

## Sensorfusion für landwirtschaftliche Applikationen

Bernhard Peschak<sup>1</sup>, Wilfried Wöber, Richard Otrebski, Clemens Sulz und  
Stefan Thalhammer

**Abstract:** Moderne Zugmaschinen und landwirtschaftliche Anbaugeräte liefern immense Mengen an Daten. Die internen Sensoren moderner Maschinen erlauben die Verbesserung einzelner, von der Maschine durchgeführter, Prozesse. Eine übergeordnete Betrachtung der landtechnischen Aufgaben und der damit verbundenen globalen Betrachtung der Daten ist bis heute nicht möglich. In dieser Arbeit werden Methoden und Applikationen vorgestellt, welche durch die Verwendung und Kombination mehrerer Datenquellen neue Information generieren können. Der Schwerpunkt dieser Arbeit bezieht sich auf Selbstlokalisierung, der Erhöhung der Betriebssicherheit und Nutzung bestehender Daten. Erste Ergebnisse zeigen, dass die globale Betrachtung der Daten am Fahrzeug den Prozess selbst und die Betriebssicherheit signifikant verbessern können.

**Keywords:** Datenfusion, Machine Learning

### 1 Einleitung

Moderne landwirtschaftliche Maschinen haben neben internen Sensoren, also Sensoren zur Überwachung der Fahrfunktion, externe Sensoren zur Überwachung der Umgebung. Typischerweise basieren derartige Sensoren auf Kamera- oder Lasertechnologien [Ca16]. Diese Datenmengen werden zum Großteil nicht genutzt und dienen nur zur Realisierung einzelner Funktionen. Besonders Information, welche nur unter der Betrachtung mehrerer Sensorquellen gemeinsam gewonnen werden können, fließen kaum in die Prozesssteuerungen ein. So sind neben sicherheitsbezogenen Aspekten (z.B.: Hinderniserkennung) auch weitere landwirtschaftliche Analysen (z.B.: Schätzung des Stickstoffgehalts) möglich.

In diesem Paper werden Ansätze zur Nutzung der generierten Daten vorgestellt. Hauptaugenmerk liegt auf realisierten Applikationen mit dem *Autonomen System für Kraftfahrzeuge und Maschinen* (ASK) der Firma PAS GmbH [Wö16]. Diese Realisierungen basieren auf der Fusion von Information bzw. angewandter Statistik. In den nachfolgenden Kapiteln wird auf eine konkrete Realisierung des ASK eingegangen, welche basierend auf Sensoren zur Vollautomatisierung die Betriebssicherheit erhöht und intelligente Sensordatenverarbeitung durchführt. Diese Arbeit geht bezüglich Vollautomatisierung nur auf die Selbstlokalisierung und nicht auf die Navigation oder die Automatisierung eines Prozesses ein.

---

<sup>1</sup> PAS GmbH, Wienerstraße 62, 3701 Großweikersdorf (AUT), [bernhard.peschak@pas-autonom.com](mailto:bernhard.peschak@pas-autonom.com)

## 2 Material und Methoden

Zur Vollautomatisierung wurde das ASK auf einem Traktor (New Holland TN75S) implementiert. Das ASK ist ein modulares System, bestehend aus Industrierechnern, Sensoren (hier RGB Stereovision, NIR Kameras und Radsensoren) und einem Lenkradmotor. Die Vollautomatisierung basiert auf einer GPS unabhängigen Lokalisierungsmethodik, welche mit dem Satz von Bayes, einer zeitlichen Komponente und den Kamera- bzw. Radsensordaten im rekursiven Zusammenhang  $p(\bar{x}_t | \bar{e}_{1:t}) = f(\bar{e}_t, p(\bar{x}_{t-1} | \bar{e}_{1:t-1}))$  (siehe [Tr06]) resultiert, wobei  $\bar{x}_t$  die Position des Traktors und  $\bar{e}_t$  die Evidenzen (Sensorsignale) zum Zeitpunkt  $t$  darstellen. Durch die Nutzung Gaußscher Modelle und bestehender Lokalisierungsmethoden (z.B.: visuelle Odometrie [AV16, Ge11, Ge10]) lässt sich ein Zusammenhang formulieren, welcher durch Methoden wie dem extended Kalman Filter (EKF) [Th16] realisiert werden kann<sup>2</sup>.

