



Hochschule
für nachhaltige Entwicklung
Eberswalde

Mit der Natur für den Menschen. Seit 190 Jahren.

Zeitstudien

Dr. Benjamin Engler
Professur für Waldarbeit, Verfahrenstechnik und Walderschließung

FOWI Waldarbeit und Verfahrenstechnologie | 18. Oktober 2024





Lernziele

- Erlangen von Kenntnissen über Zeitstudienkonzepte und wesentlicher Bestandteile
- Einführung in die Durchführung und Auswertung von Zeitstudien
- Identifizierung und Einordnung von Einflussfaktoren



Einführung und Begriffserklärung



Auswahl und Bewertung von Holzernteverfahren

Kriterien/ Dimensionen nach **Sustainable Forest Operations** (Marchi et al. 2018)

| **Ökonomie** (Economy)

- Kosten, Effizienz, Erlöse, ...

| **Ökologie** (Ecology)

- Bodenschäden, Schäden am verbleibenden Bestand, CO₂ Emissionen, Förderung der Biodiversität, ...

| **Ergonomie** (Ergonomics)

- Physische und psychische Arbeitsbelastung, Arbeitskrankheiten, Unfälle, ...

| **Mensch und Gesellschaft** (People and Society)

- Interessen lokaler/ indigener Bevölkerung, Akzeptanz, Arbeitsplätze, ...

| **Qualitätsoptimierung** (Quality optimization)

- Ausbeute, Wertschöpfung, ...
- Für eine gute Planung ist eine detaillierte Datengrundlage notwendig





Zeitstudie

„The measurement, classification and subsequent systematic and critical analysis of time consumption in work, with the purpose of **increasing the efficiency** of the study object by eliminating **useless time consumption**.“

Björheden and Thompson, 1995



Ziele der Zeitstudie

- | Beurteilung von Arbeitsverfahren nach Produktivität und Kosten
- | Arbeitsplanung:
 - | Jährlich, saisonal
 - | Betriebsplanung
 - | Ressourcenplanung

- | Bewertung von Arbeitern (Akkordlohn)
- | Vergleich von Verfahren und Arbeitssituationen, Verbesserung der Arbeitsgestaltung, Optimierung von Prozessen

- | Reproduzierbarkeit von Ergebnissen
- | Verallgemeinerung von Zeiten/ Ergebnissen



Arbeitsgestaltung und Betriebsorganisation

Arbeitsgestaltung

- Ist das Schaffen eines aufgabengerechten, möglichst optimalen Zusammenwirkens von arbeitenden Menschen, Betriebsmitteln und Arbeitsgegenständen durch zweckmäßige Organisation von Arbeitssystemen unter Beachtung der menschlichen Leistungsfähigkeit und Bedürfnisse.
- Im besonderen besteht die Arbeitsgestaltung in der **Neuentwicklung oder Verbesserung von Arbeitsverfahren, Arbeitsmethoden und Arbeitsbedingungen**, von Arbeitsplätzen, Maschinen, Werkzeugen, Hilfsmitteln sowie in der ablaufgerechten Gestaltung von Arbeitsgegenständen.

Betriebsorganisation

- Umfasst die **Planung, Gestaltung und Steuerung von Arbeitssystemen** einschließlich der dazu erforderlichen Datenermittlung mit dem Ziel der Schaffung eines wirtschaftlichen und humanen Betriebsgeschehens



Richtlinien/ Standards für Zeitstudien

- **IUFRO: Forest work study nomenclature** (*Björheden and Thompson, 1995*)
- http://www.iufro.org/.../IUFRO_WorkStudyNomenclature

- **REFA-Branchenorganisation Forstwirtschaft**
- <http://www.refa.de/wir/fach-branchenorganisationen/forstwirtschaft>

- **South African Forest Industry**
- [http://www.icfr.ukzn.ac.za/site2/icfrfiles/publication/FESA/Time Study Guidelines First EditionF.pdf](http://www.icfr.ukzn.ac.za/site2/icfrfiles/publication/FESA/Time%20Study%20Guidelines%20First%20EditionF.pdf)



Datenarten und Kategorien





Datenarten und Kategorien



- | Abschnitts- oder zyklenweise anfallende **Zeit** (h/ min/ s)
- | Größen auf die sich die Zeit bezieht, entspr. **Bezugsgröße** oder auch Arbeitsergebnis (m³)
- | Größen die außerhalb des Arbeitsgegenstandes die Leistung beeinflussen, **Einflussgrößen bzw. Arbeitsbedingungen**



Formen von Zeitstudien

Cross time study (Brutto-/ Gesamtzeitstudie)

- Meist durch Selbstaufschrieb oder Maschinenprotokoll, i.d.R. bezogen auf Tagesleistung

Elementary time study (Element Zeitstudie)

- Bezogen auf einzelne Aktivitäten/ Elemente, i.d.R. durch Beobachtung; Einzelzeitverfahren, Forstschrittzeitverfahren, Multimomentverfahren



Bewertung Cross time study

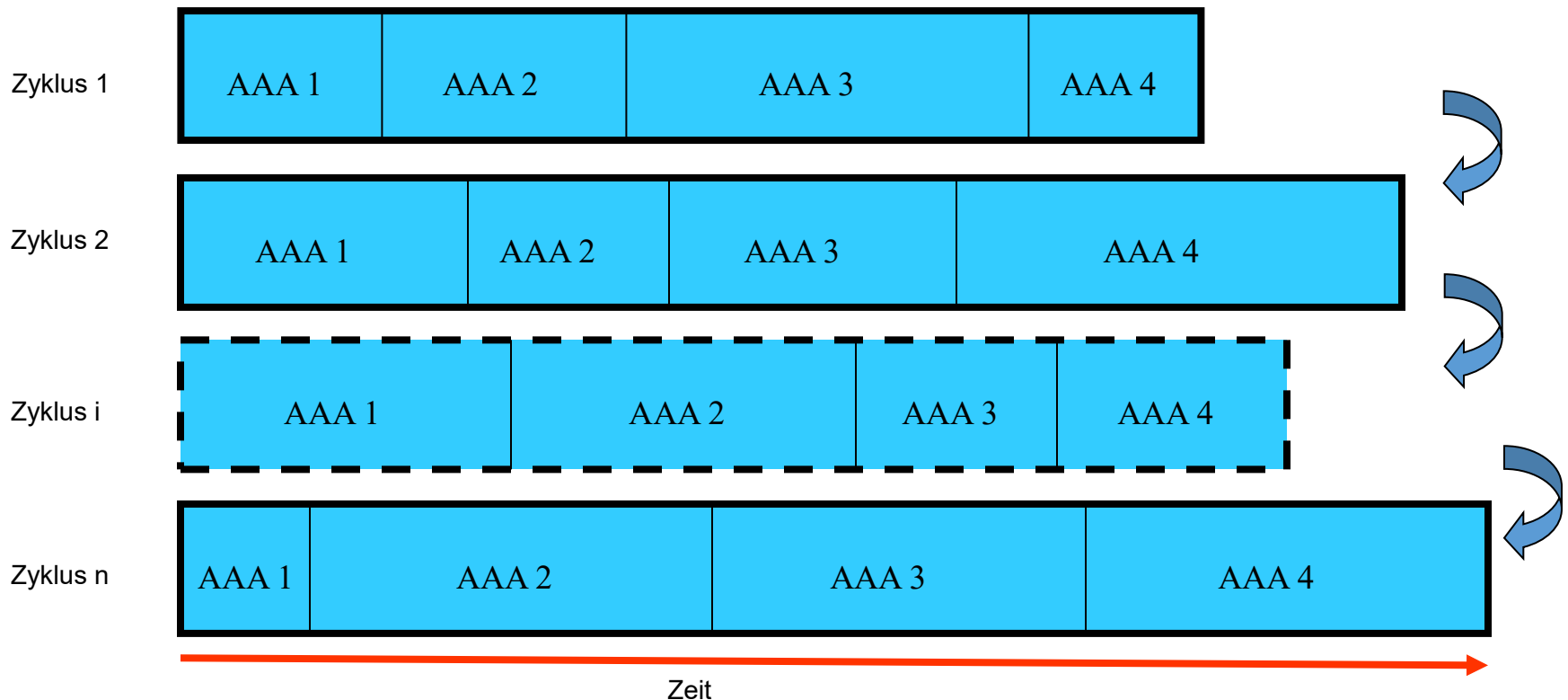
- + Geringer Zeit-/ Arbeitsaufwand der Aufnahme
- + Geringe Kosten
- + Einfache Auswertung der Daten
- + Schneller Vergleich von Maschinen/ Verfahren
- + Großer Datenpool möglich
- + Big data/ data mining möglich

