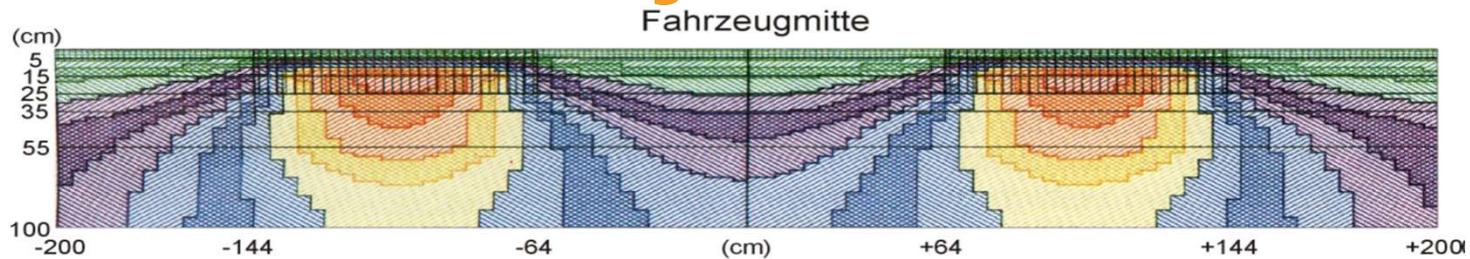
Erosion

**Schlechte
Durchlüftung
O₂ - Mangel**

**Erhöhung des
Durchwurzelungs-
widerstandes**

**Beeinträchtigung der
biologischen Aktivität
Zuwachsverlust**

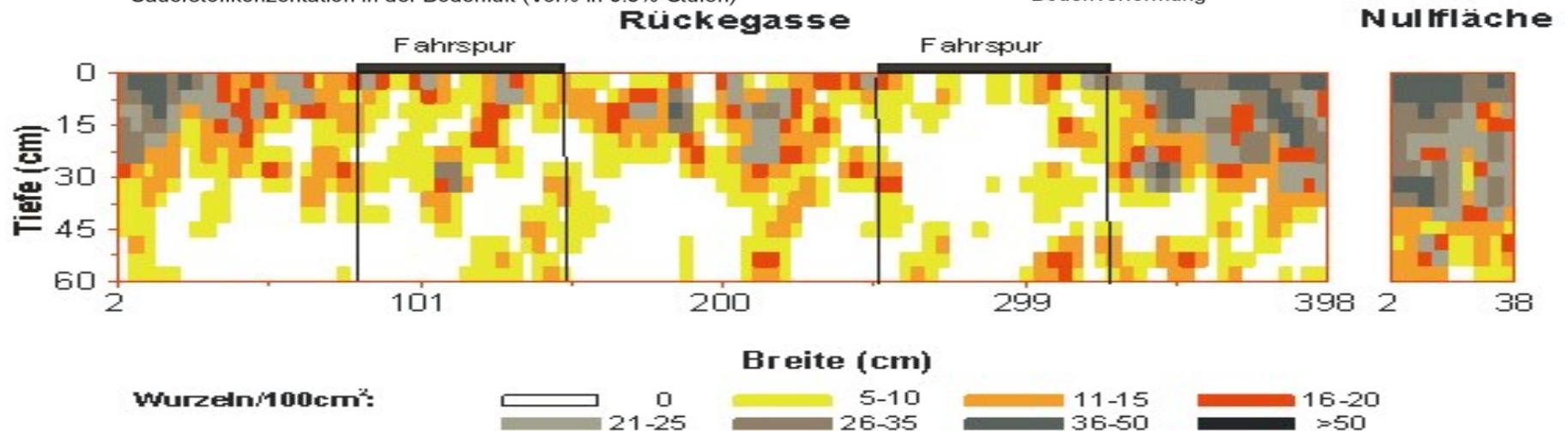
Sauerstoffversorgung und Wurzelintensität in der Fahrspur 5 Jahre nach der Befahrung



Sauerstoffkonzentration in der Bodenluft (Vol% in 0.5%-Stufen)



