

# Forwarder als wichtiger Faktor der Arbeitsproduktivität in hochmechanisierter Forstnutzung

Jan Valenta & Jindrich Neruda

Institut für Forst- und Holztechnik

Mendel-Universität für Land- und Forstwirtschaft Brno



FORMEC 2004

8.- 10. 9. 2004

# Einleitung

- Harvestertechnologie der Forstnutzung wird für ihre Vorteile immer mehr exploatiert.
- Ökonomik des Einsatzes der Harvesterstechnologien der Forstnutzung wird durch die Leistungsfähigkeit ihrer einzelnen Knoten, d.h. der Harvesters und Forwarders ausgeprägt beeinflusst.
- Öfter werden die Harvesters verfolgt, eine kleinere Aufmerksamkeit wird der Leistung von Forwarders gewidmet. Ohne Forwarders ist es aber nicht möglich ein effektiver Harvestereinsatz. An die andere Seite ist es aber möglich die Forwarders auch in klassischen Nutzungstechnologien benutzen.
- Ohne objektiv beurteilter Leistung ist es nicht möglich, die Kosten des Forwardereinsatzes in konkreten Bedingungen zu feststellen.

# Ziel der Arbeit

1. Wichtige Faktoren zu bestimmen, die die Leistung von Forwarders beurteilen
2. Messungen der Zeitaufwand einzelner technologischen Phasen der Forwarderholzbringung zu verwirklichen

Einsatzgebiet	Harvester	Forwarder
Durchforstung	R 2004	Solid F 9
Durchforstung Endnutzung	R 5005	Solid F 12

3. Algorithme der Leistungsnorm zu bauen

# Beschreibung der Methode

Den Arbeitszyklus des Forwarders kann man in 3 Phasen abteilen:

## **Aufladen**

- die Messung wurde auf den durch einen Harvester bearbeitenden Probeflächen und auch bei dem gewöhnlichen Betriebseinsatz außerhalb die Probeflächen

## **Fahrt**

- die Geschwindigkeit der Fahrt wurde auf den Strecken mit bekannter Länge gemessen

## **Abladen**

- die Zeitaufwand bei der Abladen wurde dem gewöhnlichen Betriebseinsatz gemessen

## Einzelheiten der Methode

- Alle Schätzungen wurden nur mit erfahrenen Operatoren der Forstmaschinen mit Einarbeitungszeit mehr als 2 Jahre erfolgt
- Gewonnene Daten wurden danach durch die Korrelations- und Regressionsanalyse mittels spezielles statistisches Programm ADSTAT bearbeitet
- Regressionsgleichungen waren für die Zeitaufwand bei dem Aufladen und Abladen des Holzes zusammengestellt
- Mittelwerte der Zeitaufwand der Fahrt waren gesucht

# Ergebnisse

Auf dem Grunde der Draußenschätzung und der folgenden Bearbeitung wurde eine mathematische Applikation im Programm MS Excel zusammengestellt.

Die Applikation nutzt für die Rechnung der Leistung des Forwarders die Regressionsgleichungen und einige logischen Limite aus, die weiter beschrieben sind.

# Zeitaufwand des Aufladens

Operator des Forwarders kann sich zwischen 2 Arbeitsverfahren entscheiden:

1. **Gleichzeitige** Holzbringung aller Sortimente mit nachfolgender Sortierung auf dem Abladeplatz
2. **Getrennte** Sortimentbringung ohne Notwendigkeit der Sortierung auf dem Abladeplatz

Die **Zeitaufwand des Aufladens** kann man **bei beiden Verfahren** ausdrücken:

$$t_{n \text{ m}3} = 17,5 * V_v^{-0,77} + 300,6 * V_s^{-0,88} \quad [\text{s/m}^3 \text{ o.R.}]$$