- Keine detaillierten Angaben
- Nur eingeschränkte Rückschlüsse auf Einflussgrößen
- Geringe Aussagekraft



Arbeitsablaufabschnitte/ Aktivitäten

| Arbeitsablaufabschnitte/ Aktivitäten/ Prozessschritte bezeichnen **klar abtrennbare Arbeitsabläufe**





Zyklen

- | Zyklen bezeichnen ggf. mehrere Aktivitäten, die sich **systematisch wiederholen**
- | Aktivitäten, die sich nicht systematisch wiederholen, können in ihrem Zeitbedarf nicht verallgemeinert werden

Quiz+

Gliedern Sie die Arbeit ‚Fällen und Aufarbeiten mit einem Harvester‘ in sinnvolle Arbeitsablaufabschnitte.





Harvester Fällern mit Komatsu C144



Source: Komatsu 2022



Harvester Entasten mit Komatsu C144



Bild: Komatsu 2022



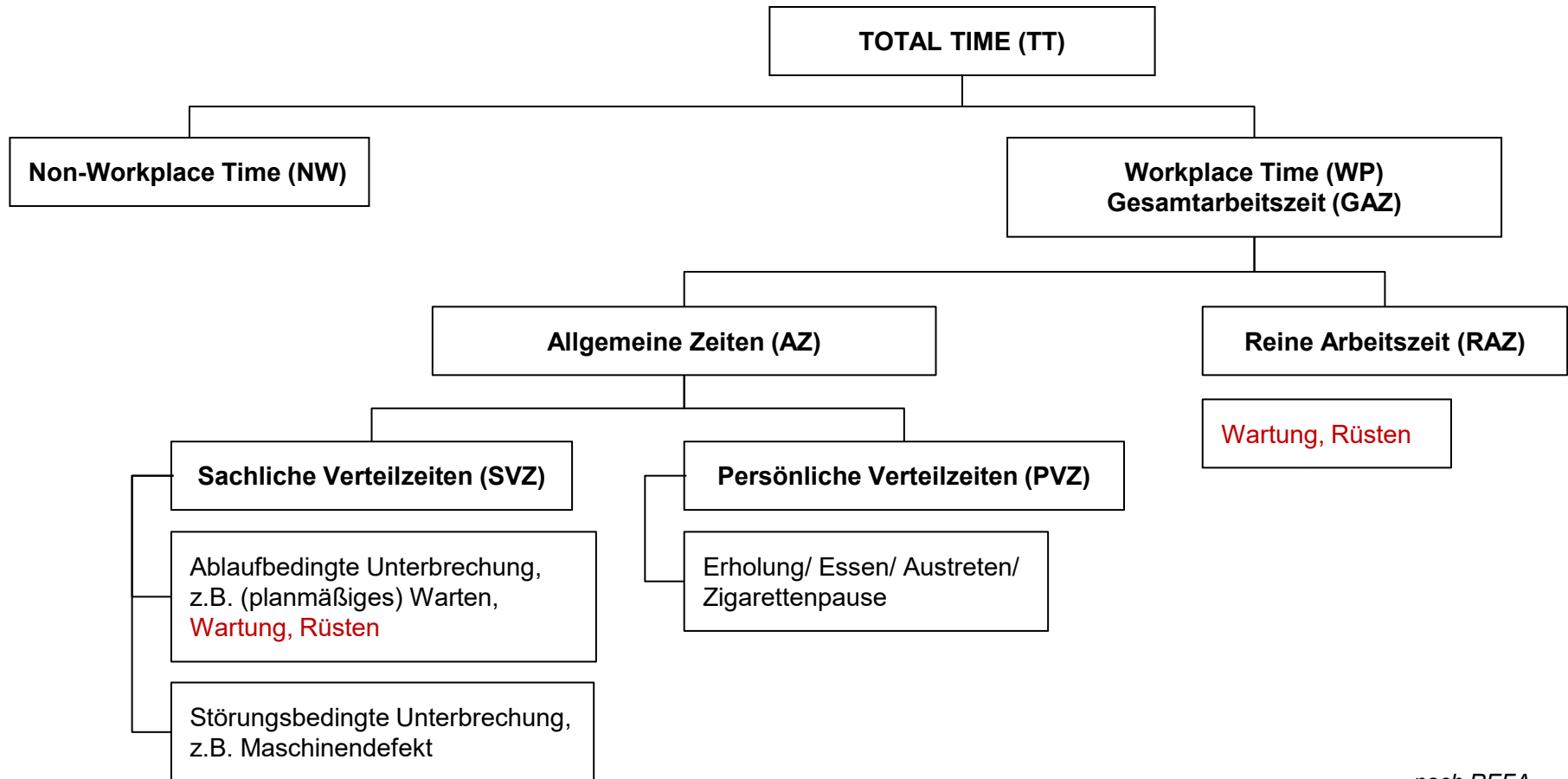
Harvester Einschneiden und Zopfen mit Komatsu C144



