

# Intelligente Verarbeitung von Sensordaten

Wolfgang Koch

Fraunhofer-Institut für Kommunikation,  
Informationsverarbeitung und Ergonomie  
Fraunhoferstraße 20  
53343 Wachtberg  
Wolfgang.Koch@fkie.fraunhofer.de

## 1 Aspekte der Datenfusion in landwirtschaftlichen Anwendungen

Die Landwirtschaft nutzt bereits eine Vielzahl von Sensoren zur Optimierung des Anbaus von Nutzpflanzen und der Viehzucht. Bereits die Einzeldaten tragen zum Verständnis der Phänomene bei und haben verbesserte Prozessabläufe und Ertragssteigerungen ermöglicht. geführt. Das Potential, das Multisensorik in der Landwirtschaft bietet, lässt sich jedoch noch weitaus besser nutzen, wenn die Sensordaten und Kontextinformationen durch leistungsfähige Algorithmen miteinander fusioniert werden.

### 1.1 Ein Beispiel aus der Zucht von Nutzpflanzen

Salmonella und E. coli Bakterien verursachen unterschiedlichste Krankheiten beim Menschen. Studien belegen, dass Salmonella-Infektionen häufig durch infiziertes Gemüse und Obst stattfinden. Durch Züchtung resistenter Pflanzen, können ernährungsbedingte Infektionen verringert werden.

Sensordatenfusion unterstützt die Erkennung solcher Pflanzen im Züchtungsprozess, indem sie große Mengen an Bilddaten objektiv evaluiert und in Verbindung zum genotypischen Hintergrund der Pflanze oder zu Virulenz des Pathogenes bringt. Derartige Analysen ermöglichen, die Faktoren, zu identifizieren, die für eine Infektion notwendig sind. Ein entwickelter, vollautomatischer Algorithmus könnte aus Bildern der Pflanzenblätter auf den Krankheitszustand schließen [Sc12].

Dieses Verfahren wurde auf über 500 Bilder angewendet, welche zugleich auch biologisch untersucht wurden. Es konnte gezeigt werden, dass die optische Klassifizierung mit den Ergebnissen einer aufwendigen Laboruntersuchung übereinstimmt. Des Weiteren sind die erzielten Ergebnisse objektiv, so dass sie für eine wissenschaftliche Analyse verwendbar sind. Beispielergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt. Der Ansatz lässt sich auf andere Pflanzenarten übertragen.

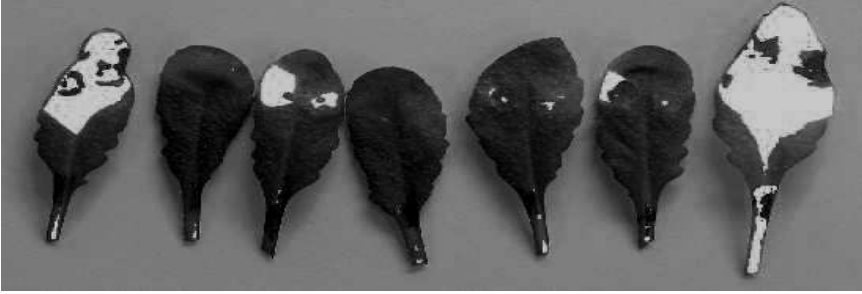


Abb. 1: Klassifizierungsergebnis. Kranke Bereiche sind Türkis markiert.

## 1.2 Aspekte im Hinblick auf Tierprodukte

Die Art der Tierzucht beeinflusst das Tierwohl bzw. die Tiergesundheit sowie die Qualität der Produkte (z.B. Fleisch, Milch). Die Züchter können in der Regel nicht alle relevanten Einflussparameter gleichzeitig im Auge haben. Sie können jedoch durch geeignete mobile bzw. stationäre Sensoren erfasst und automatisch ausgewertet werden.