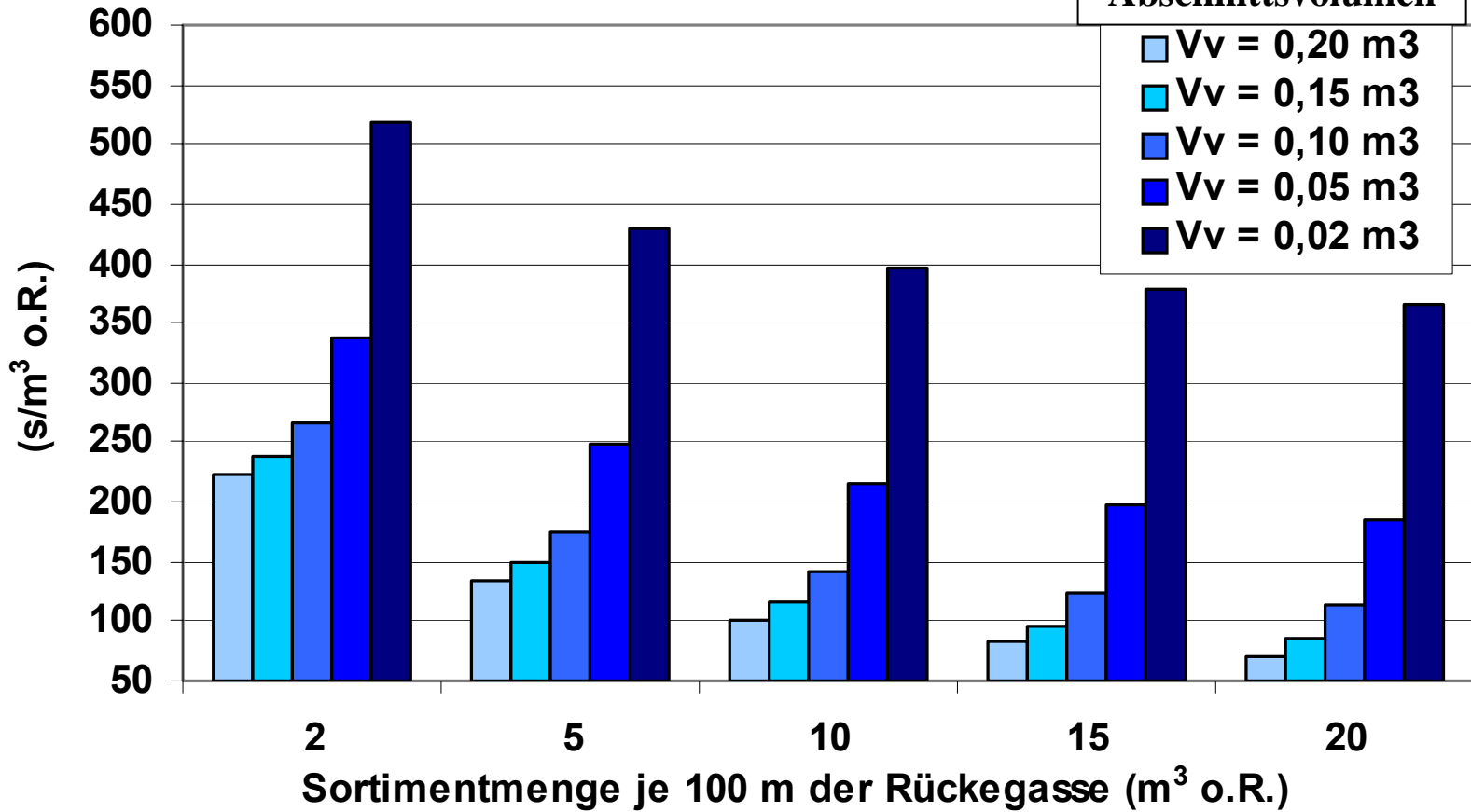
$t_{n \text{ m}3}$  – **Zeitaufwand bei Aufladen (s/m<sup>3</sup> o.R.)**

$V_v$  – **Durchschnittsvolumen des Sortimentabschnitts (m<sup>3</sup> o.R.)**

$V_{s100}$  – **Sortimentmenge je 100 m der Rückegasse (m<sup>3</sup> o.R.)**

## Aufladezeit

### Abschnittsvolumen



# Zeitaufwand der Fahrt

Die Zeitaufwand ist dieselbe für die Fahrt des Forwarders mit oder ohne Last:

$$t_{1j} = \{[(l - l_c) * t_l + l_c * t_c] / 100\} * 2 \quad [\text{s/1 Fahrt}]$$

$t_{1j}$  – Zeit für *Bringung je Ladung* (s/1 Fahrt)

