

Entscheidungsunterstützung durch Datenvernetzung

Ein Fallbeispiel der Pflanzenbauberatung

Fabian Weckesser¹, Anja Hartmann¹, Michael Beck¹ und Sebastian Peisl¹

Abstract: Der Bayerischen Landwirtschaft stehen eine Vielzahl von Informationen zur Verfügung, welche als Basis für fundierte Entscheidungen im landwirtschaftlichen Produktionsprozess dienen. Um diese Fülle an Information gebündelt und fachlich sinnvoll verknüpft für Landwirte und Berater verfügbar zu machen, wird eine digitale Wissensbasis, als Grundlage für eine bessere Ausnutzung von Effizienzsteigerungspotenzialen im Pflanzenbau, entwickelt. Die Modellierung der Datenkonzepte in OWL-Ontologien und die Datenhaltung in RDF-Graphdatenbanken bilden die Basis für ein unabhängiges Expertennetzwerk. Am Fallbeispiel Stickstoffdüngung im Winterweizen entstehen unter Einbeziehung von realen Betriebsdaten erste Bausteine dieser Wissensbasis.

Keywords: Pflanzenbau, Entscheidungshilfesystem, Stickstoffdüngung, Graphdatenbank, RDF, OWL, SPARQL

1 Einleitung

Landwirte und ihre Berater haben den Anspruch, stets das Richtige zum richtigen Zeitpunkt zu tun. Um sich diesem Ziel zu nähern, bedienen sie sich des Fachwissens verschiedener Datenquellen und Formate und kombinieren dies mit eigenen Erfahrungen. Um ökonomisch und ökologisch optimal beraten und wirtschaften zu können, ist eine schnelle Verfügbarkeit und eine gute Vernetzung aller relevanter Daten, bspw. zu Bewirtschaftung, Boden und Wetter, unerlässlich.

Im Rahmen dieses Projektes werden unterschiedliche Datenquellen in einer gesamtheitlichen Wissensbasis verknüpft. Darauf aufbauend wird ein unabhängiges Entscheidungshilfesystem entwickelt. Landwirte oder Berater können mit dem Auslösen eines vordefinierten Abfragekomplexes auf sämtliches Wissen zugreifen, entsprechende Zusammenhänge herstellen und damit die Effizienz ihrer Produktionsprozesse steigern. Dies wird insbesondere vor dem Hintergrund zu erwartender, strengerer Reglementierungen (Düngeverordnung usw.) notwendig sein.

Am Beispiel der Stickstoff(N)-Düngung im Winterweizen werden für ausgewählte Praxisbetriebe betriebsindividuell alle notwendigen Informationen in einer Wissensbasis zusammengeführt. Gemeinsam mit der Verknüpfung von agrarwissenschaftlichen Fach-

¹ Hochschule Weihenstephan, Zentrum für Forschung und Wissenstransfer, Am Staudengarten 10, 85354 Freising, {fabian.weckesser; anja.hartmann; michael.beck; sebastian.peisl}@hswt.de

inhalten und regionalspezifischen Beratererfahrungen bildet dies die Grundlage für eine ganzheitliche, standortangepasste und gesetzeskonforme N-Düngeempfehlung.

Anhand der aufbereiteten Daten kann der Landwirt durch eine dynamische Bestandesführung während der Vegetationsperiode bei seiner Zielerreichung unterstützt werden. Die Berücksichtigung von Daten aus Precision- bzw. Smart-Farming-Anwendungen können die Entscheidungsfindung darüber hinaus verbessern. Der hier beschriebene Beratungsansatz analysiert dabei nicht umfassend alle N-Flüsse, jedoch sieht die Technologie zur Wissensvereinigung Schnittstellen zu Nährstoffmanagementsystemen mit weiteren Funktionalitäten vor.

2 Methodik

2.1 Verwendung von Semantic Web und Linked Data Technologien

Zum Aufbau der landwirtschaftlichen Wissensbasis und des Entscheidungshilfesystems werden OWL-Ontologien (Web Ontology Language) verwendet [Hi12]. Im Vergleich zu herkömmlichen Datenbanken verfügen Ontologien über eine hohe semantische Ausdruckstärke und sind daher geeignet, komplexe Zusammenhänge abzubilden. Aus den in Ontologien modellierten Daten und Logikregeln können logische Inferenzen (abgeleitetes Wissen) erschlossen werden [Hi08]. Im Agrarsektor finden diese Technologien bereits Anwendung [Sk19; Ca13].