Source: Komatsu 2022



Zeit Einteilungen nach REFA



nach REFA

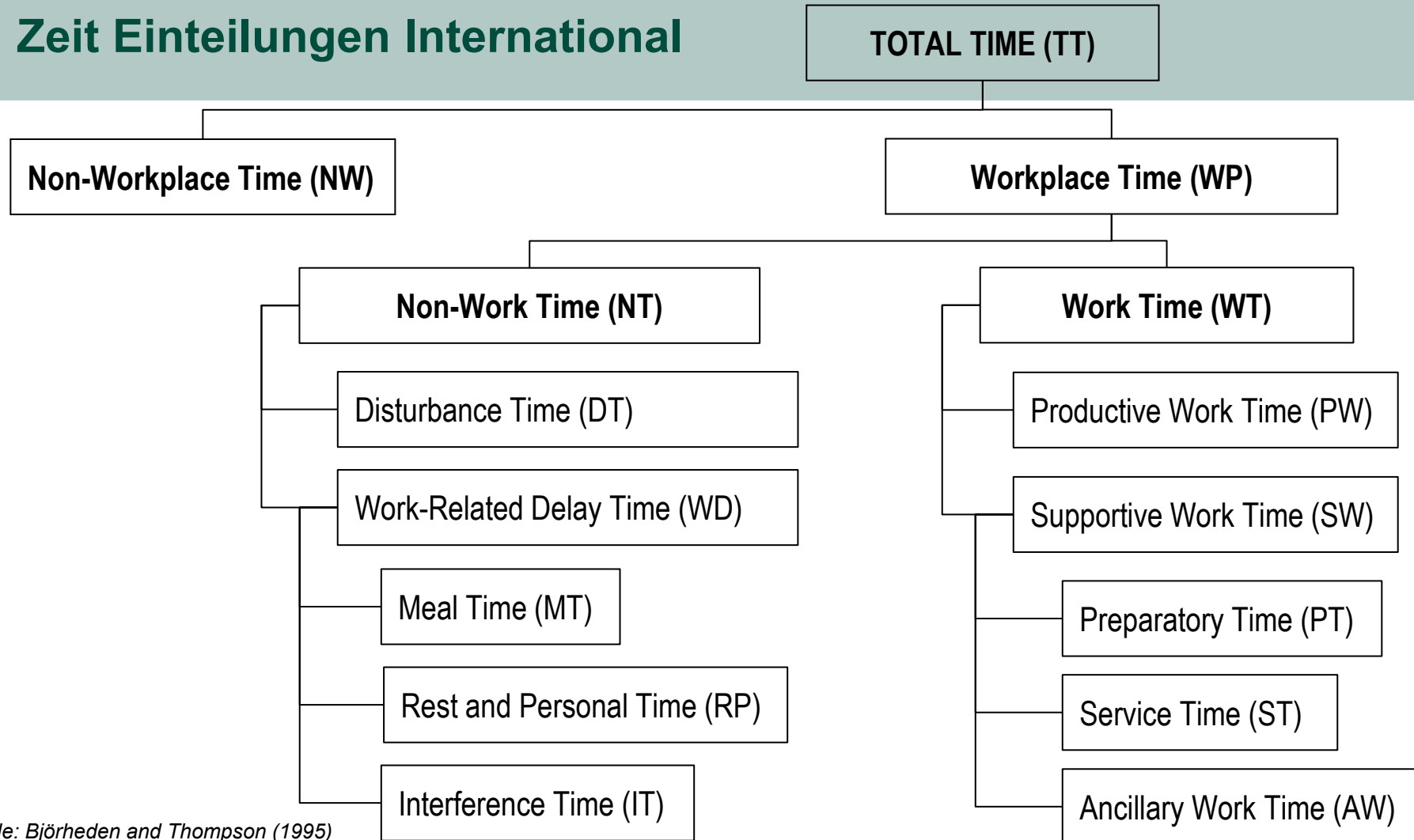


Ablaufarten für den Menschen





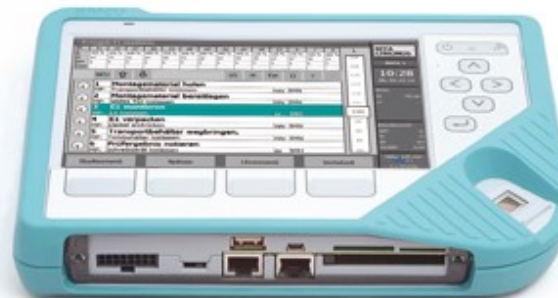
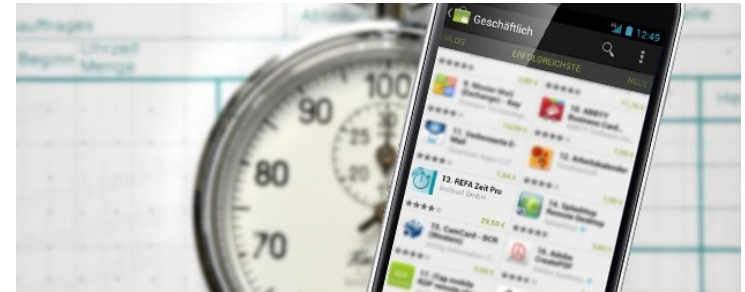
Zeit Einteilungen International



Quelle: Björheden and Thompson (1995)



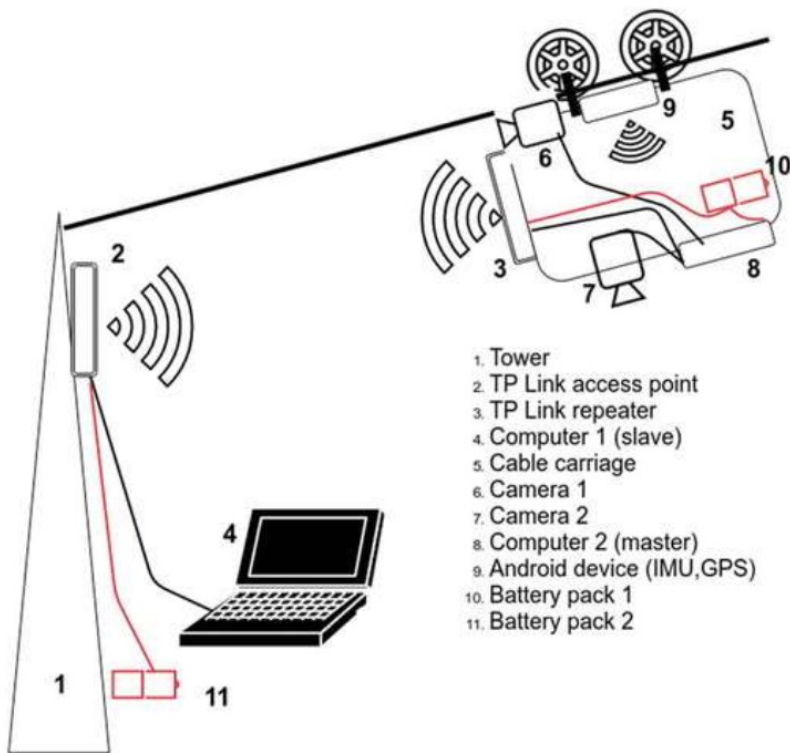
Messinstrumente



Quelle: REFA.de; Drigus 2011



Messinstrumente



Quelle: GS Global Resources Inc. 2017; JD Co. 2016; Pierzchala et al. 2017

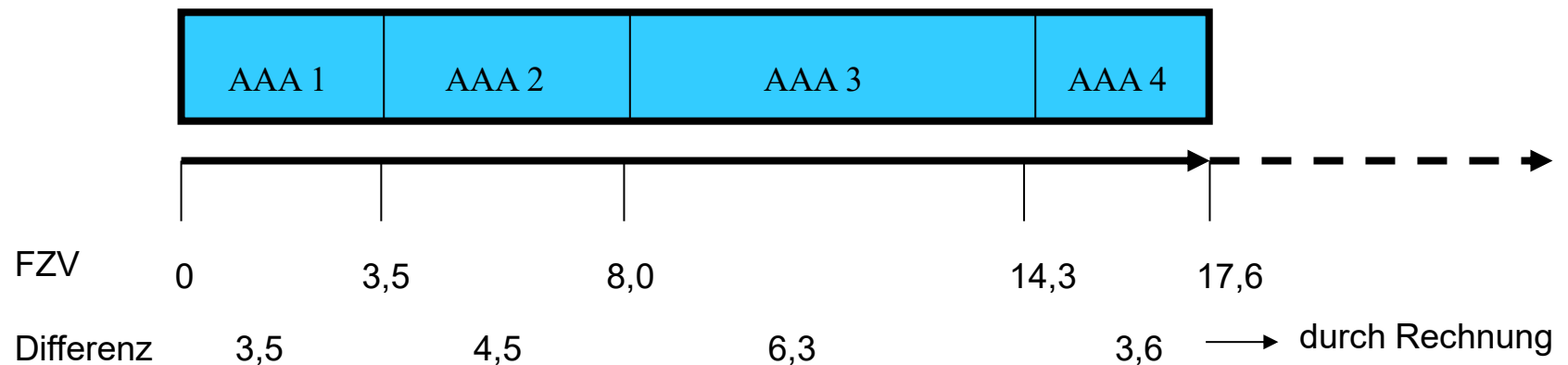


Zeitstudienverfahren



Fortschrittszeitverfahren (FZV)