$l$  – *Gesamtrückeentfernung* (m)

$l_c$  – *Rückeentfernung auf dem Rückeweg* (m)

$t_c$  – *Zeit für gefahrene 100 m auf dem Rückeweg*  
(durchschnittlicher Wert – Median - ca 70 s)

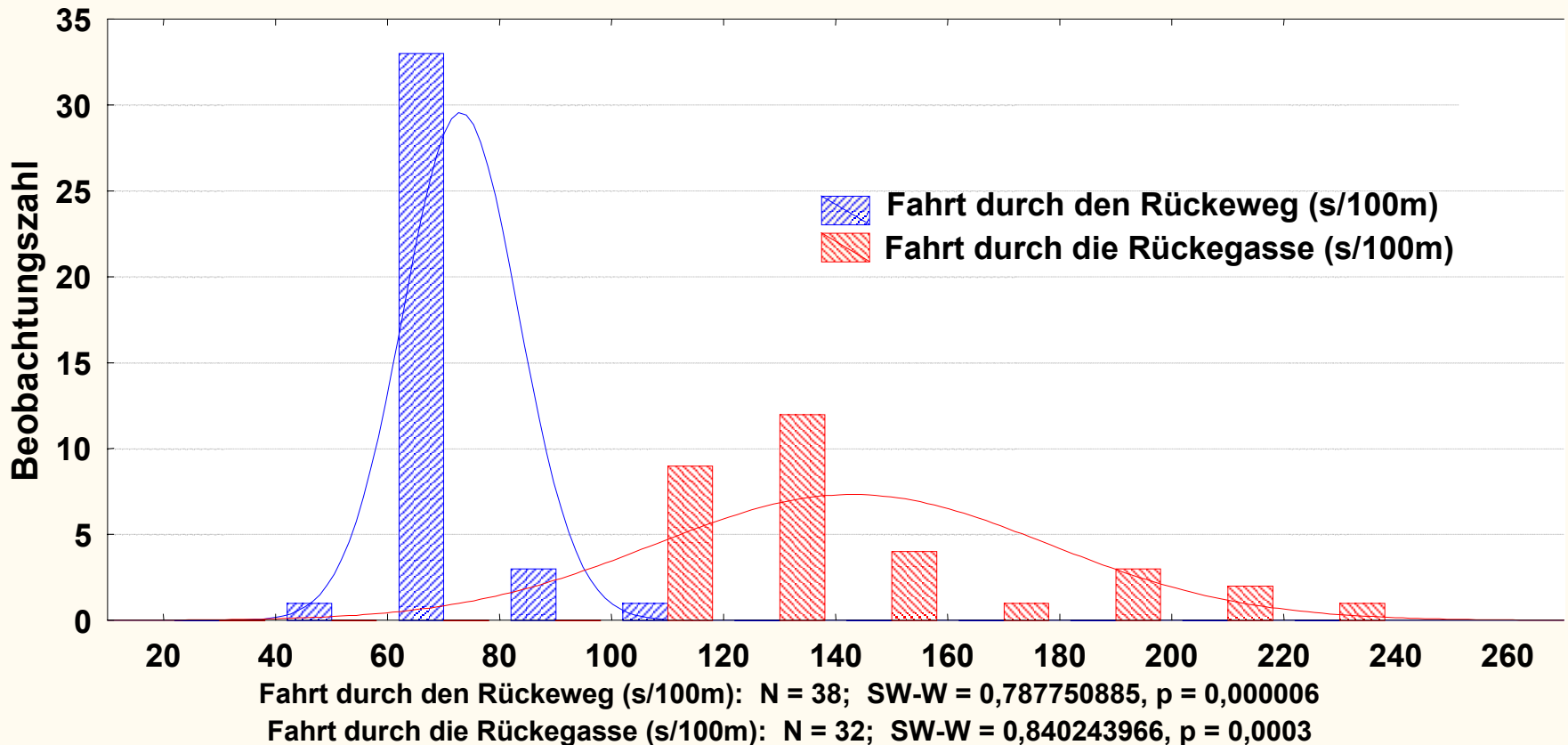
$t_l$  – *Zeit für gefahrene 100 m auf der Rückegasse*  
(durchschnittlicher Wert – nach der Dateitransformation  
- ca 140 s)

