

# Seminararbeit

**Sensorik-gestützte Robotik-Systeme zur Automatisierung landwirtschaftlicher Prozesse**

Nico Elsner  
Studiengang: Robotik

9. Juni 2023

Erstprüfer: Prof. Dr. Christian Pfitzner  
Betreuer: Prof. Dr. Christian Pfitzner  
Ausgabedatum: 23.03.2023  
Abgabedatum: 31.05.2023

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Hauptteil</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Systeme</b>	<b>3</b>
3.1	Drohnen . . . . .	3
3.2	Schienensysteme . . . . .	3
3.3	Roboterfahrzeuge . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Sensorik</b>	<b>5</b>
4.1	Temperatursensor . . . . .	5
4.2	Bodenfeuchtigkeitssensor . . . . .	5
4.3	Mineralsensor . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Anwendungen in der Landwirtschaft</b>	<b>6</b>
5.1	Saat und Ernte . . . . .	6
5.2	Tierpflege . . . . .	6
5.3	Bodenpflege . . . . .	6
5.4	Bewässerung . . . . .	6
5.5	Schädlingsbekämpfung . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Herausforderungen</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>9</b>

# 1 Einleitung

In den vergangenen Jahrzehnten entwickelte sich durch das steigende Bevölkerungswachstum ein weltweiter Mangel an Ressourcen, vor allem an Nahrungsmitteln.

!!!!!!QUELLE FINDEN - AM BESTEN GRAFIK!!!!!!

Die Folge hiervon sind Massentierhaltung, Monokulturen und Gewächshausplantagen. Der Trend geht zur Perfektion der Erträge, bei möglichst geringem Aufwand.

Auch in anderen Bereichen ist die Frage nach schnellen, zuverlässigen Massenproduktionen bereits seit mehreren Jahrzehnten diskutiert.

Vor allem die Automobilindustrie hat bereits früh begonnen sich mit Automatisierung zu beschäftigen. Erste Ansätze gab es hier bereits 1913 durch Henry Ford, welcher die ersten Autos auf dem Fließband zusammenbauen ließ. Dieses System wurde über die Jahrzehnte soweit ausgebaut, dass heutzutage bereits viele Industrieroboter die Bandarbeit nahezu komplett autonom erledigen.

Jedoch gibt es auch in der Landwirtschaft bereits Ansätze, um die Arbeit zu industrialisieren.

In der folgenden Arbeit werden die fundamentalen Grundlagen für eine effiziente Nutzung von sensorbasierten Robotersystemen erläutert. Dabei wird auf bereits existierende Systeme aufgezeigt, die benötigte Sensorik erläutert, sowie auf gesellschaftliche und technische Herausforderungen eingegangen.

## 2 Hauptteil

In der Landwirtschaft gibt es viele Prozesse, die immer gleich sind. Solche Aufgaben sind perfekt dafür geeignet, um mithilfe von Robotik automatisiert zu werden. Zudem hat man bei Feldern, Äckern, etc. immer feste Ortspunkte und kann somit sehr gut mit GPS Koordinaten arbeiten. Im Folgenden wird auf die Grundlagen der benötigten Sensoren, sowie deren Flächenabdeckungsmöglichkeiten eingegangen. Zudem werde ich einige bereits existierende Lösungsmöglichkeiten vorstellen und einen Ausblick geben, wie diese auf Industriegröße skaliert werden können.

## 3 Systeme

### 3.1 Drohnen

In der Landwirtschaft geht es häufig darum, Sachen (Flüssigkeiten, Samen, etc.) auf dem Feld auszubringen. Auf die herkömmliche Art macht das ein Bauer, mithilfe eines Traktors. Je nach Aufgabe und Feldgröße benötigt ein Landwirt hierfür mehrere kostbare Stunden. Die Ausbringung von Flüssigkeiten wäre ein typischer Anwendungsfall für eine Drohne.



