

Kurzbericht zum Projekt

FarmExpert 4.0 - Architektur eines unabhängigen Expertennetzes für die Landwirtschaft für das Zeitalter der Digitalisierung

Zuwendungsempfänger:

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT),
fortiss – Landesforschungsinstitut des Freistaats Bayern für softwareintensive Systeme,
Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e.V. (LKP)

Förderkennzeichen:

D/17/02

Genehmigte Laufzeit des Vorhabens:

01.01.2017 – 31.10.2020

(Projektstart: 01.11.2017)

Berichtszeitraum:

11/2017 – 10/2020

Einführung

Die bayerische Landwirtschaft sowie die Verbundberatung der Erzeugerringe (ER) des Landeskuratoriums für pflanzliche Erzeugung in Bayern e.V. (LKP) sind bisher noch nicht durchgehend digitalisiert und vernetzt. Landwirte und Berater sind oft noch auf Papier oder wenig strukturierte digitale Dokumente angewiesen, um gesetzliche Regelungen, Fachliteratur und Betriebsdaten nachzuschlagen bzw. einzutragen. Der damit verbundene Aufwand nimmt mit der wachsenden Anzahl und Komplexität an Vorschriften und Richtlinien sowie den steigenden Ansprüchen des Marktes an die Produktqualität stetig zu. Daher strebt das Forschungsprojekt FarmExpert 4.0 unabhängige und einheitliche Datenstrukturen an, um vielfältige landwirtschaftliche Informationen und Daten von verschiedenen öffentlichen und privaten Institutionen formal zu repräsentieren, in einer Wissensbasis zu vernetzen und für bayerische Landwirte und Berater in automatisierter Form nutzbar zu machen. Dies wurde zunächst in einem praxisnahen Anwendungsfall untersucht, in dem ein Entscheidungshilfesystem für die fachlich erweiterte Stickstoffdüngung des Winterweizens prototypisch entwickelt wurde. Die Benutzeroberfläche des Systems zeigt für diesen Anwendungsfall relevante und aktuelle Fachinformationen auf einen Blick an, um eine gesetzeskonforme und standortangepasste Düngeentscheidung des Landwirts oder Beraters zu unterstützen. Weiterhin werden formalisiertes Expertenwissen sowie individuelle Betriebs- und Standortdaten ausgewertet, um unter anderem die Menge und den Zeitpunkt für eine N-Düngegabe vorzuschlagen.

Entsprechend der oben eingeführten Zielstellung wurden im Rahmen des Projektes folgende Arbeitsschwerpunkte bearbeitet:

- Spezifikation der Gesamtstruktur des Netzwerkes
- Semantische Datenstrukturen & zentrale Wissensbasis
- Datenakquisition & Bereitstellung
- Adaptive Datenanalyse & semantische Wissensverarbeitung
- Erstellung der Anwendung & grafischen Benutzeroberfläche (GUI)
- Testphase Demonstrator

Spezifikation der Gesamtstruktur des Netzwerkes

Zu Projektbeginn wurde die Gesamtstruktur des Expertennetzes spezifiziert und die für den pflanzenbaulichen Produktionsprozess relevanten Daten und Informationsquellen identifiziert. Ein wichtiger Schritt zur Festlegung der Schwerpunkte und um frühzeitig auch die Anforderungen der Beratung (LKP) mit einzubeziehen, war die Vorstellung der geplanten Inhalte im Rahmen eines Workshops mit LKP-Beratern.

Neben einer breit angelegten Grundlage an Datenquellen, wie beispielsweise Sortenlisten, Taxonomien und Pflanzenschutzmitteldatenbank, wurde für die vertiefende Abbildung eines landwirtschaftlichen Entscheidungsprozesses die Stickstoffdüngung von Winterweizen als prototypischer Anwendungsfall ausgewählt. Dafür relevante Informationen und Daten werden in Abbildung 1 dargestellt.