# Zeitaufwand der Fahrt (Dateien haben keine normale Verteilung)

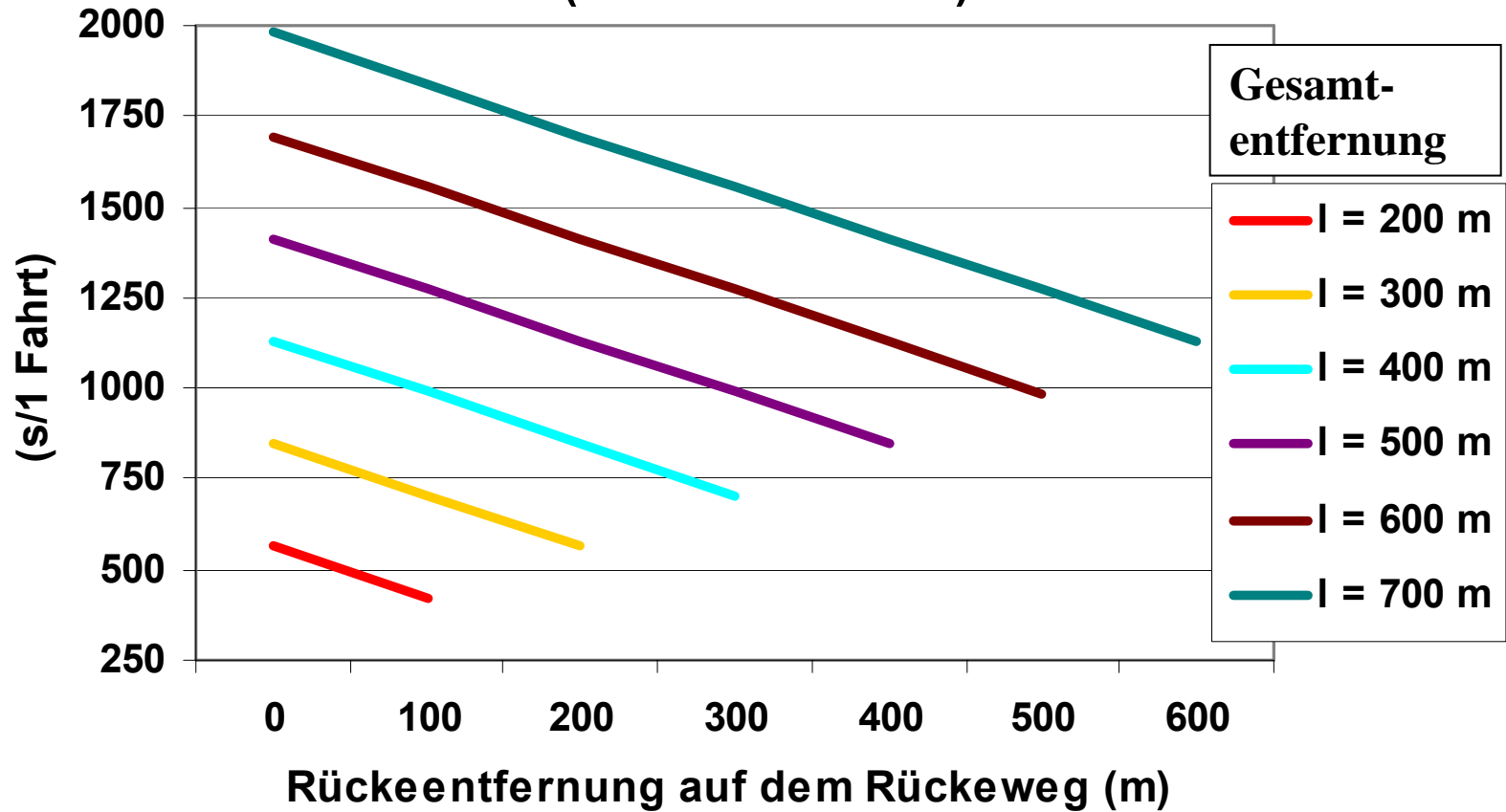
**Histogram** (Solid F 9 - Fahrt 2v\*38c)

