



**Alexander Ziegler,
René Koch,
Klaus Bobey,
Friedbert Bombosch**

Echtzeit und Embedded – Algorithmen und Sensor- system für die dynamische Waldinventur



ALLGEMEINE VERMESSUNGS-NACHRICHTEN

**Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung als
PEER REVIEWED PAPER
angenommen.**

Tag der Einreichung: 28. Februar 2010

Harvester dienen der Holzernte, könnten aber künftig auch zusätzlich Aufgaben der Waldinventur übernehmen. Ein 2D-Laserscanner und eine digitale Kamera erfassen die Waldszene dynamisch während der Erntefahrt. Aus diesen Messdaten sind von allen Bäumen die Positionen und Stammdurchmesser zu bestimmen. Die optischen Sensoren müssen synchron zu einem NIR-Flash arbeiten und liefern umfangreiche Datenmengen, die nur durch online-Bearbeitung zu beherrschen sind. Diese Echtzeit-Anforderungen sind prinzipiell durch Embedded Processing erfüllbar. In diesem Fall gelingt das nur, wenn die Algorithmen und das Sensorsystem mit Embedded Processing optimal aufeinander abgestimmt werden.

1 Dynamische Waldinventur – DynaWIS

Die Aufgabe der Waldinventur besteht in der Erfassung der Holzmenge- und -qualität. Dabei finden in der Regel Stichprobenverfahren Anwendung. Ein wichtiger Parameter zur Holzmengenschätzung ist der Brusthöhen-durchmesser BHD – gemessen in der Höhe von 1,3 m – der Bäume (INFORMATIONEN ZUR BUNDESWALDINVENTUR 2009).

Die Bedeutung des Rohstoffs Holz steigt und neue Technologien bieten sich an, aktuelle und umfassende Bestandesinformationen zu liefern. Hier ordnet sich das vom BMBF geförderte Forschungsvorhaben „DynaWIS“ ein, das ein optisches Sensorsystem zur dynamischen Waldinventur bei der Holzernte mit Harvestern (Kranvollernter) zum Ziel hat (BOBEY & BOMBOSCH 2006).

Der Harvester bewegt sich auf Rückegassen, die in einem Abstand von 20 m verlaufen. Der Kran des Harvesters erreicht Bäume in bis zu 10 m Abstand, so dass eine vollständige Durchforstung des Waldes unter Nutzung der Rückegassen ermöglicht wird. Der linke Teil von Abbildung 1 zeigt einen Harvester in einer Rückegasse. Der Harvester ist älteren Baujahrs und diente dem Forschungsprojekt bisher als Versuchsplattform. Die Abbildung deutet den Erfassungsbereich der verwendeten optischen Sensoren an. Diese Sensoren sollen die Position und den Durchmesser jedes verbleibenden Baumes, während der Harvester ohne Unterbrechung arbeitet, erfassen. Dazu wird u. a. ein Laserscanner verwendet, der im dynamischen Einsatz andere Anforderungen zu erfüllen hat als bei statischen Messungen (s. ASCHOFF u. a. 2004).

Der 2D-Laserscanner LMS 221 bestimmt dynamisch die Entfernung der Bäume und die digitale Kamera DX4-285 bildet die Waldszene ab, um photogrammetrisch die Baumdurchmesser ermitteln zu können. Die optischen Sensoren, zusammengefasst als Sensorkopf des Systems, zeigt der rechte Teil von Abbildung 1. Oben befindet sich der 2D-Laserscanner und darunter die Kamera. Der konstruktive Aufbau genügt in seiner Robustheit den Anforderungen im Außeneinsatz an einem Harvester.

Ausführliche Darlegungen zur verwendeten Sensorik können KOCH u. a. (2008) entnommen werden. Der Beitrag KOCH u. a. (2009) befasst sich mit den Algorithmen zur Berechnung der Baumdurchmesser, -positionen und Bestandeskarte als offline-Prozesse. Den Schwerpunkt der folgenden Ausführungen bildet das für die Anwendung notwendige online-System.

2 Echtzeit- und Embedded-System

2.1 Anforderungen und Eigenschaften

Die optischen Sensoren 2D-Scanner und Kamera sollen ihre Daten in einem vorgegebenen Rhythmus liefern, um eine minimale Abtastrate – z. B. 3 Hz – des Bestandes bei der Harvesterfahrt nicht zu unterschreiten. Darüber hinaus sollen die Sensoren synchron zu der Beleuchtungseinrichtung, die später noch näher beschrieben wird, arbeiten. Daraus resultieren zeitliche Anforderungen im Mikrosekundenbereich.

Trotz der scheinbar geringen Erfassungsrate entstehen beim Tageseinsatz eines Harvesters umfangreiche Rohdatenmengen, die dann offline zu verarbeiten sind. Die

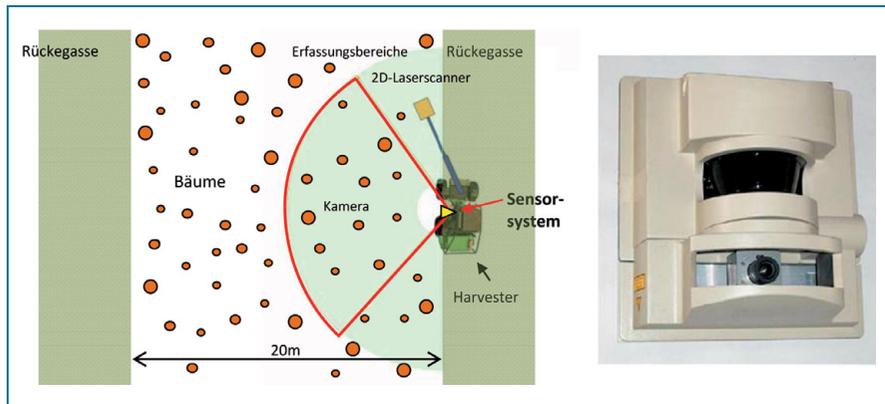


Abb. 1: Holzzernte mit Harvester und Sensorbereich (links), Sensor Kopf mit 2D-Laserscanner und Kamera (rechts)