Für die Zusammenarbeit im Projekt wurde eine projektinterne Enzyklopädie aufgebaut, die landwirtschaftliche Themen erklärt, Fachinhalte für die maschinelle Nutzung aufbereitet und Kompetenzfragen stellt, die das System beantworten können sollte.

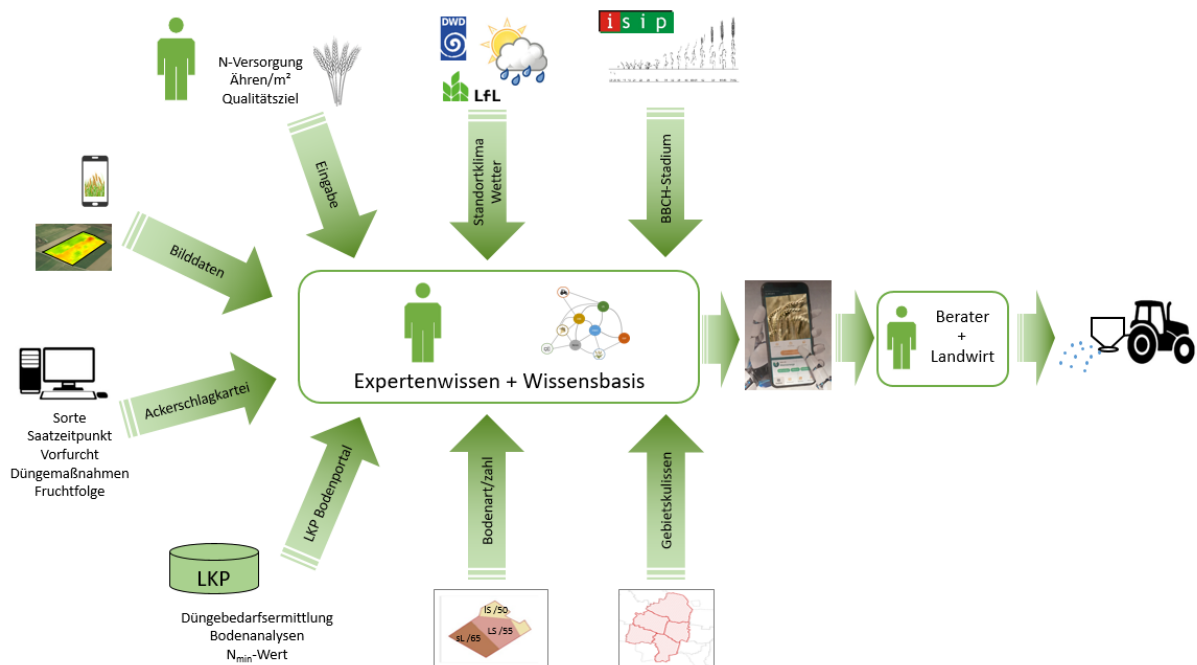


Abbildung 1: Relevante Daten für die fachlich erweiterte N-Düngeberatung

Semantische Datenstrukturen & zentrale Wissensbasis

Aufgrund der Datenvielfalt und des Vernetzungsgrades reicht eine reine Speicherung von beratungsrelevanten Rohdaten mit impliziten Bedeutungen nicht mehr aus. Zur Bewältigung der Komplexität bedarf es einer formalen Beschreibungssprache wie der Web Ontology Language (OWL). Sie bietet ein semantisches Vokabular, um Fachwissen eindeutig und maschinenverständlich in einheitlichen Datenstrukturen in Form von Ontologien zu modellieren. Bei solchen OWL-Ontologien und verwandten Technologien, wie der semantischen Abfragesprache SPARQL Protocol and RDF Query Language (SPARQL), handelt es sich um neue offene Standards des Semantic Webs und von Linked Data, die einer proprietären Herstellerbindung entgegenwirken und sich als unabhängige Grundlage für die Digitalisierung der Landwirtschaft anbieten.