Fahrt durch den Rückeweg (s/100m) =  $38 \cdot 20 \cdot \text{normal}(x; 72,7436; 10,2581)$

Fahrt durch die Rückegasse (s/100m) =  $32 \cdot 20 \cdot \text{normal}(x; 142,213; 34,8402)$



## Zeitaufwand bei der Bringung je Ladung (dort und zurück)



## Praktische Erkenntnisse zur Fahrt bei der Bringung:

- **Fahrtzahl für Bringung** der konstanten Holzmenge hängt von der Länge der erzeugten Abschnitte ab
- **Hinter die Abschnitte** von Länge **mehr als 3 m** ist es **nicht möglich weitere Abschnitte** einzubringen und der Fahrkorb ist nicht völlig ausgenutzt (Abbildung rechts)
- **Vor die Abschnitte** mit der Länge **2,5 m** ist es **möglich nur kurze Abschnitte** von **2 m** Länge einzubringen
- **Zwei Sortiment** mit Länge 2 m oder ein Sortiment mit Länge 2 m und ein mit Länge 2,5 m ist es möglich **zusammen ohne eine Untermischung** zu bringen (Abbildung links)



# Zeitaufwand des Abladens

Die Zeitaufwand enthält die Zeit eigenes Abladen und die Zeit kurzer Überfahrten zwischen Holzstapel:

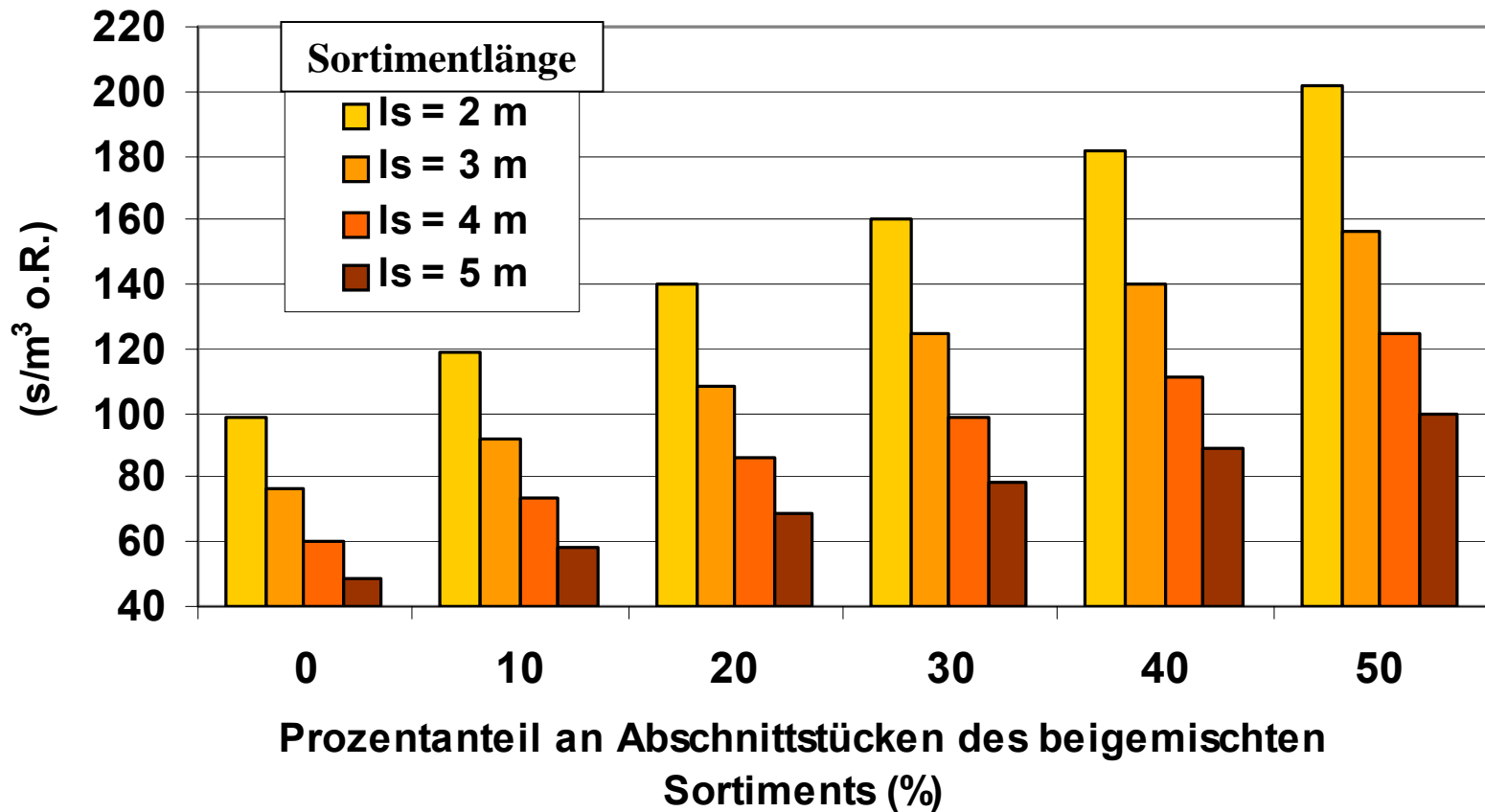
$$t_{skl\ m3} = [136,1 - 54,52 * \ln(l_s)] * (1 + 2,11 * p_s / 100) \quad [s/m^3\ o.R.]$$