Im vorliegenden Fall finden RDF (Resource Description Framework) und RDF Schema als Ontologiesprache Verwendung. Die Verknüpfungen der modellierten Fachinformationen und Daten werden in einer Graphdatenbank (GraphDB[®]) verwaltet. Graphdatenbanken haben gegenüber klassischen relationalen Datenbanken (RDB) dann einen Vorteil, wenn semantische Verknüpfungen vorliegen bzw. der Zugang zu entsprechenden Datenquellen über einen SPARQL-Endpoint gegeben ist [Na19].

Abb. 1 zeigt die Struktur des Expertennetzes. Die Schnittstelle zum Entscheidungshilfesystem wird durch einen Wissensingenieur betreut, welcher Experten- bzw. Beraterwissen und deren genutzte Datenquellen schnittstellenkonform aufbereitet. Die vom Berater oder Landwirt gestellte Anfrage wird über die Benutzeroberfläche dialogisiert und über SPARQL-Abfragen an die Wissensbasis (Graphdatenbank) kommuniziert.

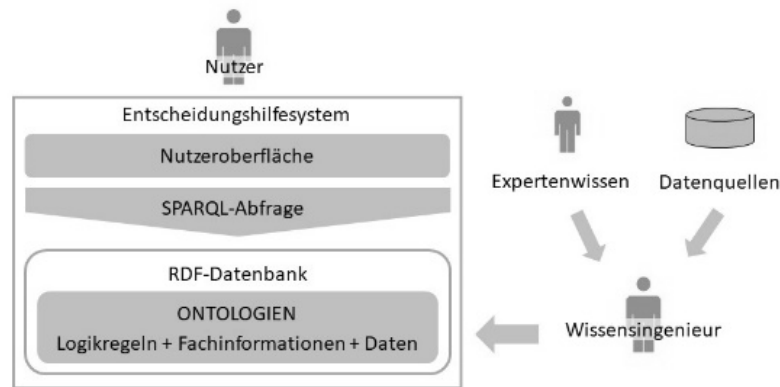


Abb. 1: Struktur des Expertennetzes

SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) ist eine graphenbasierte Abfragesprache für RDF-Modelle [Hi08]. Spezielle Erweiterungen ermöglichen zudem räumliche Abfragen. Die Anbindung an eine bereits existierende RDB, welche unter anderem Informationen zur Fläche (Bodenanalysen, Polygone etc.) bereitstellt, erfolgt durch die virtuelle RDF-Datenbank Ontop[®]. Diese übersetzt mittels R2RML (RDB to RDF Mapping Language) zwischen RDB und Graphdatenbanken. Eine entsprechende GUI (Graphical User Interface) für das Entscheidungshilfesystem, mit der Nutzer in Wechselwirkung treten, wird in JavaScript und HTML realisiert.

2.2 Landwirtschaftliche Praxis und Einflussnahme durch Beratung

Bei der Entscheidungsfindung des Beraters bzw. Landwirts wird unterstellt, dass dieser nutzenmaximierend handelt. Der Landwirt muss dabei zur Düngeentscheidung heuristische Annahmen treffen, da ihm bspw. zur Abschätzung der zukünftigen N-Mobilisierung zuverlässige Wetterprognosen fehlen [Ru98]. Der Landwirt wird seine Entscheidungsgrundlage jedoch so lange hinsichtlich seiner Optimierungsziele verbessern, wie es ihm bspw. durch Inanspruchnahme von Beratung und seinem subjektiv abgewogenen Kosten-Nutzen-Verhältnis möglich ist [LP10]. Ziel der Erarbeitung eines digitalen, dynamischen Beratungsleitfadens zur Düngeberatung ist es, die bewusst oder unbewusst in Kauf genommene Informationslücke zu minimieren.

Dazu werden auf neun bayerischen Modellbetrieben (Praxisbetriebe) mit Weizen in der Fruchtfolge verschiedene Düngestrategien (betriebsübliche Variante und Berater-Variante) beobachtet. Diese Betriebe in Niederbayern, Schwaben und der Oberpfalz repräsentieren unterschiedliche Raum-Klima-Zonen Bayerns [Ro07]. Die gewünscht vielfältigen Voraussetzungen der Modellbetriebe (Anbaudiversifizierung, Düngeregime, Betriebsgröße, Feldgröße, mit/ohne Viehhaltung etc.) dienen der Ableitung regionalspezifischer Parameter, welche durch Analyse der landwirtschaftlichen Praxis und der Beratungspraxis diverse Optimierungsansätze abbilden.