Abbildung 3.1: Sprühdrohne beim Aufbringen von Pestiziden

Die Drohne kann hierbei aus geringer Höhe die entsprechenden Flüssigkeiten über eine Düse ausbringen. Das kann durch Routenplanung komplett automatisiert passieren. Lediglich ein Flüssigkeitstank ist hier benötigt, welcher jedoch innerhalb weniger Minuten vom Landwirt an einer fest vorgegebenen Stelle platziert werden kann. Somit hat die Drohne einen festen Bezugspunkt für das Auffüllen der Flüssigkeit, ähnlich einer Ladestation eines Rasenmähers.

Ein zusätzliches weit verbreitetes Einsatzgebiet von Drohnen im Allgemeinen ist die Überwachung. Auf den Feldern wird dies häufig in Kombination mit Wärmebildkameras dazu verwendet, Tiere in den Feldern aufzuspüren. Durch die Möglichkeit, das Feld aus großen Höhen zu beobachten ermöglicht es dem Farmer, Rehe, Wildschweine und andere Schädlinge schnell und effektiv in seinem Feld aufzuspüren.

### 3.2 Schienensysteme

Unter Landwirtschaft zählen jedoch nicht nur klassische wie Äcker, Maisfelder, Getreidefelder, sondern unter anderem auch Gewächshäuser. Auch in Gewächshäusern gibt es viele Aufgaben, welche durch Sensoren ersetzt, bzw. sogar verbessert werden können. Der große Vorteil in Gewächshäusern ist die statische Umgebung. Gemeint ist hiermit die festen Punkte, an welchen die Pflanzen wachsen. Dies ermöglicht dem Robotersystem eine ähnliche Arbeitsumgebung wie in einem Warenhaus in welchem die Systeme bestimmte Positionen und Höhen anzufahren. Durch diese festen Bewegungspunkte ergibt sich die Möglichkeit eines Schienensystems, welches bereits in den vorher erwähnten Warenhäusern seinen Einsatz findet. Hier gibt es bereits ein bekanntes Beispiel aus der Heimbeet-Szene:



Abbildung 3.2: Farmbot

Der Farmbot ist ein Schienensystem, was von der Mechanik stark an einen 3D-Drucker erinnert. Verkauft wird hierbei von dem Unternehmen nur die Hardware, sprich Schienen, Motoren, Adapter, Verkabelung und ein Raspberry Pi für die Software.

Die Software ist open-source, also frei im Internet für alle zugänglich, was mehrere Vorteile mit sich bringt: Die Software wird von jedem User gedownloadet und eventuell umgeschrieben. Das bedeutet die Software wird kontinuierlich Probe gelesen. Außerdem können User die Software verändern und anpassen, etwaige Fehler beheben oder Performance-Verbesserungen vornehmen.

### 3.3 Roboterfahrzeuge

Ein weiteres weit verbreitetes Konzept sind Roboterfahrzeuge mit Reifen- oder Rollenantrieb. Diese werden hauptsächlich bei niedrig wachsenden Sorten zur Erkennung von Schädlingen oder beschädigten Pflanzen genutzt. Dies geschieht durch hochauflösende Kamerasysteme und der Verarbeitung der Ergebnisse, zum Teil mithilfe von künstlicher Intelligenz.



Abbildung 3.3: Farmdroid FD20

Der Farmdroid FD20 arbeitet hierbei komplett autonom und klimaneutral durch Solarpanels. Laut eines Zeitungsartikels ist dieser der weltweit erste, vollautonome Agrarroboter der Welt. [1]

Die Aufgabe dieses Roboters ist die Saat und die Unkrautvernichtung. Laut Hersteller hat sich der Farmdroid bereits nach bis zu 1,5 Jahren ammotisiert und arbeitet ab diesem Zeitpunkt aufgrund der Solarpanels mit extrem niedrigen Unterhaltskosten.