Speicherung der Datenmengen und die nachgelagerte offline-Verarbeitungsprozedur wurden in der Entwurfsphase der Algorithmen und des Testsystems praktiziert, was aber unter realen Anwendungsbedingungen inakzeptabel ist. Die zeitkritische Steuerung der Sensoren und Berechnung der Baumpositionen und der Brusthöhdurchmesser aus den Rohdaten müssen im praktischen Einsatz online erfolgen.

Eine geeignete Hardware-Plattform bildet ein Embedded System.

Abbildung 2 stellt die Systemstruktur von DynaWIS mit einem online- und einem offline-Teil dar. Der Sensor Kopf liefert die Sensorrohdaten, die Scannerdaten und die Digitalbilder. Das Embedded System soll die Beleuchtung und die Sensoren zeitdefiniert steuern, die Sensorrohdaten erfassen sowie alle Algorithmen zur Bestimmung der Baumpositionen und Berechnung der BHDs ausführen. Die Gesamtheit dieser Prozesse wird im Folgenden Bild-

analyse und deren Ergebnis, Baumpositionen und BHDs, wird Sensordaten genannt. Die Berechnung der BHDs erfordert die Kenntnis, in welcher Höhe des Baumes gescannt wurde. Dazu beinhaltet die Bildanalyse die Bestimmung der Fußpunkte der Bäume.

Die Menge der Sensordaten ist gegenüber den Rohdaten stark reduziert und gut speicherbar. Auf dieser Basis kann die Bestandesrohdatenberechnung offline erfolgen. Sie ist in KOCH u. a. (2009) beschrieben worden.

2.2 Szenenbeleuchtung

Die Lichtbedingungen im Anwendungsbereich Wald können sehr unterschiedlich sein und im Einsatzverlauf stark variieren. Die Bäume erscheinen im Gegenlicht, oder sind von der Seite oder durch Auflicht beleuchtet. Die Quellen können die direkte Sonneneinstrahlung, diffuses Tageslicht und die Harvesterbeleuchtung sein. Bei diffuser Be-

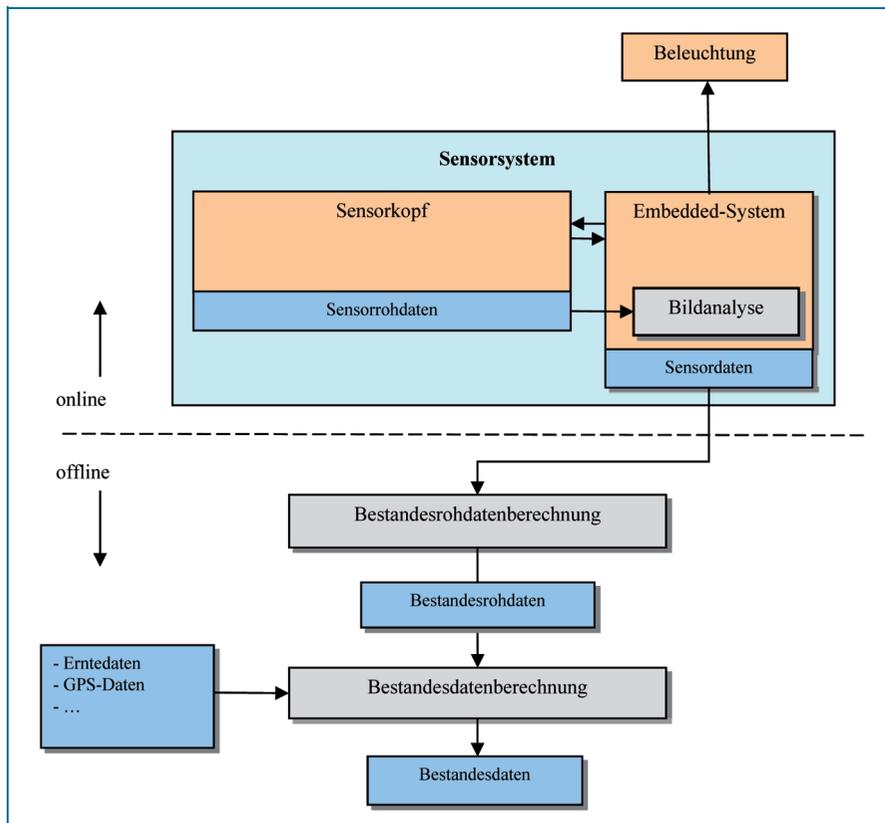


Abb. 2: Systemstruktur von DynaWIS

leuchtung ist die Leuchtdichte der Bäume überall gleich, so dass die Bäume unabhängig von ihrer Entfernung zur Kamera dort etwa gleiche Signalstärken hervorrufen. Die Baumkanten besitzen für die Bildverarbeitung dann keinen ausreichenden Kontrast mehr. Ohne Tageslicht kommt allein die Harvesterbeleuchtung als Auflicht zur Wirkung.