Bodenverformung

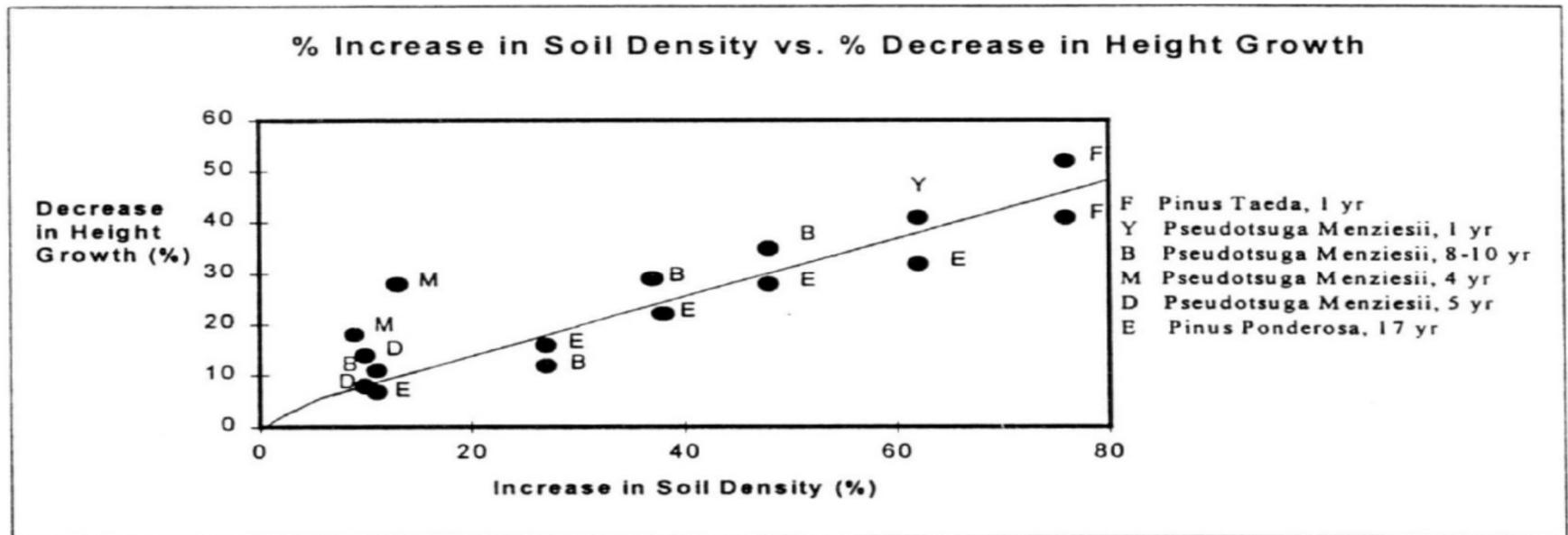


Quelle: Schäffer, J., 2002

Bodenverdichtung = Zuwachsverlust

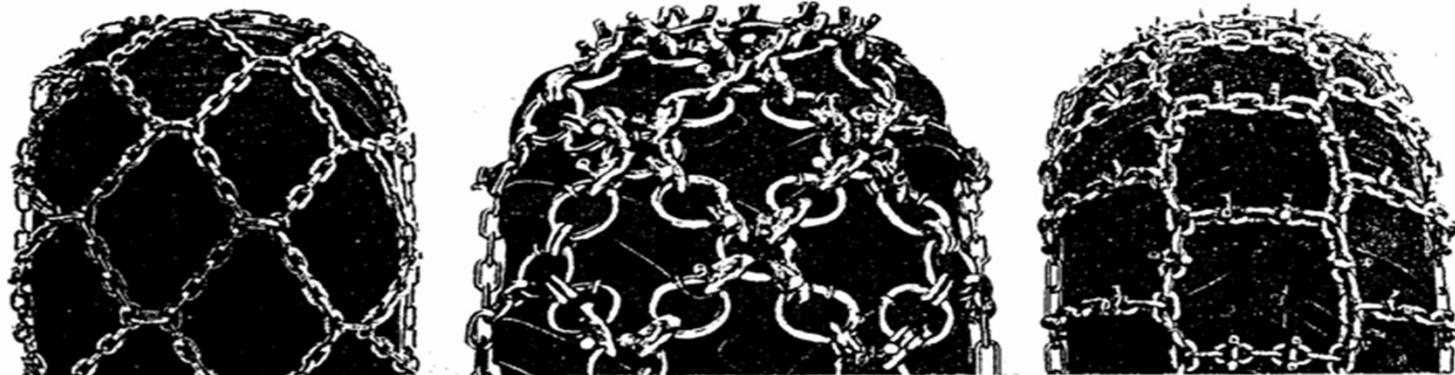
Zuwachsverlust bei Nadelbäumen festgestellt

- bei Verdichtung von >10% der Durchwurzelungsfläche
- bei Erhöhung der Bodendichte um mehr als 10 %

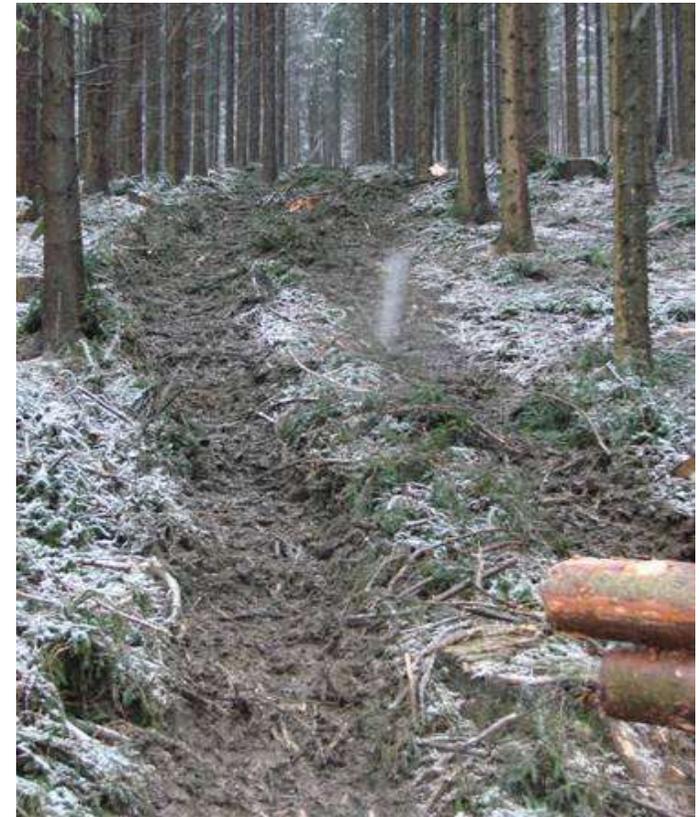


Zuwachsverlust in Relation zum Grad der Bodenverdichtung nach Froehlich und McNabb 1983
(Quellen: Foil and Ralston (1967): F, Youngberg (1959): Y, Bureau of Land Management: B, Froehlich (1979): D,M,E)

