

# Modellbasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Bestimmung von Bodenparametern durch die Verwendung des autonomen Feldroboters BoniRob

Christian Scholz<sup>1</sup>, Bojan Ferhadbegovic<sup>2</sup>, Stefan Hinck<sup>3</sup>, Thorsten Litfin<sup>1</sup> und Arno Ruckelshausen<sup>1</sup>

**Abstract:** In dieser Arbeit erfolgt eine modellbasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Bestimmung von Bodenparametern durch die Verwendung des autonomen Feldroboters BoniRob im Vergleich zu konventionell verfügbaren Technologien. Auf der Basis von entwickelten Modellen und deren identifizierten technischen und monetären Eingangsgrößen werden die vorhandenen Systeme mit geeigneten Investitionsrechnungen analysiert und anschließend bewertet. Vorteile und weitere Anwendungen werden bei der Beurteilung berücksichtigt, um den Einsatz der Feldrobotik hinsichtlich ökonomischer und ökologischer Aspekte zu unterstreichen. Zur Beurteilung der Akzeptanz der Menschen für Technologien im Bereich der Bodenparameter-Bestimmung wird im Rahmen dieser Arbeit eine Umfrage durchgeführt, um zuvor definierte Technik- und Qualitätsparameter objektiv zu validieren. Zusätzlich bewerten die Teilnehmer zwei unterschiedliche Szenarien zur Anwendungen der Feldrobotik hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu konventionell verfügbaren Systemen. In einem letzten Schritt werden spekulative Kosten für Folgeschäden der Landwirtschaft in Form von Überdüngungen und Bodenverdichtungen dargestellt und ein erster Lösungsansatz zur Minderung dieser Schäden beschrieben.

**Keywords:** Wirtschaftlichkeitsanalyse, autonome Feldroboter, BoniRob, Bodenparameter

## 1 Motivation

Für eine Precision Farming Bewirtschaftung innerhalb der Landwirtschaft ist die effektive und effiziente Nutzung von Ressourcen bedeutend. Eine wichtige Ressource ist der vorhandene Ackerboden, der nur begrenzt zur Verfügung steht und deshalb optimal und nachhaltig genutzt werden muss. Um detaillierte Aussagen bezüglich der Nutzung treffen zu können, sind Bodeninformationen von tragender Bedeutung. So sind beispielsweise die Zusammensetzungen sowie die Zustände der Ackerböden von großem Interesse. Wichtige Parameter in diesem Zusammenhang sind die Bodennährstoffverhältnisse anhand von Probenentnahmen und Bodendichtemessungen durch Penetrometermessungen, welche durch eine Umfrage bereits validiert wurden [CS15]. Für eine detaillierte Erfassung und Analyse der Bodeneigenschaften/-zusammensetzungen werden innovative Bodenkarten in den letzten Jahren zunehmend bedeutender, wobei die zeitliche und räumliche Auflösung dieser Karten immer eine Diskussionsgrundlage bietet [DS09]. Die

---

<sup>1</sup> Hochschule Osnabrück, Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück, c.scholz@hs-osnabrueck.de

<sup>2</sup> Deepfield Robotics (BOSP/PAA), Benzstr. 56, 71272 Renningen

<sup>3</sup> FARMsystem, Sedanstr. 26, 49076 Osnabrück

genannten Methoden zur Messung von Bodeneigenschaften verursachen auf der einen Seite eine anwender- und zeitabhängige Streuung der Messergebnisse und gegebenenfalls nur eine geringe Anzahl an Messpunkten. Zusätzlich sind die Methoden sehr zeit- aufwendig und in der manuellen Ausführung sehr anstrengend. Durch diese negativen Aspekte entsteht ein Bedarf an einer automatisierten Methode zur Bestimmung der genannten Bodenparameter auf Basis von innovativen Technologien in den Bereichen Mechatronik und Sensorik. Ein sehr dynamischer Teilaspekt dieser Technologien sind die Einführungen von Feldroboter. Erste Analyse zeigen mögliche Anwendungen, Konzepte und Potentiale dieser mobilen Agrarroboter [CM15].