Unabhängig von der Lokalisierung kann die Sensorik ohne Einschränkungen zur Erhöhung der Betriebssicherheit genutzt werden. Bisher nicht erkennbare Objekte (z.B.: laufende Kinder) können durch Stereovision erkannt werden. Das Hinderniserkennungsmodul des ASK ermöglicht eine Detektion von dynamischen Hindernissen. Diverse Ausweichprozeduren (z.B.: kreisförmig) sind dann definierbar.

Wie bereits diskutiert, kann neue Information, basierend auf den bestehenden Sensordaten, in einer globalen Betrachtung generiert werden. Als Beispiel wurde hier eine Analysemethode zur Schätzung pflanzenbaulicher Größen auf Basis von bildgebenden Sensoren implementiert. Um Information aus dem vorhandenen Bildmaterial generieren zu können, müssen Merkmale extrahiert werden. Abhängig von der Applikation können solche Merkmale spektrale oder Tiefen-Information, Bildfeatures (z.B.: SIFT Features [Lo04]) oder statistische Merkmale sein. Basierend auf dieser Information und Vorwissen in Form von Modellen können Schlussfolgerungen wie Nutzpflanzenerkennung oder Schätzung von Stickstoff getroffen werden. Die Modellierung kann dann beispielsweise durch eine Support Vektor Machine (SVM) [CL16] oder andere machine learning Verfahren geschehen.

## 3 Experimente

Die Datenfusionsalgorithmen zur Verbesserung der Lokalisierung werden in [Th16] diskutiert. Diese Arbeit geht auf die Rahmenbedingungen der Algorithmen und mögliche Erweiterungen durch Fusionierung mit Informationsextraktionsalgorithmen ein. Das Ergebnis dieser Forschungsarbeit weist auf die Erhöhung der Genauigkeit der Lokalisierung basierend auf Datenfusion hin und gibt Aufschluss über die Einschränkungen bei Verwendung. Diese Grenzen sind besonders durch Umgebungsbedingungen (z.B.: direk-

<sup>2</sup> Die mathematischen Voraussetzungen für die präsentierten Methoden sind in [Tr06] dargestellt.

te Sonneneinstrahlung) bedingt, welche bestehende optische Methoden stark einschränken.

Die Hinderniserkennung wurde in unterschiedlichen Umgebungen (z.B.: Maschinenhalle oder Acker) bei verschiedenen Bedingungen (z.B.: Sonnenschein und Regen) erprobt. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Qualität der Hinderniserkennung von den durch die Kamera erkannten Konturen bedingt ist. Hecken werden beispielhaft sehr gut erkannt, einfarbige Flächen ohne signifikant sichtbare Konturen nicht.

Die Analyse von Nutzpflanzen wurde durch den Aufbau von Datenbanken und der darauf aufbauenden Modellierung implementiert. In Messfahrten (Mai 2015 bis August 2016) wurden Bildmaterial und Metainformation (z.B.: Pflanzenart oder Stickstoffgehalt) in einer Datenbank abgelegt. Bestehende Methoden zur Detektion von Pflanzen [Sh15, Ku16] wurden aufgrund der mangelnden Praxistauglichkeit um pflanzenwachstumsbedingte und sich in der Pflanzengattung wiederholende Merkmalsmodellierung, einer zeitlichen Komponente und um Kontext basierte Schlussfolgerung (siehe [Pe13]) erweitert. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass eine robuste Klassifizierung möglich ist. In Feldversuchen wurden Nutzpflanzen unter mittlerem Unkrautdruck erkannt.

Neben der Pflanzenklassifizierung wurden Spektralaufnahmen (Nutzung der RGB und nahen Infrarot Sensoren) von Mais inklusive Stickstoffmessungen (Handmessungen basierend auf [Ko16]) am Acker (3721 Oberdürnbach und 3430 Tulln in Österreich) und Metadaten aufgenommen (ca. 5000 Stichproben). Basierend darauf konnte ein Modell erstellt werden, welches für Stickstoffanalysen für jeden Bildpixel ohne weitere Kalibrierung genutzt werden konnte. Die Messungen wurden im Sommer 2015 und Sommer 2016 durchgeführt. Das Modell konnte die Handmessungen mit einem  $r^2$  zwischen 0.96 bis 0.99 vergleichsweise gut (siehe [Fi10]) reproduzieren.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Sensoren in moderner Landtechnik liefern Daten, welche bislang nicht übergeordnet genutzt werden. Diese Daten sind mit Methoden der Datenbearbeitung bzw. Datenfusion für Automatisierung, sicherheitsrelevante Aufgaben und landwirtschaftliche Analysen nutzbar.

