

## **ASK: Entwicklung eines modularen Systems zur Automatisierung landwirtschaftlicher Maschinen**

Wilfried Wöber<sup>1</sup>, Richard Otrebski<sup>1</sup>, Bernhard Peschak<sup>1</sup>

**Abstract:** Die Anwendung von Systemen zur Lösung landwirtschaftlicher Aufgaben ist dank den Fortschritten der Sensortechnik, Prozessorgeschwindigkeit und Robotik zur Realität geworden. Durch die autonome Analyse der Umgebung kann neben der Automatisierung des Prozesses, der Prozess selbst sicherer bzw. effizienter gestaltet werden. Viele autonome Systeme sind allerdings Spezialanfertigungen und somit für eine breite, praktische Nutzung nicht interessant. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Vorstellung eines modularen Automatisierungssystems, welches als Erweiterung auf beliebige Arbeitsgeräte angewendet werden kann. Dadurch können unterschiedliche Aufgaben des Arbeitsgeräts (teil)automatisiert werden. Diese Arbeit diskutiert die Kerntechnologie des Systems und damit durchgeführte Experimente.

**Keywords:** Autonome Systeme, Robotik, Stereo Vision

### **1 Einleitung**

Die Automatisierung von Fahrzeugen soll Maschinen die Fähigkeit verleihen, ohne Eingriff von Menschen Aufgaben wie Gefahrenerkennung oder Navigation zu bewältigen. Das autonome System soll das menschliche Schlussfolgern, und die damit verbundene menschlichen Interaktionen mit der Umgebung durch mathematische Ansätze (z.B.: [Pe88, Bi07]) nachahmen. Für viele der an ein autonomes System gestellten Aufgaben, wie zum Beispiel der Selbstlokalisierung [TBF06, S189 & S309], existieren Lösungen. Die hohe Dynamik der Natur verhindert heute allerdings noch deren robusten Einsatz [Ot15]. Wenige Systeme zur Bewältigung von Problemen in unstrukturierter und dynamischer Umgebung sind bekannt [Ki09, Ki11]. Diese Systeme verwenden meistens globale Systeme zur Lokalisierung. Häufig wird Vorwissen (Karten [BGU15] oder Features [KGL10]) zur Lösung der Probleme verwendet. Nichtsdestotrotz lassen sich bereits heute einige landwirtschaftliche Problemstellungen durch Ansätze der Robotik lösen. Dies beweisen existierende Spezialanfertigungen (z.B.: [Ru15, Na11]). Das ASK (autonomes System für Kraftfahrzeuge) [Pa15], ein modular aufgebautes und auf Stereovision basierendes System, automatisiert (Teil-)Aufgaben von Maschinen.

Die Arbeit teilt sich folgendermaßen: In Kapitel 2 und 3 werden das ASK, Applikationen und Experimente diskutiert. Kapitel 4 diese Arbeit zusammen.

---

<sup>1</sup> PAS Peschak Autonome Systeme GmbH, Wienerstraße 62, 3701, Großweikersdorf [wilfried.woeber@pas-autonom.com](mailto:wilfried.woeber@pas-autonom.com)

## 2 Material und Methoden

Das ASK ist ein modulares System, bestehend aus Recheneinheiten, einem Stereokamerakopf (mindestens zwei Kameras), auf die Problemstellung angepasste Sensoren (z.B.: Wärmebildkameras) und Anwendersoftware. Unter Anwendersoftware versteht man in diesem Zusammenhang auf Kundenwünsche angepasste Algorithmen zur Lösung praktischer Probleme (Stickstoffanalyse, Autonomie, etc.).

Zur Wahrnehmung der Umgebung verwendet das ASK Kameras. Die Kameras ermöglichen dreidimensionale bzw. zweidimensionale Projektionen der Umgebung zu berechnen. Dabei verwendet das ASK vor allem Stereovision. Unter Stereovision versteht man die Nachahmung von menschlichem dreidimensionalem Sehen. Die dreidimensionale Information basiert auf der Analyse des Bildmaterials von zwei Kameras. Die gleiche Information wird in den Kamerabildern an unterschiedlichen Pixelpositionen zu finden sein. Durch diesen Positionsunterschied (Disparität) lässt sich durch  $T = f \cdot B \cdot D^{-1}$  Tiefeninformation berechnen, wobei  $T$  die Tiefeninformation,  $f$  die Fokusslänge,  $B$  der Abstand zwischen den Kameras und  $D$  die Disparität ist. Algorithmen wie [Op15a] erlauben die Berechnung eines Disparitätsbildes. [Op15b]

Die Disparität hat einen Zusammenhang zur Tiefeninformation und durch die Nutzung dieser Information sind verschiedene Anwendungen realisierbar. Beispiele sind geometrische Pflanzenanalysen, Hinderniserkennung oder fahrerlose Navigation.