$t_{skl\ m3}$  – Zeitaufwand des Abladens (s/m<sup>3</sup> o.R.)

$l_s$  – Sortimentlänge (m)

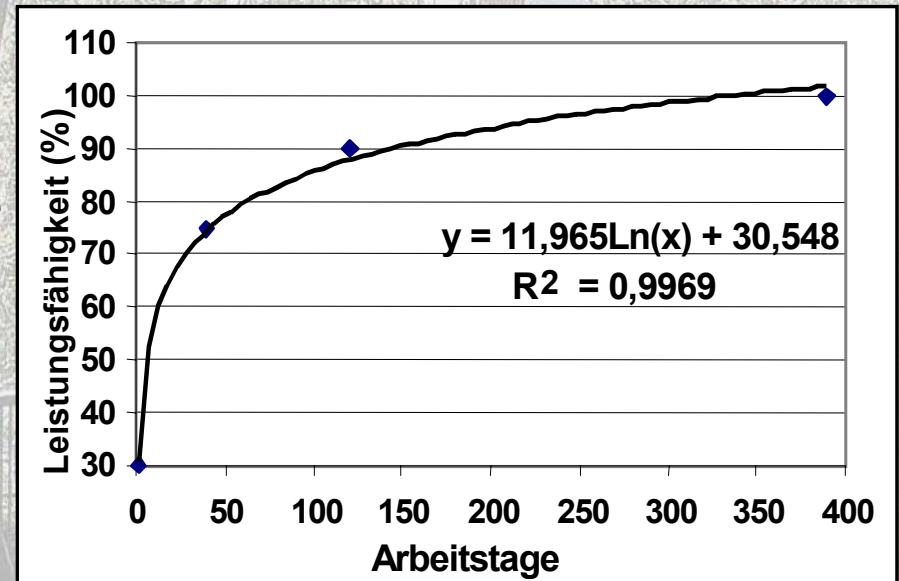
$p_s$  – Prozentanteil an Abschnittstücken des beigemischten Sortiments ( $p_s = 0$  bis 50 %)

## Abladezeit



## Weitere wichtige Bemerkungen für die Konstruktion der Excelsapplikation:

- Operator des Harvesters hat nach bekannten Ergebnissen podle známých výsledků 100 % Leistung ca 350 Arbeitstage (Abbildung rechts).
- Deshalb ist die Zeit des Aufladens und Abladens beim Forwarder nach der auf der Abbildung eingeführten Gleichung korrigiert.
- Sehr wichtig ist auch die Feststellung der Zeit der Reinarbeit.
- Es ist besser bei der gruppenweisen Baumartenmischung, die Norm für homogene Bestandesteile zu erstellen.
- Die Ursache des Unterschiedes zwischen der Leistung bei einzelnen Forwarders ist in der Grösse der Ladefläche. Forwarder Solid F 12 ist fähig, gleiche Holzmenge mit kleinerer Fahrtzahl bringen.