Einsatz von Gleitschutzhilfen



Beim Harvestereinsatz – Reisigmatten zum Schutz der Rückegasse



Wirkung von Reisigmatten (JACKE 2008)

Reduktion des Bodendruckes proportional mit zunehmender Reisigmasse

Für signifikante Reduktion 15 bis 20 kg/m² erforderlich
Erstdurchforstung Fichte (Entnahme 40 Efm/ha):

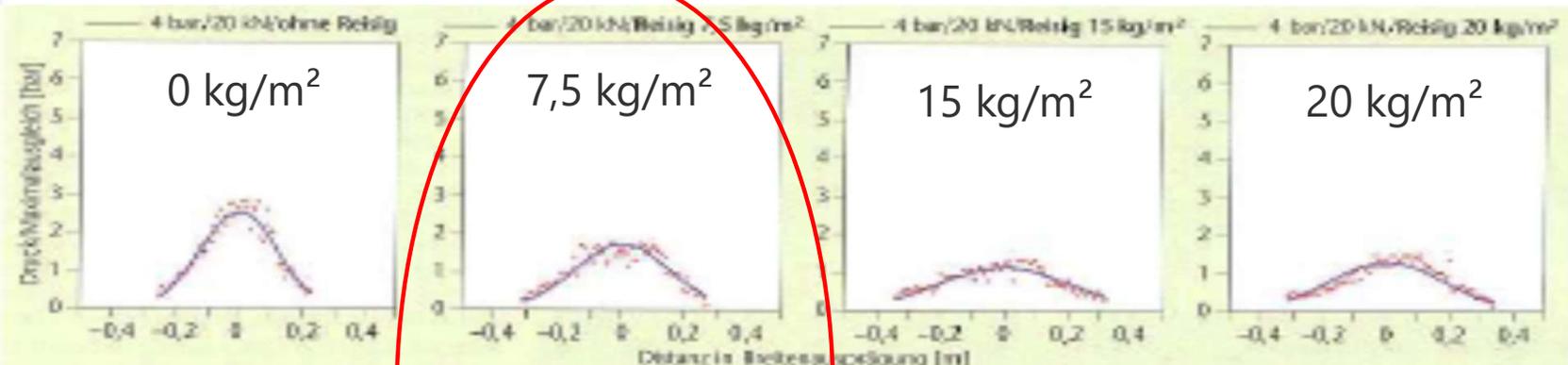
- 2000 m² Gassenfläche/ha
- Reisigbedarf 30 bis 40 To/ha
- Reisiganfall ca. 13 To/ha = 6,5 kg/m²

→ Geringe Reduktion der Bodenverdichtung

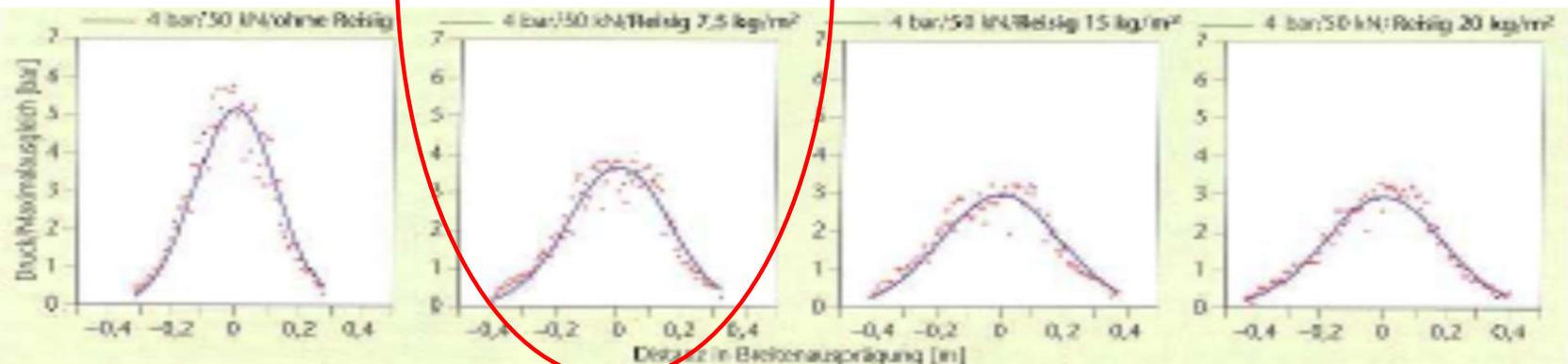
Aber dennoch:

→ Wichtig für die Erhaltung der Befahrbarkeit der Gassen

Wirkung von Reisigmatten (JACKE 2008)