Neben den Möglichkeiten der Nutzung von Kameras im sichtbaren Frequenzband ist die Nutzung weiterer Frequenzen möglich. Beispielhaft können dadurch Wärmestrukturen [Wo13a, Wo13b] oder NIR-Struktur analysiert werden. Durch den Verbau von Kameras mit unterschiedlichen Frequenzbändern (beispielhaft [Ja15]) sind neben der Automatisierung von Prozessen gleichzeitig Materialanalysen durchführbar. Dies ermöglicht zum Beispiel die Abschätzung des Stickstoffgehalts.

## 3 Ergebnisse und Evaluierung

Diverse durchgeführte Experimente auf Feldwegen, Forstwegen oder betonierten Flächen zeigen, dass Stereovision eine robuste Technologie zur Berechnung von Tiefeninformation ist. Die Genauigkeit der errechneten Tiefeninformation ist neben dem Sensorrauschen durch die Faktoren Kalibrierung, mechanische Erschütterung und Kameraabstand bestimmt. Durch die Kalibrierung werden intrinsische Parameter (z.B.: Linsenverzerrung) und extrinsische Parameter (geometrischer Abstand zwischen den Kameras) berechnet. Mechanische Erschütterungen können diese Parameter verändern. Dies führt zu einer Dekalibrierung des Kamerakopfes, welche durch robuste (Nach)Kalibrieralgorithmen und mechanisch entkoppelte Systemen kompensierbar wird. Ein nicht kompensierbares Problem ist der fixe Kameraabstand, welcher den dreidimensionalen „Sichtbereich“ des ASK definiert (siehe Abb. 1 [Ot15]).

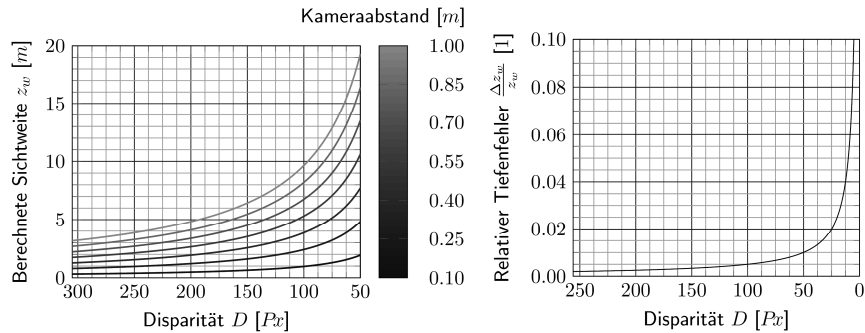


Abb. 1: Sichtweite für unterschiedliche Stereokameras (links), rel. Tiefenfehler (rechts) [Ot15]

Abb. 1 zeigt die „Sichtweite“ des Systems für unterschiedliche Kameraabstände (links) und den dazu gehörenden relativen Tiefenfehler (rechts). Der relative Fehler nimmt mit der Entfernung zu. Um den Fehler der Tiefeninformation in großen Arbeitsräumen zu minimieren sollten daher mehrere Stereokameras für je unterschiedliche Distanzen verbaut werden.

Optische Methoden zur Stickstoffdetektion werden in der Literatur regelmäßig diskutiert (z.B.: [Zh07] oder [No06]). Der im ASK angewendete Algorithmus erweitert diese Ansätze zu einem beleuchtungsunabhängigen System. Der Algorithmus wurde zwischen Februar und August 2015 entwickelt, kalibriert und evaluiert. Erste Evaluierungen zeigen einen  $R^2$  von 0,9618. Bei der Evaluierung wurde das Konica Minolta SPAD-502Plus [Ko15] verwendet. Die Erstellung eines robusten Modells zur Umrechnung in Stickstoffgehalt und Evaluierungsversuche sind derzeitige Forschungsschwerpunkte.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Das ASK ermöglicht die Automatisierung landwirtschaftlicher Maschinen oder Prozessen. Dies beinhaltet dreidimensionale Analysen der Fahrzeugumgebung und die damit verbundenen Möglichkeiten wie fahrerlose Navigation, Hinderniserkennung oder geometrische Pflanzenanalysen. Weiters können durch die Anwendung unterschiedlicher Kameratechnologien für den Menschen nicht sichtbare Wellenlängen sichtbar gemacht werden. Dadurch sind Wärmestrukturen oder NIR Analysen in das autonome System integrierbar. Die nächsten Schritte, im Kontext der vorgestellten Arbeiten, sind Feldtests zur Evaluierung der Präzision von vollautonomen Fahrzeugen und Kalibrierung bzw. Evaluierung der entwickelten Algorithmen zur Stickstoffanalyse.

