Fraunhofer IOSB

visIT

[Smart Agriculture]

www.iosb.fraunhofer.de

ISSN 1616-8240

Fraunhofer IOSB

Impressum

*vis*IT erscheint etwa vier Mal pro Jahr und informiert über ausgewählte Forschungsthemen des Fraunhofer IOSB. Für die Bestellung von Einzelheften, ein kostenloses *vis*IT-Abo sowie für Adressänderungen und Abbestellungen schicken Sie bitte eine E-Mail an
publikationen@iosb.fraunhofer.de

Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Beyerer

Redaktion
Ulrich Pontes

Layout
Ellen Simon

Druck
Stork Druckerei GmbH
76646 Bruchsal

Anschrift der Redaktion
Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
Fraunhoferstr. 1
76131 Karlsruhe
Telefon +49 721 6091-300
Fax +49 721 6091-413
presse@iosb.fraunhofer.de

© Fraunhofer IOSB
Karlsruhe 2021

Ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. München

22. Jahrgang
ISSN 1616-8240

Bildquellen:

Titelbild
iStock-1213986095

Seite 9
Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung

Alle anderen Abbildungen:
© Fraunhofer IOSB

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit vollständiger Quellenangabe und nach Rücksprache mit der Redaktion. Belegexemplare werden erbeten.

INHALT

Essay

Seite 4 **Ressourcenschonende und umweltgerechte Landwirtschaft durch Innovation und Digitalisierung**
Thomas Längle, Robert Gruna

Themen

Seite 6 **Hyperspektral-Sensorik und Drohnen: Eine Alternative für die Bodenbewertung der smarten Landwirtschaft?**
Simon Schreiner

Seite 8 **Optik und Bildauswertung für die Digitalisierung im Weinbau – »DigiVine«**
Julius Krause

Seite 10 **Einfache Optimierung von komplexen Sortieralgorithmen in der automatischen Weinbeerensortierung**
Michael Palmer

Seite 12 **Reduktion von »Food-Waste« mit Hilfe neuer Sensortechnologien**
Benedikt Fischer

Seite 14 **Erfassung gelabelter Daten – Mit Design Thinking Mehrwert sichtbar machen**
Henning Schulte

Editorial

Liebe Freunde des Fraunhofer IOSB,

wie gewinnen wir in der Zukunft qualitativ hochwertige Lebensmittel für alle Menschen der Erde? Wie können wir die landwirtschaftlichen Prozesse so gestalten, dass diese auch den ökologischen Rahmenbedingungen genügen? In dieser Ausgabe der Themenbroschüre visIT werden die Lösungsansätze des Fraunhofer IOSB vorgestellt, die zur Beantwortung dieser Fragen beitragen.

Das Essay verdeutlicht eindringlich die Notwendigkeit, die Digitalisierung in der Landwirtschaft zu verfolgen, um eine Balance in den konträren Zielen der beiden Einstiegsfragen zu erzielen. Hierzu werden Technologien erforscht, die über die komplette Wertschöpfungskette (Feld, Ernte, Lagerung, Produktion, Logistik, Handel, Verbrauchende) hinweg die Landwirte unterstützen. Neue Ansätze in der Robotik, der Sensorik und der Datenverarbeitung erlauben es, innovative Lösungen in der kompletten Food-Chain anzubieten.

Der erste Beitrag beschäftigt sich mit der drohnenbasierten Erfassung von Bodenparametern. Die Messungen einer mitgeführten Hyperspektralkamera werden zur Ableitung von flächendeckenden Bodenparameterkarten genutzt, die Landwirte bei der individuellen Düngung unterstützen können.

Der zweite Beitrag stellt eine vom Fraunhofer IOSB konzipierte Smart-Vision-Box vor, die auf eine Erntemaschine integriert werden kann und eine zielgerichtete Aberntung im Weinbau ermöglicht. Zudem können kranke von gesunden Rebstöcken unterschieden werden, was die Qualität des Lesegutes erhöht.

Die vom Feld geernteten Produkte können dann in der Stufe der Anlieferung nachsortiert werden. Ziel ist es hier, Fremdkörper zu entfernen und zudem nach Qualitäten zu sortieren. Im Beitrag wird dieser Ansatz am Beispiel der Weintraubensortierung aufgezeigt – hier werden beispielsweise pilzbefallene Beeren erkannt und ausgeschleust.