# Zusammenfassung

## Mathematischer Modell der Leistungsfähigkeit

### arbeitet mit:

#### Faktorengruppe „Mensch“

- Operators Einarbeitung

#### Faktorengruppe „Maschine“

- Grösse der Ladefläche (Laderaumes)

#### Faktorengruppe „Natur- und Arbeitsbedingungen“

- Zusammensetzung der Sortimente
- Rückeabstand und Ruckeentfernung
- Geländecharakter
- Aussortierung des beigemischten Sortiments

### arbeitet nicht mit:

#### Faktorengruppe „Mensch“

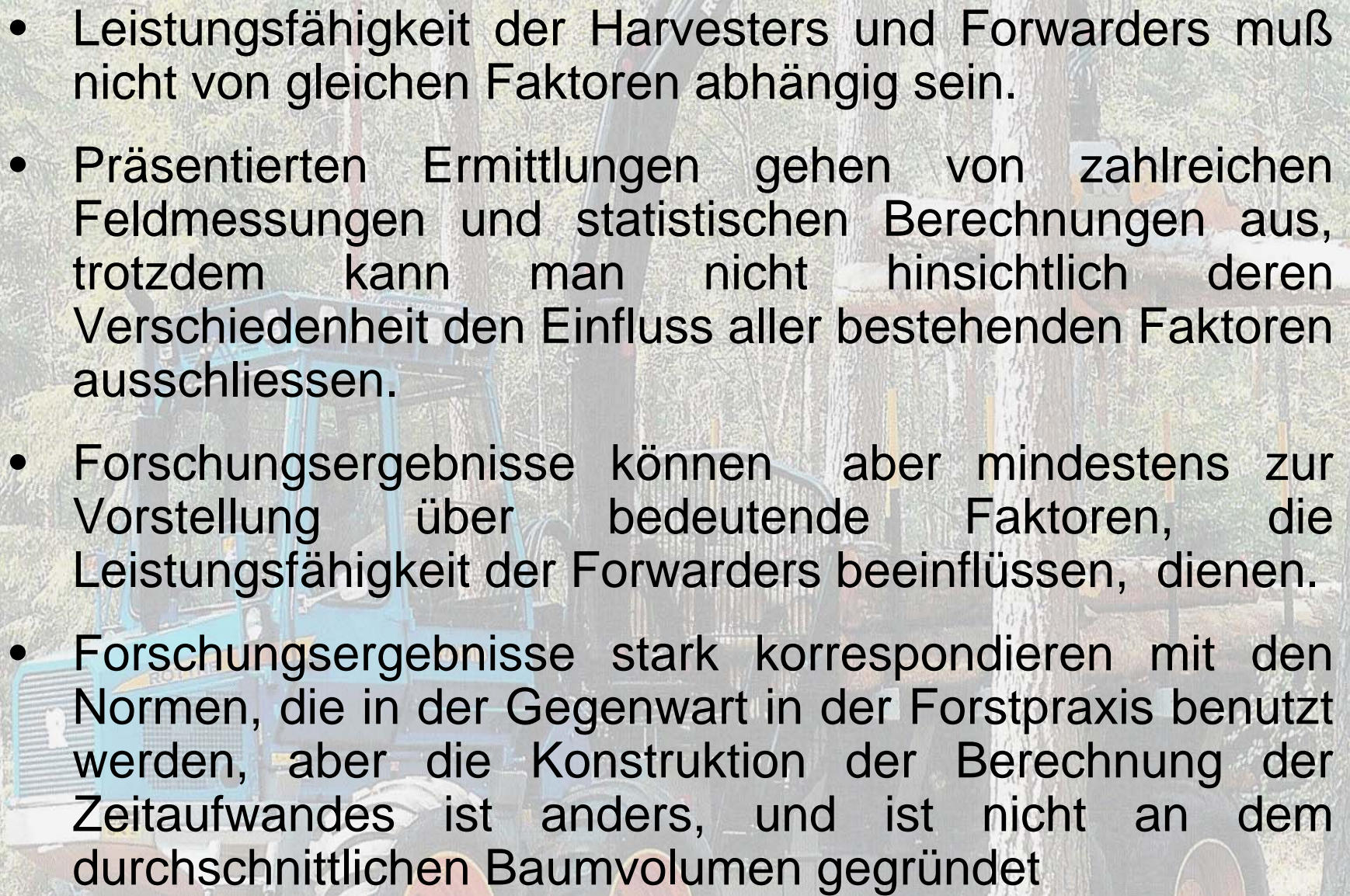
- Andere Menschfähigkeiten

#### Faktorengruppe „Maschine“

- Greifergrösse, Geschwindigkeit seiner Bewegung und Hubkraftgrösse des Kranes

#### Faktorengruppe „Natur- und Arbeitsbedingungen“

- Qualität der Aussortierung
- Nachtarbeit
- Jahreszeit und Wetterbedingungen
- Tragfähigkeit der Bodenoberfläche
- Anordnung des Holzabladeplatzes

- 
- Leistungsfähigkeit der Harvester und Forwarders muß nicht von gleichen Faktoren abhängig sein.
  - Präsentierten Ermittlungen gehen von zahlreichen Feldmessungen und statistischen Berechnungen aus, trotzdem kann man nicht hinsichtlich deren Verschiedenheit den Einfluss aller bestehenden Faktoren ausschliessen.
  - Forschungsergebnisse können aber mindestens zur Vorstellung über bedeutende Faktoren, die Leistungsfähigkeit der Forwarders beeinflussen, dienen.
  - Forschungsergebnisse stark korrespondieren mit den Normen, die in der Gegenwart in der Forstpraxis benutzt werden, aber die Konstruktion der Berechnung der Zeitaufwandes ist anders, und ist nicht an dem durchschnittlichen Baumvolumen gegründet