Die Komplexität der Algorithmen zur Bildanalyse muss unter Berücksichtigung der verfügbaren Bearbeitungszeiten in Grenzen gehalten werden. Daher wurde bei der Algorithmenentwicklung für die Bildanalyse vom Auflicht ausgegangen. Die folgenden Überlegungen zeigen, wie ausreichendes Auflicht auch in Tageslichtsituationen erzeugbar ist.

Aus den bisherigen Untersuchungen ist bekannt, dass die Baumstämme im nahen Infrarotbereich (NIR) höhere Reflexionsgrade aufweisen als im sichtbaren Spektralbereich und sich dort besser vom Hintergrund abheben. Der Si-CCD-Bildsensor der verwendeten Kamera DX4-285 besitzt gegenüber Sensoren mit vergleichbarer geometrischer Auflösung eine gesteigerte NIR-Empfindlichkeit. Ein zusätzliches Tageslicht-Sperrfilter unterdrückt die sichtbaren Strahlungsanteile am Bildsensor. Ausreichendes Auflicht ist unter diesen Bedingungen dann vorhanden, wenn das NIR-Auflicht deutlich stärker als der NIR-Tageslichtanteil ist. Im Wald ist es in der Regel dunkel und deutlich dunkler als in einer Zahnarztpraxis, für die 1000 lx Beleuchtungsstärke vorgeschrieben ist. Die NIR-Strahlungsquelle sollte daher mindestens die äquivalente NIR-Bestrahlungsstärke auf den Bäumen erzeugen. Hier wird von 4 W/m^2 ausgegangen, mit der ein Baum in 10 m Abstand zu bestrahlen ist.

Das Signal-Rausch-Verhältnis scheint für die Bildverarbeitung ausreichend, wenn mindestens 500 Photoelektronen in einem Pixel des Bildsensors, das zum Bild eines Baumstammes gehört, durch das NIR-Auflicht entstehen. Die folgenden Betrachtungen gehen von einem Messfeld in 10 m Abstand von 15 m Breite und 5 m Höhe aus. Das sind 75 m^2 zu bestrahlende Fläche. Um 4 W/m^2 zu erzeugen, sind für 75 m^2 bei homogener Bestrahlung 300W Strahlungsleistung notwendig. Diese NIR-Bestrahlungsstärke führt nach einer Integrationszeit von 0,67 ms zu etwa 500 Photoelektronen in einem Sensorpixel, auf

dem ein Baumstamm, der sich in 10 m Abstand zur Kamera befindet, abgebildet wird. Der Abschätzung liegen der typische Remissionsgrad des Baumstammes, der Transmissionsgrad des Kameraobjektivs mit Filter und die Empfindlichkeit des verwendeten Bildsensors zu Grunde. Der 300W-NIR-Strahler gibt in dieser Zeit eine Energie von 0,2 J ab.

Als NIR-Strahler kommen prinzipiell NIR-Laser, -LEDs und -Flash in Frage. Im Hochleistungsbereich sind am Markt kompakte 40 W-NIR-Laserstrahler verfügbar. 8 Stück würden 320 W liefern. NIR-LEDs gibt es in unterschiedlichen Varianten. 546 Stück 0,55 W-NIR-LEDs sind notwendig, um die erforderlichen 300 W zu erzeugen.

Ein NIR-Xenon-Flash kann in einer Blitzzeit von weniger als 0,2 ms eine Strahlungsleistung von 4500 W liefern. Die damit verbundene Bestrahlungsstärke ist mit dem NIR-Anteil von 15.000 lx Tageslicht vergleichbar. Darüber hinaus entstehen in der Zeit von nur 0,2 ms im Pixel 2400 Photoelektronen gegenüber bisher kalkulierten 500. Diese kurze Belichtungszeit verhindert Unschärfen durch die Bewegung des Harvesters.

Das Sensorsystem wird mit einem NIR-Xenon-Flash kombiniert, um das Auflichtprinzip in der Waldszene auch unter Tageslichtbedingungen anwenden zu können.

2.3 Sensorsynchronisation

Die Verwendung eines NIR-Xenon-Flash setzt die Synchronisation von Flash und Kamera voraus. Der 2D-Laserscanner arbeitet auch im NIR und könnte durch den NIR-Xenon-Flash gestört werden. Es besteht die Möglichkeit den Flash nur dann auszulösen, wenn sich der Laserscanner gerade außerhalb seines 180° -Scannbereichs befindet. Dieses Konzept mit seinen Echtzeitanforderungen und notwendigen Schnittstellen soll durch ein Embedded System umgesetzt werden (siehe Abbildung 3).

Der 2D-Laserscanner liefert einen Rechteckpuls als Synchronsignal mit der Frequenz 75 Hz. Der Scannvorgang findet während des High-Pegels statt. Mit dem Umschalten auf den Low-Pegel kann der NIR-Xenon-Flash getriggert werden. Die maximale Flashrate beträgt 3 Hz, so dass die Triggerung nur mit jedem 25. Synchronimpuls des 2D-Laserscanners auszulösen ist. Der Bildsensor der Kamera