Im vierten Beitrag werden Ansätze zur Absicherung der Lebensmittelkette vorgestellt. Hierzu werden Lebensmitteltransportbehälter mit integrierten Temperatur-, Feuchtigkeits-, Positions- und Beschleunigungssensoren ausgestattet, so dass bessere Haltbarkeits-Modelle für temperaturempfindliche Lebensmittel erstellt werden können.

Im Handel und bei Endverbrauchenden kommen neuerdings Sensoren zum Einsatz, die es erlauben, eine Aussage über die Qualität und Frische von Lebensmitteln zu bestimmen. Somit kann einerseits ein variabler Preis vom Handel zum Abverkauf ermittelt werden, Endverbrauchende können andererseits mit gleichen Ansätzen im eigenen Haushalt die Frische prüfen.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre und sind gerne bereit, auf Ihre Fragen zur Qualitätsprüfung von Lebensmitteln sowie im Bereich der kognitiven Landwirtschaft einzugehen und die passenden Prüfsysteme zu konzipieren. Und falls Sie es wünschen, realisieren wir diese auch für Sie.

Fraunhofer IOSB, im März 2021

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Beyerer

Prof. Dr.-Ing. Thomas Längle

Prof. Dr.-Ing. habil.
Jürgen Beyerer
Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing.
Thomas Längle

Essay

RESSOURCENSCHONENDE UND UMWELTGERECHTE LANDWIRTSCHAFT DURCH INNOVATION UND DIGITALISIERUNG

KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Thomas Längle

Sichtprüfsysteme (SPR)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-212
thomas.laengle@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/SPR

Ein Sortiersystem in Aktion (Ausschleusvorgang).

KONTAKT

Dr.-Ing. Robin Gruna

Sichtprüfsysteme (SPR)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-263
robin.gruna@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/SPR

Die rasanten Fortschritte im Bereich der Sensorik, Datenauswertung und Vernetzung haben die Landtechnik in den vergangenen Jahrzehnten stark geprägt und ermöglichen eine völlig neue Qualität bei der Sicherung unserer Nahrungsmittel in der Zukunft. Diese Entwicklung wird unterstützt durch die Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger und günstiger Sensorsysteme, die Zunahme der Leistungsfähigkeit von Rechnersystemen sowie Fortschritte im Bereich der Methodik zur Auswertung der Daten, z. B. mittels Künstlicher Intelligenz (KI).

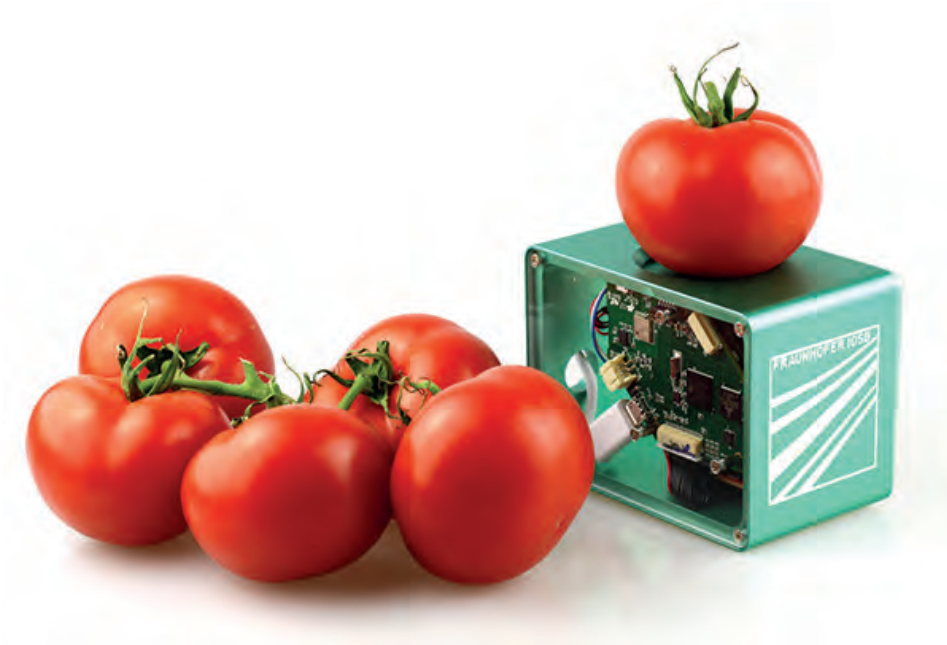
Im Rahmen des Fraunhofer-Leitprojekts »Cognitive Agriculture« (COGNAC) werden Teilaspekte dieser Entwicklung in den Bereichen der Robotik, der Sensorik, der Dateninfrastruktur sowie der kognitiven Dienste aufgegriffen. Der Trend geht hier in Richtung kleinerer Maschinen, die im Team (als Schwarm) vorgegebene Aufgaben lösen und durch geringeres Gewicht auch eine Bodenverdichtung vermeiden. Der Einsatz neuer, z. B. in Drohnen oder Landmaschinen integrierter Sensorsysteme ermöglicht etwa mittels einer zielgerichteten Düngung eine ressourcenschonende Landwirtschaft. Durch intelligente Dienste können zudem externe Daten, z. B. von Satelliten oder Wetterdiensten, einbezogen werden. Eine Vor-Ort-Datenanalyse reduziert die Abhängigkeit von Kommunikationsnetzwerken und umgeht Bandbreitenbeschränkungen.