- Zu jedem Messpunkt wird der aktuelle Uhrenstand registriert bzw. die Zeitdauer aufgenommen
 - Die Dauer der Ablaufabschnitte wird durch Differenzenbildung errechnet
 - Zyklus-Nr. und AAA-Kürzel müssen nach der Zeiterfassung registriert werden
- + Der Arbeitsablauf der gesamten Studie ist rekonstruierbar
- Konzentrativ belastend, aufwändig





Einzelzeitverfahren (EZV)

- Je Arbeitsabschnitt wird ein ‚Konto‘ angelegt (Spalte einer Tabelle)
 - Die Dauer einer Aktivität wird in das jeweilige Konto eingetragen
- + Einfache, schnelle Datenauswertung/ Vergleich
- Der Arbeitsablauf ist nicht mehr rekonstruierbar






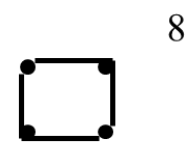
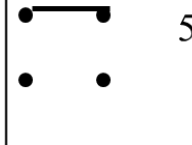
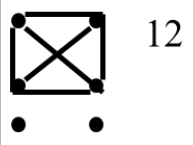
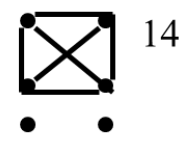
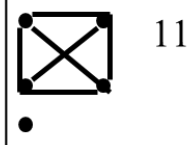




Multimomentverfahren (MMV)

- Je Arbeitsabschnitt wird ein ‚Konto‘ angelegt (Spalte einer Tabelle)
 - In konstanten Zeitintervallen wird eine Häufigkeitsliste erstellt
 - Die Summe der Häufigkeitsnotizen, multipliziert mit der gesetzten Intervalldauer ergibt den Zeitbedarf bzw. prozentualen Anteil
 - Übliche Intervalle sind 10/100 - 25/100 - 50/100
-
- + Leicht erlernbar
 - + Mit jeder Uhr (mit Sekundenzeiger) durchzuführen
 - + Parallelstudien (z. B. Mensch und Betriebsmittel) möglich
 - Arbeitsablauf nicht rekonstruierbar
 - Bei sehr kurzen Ablaufabschnitten ‚übersehen‘ von Aktivitäten
 - Eine wahrscheinlichkeitstheoretisch orientierte Statistik nicht mehr möglich



Multimomentverfahren (MMV)

AAA	Zyklus 1	Zyklus 2	... ->	Zyklus 300	
Fällen	 3	 8	... ->	 5	1.600 pts.
Entasten	 12	 14	... ->	 11	4.800 pts.
Zopfen	0	 1	... ->	 1	160 pts.

Intervall: 25/100 min



Multimomentverfahren (MMV)

AAA	Zeit gesamt [min]	Zeit gesamt [min]	Mittlere Zeit [min/ Baum] bei n = 300	Anteil [%]
Fällen	1.600 x 25/100	400	1,33	24,4
Entasten	4.800 x 25/100	1.200	4,00	73,3
Zopfen	160 x 25/100	40	0,13	2,4
Dauer der ZS		27,3 h		



Durchführung einer Zeitstudie

- Flächenauswahl
- Referenzgrößen bestimmen
- Verfahren wählen (ggf. Vorstudie)
- Ablaufabschnitte festlegen
- Einflussfaktoren bestimmen

- Datenaufnahme
- Einflussfaktoren notieren
- Referenzgrößen bestimmen
- Datenauswertung



Durchführung einer Zeitstudie

- Flächenauswahl
- Referenzgrößen ...
- Einflussgrößen ...





Durchführung einer Zeitstudie

- Flächenauswahl
- Referenzgrößen ... Anzahl Bäume, Stehender Vorrat, geerntete Holzmenge
- Einflussgrößen ... Hangneigung, Unterwuchs, Wetterbedingungen, Baumvolumen (BHD)





Durchführung einer Zeitstudie

- Flächenauswahl ok
- Referenzgrößen bestimmen ok
- Verfahren wählen (ggf. Vorstudie)
- Ablaufabschnitte festlegen
- Einflussfaktoren bestimmen ok

- Datenaufnahme
- Einflussfaktoren notieren
- Referenzgrößen bestimmen
- Datenauswertung



Festlegen Arbeitsablaufabschnitte und Grenzen (break point)

Arbeitsablaufschritt	Tätigkeit	Beginn des Arbeitsablaufschrittes	Ende des Arbeitsablaufschrittes
AS Vegetation entfernen	Entfernen der Begleitvegetation konzentrisch um einen Baum mittels Hefpe	Erster Schlag mit der Hefpe	Tätigkeit beendet und Beginn einer neuen Tätigkeit
AS fällen	Zu Fall bringen des Baumes	Ansetzen der Motorsäge für Fällkerb	Krone schlägt auf Boden auf
AS manipulieren	Manipulieren der Holzabschnitte oder des Reisig	Hand berührt Holzabschnitt	Hand verlässt den Holzabschnitt
AS orientieren	Stillstehen und explizites um sich Blicken	Stillstehen des Arbeiters	Bewegen des Arbeiters
AS markieren	Einteilen des Schaftes in Abschnitte und markieren mittels Kreide	Nagel berührt die Stirnseite des Schaftes	Bewegen/ Verlassen des Schaftes





Übung Arbeitsablaufabschnitte

Element	Break point	Data to record
Travel unloaded (on forest road and in-field)	Start moving – grapple starts moving	Time and distance traveled
Loading	Grapple starts moving – grapple comes to rest after last log	Time, No. of logs (per grapple and total), log specific volume
Travel loaded in-field	Grapple comes to rest after last log – forwarder enters the forest road	Time and distance traveled
Travel loaded on forest road	Forwarder enters forest road – grapple starts moving for unloading	Time and distance traveled
Unloading at landing (can be further subdivided)	Grapple starts moving for unloading – empty forwarder starts moving	Time, distance between stops, No. of logs unloaded per grapple and stop



Durchführung einer Zeitstudie

- Flächenauswahl ok
- Referenzgrößen bestimmen ok
- Verfahren wählen (ggf. Vorstudie) ok
- Ablaufabschnitte festlegen ok
- Einflussfaktoren bestimmen ok

- Datenaufnahme
- Einflussfaktoren notieren
- Referenzgrößen bestimmen
- Datenauswertung