## 2 Material und Methoden

In dieser Arbeit erfolgt eine modellbasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Bestimmung der genannten und verifizierten Bodenparametern, durch die Verwendung des autonomen Feldroboters BoniRob (www.deepfield-robotics.com) mit geeigneter Applikation („App“) im Vergleich zu konventionellen Technologien. Der Prozess zur Bestimmung der Parameter gliedert sich in drei Teilprozesse. Hierzu zählt der Prozess der Vorbereitung, der Durchführung und der Nachbereitung. Im Rahmen der Analyse wird der Teilprozess Durchführung bewertet und in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Die übrigen Teilprozesse werden als gleichwertig zu den konventionellen Technologien angenommen und im Rahmen der Analyse nicht bewertet.

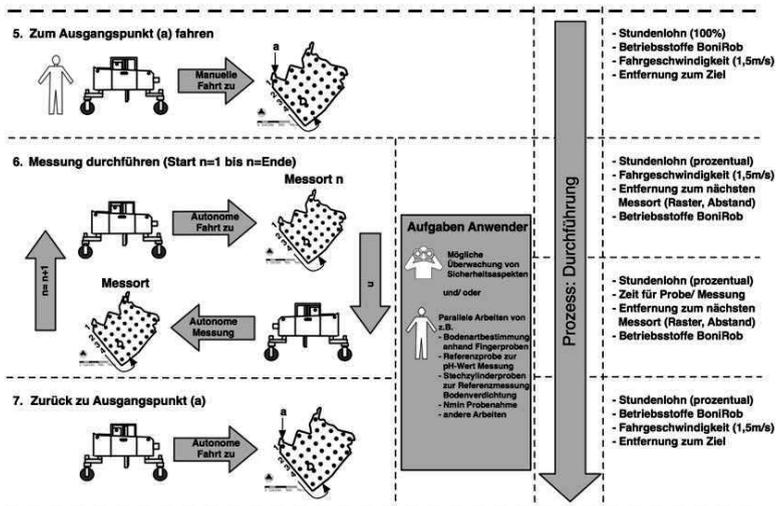


Abb. 1: Teilprozess Durchführung mit BoniRob und App

Die technischen und monetären Eingangsgrößen der Modelle sind u.a. Zeiten für die Durchführung der Einzelmessung, Messungen im Jahr, Absatzpreis, Anschaffungskosten

und Nutzungsdauern der Fahrzeuge und Systeme. Die Bewertung der unterschiedlichen Systeme erfolgt durch die Verwendung des Kapitalwerts. Hierbei werden drei unterschiedliche Szenarien dargestellt. Szenario 1 beinhaltet die Bodenprobenentnahme als Hauptanwendung, in der alle Kosten beachtet und andere Tätigkeiten nicht durchgeführt werden. Szenario 2 repräsentiert die Bodenprobenentnahme als Nebenanwendung. Hierbei sind die Fahrzeuge (BoniRob, 4x4 PKW) vorhanden und werden nur mit ihren variablen Kosten aufgeführt. Abschließend zeigt Szenario 3 die Penetrometermessung als Nebenanwendung. Auch in diesem Fall sind nur die variablen Kosten der Fahrzeuge (BoniRob, Quad) aufgeführt. In einem ersten Schritt wird eine Sensitivitätsanalyse des Kapitalwertes in Abhängigkeit zur Nutzungsdauer des Feldroboters BoniRob durchgeführt, um die jährlichen Einsatzzeiten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung zu identifizieren und erste Aussagen bezüglich der Wirtschaftlichkeit treffen zu können. In einem zweiten Schritt werden die Kapitalwerte der einzelnen Systeme anhand ihrer Höhe in einer Tabelle dargestellt, um einen Wirtschaftlichkeitsvergleich darzustellen.

### 3 Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die BoniRob Sensitivitätsanalyse des Kapitalwerts in Abhängigkeit zur Nutzungsdauer. Zur Analyse wurden jährliche Betriebsstunden von 300h, 600h, 900h für die Hauptanwendung der Bodenprobenentnahme berücksichtigt.