Sehr stark von diesen Trends profitiert bspw. die Digitalisierung im Weinbau, welche im Rahmen des durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Verbundprojekts »DigiVine« verfolgt wird. Hier untersucht das Fraunhofer IOSB einerseits neuartige Sensorsysteme für

die Vor-Ort-Bewertung des Beerenzustandes mit einem Handsensor. Andererseits erforscht das Fraunhofer IOSB Sensoren, die direkt in den Tank des Erntefahrzeuges integriert werden können und es erlauben, parallel zur Ernte bereits Qualitätsaussagen abzuleiten. So können in der Traubenanlieferung Chargen gezielt kombiniert, Wartezeiten minimiert und Arbeitsabläufe besser strukturiert werden.

Der Anbau von Lebensmittel, jedoch nicht im Freien sondern vielmehr unterkontrollierten Bedingungen, wird im Fraunhofer-Leitprojekt »FutureProteins« verfolgt. Ziel ist es u. a., geschlossene und nachhaltige Anbausysteme zu entwickeln, um Lebensmittel mit optimiertem ernährungsphysiologischem Profil und hoher Verbraucherakzeptanz zu gewinnen. Hierfür wird die gesamte Wertschöpfungskette bis hin zum fertigen Lebensmittel in geschlossenen Produktionssystemen abgebildet. Durch neue Anlagenkonzepte und Automatisierungslösungen und durch Nutzung aller Rohstofffraktionen können die geschlossenen Systeme kosteneffizient und nachhaltig gestaltet werden. Ähnliche Ideen werden in anderen Projekten beim Fraunhofer IOSB im Bereich der Fischzucht umgesetzt: Sie erlauben eine kontrollierte, nachfolgegesteuerte Lebensmittelproduktion, unabhängig von den vor Ort bestehenden klimatischen Bedingungen.

Aufnahme von Weinreben mit einer Multispektralkamera. In der Ellipse ist der normierte differenzierte Vegetationsindex (NDVI) zu sehen. Der NDVI ist ein Indikator zur Photosyntheseaktivität der Pflanze und kann die frühzeitige Erkennung von Krankheiten und Nährstoffmangel unterstützen.



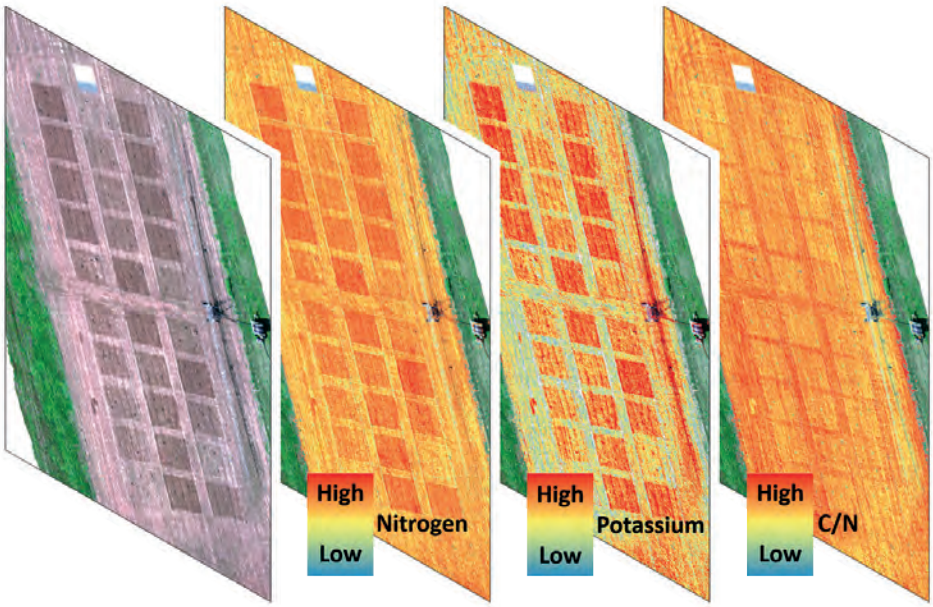
Lebensmittel-Qualität bestimmt durch den Food-Scanner des Fraunhofer IOSB.