- Z.B. werden durch Halsbänder bereits im frühen Stadium Informationen zur Gesundheit der Kuh erfassbar. So stellen das Wiederkauverhalten und die Bewegungsaktivitäten ein Hilfsmittel zur Beobachtung der Tiergesundheit und Brunstphasen dar und können Hinweise auf mögliche Erkrankungen liefern.
- Sensoren in Ställen können kurzfristig Hinweise auf mögliche gesundheitliche Gefahren liefern. So reagieren Schweine empfindlich auf Temperaturschwankungen, die zu klimabedingten Erkrankungen und zum Tod führen können. Bei Unregelmäßigkeiten kann der Züchter sofort informiert werden.
- Bei der Tierschau sollen mögliche Krankheiten oder auffällige Qualitätsabweichungen erfasst werden. Treten Krankheiten bzw. wesentliche Veränderungen in der Fleischqualität auf, sollen alle relevanten Informationen / Daten zur Beurteilung der Herkunft der Krankheiten vorliegen.
- Bei Tiertransporten wirken zahlreiche Faktoren auf Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere ein (Temperatur, Feuchtigkeit, Lüftung, Transportdauer/-zeitpunkt, Fahrweise). Diese können sensorisch erfasst werden und bieten die Grundlage für die Einleitung adäquater Maßnahmen.

## 1.3 Landwirtschaftlich relevante Sensoren

Landwirtschaftliche Anwendungen erfordern einerseits neuartige Sensorentwicklungen, andererseits kann häufig auch auf bereits bewährte Sensortechnologie zurückgegriffen werden, die gegebenenfalls angepasst werden muss.

- Eine wichtige Klasse sind bilderfassende Sensoren. Wie das diskutierte Beispiel zeigt, spielen unter ihnen konventionelle Kameras sowie Video- oder Infrarot/Wärmebildkameras eine wichtige Rolle. Sie ermöglichen Beobachtungen des Tierverhaltens. Entscheidend sind Algorithmen der Multiobjekterkennung und der Multiobjektverfolgung. Sie bilden die Voraussetzung dafür, abweichendes Verhalten zu erkennen. Zur Einschätzung dessen, was als normal zu gelten hat, ist ein intensiver Austausch mit Anwendern erforderlich.
- Großes Potential besitzen neuartige Millimeterwellen- und Terahertz-Sensoren, die empfindlich auf Wasser reagieren. Sensorsysteme in diesem Frequenzbereich erlauben eine Bildgebung mit hoher örtlicher und spektraler Auflösung. In typischen Anwendungen wird der Wassergehalt der Pflanze überwacht und gezielt die Bewässerung optimiert. Ferner können Vitalfunktionen berührungslos und für Tiere gefährdungsfrei erfasst werden (Atmung und Herzrate).
- In Ergänzung dazu besitzen Parameter-erfassende Sensoren in landwirtschaftlichen Anwendungen erhebliche Bedeutung. Sie messen Größen wie Temperatur (Umgebung, Oberflächen, Körperinneres), Feuchtigkeit, Ortsbewegungen, Gase (z. B. Methan, Ammoniak, [WK09]), Stressfaktoren (etwa durch Beschleunigungs- oder Audiosensoren), Waagen (Futter-/Wasseraufnahme), spektrometrische Eigenschaften (Gehalt an Chlorophyll).

#### **1.4 Landwirtschaftliches Potential der Datenbanktechnologie**

Für die Erfassung und Auswertung von Sensordaten stehen Algorithmen zur Verfügung, die im Bereich der militärischen Überwachung ihren Ursprung haben. Zur Entscheidungsunterstützung in landwirtschaftlichen Anwendungen werden jedoch neben Sensordaten weitere Informationen oder Kontextdaten benötigt. Diese stehen in der Regel in Datenbanken zur Verfügung. Die Fusion der Daten aus verschiedenen Datenbanken scheitert jedoch oft an unterschiedlichen Datenformaten.

Zusammenhänge können häufig nur durch die Analyse und Fusion unterschiedlicher Parameter über einen längeren Zeitraum erkannt werden. Daraus resultieren möglicherweise veränderte Anbau-/Zucht-Bedingungen, welche der Züchter zur Optimierung seiner Prozesse verwenden kann. Zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse räumlicher Daten sind Geoinformationssysteme einsetzbar. Durch den Einsatz von GPS-Receivern in Kombination mit Smartphones, z.B., und Softwaretools können bestimmte Tätigkeiten mit Landmaschinen dokumentiert und mit weiteren Tools ausgewertet werden. Umfangreiche Datenbanken bzgl. Anbauflächen, Boden- und hydrogeologische Karten stehen in digitaler Form zur Verfügung. Landwirte können jedoch in Regel nur in einem begrenzten Umfang derartige Daten zur Optimierung ihrer Prozesse verwerten. Erst durch die Kombination mit Sensordaten ergeben sich konkrete Entscheidungshilfen und können zur Verfügung gestellt werden.

