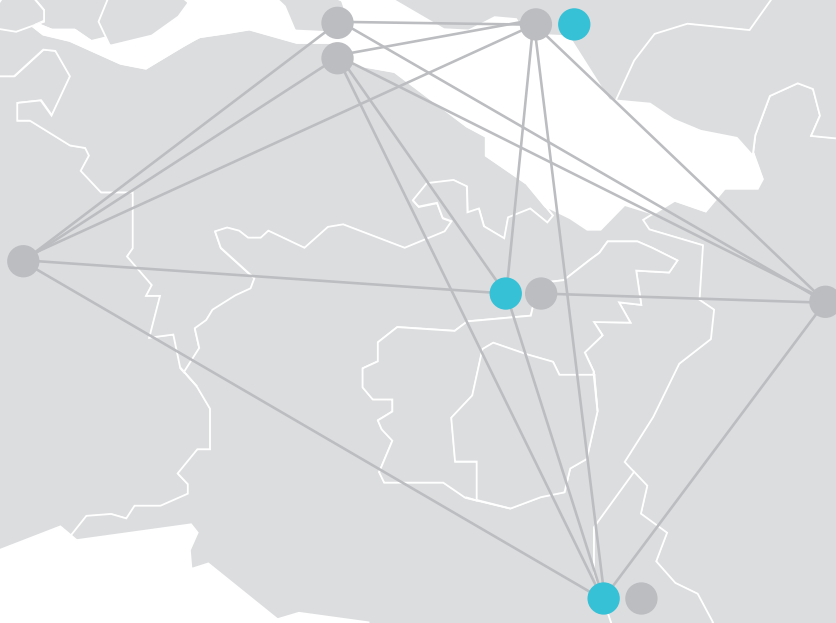




-  Internationale
-  Bodensee
-  Hochschule
-  Labs



DigiLand

Digitalisierung der Land- und Ernährungswirtschaft

Aktuelle Erkenntnisse und Lösungen

Inhaltsübersicht

Kapitel

- **Editorial**
Seite 5 - 7
- **Projektumfeld - Die Internationale Bodenseehochschule (IBH)**
Seite 8 - 10
- **Das IBH-Lab KMUdigital**
Seite 11
- **DigiLand - Projektaufbau und Methode**
Seite 12 - 15
- **Projektpartner**
Seite 16 - 17
- **Referenzprozesse (Blueprints) und Organisationsmodelle**
Seite 19 - 29
- **Schlüsseltechnologie für die Domäne Kohlgewächse**
Seite 31 - 45
- **Schlüsseltechnologie für die Domäne Tafelobst**
Seite 47 - 53
- **Technologieradar «Smart Farming Bodensee»**
Seite 55 - 57
- **Online-Plattform «Management-Cockpit»e**
Seite 59 - 63
- **Literaturverzeichnis**
Seite 64 - 71
- **Begriffsdefinitionen**
Seite 72 - 73
- **Impressum**
Seite 75

Editorial

Die Digitalisierung der Landwirtschaft

Wie die meisten Branchen hat sich auch die Landwirtschaft und Ernährungswirtschaft in den letzten Jahren durch Automatisierung und Digitalisierung zu einer rationalisierten Industrie entwickelt. Neue Technologien wurden sukzessive zur Verbesserung der Abläufe, der Produkte und zur Koordination der Akteure eingesetzt und haben weltweit zur Verbesserung der Lebensmittelproduktion geführt. Technologien wie verteilte Sensornetzwerke, Automatische Identifikations- und Ortungssysteme, selbstfahrende Traktoren oder Flugdrohnen zur Ermittlung des Reifegrades ermöglichen neue systemische Lösungen, die weit über die ersten Automatisierungsphasen der landwirtschaftlichen Prozesse hinausgehen. Analog zu den Automatisierungs- und Digitalisierungsphasen vieler industrieller Bereiche (z.B. Automobilbranche oder Maschinenbau) vollzieht sich aktuell auch in der Landwirtschaft ein Wandel hin zu vernetzten und echtzeitgetriebenen ICT-Anwendungen und Prozessen, die unter dem Begriff Industrie 4.0 oder auch Internet der Dinge zusammengefasst werden. Dieser Wandel wird in wissenschaftlichen Publikationen, Branchenmagazinen und auf vielen wissenschaftlichen und praxisnahen Konferenzen mit teilweise starker technologischer Orientierung beschrieben und in Pilotprojekten, die sehr stark von Technologieanbietern und technisch sehr fortgeschrittenen, grossen landwirtschaftlichen Industriebetrieben getrieben werden, getestet und umgesetzt.

Eine Literaturstudie von aktuellen Fachartikeln aus

den Bereichen Agrartechnik, Informationstechnik und Managementlehre sowie diverse Gespräche und Workshops mit Vertretern landwirtschaftsnaher Organisationen, landwirtschaftlicher Genossenschaften und Technologieanbietern ergab die folgende Ausgangslage:

- **Viele landwirtschaftliche Betriebe nutzen bereits lokale, oftmals nicht-integrierte Technologien und Informationssysteme zur Planung und Organisation der Abläufe (sogenannte Farm Management Informationssysteme).**
- **Die meisten Anwendungen konzentrieren sich auf Teilbereiche der landwirtschaftlichen Betriebe und auf die Organisation des Betriebes und nicht auf die Wertschöpfungskette der landwirtschaftlichen Produkte.**
- **In den letzten Jahren hat sich ein starker Wandel von der quantitativen Ausrichtung der Betriebe hin zur qualitativen Verbesserung der Produkte ergeben (z.B. Frische, Geschmack, Vitamingehalt, Anteil Pflanzenschutzmittel).**
- **Die Informationsflüsse sind in der landwirtschaftlichen Kette, verglichen mit anderen Industrien wie Automobil oder Pharmaproduktion, sehr fragmentiert und können selten integriert und automatisiert abgebildet und organisiert werden**

- **Die Grösse, der Reifegrad, die technischen Kenntnisse und Ausstattungen der Betriebe unterscheiden sich im Ländervergleich und auch innerhalb eines Landes sehr stark, was die Kooperation der Akteure erschwert.**
- **Die technischen Möglichkeiten und der wirtschaftliche Nutzen der eingesetzten Technologien variiert stark mit der Betriebsgrösse, der Umweltbedingungen und der lokalen Gegebenheiten.**
- **Viele landwirtschaftliche Betriebe planen und steuern die verschiedenen Phasen der landwirtschaftlichen Produktion erfahrungsbasiert und verlassen sich wenig auf statistische und quantitative Analysen.**

Ein wesentliches Spannungsfeld ergibt sich durch die technologischen Möglichkeiten im Kontext der landwirtschaftlichen Produktion und der organisatorischen Fähigkeiten der Betriebe, das Potential der Technologien einzuschätzen, relevante Technologien auszuwählen und durch die den Abläufen angemessene Integration in die betrieblichen Strukturen auch effektiv zu nutzen. Es fehlen Referenzmodelle für die Organisation der Abläufe, für die Integration der relevanten Daten aber auch Hilfestellungen für Auswahl und Bewertung der Technologien.

Insbesondere für kleinere Betriebe sind momentan noch keine integrierten, verteilten und leicht

einzusetzenden Softwarelösungen sowie standardisierte Prozess- und Organisationmodelle verfügbar, die den Informationsfluss über die landwirtschaftliche Wertschöpfungskette steuern, Analyse- bzw. Steuerungsmöglichkeiten bereitstellen und den Akteuren Transparenz über Produkte und Abläufe bieten. Insbesondere die enge Kopplung von IoT-Technologien wie selbstfahrende Traktoren, Sensor Netzwerke, Flugdrohnen zur Überwachung des Zustandes der Pflanzen etc. mit den analytischen Informationssystemen fehlt. Dies liegt an der Heterogenität der Einzelösungen, der Heterogenität der Anwendermilieus, der vielfach sehr technisch getriebenen Smart Farming Projekte und Lösungen und vor allem an fehlenden wertschöpfungs- kettenübergreifenden Referenz-, Steuerungs- und Distributionsmodellen. Im Vergleich zu anderen Branchen existieren noch keine Organisations- und Prozessmodelle, Best Practices und Methoden zur Auswahl und Integration neuer Technologien, die als Blueprint adaptiert werden könnten.

Das übergeordnete und langfristige Ziel des Projektes ist die Konzeption einer einfach zugänglichen Informationsplattform für einen ausgewählten Bereich (Obst-/ Gemüsebau) der Region Bodensee, die über die landwirtschaftliche Produktionskette, von der Vorleistungsindustrie über Hotels und Restaurants bis zum regionalen Einzelhandel, Informationen sammelt, verdichtet und damit die Transparenz sowie die kontinuierliche Verbesserung der Lebensmittelproduktion und

-verteilung ermöglicht. Die Optimierungskriterien des Steuerungssystems sollen flexibel gestaltbar und einfach adaptierbar sein, um verschiedenen potentiellen Akteuren die Steuerung ihrer Prozesse bzw. Prozessketten entsprechend der eigenen strategischen Vorgaben zu ermöglichen. Die Informationsplattform soll in der Lage sein, neuste technologische Entwicklungen einfach zu integrieren und Nutzern bzw. Betrieben unterschiedlicher technologischer Grundausstattung und Vorkenntnisse einfache Visualisierungs- und Auswertungsmöglichkeiten zu bieten.

Um die Komplexität des Anwendungsfeldes zu reduzieren und in ein realisierbares Vorhaben zu überführen, soll für das Projekt ein ausgewählter Bereich des landwirtschaftlichen Versorgungsnetzes fokussiert und genau untersucht werden:

- a. Fokussierung auf die landwirtschaftliche Produktion und Verteilung von Obst und Gemüse

- b. Fokussierung auf die Landwirtschaft im Bodenseeraum
- c. Fokussierung auf die Steuerungskriterien „Pflanzenschutzmittelverbrauch“ und „Prozess-Effizienz“
- d. Fokussierung auf kleine und mittlere Betriebsgrößen

Zusätzlich zu der Konzeption einer integrierten Plattform, die als Informations- und Servicedrehscheibe allen Akteuren der Wertschöpfungskette zur Verfügung steht und den Abgleich der Informationen auf unterschiedlichen Stufen regelt, sollen Prozess- und Organisationsmodelle sowie ein Technologieradar für die einzelnen Stufen der Lebensmittelproduktion als Templates entwickelt werden. Ein wichtiger Aspekt ist die wirtschaftliche Angemessenheit und einfache Adaption und Nutzbarkeit der Lösungen für die Betriebe und deren Ökosystem.



Prof. Dr. Oliver Christ
Fachhochschule St.Gallen



Prof. Dr. Jürgen Prenzler
NTB Buchs



Prof. Dr. Heinz-Leo Dudek
DHBW Ravensburg



Projektumfeld

Die Internationale Bodensee-Hochschule

30 Hochschulen – 4 Länder – 1 Verbund

Die Internationale Bodensee Hochschule (IBH) ist der grösste hochschulartenübergreifende Verbund Europas. Sie ermöglicht die Zusammenarbeit von 30 Hochschulen aus Deutschland, dem Fürstentum Liechtenstein, Österreich und der Schweiz in Forschung, Lehre und Transfer.

Die IBH unterstützt grenzüberschreitende Forschungsprojekte zu gegenwärtigen und zukünftigen Herausforderungen für den Bodenseeraum. Sie koordiniert den Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis, fördert den wissenschaftlichen Nachwuchs, ermöglicht Innovationen in der Lehre und unterstützt gemeinsame Angebote der Hochschulservices. Mit ihren Projekten leisten die IBH und ihre Mitgliedshochschulen einen international sichtbaren Beitrag für das regionale Innovationssystem Bodensee.

Weitere Informationen zur IBH finden Sie unter:

www.bodenseehochschule.org

Die IBH-Labs

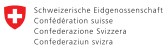
Auf Initiative der IBH und der Internationalen Bodensee-Konferenz (IBK) wurden 2017 drei IBH-Labs ins Leben gerufen. Hierbei handelt es sich um Forschungs- und Innovationsnetzwerke von Hochschulen und Praxispartnern aus Wirtschaft und Gesellschaft aller Anrainerländer des Bodensees (D, A, CH, LI). Die IBH-Labs leisten einen nachhaltigen Beitrag zur Förderung des Wissens-, Innovations- und Technologietransfers und damit zur Standortattraktivität der Bodenseeregion.

Die thematische Ausrichtung der IBH-Labs orientiert sich an den maßgeblichen Themen und den Entwicklungspotenzialen der Bodenseeregion. Die aktuell für die Bodenseeregion relevanten und für IBH-Labs geeigneten Themen wurden in einer vorgeschalteten Potenzialanalyse identifiziert. Als Ergebnis starteten die IBH-Mitgliedshochschulen gemeinsam mit Praxispartnern parallel drei IBH-Labs zu folgenden Themen:

- **IBH-Lab KMUdigital**
Innovation, Digitalisierung und regionale Wettbewerbsfähigkeit
- **IBH Living Lab Active & Assisted Living**
Gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Wandel in der Bodenseeregion
- **IBH-Lab Seamless Learning**
Bildungs- und Wissensraum Bodensee

Die drei Labs realisieren insgesamt 21 Einzelprojekte. In einer ersten Runde konnten 2016 neun Projekte bewilligt werden, 2018 kamen 12 weitere hinzu. In den IBH-Labs arbeiten 15 IBH-Hochschulen aus Deutschland, Österreich, Liechtenstein und der Schweiz gemeinsam mit weiteren Hochschul- und einer Vielzahl von Praxispartnern aus Wirtschaft, Sozial- und Gesundheitsdienstleistern sowie Bildungsträgern an der Schaffung von neuen grenzüberschreitenden Lösungen zu gesellschaftlichen Herausforderungen.

Das Interreg V-Programm «Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein», dessen Mittel vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und vom Schweizer Bund zur Verfügung gestellt werden, fördert die drei IBH-Labs mit insgesamt 6,2 Millionen Euro – inklusive eigener Mittel stehen den Labs damit insgesamt rund 10 Millionen Euro zu Verfügung.



Das IBH-Lab KMUdigital

Kompetenznetzwerk für Digitalisierung in KMU

Die Bodenseeregion als einer der wettbewerbsfähigsten und dynamischsten Wirtschaftsstandorte Europas zeichnet sich durch innovative Weltmarktführer, mittelständische Unternehmen und insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) aus.



Das IBH-Lab KMUdigital bündelt die vorhandene Expertise rund um den See, um die Chancen und Auswirkungen für die KMU der Region ganzheitlich zu untersuchen. Dies betrifft den digitalisierten Produktionsvorgang an sich (Shopfloor), den Einfluss auf Geschäftsprozesse, den Wandel vom Produkt- hin zum Dienstleistungsanbieter; die Aus- und Weiterbildung sowie die Betrachtung der Rahmenbedingungen.

Sieben Konsortialpartner und drei Projektpartner aus drei Ländern erarbeiten dafür in sechs themenbezogenen Einzelprojekten mit und für KMU anwendungsorientierte Antworten auf die Fragen:

- Wieviel Digitalisierung muss in die KMU?
- Wieviel Digitalisierung passt zu den KMU?

Durch den digitalen Wandel wachsen die Anforderungen an die Unternehmen, aus denen sich insbesondere für KMU Problemstellungen ergeben:

- Wie sehen adäquate Digitalisierungsstrategien für KMU aus?
- Wie können die Anforderungen an eine zukünftige Produktion erfüllt werden?
- In wieweit sind Organisationsstrukturen und Führungsmodelle anzupassen?
- Welche neuen Erwerbsquellen ergeben sich?
- Wie können KMU Innovationen vorantreiben?
- Welche politischen, rechtlichen und personalpolitischen Rahmenbedingungen müssen angepasst werden?

In sechs Einzelprojekten erarbeiten die Partner des IBH-Labs KMUdigital anwendungsorientierte Lösungen für und mit KMU:

- Digitale Agenda Bodensee (DAB)
- Nutzenbasierter Digitalisierungsnavigator (DigiNav)
- Internationale Musterfabrik Industrie 4.0 (i4Production)
- Data Science (Data4KMU)
- Digital Transformation Guide (DigiTraG)
- [Digitale Landwirtschaft \(DigiLand\)](#)

Digitale Landwirtschaft (DigiLand)

Projektaufbau und Methode

Das Forschungsprojekt DigiLand hat das Ziel, einen Wettbewerbsvorsprung der Landwirtschaft in der Bodenseeregion zu schaffen. Dabei sollen entlang der ernährungswirtschaftlichen Wertschöpfungskette landwirtschaftlichen und verarbeitenden Betrieben, lokalen Händlern und kleinen regionalen Technologie- sowie Beratungsfirmen die effektive Gestaltung und Durchführung der Digitalisierung ermöglicht werden.

Ziele des Projektes sind:

a) Entwicklung eines Technologieradars und prototypische Entwicklung innovativer Schlüsseltechnologien

Zu Beginn des Projektes wurden die domänenrelevanten Basistechnologien analysiert, typisiert und als Technologieradar aufbereitet. Ziel war die Entwicklung eines Klassifikationsschemas für Smart Farming Technologien sowie eines Bewertungsrasters, um potentiellen Anwendern die Auswahl der passenden Technologien zu vereinfachen. Aus den Ergebnissen der Überprüfung wurde der Forschungsbedarf im Bereich Hard- und Software abgeleitet und prototypenhaft konzeptioniert.

b) Entwicklung von Referenzprozessen (Blueprints) und Organisationsmodellen für die landwirtschaftliche Wertschöpfung

Für die spezifische Anwendungsdomäne des Projektes (Obstbau, Gemüsebau in der Bodenseeregion) wurden durchgängige Prozessmodelle entwickelt, die von potentiellen Anwendern einfach

adaptiert und schnell umgesetzt werden können. Die Prozessmodelle enthalten neben den Aufgaben und der Entscheidungslogik die wichtigsten Steuerungsgrößen (KPIs) sowie die Zuordnung der Basistechnologien und ICT-Funktionen aus dem Technologieradar zu den Aufgaben, Rollen und Entscheidungspunkten.

c) Konzeption einer Online-Plattform für die Steuerung der landwirtschaftlichen Wertschöpfung und für die transparente Informationsversorgung der beteiligten Akteure

Basierend auf den entworfenen Referenzprozessen und den Erkenntnissen des Technologiemonitorings wurde für die Anwendungsdomäne eine Online-Plattform konzipiert, die als Service- und Informationsdrehscheibe den verschiedenen Akteuren des Wertschöpfungsnetzes zur Verfügung steht. Als Strukturmodell der Plattform dienten die Referenzprozesse, Organisationsmodelle und Kennzahlen aus den entsprechenden Arbeitspaketen.

