

Beiträge der RFID-Kennzeichnung und Echtzeitnavigation zur Optimierung der Logistikkette für die Rundholzbereitstellung

H. Förster¹⁾, U.H. Sauter¹⁾, S.Verhoff¹⁾, J.Föllner²⁾, T.Weigner³⁾

¹⁾Abteilung Waldnutzung
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
Wonnhaldestraße 4
79100 Freiburg
helga.foerster@forst.bwl.de
udo.sauter@forst.bwl.de

²⁾Ingenieurbüro Dr.-Ing. Föllner & Partner

³⁾HSM Hohenloher Spezial-Maschinenbau GmbH & Co. KG

Abstract: Im Forschungsprojekt Navigation, Vermessung und Kennzeichnung in der Rundholzlogistik wurde ein RFID-basiertes System entwickelt, das eine automatisierte einzelstammweise Kennzeichnung von Rundholz ermöglicht. Damit ist ein wesentlicher Schritt für ein umfassendes Controlling der Holzernte- und Bereitstellungsprozesse und zur Sicherstellung waldbesitzerscharfer Abrechnung des aufgearbeiteten Rohholzes umgesetzt worden. Die für die Steuerung und Überwachung des Holzernteprozesses wünschenswerte submetergenaue Echtzeitnavigation der Forstmaschinen, die u.a. das Abgreifen der Koordinaten eines stehenden Baumes ermöglichen sollte, ist allerdings noch außer Sichtweite. Dazu bedarf es technischer Entwicklungen und neuer Algorithmen zur Verrechnung von multisensorischen Daten.

1. Optimierung der Forst-Holz-Logistikkette

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF-FK: 033R051B) geförderte „KMU-innovativ-Verbundprojekt NAVKE“ hat sich zum Ziel gesetzt, mit den Teilprojekten Navigation in Waldbeständen, Verbesserung der Rundholzvermessung mit Kranvollerntern sowie Rundholzkennzeichnung mittels RFID, wesentliche Bausteine der Logistikkette vom Wald zum Werk zu optimieren. Dabei ist es von besonderem Interesse eine Lösung zu finden, die in größerem Umfang brach liegende Ressourcen im Privatwald für die einheimische Holz- und Energiewirtschaft zu mobilisieren.

Durch die genaue Erfassung des Hieborts, die stammindividuelle Kennzeichnung im Wald sowie die im Werk stattfindende, präzise Vermessung kann eine stammgenaue Zuordnung und damit eine gerechte Abrechnung für jeden Waldbesitzer erreicht werden.

Diese vertrauensbildenden Maßnahmen erhöhen die Bereitschaft der Waldbesitzer, ihr Rundholz in den Verarbeitungsprozess zu übergeben. Darüber hinaus ist eine deutliche Effizienzsteigerung der Holzernteprozesse, z.B. durch Reduzierung der Überfahrten zu erwarten, was den Erhalt der technischen Befahrbarkeit und die Ressourcenschutz der Waldbestände unterstützt.

2. Einzelstammweise RFID-Kennzeichnung

Das im Rahmen des Projektes NAVKE entwickelte RFID-System zur einzelstammweisen Identifikation von Rundholzabschnitten besteht aus der Entwicklung eines wiederverwendbaren, passiven low-frequency Transponders -eingebettet in ein holzähnliches Trägermaterial- und einer Applikationsvorrichtung für den Vollernterkopf. Eine Abschervorrichtung zur Wiedergewinnung der teuren Transponder und eine Leseantenne für die Erfassung im Sägewerk wurden in vorangegangenen Projekten entwickelt und erfolgreich getestet. Alle Teilprozesse sollen hinsichtlich des Arbeitsaufwands so optimiert werden, dass sie den Arbeitsbedingungen im Wald während der Holzernte standhalten und einen möglichst geringen Mehraufwand verursachen.