## 4 Sensorik

### 4.1 Temperatursensor

Wichtig für das Wachstum von Pflanzen ist natürlich die Temperatur. Je nach Herkunft benötigen Pflanzen unterschiedliche Temperaturen. Um die das Absterben von Pflanzen durch falsche Temperaturen zu verhindern, benötigen Roboter zur Überprüfung Temperatursensoren. Es gibt verschiedene Arten von Temperatursensoren:

Temperatursensoren:

- *IR*
- *Thermistoren*  
Thermistoren sind Bauteile, welche ihren Widerstand bei steigender Temperatur verringern. Sie bestehen aus Keramik oder Polymeren und die Temperatur wird hierbei sehr genau und schnell ausgegeben.
- *Widerstandsdetektoren*  
Widerstandsdetektoren (RTDs) funktionieren wie Thermistoren, bestehen aber aus Metall, wie Kupfer, Nickel oder Platin. Sie sind genauer, aber auch teurer als Thermistoren. Da Pflanzen durchaus mit Temperaturschwankungen klar kommen, und nicht eine, auf 1/10°C genauere Temperatur benötigen, reichen für die Landwirtschaft Thermistoren aus.

[2]

### 4.2 Bodenfeuchtigkeitssensor

Pflanzen brauchen Wasser. Je nach Sorte mehr oder weniger, nicht zu viel und nicht zu wenig. Um zu wissen, ob bewässert werden soll, benötigt der Roboter Bodenfeuchtigkeitssensoren.

Temperatursensoren:

- *kapazitive Sensoren* ÄNDERUNG DER DIELEKTRIZITÄTSKONSTANTE  
[3]
- *Leitfähigkeitssensoren* Wie die meisten bereits wissen, leitet Wasser Strom. Natürlich lässt sich somit über die Leitfähigkeit der Gehalt an Wasser im Boden feststellen.  
Das heißt, man leitet sich wie bei Thermistoren und RTDs die Größe über den Widerstand her. Das ist auch der Grund, weshalb es viele Sensoren gibt, die Feuchtigkeit und Temperatur gleichzeitig ermitteln können.

### 4.3 Mineralsensor

## 5 Anwendungen in der Landwirtschaft

### 5.1 Saat und Ernte

Den meisten Teil des Tages verbringt der Bauer immer noch auf dem Feld. Die einfachste Art hierfür wäre eine Automatisierung der Fahrzeuge. Das heißt ein mobiler Roboter mit Ketten- oder Reifenantrieb, würde durch fest übergebene GPS-Daten Bahnen im Feld abfahren und ernten, bzw. sähen.

Ein wichtiger für das Sähen benötigter Sensor ist ein Ultraschallsensor, zum Messen der Bodenentfernung. Damit können die Samen auf die exakte Tiefe in den Boden eingebracht werden.

Beim Ernten kommt es vor allem auf die Sorte an. Hierbei kommt es weniger auf die Sensorik, als auf die Aktorik an. Das liegt daran, dass alle Pflanzen bei der Ernte ziemlich gleich groß sind, innerhalb ihrer Sorte, welche im Vorhinein bekannt ist. Dabei werden die Pflanzen komplett abgeschnitten. Man könnte jedoch bereits beim Erntevorgang durch eine Bildverarbeitung beschädigte, kaputte Ernte aussortieren. Hierfür wäre vor allem ein sehr gutes Kamerasystem nötig, wobei man jedoch Kosten-Nutzen hierbei beachten sollte, da ein komplexes Kamerasystem schnell sehr teuer werden kann.

### 5.2 Tierpflege

Der Großteil, neben der Feldarbeit, dreht sich bei der Landwirtschaft um den Viehbetrieb. Hier gibt es bereits einige Automatisierungen, wie zum Beispiel Melkstraßen, wo Kühe mithilfe von Melkrobotern nacheinander vollautomatisch gemolken werden. Was zudem sehr leicht zu automatisieren ist, ist die Ernährung jeglicher Tierarten.

Man benötigt lediglich ein System, das Futter von großen Lagerbehältern zu den Ställen/Gehegen bringt. Das kann je nach Bauernhof unterschiedlich aussehen. Die einfachste Umsetzung wäre hierbei meiner Ansicht nach ein höher gelegenes Schienensystem. Damit gibt es keine Behinderung der sonstigen Arbeit, und man kann das komplette System mittels eines Mikrokontrollers, wie zum Beispiel eines Rasperrys, steuern.

