

# Datenmanagement für Ultra-High-Precision-Phenotyping in Feldversuchen

Kim Möller, Arno Ruckelshausen

Competence Center of Applied Agricultural Engineering (COALA)  
Hochschule Osnabrück  
Albrechtstraße 30  
49076 Osnabrück  
K.Moeller@hs-osnabrueck.de  
A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

**Abstract:** Diese Arbeit stellt die Realisierung eines Datenmanagements für Multi-Sensor-Phänotypisierungs-Plattformen vor. Mit der vorgestellten Form der Datenablage, einem hochauflösendem Drehgeber und entsprechenden Auswertungstools auf Basis von Matlab ist es möglich, orts- und zeitdiskrete Sensor- und Datenfusionen in einem Bereich von wenigen Millimetern umzusetzen und damit die Datenbasis zur Bestimmung von Pflanzenparametern bereitzustellen.

## 1 Einleitung

Bei der Entwicklung von feldbasierten Multisensor-Phänotypisierungssystemen für Getreideparzellen und Reihenkulturen stellt das Datenmanagement eine Schlüsselkomponente für die Ermittlung von Pflanzenparametern dar. Eine Abspeicherung von hochgenauen Zeit- und Ortsinformationen zu den Daten bildet dabei die Grundlage für die Sensor- und Datenfusion im Bereich von wenigen Millimetern sowie das Wiederfinden einzelner Pflanzen in Reihenkulturen (z.B. Mais) zu mehreren Messzeitpunkten. In einem Multi-Sensor-System gibt es dabei mehrere Herausforderungen: Verschiedene – überwiegend bildgebende - Sensoren haben sowohl unterschiedlichen Datenraten als auch unterschiedlich große Datenpakete („Frames“). Die Daten von allen Systemen müssen zeitgleich aufgenommen werden, sind räumlich versetzt angeordnet und haben häufig unterschiedliche Schnittstellen. Es werden, je nach Anzahl und Art der Sensorsysteme, mehrere Rechnersysteme benötigt, die entsprechend synchronisiert werden müssen. Die gesamten Messdaten müssen den Pflanzenreihen oder Versuchspartellen eindeutig zugeordnet werden. Die hochaufgelöste räumliche und zeitliche Zuordnung wird dadurch realisiert, dass jedes Datenpaket eines einzelnen Sensors in präzise Zeit- und Ortsinformationen eingebettet werden kann, wodurch alle Sensoren mit einer Genauigkeit von wenigen Millimetern exakt auf den gleichen Ort im Feld zurückgeführt werden können.

## 2 Systemaufbau

Ein System das die o.g. Voraussetzungen erfüllt wird seit 2009 entwickelt. Es wurde erstmals in den Forschungsprojekten *BoniRob* [Wu12] und *BreedVision* [Bu13] eingesetzt und im aktuellen Projekt *predbreed* weiterentwickelt. Die Grundlage für das Aufnahmesystem bildet die selbstentwickelte Software *BSystem*, die auf einem Industrie-PC installiert ist und Datensätze, der an das System angeschlossenen Sensoren, empfängt und in eine MySQL-Datenbank schreibt. Die Nutzung eines Datenbanksservers hat verschiedene Vorteile gegenüber einer rein filebasierten Speicherung: Besonders hervorzuheben sind Geschwindigkeitsvorteile beim Schreiben, Lesen und Auffinden bestimmter Datensätze, Unabhängigkeit bei der Wahl von Betriebssystem und Programmiersprache sowie der einfache Zugriff von mehreren Arbeitsplätzen auf dieselben Daten. Für eine spätere orts- und zeitdiskrete Datenzusammenführung ist eine systemweit gleiche Zeit (im ms-Bereich) notwendig, die mit einem standardisierten Zeitserver per Network Time Protocol (NTP) realisiert wird.