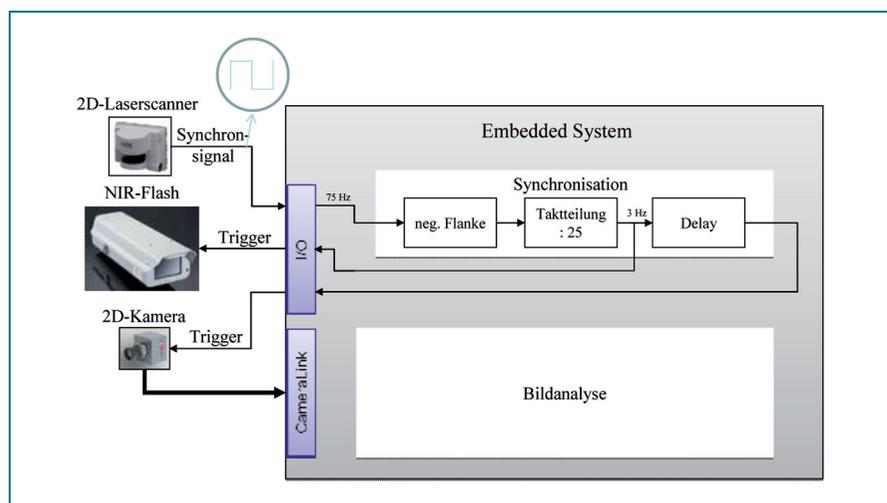


Abb. 3: Sensorsynchronisation

Tabelle 1: Technische Daten der VisionBox Quad2 (IMAGO)

Prozessoren	2* Digitaler Signalprozessor (DSP) TMS320C64x, je 1 GHz (8000 MIPS)
Speicher	2* 256 MB SDRAM, 4 MB Flash
Maschinenschnittstellen	3* RS-232-Schnittstelle, 8* Digitale Eingänge/Ausgänge (Opto), 1* Gigabit Ethernet
Kamera-schnittstellen	CameraLink (2* Base, 1*Medium)

sollte nur in der Zeit aktiv sein, in der der Flash seine wesentliche Leistung abstrahlt, um andere Strahlungsanteile in der Szene nur minimal wirksam werden zu lassen. Das erfordert die Berücksichtigung einer entsprechenden Verzögerung (Delay) und die Echtzeit-Steuerung der Kamera im Mikrosekundenbereich, die das Embedded System neben der Bildanalyse zu leisten hat. Die Implementierung der Bildanalyse wird gesondert im Punkt 3 behandelt. Zunächst soll das ausgewählte Embedded System – die VisionBox – mit seinen Schnittstellen im Vordergrund stehen.

2.4 VisionBox

Das Embedded System des Sensorsystems muss die Hard- und Software-Anforderungen erfüllen. Hierzu zählen die benötigten Maschinen- und Kameraschnittstellen, sowie die zur Durchführung der Bildanalyse notwendige Rechenleistung. Zudem ist aufgrund der Einsatzbedingungen am Harvester ein robuster mechanischer Aufbau notwendig. Die VisionBox der Firma IMAGO ist ein speziell für die industrielle Bildverarbeitung konzipierter Hochleistungsrechner (IMAGO 2009). Er ist in verschiedenen Konfigurationen erhältlich. Die VisionBox Quad2 erfüllt die genannten Voraussetzungen. Die wichtigsten technischen Daten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

3 Bildanalyse in Echtzeit

3.1 Komponenten der Bildanalyse

Die Bildanalyse hat die Aufgabe, die vom Sensorkopf gelieferten Sensorrohdaten (Laserscanner- und Bilddaten) zu analysieren und daraus die Sensordaten (BHDs und Baumpositionen) der erfassten Bäume zu berechnen. Die angewendeten Methoden sind in KOCH u. a. (2009) ausführlich behandelt. In Abbildung 4 sind die Komponenten der Bildanalyse dargestellt.

Der Bestand wird durch Laserscanner und Kamera synchron und kontinuierlich erfasst. Über eine Segmentierung der Positionen aus dem Laserscanner werden Bäume in der Szene erkannt und mit Hilfe eines Baumtrackers während der Fahrtbewegung verfolgt. Aus den Positionen und Unsicherheiten des Baumtrackers werden über eine Kalibrierung korrespondierende Bildausschnitte (ROIs) gebildet, auf die eine Baumkantenerkennung und -zuordnung angewendet wird. Eine Fußpunkterkennung ermöglicht die Berechnung der gesuchten BHDs.

Beste Verarbeitung



Das Leica Qualitätsmanagement sichert eine Fertigung nach höchsten Ansprüchen. Die Präzisionsprismen werden mit einer **Genauigkeit von 1"** geschliffen und garantieren hohe Reichweiten bei bester Genauigkeit.