Die Qualität unserer Lebensmittel kann zudem durch eine gezielte Aussortierung minderwertiger Bestandteile bzw. Reinigung von Fremdkörpern gesteigert werden. Die stetige Weiterentwicklung der Sensorik sowie die KI-basierte Fusion der Sensordaten kann auch hier zu einer völlig neuen Qualität des Sortierergebnisses führen, so dass Lebensmittelabfälle reduziert werden. Neue, tragbare Sensoren sorgen ebenfalls für eine Reduktion der Lebensmittelverschwendung: mit diesen kann das Verkaufspersonal die Produkte direkt in den Märkten mit einem »dynamischen Preisschild« versehen und Chargen gemäß der Reife anbieten. Später können Verbrauchende zu Hause die Frische der Lebensmittel mit ähnlichen Sensoren bewerten.

In Analogie zur Industrie 4.0 sollen somit digital unterstützte landwirtschaftliche Prozesse flexibler, kostengünstiger, ressourcen- und umweltschonender gestaltet werden können. Die hier aufgeführten Lösungen sowie die technologischen Fortschritte sind lediglich Beispiele der Technologisierung in der Landwirtschaft – richtig genutzt haben sie aber allesamt das Ziel, die Menschheit mit qualitativ hochwertigen Lebensmitteln zu versorgen, und berücksichtigen gleichzeitig ökologische und ökonomische Rahmenbedingungen.

Themen

HYPERSPEKTRAL-SENSORIK UND EINE ALTERNATIVE FÜR DIE BODEN LANDWIRTSCHAFT?



Erstellung bodenkundlicher 2D-Parameterkarten mittels hyperspektraler Fernerkundung.

Ob bei einer Sportveranstaltung, am Film-Set oder während eines Feuerwehreinsatzes: Die Verwendung von Drohnen hat sich in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens etabliert und als äußerst hilfreich erwiesen. Auch in den Wirtschaftssektor Smart Farming, der intelligenten Landwirtschaft von morgen, sind Einsätze von Drohnen sehr gut integrierbar. Sowohl die Abgelegenheit der Felder als auch die hohe Innovationsbereitschaft der Landwirtinnen und Landwirte bilden optimale Ausgangsvoraussetzungen für den automatisierten Einsatz eines unbemannten Luftfahrzeuges (UAV).

Zu den wertvollsten Gütern nachhaltiger Landwirtschaft gehört ein gesunder und ertragreicher Ackerboden. Bei dessen Pflege gilt es, negative Effekte zu vermeiden, wie sie bspw. nach einer Bodenverdichtung sowie dem übermäßigen Einsatz von Düngern und Pestiziden auftreten können, aber gleichzeitig eine profitable Ernte zu erzielen. Um bei diesem schmalen Grat zwischen ökonomischen und ökologischen Aspekten richtige Handlungsentscheidungen treffen zu können, werden möglichst präzise Informationen über den aktuellen Zustand des Ackerbodens benötigt. Als Datengrundlage dienen – neben der Erfahrung der Landwirtin oder des Landwirts – insbesondere die Ergebnisse teurer Laboranalysen vereinzelter Bodenproben, die anschließend auf das ganze Feld extrapoliert werden.

HYPERSPEKTRAL- UND DROHNEN-TECHNOLOGIE

Aktueller Stand der Forschung ist die Entwicklung einer alternativen Technik, um den Bodenzustand mittels drohnengestützter

KONTAKT

Simon Schreiner M.Sc.