## 1.5 Landwirtschaftlich relevante Sensorplattformen

In Abhängigkeit der sensoriell zu erfassenden Phänomene werden heterogene Sensortypen auf unterschiedlichen Plattformen installiert. Der Einsatz von Kameras, Spektrometern und Radar in UAV's (Unmanned Aerial Vehicle) ermöglicht eine flächendeckende Untersuchung von landwirtschaftlichen Flächen aus der Luft. Einsatzmöglichkeiten von UAV's in der Landwirtschaft sind: Bestandsführung (teilflächenbezogene Biomassenbestimmung), Schadensermittlung/-quantifizierung, Erfassung von Unkrautbesatz, Wild- und Mäuseschäden, relevante Veränderungen im Pflanzenbewuchs.

Auch landwirtschaftliche Maschinen werden zunehmend mit Sensoren ausgerüstet. So erfolgt beispielsweise die Messung des Chlorophyllgehaltes in Pflanzen (Hinweis auf Nährstoffmangel) im vorderen Bereich der Landmaschine. Die Daten werden sofort ausgewertet, die Menge an aufzubringendem Düngemittel wird errechnet und automatisch an den sich im hinteren Bereich der Maschine befindlichen Düngestreuer weitergeleitet. Mittels GPS können unterschiedliche Sensordaten eindeutig bestimmten Flächen zugeordnet, dokumentiert und zu einem späteren Zeitpunkt ausgewertet werden. So können die Ergebnisse der Bodenanalyse, Nährstoffgehalt, Menge an aufgebrauchten Pflanzenschutzmitteln den Ernteergebnissen zugeordnet werden. Liegen Daten über einen längeren Zeitraum vor, sind weitere bisher nicht nutzbare Zusammenhänge zu ermitteln. Auf diesem Gebiet gibt es noch ein erhebliches Forschungspotential.

## 1.6 Landwirtschaftliche Aspekte der Datenfusion

Die Daten einzelner Sensoren werden dezentral bzw. zentral erfasst und ausgewertet. Die Übertragung der Daten an dezentrale bzw. zentrale Auswerteeinheiten erfolgt, abhängig von den Umgebungsparametern, bevorzugt drahtlos. Für eine optimale Datenfusion ist es jedoch erforderlich, dass alle zu fusionierenden Daten in geeigneten Formaten zentral und zeitnah vorliegen. Für den agrarischen Entscheidungsträger ist es wichtig, dass die erforderlichen Ergebnisse vor Ort in einer leicht handhabbaren Form zur Verfügung stehen und der Endnutzer die Möglichkeit hat, Korrekturen vorzunehmen. Komfortabel ist es, die Ergebnisse auf mobilen Endgeräten (Smartphones, Tablets) zur Verfügung zu stellen.

Die Auswertung *einzelner* Sensordaten liefert bereits Hinweise für die Tier- und Pflanzenzucht, kann jedoch bei nicht ausreichenden Sensordaten bzw. Kontextinformationen zu Fehlinterpretationen führen. Für die Entscheidungsfindung ist es daher in bestimmten Situationen erforderlich, dass die Daten unterschiedlicher Sensoren und Kontextinformationen miteinander fusioniert werden. Dies erfolgt heute offenbar nur in relativ wenigen Fällen. Eine sinnvolle Datenfusion kommt jedoch nur zustande, wenn die Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen an der Auswertung und Entwicklung der Algorithmen [Ko14] und Softwaretools mitwirken.