www.leica-geosystems.de

when it has to be **right**

Leica
Geosystems

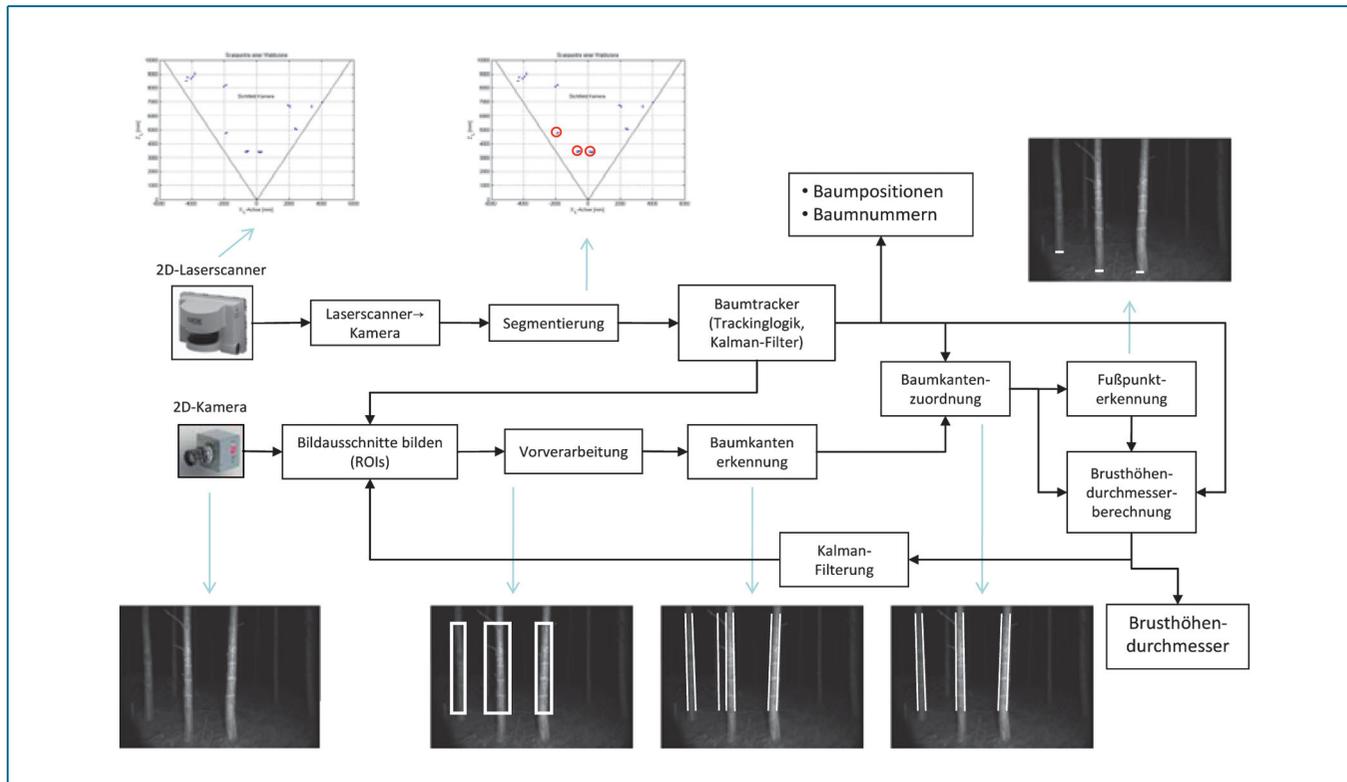


Abb. 4: Komponenten der Bildanalyse

3.2 Entwurfsprozess

Die Implementierung der Bildanalyse in ein reales technisches System unter Echtzeitbedingungen erfordert einen mehrstufigen Entwurfsprozess, der in Abbildung 5 dargestellt ist.

Den ersten Schritt bilden der Entwurf und der Test der Algorithmen unter Berücksichtigung von realen Messdaten unter MATLAB[®] mit den zugehörigen Toolboxen. Das Laufzeitverhalten spielt hier zunächst keine bedeutende Rolle. Als Ergebnis entstehen skriptsprachenbasierte Algorithmen. Diese sind jedoch erst nach einer Portierung mit Hilfe einer Quellcodegenerierung mit der VisionBox durchführbar. In Hinblick auf den Ressourcenbedarf wird

dieser Schritt manuell durchgeführt. Unter Zuhilfenahme geeigneter Bibliotheken kann der damit verbundene Aufwand verringert werden. Eine Portierung stellt jedoch nicht sicher, dass die entwickelten Algorithmen mit der Rechenleistung der VisionBox in Echtzeit durchgeführt werden können. Der Portierung muss daher eine Testphase folgen, die neben der Funktion auch die Berechnungszeiten prüft. Ist die Berechnungszeit der Bildanalyse zu groß, kann die Waldszene nicht optimal erfasst werden. Daher müssen kritische Komponenten erkannt und deren Berechnungszeiten über entsprechende Optimierungen verringert werden. Dieser Anpassungsvorgang kann je nach Komplexität mehrere Iterationsschritte erfordern.

