



Abb.1: Mit einer Datenerfassungsbox auf der Motorsäge kann die Zeit für die motormanuelle Holzhauerei automatisiert erfasst werden.

Motormanuelle Holzhauerei

Mobiles Messgerät zur automatisierten Zeiterfassung

Die teilweise über 30-jährigen Grundlagendaten der Modelle zur Schätzung des Zeitbedarfes und der Kosten motormanueller Holzerntearbeiten sind veraltet. Da Zeitstudien von Hand sehr zeit- und kostenaufwendig sind, hat die Eidg. Forschungsanstalt WSL in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik Rapperswil ein mobiles Messgerät zur automatisierten Datenerfassung entwickelt. Es hat erste Tests gut bestanden.

Von Fritz Frutig, Oliver Thees und Renato Lemm.

Die Holzerntekosten betragen durchschnittlich rund 60% der Gesamtkosten eines Schweizer Forstbetriebes. Die Vorkalkulation der Holzerntekosten für verschiedene Arbeitsverfahren ist deshalb für einen Forstbetrieb wichtig. Dazu bedarf es zuverlässiger Kalkulationsgrundlagen. Sollen diese exakt hergeleitet werden, müssen der Zeitbedarf der Holzernte und dessen wichtigste Einflussfaktoren in der Praxis erfasst werden. Mittels händisch durchgeführter Zeitstudien lassen sich diese Daten jedoch nur mit einem

grossen Arbeitsaufwand und entsprechend hohen Kosten erheben.

Bei hochmechanisierten Holzernteprozessen, wie z.B. beim Aufarbeiten mit Vollerntern, lassen sich die für Produktivitätsmodelle benötigten Daten weitgehend über die Bordcomputersysteme erfassen. Bei motormanuellen Holzernteprozessen hingegen stellt sich die Frage, ob sich der Zeitbedarf mithilfe der heutigen Informationstechnologie ebenfalls automatisiert erheben liesse. Die motormanuelle Holzernte ist von besonderem Interesse, weil diese in der Schweiz – bedingt durch das schwierige Gelände und die eher klein-

flächige Bewirtschaftungsstruktur – auch in Zukunft eine grosse Bedeutung haben wird.

Anforderungen an die Zeiterfassung

Das Ziel der automatisierten Arbeitszeiterfassung bei der motormanuellen Holzernte ist es, den Zeitaufwand insgesamt sowie für einzelne Teilarbeiten zu ermitteln. Für jeden Baum muss für die Phasen des Fällens und des Aufrüstens (Entasten/Einschneiden) die Arbeitszeit bestimmt werden. Der Arbeitsschritt «Fällen» beinhaltet alle Arbeiten am stehenden Baum,



Abb. 2: Motorsäge mit dem Prototyp der Datenerfassungsbox. Diese ist robust, behindert den Motorsägenführer kaum und funktioniert auch unter erschwerten Einsatzbedingungen.



Abb. 3: Der Motorsägenführer muss zu Beginn der Arbeit an einem Baum dessen Nummer eingeben, damit die gemessenen Zeiten diesem Baum zugeordnet werden können.

bis dieser am Boden liegt. Der Arbeitsschritt «Entasten/Einschneiden» umfasst alle Tätigkeiten am liegenden Baum, bis zum Beginn des Fällens des nächsten Baumes. Um die ermittelte Arbeitszeit nicht durch zufällig anfallende unproduktive Zeiten des Motorsägenführers zu verfälschen, wird die Arbeitszeit jeweils in Form von produktiven Systemstunden inklusive kurzer Unterbrechungen bis zu 15 Minuten («PSH15») angegeben.

Für das Erstellen eines Produktivitätsmodells muss die Arbeitszeit des Motorsägenführers korrekt dem jeweiligen Baum zugeordnet werden können. Die zu bearbeitenden Bäume werden bei der Holzanzzeichnung nummeriert, der Brusthöhendurchmesser wird gemessen und die Baumart erfasst. Anhand eines Tarifes kann dann das Baumvolumen berechnet werden. Dieses beeinflusst die Arbeitszeit pro Baum bzw. die Produktivität massgeblich. Gegebenenfalls lassen sich weitere zeitbestimmende Daten festhalten wie beispielsweise die mittlere Geländeneigung.

Das Konzept der automatisierten Arbeitszeiterfassung umfasst drei Teile: das Erfassen der Baumdaten bei der Holzanzzeichnung (Bezugsgrößen), das Erfassen der Arbeitszeit des Motorsägenführers mit einer Datenerfassungsbox und das Auswerten der Daten mit dem Auswertungsprogramm.