Neben der GPS unabhängigen Implementierung von Selbstlokalisierungsmethoden wurde die Erhöhung der Sicherheit von bisher „blinden“ Systemen durch die ASK Hinderniserkennung vorgestellt. Die dabei durchgeführten Analysen zeigten die Schwachstellen (z.B.: Blendungen) auf, welche aktueller Gegenstand von Forschungen sind. Des Weiteren werden im Jahr 2017 Systeme zur Hinderniserkennung durch die Fusion von verschiedenen Sensoren (RGB und nahes Infrarot) entwickelt.

Neben den der Automatisierung zugehörigen Anwendungen wurden Ansätze zur Analyse spezifischer Parameter von Pflanzen vorgestellt. Sowohl die Aufdeckung von Pflan-

zenparametern wie Stickstoff, als auch die Detektion von Nutzpflanzen am Feld werden in Forschungsprojekten 2017 weitergeführt.

## Literaturverzeichnis

- [AV16] AVG, LIBVISO2: C++ Library for Visual Odometry 2, <http://www.cvlibs.net/software/libviso>, Stand: 2.12.2016.
- [Ca16] Case IH: Case IH stellt auf der Farm Progress Show neues Traktorkonzept vor, <https://www.caseih.com/emea/de-at/news/pages/2016-08-30-case-ih-stellt-auf-der-farm-progress-show-neues-traktorkonzept-vor.aspx>, Stand: 2.12.2016.
- [CL16] Chang, C.-C., Lin, C.-J.: LIBSVM -- A Library for Support Vector Machines, <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>, Stand: 2.12.2016.
- [Fi10] Fitzgerald, G. et al.: Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI), In: Field Crops Research, p. 318-324, 2010.
- [Ge10] Geiger, A. et al.: Visual Odometry based on Stereo Image Sequences with RANSAC-based Outlier Rejection Scheme, In: Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2010.
- [Ge11] Geiger, A. et al.: StereoScan: Dense 3D Reconstruction in Real-time, In: Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011.
- [Ko16] Konica Minolta, Chlorophyll meter SPAD-502Plus, [http://www.konicaminolta.eu/fileadmin/content/eu/Measuring\\_Instruments/2\\_Products/1\\_Colour\\_Measurement/6\\_Chlorophyll\\_Meter/PDF/Spad502plus\\_EN.pdf](http://www.konicaminolta.eu/fileadmin/content/eu/Measuring_Instruments/2_Products/1_Colour_Measurement/6_Chlorophyll_Meter/PDF/Spad502plus_EN.pdf), Stand: 2.12.2016.
- [Ku16] Kumar, N. et al.: Leafsnap: A Computer Vision System for Automatic Plant Species Identification, [http://neerajkumar.org/papers/nk\\_eccv2012\\_leafsnap.pdf](http://neerajkumar.org/papers/nk_eccv2012_leafsnap.pdf), Stand: 2.12.2016.
- [Lo04] Lowe, D.G.: Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, In: International Journal of Computer Vision, p. 91-110, 2004.
- [Pe13] Pearl, J.: Graphical Models for Probabilistic and Causal Reasoning, [http://ftp.cs.ucla.edu/pub/stat\\_ser/r236-3ed.pdf](http://ftp.cs.ucla.edu/pub/stat_ser/r236-3ed.pdf), Stand: 2.12.2016.
- [Sh15] Shejwal, S. et al.: Automatic Plant Leaf Classification on Mobile Field Guide, In: International Journal of Computer Science and technology, p. 93-97, 2015.
- [Th16] Thalhammer, S.: Probabilistic Sensor Fusion to Localize a Mobile Robot with Enhanced Accuracy, Fachhochschule Technikum Wien, 2016.
- [Tr06] Thrun, S. et al.: Probabilistic Robotics, 2006.
- [Wö16] Wöber, W. et al.: ASK: Entwicklung eines modularen Systems zur Automatisierung landwirtschaftlicher Maschinen, In (A. Ruckelshausen, A. Meyer-Aurich, T. Rath, G. Recke, B. Theuvsen): Referate der 36. GIL-Jahrestagung in Osnabrück - Intelligente Systeme - Stand der Technik und neue Möglichkeiten, p. 221, 2016.