Im Rahmen von Feldstudien und Interviews mit Experten, Anwendern und Kunden wurde eine Situations- und Potentialanalyse für die spezifische Situation des Obstbaus in der Region Bodensee erarbeitet, auf deren Basis später die informationstechnischen und prozessualen Anforderungen an die zu konzipierende Lösung abgeleitet werden konnten. In verschiedenen Iterationen wurde ein Reifegradmodell für den Obstbau in der Region Bodensee sowie eine Potentialanalyse für den ausgewählten Betrachtungsbereich entwickelt, die in den späteren

Phasen als Ausgangspunkt der Untersuchung und der Beschreibung der Umsetzungsphasen dienen. Die Ergebnisse des Arbeitspaketes wurden in den folgenden Phasen erarbeitet und verdichtet:

- Die Wertschöpfungskette der ausgewählten Anwendungsdomäne (Obstbau, Gemüsebau) wurde in einem ersten Schritt bezüglich der Informationsflüsse, des Datenaustauschs, der Kernprozesse und der Leistungsflüsse untersucht. Dabei wurden dediziert qualitative Interviews und Feldstudien bei verschiedenen

Akteuren des Business-Ökosystems (landwirtschaftliche Betriebe, Logistik, Handel, Endkunden) durchgeführt.

- Gemäss der im Projekt im Sinne der Komplexitätsreduktion selektierten Steuerungskriterien (Pflanzenschutzmittelverbrauch und Prozesseffizienz) wurde in einem weiteren Schritt die regionale Wertschöpfungskette beschrieben und nach Schwachstellen, Medienbrüchen und Potentialen untersucht.

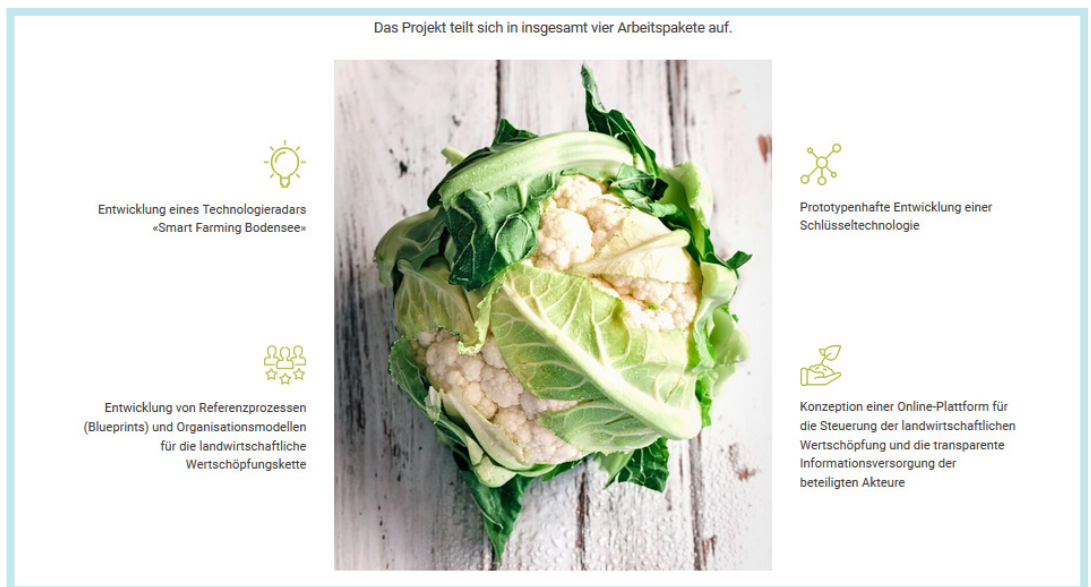


Abbildung 1: Die vier Arbeitspakete des Projekts DigiLand

- In einem dritten Schritt wurden auf Basis systematischer Prozessanalysen und Simulationen die Informationsbedürfnisse, Medienbrüche und Schwachstellen der verschiedenen Entscheidungsstufen und Aufgaben analysiert und differenziert beschrieben.
- Anschliessend wurden die Basistechnologien und ICT Services (Technologieradar) den Aufgaben des Prozesses zugeordnet und die Ergebnisse der Wertkettenanalyse in das Arbeitspaket "Technologieradar" integriert. Methodisch wurde dieses Arbeitspaket von Verfahren des Requirements Engineering geleitet, mit dessen Hilfe Nutzerbedürfnisse und Rahmenbedingungen in Modelle überführt werden können.

Im Rahmen einer systematischen Technologieanalyse wurden für die Digitalisierung und Automatisierung der landwirtschaftlichen Versorgungskette relevante Technologien analysiert und typisiert. Entsprechend des Projektfokus wurden diejenigen Technologien strukturiert beschrieben, die für die Anwendungsdomäne Obstbau/Gemüsebau in der Region Bodensee geeignet erschienen. Dabei wurde die Typisierung der Technologien so gewählt, dass sie nach Ablauf des Projektes auch für andere Domänen (z.B. Gemüse, Weinbau) ausgebaut werden kann. Der Aufbau des Technologieradars erfolgte iterativ und wurde entsprechend der Erkenntnisse aus den anderen Arbeitspaketen weiter ausgebaut und auch in diesen verwendet (z.B. Mapping der

Basistechnologien zu Prozessen und Aufgaben innerhalb der zu entwickelten Prozessmodelle). Ziel ist, interessierten Betrieben und Organisationen den Technologieradar als zukünftiges Analyse- und Bewertungsinstrument für neue Technologien zur Verfügung zu stellen.

Erkenntnisquellen zur Ableitung und Klassifikation der Technologien waren:

- a. Strukturierte Literatur Reviews: Durchführung von Literatur Reviews und systematische Dokumentation der Reviewergebnisse.
- b. Experteninterviews: Durchführung von qualitativen Interviews mit Smart Farming Experten aus Wissenschaft, Praxis und öffentlicher Verwaltung.
- c. Ergebnisse der Wertschöpfungs- und Technologieanalysen: Sukzessive wurden die Analyseergebnisse in den Technologieradar integriert
- d. Interdisziplinäre Zusammenarbeit der drei akademischen Projektpartner und Technologiepartner: Aufgrund der Praxiserfahrung und heterogenen wissenschaftlichen Ausrichtung der akademischen Projektpartner konnten Technologie- und Anwendungswissen aus verschiedenen Bereichen sowie aus anderen KMUdigital Projekten zusammengebracht und verdichtet werden.

Basierend auf den Ergebnissen des Technologieradars und der Wertschöpfungsketten- und Informationsbedarfsanalyse wurden standardisierte Prozessbausteine für die Anwendungsdomäne modelliert, die als Templates für die automatisierten Prozesse und die Integration der Informationen eingesetzt werden können. Die Prozessmodelle werden als integrierte und hierarchische BPMN 2.0 Modelle zur Verfügung gestellt und können zur Skalierung der Lösung auf andere Produktlinien verwendet werden. Zur Steuerung und Überwachung der Prozesse der Anwendungsdomäne wurden in diesem Arbeitspaket auch die entscheidenden Steuerungsgrößen (als generische Key Performance Indicators) abgeleitet und in ein Management Cockpit integriert. Zur digitalisierten Unterstützung und Automatisierung der standardisierten Prozessketten auf den verschiedenen Stufen der Anwendungsdomäne wurde eine Online-Plattform (www.agrodigital.ch/.de) konzipiert.

Projektpartner

Am Teilprojekt DigiLand waren drei Hochschulen aus der Schweiz und Deutschland beteiligt:

FHS St. Gallen Hochschule für Angewandte Wissenschaften *

Institut für Qualitätsmanagement und Angewandte Betriebswirtschaft IQB-FHS



NTB Interstaatliche Hochschule für Technik*

Institut für Entwicklung Mechatronischer Systeme (EMS)



Duale Hochschule Baden-Württemberg

Fakultät Technik



* Ab 09.2020 neue Bezeichnung: OST - Ostschweizer Fachhochschule

Unternehmenspartner

Darüber hinaus beteiligten sich folgende Praxispartner, denen unser besonderer Dank gilt:



Projektteam



Prof. Dr. Oliver Christ
Fachhochschule St.Gallen



Prof. Dr. Heinz-Leo Dudek
DHBW Ravensburg



Katharina Giger
Fachhochschule St.Gallen



Chaitanya Grandhi
DHBW Ravensburg



Jan Keim
Fachhochschule St.Gallen



Prof. Dr. Jürgen Prenzler
NTB Buchs



Prof. Dr. Lukas Scherer
Fachhochschule St.Gallen



Markus Wüst
NTB Buchs



Heiko Zaunmüller
DHBW Ravensburg

Platz für Ihre Notizen:

Referenzprozesse (Blueprints) und Organisationsmodelle

Kapitelinhalt

- Referenzprozesse & Organisationsmodelle
Seite 20
- Analyse der Wertschöpfungskette
„Kohlgewächse“
Seite 20 - 25
- Prozesse der Domäne Obstbau
Seite 26 - 29

Autoren:

Prof. Dr. Oliver Christ, Katharina Giger (FHS St. Gallen Hochschule für Angewandte Wissenschaften),
Heiko Zaunmüller ((Duale Hochschule Baden-Württemberg)

Referenzprozesse & Organisationsmodelle

Im Rahmen des Projekts wurden die Kernprozesse der Kohl- und Apfelproduktion in der Bodensee-region von der Aussaat bis zur Auslieferung an Vertriebspartner detailliert untersucht und zu Prozesslandkarten, Prozess-Steckbriefen und Prozessketten verdichtet. Neben der Analyse der Kernprozesse (Aufgaben, Entscheidungen, Koordination) wurden auch die unterstützenden technologischen Funktionen detailliert beschrieben und den Prozess-Stufen zugeordnet. Nach Abschluss der Prozessanalysen wurden alle Prozesse als BPMN 2.0 Modelle modelliert und mit den Experten der verschiedenen Wertschöpfungsstufen validiert. Diese Prozesse wurden von über 20 verschiedenen Studierendengruppen auf ihr Verbesserungspotential hin untersucht und vom Projektteam zu Soll-Prozessen weiterentwickelt.

Eine wichtige Erkenntnis, die zu Beginn des Projektes dessen Ausrichtung bestimmte, war, dass eine vertiefte Analyse und Entwicklung solider Prozessmodelle und Technologien nur möglich ist, wenn die Auswahl der Anwendungsdomäne sehr spezifisch erfolgt. Daher entschied sich das Projektteam für die detaillierte Analyse der Wertschöpfungskette der drei Kohlgewächse Brokkoli, Blumenkohl und Romanesco, die insbesondere im Bereich Tiefkühlproduktion in der Bodenseeregion ausreichend relevant sind. In einem weiteren Schritt wurden die Analysen auf den Bereich Most- und Tafeläpfel übertragen.

Analyse der Wertschöpfungskette „Kohlgewächse“

Die Ergebnisse der Prozess- und Technologieanalysen der Wertschöpfungskette „Kohlgewächse“ wurde in einem ersten Schritt zu sogenannten Prozess-Steckbriefen (vgl. Abb. 2) verdichtet, welche die wesentlichen Parameter der einzelnen Prozesse übersichtlich und hochstrukturiert beschreiben. In einem weiteren Verdichtungsschritt wurden die tabellarisch aufgenommenen Prozesse als BPMN 2.0 Modelle einheitlich beschrieben und miteinander zu durchgängigen Prozessketten verbunden. Alle Prozesse werden hierarchisch im Sinne der Prozesspyramide dargestellt, an deren oberster Stelle die Prozesslandkarte der gesamten Wertschöpfung erscheint. Die verschiedenen Prozessmodelle wurden mit den passenden Steuerungsgrößen sowie durch mögliche Digitalisierungspotentiale angereichert.

Inhaltlich wurden die Ergebnisse der ersten Projektphase (Schwerpunkt Kohlgewächse) in der zweiten Projektphase auf den Obstbereich (Most- und Tafeläpfel) übertragen. Dazu hat das Projektteam bereits im Herbst 2018 mit der Analyse der Prozesse der verschiedenen Wertschöpfungsstufen begonnen und erste Prozesslandkarten, Prozesssteckbriefe und Potentialanalysen basierend auf Experteninterviews und Feldstudien mit verschiedenen Betrieben der Obstbaubranche durchgeführt. Die Ergebnisse der Analysen liegen als Prozess-Steckbriefe, Prozesslandkarte und grobe Prozessmodelle vor und wurden sukzessive verfeinert und zu IST-Prozessen in BPMN 2.0 verdichtet.

Prozesssteckbrief: Ernte		Prozess-ID: 3.0		
Womit? (Material, Ausrüstung, Ressourcen, Maschinen, Werkzeuge)		Wer? (Verantwortungen, Fähigkeiten, Kompetenzen, Schulungen)		
<ul style="list-style-type: none"> • Traktor (Andere nötig als bei Aussaat, grösser) • Träger für das Gemüse, Röselmaschine • Hand-Rüstmesser 		<ul style="list-style-type: none"> • Anlieferung des Gemüses direkt zum Verarbeitungs-Betrieb (4.0) • Erkennen des optimalen Erntezeitpunktes • Personen für die Ernte an der Maschine, Person zum führen des Traktors 		
Auslöser	Input	Prozess Kontextdiagramm (Start/Ende)		Output / Ergebnis
<ul style="list-style-type: none"> • Kalenderwoche der Setzlings-Planung (1.0) gemäss Tabellenkalkulations-Datei 	<ul style="list-style-type: none"> • Reifes Gemüse (2.0) 			<ul style="list-style-type: none"> • Ganzes oder geröstetes Gemüse • Verarbeitungs-Betrieb (4.0)
Wofür? (Ziele, Kennzahlen, Leistungsindikatoren)		Wie? (Methoden, Anweisungen, Verfahren, Dokumentationen)		
<ul style="list-style-type: none"> • Erntezeitpunkt bestimmen, Gemüse ernten, Gemüse zum Verarbeitungs-Betrieb (4.0) überführen • Mind. 60% des Gemüses direkt auf dem Feld röseln 		<ul style="list-style-type: none"> • Keine Dokumentationen vorhanden • Fachwissen wird mündlich Ad-Hoc weitergegeben • Broccoli, Blumenkohl und Romanesco werden von Hand geschnitten 		
Bemerkungen:				
<p>Bewirtschafter (2.0) sind zu wenig versiert um den optimalen Erntezeitpunkt zu erkennen (Fachmitarbeiter der Anbauorganisation prüft visuell, ob die Ernte bereit ist)</p> <p>Erntezeitpunkt Broccoli ist sehr heikel bezüglich des optimalen Reifezeitpunktes</p> <p>Maschinen zum schneiden auf dem Markt erhältlich (schneidet jeden Broccoli, unabhängig Reifestadium), jedoch gestaltet sich das Reifestadium des Gemüses nicht homogen auf dem Feld</p> <p>Geröstelt wird auf dem Feld (2.0) und beim Verarbeitungs-Betrieb (4.0) -> Früher wurde nur Blumenkohl auf dem Feld (2.0) geröstelt, anschaffung neuer Maschine um auch Broccoli auf dem Feld (2.0) zu röseln</p> <p>ERP wird lediglich für Finanzflüsse eingesetzt, nicht für Warenflüsse</p> <p>Ernte wird pro Tag ca. fünf mal abtransportiert</p> <p>Ganzes Gemüse kann im Gegensatz zum geröstelten noch ca. 1 Woche gelagert werden</p> <p>Erste Ernte Ende Mai resp. Anfangs Juni</p>				

Abbildung 2: Prozesssteckbrief (Beispiel Ernte Kohlgewächse)

Die Ergebnisse der Prozessanalysen wurden im Berichtszeitraum in über 25 semesterübergreifenden studentischen Gruppenarbeiten validiert, auf mögliches Technologiepotential hin untersucht und zu groben Soll-Prozessen ausgebaut. Anschliessend wurden die Vorschläge mit Fachexperten geprüft und weiter verdichtet.

Der eigentlichen Entwicklungsphase ging eine längere Phase der Technologieidentifikation voraus. Der Anfang des Projektes wurde durch die gesamte Prozessanalyse der Wertschöpfungskette geprägt. In dieser Phase befasste sich das Projektteam mit der neuen Thematik. Der gute Kontakt zur Conorti AG und Verdunova AG erlaubte von Beginn an eine unkomplizierte Kommunikation und eine effiziente Analyse des landwirtschaftlichen Anbaus und der industriellen Verarbeitung. Bereits hier konnten Herausforderungen oder aufwendige Arbeitsprozesse identifiziert werden.

Parallel zur Prozessanalyse wurde ein BigPicture erstellt, welches die gesamte Wertschöpfungskette mit den dazugehörigen Einflussfaktoren abbildet. Diese Darstellung verschaffte dem Projektteam einen Überblick und ermöglichte eine Beurteilung und Eingrenzung der Einflussfaktoren. Aufgrund dieses Dokuments wurden unterschiedliche Entwicklungsziele beispielsweise „Bodeneignung evaluieren“ erarbeitet und ausgewertet. Zur Auswertung der Ziele wurde das Potential aufgrund des Nutzens und des Aufwandes aus der Sicht der jetzigen Prozesskette berechnet. Durch den Einbezug des landwirtschaftlichen Betriebes wurde eine grössere Nähe zur Praxis erreicht. Zusätzlich wurde beurteilt, wie gut die Ziele in das Forschungsprojekt passen. Zu den Favoriten der Auswertung zählten unter anderem die Punkte „Erntedurchgänge minimieren“ und „Ertragsschätzung zum Erntezeitpunkt“.