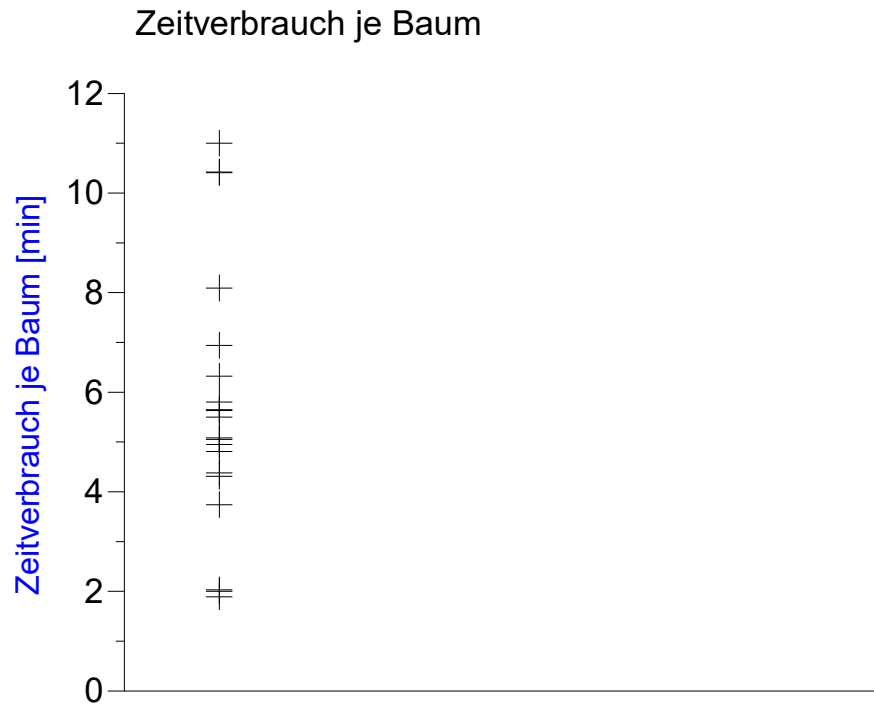
Beispiel Tabellenblatt

Daten einer fingierten Zeitstudie: Fällung und Aufarbeitung von Buchenstammholz, lang, Zopf 10 m. R.

B.-Nr.	Zeitverbr. [min]	Leistungs- grad	BHD [cm]	Mitten- Durchm. [cm o.R.]	Länge [m]	Stück- volumen [m ³ (f)]	Hang-%
1	4,95	100	14	12	8,6	0,097	6
2	5,05	100	16	13	9,6	0,127	15
3	10,41	110	37	23	19,1	0,793	8
4	6,94	120	37	23	19,1	0,793	0
5	10,42	90	29	19	15,8	0,448	15
6	8,09	110	28	18	14,8	0,377	11
7	5,80	100	27	18	14,8	0,375	0
8	5,65	100	23	16	12,7	0,255	12
9	4,81	100	17	13	9,6	0,127	1
10	4,38	95	16	13	9,6	0,127	2
11	6,32	85	17	13	9,6	0,127	12
12	5,08	95	14	12	8,6	0,097	11
13	4,31	110	28	18	14,8	0,376	2
14	3,74	110	20	15	11,7	0,207	0
15	1,89	125	15	12	8,6	0,097	0
16	2,00	130	16	13	9,6	0,127	0
17	2,03	135	20	15	11,7	0,206	3
18	11,00	90	35	22	18,9	0,718	14
19	5,63	100	24	17	13,7	0,317	7
20	5,50	100	28	18	14,8	0,376	4



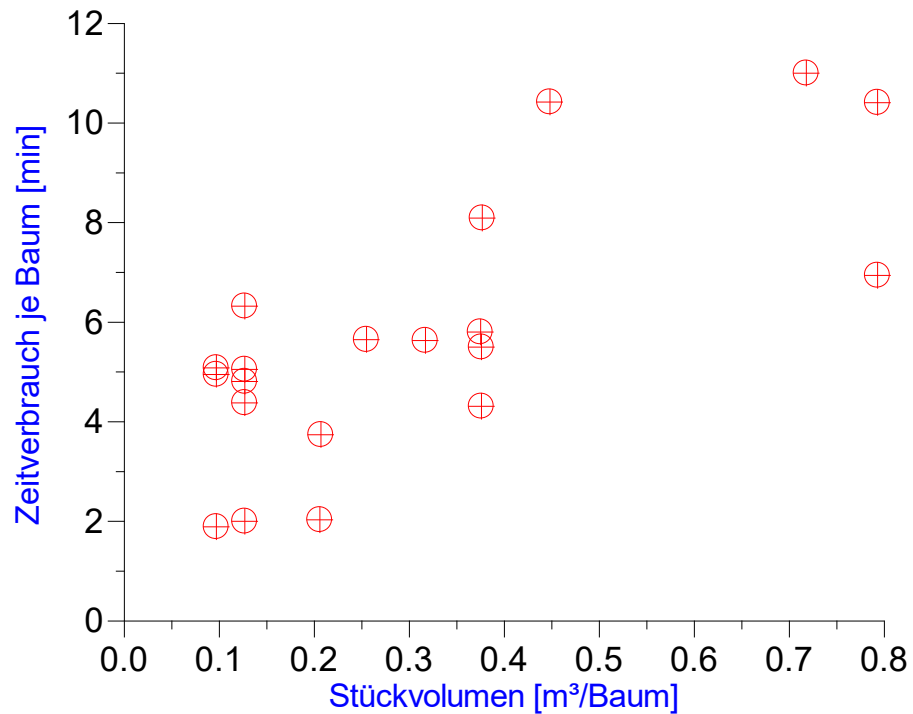
Beispiel grafische Darstellung 1





Beispiel grafische Darstellung 2

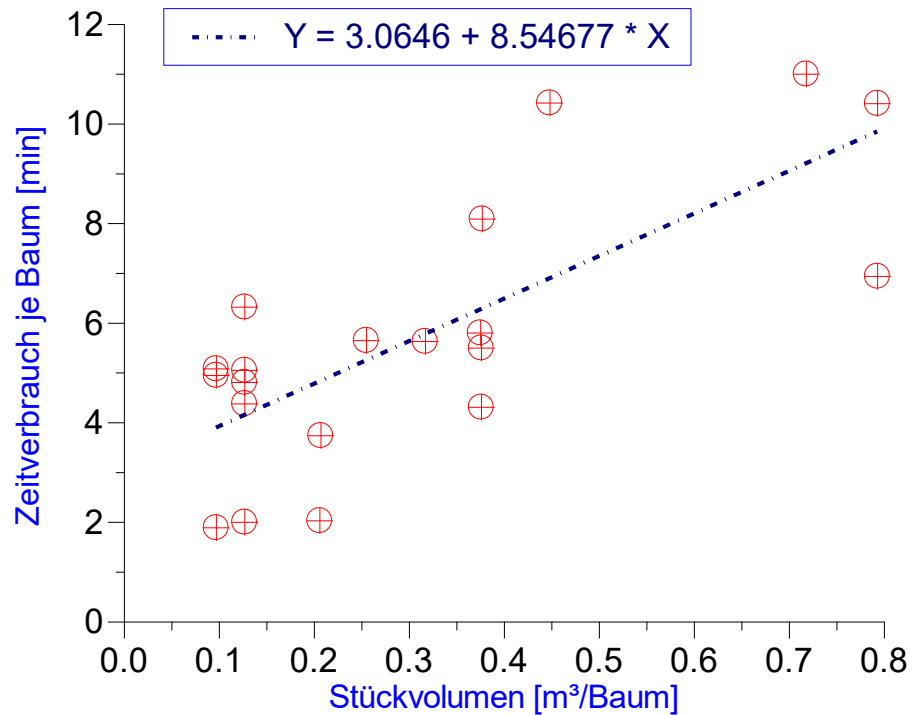
Zeitverbrauch je Baum über Stückvolumen





Beispiel grafische Darstellung 3

Zeitverbrauch je Baum über Stückvolumen





Durchführung einer Zeitstudie

- Flächenauswahl ok
- Referenzgrößen bestimmen ok
- Verfahren wählen (ggf. Vorstudie) ok
- Ablaufabschnitte festlegen ok
- Einflussfaktoren bestimmen ok