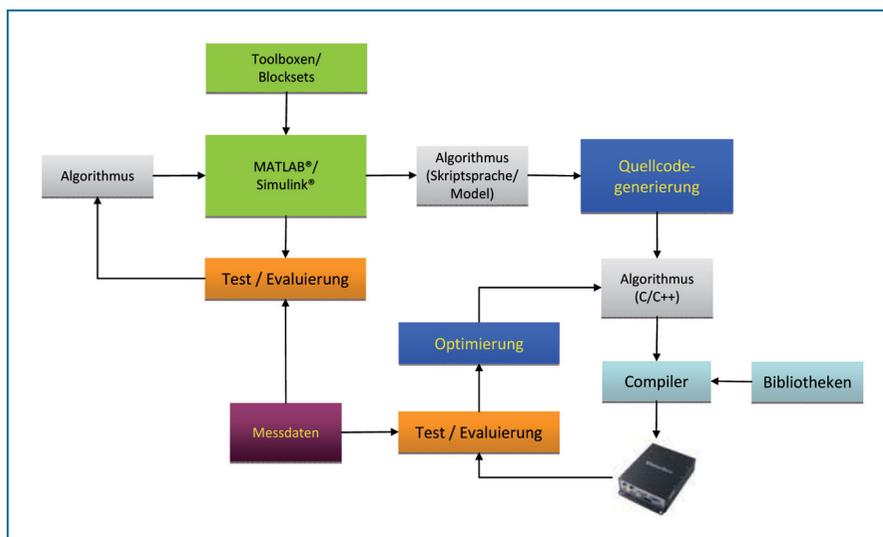


Abb. 5: Entwurfsprozess der Bildanalyse

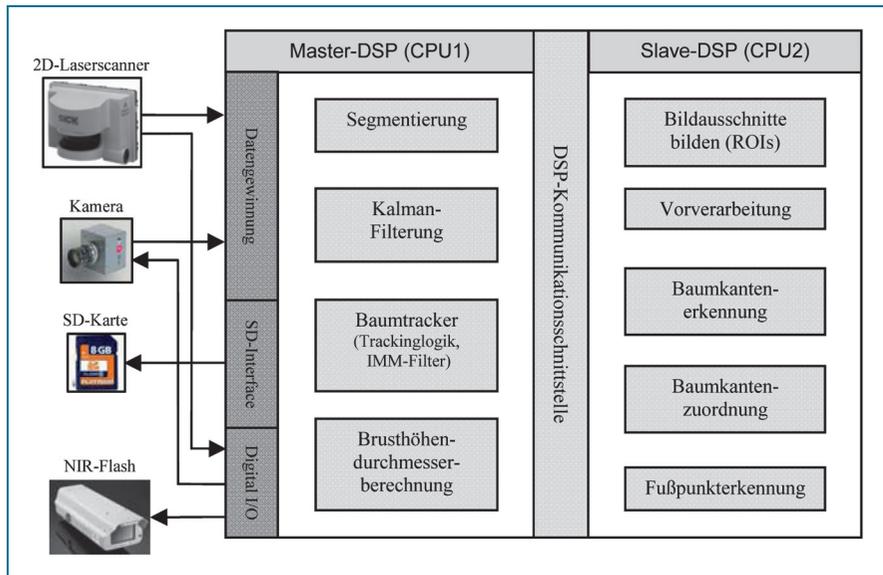


Abb. 6: Ressourcenbelegung der VisionBox durch die Bildanalyse

3.3 Implementierung in die VisionBox

Durch die Verfügbarkeit von zwei digitalen Signalprozessoren (DSPs) ist eine Parallelverarbeitung möglich. Die DSPs der VisionBox sind als eigenständige Subsysteme realisiert, die über eigenen Hauptspeicher verfügen und über spezielle Kommunikationsschnittstellen untereinander Daten austauschen können. Durch eine Aufteilung der portierten Algorithmen auf die zwei DSP-Subsysteme kann eine geringere Berechnungszeit für die Bildanalyse erreicht werden. Dazu ist es jedoch wichtig, deren Komponenten optimal auf die einzelnen DSPs aufzuteilen sowie diese miteinander zu synchronisieren. In Abbildung 6 ist die vorgeschlagene Aufteilung der Bildanalyse auf die Ressourcen der VisionBox dargestellt.

Das erste Subsystem, der so genannte Master-DSP, ist für den Betrieb der Maschinen- und Kameraschnittstellen verantwortlich. Dazu zählt die Datenakquirierung von Laserscanner, Kamera und die Ansteuerung des IR-Flash zur exakten Steuerung der Belichtung. Zusätzlich werden alle Komponenten der Baumverfolgung (Tracking), der Sensordatenberechnung und -filterung sowie deren Speicherung auf einer SD-Karte durchgeführt. Zusätzlich wird ein Webserver zur Wartung und Steuerung des Sensorsystems über Ethernet ausgeführt. Das zweite Subsystem, der Slave-DSP, ist für die Komponenten der digitalen Bildverarbeitung zuständig. Hierzu zählt das Auswählen von relevanten Bildbereichen, deren Vorverarbeitung zur Bildverbesserung, die Erkennung und Approximation von Baumkanten und die Erkennung der Baumfußpunkte.

Damit alle Komponenten insgesamt eine schnellstmögliche Erfassungsfrequenz des Sensorsystems erfüllen (z. B. 3 Hz), müssen die zugrundeliegenden Algorithmen in ihren Berechnungszeiten optimiert werden (vgl. Abbildung 5). Hierzu existieren zwei Methoden:

- (1) Optimale Anpassung der Software an die Hardwarestruktur des DSP (hardwarenahe Programmierung)
- (2) Optimierung von Algorithmen durch laufzeitoptimierte Varianten

Als Beispiel für Methode (1) sei die Erzeugung einer Gaußpyramide als Teil der Baumkantenerkennung (vgl. Abbildung 4) genannt. Ohne händische Optimierung an die Hardwarestruktur erfordert die Erzeugung einer vierstufigen Gaußpyramide mit 5*5-Filterkern aus einem 8-Bit-Grauwertbild mit 352*640 Pixeln eine Berechnungszeit von 28,5 ms. Mit händischer Optimierung verringert sich die Berechnungszeit mit 2,5 ms um eine Größenordnung. Ein Beispiel für Methode (2) ist die Optimierung von Algorithmen hinsichtlich bestimmter Rahmenbedingungen. So kann die Berechnungszeit einer Standard-Hough-Transformation als Teil der Baumkantenerkennung um etwa eineinhalb Größenordnungen verringert werden, wenn die vertikale Ausrichtung von Bäumen berücksichtigt wird.