Szenenanalyse (SZA)
Fraunhofer IOSB Ettlingen

Telefon +49 7243 992-319
simon.schreiner@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/SZA

DROHNEN: BEWERTUNG DER SMARTEN

Hyperspektral-Fernerkundung zu bewerten. Durch die geringe Flughöhe der Drohne wird eine ausreichend präzise Auflösung der Sensoraufnahme gewährleistet und trotzdem eine hohe zeitliche und räumliche Flexibilität garantiert. Mit der wachsenden Leistungsfähigkeit von Drohnen und der Etablierung des autonomen Fliegens steigt gleichzeitig die Praxistauglichkeit moderner UAV. Das Prinzip der Hyperspektral-Fernerkundung beruht auf folgender Grundlage: Gewöhnliche (Multispektral-)Kameras sind im Bereich der sichtbar reflektierten Sonnenstrahlung sensitiv. Aufwändigere Kameras zeichnen mitunter auch nahinfrarote oder thermale Signale auf. Bei einer Hyperspektral-Kamera hingegen wird der gesamte Wellenlängenbereich des sichtbaren, nah- und kurzwellig Infrarot reflektierenden Lichts gemessen. Dabei stehen dem Sensor nicht nur drei oder mehr Kanäle zur Verfügung (wie bei einer normalen Handy-/RGB-Kamera), sondern mehrere hundert bis tausend Kanäle. Das daraus resultierende Reflexionsspektrum bildet eine spektrale Signatur, die objekt- und materialspezifisch ist.

BIO-MONITORING DURCH FERNERKUNDUNG

Dieses Prinzip gilt auch für Böden: Je nach Nährstoffgehalt, Feuchte, Korngröße, Humusgehalt usw. verändert sich die spektrale Signatur, die es zu messen und interpretieren gilt. Die Schwierigkeit der bodenkundlichen Hyperspektral-Fernerkundung liegt darin, dass nicht nur die Bodeneigenschaften selber die spektrale Signatur beeinflussen, sondern auch externe Faktoren wie die Atmosphäre, was zu einer Überlagerung der spektralen Eigenschaften führt. Zusätzlich müssen im Millisekunden-Bereich die Flugbewegungen aufgezeichnet werden, um die daraus resultierenden Verzerrungen im Luftbild zu korrigieren und eine pixel-genaue Geokoordinaten-Zuordnung zu ermöglichen.

Unter Einsatz multivariater Statistik oder Künstlicher Intelligenz werden aus den spektralen Daten Korrelationen mit den bodenkundlichen Parametern hergestellt. Wird der Zusammenhang zwischen spektraler Signatur und Bodeneigenschaft durch das Modell ausreichend gut abgebildet, ist eine Anwendung des Modells auf jeden Pixel der hyperspektralen Luftaufnahme möglich. Ziel ist es, eine digitale und maschinenlesbare Feldkarte zu erzeugen, bei der jeder Pixel einen zugeordneten Bodenparameter-Wert enthält.

Weitere Information finden Sie bei der Gruppe Bildinterpretation unter www.iosb.fraunhofer.de/cognac

DJI Matrice 600 Pro mit dem Hyperspektral-Sensor Hyperspec Co-Aligned VNIR-SWIR im Einsatz.

OPTIK UND BILDAUSWERTUNG FÜR DIE DIGITALISIERUNG IM WEINBAU – »DigiVine«

HINTERGRUND

Die Digitalisierung bietet neue Möglichkeiten für Ertragsstabilität und Qualitätssteigerung in der Landwirtschaft. Der Anbau von Wein als Sonderkultur erfordert dabei speziell an die Produktionsbedingungen angepasste Lösungen. Innerhalb des durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten digitalen Experimentierfelds DigiVine werden daher Technologien erforscht, welche die Winzerinnen und Winzer durch genauere Prognosen und daraus resultierende Handlungsempfehlungen unterstützen sollen. Das Fraunhofer IOSB entwickelt die hierfür erforderliche Erfassung von Qualitäts- und Reifeparametern der Trauben und die Erkennung von Krankheiten an Rebstöcken.