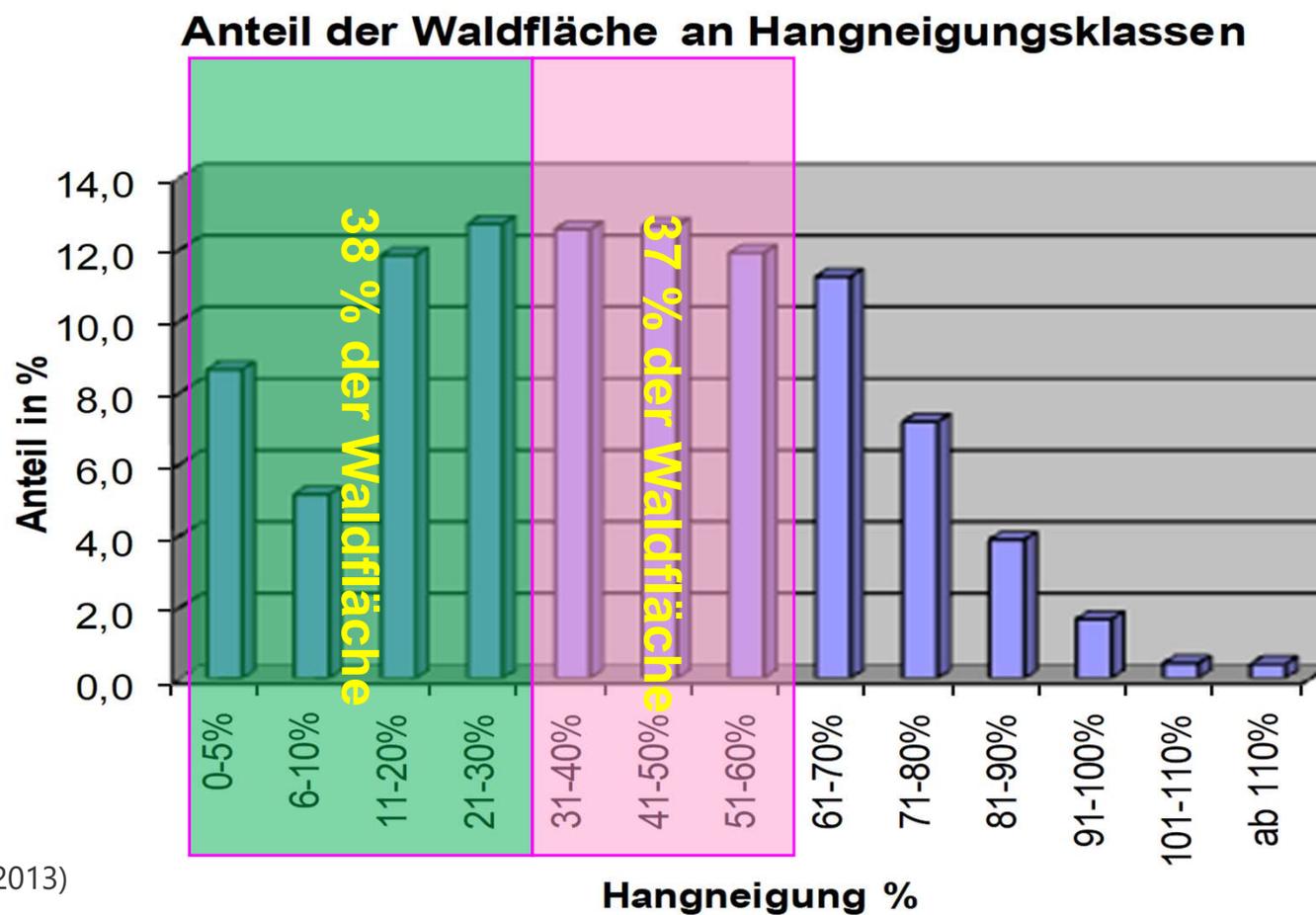


Reisigmatteneffekt unter Breitreifen 600/55/26,5, Fülldruck 4 bar Auflast 20 kN



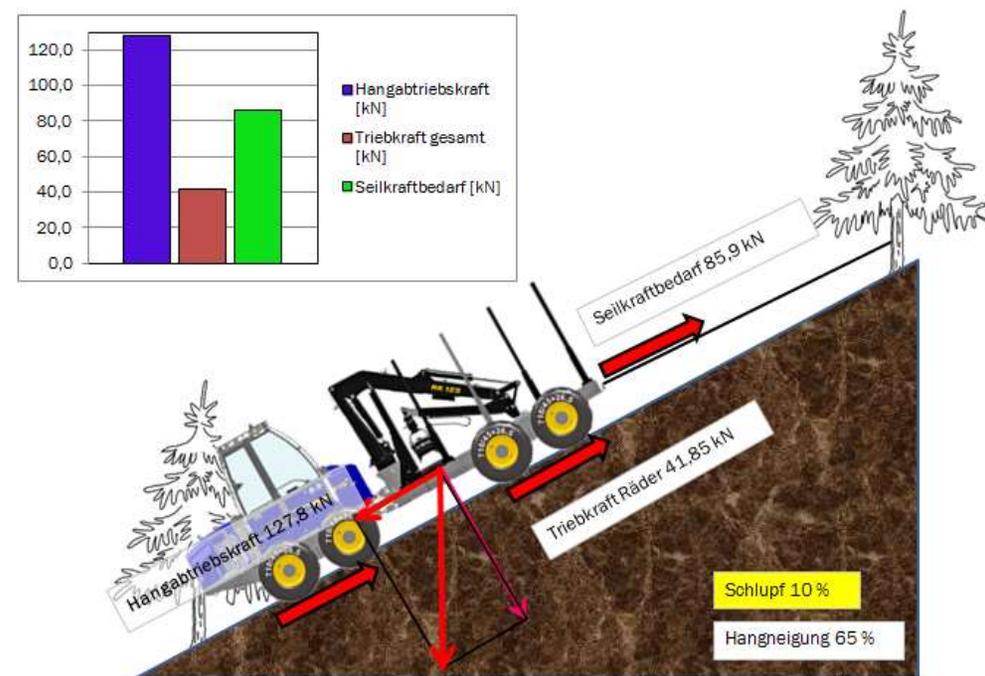
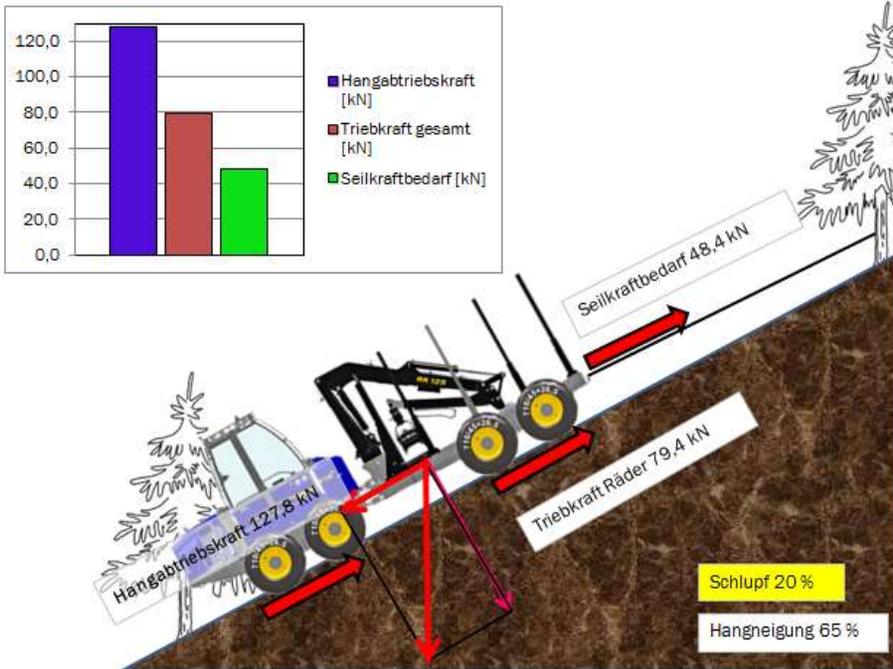
Reisigmatteneffekt unter Breitreifen 600/55/26,5, Fülldruck 4 bar Auflast 50 kN

Zunehmende Hangneigung – erhöhter Schlupf der Räder



(Daten ÖWI 2013)

Hangabtrieb – Schlupf – Seilkraftbedarf (Weise, G., 2016)



Maschinen mit Traktionswinden

Traktionswinden sind nur zur Begrenzung des Schlupfes am Hang zugelassen!

Ziel ist Fahrunterstützung und Reduktion der Spurrillenbildung

Maschine muss bei Seilriss sicher manövrierbar bleiben!

Grenzneigung von Bodenart und -zustand abhängig (Hittenbeck, J., 2009)

Entscheidend sind

- Skelettanteil
- Wassergehalt

Ökologisch vertretbar:

- Ohne Ketten bzw. Bogieband
20 bis 45 % Hangneigung
- Mit Ketten od. Bogieband
30 bis 60 % Hangneigung
- Mit **Traktionshilfswinde** 45 bis 65 %
- bei besten Verhältnissen bis 75 %