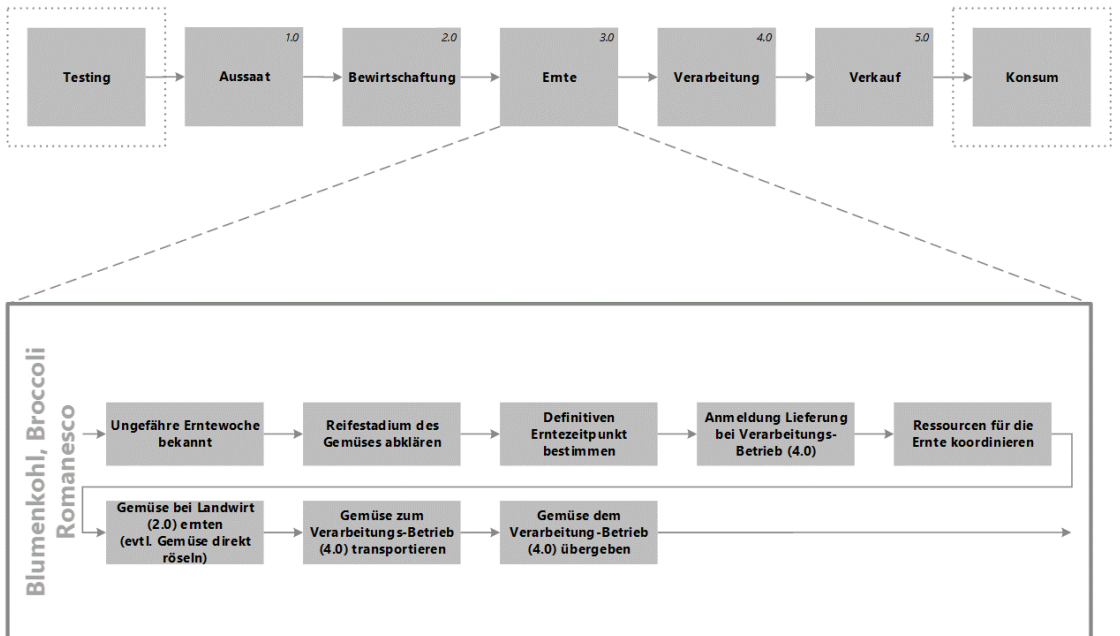


Abbildung 3: Grobe Wertschöpfungskette Kohlgewächse

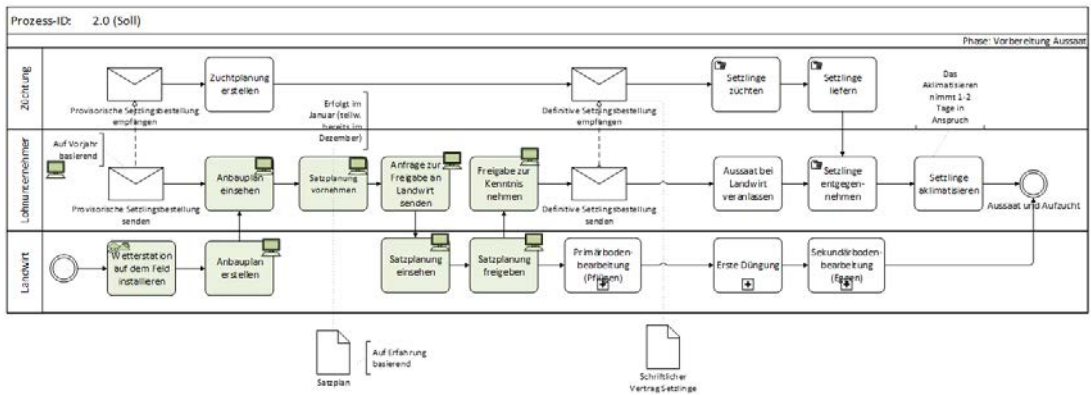
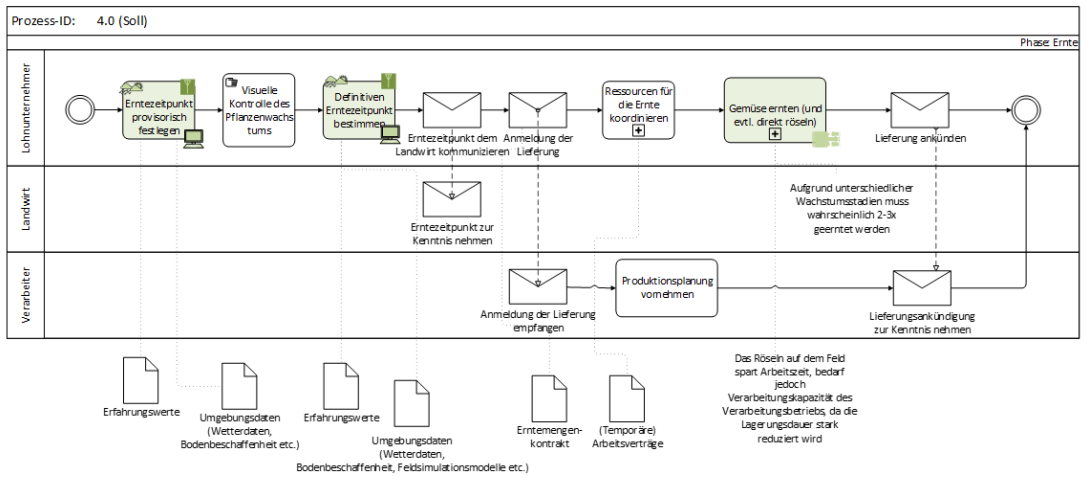


Abbildung 4: BPMN 2.0 Prozessmodell (Beispiel Vorbereitung Aussaat Kohl)

Die Prozessanalyse zeigte bereits, dass die Ernte der Brokkoli-Pflanzen ein besonders aufwendiger Arbeitsschritt ist. Die Ernte der Brokkoli-Köpfe erfolgt vorwiegend manuell durch die Erntehelfer. Die Arbeit ist körperlich beschwerlich und die relativ hohe Anzahl an Erntehelfer machen den Prozess kostenintensiv. Dieser Arbeitsschritt macht einen grossen Anteil der Produktentstehungskosten aus. Die Erkenntnisse der Prozessanalyse und die

Auswertung der Entwicklungsziele führten zur Entscheidung, dass sich die Richtung der Technologieentwicklung auf die Ernte konzentrierte. Die Technologie soll Daten in der laufenden Ernte erfassen und damit eine aktuelle Auswertung sowie das Potential weiterer Erntedurchgänge berechnen. Damit soll eine höhere Transparenz geschaffen werden. Die Erntehelfer sollen möglichst entlastet werden.



- Legende:
- autonome Landmaschine/autonomer Geräteträger
 - Hofmanagement Software
 - Wetteranalyse

Abbildung 5: BPMN 2.0 Prozessmodell (Beispiel Ernte Kohl)

Prozesse der Domäne Obstbau

Phasenverschoben wurden mit analoger Methodik in der zweiten Projekthälfte die Prozesse der Domänen Obstbau, Apfel (Tafelobst und Mostobst) auf deutscher und Schweizer Bodenseeseite untersucht und gestaltet. Zunächst wurde mit der Erstellung einer Übersicht über aktuelle Strukturen in der Produktion von Äpfeln im Allgemeinen und Bodensee-Äpfeln im Spezifischen begonnen. Dazu wurden die Waren-, Handels- und Informationsströme innerhalb und zwischen den einzelnen Wertschöpfungsstufen analysiert und ausführlich beschrieben. Darüber hinaus wurde ermittelt, inwieweit neue Technologien und Informationssysteme im Anbau von Äpfeln am Bodensee und in dessen Vermarktung bereits eingesetzt werden. Potentielle Anwendungsbereiche der Digitalisierung im Apfelanbau und der Vermarktung wurden anschließend aufgezeigt.

Die Erfassung und Analyse der Prozesse, die bei der Bewirtschaftung von Apfelkulturen, vom Einkauf der Jungbäume bis zur Einlagerung bzw. Sortierung und Verpackung der Früchte durchlaufen werden, sind ein Bestandteil der späteren Darstellung von Referenzprozessen. Dazu wurden neben der Befragung von Landwirten und Genossenschaften auf der schweizerischen Seite auch auf der deutschen Bodenseeseite Interviews bei Genossenschaften und deren Mitgliedsbetrieben durchgeführt.

Als Projektpartner (u.a. für die Prozessanalyse) konnten auf deutscher Seite zwei Genossenschaften gewonnen werden:

- Marktgemeinschaft Bodenseeobst e. G. (MaBo), 88045 Friedrichshafen
- Württembergische Obstgenossenschaft Raiffeisen e. G. (WOG), 88213 Ravensburg

Die ca. 750 Mitgliedsbetriebe dieser beiden Genossenschaften bewirtschaften insgesamt eine Fläche von ca. 6700 Hektar [ha] der gesamten rund 9300 ha Obstanbauflächen in der Bodenseeregion. Der grösste Teil davon ist die im Projekt betrachtete Bewirtschaftung von Apfelkulturen. Auf Schweizer Seite wurden verschiedene Obstbaubetriebe in den Kantonen Thurgau und St.Gallen in das Projekt eingebunden und deren Abläufe systematisch evaluiert und zu Prozessmodellen und Steckbriefen verdichtet.

Ein von der FHS St.Gallen ausgearbeiteter Fragebogen kam länderübergreifend zum Einsatz. Zunächst wurden Vertreter der Projektpartner zu den Abläufen der Bewirtschaftung befragt. Die daraufhin grafisch erstellten Prozessabläufe wurden dann im Anschluss in Interviews mit Landwirten validiert und iterativ angepasst. Aus diesen Erkenntnissen sind Prozesssteckbriefe erstellt worden. Die Verwendung digitaler Technologien ist im Obstbausektor (hier: Apfelanbau) derzeit schwach ausgeprägt.

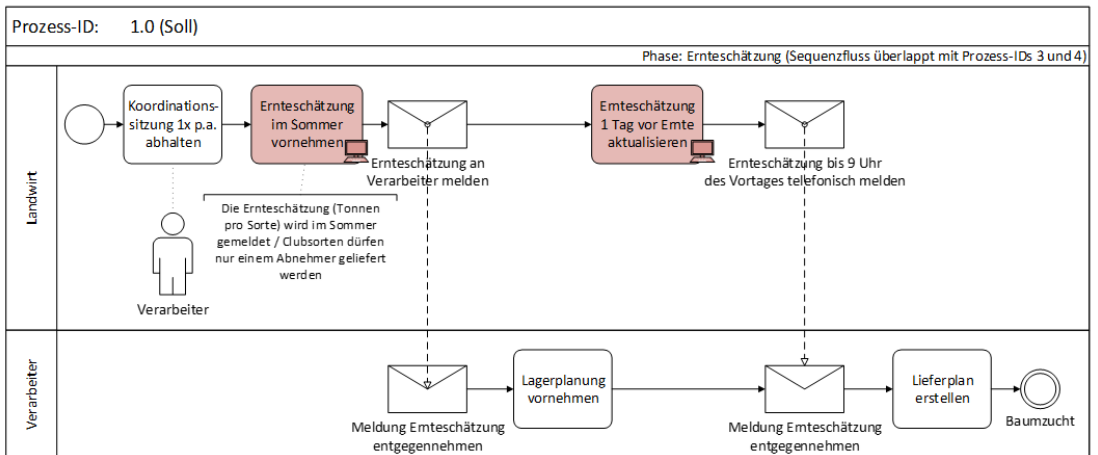


Abbildung 6: BPMN 2.0 Prozessmodell (Beispiel Ernteschätzung Tafelobst - Auszug)

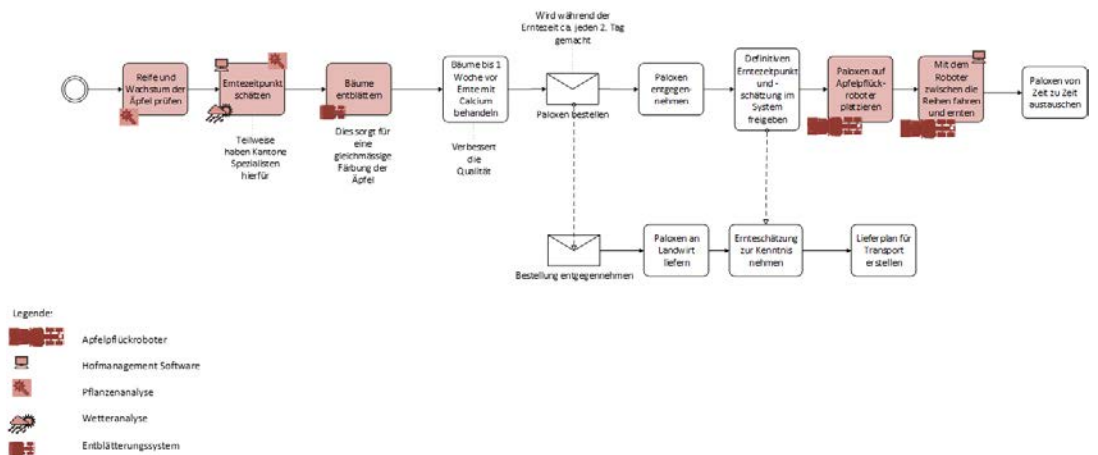


Abbildung 7: BPMN 2.0 Prozessmodell (Beispiel Ernte Tafelobst - Auszug)

Gegenüber neuen Maschinen, wie Traktoren, Sprüheräte etc.) sind viele Landwirte aufgeschlossen und interessiert („technikverliebt“). Aktuell gibt es jedoch (noch) kein adäquates Kosten-Nutzen-Verhältnis, das den Einsatz der im Moment noch teuren Entwicklungen rechtfertigt. Nebenbei sind die vorhandenen Technologien oftmals (noch) nicht praxistauglich, da sie sehr stör anfällig und wartungsintensiv und somit noch nicht für den täglichen Einsatz ausgereift scheinen.

In Hinblick auf Softwareentwicklungen bestehen durchaus persönliche Vorbehalte, insbesondere gegenüber der digitalen Datenerfassung, -verarbeitung und -auswertung. Hier wird ein Kontrollverlust der eigenen Daten befürchtet. Auch fehlen z. T. EDV-Kenntnisse in den Obstbaubetrieben, da viele Betriebe Familienbetriebe sind, in denen mehrere Generationen mitarbeiten. Die älteren Generationen haben erfahrungsgemäss weniger EDV-Affinität als die jüngeren.

Die Kommunikation zwischen den einzelnen Akteuren, z. B. Landwirt - Genossenschaft, läuft derzeit noch sehr klassisch durch z. B. Fax, Brief, auf Genossenschaftsversammlungen. Z. T. wird per E-Mail kommuniziert. Eine Genossenschaft hat mittlerweile auch ein webbasiertes Mitgliederportal in Betrieb, in dem die Landwirte sich zu verschiedenen aktuellen Themen wie z. B. Rückstandsanalysen, Sortierergebnisse, aktueller Zertifizierungsstatus usw. informieren können.

Der Prozess der Bewirtschaftung der Apfelkulturen gleicht sich bei den untersuchten Betrieben sehr. Unterschiede gibt es bei der Ernteschätzung, die zum einen die Landwirte vornehmen und zum anderen grösstenteils die Genossenschaft übernimmt. Zudem gibt es Unterschiede bei der Logistik der sogenannten Grosskisten (Paloxen), die zum Abtransport und der Lagerung der Früchte genutzt werden. So besitzt eine Genossenschaft eigene en, die den Landwirten nach Meldung der Bedarfsmenge zur Verfügung gestellt werden.

Aus den geführten Interviews lassen sich zwei Schwerpunktthemen erkennen, mit denen die Landwirte konfrontiert sind:

- Dies ist zum einen das Wetter, das auch das wichtigste Thema darstellt und die grössten Risiken birgt. Direkten Einfluss auf das Wetter hat man keinen, es können nur wenige verschiedene Massnahmen zum Schutz der Obstbäume getroffen werden, wie z. B. Hagelnetze, Frostschutzberegnung. Das Wetter hat überdies auch Auswirkungen auf Schädlings- und Pilzbefall, je nachdem, ob es zu nass oder zu trocken ist.
- Das zweite grosse Thema, das die Obstbauern (insbesondere in Deutschland) beschäftigt sind die Saisonarbeitskräfte. Die Zahl der zur Erntezeit kommenden Arbeiter aus Osteuropa ist rückläufig. Hinzu kommt, dass Saisonarbeitskräften seit 2018 ebenfalls der Mindestlohn bezahlt werden muss - und der steigt derzeit kontinuierlich an. Somit steigt der Kostendruck für die Obstbaubetriebe immer weiter an. Es wird also überlegt, ob und wie sich die Bewirtschaftung mehr automatisieren lässt.

Platz für Ihre Notizen:

Schlüsseltechnologie für die Domäne Kohlgewächse

Kapitelinhalt

- Entwicklung Prototyp eines Erntemoduls
Seite 32 - 34
- Analyse in der Wachstumsphase
Seite 35 - 39
- Datenerfassung im Ernteprozess
Seite 40
- Aufbau des Prototyps - Erntemodul
Seite 41
- Arbeiten mit dem Erntemodul
Seite 42 - 43
- Konzept Massenstrommessung
Seite 44
- Erkenntnisse der Prototypenentwicklung
Seite 45

Autoren:

Prof. Dr. Jürgen Prenzler, Markus Wüst (NTB Interstaatliche Hochschule für Technik),

Entwicklung Prototyp eines Erntemoduls

Ziele

Das Ziel des Arbeitspakets bestand aus der prototypenhaften Entwicklung einer Schlüsseltechnologie. Zur Identifizierung der zu entwickelnden Technologie sollten die Erkenntnisse der Prozessanalysen und des Technologie-Monitoring genutzt werden. Mit Hilfe der neu entwickelten Schlüsseltechnologie sollen in der Analyse identifizierte Technologielücken geschlossen werden. Die Technologie soll sich problemlos in die bestehende Wertschöpfungskette einbinden lassen.

In welchem Bereich der Wertschöpfungskette die Neuentwicklung angesiedelt ist und welche Aufgabe sie zu erfüllen hat, ist nicht definiert. Die erfassten Daten sollen möglichst ohne Medienbruch verwendet werden können. Als konkrete Ziele wurden im Antrag unter anderem die Reduktion von Pflanzenschutzmitteln sowie die Ermittlung der Produktreife genannt.