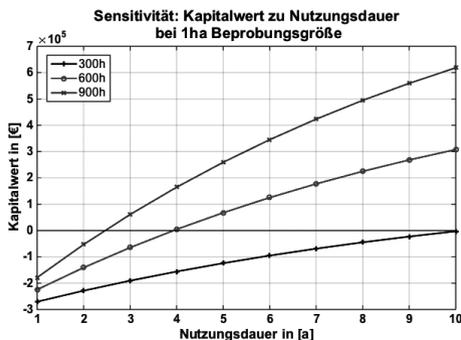


Abb. 2: BoniRob Sensitivitätsanalyse des Kapitalwerts zu Nutzungsdauer

Bei einer jährlichen Betriebsstundenzahl von 300h für die Hauptanwendung des BoniRob zur Bodenprobenentnahme zeigt sich über das dargestellte Nutzungsintervall ein negativer Kapitalwert des Systems und eine Investition ist somit unwirtschaftlich. Bei 600h Einsatzstunden im Jahr kommt es ab einer Nutzungsdauer von 4 Jahren zu einer Vorteilhaftigkeit. Ab ca. 2,5 Jahren zeigt sich ein wirtschaftlicher Vorteil bei 900h Einsatzstunden im Jahr. Auf Basis der Sensitivitätsanalyse und anhand des Maschinenkostenrechners der KTBL ([www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)) wird eine jährliche Betriebsstundenzahl von 600h bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Hauptanwendung gewählt. Für die Analyse der Nebenanwendungen werden jährliche Betriebs-

stunden von 300h bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren angesetzt. Somit ergeben sich jährliche Einsatzstunden von 900h was vergleichbar zur jährlichen Nutzung eines Traktors ist (siehe KTBL). Tabelle 1 zeigt das resultierende Ranking anhand der Höhe der Kapitalwerte für die unterschiedlichen Systeme.

Rang	Szenario 1 (600h)	Szenario 2 (300h)	Szenario 3 (300h)
1	Speedprob	Speedprob	BoniRob**
2	N 2012	BoniRob*	Penetrologger
3	BoniRob*	N 2012	Feldpenetrometer
4	Duoprob	Duoprob	-

Tabelle 1: Ranking anhand der Kapitalwerte (\* = Bodenproben, \*\* = Penetrometer)

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Anwendung des BoniRobs in Szenario 1 im Vergleich zu konventionellen Technologien weniger wirtschaftlich ist. In den Nebenanwendungen (Szenario 2 und 3) ergeben sich wirtschaftliche Vorteile. Um eine weitere Steigerung der Wirtschaftlichkeit zu erzielen, müssten weitere kostenintensive Anwendungen identifiziert werden. Diese Anwendungen könnten zunehmend in der kleinräumigen Gewinnung von Bodeninformationen liegen, um Folgeschäden der konventionellen Landwirtschaft zu minimieren. Überdüngungen der landwirtschaftlichen Flächen erzeugen jährlichen Kosten für die Trinkwasseraufbereitung von ca. 7,5Mrd.€ [Bu13]. Hierfür ergeben sich hohe Potentiale für die Feldrobotik, um die benötigten Informationen über Zustände der Ackerböden zu gewinnen und Maßnahmen zur Vermeidung abzuleiten.

## Literaturverzeichnis

- [Bu13] Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland: Wasserversorgung nicht privatisieren. Berlin. URL: <http://www.bund.net/nc/presse>, 21.03.2013.
- [CM15] Meltebrink, Christian: ROS-basiertes Validierungskonzept für autonome Agrarroboter. Hochschule Osnabrück, Masterthesis, 2015.
- [CS15] Scholz, Christian: Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Feldroboterbasierten Bodenparameter-Bestimmung. Hochschule Osnabrück, Masterthesis, 2015.
- [DS09] Domsch, Horst; Schirrmann, Michael: Teilflächenspezifische Grunddüngung. In Bor-nimer Agrartechnische Berichte 72/2009, ATB, 2009.