- Datenaufnahme ok
- Einflussfaktoren notieren ok
- Referenzgrößen bestimmen ok
- Datenauswertung





Normalleistung (REFA)

- | Normalleistung ist eine Bewegungsausführung, die dem Beobachter harmonisch, natürlich und ausgeglichen erscheint
- | Die Normalleistung kann von jedem geeigneten, geübten und voll eingearbeiteten Waldarbeiter mit ordnungsgemäßigem Werkzeug und im zweckmäßigen Arbeitsablauf unter Wahrung der Betriebssicherheit ohne Gesundheitsschädigung auf die Dauer des Arbeitslebens im Durchschnitt der täglichen Arbeitszeit erreicht und erwartet werden
- | Die Normalleistung ist die Leistung eines ausreichend befähigten Arbeiters
- | Die Normalleistung liegt unter dem Durchschnitt und entspricht der Note 4 [von 1 = sehr gut bis hin zu 6 = ungenügend]

Quelle: Autorenkollektiv: Arbeitsstudien, Arbeitsorganisation und Qualitätsmanagement in der Forstwirtschaft; Hrsg. REFA-Fachausschuss Forstwirtschaft, Stuttgart 1998



Durchschnittsleistung (REFA)

- Anstelle der Normalleistung kann die Durchschnittsleistung als Bezugsleistung verwendet werden

- + Objektive Erfassbarkeit
- Aufnahme eines größeren Kollektivs schwierig
- Fehlen eines einheitlichen Maßstabs bei unterschiedlichen Arbeiten zum leistungsmäßigen Vergleich

- Anwendung: Herleitung lokaler Tarife mit überschaubarem Einzugsgebiet oder Maschinenarbeit

Quelle: Autorenkollektiv: Arbeitsstudien, Arbeitsorganisation und Qualitätsmanagement in der Forstwirtschaft; Hrsg. REFA-Fachausschuss Forstwirtschaft, Stuttgart 1998



Leistungsgrad (REFA)

- | Der Leistungsgrad ist das Verhältnis der beobachteten Leistung zur Normalleistung
- | Der Leistungsgrad wird nach REFA-Vorgaben in 5-%-Stufen beurteilt
- Normalleistung bedeutet LGR = 100 %
- Höhere Leistungen liegen dann bei zumindest 105 %
- Geringere bei maximal 95 %

$$\text{LGR} = \frac{\text{beeinflussbare Ist – Mengenleistung bei beobachtetem Bewegungsablauf}}{\text{beeinflussbare Bezugsmengenleistung bei vorgestelltem Bewegungsablauf}} \cdot 100$$

$$\text{LGR} = \frac{\text{beobachtete Ist – Leistung}}{\text{Normalleistung}} \cdot 100$$

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{\text{Leistungsgrad}}{100}$$

Quelle: Autorenkollektiv: *Arbeitsstudien, Arbeitsorganisation und Qualitätsmanagement in der Forstwirtschaft*; Hrsg. REFA-Fachausschuss Forstwirtschaft, Stuttgart 1998



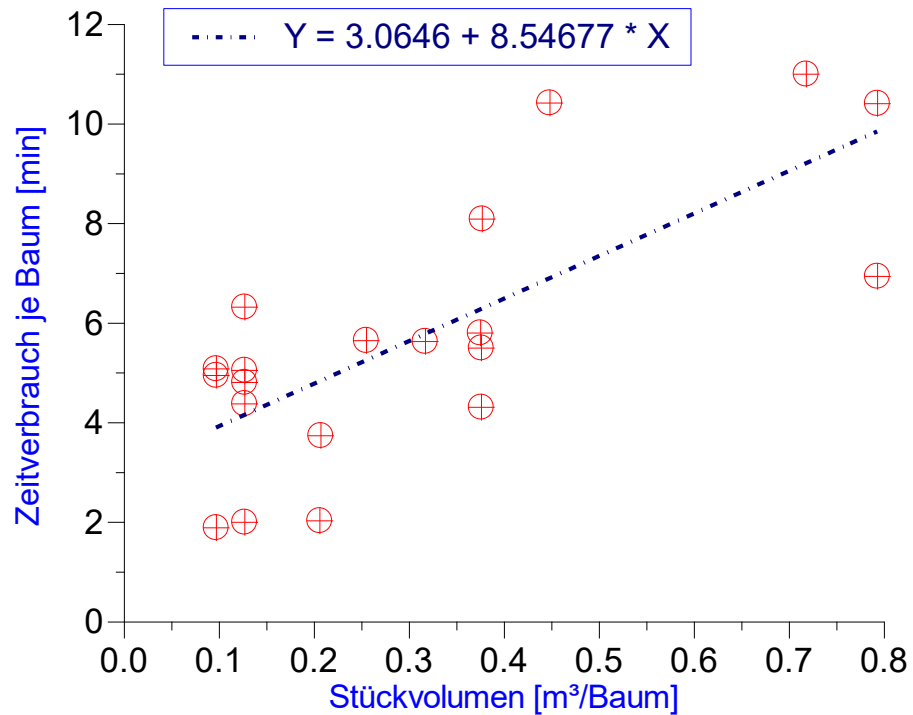
Leistungsgrad (REFA)

- Der Leistungsgrad wird während einer Zeitstudie vom Zeitnehmer eingeschätzt, er lässt sich nicht berechnen!
- Beurteilung nach
 - **Intensität** – Bewegungsgeschwindigkeit und Kraftanpassung der Bewegungsausführung
 - **Wirksamkeit** – Güte der Arbeitsweise („jeder Handgriff sitzt.“)