Vorsicht bei Wetteränderung!



Grenzneigungen ökologisch und absolut bei verschiedenem Bodenwasser- und Skelettanteil (Hittenbeck, 2009)

Boden- Wassergehalt (Skelettgehalt) (%)	ohne Traktionshilfsmittel		mit Ketten und Bändern	
	Grenzneigung (ökologisch) (%)	Grenzneigung (absolut) (%)	Grenzneigung (ökologisch) (%)	Grenzneigung (absolut) (%)
25 (0 %)	34	50	48	70
30 (0 %)	30	48	43	67
35 (0 %)	26	45	39	64
40 (0 %)	21	42	35	61
45 (0 %)	17	39	31	58
<hr/>				
25 (über 7 %)	46	60	60	79
30 (über 7 %)	42	57	56	76
35 (über 7 %)	38	54	52	73
40 (über 7 %)	34	51	47	71
45 (über 7 %)	30	48	43	68

Bei der **absoluten** Grenzneigung → 100 % Schlupf → Schlittenfahrt der Maschine !

→ Lebensgefahr für den Maschinenfahrer !

Zusammenfassung des Wissens

Es gibt keine schlüssigen Aussagen zu Belastungsgrenzwerten verschiedener Böden

Auf mitteleuropäischen Böden ist schon einmaliges Befahren nachhaltig schädigend

Verdichtungsschäden praktisch irreversibel!