A blue Rottne Rapid skidder is shown in a forest setting. The machine is equipped with a large log grapple and is carrying a large log on its platform. The background consists of tall, thin trees, likely a coniferous forest. The text "ROTTNE" is visible on the side of the machine's boom and on the front grille. The word "RAPID" is also visible on the side of the machine's body.

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit.**

*Der Beitrag wurde aufgrund der Ergebnisse zur Lösung des Forschungsvorhabens Nr. CEZ: MSM 434100005 „Dauerhaft auferhaltbare Wald- und Landschaftsbewirtschaftung. Von Konzeption zur Realisierung“ erstellt.*

## Leistungsfähigkeit der Forwarders Solid F 9 und F

Leistungsfähigkeit der Forwarders Solid F 9 und F								
Nutzungshöhe	Bestandsfläche	Abstand der Rückegassen	Ladefläche	Umrechnungsfaktor	Rückebstand	Rückebstand auf den Rückewegen	Zeit der Reinarbeit	Einarbeitung des Bedienungsmannes
(m <sup>3</sup> o.R.)	(ha)	(m)	(m <sup>2</sup> )		(m)	(m)	(min/St)	(Arbeitstage)
500	1	8	3,6	0,64	300	100	45	450
Sortimentlänge	Sortimentzahl	Vertretung der einzelnen Sortimente		Durchschnittsvolumen des Sortimentabschnitts	Sortimentmenge bei der Rückegasse	Aufladezeit		Fahrtzahl
(m)	(Stk)	(%)	(m <sup>3</sup> o.R.)	(m <sup>3</sup> o.R.)	o.R./100m	(s/m <sup>3</sup> o.R.)	(s/Sort.)	55,0
2	2	30	150	0,025	12,0	333	50001	16,3
2,5	0	0	0	0				0,0
3	1	0	0	0	28,0	91	31988	38,0
4	1	70	350	0,15	0,0	#DIV/0!	0	0,0
4	1	0	0	0				
<b>Gesamt</b>							<b>81990</b>	<b>38863</b>

**1:**

<b>Gesamtzeit der Arbeit</b>	<b>Zeit für Bestand</b>	<b>Stundeleistung</b>
(s)	(St)	(m <sup>3</sup> o.R./St)
<b>180570</b>	<b>66,9</b>	<b>7,48</b>
<b>Abladen</b>	<b>Sortierung der anderen Sortimente</b>	<b>Abladezeit</b>
(s/m <sup>3</sup> o.R.)	(% Stk)	(s/Sort.)
109	5	16295
86	0	0
76	0	0
124	50	43423
61	0	0
		<b>59717</b>