Die Sensoren können über vielfältige Schnittstellen in das System integriert sein:

- Direkt an dem PC angeschlossen (USB, seriell), z.B. GPS-Empfänger, Webcam.
- Per Ethernet über ein Entwicklungsboard oder Router an denen mehrere Sensoren angeschlossen sein können. Auf den Systemen läuft eine Software, die die Rohdaten der angeschlossenen Sensoren mit einem Zeit- (und Orts-) Stempel labelt und per Ethernet an den PC weiterleitet. Die Anschlüsse der Sensoren reichen dabei von Analogausgängen, RS232- und RS485-Schnittstellen über Ethernet-basierte Datenschnittstellen. Die Sensoren sind z.B. Triangulationssensoren, Lichtgitter, 3D-Kameras und RTK-GPS Systeme.
- Direkt per lokalem Ethernet-Anschluss für Sensoren mit hohen Datenraten, i.d.R bildgebende Systeme (Kameras) mit dem GigE-Vision-Standard.
- Per EtherCAT, ein von der Firma Beckhoff Automation initiiertes Echtzeit Ethernet, an dem über sog. „Klemmen“ Sensoren mit verschiedenen Schnittstellen angeschlossen werden können. Dieses System löst die o.g. Entwicklungsboards ab und bietet einen zuverlässigen Industriestandard.
- Über einen weiteren Industrie-PC an dem Sensoren direkt angeschlossen sind. Ein weiterer PC kann notwendig sein wenn in dem Aufnahmesystem mehrere bildgebende Sensoren integriert sind und die Kapazität eines Rechners nicht mehr ausreichend ist. Das sog. *Slave*-System empfängt Steuersignale von einem *Master*-System und speichert die Sensordaten auf einem (weiteren) lokalen MySQL-Server, die anschließend auf einem zentralen Server zusammengefügt werden.

## 3 Datenablage

Die Daten des Sensorsystems werden wie oben beschrieben, in einer oder mehrerer Datenbanken gespeichert. Der Aufbau der Datenbank sieht wie in Abbildung 1 dargestellt

aus. Für die Konfiguration des Systems sind Basistabellen angelegt, wie Messdatentyp, angeschlossene Sensoren, in der u.a. die Befestigungsordinate und Blickrichtung gespeichert werden, sowie bei Bedarf Konfigurationstabellen für die Sensoren in der weitere benutzerdefinierte Daten (z.B. Brennweite einer Kameralinse) abgelegt werden können. Eine weitere Tabelle speichert Einträge der Messungen (Rowmarker) mit einer lfd. Nummer sowie Start- und Endzeitpunkt um die Aufnahmedaten später einer bestimmten Messung zuordnen zu können. Für die Datenspeicherung wird für jeden Sensor eine eigene Tabelle angelegt deren Aufbau sehr ähnlich ist. Neben einer laufenden ID gibt es eine Spalte für den Zeitpunkt der Messung und der Aufnahmedauer, bei Bedarf (s.u.) einen Ortsstempel und Distanz die bei der Aufnahme zurückgelegt wurde und den bzw. die Aufnahmewert(e). Dabei kann es sich um die Rohdaten eines Sensors handeln oder auch ein Verweis auf eine Datei (z.B. Bild- oder Videodatei). Die Aufnahmedaten von verteilten Systemen werden auf einem zentralen MySQL-Server nach der Messung wieder zusammengefügt.