Zur zerstörungsfreien Erfassung der Qualitätsparameter eignen sich insbesondere optische Messmethoden. Beispielsweise enthält das von Trauben reflektierte Licht über die Farbe Informationen zur Reife. Durch Spektrometer können darüber hinaus auch Teile des elektromagnetischen Spektrums, welche den menschlichen Sinnen unzugänglich sind, hochaufgelöst und in digitaler Form erfasst werden. Durch Verfahren der multivariaten Statistik und Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) können die Qualitätsparameter aus dem Spektrum geschätzt werden.

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der optischen Spektroskopie in Form von handgetragenen Geräten im Weinberg eingebetteten Systemen in Erntefahrzeugen und als bildgebendes System werden im Folgenden genauer vorgestellt.

PRÄDIKTION DER REIFE VON WEINTRAUBEN IM FELD

Ernteentscheidungen werden in der Regel aufgrund des Mostgewichts (Zuckergehalt) sowie einer visuellen Begutachtung der Trauben getroffen. Um deren Qualität und

Abbildung 1: Handgetragener Sensor im Hosentaschenformat.

KONTAKT

Julius Krause M. Sc.

Sichtprüfsysteme (SPR)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-273
julius.krause@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/SPR

Abbildung 2: Traubenvollernter

Reife genau zu bestimmen, sind weitere Parameter wie Säuregehalte erforderlich. Daher ist eine zerstörungsfreie Messmethode, welche im Rahmen von Routinetätigkeiten im Weinberg durchgeführt werden kann, ein wertvoller Beitrag für Winzerinnen und Winzer.

Im Projekt DigiVine wird ein handgetragener Sensor im Hosentaschenformat entwickelt, welcher im Weinberg eingesetzt werden kann (Bild 1). Kernstück ist ein Nahinfrarot-Spektrometer im Chipformat auf Basis mikro-elektro-mechanischer Systeme (MEMS). Die Auswertung der Spektraldaten mittels KI-Methoden erfolgt über einen Cloud-Dienst. Das Messergebnis wird direkt nach der Messung auf dem Smartphone angezeigt und in einer zentralen Feldkarte gespeichert. So kann aus den Daten der optimale Zeitpunkt der Weinlese geschätzt werden.

QUALITÄTSBESTIMMUNG VON TRAUBENMOST IM ERNTEFAHRZEUG

Wichtige Qualitätsparameter des Trauben-Mosts können erst bei der Anlieferung in der Kelterhalle durch spezialisierte Labore ermittelt werden. Diese Analysegeräte sind jedoch teuer und bleiben daher größeren Weinkellereien vorbehalten. Zudem verzögert die Bestimmung der Qualitätsparameter den Anlieferungsprozess.

Ein eingebettetes Spektrometer als Modul im Tank des Traubenvollernters (Bild 2) soll frühzeitig zuverlässige Qualitätsaussagen ermöglichen. In Kombination mit Ertragsmessungen sollen die Traubenanlieferungen besser koordiniert werden können, indem Chargen gezielt kombiniert und Tankkapazitäten optimal geplant werden. Das System kann die Weinqualität sichern, indem ungeeignetes Lesegut frühzeitig erkannt und ausgesondert wird.

Mit Hilfe der Erfassung im Feld kann die gesamte Planung bereits vor der Traubenanlieferung erfolgen, wodurch Wartezeiten minimiert und damit die Arbeitsabläufe im arbeitsreichen Herbst besser strukturiert werden.

KAMERABASIERTE ERKENNUNG VON GESUNDEM LESEGUT

Krankheiten wie z. B. Pilzbefall können die Qualität der Trauben negativ beeinflussen. Durch Auswertung der Bilddaten in Echtzeit sollen gesunde Rebstöcke und gesundes Lesegut im Erntefahrzeug erkannt werden. Die Materialerkennung (chemical imaging) erfolgt durch bildgebende Spektroskopie mittels multi- oder hyperspektraler Kameras. Die Ergebnisse der kameranahen Bildverarbeitung in Echtzeit werden direkt an die Steuerung der Erntemaschine weitergeleitet. Unreife Trauben oder Beeren von kranken Rebstöcken gelangen durch die selektive mechanische Lese nicht in den Tank der Erntemaschine und verbessern so die Qualität.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Digitalisierung im Wertschöpfungsnetzwerk Weinbau: Von der Pflanzung bis zur Traubenanlieferung (DigiVine), Förderkennzeichen: 28DE113B18
www.digivine.org
Twitter & Instagram: @digi_vine