Die entwickelte Applikationsvorrichtung bringt den Transponder während der Prozessierung durch den Vollernterkopf direkt in der Mitte der Stirnfläche des Stammabschnittes an. Zentrales Anliegen des Projektes ist es, einen recyclebaren Transponder zu entwickeln, d.h. seine Größe zu minimieren, ihn in ein für die Papier- und Plattenherstellung prozesstaugliches Trägersystem zu betten und vor dem Sägen abzuscheren, um ihn dem Kennzeichnungsprozess im Wald wieder zuzuführen. Über eine im Transponder fest programmierte weltweit einmalige Nummer wird die Zuordnung im Datenbanksystem sichergestellt. Das Auslesen erfolgt manuell per Handheld oder automatisch im Sägewerk bei einer Entfernung von bis zu einem Meter. In Kombination mit dem Teilprojekt Navigation wird so sichergestellt, dass ein einzelner Stamm im gesamten logistischen Prozess bis zum Eingang ins Sägewerk, durch die automatische Identifikation an allen sensiblen Schnittstellen ausgelesen, verfolgt und zugeordnet werden kann. Die Bezahlung des Waldbesitzers für die identifizierten Stammabschnitte wird dann nach der im Werk stattfindenden präzisen Vermessung durch automatisierte und kontrollierbare Abrechnungsprozesse sichergestellt. Die sichere Zuordnung des gelieferten Rohholzes spielt für alle Waldbesitzarten eine entscheidende Rolle. Für den Kleinwaldbesitz ist sie jedoch häufig die entscheidende Motivationsgrundlage, um ihre bislang brachliegenden Ressourcen zu nutzen. Die Funktionsfähigkeit der Applikation der angepassten Transponder während der Holzernte wird auf der 16. KWF-Tagung im Juni 2012 in Bopfingen (Ostalbkreis) im Expobereich demonstriert.

3. Submetergenaue Echtzeitnavigation eines Vollernters

Mit der Erfassung des genauen Hieborts durch satellitengestützte Echtzeitnavigation eines Vollernters in Kombination mit der stammindividuellen Kennzeichnung bekommt der Waldbesitzer die erforderliche Sicherheit, den Wert des „eigenen“ Holzes auch ver-

gütet zu bekommen. Dabei gilt es, eine Abweichung vom wahren Wert von 0,35 bis 0,5 Meter zu erreichen, da nur mit dieser Zielgenauigkeit bei einer individuellen Verortung des zu fällenden Baumes das Ziel der übergeordneten Projektidee sichergestellt wird. Jedoch setzen die Arbeitsbedingungen während der Holzerte im Bestand die Rahmenbedingungen für den Einsatz von Navigationsgeräten. Die Messungen müssen mit wenig Mehraufwand in Echtzeit durchzuführen sein. Daher wurden in statischen Messungen an 19 Standorten und auf 3 Messfahrten rund um Freiburg im Breisgau, sowohl im hängigen Gelände als auch in der Ebene in Laub-, Nadelwald und Mischbeständen Messungen mit hochgenauen GNSS-Antennen durchgeführt. An einer Antenne im Bestand wurden die realen Empfangsbedingungen bestimmt, während mittels eines 25 Meter hohen Antennenmastes die potentiell erreichbaren Genauigkeiten oberhalb des Kronendachs ermittelt wurden. Die Ergebnisse der kombinierten GNSS-Positionsbestimmung (Abbildung 1a) zeigen, dass mit der verwendeten GNSS-Antenne ohne den Einsatz von Korrekturdiensten diese Zielgenauigkeit nicht durchgängig erreicht werden kann (nur 51 % der Messwerte). Insbesondere an der unteren Antenne im Bestand sind die Empfangsbedingungen so schlecht, dass nur 21 % der 26.865 Messwerte weniger als 1 Meter vom Mittelwert entfernt liegen (Abbildung 1 b). Mit 80 % der (27.440) Messwerte der oberen Antenne im Bereich unter 1 Meter Abweichung (Abbildung 1c) wird deutlich, dass die Empfangsbedingungen potentiell, d.h. von der Lage im Relief und von der Spezifikation der Antenne her, ausreichend für diesen Zweck wären.

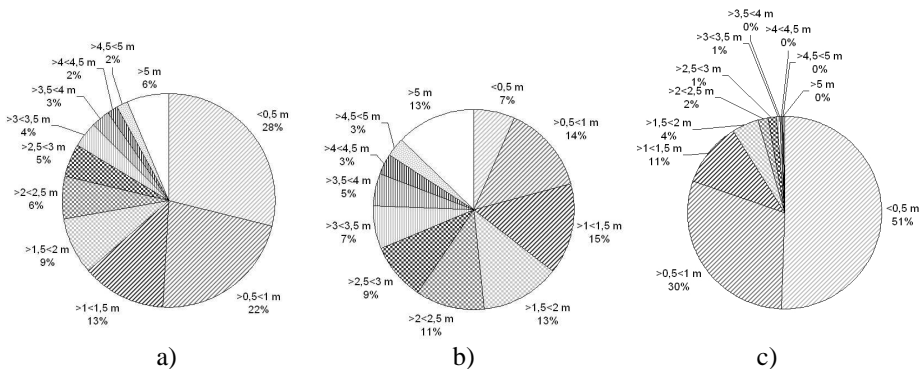


Abbildung 1: Abweichung einzelner Messwerte vom Mittelwert einer Messung, angegeben als Euklidische Distanz für alle kombinierten GPS- und GLONASS-Positionen. Die Prozentwerte geben den Anteil einer Abweichungsklasse wieder. a) Ergebnisse aller Messwerte (n=54.305), b) Ergebnisse an der unteren Antenne im Bestand (n= 26.865), c) Ergebnisse an der oberen Antenne über dem Kronendach (n=27.440)

Die Messfahrten wurden unter Verwendung des L1-Bandes und einer EGNOS bzw. Beacon-Korrektur (Station Iffezheim) sowie der Kombination des L1 und des L2-Bandes durchgeführt. Weder die Verwendung der Beacon-Korrektur noch des L2-Trägerbandes hat sich positiv auf die Qualität der Positionsbestimmung ausgewirkt (vgl. Abbildung 2).