Abbildung 2 zeigt den schematischen Aufbau des entwickelten Entscheidungshilfesystems. Aus bestehenden semantischen Ressourcen, wie beispielsweise im Internet verfügbaren Ontologien, Vokabularen und SPARQL-Endpunkten, und nicht-RDF Datenquellen, welche für die Landwirtschaft in Bayern relevant sind, aber unterschiedliche Datenformate und -strukturen besitzen, werden mit verschiedenen Softwarewerkzeugen mehrere OWL-Ontologien erstellt. Dabei enthalten die einzelnen Ontologien die modellierten Datenstrukturen, Allgemein- und Fachwissen, transformierte Datensätze aus Datenquellen von unterschiedlichen Institutionen sowie individuelle Betriebsdaten einzelner Modellbetriebe. Die OWL-Ontologien werden zur Speicherung, weiteren Verarbeitung und Abfrage in die zentrale Wissensbasis des Entscheidungshilfesystems geladen. Bei der Wissensbasis handelt es sich um eine RDF-Graphdatenbank, deren automatische Schlussfolgerungskomponente (engl. reasoner) durch das semantische Vokabular aus bestehendem Wissen zusätzliche Fakten inferieren kann. Die Kompetenzfragen und die Entscheidungsbäume (siehe Datenakquisition & Bereitstellung) wurden als SPARQL-Abfragen formuliert, damit sie von der Wissensbasis beantwortet werden können.