## Literaturverzeichnis

[BGU15] Brubaker, M.A., Geiger, A., Urtasun, R.: Map-Based Probabilistic Visual Self-Localization, Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), 2015.

- [Bi07] Bishop, C.: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2007.
- [Ja15] JAI, AD-080GE, <http://www.jai.com/en/products/ad-080ge>, Stand: 25.11.2015.
- [KGL10] Kitt, B., Geiger, A., Lategahn, H.: Visual Odometry based on Stereo Image Sequences with RANSAC-based Outlier Rejection Scheme, In: Intelligent Vehicles Symposium (IV), S. 486-492, 2010.
- [Ki09] KIRAS, Sichere semi-autonome Konvoiführung (SafeCon), [http://www.kiras.at/geofoerderte-projekte/detail/?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=207&cHash=2d12d380fa0432acecc756fe41d9eece](http://www.kiras.at/geofoerderte-projekte/detail/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=207&cHash=2d12d380fa0432acecc756fe41d9eece), Stand : 5.10.2015.
- [Ki11] KIRAS, Reliable Control of Semi-Autonomous Platforms (RelCon), [http://www.kiras.at/geofoerderte-projekte/detail/?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=295&cHash=43384180c631949fe498487e2799fae2](http://www.kiras.at/geofoerderte-projekte/detail/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=295&cHash=43384180c631949fe498487e2799fae2), Stand: 5.10.2015.
- [Ko15] Konica Minolta, Chlorophyll-Messgerät SPAD-502Plus, <https://www.konicaminolta.eu/de/messgeraete/produkte/farbmessung-glanzmessung/chlorophyll-messgeraet/spad-502plus/einfuehrung.html>, Stand: 13.11.2015.
- [Na11] Nagasaka, Y. et al.: Autonomous rice field operation project in NARO. In: 2011 International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), S. 870–874, 2011.
- [No06] Noh, H. et al.: A Neural Network Model of Maize Crop Nitrogen Stress Assessment for a Multi-spectral Imaging Sensor, In: Biosystems Engineering, S. 477-485. 2006.
- [Op15a] OpenCV, cv::StereoBM Class Reference, [http://docs.opencv.org/master/d9/dba/class\\_cv\\_1\\_1StereoBM.html](http://docs.opencv.org/master/d9/dba/class_cv_1_1StereoBM.html), Stand: 13.11.2015.
- [Op15b] OpenCV, Depth Map from Stereo Images, [http://docs.opencv.org/master/d/d53/tutorial\\_py\\_depthmap.html#gsc.tab=0](http://docs.opencv.org/master/d/d53/tutorial_py_depthmap.html#gsc.tab=0), Stand: 19.11.2015.
- [Ot15] Otrebski, R.: Motion estimation based on visual perception, Fachhochschule Technikum Wien, 2015.
- [Pa15] PAS, Die Technologie des ASK, <http://www.pas-autonom.com/de/die-technologie>, Stand: 5.10.2015.
- [Pe88] Pearl, J.: Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference, Morgan Kaufmann, 1988.
- [Ru15] Ruckelshausen, A.: BoniRob: an autonomous field robot platform for individual plant phenotyping, <https://my.hs-osnabrueck.de/ecs/fileadmin/groups/156/Veroeffentlichung/en/2009-JIAC-BoniRob.pdf>, Stand: 5.10.2015.
- [TBF06] Thrun, S., Burgard, W., Fox, D.: Probabilistic Robotics, MIT Press, 2006.
- [Wo13a] Woeber, W.: Development of a Multivariate Analysis Based Object Detection System for Thermal Infra-Red Images, Fachhochschule Technikum Wien, 2013.
- [Wo13b] Woeber, W. et al.: A principal component analysis based object detection for thermal infra-red images, In: 55th International Symposium ELMAR, S. 357-360, 2013.
- [Zh07] Zhu, Y. et al., Analysis of Common Canopy Reflectance Spectra for Indicating Leaf Nitrogen Concentrations in Wheat and Rice, In: Plant Production Science, S. 400-411, 2007.