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

ptble
Projektträger Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

EINFACHE OPTIMIERUNG VON KOMPLEXEN SORTIERALGORITHMEN IN DER AUTOMATISCHEN WEINBEERENSORTIERUNG

MOTIVATION

Wie in vielen Branchen ist besonders in der Landwirtschaft der unterschiedliche Arbeitsanfall durch die Jahreszeit vorbestimmt. Damit kommen zum Beispiel Sortiersysteme für Weintrauben in jeder Saison nur während der relativ kurzen Zeit der Weinlese zum Einsatz. Allerdings ist die Sortierung von Weintrauben eine komplexe Aufgabe. Als Beispiel sollen vertrocknete Beeren, sogenannte Rosinen, aussortiert werden. Idealerweise sollten also die unterschiedlichen Sortieraufgaben mit der TeachNSort-Software einmalig eingelernt werden. Dabei wird für jede Rebsorte ein eigenes »Sortierrezept« erstellt. Auf der Sortieranlage müssen lediglich Bilddateien von »gutem« und »schlechtem« Beispielmaterial aufgenommen werden. Das eigentliche Einlernen kann offline an einem Büroarbeitsplatz mit diesen Bilddaten aus der Sortieranlage erfolgen. Wenn gewünscht sogar durch externe Expertinnen und Experten.

Da es sich bei Weintrauben um natürlich gewachsene »Objekte« handelt, kann deren Variabilität extrem groß sein. Diesen Effekt erwartet man selbstverständlich bei Weinlesen aufeinanderfolgender Jahre. Allerdings kann dies auch schon bei Eingangsmaterial einer Weinlese innerhalb eines Weinberges beobachtet werden. Deshalb ist es während des operativen Betriebes der Sortieranlagen notwendig, die aktuelle Sortierleistung auf Grund der vorgegebenen Sortierrezepte zu überwachen und gegebenenfalls aktuell eingestellte Stellgrößen anzupassen.

In GrapeSort-Systemen des Fraunhofer IOSB werden hochwertige Zeilenkameras eingesetzt, die über den sichtbaren Wellenlängenbereich (VIS) hinaus auch den für den Menschen unsichtbaren Nahinfrarot-Kanal (NIR) aufnehmen. Dazu wird ebenfalls eine passende Hochleistungs-LED-Beleuchtung eingesetzt, die zusätzlich zum sichtbaren

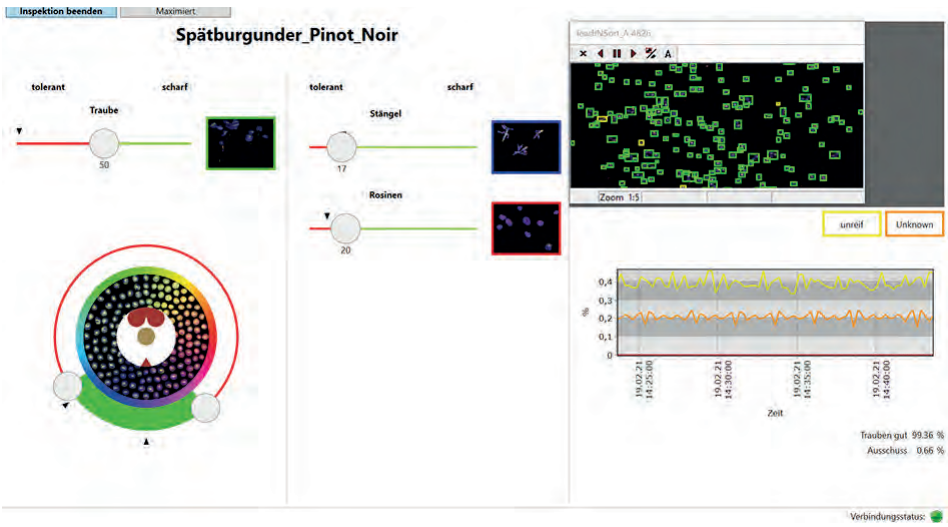


Abbildung 1: Bedienoberfläche im Sortierbetrieb.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Michael Palmer

Sichtprüfsysteme (SPR)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-376
michael.palmer@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/SPR