In Krisensituationen wie z.B. bei Auftreten von Krankheiten ist es erforderlich, dass nationale und ggf. internationale Experten an der Entscheidungsfindung beteiligt sind. Die Prozesse und Abläufe und erforderlichen Daten incl. Auswertungen müssen vor dem

Eintreffen einer Krise soweit wie möglich festgelegt sein. In einzelnen Bereichen der Agrar- und Ernährungswirtschaft werden vereinzelt Daten zur Optimierung von Prozessen fusioniert. Im Bereich der Bundeswehr wird das Thema Datenfusion [Ko14] und Anomalieerkennung [SK12] seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt.

Die in diesen Bereichen entwickelten Verfahren sind nach entsprechender, oft im Aufwand sehr überschaubarer Anpassung im Agrar- und Ernährungsbereich einsetzbar. Für den Anwender ist es wichtig, dass ihm ein einfach zu bedienendes Tool zur Verfügung steht, bei dem er selbst eingreifen kann. Durch den verstärkten Einsatz des bisher vorhandenen Know-hows in den unterschiedlichen Bereichen auf dem Gebiet der Datenfusion könnte den Anwendern weitere Entscheidungsunterstützungstools zur Verfügung gestellt werden. Dies gilt sowohl für den Landwirt als auch für Personen, die z.B. im Katastrophenschutz tätig sind.

Voraussetzungen für Datenfusion:

1. Ausrüstung landwirtschaftliche Geräte/Anlagen mit geeigneten Sensoren
2. Entwicklung spezifischer Sensoren für landwirtschaftliche Anwendungen
3. Speicherung landwirtschaftlich relevanter Daten in Datenbanken
4. Zu Verfügung Stellung adäquater Kontextinformationen
5. Einheitliche Datenformate für die Datenausgabe (national und international)
6. Interdisziplinäre Zusammenarbeit
7. Verstärkter Einsatz von GPS-Systemen incl. Dokumentation
8. Automatisierter Datenaustausch zwischen internen und externen Systemen
9. Verbesselter nationaler und internationaler Datenaustausch

Auf dieser Grundlage werden u.a. die Voraussetzungen geschaffen für:

- Anomalieerkennung
- Verknüpfung relevanter Daten und Informationen (Datenfusion)
- Entwicklung anwenderfreundlicher Softwaretools entwickeln, mit der Möglichkeit Korrekturen im System durch den Benutzer vorzunehmen.

Fazit: Die vorhandenen Möglichkeiten der modernen Sensortechnologie in Verbindung mit Datenfusion können genutzt werden, um aus bereits bestehenden Datenbeständen und zeitnah gewonnenen Sensordaten wertvolle Erkenntnisse für die Tier- und Pflanzenzucht zugewinnen. Dies kann einen wertvollen Beitrag leisten, um die globale Ernährung der Bevölkerung langfristig sicherzustellen.

## Literaturverzeichnis

- [Ko14] Koch, W.: Tracking and Sensor Data Fusion: Methodological Framework and Selected Applications (Mathematical Engineering) Springer (Mathematical Engineering) 2014.
- [SK12] Schikora, M.; Koch, W. et al., Image classification approach to analyze the suppression of plant immunity by the human pathogen *Salmonella Typhimurium*. BMC Journal of Bioinformatics 13 (2012), 1, 171 ff.

- [SK10] Schikora, M.; Koch, W. et al., Multi-target multi-sensor localization and tracking using passive antenna and optical sensors on UAVs, SPIE Security+Defence, Toulouse, France, September 2010.
- [WK09] Wieneke, M.; Koch, W.; Combined Person Tracking and classification in a network of chemical sensors, International Journal of Critical Infrastructure Protection vol. 2, (2009), 51-67.
- [SK12] Schüller, G.; Koch, W. et al., Detecting Anomalies in Sensor Signals Using Database Technology, Chapter 5 in L. Mihaylova et al. (Editors): Advances in Intelligent Signal Processing and Data Mining: Theory and Applications, Springer-Verlag, 2012.
- [Sc12] Schikora, M.; Neupane, B.; Madhogaria, S., Koch, W.; Cremers, D.; Hirt, H.; Kogel, K.-H.; Schikora, A.; An image classification approach to analyze the suppression of plant immunity by the human pathogen *Salmonella Typhimurium*. BMC Bioinformatics, vol. 13:171, July 2012.