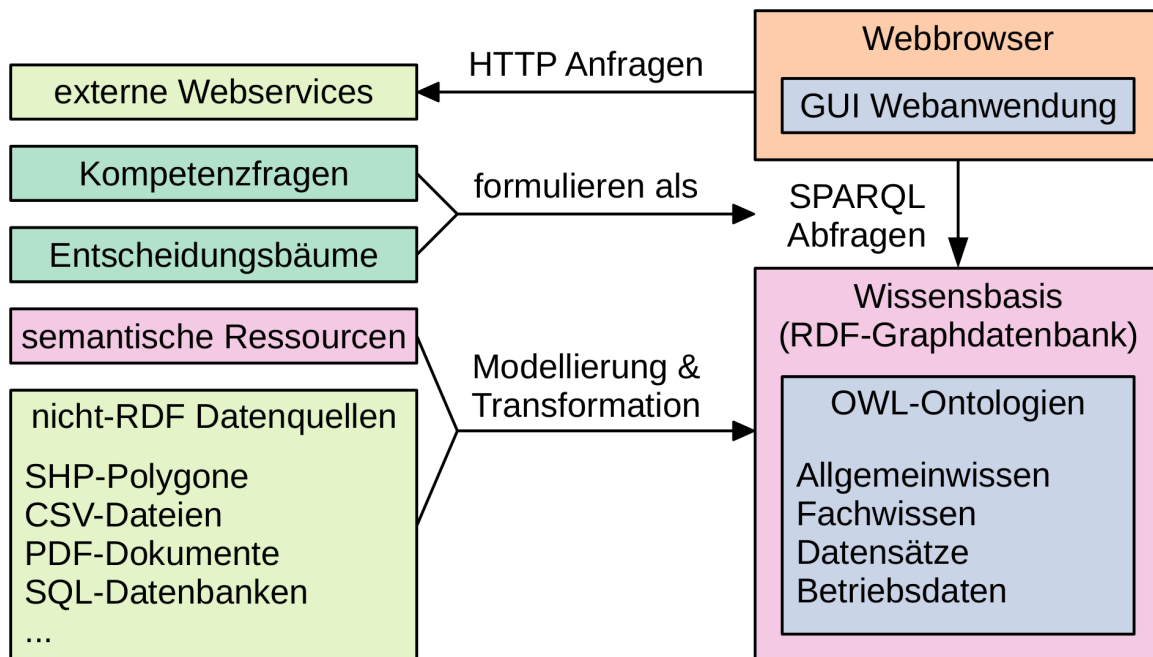


Abbildung 2: Schematischer Aufbau des Entscheidungshilfesystems

Datenakquisition & Bereitstellung

Die Erarbeitung der wesentlichen Inhalte des Anwendungsfalls N-Düngung erfolgte unter anderem anhand einer Analyse von Beratungsdialogen (Gesprächsablauf, Art der Hilfestellung, Gesprächsinhalte) zwischen Beratern und Landwirten und von realen Betriebsdaten bzw. -situationen, welche für neun am Projekt teilnehmende Modellbetriebe verfügbar waren. Die relevanten Daten und Informationen (z.B. auch gewünschte Nutzerangaben) konnten identifiziert, größtenteils akquiriert und vernetzt werden. Probleme bereitete hierbei, dass eine Vielzahl an Daten nicht in digital bearbeitbarer Form vorlag (z.B. Ackerschlagkarteien) und somit keine direkte Integration möglich war.

Es war angedacht, bereits teilweise genutzte, kommerzielle digitale Ackerschlagkarteien der Modellbetriebe in das Entscheidungshilfesystem einzubinden. Jedoch boten die Hersteller der Anwendungen weder einen Download der Ackerschlagkarteien in einem geeigneten Austauschformat an, noch hatten sie sich bislang einer Datenaustauschplattform angeschlossen. Dieses Beispiel zeigt, dass es zur Lösung solcher Inkompatibilitätsprobleme eines leistungsfähigen Datenmanagements bedarf, um die Daten verschiedener Speicherorte und unterschiedlicher Formate und Strukturen (thematisch, räumlich, zeitlich) so aufzubereiten, dass diese integriert und für den Endanwender zweckdienlich genutzt werden können.

Neben der Darstellung von relevanten Informationen sollten für den Anwendungsfall auch regionale Erfahrungen und fachspezifisches Expertenwissen erfahrener Berater abgebildet und so für den Benutzer verfügbar gemacht werden. Landwirte, die sich bei ihrer Düngeentscheidung unsicher sind oder eine Bestätigung ihres Vorgehens wünschen, können über das Entscheidungshilfesystem das formalisierte Expertenwissen nutzen, um in einfachen Anwendungsfällen, auch ohne persönlichen Kontakt zu ihrem Berater, eine fundierte und standortangepasste Düngung und damit eine erhöhte Stickstoffeffizienz zu erreichen. Grundlage hierfür waren durch Experteninterviews entwickelte Entscheidungsbäume (Verkettung von Wenn-Dann-Regeln), auf Basis derer eine konkrete Empfehlung bezüglich der Menge und dem Zeitpunkt für eine N-Düngegabe am jeweiligen Standort vorgeschlagen wird. Auch für die Beratung an der Hotline (ER-Telefonberatung) und falls der Berater nicht über regions- oder betriebsspezifische Detailinformationen verfügt, kann eine solche digitale Empfehlung unterstützend wirken.