Methodisches Vorgehen

Nach der Zieldefinition wurde intensiv nach technologischen Möglichkeiten zur Zielerreichung gesucht. Parallel zum Technologie-Monitoring wurde der aktuelle Stand der Technik analysiert. Im Bereich der selektiven Brokkoli-Ernte gibt es bereits erste Ansätze, die sich jedoch noch im Forschungsstadium befinden. Anschliessend wurde in Brainstorming-Sessions nach umsetzbaren Lösungsansätzen gesucht. In mehrere Iterationen wurden Lösungsansätze erarbeitet und jeweils in einer Besprechung analysiert und beurteilt. Hierbei entstand die Idee ein Tool zu entwickeln, welches die Ernte der Pflanzen unterstützt und gleichzeitig Daten zu jeder Pflanze erfasst. Die Daten sollen gespeichert und ausgewertet werden, sodass eine Ertragskartierung entstehen kann, die auf der Basis der Einzelpflanze basiert. Diese Genauigkeit ermöglicht zusätzliche Auswertungen der Felder/Pflanzen, die über die Möglichkeiten üblicher Ertragskartierung hinausgehen. Zu diesem Zeitpunkt entstand der Slogan „Landwirte kennen in Zukunft jede Pflanze“.

In der darauffolgenden Phase wurde evaluiert, wie dieses Tool zur Ernte und zeitgleichen Datenerfassung der Pflanzen funktionieren könnte. Unterschiedliche Lösungsansätze wurden erarbeitet und auf deren Umsetzbarkeit getestet. Unter anderem wurde nach Schneidewerkzeugen als Alternative zum eingesetzten Messer gesucht. Dieses sollte das Schneiden einer Pflanze überwachen und Daten hierzu liefern. Ein Ansatz war aufgrund der

Bewegung des Messers oder des Erntehelfers das Schneidverhalten zu analysieren und Schnittbewegungen zu identifizieren. Ebenfalls wurden mehrere Ansätze einer Wiegeeinheit zur Gewichtsbestimmung des Brokkoli-Kopfes erarbeitet. Schlussendlich entstand ein Konzept bestehend aus einem Messer mit einer Schnittkraftmessung und einer gekoppelten Wiegeeinheit.

Nach der Konzepterstellung begann die Planung und Umsetzung des Prototyps. Hierzu wurde die mechanische Konstruktion am CAD aufgezeichnet und die Teile zur Fertigung aufgegeben. Die Bestandteile wurden anschliessend zur Baugruppe montiert, die elektronischen Teile miteinander verbunden und die ganze Einheit in Betrieb genommen. Die Einheit war zu diesem Zeitpunkt im Stande Daten zu erfassen und in einer Cloud zu speichern.

Die Fertigstellung der Plattform für die Datenvisualisierung vollendete das Konzept der Ertragskartierung. Daraufhin wurde der Prototyp inklusive der Datenvisualisierung unter Laborbedingungen getestet. Nach einigen erfolgreichen Tests wurden zwei Feldtests auf Brokkoli-Feldern der Conorti AG durchgeführt.

Neben der Entwicklung des Erntemoduls zur Ertragskartierung befasste sich eine Bachelorarbeit mit der Datenerfassung in der Wachstumsphase und der Erstellung eines Prognosemodells für die Brokkoli-Ernte. Dabei wurden mit einer landwirtschaftlichen Drohne über die gesamte

Wachstumsphase Aufnahmen eines Feldes erzeugt und die Daten der einzelnen Pflanzen extrahiert. Mit einem Machine-Learning-Modell sollte eine Wachstums-Prognose erstellt und damit der ideale Erntezeitpunkt bestimmt werden können. Die Idee zur Analyse der Wachstumsphase entstammt ebenfalls aus dem BigPicture. Die Ergebnisse der Wachstumsanalyse und der Ernte ergänzen sich optimal und bauen aufeinander auf.

Der umgesetzte Prototyp zeigt die Möglichkeit eine Ertragskartierung auf der Basis der Einzelpflanze zu erstellen. Der damit einhergehende Arbeitsprozess ist jedoch nicht wirklich wirtschaftlich. Daher befasste sich das Projektteam gegen Ende des Projektes abermals mit den Möglichkeiten zur Erstellung einer Ertragskartierung und legte den Fokus auf die Erweiterung der bestehenden Anlage. Da die Schwierigkeit auf der Massenstrommessung liegt, wurden hierfür zwei Konzepte entwickelt. Im ersten Konzept wird die Masse über eine Messtrommel bestimmt. Dazu wird das anliegende Drehmoment an der Trommel gemessen und daraus die Masse berechnet. Im zweiten Konzept wird laufend das Volumen über mehrere Profilsensoren bestimmt. Die Masse wird über eine spezifische Dichte angenähert. Die Konzepterarbeitung beinhaltet die Arbeitsschritte der Zieldefinition, Ideenfindung, Lösungssuche, Definition der Lösungsvarianten, Auswertung und Entscheidung, Messversuche und Zusammentragen der Konzeptergebnisse. Das erste Konzept wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit erarbeitet.

Ergebnisse

Herausforderungen in der Wertschöpfungskette

Der Anbau von Kohlgewächsen birgt noch grosses Potential im Bereich Smart Farming. Da es sich um einen Nischenbereich im Gemüseanbau handelt, beschränken sich die Entwicklungen auf dem Markt auf ein Minimum. Es sind wenige Anbieter vorhanden und damit auch nur wenige Produkte erhältlich. Nachfolgend sind einige Herausforderungen des aktuellen Prozesses aufgeführt:

- ❑ Entscheidungen basieren auf Intuition und Erfahrungswissen
Die Entscheidungen zu den einzelnen Arbeitsschritten basieren auf dem Erfahrungswissen der Landwirte und ihrem visuellen Eindruck des Feldes. So wird zum Beispiel der Erntezeitpunkt durch Mitarbeiter der Landwirtschaftsbetriebe bestimmt. Vorort wird analysiert, wie reif die Pflanzen sind und wann sie bereit für die Ernte sind, sodass ein maximaler Ertrag entsteht. Eine zusätzliche Datenbasis könnte Landwirte in ihrer Entscheidungsfindung unterstützen.
- ❑ Großer Anteil an Handarbeit
Mehrere Erntehelfer werden für die Bearbeitung eines Feldes eingesetzt. Die Arbeit ist aufgrund der rauen Bedingungen und der gebückten Körperhaltung beschwerlich. Der hohe Arbeitsaufwand wirkt sich zusätzlich

stark auf die Kosten aus. Der Ernteprozess ist einer der teuersten Arbeitsschritte entlang der Wertschöpfungskette und nimmt grossen Einfluss auf den Verkaufspreis des Endproduktes.

- ❑ Keine genauen Kenntnisse der Ernteergebnisse
Die Kenntnisse über das Ergebnis der Ernte beschränken sich in vielen Fällen auf das Gesamtgewicht der erwirtschafteten Masse. Wie viele Pflanzen tatsächlich aus den Setzlingen gezogen werden konnten und welchen Ertrag sie brachten, ist nicht bekannt. Ebenfalls fehlen jegliche Informationen über die Wachstums-Verteilung auf dem Feld. Dieses Wissen kann helfen wachstumsbegrenzende Faktoren zu erkennen und den Ertrag auf derselben Fläche zu steigern.
- ❑ Steuerung von Pflanzenschutz-Massnahmen
Das Ausbringen von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln wie Pestizide, Fungizide oder Herbizide findet in den meisten Fällen gleichmässig über das ganze Feld statt. Wie beim Precision Farming üblich sollen diese Mittel gezielt im lokal benötigten Mass auf dem Feld ausgebracht werden. Damit können Einsparungen der Ressourcen erzielt werden und die Bodenbelastung minimiert werden.

Analyse in der Wachstumsphase

Stand der Technik

Im Precision Farming ist eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung eines Schlages üblich. Dabei werden lokale Wachstumsunterschiede im Schlag erfasst und entsprechend ausgeglichen. Dadurch soll ein homogenes Feld entstehen, das einen maximalen Ertrag zum Erntezeitpunkt liefert. Für diese Art der Bewirtschaftung werden aktuelle Daten des Feldes benötigt. Die Daten werden üblicherweise direkt von einer zusätzlichen Sensorik an dem Traktor, durch Satellitenbilder oder durch Drohnenaufnahmen erstellt. In der Regel handelt es sich um eine spektrale Analyse des Lichtes, welches von den Pflanzen reflektiert wird. Auf diese Weise können auch Vegetationsindizes der Pflanzen berechnet werden. Aktuell gibt es bereits Systeme auf dem Markt, welche diese Daten direkt verarbeiten können und zum Beispiel Feldspritzen im Einsatz entsprechend ansteuern können.

Konzept

In der Wachstumsphase spielen unterschiedliche Umgebungsfaktoren einen direkten Einfluss auf das Pflanzenwachstum und damit auf den resultierenden Ertrag. Es handelt sich hierbei um Faktoren wie Wetterbedingungen, Bodeneigenschaften, Verfügbarkeit von Nährstoffen, Pflanzensorte usw. Diese Einflüsse sorgen für ein stark schwankendes Ertergebnis. Es ist daher ein Anliegen genaue Daten über das Wachstum der Pflanzen zu erfassen und zu nutzen. Von Interesse ist die aktuelle Wachstumsverteilung des Schlages aber auch eine Prognose der Pflanzen. Das Ziel ist den idealen Erntezeitpunkt zu kennen, um damit einen maximalen Ertrag zu erwirtschaften.

Mit der eingesetzten Technologie ist es möglich, ein Wissen über die einzelnen Pflanzen aufzubauen. Drohnenaufnahmen werden genutzt, um den Zustand und die Größe jeder einzelnen Pflanze eines Schlages zu liefern. Wenn diese Daten über einen längeren Zeitpunkt aufgenommen und zusätzliche Daten der Umgebungsbedingungen erfasst werden, kann eine Aussage über das Wachstum der Pflanzen erstellt werden. Für die Prognose kann ein Machine-Learning-Modell erstellt werden, welches mit Daten eines Feldes aus der Region trainiert wird. Von Interesse ist die Berechnung des Reifegrades und damit die Bestimmung des idealen Erntezeitpunktes. Idealerweise wird damit der Ertrag gesteigert und Erntedurchgänge eingespart.

Umsetzung

Drohnenaufnahmen wurden genutzt um eine Datengrundlage für den Zustand und die Grösse der Pflanzen zu schaffen. Eine Multispektralkamera auf dem Fluggerät hat Aufnahmen in unterschiedlichen Wellenlängen-Bereichen erzeugt. Aus den Aufnahmen wurde wiederum ein Vegetationsindex (NDVI / NDRE) berechnet, welcher die Vitalität der Pflanzen widerspiegelt (vgl. Abb. 10). Bereits diese Aufnahmen des Schlages verdeutlichten Bereiche mit unterschiedlichem Wachstum der Pflanzen. Um die einzelnen Pflanzen zu identifizieren wurden mehrere stationäre Marker platziert, die

über den gesamten Wachstumszyklus auf dem Feld verblieben sind. Die Marker wurden mit einem DGPS vermessen. Dies garantiert eine hohe Genauigkeit im Zentimeter-Bereich. Die Marker sind in den Drohnenaufnahmen sichtbar und konnten somit zugewiesen werden.

Die Drohnenaufnahmen (Abb. 11-12) stammen vom Brokkoli-Feld aus Haag SG. Zur Aufnahme der Bilder wurde eine Parrot Bluegrass Drohne verwendet, die mit einer Parrot Sequoia Multispektralkamera bestückt ist.



Abbildung 8: Marker auf dem Feld



Abbildung 9: Wagen zur Positionsvermessung mittels DGPS

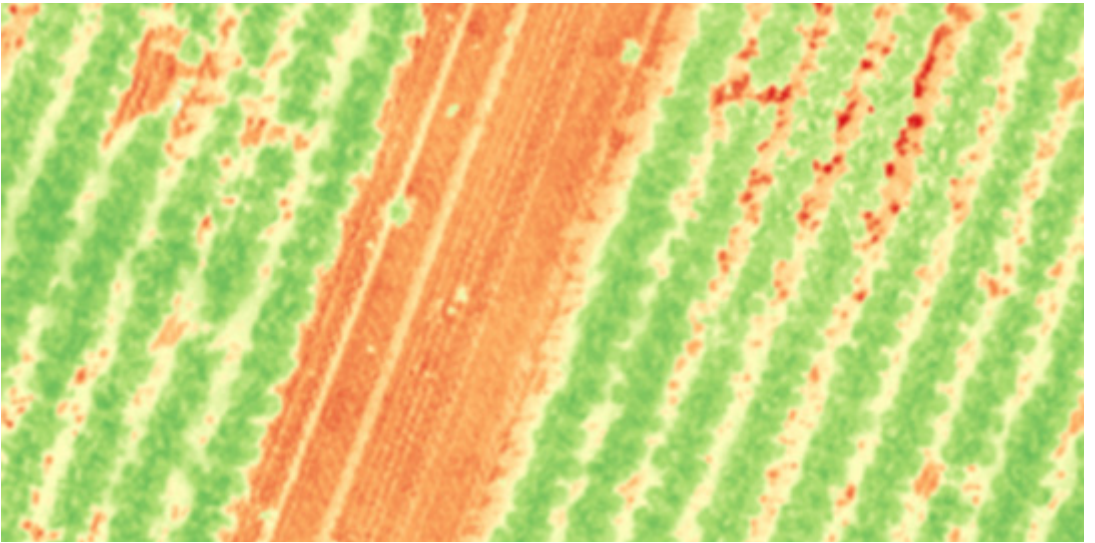


Abbildung 10: NDVI-Aufnahme vom 16. Mai 2019



Abbildung 11: Aufnahme vom 04. Juni 2019



Abbildung 12: Aufnahme vom 18. Juni 2019

Die Drohnenaufnahmen wurden verwendet, um während der Wachstumsphase die Vegetationsindizes NDVI / NDRE sowie die Grösse jeder Pflanze zu detektieren. Hierzu wurde mit Hilfe der Positionen der Pflanzen ein Voronoi-Gitter erzeugt und für jede einzelne Zelle eine Maske erstellt, um die Pflanze von der Feldfläche freizuschneiden. Damit konnte das Bildmaterial der einzelnen Pflanze ausgewertet werden. Auf diese Weise konnte auch die Grösse bestimmt werden, bis zum Zeitpunkt an dem sich die Blätter der Pflanzen gegenseitig überdecken.



Abbildung 13: Marker zur Kennzeichnung der Pflanzen

Für den Erfolg des Machine-Learning-Modells müssen Korrelationen von Eingangs- und Ausgangsgrößen vorliegen. Auf der Eingangsseite handelte es sich um Einflussfaktoren der Umgebung oder um Eigenschaften der Pflanzen. Diese Informationen mussten über den gesamten Wachstumszyklus zur Verfügung stehen. Auf der Ausgangsseite handelte es sich um das Resultat der Brokkoli-Pflanzen zum Erntezeitpunkt. Es handelte sich hierbei um den Zustand oder das geerntete Gewicht zum Erntezeitpunkt. Beim Zustand wurde zwischen unreif,

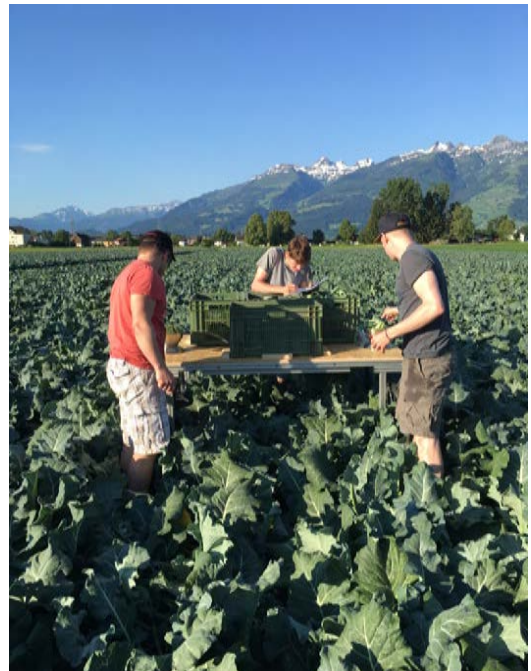


Abbildung 14: Manuelle Ernte zur Datenerfassung

geerntet oder krank / überreif unterschieden. Um die Daten der Pflanzen zum Erntezeitpunkt zu erfassen, mussten die Pflanzen vor der Ernte mit dem DGPS vermessen und markiert werden (Abb. 13-14). Dies gewährleistete, dass die Daten der Pflanzen bei der Ernte korrekt zugewiesen werden konnten. Bei der Ernte wurden die einzelnen Brokkoli identifiziert, geerntet und analysiert.

In der Datenanalyse wurde nach Korrelationen zwischen den In- und Outputs gesucht. Die Auswertung zeigte, dass eine der grössten Korrelationen zum Endgewicht in der Grösse der Pflanze bestand. Die NDVI-Werte stiegen erwartungsgemäss über die Zeit an und gelangen in eine Sättigung. Der zeitliche Verlauf der NDRE-Werte war nicht nachvollziehbar. Mit den Daten wurden mehrere Machine-Learning-Modelle erzeugt, aus denen der Zustand der einzelnen Pflanzen oder das Erntegewicht resultieren sollte. Die Ergebnisse ergaben jedoch einen relativ hohen Fehler. Die Modelle können daher für eine reale Vorhersage nicht genutzt werden.

Erkenntnisse

Die Einzelpflanzen können nach dem vorgestellten Prinzip mittels Drohne und Marker erfolgreich identifiziert und analysiert werden. Die manuelle Erfassung der Erntedaten ist jedoch sehr arbeitsintensiv, insbesondere durch die notwendige Identifikation der Pflanzen auf dem Feld.

Die Erstellung eines Prognosemodells auf der bestehenden Datenbasis ist nur schwer realisierbar. Für ein funktionierendes Prognosemodell sollten weitere Parameter miteinbezogen werden und deren Korrelation zum Ernteergebnis überprüft werden – beispielsweise weitere Vegetationsindizes, Umgebungsinformationen oder Geometrieigenschaften der Pflanzen. Die Höheninformationen der Pflanzen könnten über die Structure-from-Motion-Technik erzeugt werden. Ebenfalls könnten die RGB-Bilder verwendet werden, um weitere Informationen zu generieren. Das Prognose-Modell sollte anschliessend mit den Analysedaten weiterer Brokkoli-Felder trainiert werden.

