

Professorship for Geodesy and Geoinformatics
Faculty for Agriculture, Civil and Environmental Engineering

Summary of the dissertation

Spatial Data Infrastructure and Algorithms for Variable Rate Fertigation in Precision Agriculture

to obtain the academic degree Doctor of Engineering (Dr.-Ing.)

at the Faculty for Agriculture, Civil and Environmental Engineering
of the University of Rostock

submitted by

M. Sc. Alexander Steiger

born in Rotthalmünster, Germany

Verteidigung am 24. April 2026

The increasing pressure on agriculture to improve productivity and food security while the increasing pressure on agriculture to improve productivity and food security while reducing environmental impacts requires a more efficient use of water and nutrients. Precision Agriculture (PA) addresses this challenge through site-specific management, in which inputs are applied according to the spatial and temporal variability of soil, crop, and environmental conditions. This dissertation investigates the development of algorithms and a spatial data infrastructure (SDI) for information-driven irrigation and fertilization, referred to as Variable Rate Fertilization (VRFI).

A central contribution of this work is the design and implementation of a cloud-based SDI using the open-source GeoNode platform. The SDI integrates sensor data, spatial datasets, and decision-support outputs within a standardized OGC/ISO framework. In-field Lo-RaWAN soil moisture sensors, weather services, and soil and crop maps were connected to enable automated data exchange between a Decision Support System (DSS) and field machinery. Algorithms were developed to calculate irrigation and fertilizer rates and to generate site-specific application maps. These methods were implemented in a cloud-based Python DSS that operates fully automatically, produces fertilization maps within seconds, and publishes them directly for retrieval by a hose-reel irrigation system (HIS).

The integrated ICT system, consisting of the sensor network, SDI, and DSS, was deployed and tested at experimental sites in Germany, France and Turkey. In the final field trial in Turkey, the system was successfully operated during a real-world fertilization event, demonstrating its technical feasibility.

The results show that standardized SDI-based workflows can automatically combine heterogeneous data sources to produce fertilization maps directly usable by field machinery. The proposed approach provides a practical pathway for implementing VRFI in arable farming using open-source geospatial technologies and open standards.

Der zunehmende Druck auf die Landwirtschaft, die Produktivität und Ernährungssicherheit zu erhöhen und gleichzeitig Umweltbelastungen zu reduzieren, erfordert einen effizienteren Einsatz von Wasser und Nährstoffen. Die Präzisionslandwirtschaft (Precision Agriculture, PA) begegnet dieser Herausforderung durch teilflächenspezifische Bewirtschaftung, bei der Betriebsmittel entsprechend der räumlichen und zeitlichen Variabilität von Boden-, Pflanzen- und Umweltbedingungen ausgebracht werden. Diese Dissertation untersucht die Entwicklung von Algorithmen und einer räumlichen Dateninfrastruktur (Spatial Data Infrastructure, SDI) für informationsgetriebene Bewässerung und Düngung, auch bekannt als Variable Rate Fertigation (VRFI).

Ein zentrales Ergebnis dieser Arbeit ist die Konzeption und Umsetzung einer cloudbasierten SDI auf Basis der Open-Source-Plattform GeoNode. Die SDI integriert Sensordaten, räumliche Datensätze und Entscheidungsunterstützungsergebnisse innerhalb eines standardisierten OGC/ISO-Rahmens. In-situ LoRaWAN-Bodenfeuchtesensoren, Wetterdienste sowie Boden- und Pflanzenkarten wurden angebunden, um einen automatisierten Datenaustausch zwischen einem Decision Support System (DSS) und der Feldtechnik zu ermöglichen. Algorithmen zur Berechnung von Bewässerungs- und Düngermengen sowie zur automatischen Generierung teilflächenspezifischer Applikationskarten wurden entwickelt und in einem cloudbasierten, Python-gestützten DSS implementiert. Dieses arbeitet vollautomatisch, erzeugt Applikationskarten innerhalb weniger Sekunden und stellt sie direkt für ein Schlauchwagen-Bewässerungssystem (HIS) bereit.

Das integrierte ICT-System aus Sensornetzwerk, SDI und DSS wurde an Versuchsstandorten in Deutschland, Frankreich und der Türkei eingesetzt. Im abschließenden Feldversuch in der Türkei wurde das System erfolgreich unter Praxisbedingungen betrieben und seine technische Umsetzbarkeit nachgewiesen.

Die Ergebnisse zeigen, dass heterogene Datenquellen innerhalb einer standardisierten SDI automatisiert zu fertigen Applikationskarten zusammengeführt werden können, die direkt von der Feldtechnik genutzt werden. Der entwickelte Ansatz bietet einen praxisnahen Weg zur Umsetzung von VRFI im Ackerbau und verdeutlicht das Potenzial von Open-Source-Geotechnologien und offenen Standards für eine skalierbare Präzisionslandwirtschaft.