Adaptive Datenanalyse & semantische Wissensverarbeitung

Das Entscheidungshilfesystem verwendet die semantische Abfragesprache SPARQL sowohl während der Ausführung als auch zur Vorverarbeitung von Daten während des Integrationsprozesses der regionalen Datenquellen in die zentrale Wissensbasis. Beispielsweise spezifiziert der offene Standard GeoSPARQL des Open Geospatial Consortiums (OGC) ein semantisches Vokabular, um Geodaten in OWL-Ontologien formal zu beschreiben und erweitert SPARQL um zusätzliche Funktionen, um unter anderem raumbezogene Polygone zu verarbeiten und zu analysieren. Auf diese Weise werden Polygone aus der Bodenschätzung, von roten Gebieten, von Landkreisgrenzen und von Feldern durch einheitliche Datenstrukturen in der zentralen Wissensbasis vereint. So kann durch die Vernetzung von Fachwissen aus unterschiedlichen Arten von Datenquellen eine einzelne SPARQL-Abfrage beispielweise bestimmen, in welchem Landkreis ein Feld liegt und welcher Referenzertrag für Winterweizen laut der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) demnach anzuwenden ist. Bei SPARQL-Abfragen spielen unter anderem auch die in den OWL-Ontologien modellierten Klassenhierarchien eine Rolle, da sie das aus ihnen inferierte Wissen bei der Antwortfindung miteinbeziehen. Des Weiteren wurden in den Experteninterviews nicht nur die Entscheidungsbäume erstellt, sondern auch qualitative Parameter (z.B. warmer oder kühler Standort) quantifizierbar gemacht (Schwellenwert der durchschnittlichen monatlichen Temperatur). Sie können somit vom Entscheidungshilfesystem automatisch bestimmt werden (Verschneidung des Feldpolygons mit einer DWD-Rasterkarte).

Erstellung der Anwendung & grafischen Benutzeroberfläche (GUI)

Für die Interaktion zwischen dem Endanwender und dem Entscheidungshilfesystem wurde eine prototypische Benutzeroberfläche implementiert. Sie parametrisiert vordefinierte SPARQL-Abfragen mit automatisch abgeleiteten Werten und Benutzereingaben. Vollständig parametrisierte Abfragen werden zur Evaluierung an die zentrale Wissensbasis gesendet, um relevante Informationen zu Feld, Vegetation und Boden aus unterschiedlichen Datenquellen auf einen Blick anzuzeigen (Abbildung 3 links). Solche Abfragen werden auch zur Parametrisierung von Anfragen an externe Webservices genutzt, wie z.B. den Webservice von SIMONTO zur Simulation des BBCH-Stadiums, um ihre Antworten mitanzuzeigen. Zur Ergänzung werden auch das Bodenfeuchteprofil, das Bodentemperaturprofil und die Wettervorhersage an der nächstgelegenen Wetterstation zum Feld eingebettet und die zur Verfügung stehenden Bilddaten angezeigt (Drohnen- und Satellitenaufnahmen sowie Smartphone-Fotos vom Landwirt).

In der Eingabemaske für die fachlich erweiterte Stickstoffdüngereberatung befüllt die Benutzeroberfläche automatisch möglichst viele Parameter auf Basis von bestehendem und inferierten Fachwissen und Betriebsdaten in der zentralen Wissensbasis. So berücksichtigen die aus den Entscheidungsbäumen formulierten SPARQL-Abfragen des Entscheidungshilfesystems verschiedenste Einflussfaktoren, um dem Benutzer eine individuelle Düngeempfehlung, d.h. Anzahl, Menge (kg N/ha) und Zeitpunkt (BBCH) der einzelnen N-Düngegaben, automatisiert vorzuschlagen. Die konkreten Zu- bzw. Abschläge auf Basis der Berechnungsgrundlage kann der Benutzer auf der Ergebnisansicht (Abbildung 3 rechts) nachvollziehen. Der Benutzer hat die Möglichkeit, die wesentlichen Feldinformationen und die Empfehlung für Dokumentationszwecke als PDF-Dokument abzuspeichern.

The screenshot displays the FarmExpert interface with a map of a field and detailed data for 'Mustermann Max'. The field is highlighted in red on the map. The interface includes a navigation bar at the top with 'FarmExpert' and 'fortiss' logos, and a menu with options like 'Betriebsauswahl', 'Flächenauswahl', 'Teilflächenauswahl', and 'Beratungsaktivität'.