Datenerfassung im Ernteprozess

Stand der Technik

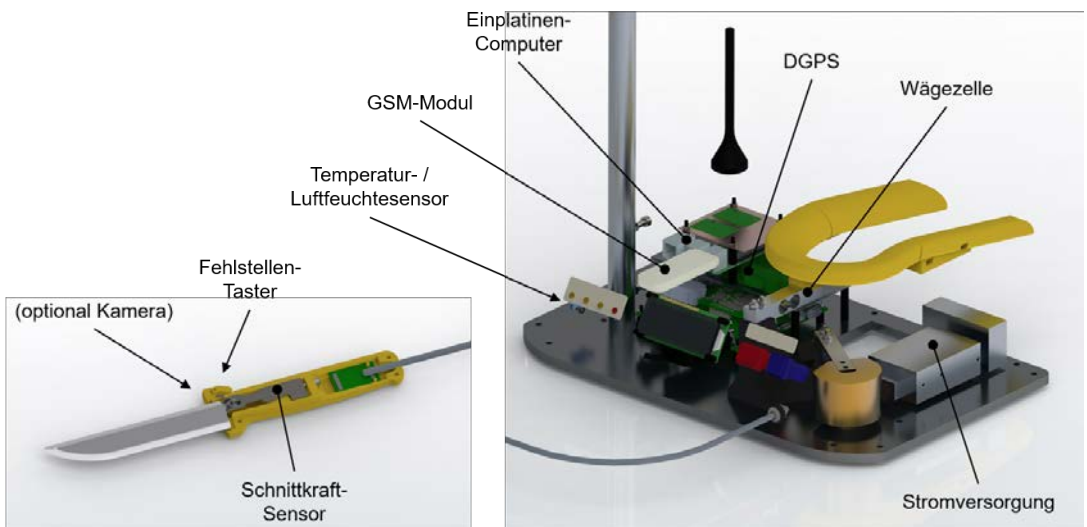
In etlichen Bereichen der Landwirtschaft ist es bereits üblich, dass während des Ernteprozesses die aktuell geerntete Masse aufgezeichnet und eine Ertragskartierung erstellt wird. Diese unterteilt den Schlag in unterschiedliche Ertragszonen und erstellt eine entsprechende Visualisierung. Der Landwirt sieht auf einen Blick wieviel sein Schlag eingebracht hat und wo auf dem Feld mehr oder weniger Ertrag angefallen ist. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf lokale ertragsfördernde bzw. -mindernde Einflüsse ziehen und die Ertragszonen können in Zukunft gezielt manipuliert werden. Aktuelle Mähdrescher verfügen beispielsweise über die notwendigen Module um eine Ertragskartierung zu erstellen. Diese können ebenfalls in das Farmmanagement-Tool eingepflegt werden. Im Bereich des Gemüsebaus sind solche Ertragskartierungen kaum anzutreffen.

Konzept

Das entwickelte Erntemodul dient zur Datenerfassung im Ernteprozess von Kohlgewächsen. Es erfasst zu jeder bearbeiteten Pflanze mehrere Parameter wie den Erntezeitpunkt, die Position, den Zustand, das Gewicht des Kopfes und Temperatur-/Luftfeuchtigkeitskennzahlen der Umgebung. Beim Zustand wird zwischen unreif, geerntet und überreif/krank unterschieden. Mit diesen Daten können unterschiedliche Auswertungen generiert werden. Beispielsweise kann die Verteilung des Erntegewichtes oder der Zustände über den Schlag dargestellt werden. Zusätzlich kann in Echtzeit berechnet werden, welche Masse bisher geerntet wurde und eine Prognose erstellt werden, wieviel Material noch geerntet werden soll und bis zu welchem Zeitpunkt. Diese Informationen können den verarbeitenden Betrieb in der Planung seiner Maschinen und seiner Angestellten unterstützen.

Dieser Ansatz einer Ertragskartierung ist neu für die Ernte von Kohlgewächsen und bringt daher auch neue Möglichkeiten in der Analyse des Schlages mit sich. Die neue Auswertung soll Unterschiede im Feld aufzeigen, sodass deren Ursachen untersucht werden können. Aus diesen Erkenntnissen sollen ertragssteigernde Massnahmen abgeleitet werden können. Dank dieser Art der Datenerfassung kann die Ertragskartierung bis auf die einzelne Pflanze heruntergebrochen werden. Diese Genauigkeit erlaubt neue Möglichkeiten in der Auswertung des Feldes.

Aufbau des Prototyps – Erntemodul



Schnittkraft-Sensor	misst die anliegende Schnittkraft an der Klinge und ermöglicht das Bestimmen des Zustandes
Fehlstellen-Taster	dient zur Markierung einer unreifen Pflanze
Kamera (optional)	ermöglicht das Erstellen einer Aufnahme der bearbeiteten Pflanze
Wägezelle	misst das Gewicht des geernteten Kohl-Kopfes
Temperatur- und Luftfeuchtesensor	nimmt Umgebungs-Daten zum Erntezeitpunkt auf
DGPS	bestimmt den Zeitpunkt und die Position im Zentimeter-Bereich
Einplatinencomputer	wertet die Sensoren aus und verarbeitet die Daten
GSM-Modul	ermöglicht die Datenübertragung in die Cloud

Abbildung 15: Aufbau des Prototyps

Arbeiten mit dem Erntemodul

Um im Arbeitsprozess einen Brokkoli zu detektieren, muss dieser mit dem Messer des Erntemoduls abgeschnitten werden. Gesunde, erntereife Pflanzen werden mit der Vorderseite der Klinge geschnitten. Dabei wird die Schnittkraft gemessen und aufgezeichnet. Wird der Kopf einer Pflanze mit der Rückseite der Klinge durchgeschnitten, handelt es sich um überreife Exemplare oder solche mit faulen Stellen. Damit ist die bearbeitete Pflanze in einem weiteren Erntedurchgang einfach erkennbar. Bei unreifen Pflanzen wird der Knopf auf dem Messer betätigt. Der geerntete Kopf der Kohlpflanze wird nach dem Schnitt auf die Wiegeeinheit gelegt, auf der das Gewicht ermittelt wird. Zusätzlich wird die Temperatur sowie die Luftfeuchtigkeit zum Ernte-

zeitpunkt aufgenommen. Die Software erzeugt für jede Pflanze ein Datensatz und speichert diesen in der Cloud ab.

Die Ergebnisse der Auswertung des Feldes können in einer Visualisierung über den Browser abgerufen werden. Damit erhalten Personen der Wertschöpfungskette in Echtzeit die für sie relevanten Informationen. Sie können die Daten direkt über ein Endgerät, wie einem PC oder einem Smartphone, aufrufen. Die Visualisierung der Ergebnisse enthält Informationen zur laufenden Ernte sowie eine Prognose zum Ernteabschluss und weiterer Erntedurchgänge.



Abbildung 16: Prototyp des Erntemoduls im Feldversuch 1



Abbildung 17: Prototyp des Erntemoduls im Feldversuch 2

Umsetzung

Das Erntemodul besteht aus einem Messer und einer Wägeeinheit, in welches ebenfalls Sensorik, Datenverarbeitung und Stromversorgung integriert ist. Es handelt sich hierbei um ein Funktionsmuster, weswegen in erster Linie auf Kaufteile gesetzt wurde. Die Fertigungsteile wurden teilweise intern über ein 3D-Druck-Verfahren oder über externe Metallbearbeiter hergestellt. Mit dem Rapid Prototyping-Ansatz konnten in kurzer Zeit Bauteile für den Versuch hergestellt werden. Dies war beispielsweise bei der Konstruktion des Messers sehr hilfreich.

Bei der Sensorik wurden möglichst handelsübliche Elektronik-Module verwendet. Als Rechner wurde ein Raspberry Pi 3 B+ verwendet, welcher das ganze System steuert. Er wertet die Bedienelemente und die Sensorik aus, speichert die Daten lokal und in der Cloud. Als DGPS-System wurde ein Piksi Multi von SwiftNav verwendet. Für die Steuerung wurde ein eigenes Programm in Java geschrieben. Um die Sensorik und das DGPS auszulesen wurden bestehende Bibliotheken verwendet, welche auf diesen Anwendungsfall angepasst wurden. Als Cloud-Dienst wurde die Google Cloud verwendet. Hier werden die Daten der Ernte abgespeichert. Ebenfalls findet hier die Auswertung beim Aufruf der Webseite der Datenvisualisierung statt. Für die Google Cloud wurde ein eigenes Programm geschrieben, das den Datenverkehr steuert. Es erstellt die gewünschten Berechnungen und bringt die Daten in die gewünschte Form.

Datenauswertung

Die Datenauswertung zeigt in Echtzeit, wo und wieviel bereits geerntet wurde. Ein Histogramm zeigt die Verteilung des geernteten Gewichts und damit auch die Streuung an. Ein Kuchendiagramm verdeutlicht das Verhältnis zwischen dem Auftreten der Zustandskategorien. Eine weitere Karte des Feldes zeigt die lokale Verteilung des Gewichtes oder der Zustandskategorien. Somit werden Bereiche des Feldes erkennbar, in denen vermehrt unreife oder kranke Exemplare auftreten. Ein Liniendiagramm zeigt den Verlauf der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit der Umgebung. In einem zusätzlichen Schritt kann das Ergebnis eines weiteren Erntedurchgangs prognostiziert und eine Kostenrechnung mit den vorliegenden Ergebnissen erstellt werden.

Mit dieser Auswertung kann der verarbeitende Betrieb abschätzen, welche Masse und bis zu welchem Zeitpunkt erwartet werden kann. Die Prognose hilft dem Landwirt abzuschätzen, ob sich ein weiterer Erntedurchgang lohnt. Die Verteilung des Erntegewichtes kann dabei helfen, lokale Wachstumsunterschiede zu erkennen. Damit kann nach den Ursachen gesucht werden und lokale wachstumsfördernde Massnahmen in den kommenden Jahren eingeleitet werden.

Konzept Massenstrommessung

Nach der Entwicklung des Erntemodules stand die Frage im Raum, wie eine Ertragskartierung mit der bestehenden Anlage realisiert werden kann ohne in den Arbeitsprozess der Erntehelfer einzugreifen. Damit könnte eine wirtschaftliche Alternative realisiert werden, deren Informationsgehalt jedoch nicht auf die Einzelpflanze heruntergebrochen werden kann. Die Schwierigkeit dieser Ertragskartierung liegt in der Messung der anfallenden Masse auf der Anlage. Mit einer Massenstrommessung und einer laufenden Positionsbestimmung kann eine Ertragskartierung erstellt werden. Für die Erfassung des Massenstromes auf der Ernteanlage wurden zwei Konzepte ausgearbeitet:

Messprinzip nach dem Wiegeverfahren

Die Brokkoli-Röschen passieren vor dem Verteilen in die Paloxen eine Messtrommel. Die Röschen werden in diesem Behälter gesammelt, bis eine Rotation der Trommel die Röschen auswirft. Dabei wird das am Motor anliegende Drehmoment gemessen und die Masse in der Trommel angenähert.

Lichtschnittverfahren

Die Brokkoli-Röschen werden vor dem Verteilen in die Paloxen auf einem Förderband transportiert. Zwei Profilsensoren sollen in diesem Bereich die Röschen aus zwei verschiedenen Richtungen vermessen. Diese Sensoren arbeiten nach dem Lichtschnittverfahren und liefern jeweils eine Profillinie zurück. Aus den beiden Profillinien soll der Querschnitt des Messkörpers bestimmt werden. Über die Förderbandgeschwindigkeit kann das aktuell geerntete Volumen bestimmt werden. Mit der spezifischen Dichte von Brokkoli kann wiederum die Masse angenähert werden.

Erkenntnisse der Prototypenentwicklung

Der Prototyp des Erntemoduls liefert genaue Ergebnisse und zeigte bereits in der Testphase Zustand und Unterschied der einzelnen Pflanzen auf. Beispielsweise konnten grosse Wachstumsunterschiede von Pflanzen mit einem kleinen Setzabstand erkannt werden. Ein Exemplar wuchs deutlich schneller und raubte der anderen Pflanze das Sonnenlicht. Mit dem neu entwickelten System könnten die Auswirkungen einer Veränderung des Setzabstandes evaluiert werden. Der Arbeitsprozess mit dem Prototyp ist für einen realen Einsatz jedoch zu aufwendig. In der Weiterentwicklung sollte als erstes das Detektieren des Zustandes verbessert werden.

Eine praxisnahe Ertragskartierung kann durch die Messung des Massenstromes und einem hochauflösenden Positionsmesssystem realisiert werden. Der Massenstrom kann über eine Messtrommel oder das Lichtschnittverfahren gemessen werden. Die Messung mittels Lichtschnittverfahren arbeitet berührungslos und kann gut auf der bestehenden Anlage nachgerüstet werden. Die Kosten der Profilsensoren sind jedoch nicht zu unterschätzen. Eine Analyse auf der Basis der Einzelpflanze kann damit nicht erfolgen. Mit dem realisierten Prototyp des Erntemoduls konnte erstmals eine Ertragskartierung von Brokkoli in einem kleinen Rahmen durchgeführt werden. Die Prozessanalyse zeigte zu Beginn des Projektes, dass der landwirtschaftliche Betrieb nur über die Information der bestellten Setzlinge

und der resultierten Gesamtmasse verfügt. Wie viele der Setzlinge tatsächlich zu einer grossen Pflanze heranwachsen und eine Kopf ausbilden, weiss der Landwirt nicht. Ebenfalls fehlt jegliche Information über das Erntegewicht der geernteten Brokkoli-Köpfe. Zwischen dem Setzen und der Ernte besteht somit eine Lücke, welche durch den erarbeiteten Ansatz geschlossen werden kann. Mit einer Datenerfassung auf der Basis der Einzelpflanzen werden diese Informationen generiert. Das Ziel einen maximalen Ertrag pro Pflanze zu generieren, kann nun überprüft und verfolgt werden. Erstmals können Setzabständen und anderen Parameter verändert werden und deren Einfluss genau untersucht werden. Der Arbeitsprozess mit dem Erntemodul ist jedoch noch mühsam und besitzt Verbesserungspotential.

Die erzeugten Daten der Ernte werden beim Prototypen direkt in eine Cloud geschrieben und können über den Browser abgerufen werden. Beim Aufruf der Webseite im Browser wird die Auswertung in der Cloud erstellt. Da im Betrieb der Projektpartner nicht mit einer spezifischen Landwirtschafts-Plattform gearbeitet wird, wurde alles innerhalb der Cloud realisiert. Wenn es sich bei verwendeten Plattform um ein offenes System handelt, ist es denkbar die Daten direkt an die Plattform zu senden und auszuwerten. Die Ertragskartierung könnte damit sauber integriert werden ohne dass ein Medienbruch entsteht.

Platz für Ihre Notizen:

Schlüsseltechnologie für die Domäne Tafelobst

Kapitelinhalt

- Ziele
Seite 48
- Prototyp eines Apfelernteroboters
Seite 48
- Methodisches Vorgehen
Seite 49
- Ergebnisse
Seite 50 - 53

Autoren:

Prof. Dr. Heinz-Leo Dudek, Heiko Zaunmüller, Chaitanya Grandhi
(Duale Hochschule Baden-Württemberg)

Ziele

Wie sich bei den Interviews zu den Prozessen mit Genossenschaften und Landwirten herausgestellt hat, bestimmen zwei Schwerpunkte die Bewirtschaftung der Obstkulturen.

Zum einen das Wetter, auf das keinen direkten Einfluss genommen werden kann. Man versucht sich vor Ernteauffälle zu schützen in dem man Hagelnetzen, Frostschutzberechnungsanlagen, Hagelkanonen usw. installiert. Auch eigene Wetterstationen, die zuverlässige und lokale Daten liefern, werden eingesetzt. Als zweites schwerwiegendes Thema hat sich die Beschäftigung von Saisonarbeitskräften/ Erntehelfer herausgestellt. Offenbar kommen jedes Jahr weniger Erntehelfer, die überwiegend aus Osteuropa kommen, in den Bodenseeraum. Hinzu kommt der Kostendruck durch den festgelegten Mindestlohn, der in den nächsten Jahren mit großer Wahrscheinlichkeit kontinuierlich steigen wird.

Eine Überlegung wie sich die Bewirtschaftung einer Obstanlage und die Ernte der Früchte weiter automatisieren lässt, ist das automatisierte Pflücken von Äpfeln. Bei der Genossenschaft WOG und bei der Stiftung Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee wird hier ein grosses Potential gesehen, da sich dadurch u.a. die Abhängigkeit von Saisonarbeitskräften reduzieren lassen würde. Ebenso der Aufwand der Administration der Arbeiter, für die z. B. Einweisung, Abrechnung, Unterkunft etc. organisiert werden muss. Mancher Obstbauer hat sogar Unterkünfte für die Erntehelfer gebaut, was mit enormen Investitionen verbunden ist.

Prototyp eines Apfelernteroboters

Für die Entwicklung eines Prototyps eines Apfelernteroboters wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- Erstellung eines Konzeptes für automatisierte Apfelerkennung und Apfelernte
- Erstellung und Validierung eines Prototypen für die Erkennung und Klassifikation von Äpfeln

Da in der für das fortgeschrittene Projekt noch verbleibenden Laufzeit die Entwicklung eines voll funktionsfähigen Prototyps nicht ausgereicht hätte, musste ein Fokus gesetzt werden. Man hat deswegen entschieden, sich auf die technischen Herausforderungen zur automatisierten Erkennung des Apfels am Baum – inkl. des Reifegrades, etc. – und der Ernte des aufgrund seiner Konsistenz empfindlichen Apfels zu konzentrieren. Nicht beachtet wurde die Entwicklung und Herstellung einer fahrbaren Basis des Ernteroboters. Diese könnte u. U. auch zugekauft werden und entsprechend modifiziert werden.