Mögliche konkrete Auswirkungen:

- Flachere Verwurzelung der Bäume
- Geringere Windstabilität
- Verstärkung von Wasserstress
- Zuwachseinbußen

Fazit → durchdachte Feinerschließung notwendig

- Fest vermarkte Rückegassen oder gebaute Rückewege
- Abstand der Rückelinien
 - 20 m für vollmechanisierte Holzernte
 - (20 bis) 40 m teilmechanisiert im Bodenzug
- 20 m Abstand und 4 m Breite - bedeutet:
→ bis zu 20 % der Holzbodenfläche für die Logistik
- ABER → 80 % des Bodens **nicht** verdichtet!
Zusätzlich wird auch die Gasse als Kronenraum
und teilweise durch die Wurzel genutzt
- Rückegassen auch bei Kahlschlag und
Schadholzaufarbeitung nicht verlassen
- Erhaltung der Befahrbarkeit wichtig
 - → Befahren bei schlechten Bedingungen vermeiden
 - → alternative Einsatzorte für Schlechtwetter planen



Beurteilung der Befahrbarkeit

(LWF-Merkblatt 22, April 2007)



Wurftest nach LWF (LWF-Merkblatt 22, April 2007)

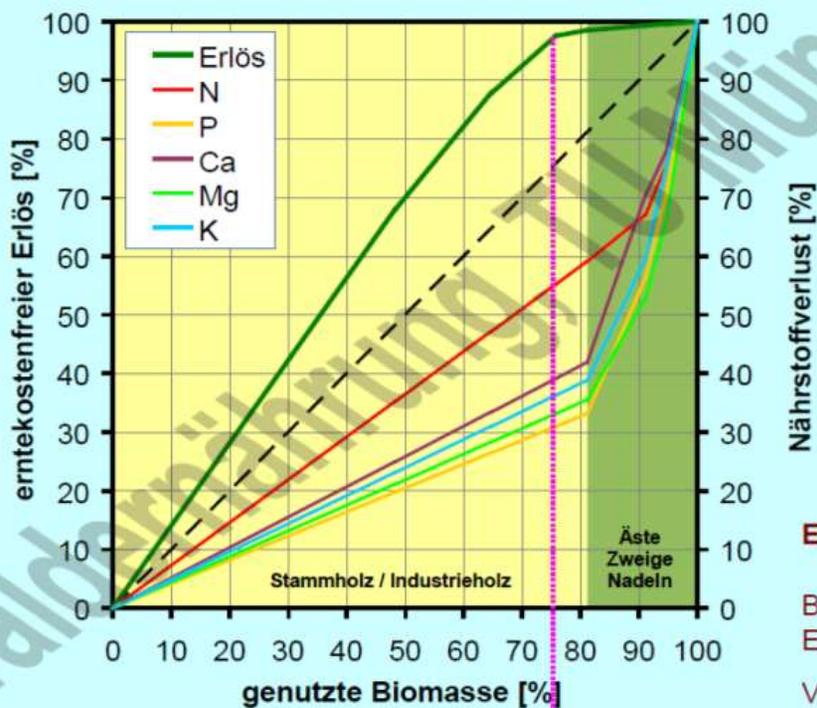
	Spurtyp 1	Spurtyp 2	Spurtyp 3
Merkmale	 <p>Elastische Verformung meist nur Stollenabdrücke</p>	 <p>Plastische Verformung deutliche Eintiefung</p>	 <p>Grundbruch ausgeprägte randliche Aufwölbung</p>
Erscheinungsbild	 <p>Risse in der Oberfläche, fällt u.U. ab</p>	 <p>Oberfläche geschlossen, flach</p>	 <p>„Spritzer“, unregelmäßig und flach</p>
Typisches Spurbild	Spurtyp 1	Spurtyp 2	Spurtyp 3
Wassergehalt	gering	mittel	hoch
Tragfähigkeit	hoch	mittel-gering	nicht ausreichend
Risiko	gering	mittel-hoch	Bodenschaden unvermeidbar
Befahrung	immer	zu prüfen	ne

Biomassennutzung - Baumverfahren

Entwicklung von Erlös und Nährstoffentzug in Abhängigkeit von der Ernteintensität

Fichtenaltbestand
auf Hauptdolomit

1100 m NN
180 Jahre
Endnutzung



Ernte Kronenmaterial

Biomasse +19 %
 Erlös + 1 %
 Verluste P & K + 64 %

Mit freundlicher Genehmigung des Autors: Göttlein, A., 2017

Elementvorräte Biomasse [kg.ha⁻¹, otro]

	N	P	K	Ca	Mg
Holz	162.1	9.3	59.7	196.0	35.7
Rinde	69.1	5.1	26.0	256.4	17.8
Äste	59.8	4.1	19.1	182.0	13.6
Zwg.	105.5	5.1	36.5	123.6	18.1
Nad.	176.0	12.4	37.7	96.9	33.8
Σ	572.5	40.0	179.0	854.9	118.9

78,2% (Holz + Rinde)

21,8% (Äste + Zwg. + Nad.)