Die Abweichungen der berechneten Punktwerte vom Referenzwegenetz sind höher als die der statischen Messungen, da über alle Versuche hinweg höchstens 27 % der Messwerte weniger als 1,5 Meter abweichen. Im Rahmen des Forschungsprojektes wird daher

das Potential terrestrischer Zusatzsysteme abgeschätzt. Einsatztaugliche Systeme gibt es demnach für die Echtzeitnavigation eines Vollernters (analog der Steuerung eines Traktors im Precision Farming) noch nicht, da die getesteten Systeme zu empfindlich gegenüber Schwingungen und Bewegungen oder zu teuer und materialintensiv sind. Systeme wie das Lokale Positions Radar, Range-Kameras und Inertiale Navigationssystem sind in ihrem Zusammenspiel mit den GNSS-Daten im Arbeitseinsatz getestet worden, bzw. benötigen momentan noch aufwendiges Nachbereiten der Messwerte. Um eine submetergenaue Echtzeitnavigation während der Holzernte zu erreichen bedarf es also noch einiger Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, deren Mehrwert jedoch auf die gesamte Forstwirtschaft ausstrahlen wird. In Verbindung mit einem ausgereiften Befahrungsmangement würde damit ein Hilfsmittel geschaffen, durch Zusammenlegung von Holzernemaßnahmen zukünftig rationeller arbeiten zu können. Dies führte neben dem Aspekt der effizienteren Holzernte zu erheblichen Einsparpotentialen bei den Maschinentransporten.

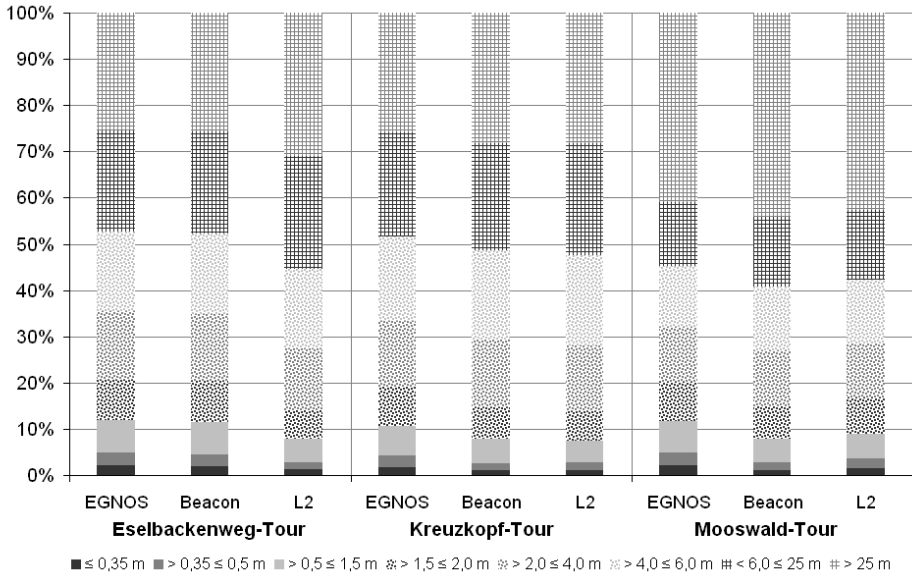


Abbildung 2: Orthogonale Distanzen zwischen den aus den Messwerten berechneten GPS und GLONASS (GNSS)-Positionen und dem ATKIS-Waldwegenetz (EGNOS: L1-Band mit EGNOS korrigiert, Beacon: L1-Band mit Beacon (Station Iffezeim) korrigiert, L2: L1+L2-Band)

Zusammenfassend lässt sich hervorheben, dass im Bereich der Rundholzkennzeichnung mittels RFID-Transpondern durch unsere Weiterentwicklung, ein wesentlicher Schritt zur Optimierung der einzelstammweisen Abrechnung von Rundholz realisiert werden konnte. Dafür ist die submetergenaue Navigation eines Vollernters während der Holzernte noch nicht in Sicht und bedarf noch technischer Entwicklungen sowie der Grundlagenforschung zur Verschneidung der Multisensorik.