Erfassen der Arbeitszeit mit der Datenerfassungsbox

Die Datenerfassungsbox musste so konstruiert und auf der Motorsäge angebracht werden, dass sie die Arbeit nicht behindert. Sie wird für die Dauer der Arbeit auf dem Luftfilterdeckel der Motorsäge montiert und zeichnet fortlaufend die Bewegungen der Motorsäge auf (Abb. 2). Sie besteht aus einem wasser-

dichten Gehäuse, Zifferschalter für die Eingabe der Baumnummer und LEDs für die Statusanzeige (Abb. 3). In der Datenerfassungsbox befinden sich ein 2-Achsen-Beschleunigungssensor für das Erfassen der Vibrationen der Motorsäge, Akku mit einem Spannungsregler für eine konstante Energieversorgung und ein Datenlogger für das Abspeichern der Messwerte.

Der Motorsägenführer stellt die auf dem Baum aufgesprayte Nummer über die Zifferschalter an der Box ein. Anschließend kann er direkt mit der Arbeit am Baum beginnen. Die Reihenfolge, in welcher die Bäume gefällt werden, kann frei gewählt werden. Aus den gespeicherten Messwerten wird bei der Auswertung ermittelt, wie lange der Motorsägenführer für die einzelnen Arbeitsschritte benötigte.

Mit dem Auswertungsprogramm werden die Messdaten der Datenerfassungsbox und des Anzeichnungsprotokolls gemeinsam ausgewertet. Das Programm ermittelt die Arbeitszeit pro Baum und den Trennpunkt zwischen dem Fällen und dem Entasten. Zudem werden alle Unterbrechungen von mehr als 15 Minuten Dauer von der Arbeitszeit abgezogen. Das Ergebnis ist in produktiven Systemstunden inkl. Unterbrechungen bis 15 Minuten angegeben (PSH15).

Das Auswertungsprogramm speichert alle Resultate in einer Excel-Tabelle. Diese dient anschliessend als Grundlage für die statistische Auswertung und für das Erstellen der Kalkulationsgrundlagen.

Erprobung in der Praxis

Die automatisierte Arbeitszeiterfassung wurde in mehreren Feldtests beim Forstbetrieb der Korporation Wollerau (Kanton Schwyz) optimiert. In einem abschliessenden Test wurden zehn Bäume in Folge gefällt und aufgearbeitet. Parallel zur au-

tomatisierten Arbeitszeiterfassung erfolgte eine herkömmliche, manuelle Zeitmessung (Abb. 4).

Die Auswertung des Feldtests über zehn Bäume zeigt, dass die Differenz zwischen der automatisierten und der händischen Arbeitszeiterfassung für die Gesamtzeit durchwegs kleiner als 2% war. Beim Baum mit der Nummer 94 ist die Abweichung sowohl beim stehenden als auch beim liegenden Baum gross. Dies ist darauf zurückzuführen, dass nach dem Fällen ohne sichtbaren Unterbruch mit dem Entasten begonnen wurde. Folglich konnte das Auswertungsprogramm den Trennpunkt nicht korrekt ermitteln. Die Abweichung bei der Gesamtzeit (Fällen und Entasten) ist jedoch mit 1,2% auch hier sehr klein.

Folgerungen

Mit dem Projekt liess sich zeigen, dass die automatisierte Arbeitszeiterfassung bei der Motorsägearbeit in der Holzernie möglich ist. Die Arbeitszeit für die gesamte Baumbearbeitung sowie die beiden Phasen des Fällen und des Entastens/Einschneidens der Bäume kann mit sehr geringen Abweichungen gegenüber der manuellen Zeiterfassung bestimmt werden. Das Messsystem konnte während eines eintägigen Einsatzes unter realen Bedingungen störungsfrei betrieben werden.

Technisch wäre es möglich, die Datenerfassungsbox etwas kompakter zu bauen sowie allenfalls ihre Form ergonomischer zu gestalten, dies wegen der Spezialanfertigung, jedoch mit entsprechenden Kostenfolgen. Für den vorliegenden Prototyp wurde eine handelsübliche Box verwendet. Erstrebenswert wäre eine Reduktion des Gewichtes, wobei hier die Akkus Grenzen setzten. Die aktuelle Box wiegt knapp 700 g, was doch etwa 10%

Baumnr.	BHD [cm]	Arbeit am stehenden Baum				Arbeit am liegenden Baum				Gesamtzeit pro Baum			
		autom. [sec]	händisch [sec]	Diff. [sec]	Diff. %	autom. [sec]	händisch [sec]	Diff. [sec]	Diff. %	autom. [sec]	händisch [sec]	Diff. [sec]	Diff. %
17	Fi 40	369	360	9	2.4%	806	810	-4	-0.5%	1175	1170	5	0.4%
33	Fi 41	372	372	0	0.0%	628	618	10	1.6%	1000	990	10	1.0%
81	Fi 40	307	312	-5	-1.6%	1037	1026	11	1.1%	1344	1338	6	0.4%
29	Fi 81	1848	1842	6	0.3%	2907	2898	9	0.3%	4755	4740	15	0.3%
1	Fi 35	376	366	10	2.7%	529	522	7	1.3%	905	888	17	1.9%
20	Fi 51	891	882	9	1.0%	1067	1080	-13	-1.2%	1958	1962	-4	-0.2%
58	Bu 21	197	198	-1	-0.5%	187	186	1	0.5%	384	384	0	0.0%
94	Fi 33	136	168	-32	-23.5%	629	588	41	6.5%	765	756	9	1.2%
62	Bu 28	338	330	8	2.4%	1101	1092	9	0.8%	1439	1422	17	1.2%
75	Fi 40	467	474	-7	-1.5%	715	714	1	0.1%	1182	1188	-6	-0.5%