Abb. 2 zeigt das Vorgehen bei der Konzeptualisierung einer Entscheidungsunterstützung. Dabei werden nach der Wissensmodellierung (1) die Modellbetriebe von ihren Beratern mit Unterstützung des Entscheidungshilfesystems beraten (2). Die Evaluation (3) der Daten- bzw. Wirkungserfassung der Modellbetriebe führen zur iterativen Verbesserung des Systems (4) durch kumulierende Erfahrungswerte.

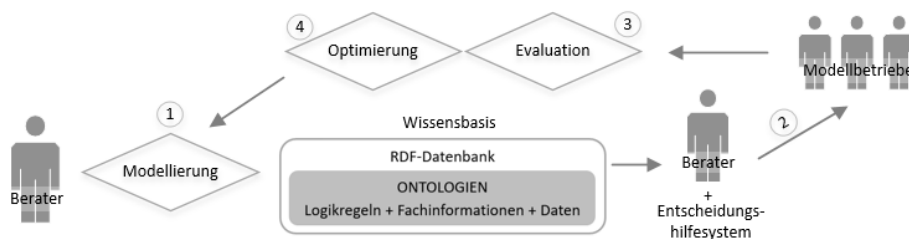


Abb. 2: Konzeptualisierung der Wissensakquise mit Experten und Modellbetrieben

Durch den Vergleich verschiedener Düngestrategien auf unterschiedlichen Standorten und dem mehrmaligen Durchlaufen des vorstehenden Zyklus wird die Robustheit der Handlungsempfehlungen on-farm validiert.

3 Ergebnisse

Am Beispiel der N-Düngung wurden fachlich relevante Datenquellen, z. B. der „Leitfaden zur Düngung“ [We18] und domänenspezifisches Allgemeinwissen aufbereitet, in ein maschinenlesbares Format überführt, sowie fachlich und technisch in der Wissensbasis verknüpft.

Die ausgewählten Modellbetriebe wurden als semantisches Netzwerk von Klassenkonzepten und Beziehungen in der „Modellbetriebe“-Ontologie hinterlegt. Da die Betriebe unterschiedliche, nur teilweise elektronische, Dokumentationssysteme verwenden, zeigte sich auch hier die Heterogenität der Daten in der Landwirtschaft und welche Hürde dies für die Vernetzung von Daten bedeutet. Für die Planung einer Düngungsmaßnahme wurden relevante Informationen des Betriebes, wie Polygone der Flächen, Sorte, Vorfrucht und bereits durchgeführte Düngemaßnahmen, vernetzt.

Neben Hinweisen zur Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben (DüV) sollen dem Berater und Landwirt zusätzliche zeit- und ortsabhängige Informationen bereitgestellt werden, die eine dynamische Optimierung der N-Gabe, z. B. auf Basis von Klima-, Boden- und Bestandsparameter, erlauben und damit Einsparungen bzw. eine verbesserte Verteilung der N-Gabe ermöglichen. Erfolgreich in der Ontologie modellierte Datenquellen sind u. a. **Bodengüte/-art, Bodenanalyse, BBCH-Stadium und Wetterdaten.**

Informationen zur **Bodengüte/-art** basieren auf den Polygonen der Reichsbodenschätzung, sowie deren Attribute (Bodenzahl, Ackerzahl etc.). Die Bodengüte/-art trägt bspw. zur Einschätzung der Wasserspeicherkapazität sowie des Ertragspotenzials des Bodens bei. Daneben werden die Nährstoffgehalte des Bodens durch die Anbindung einer MySQL[®]-Datenbank (mysql.com), welche **Bodenanalysen** vieler bayerischer Betriebe enthält, über eine Ontop[®]-Schnittstelle (ontop.inf.unibz.it) abgefragt.

Falls sich der Berater zum Zeitpunkt der Beratung nicht vor Ort befindet, kann das **BBCH-Stadium** kulturspezifisch über das Prognosemodell SIMONTO (ISIP) mit einer API-Schnittstelle ermittelt werden.

Die tagesaktuelle nutzbare Feldkapazität, Temperatur und Niederschlag des jeweiligen Standortes wird über die Anbindung an das Open Data Portal des Deutschen Wetterdienstes (cdc.dwd.de/portal) realisiert. Sie dienen u. a. zur Einschätzung der Mineralisierungsrate des Bodens und der Wirksamkeit geplanter Düngemaßnahmen. Es besteht zudem die Möglichkeit vorhandene N_{\min} -Werte einzugeben bzw. vorgeschlagene Richtwerte zu übernehmen.

Um fachspezifisches Kontextwissen bzw. die Entscheidungsmuster des erfahrenen Beraters abzubilden, wurden Experteninterviews geführt [Re15] und **individuelle Entscheidungsbäume** für verschiedene N-Düngungsintensitäten erarbeitet, welche gleichzeitig der Dokumentation und Qualitätssicherung dienen.