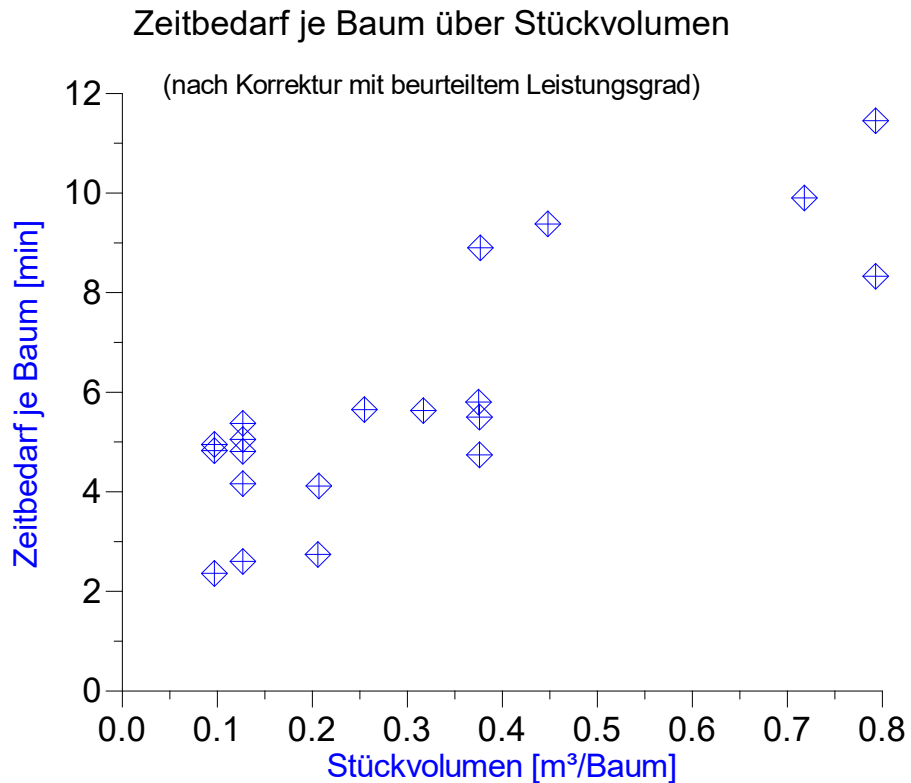
Beispiel grafische Darstellung 3

Zeitverbrauch je Baum über Stückvolumen





Beispiel grafische Darstellung 4



Achtung:
Basiert bislang nur auf der
RAZ (Reinen Arbeitszeit)



Allgemeine Zeiten

Das Problem mit den Allgemeinen Zeiten

Die in einer Zeitstudie registrierten Zeiten sind ...

... **ablaufspezifisch**

Ablaufarten: MH, zu Teilen MN und MA



Erfasst als RAZ

... **allgemein für den Arbeitsauftrag nicht untypisch**, kommen gelegentlich oder sogar regelmäßig (aber *nicht* in den ausgeschiedenen Zyklen *regelmäßig!*) vor

Ablaufarten: alle außer MH und zu Teilen MN und MA



Teilweise erfasst als AZ





Allgemeine Zeiten

- Allgemeine Zeiten bis 15 min Unterbrechung mit aufnehmen und auswerten
- Problem: Vergleichbarkeit zu anderen Studien

- Allgemeine Zeiten als prozentualen Aufschlag auf RAZ
- Problem: Ggf. ignorieren der tatsächlichen/ beobachteten AZ

Lit* Spinelli, R., and R. Visser (2008), Analyzing and estimating delays in harvester operations, *International Journal of Forest Engineering*, 19 (1), 35–40.



Anhaltswerte für Zuschlag Allgemeine Zeiten (REFA)

Gruppe	AZ-%	Art der Arbeit	Beispiel
1	20	Arbeit mit einfachen Handgeräten in überwiegend günstiger Körperhaltung mit mäßiger bis durchschnittlicher Beanspruchung	<ul style="list-style-type: none">• Einfache Pflanzverfahren• Ausbringen von Verbißschutzmitteln• Vorasten bis Reichhöhe
2	25	Arbeiten mit Handgeräten mit hoher oder einseitiger Beanspruchung	<ul style="list-style-type: none">• Wertästung mit Stangesäge• Gatterbau• Alle nicht unter 1, 3 und 4 genannten Arbeiten
3	35	Arbeiten mit spezifischer Belastung durch handgeführte Motorgeräte in überwiegend günstiger Körperhaltung	<ul style="list-style-type: none">• Freischneiderarbeiten• Ästung Stufe II (3-6 m) mit pneumatischen Scheren und Steighilfe
4	45	Arbeiten mit hohem Anteil spezifischer Belastungen durch handgeführte Motorgeräte (insb. Motorsäge) bei teilweise ungünstiger Körperhaltung bzw. statischer Belastung	<ul style="list-style-type: none">• Läuterung mit der Motorsäge



Durchführung einer Zeitstudie

- Flächenauswahl ok
- Referenzgrößen bestimmen ok
- Verfahren wählen (ggf. Vorstudie) ok
- Ablaufabschnitte festlegen ok
- Einflussfaktoren bestimmen ok

- Datenaufnahme ok
- Einflussfaktoren notieren ok
- Referenzgrößen bestimmen ok
- Datenauswertung ok
- Einflussfaktoren und Bezugsgröße



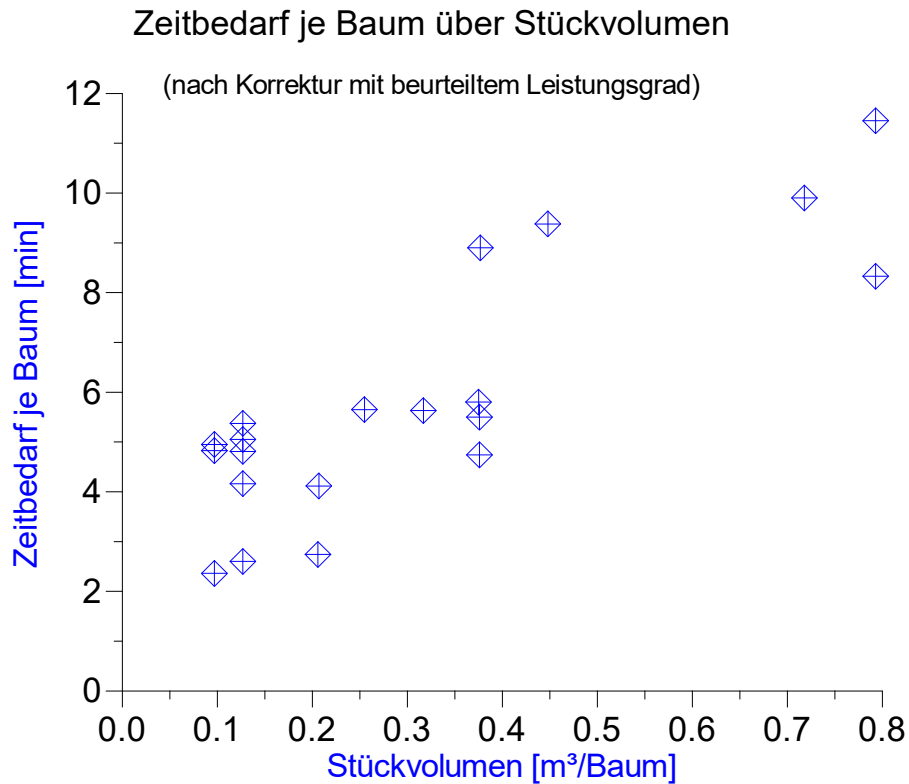
Einflussfaktoren und Bezugsgröße

- Wetterbedingungen
- Hangneigung
- Unterwuchs
- (Tageszeit/ Wochentag)