### 5.3 Bodenpflege

Zur Bodenpflege gehören die Analyse von Mineralstoffen, Bodendichte und Bodenbeschaffenheit. Wie der Name schon sagt, wird bei dieser Arbeit ein Mineralwertsensor benötigt.

### 5.4 Bewässerung

Eine weitere Anwendung, welche in der Landwirtschaft in Kombination mit Sensorik viel Einsatz findet ist Bewässerung. Bewässerung kann auf unterschiedliche Arten realisiert werden. Man unterscheidet zwischen Flächenbewässerung und punktueller Bewässerung. Flächenbewässerung wird meist mit Sprengkern realisiert, die mittig aufgestellt werden und so die Pflanzen von oben mit Wasser versorgen. Vor allem in sehr heißen Gebieten ist das recht ineffizient, da ein Großteil des Wassers auf der Pflanze verdunstet, bevor es aufgenommen werden kann. Ein sehr viel besseres System für die Freiflächenanwendung sind Schläuche, welche in Bodennähe verlegt werden. Mit vereinzelt Löchern wird durch den Schlauch Wasser abgegeben, welches direkt vom Boden aufgenommen werden kann und unter dem Pflanzen, geschützt vor der Sonne, nicht verdunstet. Der Nachteil an Schläuchen im Freien ist die Anfälligkeit gegenüber Zerstörung durch Tiere, besonders Marder neigen dazu, Schläuche aufzubeißen, womit eine Verluststelle im System besteht, die nur schwer bemerkt und lokalisiert werden kann. Einen weiteren Aspekt, den es zu beachten gilt, wenn



Felder in freier Umgebung bewässert werden sollen, ist die dauerhafte Überwachung der Bodenfeuchtigkeit. Wenn es regnet, neigt ein bewässertes System schnell zur Überwässerung. Durch Bodenfeuchtigkeitssensoren (Kapitel 4.2) kann mithilfe eines Mikrokontrollers ein Feuchtigkeitsthreshold eingestellt werden, welcher sicherstellt, dass die Pflanzen genau die richtige Menge an Wasser bekommen.

## 5.5 Schädlingsbekämpfung

## 6 Herausforderungen

Bei allen Vorteilen, welche Robotik in der Landwirtschaft bietet gibt es auch Nachteile. Aufgaben werden von autonomen Systemen übernommen, womit auch die Arbeiter ihre Aufgabe an die Roboter verlieren, was bedeutet dass viele Erntehelfer, Hofmitarbeiter umschulen müssen, oder sich komplett einen anderen Beruf suchen müssen. Zudem sind die Farmbetriebe damit zunehmend abhängig von Technik. Das erfordert immer größere Kenntnisse bei den Bauern über komplexe technische Systeme, um technische Defekte im Zweifel selbst beheben zu können. Andernfalls können Systemausfälle in dieser Branche vorallem für die einzelnen Betriebe extreme Folgen haben, wenn man zum Beispiel an das Verkommen einer kompletten Jahresernte aufgrund von kaputter Erntesysteme denkt.

## 7 Fazit

Was gibt es für Möglichkeiten, wie man die Landwirtschaft entwickeln kann, \*ohne\* Arbeitsplätze zu gefährden?

## Literatur

- [1] „Roboter auf dem Feld“. In: *Donaukurier* (2022). URL: <https://www.donaukurier.de/archiv/roboter-auf-dem-feld-6203116> (besucht am 28.03.2023).
- [2] Oriol Planas. „Temperatursensoren, Verwendungen und Arten von Sensoren“. In: *Kernenergie* (2021). URL: <https://kernenergie.technology/blog/thermodynamik/temperatursensoren-verwendungen-und-arten-von-sensoren> (besucht am 30.03.2023).
- [3] Induux Team. „Kapazitive Feuchtemessung“. In: *Induux Wiki* (2022). URL: [https://wiki.induux.de/Kapazitive\\_Feuchtemessung](https://wiki.induux.de/Kapazitive_Feuchtemessung) (besucht am 30.03.2023).

## Abbildungsverzeichnis

3.1	Sprühdrohne . . . . .	3
3.2	Farmbot . . . . .	4
3.3	Farmdroid FD20 . . . . .	4
test		