Methodisches Vorgehen

Zu Beginn wurde eine Recherche, der bereits bei Firmen und Hochschulen vorhandenen bzw. in Entwicklung befindlichen Apfelernteroboter durchgeführt. Für die Erstellung von Spezifikationen für einen Apfelpflückroboter wurden die ersten Überlegungen mit den möglichen Eigenschaften einer solchen Maschine in Form einer Mindmap/Ideensammlung (Abb. 18) festgehalten. Die Ideen wurden anschließend in einem Fragenkatalog konkret formuliert und mit dem Vertreter der Genossenschaft WOG bearbeitet. Aus diesen Angaben und weiteren Recherchen wurde ein Lastenheft für einen Apfelpflückroboter mit den

Gegebenheiten der deutschen Bodenseeregion (nördliches Bodenseeufer) erstellt.

Als weiterer Teil des Arbeitspakets wurde ein Konzept zur automatisierten Apfelerkennung und -ernte erstellt. Dabei wird die Erkennung und Identifikation der Früchte mittels einer 3D-Kamera und einer selbst programmierten Software realisiert und der Pflückvorgang mittels eines handelsüblich vorhandenen Roboterarms und eines einer menschlichen Hand nachempfundenen 5-Finger-Greifers durchgeführt.

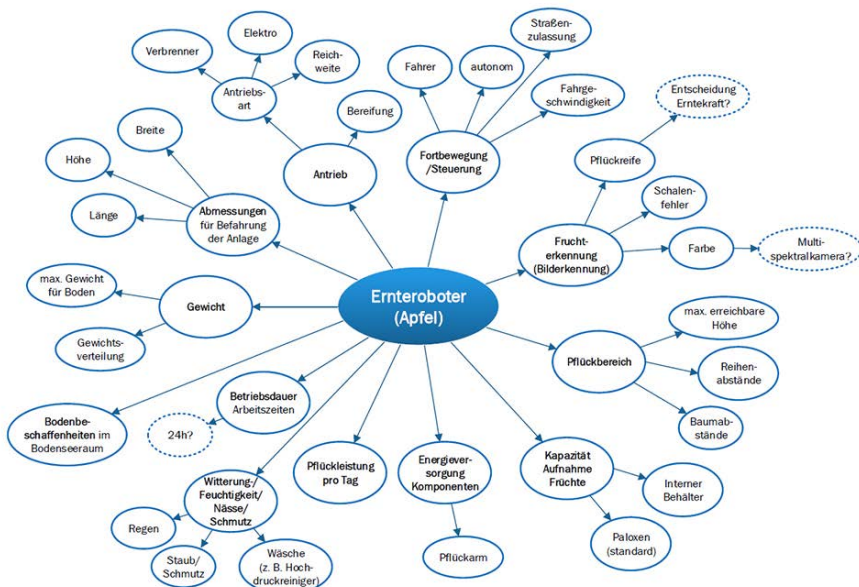


Abbildung 18: Methodisches Vorgehen Ernteroboter (Apfel), eigene Darstellung

Ergebnisse

Die **(Markt-)Recherche** zeigt, dass es zum jetzigen Zeitpunkt keinen automatisierten Ernteroboter gibt, der in Serie hergestellt, am Markt vertrieben wird und im Handel von Landwirten gekauft werden kann.

Die amerikanische Firma Abundant Robotics scheint derzeit mit ihrer Entwicklung am dichtesten an einem kommerziellen Einsatz und einer Serien-einführung zu stehen, da das Fahrzeug schon aktiv an einer Ernte in einer Apfelanlage in Neuseeland im Einsatz war. Die Früchte werden beim Einsatz selbständig von einer Kamera erfasst und das System erkennt, welche Früchte reif sind. Die erntereifen Äpfel werden dann mithilfe des Vakuumgreifers vom Baum geerntet („gesaugt“) und auf ein Transportband gelegt, das die Frucht in eine Grosskiste befördert und ablegt. Aktuell gibt es jedoch keinen öffentlichen Bericht wie erfolgreich der Einsatz war, d.h. welche Menge mit welcher Geschwindigkeit usw. geerntet wurde. Insgesamt gesehen bleibt es spannend, welche der Entwicklungen, die auch mit unterschiedlichen Pflückarten (Vakuumsauger, Mechanischer Greifer, usw.) operieren, als erstes in dem anspruchsvollen Alltag der Apfelernte zuverlässig funktionieren und arbeiten wird.

Die israelische Firma FFRobotics ist ebenfalls noch in der Entwicklungsphase. Beim FFRobot sind auf einem Fahrgestell zwölf Greifer, auf jeder Seite sechs, montiert. Transportbänder transportieren die Früchte in den hinteren Teil des Fahrzeugs, wo sie in

einer Grosskiste abgelegt werden. Über eine Kamera werden die Bäume und die daran hängenden Äpfel erkannt. Diese werden dann von einem der zwölf Greifarme vom Baum gepflückt. Jeder Greifarm hat am Ende einen Drei-Finger-Greifer installiert, mit dem der Apfel gegriffen und mit einer Drehbewegung vom Baum abgetrennt wird. Der Roboter ist selbst-lernend (Deep Learning) und soll damit reife Äpfel mit der Zeit immer besser erkennen.

Bei der anschliessenden Erstellung der **Eigen-schaften und Spezifikationen für einen Ernte-roboter für den Apfelanbau im Bodenseeraum** (Lastenheft) wurden die

- **Ausgangssituation**
- **Gegebenheiten einer Apfelanbaukultur (Anlage, Feld)**
- **Ernte**
- **Spezifikationen für einen Ernteroboter – selbstfahrend und automatisch erntend,**

für die in der Bodenseeregion vorhandenen Apfel-anbauanlagen, aufgenommen und beschrieben.

Es zeigte sich, dass die Apfelanlagen mit einer durchschnittlichen Parzellengrösse von 1 ha relativ „zerklüftet“ sind, d. h. es gibt nicht wie in anderen Ländern weitläufige, zusammenhängende Anlagen. Die Bäume sind im Schnitt ca. 3,00 m hoch und stehen in einem Abstand in der Reihe von ca. 1,00 m und zur nächsten Reihe mit 3,20m. Dabei beträgt

die Länge je Reihe 100 m. Danach folgt eine Unterbrechung, die als Zwischengasse bzw. Fahrgasse zum Wechseln der Reihe dient.

In der Bodenseeregion werden nach Darstellung der Obst vom Bodensee Vertriebsgesellschaft mbH ca. 20 verschiedene Apfelsorten angebaut, die zum Teil in der Farbgebung variieren. Die meisten Sorten sind rot/grün bzw. rot/gelb, sodass reines grün bzw. gelb in dieser Region nahezu keine Rolle spielt.

Die Ernte der Früchte erfolgt im Herbst im Zeitraum Ende August bis November. Zunächst werden die Früchte vom Baum geerntet, die das Jahr über am meisten Licht und Sonne abbekommen haben. Das sind im Allgemeinen (zu 80 %) die Früchte, die oben und im äusseren Bereich des Baumes hängen. Der Pflückvorgang läuft derzeit ausschliesslich von Hand (100% Handarbeit). Mittlerweile gibt es für den Transportweg vom Baum in die Grosskiste verschiedene Maschinen, die z. T. von den Obstbauern genutzt werden.

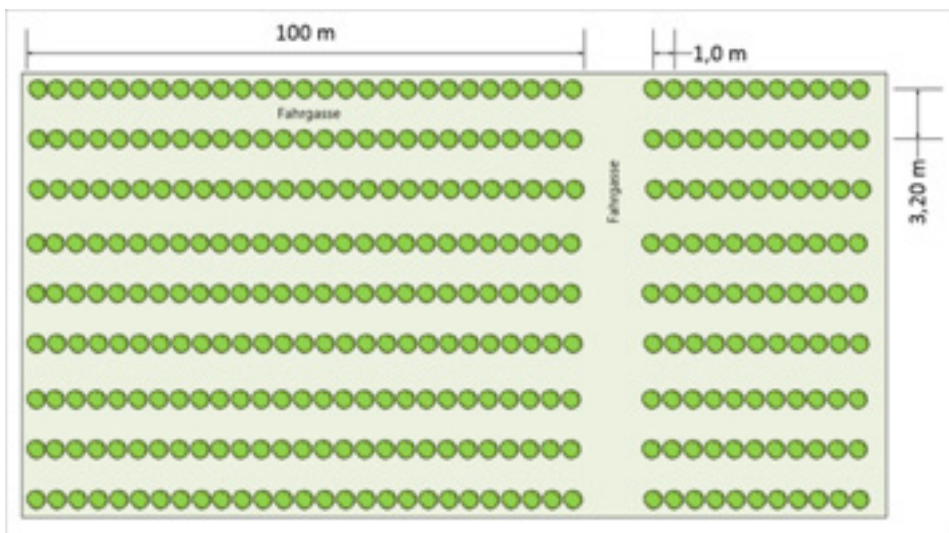


Abbildung 19: durchschnittliche/empfohlene Pflanzabstände, eigene Darstellung

Die Ernteleistung eines „geübten“ Erntehelfers wird mit durchschnittliche 130 kg Äpfeln pro Stunde angegeben. Bei einer täglichen Arbeitszeit von durchschnittlich 9 Stunden sind das 1170 kg pro Tag. Ein Erntezug, ein Fahrzeug mit mehreren Anhängern und Grosskisten, besteht aus fünf bis sechs Erntehelfern. Was bei sechs Personen insgesamt zu einer Ernteleistung von 7020 kg (bzw. bei fünf Personen 5850 kg) Äpfeln am Tag führt.

Zu den Eigenschaften bzw. den Anforderungen eines in diesem Anbauggebiet einzusetzenden Ernteroboters wurden folgende Aussagen getroffen:

- Ein autonom fahrendes Fahrzeug wäre wünschenswert; evtl. mit einer Person zur Überwachung. Je nach Grösse der Maschine sollte eine Zulassung nach StVZO angestrebt werden bzw. der Transport mit einem Tief-lader möglich sein, um von einer Parzelle zur nächsten zu gelangen.
- Idealerweise sollte das Fahrzeug mit einem Elektromotor angetrieben werden. Dies würde eine bedeutend verringerte Lärmemission ggü. einem Verbrennungsmotor ergeben und der Einsatzzeitraum (Arbeitszeit) könnte

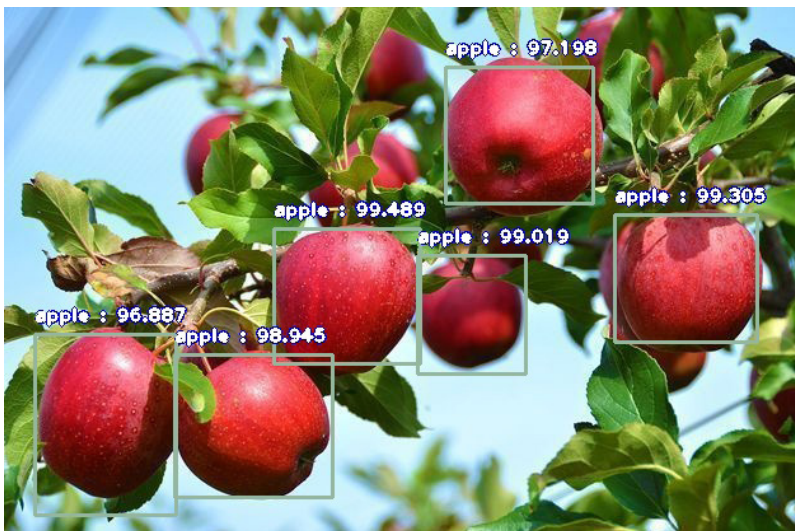


Abbildung 20: Detektion von Äpfeln am Baum mit dem entwickelten Modell

weiter gefasst werden. Derzeit gibt es Vorgaben, dass Arbeiten, die Lärm verursachen nur zwischen 6.00 und 22.00 Uhr durchgeführt werden dürfen. Für eine vollautomatische Erntemaschine wären erweiterbare Arbeitszeiträume vorteilhaft.

- Zur Fortbewegung kann das Fahrzeug auf Räder stehen oder mit einem Kettenantrieb versehen sein. Beides hat Vor- und Nachteile. Räder haben eine höhere Punktbelastung gegenüber dem Erdbereich als Fahrzeuge mit Ketten, die das Gewicht gleichmässiger ver-

teilen. Im Gegenzug besteht bei Kettenfahrzeug die grössere Gefahr bei Wendemanövern das Gelände und den Boden zu beschädigen.

- Durch den Erntezeitraum zwischen Ende August und Mitte November muss das Gerät sämtlichen äusseren Witterungseinflüssen und Schmutz standhalten können, ohne dass die Funktionstüchtigkeit eingeschränkt ist. Darüber hinaus muss eine einfache Reinigung auch mit Hochdruckreiniger möglich sein. Die Arbeiten sollten in einem Temperaturbereich von 0 bis 30°C möglich sein.



Abbildung 21: Der Roboter, der den Apfel greift 1



Abbildung 22: Der Roboter, der den Apfel greift 2

Platz für Ihre Notizen:

Technologieradar «Smart Farming Bodensee»

Autoren:

Prof. Dr. Oliver Christ, Katharina Giger
 (FHS St. Gallen Hochschule für Angewandte
 Wissenschaften)

Viele landwirtschaftliche Betriebe nutzen bereits lokale, oftmals nicht-integrierte Technologien und Informationssysteme zur Planung und Organisation der Abläufe (sogenannte Farm Management Informationssysteme). Die Grösse, der Reifegrad, die technischen Kenntnisse und Ausstattungen der Betriebe unterscheiden sich im Ländervergleich und auch innerhalb eines Landes sehr stark, was die Kooperation der Akteure erschwert. Deshalb wurde der Technologieradar entwickelt.

Im Berichtszeitraum wurden entlang der Wertschöpfungsketten der Apfel- und Kohlproduktion aus den Prozessanalysen Technologiepotentiale extrahiert und zur Typisierung bestehender Technologien, die für die Untersuchungsbereiche relevant sind, systematische Literaturreviews durchgeführt. Diese wurden nach Anwendungsbereichen und Technologietypen klassifiziert und den einzelnen Prozessketten zugeordnet.

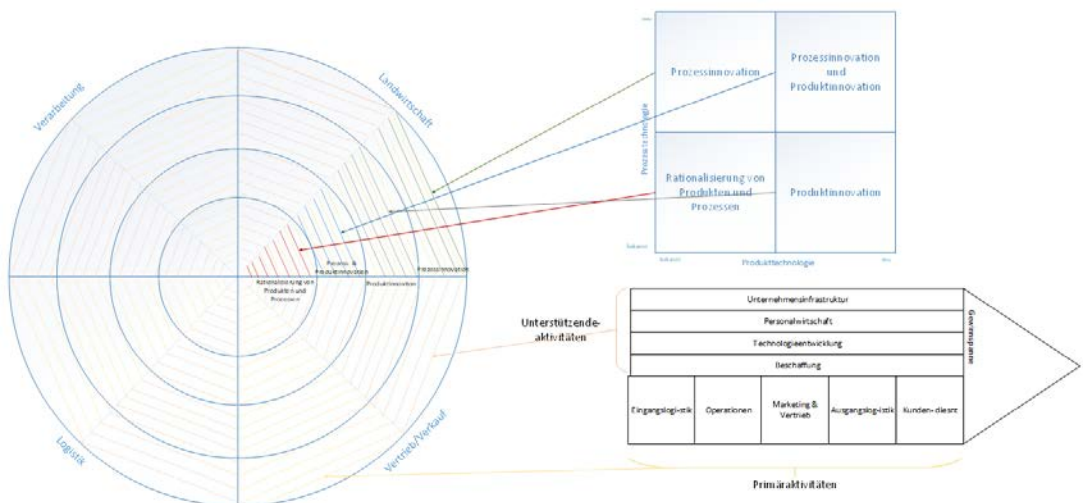


Abbildung 23: Konzept Technologieradar

Die Ergebnisse der Technologieanalysen, der Prozessuntersuchungen und systematischen Literaturreviews wurden am Ende des Projektes in ein Gesamtmodell überführt, das als Technologieradar bestehende und sich in Entwicklung befindliche technische Funktionen anbieterneutral Prozessen und Entscheidungslogiken der Wertschöpfungsketten zuordnet. Dabei wurde eine einheitliche und intuitiv zugängliche Typisierung der Technologien gewählt, die den verschiedenen Akteuren die Selektion und Bewertung der digital vermittelten

Funktionen erleichtert und potentiellen Anbietern und Beratungsunternehmen als Blueprint für die Entwicklung eigener Lösungsangebote dient.

Basis des Technologieradars ist eine Tabelle mit mehr als 300 Einträgen, in der verfügbare Technologien gesammelt und strukturiert werden.

Die einzelnen Technologien können über die Plattform Agrodigital selektiert und zielgruppen- bzw. anwendungsspezifisch angezeigt werden.

The screenshot shows a web interface with four filter sections:

- Aktion:** A dropdown menu with 'Landwirt' selected.
- Tätigkeitsgebiet:** A dropdown menu with 'Kohl' selected.
- Ansatzgebiet:** A dropdown menu with 'Bodenanalyse' selected. A list of options is visible below it:
 - Bodenanalyse
 - Wetteranalyse
 - Pflanzenanalyse
 - Arbeits- und Felddokumentation
 - Feldanalyse
 - Düngung** (highlighted in blue)
 - Aussat
 - Bodenbearbeitung
 - Unkrautvernichtung
 - Flottenmanagement
 - Schädlingsbekämpfung
- Technologie:** A dropdown menu with 'Sensornetzwerk' selected. Below it, a text snippet is visible: 'und Beschaffenheit des Bodens und leiten die Daten an ein'.