Mustermann Max
INr=6GS: 050000000001

Fläche		ADFLAGE	
FLÄCHENNAME	FLÄCHENGRÖSSE (HA)	FID	ADFLAGE
Mittelacker	5.56212	DEBYL0000000002	weißes Gebiet

Vegetation		ERNTETAUSCH		VORFRUCHT	
FRUCHTART	FRUCHTKATEGORIE	ERNTETAUSCH	ERNTETAUSCH	FRUCHTART	FRUCHTKATEGORIE
Winterweichweizen B-Sorte	Hauptfrucht	2020	2020	Wintergerste	Wintergerste
SORTE	AUSSAATSTÄRKE (KÖRNER/M ²)	AUSSAATTERMIN	AUSSAATTERMIN	ERTRAGSERWARTUNG (DT/HA)	ERTRAGSERWARTUNG (DT/HA)
Faustus	350	15.10.2019	15.10.2019	84.0	84.0
N _{max} (KG/HA)	N-BEDARF LT. DBE (KG/HA)	P ₅₀ -BEDARF LT. DBE (KG/HA)	P ₅₀ -BEDARF LT. DBE (KG/HA)	BBCH	BBCH
61.5	172.0	97.2	97.2	30 (Beginn des Schosses)	30 (Beginn des Schosses)

Boden		BEHALTENISSE P ₂ O ₅		PH-WERT	
BEHALTENISSE P ₂ O ₅	BEHALTENISSE P ₂ O ₅	BEHALTENISSE P ₂ O ₅	BEHALTENISSE P ₂ O ₅	PH-WERT	PH-WERT
16.02.2016	C (15.0 mg/100 g)	D (25.0 mg/100 g)	D (25.0 mg/100 g)	6.0	6.0
Humusklasse	Humusklasse	Humusklasse	Humusklasse	DURCHWURZELUNGSTIEFE (CM)	DURCHWURZELUNGSTIEFE (CM)
Mineralboden	L / 65 BP / 60 AZ	L / 65 BP / 60 AZ	L / 65 BP / 60 AZ	3 (S, stark lehmiger Sand)	3 (S, stark lehmiger Sand)

Fachliche N-Düngeberatung

Erste Gabe	Zweite Gabe	Dritte Gabe	Zuschläge (kg/ha)
Berechnungsgrundlage			
N-Bedarf lt. DBE (kg/ha)	172.0		+0.0
N-Düngung 1. Gabe (kg/ha)	52.5		-62.5
Startwert (kg/ha)	120.0		+120.0
Sorte	Faustus		
Altsaale Bestandeshöhe (Trieb/m ² , max. 4/Pflanze)	700		
Stroh bzw. Blattbergung bei Vorfrucht	nein		+0.0
N-Mobilisierung	hoch		-10.0
Nährstoffversorgung im Bestand	optimal		+0.0
Ausbringung von organischem Dünger	vor 1. Gabe		
Organischer Dünger	Hühnermist (50 % TM)		
Organische Düngemenge (t/ha)	2.0		
Organische N-Düngung (kg/ha)	15.81867		-6.0
Ermittelter Düngebedarf			
Zeitpunkt der Gabe	BBCH 32		
N-Gabemenge (kg/ha)	51.5		
Verbleibende Differenz zur Düngebedarfsermittlung (kg/ha)	52.18133		

Buttons: Zurück, Neuberechnung, Als PDF Speichern

Wettervorhersage, Bodentemperaturprofil

Abbildung 3: Informationen zum ausgewählten Feld und zur Berechnung der Düngeempfehlung