59,6% (N in Äste)

64% (P in Äste)

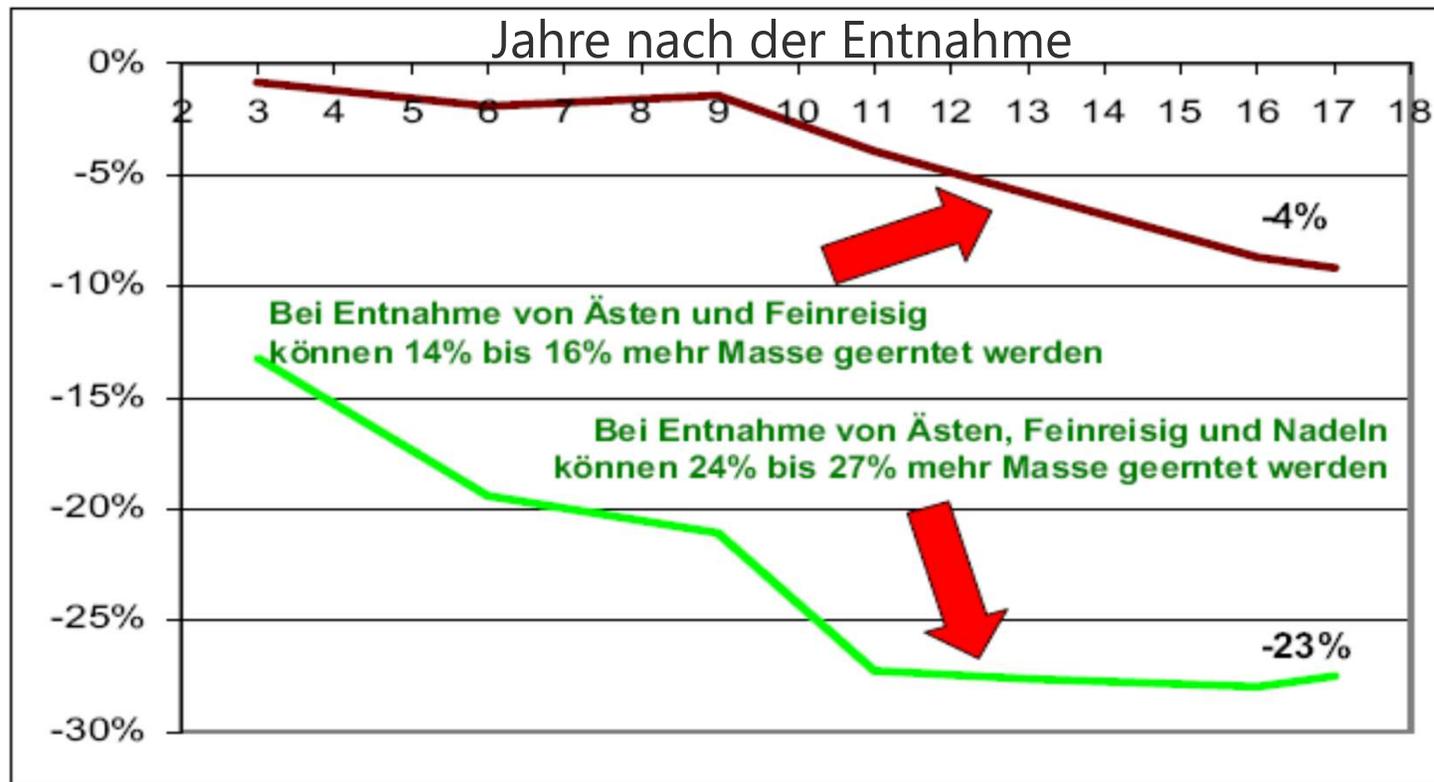
52% (K in Äste)

47% (Ca in Äste)

55% (Mg in Äste)

Datenquelle: Leitgeb, Englisch, BFW Wien

Zuwachsrückgang nach Biomasseentnahme

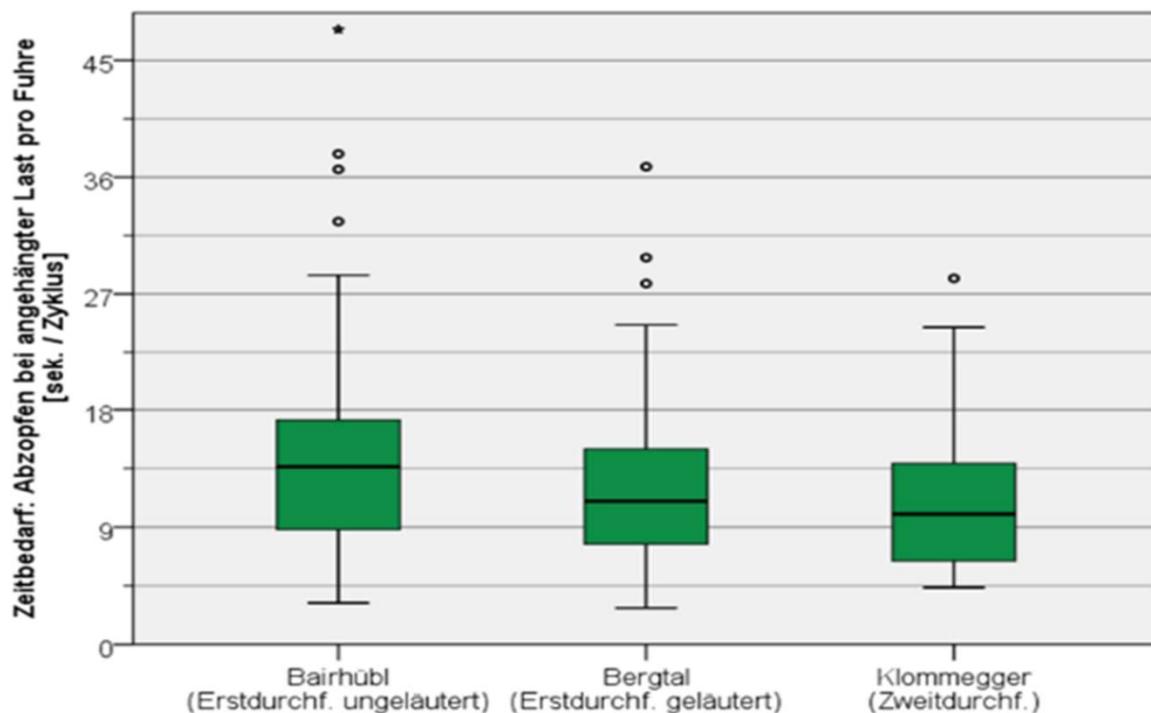


(Mittel aus 3 Versuchsanlagen, Sterba, 2003)