Abb. 4: Vergleich der automatisierten mit der händischen Zeiterfassung

des Motorsägen Gewichtes entspricht. Nach übereinstimmender Aussage von drei Motorsägenführern, die an den Tests beteiligt waren, hat die Datenerfassungsbox zu keiner Beeinträchtigung des Handlings der Motorsäge geführt, und auch das Gewicht wurde nicht als Nachteil empfunden.

In einem nächsten Schritt ist vorgesehen, den Prototyp einem Dauertest zu unterziehen, d.h. über mehrere Tage in einem oder mehreren Holzschlägen einzusetzen.

Die automatisierte Arbeitszeiterfassung könnte es in Zukunft ermöglichen, aktuelle Leistungsdaten der motormanuellen Holzhauerei effizienter als bisher zu erfassen. Sie ist damit für all jene interessant, welche sich mit der Erstellung von Modellen zur Schätzung des Zeitaufwandes und der Kosten befassen.

Fritz Frutig, Oliver Thees, Renato Lemm

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf, Forschungsgruppe Forstliche Produktionssysteme

Technische Realisierung:
Prof. Heinz Domeisen,
Samuel Kernwein

Hochschule für Technik Rapperswil, Institut für Mechatronik und Automatisierungstechnik (IMA)

Dank

Wir danken dem ehemaligen Betriebsleiter des Forstbetriebes der Korporation Wollerau, Rolf Wigger, und seinem Team für die engagierte Mitarbeit in diesem Projekt sowie dem Wald- und Holzforschungsfonds des BAFU für die finanzielle Unterstützung.

FORESTER 4x4
NEU AUCH MIT
2,5 TONNEN ANHÄNGELAST.

2,5t
inkl. Anhänger

AB FR. 36'850.-
inkl. montierter, verstärkter und abnehmbarer Anhänger-Kupplung.

DER 4x4 FÜR DIE SCHWEIZ



Die Forester XT-Modelle (Lineartronic, 240 PS) und die Forester Diesel-Modelle mit Automat (Lineartronic, 147 PS) haben jetzt zusammen mit der entsprechenden Anhänger-Kupplung (Aufpreis: Fr. 2'950.-) die Zulassung für eine erhöhte Anhängelast von 2,5 Tonnen (gebremst) erhalten. Damit dürfen wir guten Gewissens sagen: Der Forester 4x4 zieht mehr denn je. Ihr Subaru-Vertreter freut sich auf Ihre Probefahrt.

Abgebildetes Modell: Forester 2.0D AWD Swiss, Lineartronic, 5-türig, 147 PS, Energieeffizienzklasse E, CO₂ 158 g/km, Verbrauch gesamt 6,1 l/100 km, Benzinäquivalent 6,8 l/100 km, Fr. 37'800.- (inkl. Metallic-Farbe), plus Fr. 2'950.- für Anhänger-Kupplung mit 2,5 Tonnen Anhängelast (gebremst) = Fr. 40'750.-, Forester 2.0D AWD Advantage, Lineartronic, 5-türig, 147 PS, Energieeffizienzklasse E, CO₂ 158 g/km, Verbrauch gesamt 6,1 l/100 km, Benzinäquivalent 6,8 l/100 km, Fr. 33'900.- (mit Farbe Venetian Red Pearl), plus Fr. 2'950.- für Anhänger-Kupplung mit 2,5 Tonnen Anhängelast (gebremst) = Fr. 36'850.-. Weitere Forester-Modelle schon ab Fr. 29'900.- (2.0i AWD Advantage, man., 5-türig, 150 PS, Energieeffizienzklasse F, CO₂ 160 g/km, Verbrauch gesamt 6,9 l/100 km, mit Farbe Venetian Red Pearl).

www.subaru.ch SUBARU Schweiz AG, 5745 Safenwil, Tel. 062 788 89 00. Subaru-Vertreter: rund 200. www.multilease.ch. Unverbindliche Preisempfehlung netto, inkl. 8% MWST. Preisänderungen vorbehalten. Durchschnitt aller in der Schweiz verkauften Neuwagenmodelle (markenübergreifend): CO₂ 144 g/km.