Testphase Demonstrator

In Zusammenarbeit mit ausgewählten Beratern und neun Modellbetrieben wurde die prototypische Implementierung des Entscheidungshilfesystems einschließlich der grafischen Benutzeroberfläche im konkreten Anwendungsfall unter Praxisbedingungen getestet und anschließend anhand eines standardisierten Fragebogens bewertet. Ein erster Test erfolgte im Frühjahr 2020 zur 1. Düngegabe. Nach Verarbeitung der Ergebnisse des Tests und iterativer Verbesserungen des Systems erfolgte ein weiterer Test zum Abschluss der Vegetationsperiode. Die Testpersonen führten den Beratungsfall N-Düngung selbstständig durch und sollten im Anschluss beurteilen wie hilfreich bzw. sinnvoll die kombinierten Informationen für sie im vorliegenden Anwendungsfall waren. Des Weiteren sollte die Benutzeroberfläche hinsichtlich Faktoren wie z.B. Attraktivität und Verständlichkeit bewertet werden. Die Befragung der Landwirte und Berater ergab eine durchweg positive Einschätzung der angezeigten Information und der Benutzeroberfläche. Auch eine Validierung des modellierten Expertenwissens (Entscheidungsbäume) anhand von realen Beraterempfehlungen zeigte hohe Übereinstimmungen. Die Abweichungen zwischen der Düngeempfehlung des Entscheidungshilfesystems und der tatsächlichen Beraterempfehlung betragen zwischen 5 kg N/ha und 16 kg N/ha. Der Test zeigte auch, dass die Entscheidungsbäume noch

verfeinert werden können insbesondere hinsichtlich extrem über- oder unterversorgter Bestände und der Berücksichtigung der organischen Düngung.

Neben der Bewertung des bestehenden Systems mittels des Fragebogens wurde mit offenen Fragen den Teilnehmern auch die Möglichkeit gegeben, Vorschläge für thematische oder technische Weiterentwicklungen zu machen. Als Ergebnis der Befragung wäre eine "Live-Schaltung" einer solchen unabhängigen Anwendung und eine Ausweitung auf weitere Kulturen für die Landwirte interessant. Fast übereinstimmend gaben die Befragten an, sich zusätzlich Unterstützung bei Pflanzenschutzentscheidungen und ihrer Dokumentation zu wünschen. Die Integration weiterer Gebietskulissen (z.B. wassersensible Bereiche und Vertragsnaturschutz) und anderer gesetzlich geforderter Berechnungen zur Einhaltung der DüV (z.B. Nährstoffbilanz) wurden ebenfalls genannt.

Fazit

Insgesamt konnte mit dem Projekt FarmExpert 4.0 ein Weg aufgezeigt werden, wie Information gebündelt und fachlich sinnvoll verknüpft in digitaler Form für Landwirte und Berater verfügbar gemacht werden können. Diese zweckgebundene Vernetzung von Betriebsdaten sowie beratungs- und prozessrelevanten Fachinformationen trägt dazu bei, Landwirte und die Beratung fit für die Herausforderungen der Zukunft zu machen. Voraussetzung dafür ist jedoch ein umfassender Zugriff auf noch verschlossene Datenquellen von öffentlichen und privaten Institutionen. Dies würde eine größere Reichweite und Tiefe des modellierten landwirtschaftlichen Fachwissens ermöglichen. Das Entscheidungshilfesystem könnte dadurch bei komplexen Fragestellungen weitere Einflussfaktoren berücksichtigen und eine bessere teilautomatisierte Unterstützung bei häufigen, alltäglichen Fragen im Rahmen der Beratung des LKP liefern. Im Hinblick auf eine ganzheitliche Betriebsberatung wäre zukünftig auch die Anbindung weiterer Organisationen, wie beispielsweise des Kuratoriums Bayerischer Maschinen- und Betriebshilferinge e.V. (KBM), des Landeskuratoriums der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV) und des Bayerischen Bauernverbandes (BBV) denkbar und sinnvoll.

Ansprechpartner

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf; Am Staudengarten 10, 85354 Freising;
Herr Prof. Dr. Sebastian Peisl; sebastian.peisl@hswt.de
fortiss – Landesforschungsinstitut des Freistaats Bayern für softwareintensive Systeme;
Guerickestraße 25, 80805 München; Herr Dr. Markus Rickert; rickert@fortiss.org
Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e.V.; Landsberger Str. 282, 80687 München;
Herr Gerhard Röhrli; gerhard.roehrl@lkbayern.de