Abbildung 24: Details zur Nutzung und Darstellung des Technologieradars finden sich auf der Plattform agrodigital.ch

Technologie	Prozessphase	Technologie- beschreibung	Firmen-/ Produkt- name	Beschreibung/ Funktion
Sensor- netzwerk	Baumzucht Baumpflege	Netzwerk aus Bodensen- soren, messen Temperatur, Feuchtigkeit und Beschaf- fenheit des bodens und leiten Daten an ein Datenan- lysetool (meist in Form einer Webapplikation) weiter	Deepfield Connect	Sensoren, die im Feld instal- liert werden, Daten werden über IoT Cloud auf Smart- phone übertragen. Tempe- ratur-, Luftfeuchte- und Bodenfeuchtesensoren.
Temperatur-/ Luftfeuchte- sensoren	Ernte technisch Baumzucht Baumpflege TP Spritzmittel Ernte	Der Sensor misst die Lufttemperatur bzw. die Luftfeuchtigkeit auf dem Feld	Deepfield Connect	Sensoren, die im Feld instal- liert werden, Daten werden über IoT Cloud auf Smart- phone übertragen. Tempe- ratur-, Luftfeuchte- und Bodenfeuchtesensoren.
Sensor- netzwerk	Vorbereitung Anbau/ Aussaat Feldvorbereitung technisch Anbau/ Aussaat und Aufzucht Setzen technisch	Netzwerk aus Bodensen- soren, messen Temperatur, Feuchtigkeit und Beschaf- fenheit des bodens und leiten Daten an ein Datenan- lysetool (meist in Form einer Webapplikation) weiter	Deepfield Connect	Sensoren, die im Feld instal- liert werden, Daten werden über IoT Cloud auf Smart- phone übertragen. Tempe- ratur-, Luftfeuchte- und Bodenfeuchtesensoren.
Temperatur-/ Luftfeuchte- sensoren	Vorbereitung Anbau/ Aussaat Feldvorbereitung technisch Anbau/ Aussaat und Aufzucht Setzen technisch Ernte	Der Sensor misst die Lufttemperatur bzw. die Luftfeuchtigkeit auf dem Feld	Deepfield Connect	Sensoren, die im Feld instal- liert werden, Daten werden über IoT Cloud auf Smart- phone übertragen. Tempe- ratur-, Luftfeuchte- und Bodenfeuchtesensoren.
Sensornetz- werk	Baumzucht Baumpflege	Netzwerk aus Bodensen- soren, messen Temperatur, Feuchtigkeit und Beschaf- fenheit des bodens und leiten Daten an ein Datenan- lysetool (meist in Form einer Webapplikation) weiter	SoilXplorer	Bodensensor inkl. App auf der der die erhobenen Daten des Sensors angezeigt werden. Misst volumetrische Bodenfeuchtigkeit in Prozent, Bodentemperatur, verfügbar in 30 und 60 cm Länge, für mehr als 10 Bodentypen verwendbar.

Abbildung 25: Technologieradar tabellarisch (Auszug)

Platz für Ihre Notizen:

Online-Plattform und «Management-Cockpit»

Autor:

Prof. Dr. Oliver Christ (FHS St. Gallen Hochschule für Angewandte Wissenschaften)

Während der Analyse der Wertschöpfungsketten ist aufgefallen, dass zurzeit in den Betrieben wenig bis gar keine Kennzahlen ermittelt werden. Beispielsweise ist weder die genaue Ausschussmenge bekannt, noch der genaue Pflanzenschutzmittelverbrauch für eine Kultur. Deshalb wurde das Management-Cockpit entwickelt. Es dient zur Unterstützung von Managementaufgaben eines landwirtschaftlichen Unternehmens und

bietet Unterstützung bei der Datenanalyse. Das Management-Cockpit bietet einen Einstieg in das Themenfeld Datenerfassung und -analyse. Es führt an die Berechnung und Auswertung von Kennzahlen heran und ist relativ einfach zu bedienen. Das Management-Cockpit stützt sich auf das Balanced Scorecard Modell und enthält zu jeder Dimension Kennzahlen (Umwelt, Prozesse, Finanzen, Entwicklung, Vgl. Abb. 26).

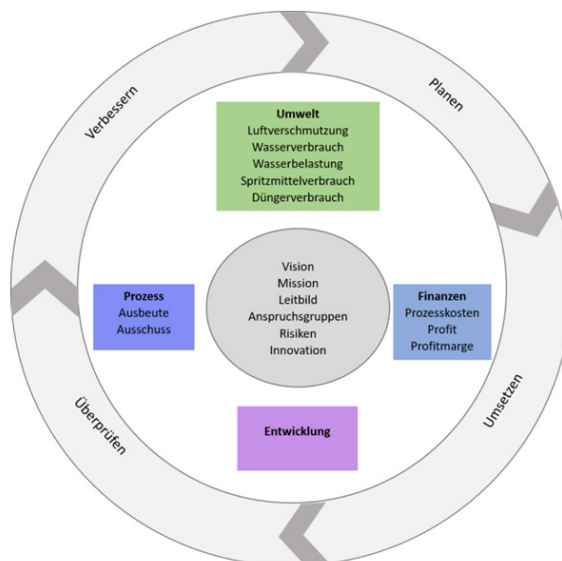


Abbildung 26: Dimensionen Management Cockpit

Die Kennzahlen sind entlang einheitlicher Kategorien wie Zielrichtung, Kalkulation, Prozess-Stufe, Messpunkte, Technologien, etc. zur Ermittlung strukturiert. Dadurch werden die verschiedenen Arbeitspakete und der Ergebnisse des Projektes (Technologieradar, Prozessmodelle) integriert und in eine Gesamtsicht mit Selektionsmöglichkeiten überführt.

Die Landwirte können ihre Ernteerträge, ihr Wasserverbrauch etc. eintragen und erhalten daraus Kennzahlen, die ihnen aufzeigen, ob sie Ihr Jahresziel erreicht haben. Zudem ist ein Mehrjahresvergleich möglich, der in Dashboards visualisiert wurde. Nebst der Auswertung von Kennzahlen, zeigt das Management-Cockpit die beeinflussbaren und nicht-beeinflussbaren Faktoren auf. So können je nach Ergebnis, direkt Massnahmen eingeleitet werden.

	2020	2019	2018	2017	2016			
Aussaat	Aussaat 2020	Aussaat 2019	Aussaat 2018	Aussaat 2017	Aussaat 2016			
Pflanzenbehandlung	Pflanzenbehandlung 2020	Pflanzenbehandlung 2019	Pflanzenbehandlung 2018	Pflanzenbehandlung 2017	Pflanzenbehandlung 2016			
Ernte	Ernte 2020	Ernte 2019	Ernte 2018	Ernte 2017	Ernte 2016			
Verarbeitung	Verarbeitung 2020	Verarbeitung 2019	Verarbeitung 2018	Verarbeitung 2017	Verarbeitung 2016			
Verkauf	Verkauf 2020	Verkauf 2019	Verkauf 2018	Verkauf 2017	Verkauf 2016			

Aussaat

Anzahl Setzlinge Total

Gesamtkosten Setzlinge

Ausschuss Setzlinge Total

Personalkosten Total

Gesamtarbeitszeit

Treibstoffverbrauch Total

Abbildung 27: Dateneingabe zur Berechnung der Kennzahlen

Management-Cockpit				
Übergeordnet	Statistik			
Bereich	Kennzahl	Ziel	Kalkulation	E
Wasserverbrauch	Wasserverbrauch pro verkaufter Einheit	Senkung	Wasserverbrauch in Liter / Anzahl verkaufte Einheiten in [Einheit]	⌘
	Wasserverbrauch für die Pflege pro geernteter Einh	Senkung	Wasserverbrauch in Liter / Anzahl geerntete Einheiten in [Einheit]	⌘
	Wasserverbrauch in der Verarbeitung pro verarbeitete	Senkung	Wasserverbrauch in Liter / Anzahl verarbeitete Einheiten in [Einheit]	⌘
	Wasserverbrauch pro Flächeneinheit	Senkung	Wasserverbrauch in Liter / Flächeneinheiten in Hektaren	⌘
Spritzmittel	Pestizidverbrauch pro geernteter Einheit	Senkung	Pestizidverbrauch in Liter / Anzahl geerntete Einheiten in [Einheit]	⌘
	Fungizidverbrauch pro geernteter Einheit	Senkung	Fungizidverbrauch in Liter / Anzahl geerntete Einheiten in [Einheit]	⌘
	Totaler Pflanzenschutzmittelverbrauch pro geerntete	Senkung	Pflanzenschutzmittelverbrauch in Liter / Anzahl geerntete Einheiten in [Einheit]	⌘
	Grundwasserbelastung durch Pflanzenschutzmittel	Senkung	Menge von Pflanzenschutzmittel in Mikrogramm pro Liter	⌘
Dünger	Düngerverbrauch pro geernteter Einheit	Senkung	Düngerverbrauch in Liter / Anzahl geerntete Einheiten in [Einheit]	⌘
CO2-Belastung	CO2-Ausstoss pro verkaufter/verwendeter Einheit	Senkung	CO2-Ausstoss in Kilogramm / Anzahl verkaufter Einheiten in [Einheit]	⌘
Output	Ernteaussbeute	Steigerung	Anzahl geerntete Einheiten in [Einheit] / Anzahl Setzlinge	⌘
	Verarbeitungsaussbeute	Steigerung	Anzahl verarbeiteter Einheiten in [Einheit] / Ernteaussbeute in [Einheit]	⌘
	Qualitätsanteile (A-Klasse)	Steigerung A-Kls	Anzahl Einheiten in A-Klasse in [Einheit] / Total Anzahl Einheiten in [Einheit]	⌘
	Qualitätsanteile (B-Klasse)	Steigerung A-Kls	Anzahl Einheiten in B-Klasse in [Einheit] / Total Anzahl Einheiten in [Einheit]	⌘
Food-Waste	Ernteausschuss	Senkung	Ausschuss in [Einheit] bei Ernte / Totaler Ernteertrag in [Einheit]	⌘
	Verarbeitungsausschuss	Senkung	Ausschuss in [Einheit] bei Verarbeitung / Totale Anliefermenge in [Einheit]	⌘
	Verkaufsausschuss	Senkung	Ausschuss in [Einheit] bei Verkauf / Totale Anliefermenge in [Einheit]	⌘
Prozesskosten	Prozesskosten Aussaat	Senkung	Totale Kosten für Aussaat in CHF	⌘
	Prozesskosten Pflege	Senkung	Totale Kosten für Pflanzenpflege in CHF	⌘
	Prozesskosten Ernte	Senkung	Totale Kosten für Ernte in CHF	⌘
	Prozesskosten Verarbeitung	Senkung	Totale Kosten für Verarbeitung in CHF	⌘
	Prozesskosten Verkauf	Senkung	Totale Kosten für Verkauf in CHF	⌘
	Totale Prozesskosten	Senkung	Totale Kosten entlang der gesamten Wertschöpfungskette in CHF	⌘
	Profit Landwirt pro Erzeugnis	Steigerung	Totaler Ertrag für Landwirt in CHF / Anzahl Einheiten in [Einheit]	
	Profit Verarbeiter pro Erzeugnis	Steigerung	Totaler Ertrag für Verarbeiter in CHF / Anzahl Einheiten in [Einheit]	
	Profit Distributor pro Erzeugnis	Steigerung	Totaler Ertrag für Distributor in CHF / Anzahl Einheiten in [Einheit]	
	Profitmarge Landwirt	Steigerung	Totaler Ertrag Landwirt in CHF - Totale Kosten Landwirt in CHF / Verkaufspreis an Verarbeit	(%)
	Profitmarge Verarbeiter	Steigerung	Totaler Ertrag Verarbeiter in CHF - Totale Kosten Verarbeiter in CHF / Verkaufspreis an Dist	(%)
	Profitmarge Distributor	Steigerung	Totaler Ertrag Distributor in CHF - Totale Kosten Distributor in CHF / Verkaufspreis an Endk	(%)

Abbildung 28: Management Cockpit tabellarische Darstellung (Auszug)

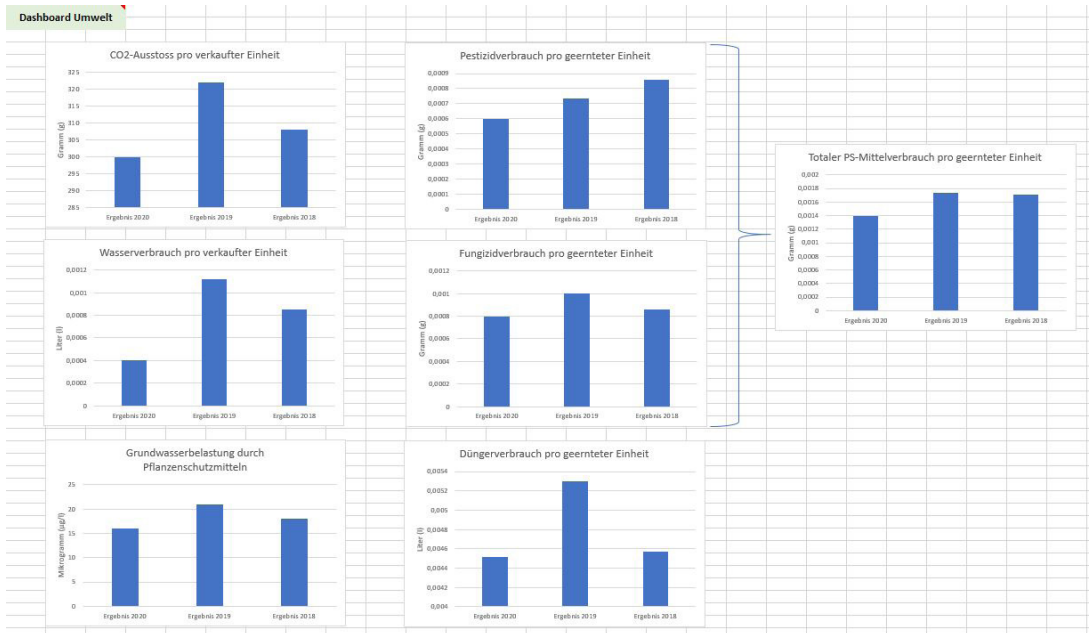


Abbildung 29: Management Cockpit Steuerungsdimension

Die Kernergebnisse des Projektes sind alle in die Online-Plattform überführt worden, über die verschiedene Interessensgruppen auf die Projektergebnisse zugreifen können.

www.agrodigital.ch



DigiLand

Home

Prozessmodelle

Management-Cockpit

Technologieradar

Technologische Lösungen

Begriffe & Literatur

Digitalisierung der Land- und Ernährungswirtschaft in der Bodenseeregion

Über das Projekt

Das Forschungsprojekt DigiLand hat das Ziel, einen Wettbewerbsvorsprung der Landwirtschaft in der Bodenseeregion zu schaffen. Dabei sollen entlang der ernährungswirtschaftlichen Wertschöpfungskette landwirtschaftlichen und verarbeitenden Betrieben, lokalen Händlern und kleinen regionalen Technologie- sowie Beratungsfirmen die effektive Gestaltung und Durchführung der Digitalisierung ermöglicht werden. DigiLand ist ein Teilprojekt des IBH-Labs KMUdigital, einem internationalen, hochschulübergreifenden Forschungs- und Innovationsnetzwerk in dem 10 Hochschulen und Forschungseinrichtungen in sechs Einzelprojekten anwendungsorientierte Digitalisierungslösungen mit und für KMU entwickeln.

Abbildung 30: Startseite www.agrodigital.ch

Literaturverzeichnis

Prozessanalysen & Technologieradar

Aiello, Giuseppe; Enea, Mario; Muriana, Cinzia (2015): The expected value of the traceability information. In: *European Journal of Operational Research* 244 (1), S. 176–186. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.01.028.

Aivazidou, Eirini; Tsolakis, Naoum; Iakovou, Eleftherios; Vlachos, Dimitrios (2016): The emerging role of water footprint in supply chain management: A critical literature synthesis and a hierarchical decision-making framework. In: *Journal of Cleaner Production*, S. 1018–1037. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.07.210.

Ampatzidis, Yiannis; Tan, Li; Haley, Ronald; Whiting, Matthew D. (2016): Cloud-based harvest management information system for hand-harvested specialty crops. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, S. 161–167. DOI: 10.1016/j.compag.2016.01.032.

Atilio de Frias, J.; Luo, Yaguang; Kou, Liping; Zhou, Bin; Wang, Qin (2015): Improving spinach quality and reducing energy costs by retrofitting retail open refrigerated cases with doors. In: *Postharvest Biology and Technology*, S. 114–120. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.06.016.

Aung, Myo Min; Chang, Yoon Seok (2014): Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. In: *Food Control*, S. 172–184. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.11.007.

Bosona, Techane; Gebresenbet, Girma (2013): Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. In: *Food Control* 33 (1), S. 32–48. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.02.004.

Brindley, Clare; Oxborrow, Lynn (2014): Aligning the sustainable supply chain to green marketing needs: A case study. In: *Industrial Marketing Management* 43 (1), S. 45–55. DOI: 10.1016/j.indmarman.2013.08.003.

Dabbene, Fabrizio; Gay, Paolo; Tortia, Cristina (2014): Traceability issues in food supply chain management: A review. In: *Biosystems Engineering*, S. 65–80. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2013.09.006.

Dong, Xin; Vuran, Mehmet C.; Irmak, Suat (2013): Autonomous precision agriculture through integration of wireless underground sensor networks with center pivot irrigation systems. In: *Ad Hoc Networks* 11 (7), S. 1975–1987. DOI: 10.1016/j.adhoc.2012.06.012.

Ellickson, Paul B. (2006): Quality competition in retailing: A structural analysis. In: *International Journal of Industrial Organization* 24 (3), S. 521–540. DOI: 10.1016/j.ijindorg.2005.10.002.

Fountas, S.; Carli, G.; Sørensen, C.G.; Tsiropoulos, Z.; Cavalaris, C.; Vatsanidou, A. et al. (2015): Farm management information systems: Current situation and future perspectives. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, S. 40–50. DOI: 10.1016/j.compag.2015.05.011.

Fountas, S.; Sorensen, C.G.; Tsiropoulos, Z.; Cavalaris, C.; Liakos, V.; Gemtos, T. (2015): Farm machinery management information system. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, S. 131–138. DOI: 10.1016/j.compag.2014.11.011.

Fritz, Melanie; Hausen, Tobias (2009): Electronic supply network coordination in agrifood networks Barriers, potentials, and path dependencies. In: *International Journal of Production Economics* 121(2), S. 441–453. DOI: 10.1016/j.ijpe.2007.02.025.

Pomar, J.; Pomar, C. (2005): A knowledge-based decision support system to improve sow farm productivity. In: *Expert Systems with Applications* 29 (1), S. 33–40. DOI: 10.1016/j.eswa.2005.01.002.