Abzopfen bei angehängter Last (Huber, C., 2018)

Zeitaufwand der Unterbrechungen

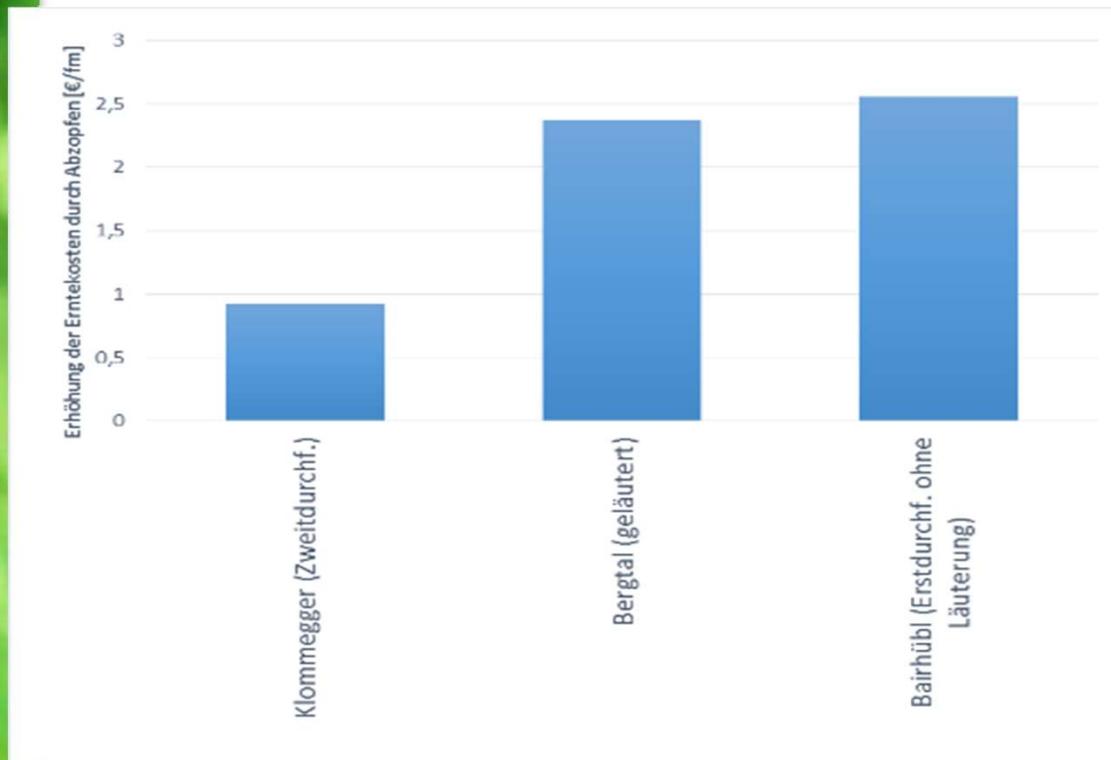
Leerfahrt Laufwagen | Zugseil ausspulen | Last anhängen | Zugseil einspulen | **ABZOPFEN** | Zugseil einspulen | Lastfahrt Laufwagen | Last lösen



Ein Abzopfen der Bäume bei angehängter Last dauert im Durchschnitt nur 11-14 Sekunden.



Erhöhung der Erntekosten auf den Versuchsflächen durch das Abzopfen (Huber, C., 2018)



Zusammenfassung – Nachhaltige Waldbewirtschaftung beim Einsatz moderner Forsttechnik

- Maschinengewicht nicht unterschätzen!
- Verdichtung ist für den Boden schlimmer als sichtbare Verwundung
 - Fahrspuren können eingeebnet werden – optische Verbesserung, Schutz gegen Erosion, Sicherung der technischen Befahrbarkeit
 - Verdichtungsschäden bleiben und wirken jahrzehntelang nach – praktisch irreversibel
- **Wichtigste Maßnahmen:**
 - Befahrung **ausschließlich** auf fix eingerichteten Feinerschließungslinien
 - Bis zu 20 % Holzboden für Feinerschließung
 - Mindestens 80 % der Waldfläche **nie wieder** befahren
 - Fahrlinien befahrbar erhalten
 - Technische Hilfs-Maßnahmen (z.B. Traktionshilfswinden, Reisigauflage) können Zerstörung des Oberbodens reduzieren
 - Beurteilung des Bodenzustandes vor Befahrung → bei schlechten Bedingungen keine Befahrung der Gassen
 - Biomasseentzug vermeiden! Bei Baumverfahren – Abzopfen und Grobentastung im Bestand
- → **einmal angelegte, befahrene Rückelinien nie wieder verlassen!**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