- Bezugsgröße i.d.R. Volumen



Beispiel grafische Darstellung 4



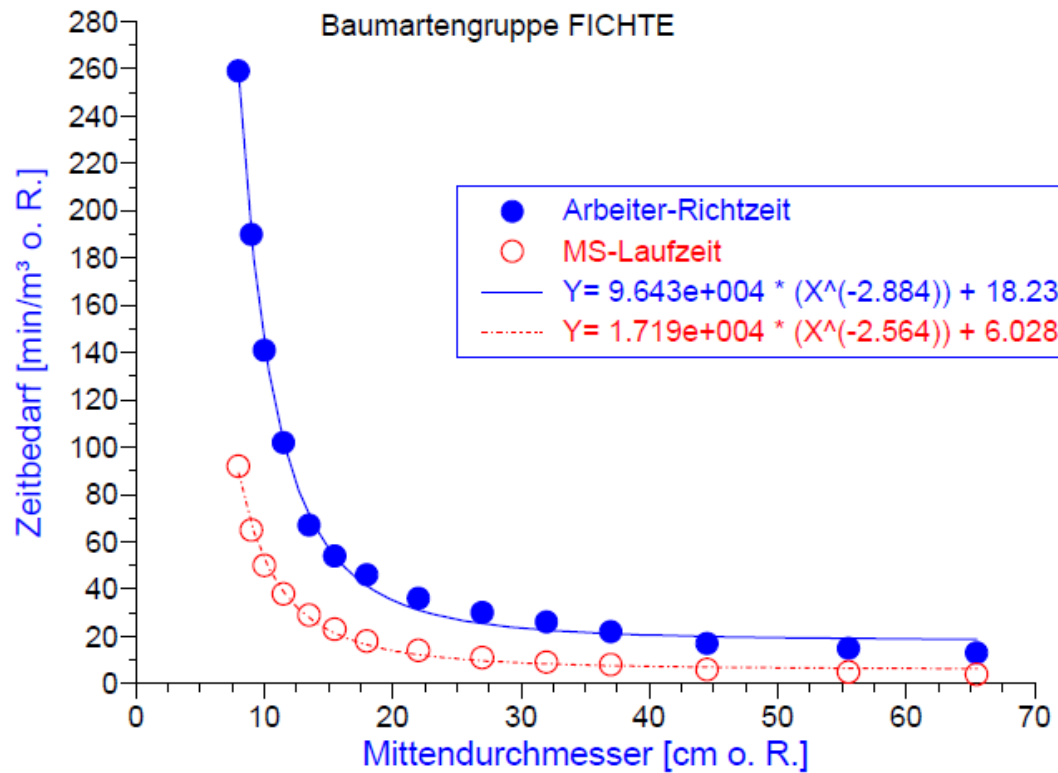
Achtung:
Basiert bislang nur auf der
RAZ (Reinen Arbeitszeit)



Erweiterter Sortentarif (EST)

Tabelle 2 der Anlage 4 des EST

Baumartengruppe FICHTE

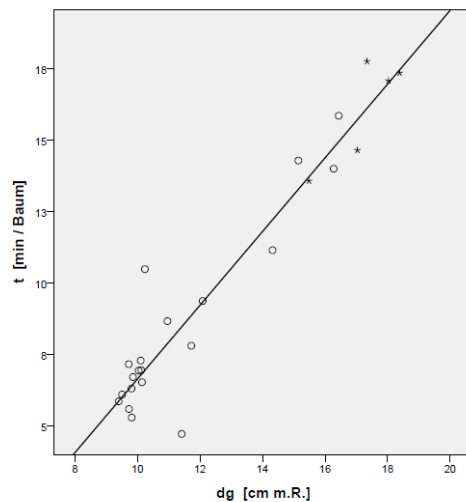




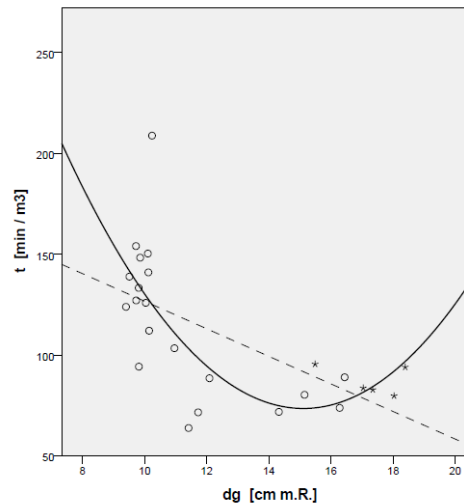


Ergebnisse motor-manuelle Holzernte in China

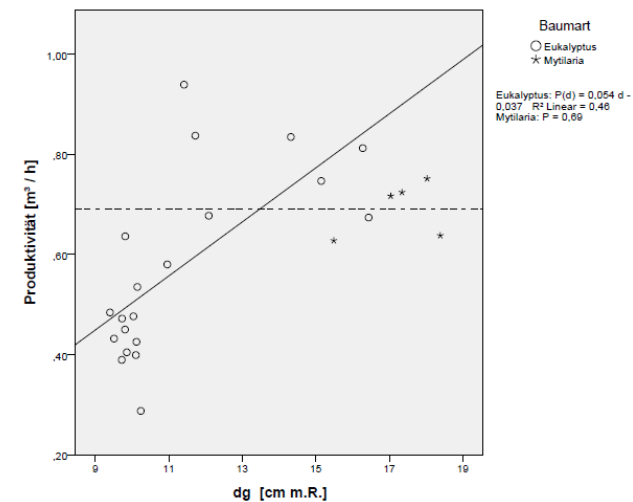
- Geringster Zeitbedarf (RAZ) bei ca. 15 cm BHD, $t = 80 \text{ min/m}^3$
- Höchste Produktivität (RAZ) entsprechend ca. $0,75 \text{ m}^3/\text{h}$



Baumart
○ Eukalyptus
* Mytilaria
Mytilaria und Eukalyptus
 $R^2 \text{ Linear} = 0,914$



Baumart
○ Eukalyptus
* Mytilaria
Mytilaria und Eukalyptus
 $R^2 \text{ Quadratisch} = 0,528$
 $R^2 \text{ Linear} = 0,395$



Baumart
○ Eukalyptus
* Mytilaria
Eukalyptus: $P(d) = 0,054$ d - 0,037 $R^2 \text{ Linear} = 0,46$
Mytilaria: $P = 0,59$



Beihai Mill



Stora Enso's Beihai Mill in Guangxi region, southern China, is a consumer board mill that produces high-grade carton board products.

Key facts

- Stora Enso Division: Packaging Materials
- Country: China
- Products: chemi-thermo-mechanical pulp and carton board products
- Annual capacity: 200 000 tonnes of pulp, 575 000 tonnes of board and 80 000 tonnes of polymer coating
- Number of employees: 400 at the mill and 500 in forestry operations
- Founded: 2016

Address

Beihai Mill
Xinggang Town, Tieshangang District
188 Gangzhong Road

Carton board →

Find us →

Renewable materials can replace plastics, concrete, glass, metal and other non-renewable materials, contributing to a more sustainable world.



Ergebnisse motor-manuelle Holzernte in China

- Geringster Zeitbedarf (RAZ) bei ca. 15 cm BHD, $t = 80 \text{ min/m}^3$
- Höchste Produktivität (RAZ) entsprechend ca. $0,75 \text{ m}^3/\text{h}$

Quiz+ Das Zellstoffwerk von Stora Enso in Beihai, VR China, hat einen Bedarf von $4.000 \text{ m}^3_{\text{Rundholz}}/\text{Tag}$.

Wieviele Arbeiter müssen Sie in der Holzernte mit dem aktuellen Holzernteverfahren beschäftigen?

Welche sozialen Aspekte sind in der Bewertung des Holzernteverfahrens zu berücksichtigen?



Lernziele

- Erlangen von Kenntnissen über Zeitstudienkonzepte und wesentlicher Bestandteile
- Einführung in die Durchführung und Auswertung von Zeitstudien
- Identifizierung und Einordnung von Einflussfaktoren



Benjamin Engler

Professur für Waldarbeit, Verfahrenstechnologie und Walderschließung

benjamin.engler@hnee.de