Galloway, Laura; Sanders, John; Deakins, David (2011): Rural small firms' use of the internet: From global to local. In: *Journal of Rural Studies* 27 (3), S. 254–262. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2011.05.005.

Gertsis, Athanasios; Fountas, Dimitrios; Arpasanu, Ionel; Michaloudis, Masianos (2013): Precision Agriculture Applications in a High Density Olive Grove Adapted for Mechanical Harvesting in Greece. In: *Procedia Technology*, S. 152–156. DOI: 10.1016/j.protcy.2013.11.021.

Girgenti, Vincenzo; Peano, Cristiana; Baudino, Claudio; Tecco, Nadia (2014): From “farm to fork” strawberry system: Current realities and potential innovative scenarios from life cycle assessment of non-renewable energy use and green house gas emissions. In: *Science of The Total Environment*, S. 48–53. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.133.

Kaloxylos, Alexandros; Eigenmann, Robert; Teye, Frederick; Politopoulou, Zoi; Wolfert, Sjaak; Shrank, Claudia et al. (2012): Farm management systems and the Future Internet era. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, S. 130–144. DOI: 10.1016/j.compag.2012.09.002.

Kaloxyllos, Alexandros; Groumas, Aggelos; Sarris, Vassilis; Katsikas, Lampros; Magdalinos, Panagis; Antoniou, Eleni et al. (2014): A cloud-based Farm Management System: Architecture and implementation. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, S. 168–179. DOI: 10.1016/j.compag.2013.11.014.

Kaloxyllos, Alexandros; Wolfert, J.; Verwaart, Tim; Terol, Carlos Maestre; Brewster, Christopher; Robbmond, Robbert; Sundmaker, Harald (2013): The Use of Future Internet Technologies in the Agriculture and Food Sectors: Integrating the Supply Chain. In: *Procedia Technology*, S. 51–60. DOI: 10.1016/j.protcy.2013.11.009.

Kruize, J.W.; Wolfert, J.; Scholten, H.; Verdouw, C.N.; Kassahun, A.; Beulens, A.J.M. (2016): A reference architecture for Farm Software Ecosystems. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, S. 12–28. DOI: 10.1016/j.compag.2016.04.011.

Larsen, Hogne Nersund; Solli, Christian; Pettersena, Johan (2012): Supply Chain Management – How can We Reduce our Energy/Climate Footprint? In: *Energy Procedia*, S. 354–363. DOI: 10.1016/j.egypro.2012.03.035.

Lehmann, Richard J.; Reiche, Robert; Schiefer, Gerhard (2012): Future internet and the agri-food sector: State-of-the-art in literature and research. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, S. 158–174. DOI: 10.1016/j.compag.2012.09.005.

Liopa-Tsakalidi, Aglaia; Tsolis, Dimitrios; Barouchas, Pantelis; Chantzi, Athanasia-Eleftheria; Koulopoulos, Athanasios; Malamos, Nikolaos (2013): Application of Mobile Technologies through an Integrated Management System for Agricultural Production. In: *Procedia Technology*, S. 165–170. DOI: 10.1016/j.protcy.2013.11.023.

Mangina, Eleni; Vlachos, Ilias P. (2005): The changing role of information technology in food and beverage logistics management: beverage network optimisation using intelligent agent technology. In: *Journal of Food Engineering* 70 (3), S. 403–420. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.02.044.

McCown, R.L. (2012): A cognitive systems framework to inform delivery of analytic support for farmers' intuitive management under seasonal climatic variability. In: *Agricultural Systems* 105 (1), S. 7–20. DOI: 10.1016/j.agsy.2011.08.005.

Nash, Edward; Dreger, Frank; Schwarz, Jürgen; Bill, Ralf; Werner, Armin (2009): Development of a model of data-flows for precision agriculture based on a collaborative research project. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 66 (1), S. 25–37. DOI: 10.1016/j.compag.2008.11.005.

Nikkilä, Raimo; Seilonen, Ilkka; Koskinen, Kari (2010): Software architecture for farm management information systems in precision agriculture. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 70 (2), S. 328–336. DOI: 10.1016/j.compag.2009.08.013.

Saak, Alexander E. (2016): Traceability and reputation in supply chains. In: *International Journal of Production Economics*, S. 149–162. DOI: 10.1016/j.ijpe.2016.04.008.

Sørensen, C.G.; Fountas, S.; Nash, E.; Pesonen, L.; Bochtis, D.; Pedersen, S.M. et al. (2010): Conceptual model of a future farm management information system. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 72 (1), S. 37–47. DOI: 10.1016/j.compag.2010.02.003.

Sorescu, Alina; Frambach, Ruud T.; Singh, Jagdip; Rangaswamy, Arvind; Bridges, Cheryl (2011): Innovations in Retail Business Models. In: *Journal of Retailing* 87, S3–S16. DOI: 10.1016/j.jretai.2011.04.005.

Steinberger, Georg; Rothmund, Matthias; Auernhammer, Hermann (2009): Mobile farm equipment as a data source in an agricultural service architecture. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 65 (2), S. 238–246. DOI: 10.1016/j.compag.2008.10.005.

Subramanian, Nachiappan; Gunasekaran, Angappa (2015): Cleaner supply-chain management practices for twenty-first-century organizational competitiveness: Practice-performance framework and research propositions. In: *International Journal of Production Economics*, S. 216–233. DOI: 10.1016/j.ijpe.2014.12.002.

Suprem, Abhijit; Mahalik, Nitaigour; Kim, Kiseon (2013): A review on application of technology systems, standards and interfaces for agriculture and food sector. In: *Computer Standards & Interfaces* 35 (4), S. 355–364. DOI: 10.1016/j.csi.2012.09.002.

Universität Hohenheim; Landwirtschaftlicher Hochschultag (2014): Von Precision zu Smart Farming. Herausforderungen und Potenziale. Unter Mitarbeit von Susanne Mezger. Schwäbisch Gmünd: LEL (Landinfo, 2014, Ausg. 2).

Winkler, Thomas; Schopf, Kerstin; Aschemann, Ralf; Winiwarter, Wilfried (2016): From farm to fork – A life cycle assessment of fresh Austrian pork. In: *Journal of Cleaner Production*, S. 80–89. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.01.005.

Wognum, P.M.; Bremmers, Harry; Trienekens, Jacques H.; van der Vorst, Jack G.A.J.; Bloemhof, Jacqueline M. (2011): Systems for sustainability and transparency of food supply chains – Current status and challenges. In: *Advanced Engineering Informatics* 25 (1), S. 65–76. DOI: 10.1016/j.aei.2010.06.001.

Xing, Ke; Qian, Wei; Zaman, Atiq Uz (2016): Development of a cloud-based platform for footprint assessment in green supply chain management. In: *Journal of Cleaner Production*, S. 191–203. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.08.042.

Yoo, Chul Woo; Parameswaran, Srikanth; Kishore, Rajiv (2015): Knowing about your food from the farm to the table: Using information systems that reduce information asymmetry and health risks in retail contexts. In: *Information & Management* 52 (6), S. 692–709. DOI: 10.1016/j.im.2015.06.003.

Zheng, Lihua; Li, Minzan; Wu, Caicong; Ye, Haijian; Ji, Ronghua; Deng, Xiaolei et al. (2011): Development of a smart mobile farming service system. In: *Mathematical and Computer Modelling* 54 (3), S. 1194–1203. DOI: 10.1016/j.mcm.2010.11.053.

Zhong, Ray Y.; Newman, Stephen T.; Huang, George Q.; Lan, Shulin (2016): Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives. In: *Computers & Industrial Engineering*. DOI: 10.1016/j.cie.2016.07.013.

Zhou, Maosen; Dan, Bin; Ma, Songxuan; Zhang, Xumei (2016): Supply chain coordination with information sharing: The informational advantage of GPOs. In: *European Journal of Operational Research*. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.06.045.

S. Liaghat and S.K. Balasundram (2010): A Review: The Role of Remote Sensing in Precision Agriculture. In: *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 5 (1): 50–55

T. Lewis (1998): Evolution of farm management information systems. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 19 (1998) S.233–248

N. Zhang, M. Wang, N.Wang (2002): Precision Agriculture – a worldwide overview. In: Computers and Electronics in Agriculture (2002) 36 S.113-132

M. Paustian, L. Theuvsen (2016): Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. In: Precision Agric (2017) 18 S.701-716 DOI: 10.1007/s11119-016-9482-5

R. N. Sahoo (2012): Application of remote sensing and GIS in Precision Farming. Online: <https://pdfs.semanticscholar.org/d8a7/68c720c2dc01030a4ee654558d9240465d89.pdf> (01.04.2018)

J. Stafford (2000): Implementing Precision Agriculture in the 21st Century. Online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021863400905778> (31.03.2018)

R. Grisso, M. Alley, P. McClellan, D. Brann, S. Donohue (2009): Precision Farming: A Comprehensive Approach. Online: http://pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/442/442-500/442-500_pdf.pdf (01.04.2018)

Jacques Trienekens, PeterZuurbier (2008): Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. In: International Journal of Production Economics S. 107-122. DOI: 10.1016/j.ijpe.2007.02.050

Linda Fulponi (2006): Private voluntary standards in the food system: The perspective of major food retailers in OECD countries. In: Food Policy, S. 1-13. DOI: 10.1016/j.foodpol.2005.06.006

Spencer Henson and Neal H. Hooker (2001): Private sector management of food safety: public regulation and the role of private controls. In: The International Food and Agribusiness Management Review S. 7-17. DOI: 10.1016/S1096-7508(01)00067-2

LuisRuiz-Garcia, Loredana Lunadei (2011): The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. In: Computers and Electronics in Agriculture S. 42-50. DOI: 10.1016/j.compag.2011.08.010

Leena Kumari, K. Narsaiah, M.K. Grewal, R.K. Anurag (2015): Application of RFID in agri-food sector. In: Trends in Food Science & Technology S. 144 – 161. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.02.005

Arthur P.J. Mol (2014): Governing China's food quality through transparency: A review. In: Food Control S. 49-56. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.02.034

Kalfagianni Agni (2006): *Transparency in the food chain: policies and politics*. ISBN: 9036523249

Gerhard Schiefer and Jivka Deiters (2013): *Challenges and Experiences*. In *Transparency for Sustainability in the Food Chain* S. 21 – 65. DOI: 10.1016/B978-0-12-417195-4.00004-7

A.Kassahun, R.J.M.Hartog, B.Tekinerdogana (2016): *Realizing chain-wide transparency in meat supply chains based on global standards and a reference architecture* S. 275 – 291. DOI: 10.1016/j.compag.2016.03.004

Kruize, J. W. (2017). *Advancement of farming by facilitating collaboration: reference architectures and models for farm software ecosystems*. Wageningen University.

Verdouw, C. N., Robbemond, R. M., & Wolfert, J. (2015). ERP in agriculture: Lessons learned from the Dutch horticulture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114, 125-133.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.

Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23-37.

Fountas, S., Wulfsohn, D., Blackmore, B. S., Jacobsen, H. L., & Pedersen, S. M. (2006). A model of decision-making and information flows for information-intensive agriculture. *Agricultural Systems*, 87(2), 192-210.

Prototypen

- Ansatz zur Erstellung einer Ertragsprognose
- Optical Survey Equipment, Parrot Bluegrass Fields UAV, 20.02.2020, surveyequipment.com/parrot-bluegrass-fields-uav;
- PNGWAVE, Bright Brain Logo, 27.02.2020, pngwave.com/png-clip-art-ohonk;
- GetDrawings, Light Rain Weather, 27.02.2020, getdrawings.com/rain-weather-icon;
- OnlineWebFonts, Material Timer, 27.02.2020, onlinewebfonts.com/icon/146884;

Begriffsdefinitionen

Smart Farming

Smart Farming umfasst Pflanzenbauwissenschaft, Personalwesen, Personaleinsatz, Einkauf, Risikomanagement, Lagerhaltung, Logistik, Wartung, Marketing und Ertragsberechnung in einheitlichen Systemen. Eine grundlegende Technologie für Smart Farming sind Ortungssysteme wie das Global Positioning System (GPS), das eine Zuordnung der Daten zu einem Bereich auf dem Acker oder zur Bestimmung der aktuellen Position der Landwirtschaftsmaschinen auf dem Feld oder eines Tieres im Stall ermöglichen. Neben Präzision und Effizienz verfolgt Smart Farming im Kern eine Optimierung von Abläufen und vorausschauende Planung (Bittner et al., 2016).

Farm Management Information System

Ein Farm Management Information System (FMIS) gehört grundsätzlich zu den Management-Informationssystemen, welches Landwirtschaftsbetriebe bei der Durchführung verschiedener Aufgaben unterstützt. Diese Unterstützung reicht von der betrieblichen Planung über die Durchführung bis hin zur Dokumentation der durchgeführten Feldarbeit (Burlacu et al., 2016).

Precision Agriculture

Precision Agriculture ist eine von vielen modernen Anbaumethoden, welche die Produktion von Landwirtschaftsgütern effizienter gestalten. Die Landwirtschaftsbetriebe sind dadurch in der Lage große Felder zu bewirtschaften und durch den Einsatz falscher Produktanwendungen zu reduzieren sowie eine Effizienzsteigerung von Ernte und Betrieb zu erreichen. Precision Agriculture basiert auf unterschiedlichen Technologien für eine moderne und wirksamere Landwirtschaft (Soils Matter, 2015). Precision Agriculture steht weiter für den Einsatz von automatisch gesteuerten Landmaschinen, welche auf Basis von Boden- und Felddaten, Luftaufnahmen sowie historischen Daten die Landwirtschaftsfläche bewirtschaftet (Bittner et al., 2016).

Big Data

Big Data stellt eine Informationsressource dar, welche für die Umwandlung der Daten in auswertbare Informationen erforderlich wird. Im Allgemeinen ist es ein Begriff für Datensätze, die so groß oder komplex sind, dass traditionelle Datenverarbeitungsanwendungen unzureichend sind. Durch ein hohes Volumen, Geschwindigkeit und Vielfalt von Datenerhebungen wird so ein enormer Datenbestand (engl. Big Data) generiert. Diese Datengrundlage wird mithilfe von spezifischen Technologien, Techniken und Analysemethoden untersucht und Erkenntnisse für den individuellen Anwendungsfall abgeleitet (Wolfert et al., 2017).

Regulatoren

Skandale in der Lebensmittelbranche und die Globalisierung der Nahrungsmittelproduktion haben öffentliche und private Standards für Lebensmittelsicherheit und Qualität zur Folge. Regulatoren geben die Rahmenbedingungen vor, damit ein angemessener Qualitäts- und Sicherheitsmittelstandard erzielt wird. Die Einhaltung dieser regulierenden Vorschriften muss dann auf Unternehmensebene umgesetzt werden (Henson & Hooker, 2001).

Rückverfolgbarkeit

Die Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln ist Teil des Logistikmanagements, das angemessene Informationen über ein Lebensmittel erfasst, speichert und weiterleitet. Die Rückverfolgbarkeit beinhaltet die Ermittlung (engl. Tracking) und Verfolgung (engl. Tracing) von Produkten und die damit verbundenen Informationen der Produktgeschichte entlang der gesamten Lebensmittelkette (Bosona & Gebresenbet, 2013). Die Rückverfolgbarkeit ist in allen Produktions-, Verarbeitungs- und Vertriebsstufen sicherzustellen (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit [EFSA], 2002).

Transparenz

Skandale in der Lebensmittelbranche und die Globalisierung der Nahrungsmittelproduktion haben öffentliche Transparenzsysteme ermöglichen einerseits Informationen innerhalb eines Unternehmens einzusehen und andererseits Daten zur Gewährleistung der Transparenz mit anderen Parteien entlang der Wertschöpfungskette zu teilen (Kassahun et al., 2016). Die Forderung nach Transparenz kann auf diversen Ebenen aufkommen. Diese Forderung kann vom Verbraucher, mit dem Wunsch mehr über die Nahrung zu wissen, von den Gesundheits- und Sicherheitsbehörden im Lebensmittelsektor zur Einsicht relevanter Informationen oder von den Unternehmen zur Verbesserung und Optimierung interner Prozesse ausgehen.

Impressum

An diesem Projekt beteiligte Hochschulen:

- FHS St. Gallen Hochschule für Angewandte Wissenschaften*
- NTB Interstaatliche Hochschule für Technik*
- Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg

**ab 09.2020 neue Bezeichnung: OST - Ostschweizer Fachhochschule*

Herausgeber:

FHS St. Gallen Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Institut für Qualitätsmanagement und Angewandte Betriebswirtschaft IQB-FHS

Redaktion:

Prof. Dr. Oliver Christ, Katharina Giger, Jan Keim, Prof. Dr. Lukas Scherer (FH St. Gallen)

Prof. Dr. Jürgen Prenzler, Markus Wüst (NTB Buchs)

Prof. Dr. Heinz-Leo Dudek, Chaitanya Grandhi, M.Sc., Heiko Zaunmüller (DHBW Ravensburg)

Gestaltung:

Sibylle Koch, Sophia Hummler (Bodenseezentrum Innovation 4.0 | HTWG Konstanz)

Das Projekt IBH-Lab KMUdigital ABH 71 «DigiLand» wird aus Mitteln des Interreg-Programms «Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein», dessen Mittel vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und vom Schweizer Bund zur Verfügung gestellt werden, gefördert.

**IBH-Lab KMUdigital
Digitale Landwirtschaft Bodensee (DigiLand)**

FHS St. Gallen (FHSG)*

Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Institut für Qualitätsmanagement und angewandte Betriebswirtschaft IQB-FHS
Rosenbergstrasse 59, Postfach
9001 St.Gallen, Schweiz
www.fhsg.ch

NTB Interstaatliche Hochschule für Technik *

Institut für Entwicklung Mechatronischer Systeme EMS
Werdenbergstrasse 4
9471 Buchs
www.fhv.at

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg

Fallenbrunnen 2
88045 Friedrichshafen
www.ravensburg.dhbw.de

**Ab 09.2020 neue Bezeichnung: OST – Ostschweizer Fachhochschule*

www.kmu-digital.eu

www.bodenseehochschule.org