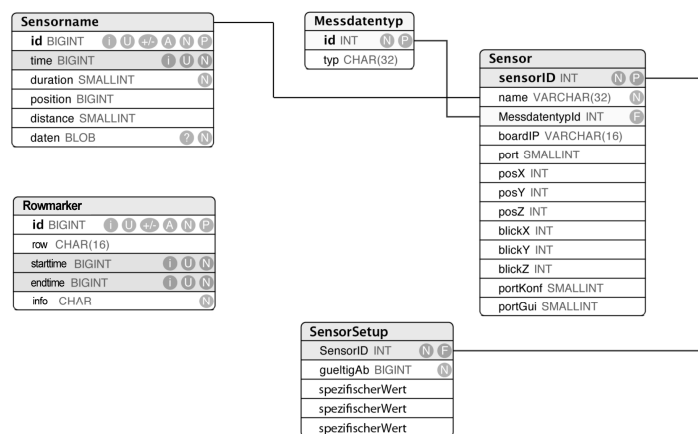


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Datenbank

## 4 Sensor- und Datenfusion

Für eine Sensor- bzw. Datenfusionen im Bereich weniger Millimeter ist es notwendig einen *Hilfs*sensor einzusetzen der die zurückgelegte Wegstrecke möglichst genau abbildet. Hierzu wird ein Drehgeber verwendet, der an einem oder mehreren möglichst nicht angetriebenen Rädern einer Sensorplattform befestigt wird und eine Auflösung von ca. 1mm hat. Für die Speicherung der Drehgeberwerte gibt es zwei unterschiedliche Konzepte die jedoch zum gleichen Ergebnis führen. Bei der ersten Möglichkeit wird der Drehgeberwert direkt mit zu dem Datensatz eines Sensors gespeichert, bei der zweiten Möglichkeit werden die Drehgeberwerte mit einem Zeitstempel in einer eigenen Tabelle gespeichert. Die Kombination von Zeit und Weg ist somit etwas aufwändiger, jedoch im Sinne der Datenhaltung konsistenter da die Daten nicht mehrmals abgelegt werden.

Damit lassen sich in Kombination von Zeit, Drehgeberwert und der Sensorbefestigungspunkte mit „Blickrichtung“ des Sensors, verschiedene Sensoren bzw. Daten auf einem Bereich von wenigen Millimetern fusionieren [Mi07].

## 5 Anwendung

Für das Auslesen und (Weiter-)Verarbeiten der Daten gibt es vielfältige Möglichkeiten. Aufgrund der Komplexität der Phänotypisierungsdaten wurde ein umfangreiches und für neue Sensoren und Auswertungsmethoden erweiterbares Tool auf Matlab-Basis geschrieben. Mit diesem Werkzeug wurden Möglichkeiten zur Multisensor-Datenfusionen mit der Phänotypisierungsplattform *BreedVision* in Getreide [Bu13] und der autonomen Feldroboterplattform *BoniRob* in Mais [Wu12] geschaffen und angewendet.

Eine Sensordatenfusion und statistische Datenfusion wurden im Forschungsprojekt *BreedVision* realisiert [Bu13]. Mit der Fusion dreier Sensoren (Triangulationssensor und zwei Lichtgittern) wird die Höhe von Getreide bestimmt. Durch die Kombination mehrerer Sensorwerte (Höhe, mittlere Eindringtiefe (Triangulationssensor), Flächenbelegung der Lichtgitter und der Feuchtigkeitsbestimmung mit Hilfe eines Spectral Imaging-Systems) wird die Feucht- und Trockenbiomasse einer Getreideparzelle berechnet.

Eine weitere Anwendung wurde mit der Feldroboterplattform *BoniRob* umgesetzt. Mit ihr ist eine Einzelpflanzenbonitur in Mais möglich. Mit Hilfe eines RTK-GPS-Systems, einem Drehgeber und eines Lichtgitters können einzelne Maispflanzen mehrmals pro Wachstumsperiode wiedergefunden und vermessen werden. Damit kann der Entwicklungsverlauf jeder einzelnen Pflanze dargestellt werden [Wu12].

**Danksagung:** Das Vorhaben *BoniRob* wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung gefördert, das Vorhaben *BreedVision* vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Das Forschungsprojekt *predbreed* wird vom Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) und der Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP) gefördert.

## Literaturverzeichnis

- [Bu13] Busemeyer, L. et al.: Precision phenotyping of biomass accumulation in triticale reveals temporal genetic pattern of gene expression, *Scientific Reports* 3 (Nature Publishing Group), ArticleNumber 3442, 2013, doi:10.1038/srep02442.
- [Mi07] H. B. Mitchell: *Multi-sensor Data Fusion – An Introduction*, Springer-Verlag, Berlin, 2007.
- [Wu12] Wunder, E., et al.: GIS- and sensor-based technologies for individual plant agriculture, *Landtechnik* 67 (1/2012), S. 37-41.