Anhand dieser Entscheidungsbäume und deren abgefragten Parametern fließen zusätzliche Faktoren in das Entscheidungshilfesystem ein. Dies sind **qualitative Parameter** wie bspw. die Bestandsdichte, welche durch ein einheitliches Referenzsystem quantifiziert wurden (z. B. schwacher Bestand zum Zeitpunkt X in Region Y und Sortentyp Z = 400 Ährentragende Halme/m²).

Bei Vollständigkeit der Angaben und Daten wird dem Nutzer durch das System in komprimierter Form ein „Bericht zur Düngung“ angezeigt. Die Ausgabe liefert einen Vorschlag zur Höhe der Einzeldüngegabe, Anzahl und Terminierung der N-Gabe.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsprojektes wird ein unabhängiges Entscheidungshilfesystem für bayerische Berater und Landwirte zur Effizienzsteigerung ihrer Produktionsprozesse entwickelt. Hierfür finden OWL-Ontologien und RDF-Standards Verwendung. Verschiedene Datenquellen werden annotiert, fachlich und technisch verknüpft und in eine einheitliche Wissensbasis integriert. Berater und Landwirte können so auf sämtliche standortspezifische Informationen zugreifen. Im Projektzeitraum erfolgt eine Fokussierung auf die N-Düngung im Winterweizen. Anhand realer Daten von neun Modellbetrieben wird das System validiert und anschließend durch Einbezug weiterer Berater und Praxisbetriebe auf Übertragbarkeit geprüft.

Zukünftig soll die Wissensbasis bzw. das Entscheidungshilfesystem nicht auf das Fallbeispiel N-Düngung beschränkt bleiben, sondern um weitere Themen, z. B. Pflanzenschutz oder Sortenwahl, erweitert werden.

Durch die Verbreiterung der Wissensbasis und das Schließen von Wissenslücken gewinnt die Datenmenge an Aussagekraft. Gleichzeitig ermöglicht die Skalierbarkeit der hochperformanten Technologie zukünftig den Einsatz von Methoden des Maschinellen Lernens, um aus bestehendem Wissen neues Beratungswissen logisch zu inferieren.

Literaturverzeichnis

- [Ca13] Caracciolo, C.; Stellato, A.; Morshed, A.; Johannsen, G. & Sachit, R.: The AGROVOC Linked Dataset. *Semantic Web*, 4, S. 341-348, 2013.
- [Hi08] Hitzler, P.; Krötzsch, M.; Rudolph, S., & Sure, Y.: *Semantic Web*. Springer, Berlin, 2008.
- [Hi12] Hitzler, P.: *OWL 2 Web Ontology Language Primer (Second Edition)*, <https://www.w3.org/TR/owl2-primer>, Stand: 28.10.2019.
- [LP10] Liebe, U. & Preisendörfer, P.: Rational Choice Theory and the Environment: Variants, Applications and New Trends. In: Groß, M. & Heinrichs, H. (Hg.) - *Environmental Sociology*. Springer, Berlin, S. 141-157, 2010.
- [Na19] Nafissi, A.; Weckesser, F.; Kessler, I.; Rickert, M.; Pfaff, M.; Peisl, S. & Beck, M.: Wissensbasierte digitale Unterstützung in der Pflanzenbauberatung. In: Ruckelshausen A. et al. (Hg.) - *Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen - ein Widerspruch in sich? Referate der 39. GIL Jahrestagung*, Wien, S. 145-150, 2019.
- [Re15] Reinhold, A.: Das Experteninterview als zentrale Methode der Wissensmodellierung in den Digital Humanities. *Information. Wissenschaft & Praxis*, 66 (5-6), S. 327-333, 2015.
- [Ru98] Rubinstein, A.: *Modeling Bounded Rationality*. Cambridge, Massachusetts. London, England: The MIT Press, 1998.
- [Ro07] Roßberg, D.; Michel, V.; Graf, R. & Neukampf, R.: Definition von Boden-Klimaräumen für die Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenblatt*, 59, 7, S. 155-161, 2007.
- [Sk19] Skobelev, P. O.; Simonova, E. V.; Smirnov, S. V. & Budaev, D. S.: Development of a Knowledge Base in the "Smart Farming" System for Agricultural Enterprise Management, *Procedia Computer Science*, 150, S. 154-161, 2019.
- [We18] Wendland, M. et al.: *Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising, 2018.

Dieser Beitrag entstand im Kontext eines durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Projektes.