3.4 Berechnungszeit der Baumkantenerkennung

Die kritische Komponente (kritischer Pfad) der Bildanalyse im Sinne der Berechnungszeit ist die Baumkantenerkennung. Die Berechnungszeiten der Baumkantenerkennung für die ROIs von Bäumen unterschiedlicher BHDs und Abstände vom Sensorsystem bei Ausnutzung der im vorherigen Abschnitt genannten Optimierungsmethoden sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Die Tabelle zeigt, dass dünne weit entfernte Bäume die größten Berechnungszeiten erfordern (worst case). Für den dritten Baum erreichen diese einen kritischen Wert, wenn eine mittlere Baumdichte von 10 Bäumen/Bild angesetzt wird. Die Erfassungsfrequenz von 3 Hz könnte

Tabelle 2: Berechnungszeiten der Baumkantenerkennung für beispielhafte Bäume

ROI-Größe [pixel ²]	Abstand [m]	BHD [cm]	Abstand/BHD	Berechnungszeit ¹ [ms]
224*576	7,7	18	~43	27
352*640	1,9	14	~14	21
160*576	12,1	8,5	~142	180

¹ Grundlage ist der Stand der Bildanalyse zur Drucklegung dieses Artikels.

nicht eingehalten werden. Die Ursache bildet die Hough-Analyse, die trotz Optimierung zuviel Rechenleistung erfordert. Das Ziel für den weiteren Projektverlauf muss sein, solche kritischen Stellen derart zu optimieren, dass im „worst case“ die Bildanalyse ≤ 30 ms pro Baum benötigt. Hierzu ist weiteres Optimierungspotenzial vorhanden (z.B. Fast-HT).

4 Sensorsystem im Einsatz

4.1 Sensorsystem am Harvester

Das Sensorsystem soll letztlich im Arbeitseinsatz an einem Harvester getestet werden. Abbildung 7 (links) zeigt einen Ponsse-Harvester der Firma ZS Holz mit dem zunächst versuchsweise angebrachten Sensorsystem. Oberhalb der Fahrerkabine befindet sich der NIR-Xenon-Flash und auf der linken Seite das Sensorsystem. Der Harvester arbeitet in einem Kiefernbestand in der Nähe von Stendal.

Die optischen Sensoren sind auf einem Gehäuse montiert, das die VisionBox und weitere Komponenten des Systems enthält. Abbildung 7 (rechts) zeigt das aufgeklappte Gehäuse. Das Bordnetz des Harvesters versorgt das System mit 24 V, die zu stabilisierten Spannungen für die Module des Sensorsystems umgesetzt werden. Ein GPS-Modul, ein zweiachsiger Neigungssensor sowie RS 232- und RS 422-Schnittstellenmodule vervollständigen neben herausgeführten Bedienelementen das System.

4.2 NIR-Aufnahmen bei Tageslicht

Die Wirkung des NIR-Xenon-Flash verdeutlicht Abbildung 8. Bei 100 lx Tageslicht entsteht ohne Flash das linke Bild. Es enthält außer dem Himmel keine signifikanten Signalanteile. Das rechte Bild mit Flash zeigt die Bäume trotz Tageslicht kontrastreich im Auflicht.

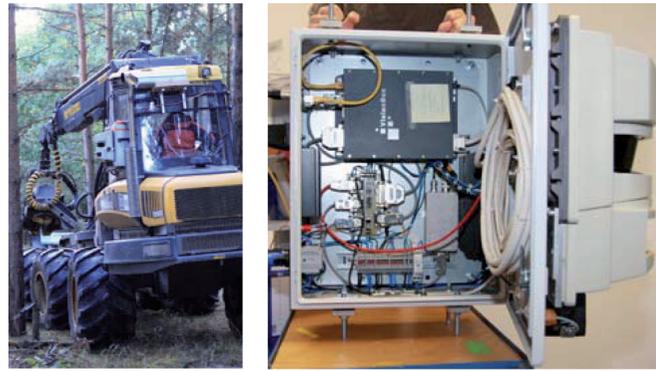


Abb. 7: Ponsse-Harvester mit Sensorsystem (links) und Sensorsystem-Module (rechts)

Die Szenenbeleuchtung mit dem NIR-Xenon-Flash führt zu einem Differenzsignal von ca. 2700 Photoelektronen zwischen Baumstamm eines 10 m entfernten Baumes und Hintergrund und entspricht damit der Erwartung. Mit diesen Bilddaten wird die Bildanalyse als Embedded Processing durchgeführt. Abbildung 9 zeigt beispielhaft die durch die Bildanalyse ermittelte Lage der Kanten eines Baumes.

5 Fazit

Der Entwurf des optischen Sensorsystems für die dynamische Waldinventur DynaWIS besteht in der Auswahl einer geeigneten Sensorik – Laserscanner und digitale Kamera – und der Entwicklung von Algorithmen zur Auswertung der Sensorinformationen (s. KOCH u. a. 2008 und 2009). Damit das System auf Harvestern während der Holzernte einsetzbar ist, muss es Echtzeitanforderungen genügen. Dieser Beitrag zeigt, dass derartige Anforderungen prinzipiell durch das Embedded System VisionBox erfüllbar



Abb. 8: Kameraaufnahmen bei 100 lx Tageslicht ohne (links) und mit Flash (rechts)



Abb. 9: Durch die Bildanalyse ermittelte Kantenlagen eines Baumes

sind. Die damit verfügbaren Ressourcen und die Hardwarestruktur der VisionBox sind aber nur dann optimal nutzbar, wenn sie bei der Implementierung der Algorithmen berücksichtigt werden. Die Synchronisation der optischen Sensoren mit dem NIR-Xenon-Flash lässt sich mit der VisionBox Mikrosekunden genau beherrschen. Die Bildanalysealgorithmen müssen optimal auf die zwei Prozessorkerne der VisionBox in zeitlich parallel abarbeitbare Teile zerlegt werden. Dabei besitzen die zeitkritischen Pfade die höchste Priorität. Der Beitrag veranschaulicht dieses Vorgehen an Hand der Baumkantenerkennung bei der Bildanalyse.

Die Implementierbarkeit der Algorithmen in die Zielhardware als Embedded Processing ist damit ein wesentlicher Aspekt bei der Frage nach der Umsetzbarkeit von DynaWIS in ein anwendbares Produkt.

Literatur

- [1] ASCHOFF, T., THIES, M. & SPIEKER, H. (2004): *Describing Forest Stands Using Terrestrial Laser-Scanning*. In: Remote Sensing and Spatial Information Sciences. s.l.: ISPRS-International Archives of Photogrammetry, 2004, Bd. XXXV, Part B5, S. 237-241
- [2] BOBEY, K. & BOMBOSCH, F. (2006): *Vorhabensbeschreibung des Forschungsprojekts „Entwicklung eines optischen Sensorsystems zur dynamischen Waldinventur bei der Holzernte mit Harvestern“ (DynaWIS)*, HAWK, Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen
- [3] IMAGO Technologies GmbH, *Hardware Manual Vision-Box Quad*, Version 1.43, Nov 2009, URL: <http://www.strampe.de/downloads/hardwaremanualquad25nov2009.pdf>
- [4] Informationen zur Bundeswaldinventur (2009): *Die Bundeswaldinventur*. [Online] [Zitat vom:08.06.2009.] <http://www.bundeswaldinventur.de/enid/46925c3cd9127068579c796b01da562c,0/3o.html>
- [5] KOCH, R., JATHO, M., BREKERBOHM, L. & BOBEY, K. (2008): *Dynamische Vermessung von Baumpositionen, Laserscanner vs. 3D-Kamera*. In: Luhmann, T. & C.

Müller Hrsg.): *Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik*. Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2008. Heidelberg: Wichmann, S. 110-120

- [6] KOCH, R., ZIEGLER, A., BREKERBOHM, L. & BOBEY, K. (2009): *Algorithmen und Messergebnisse bei der dynamischen Bestimmung von Baumparametern*. In: Luhmann, T. & C. Müller (Hrsg.): *Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik*. Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2009. Heidelberg: Wichmann, S. 217-226

Anschriften der Verfasser:

ALEXANDER ZIEGLER

RENÉ KOCH

Prof. Dr. KLAUS BOBEY

HAWK

Fachhochschule Hildesheim Holzminde/Göttingen

Fakultät Naturwissenschaften und Technik

Von-Ossietzky-Straße 99

37085 Göttingen

E-Mail: ziegler@hawk-hhg.de

Prof. Dr. FRIEDBERT BOMBOSCH

HAWK

Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen

Fakultät Ressourcenmanagement

Büsenweg 1a

37077 Göttingen

PRODUKTINFORMATIONEN

Fährt, passt und hat Luft

Die RZI Software GmbH stellt ihre neuen Produkte Dynamische Schleppkurve und easyTRACK vor. Speziell für Architekten und Straßenplaner hat die RZI Software GmbH die Dynamische Schleppkurve entwickelt. Das Programm erstellt realistische Simulationen der unterschiedlichen Fahrzeugbewegungen. Das Fahrzeug lenkt entlang einer Leitlinie oder „freihändig“ durch den Vorentwurf eines Kreisverkehrs. Potenzielle Kollisionspunkte mit Gebäuden, Schildern und ähnlichen Hindernissen werden sofort aufgezeigt. Mit dem

Fahrzeueditor bietet sich die Möglichkeit, die Hüllkurve des Fahrzeugs um einen Sicherheitsabstand zu erweitern. easyTRACK ist eine Fahrsimulation, mit der es gelingt, die Durchführbarkeit eines Schwerlasttransportes realistisch mit nur wenigen Arbeitsschritten durchzuspielen – sicher bis ins Ziel. Entwickelt wurde die praktische Software zusammen mit dem süddeutschen Transporthersteller Goldhofer AG, dem weltweit führenden Marktanbieter im Schwerlasttransport-Equipment. Hindernisse werden auf Antrieb erkannt, Maßnahmen für

Untergrundbefestigungen und Ähnliches lassen sich adhoc einleiten. Ein spezieller Fahrzeueditor für Sonderfahrzeuge ermöglicht die Zusammenstellung und die Konfiguration eigener Fahrzeugentwürfe.

Die Ergebnisvarianten beider RZI Programme sind speicher- und reproduzierbar und per Video abspielbar. Die Software der RZI GmbH läuft auf allen CAD Systemen, die die Formate DXF/DWG verarbeiten.

Weitere Informationen:
www.rzi.de

Kolloquium Kommunale Straßen

Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Ausgabe 2009 CD im Format PDF 23,00 EUR (FGSV-Mitglieder 15,30 EUR) (FGSV 002/92) Die CD-ROM enthält die Vorträge zum FGSV-Kolloquium „Kommunale Straßen“, das am 4. und 5. März 2009 in Kassel stattfand. In den insgesamt 16 Vorträgen werden neue Entwicklungen und Anwendungsmöglichkeiten von Re-

gelwerken und Bauweisen im Bereich der kommunalen Straßen aufgezeigt. So wurden die Regelwerke „Empfehlungen für Radverkehrsanlagen“ (ERA), „Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen“ (E EMI) und „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen“ (ZTV A-StB), die 2010 neu herauskommen

werden, und deren Umsetzung in die kommunale Praxis vorgestellt. Zu den behandelten Themen gehörte weiterhin Barrierefreies Bauen, Shared Space, Lärmindernde Asphaltdecken für den innerstädtischen Bereich und Systematische Erhaltungsplanung für Kommunen.

Weitere Informationen:
www.fgsv-verlag.de