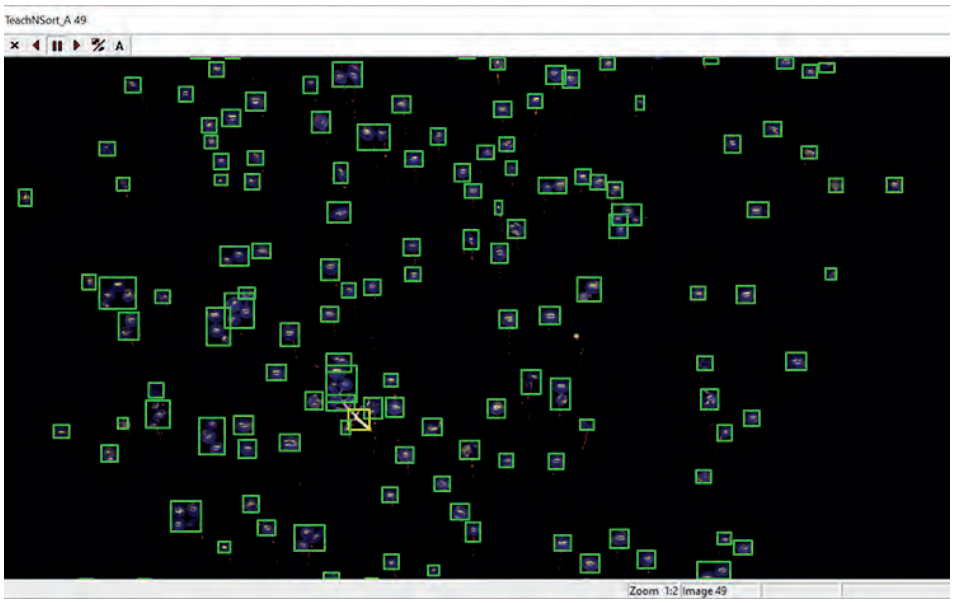


Abbildung 2: Laufend aktualisiertes Originalbild mit überlagerter Klassifizierung.

auch in diesem NIR-Wellenlängenbereich emittiert. Auf diese Weise kann eine automatische Trennung von Objekten ermöglicht werden, die sich im VIS-Bereich kaum unterscheiden. Dies betrifft sowohl spezielle Pilzkrankheiten als auch farblich ähnliche Pflanzenbestandteile, wie z. B. Blätter und Stängel. Insbesondere wegen des unsichtbaren NIR-Kanals kann die manuelle Anpassung von speziellen Sortierparametern zu überraschenden und unerwünschten Sortierergebnissen führen.

Um in diesem Einsatzgebiet dennoch erfolgreich einsetzbar zu sein, muss das Sortiersystem sowohl mit komplexen Algorithmen zur Klassifikation der gewünschten Weinbeeren ausgestattet sein als auch für Saisonkräfte in kürzester Zeit einfach bedienbar sein.

UMSETZUNG

Für den Betrieb der Sortieranlage wird den Maschinenbedienenden jetzt nur noch eine einfache graphische Schablone angeboten. Diese ist in Abbildung 1 zu sehen. Damit lässt sich das benötigte Sortierrezept passend zur Traubensorte auswählen, z. B. »Spätburgunder_Pinot_Noir«. Neben dem Start und Stopp der Inspektion sind nur wenige Schieberegler zur Optimierung der Sortierqualität verfügbar. Im Hintergrund läuft die komplette Auswertesoftware, die auch zum Einlernen benutzt wird. Als Ergebnis wird dem Originalbild die Klassifikation der einzelnen Objekte als farbige Rähmchen überlagert, wie in Abbildung 2 zu sehen.

Bei laufendem Betrieb, insbesondere am Beginn einer neuen Charge, ist die Beurteilung des Sortierergebnisses durch einen erfahrenen Menschen besonders wichtig. Eine graphische Darstellung des aussortierten Anteils über der Zeit dient dabei als Hilfestellung (Abbildung 1, unten rechts). In unserem Beispiel ist das als »unreif« oder »unknown« im Sortierrezept eingelernt. Es ist nicht notwendig, persönliche subjektive Kriterien in komplexen Regeln oder gar Parametern auszudrücken. Stattdessen genügt es, interaktiv an den wenigen »Stellschrauben« zu drehen, um das Ergebnis der laufenden Sortierung zu optimieren. Die Schieberegler für die Trennschärfe können im Bereich zwischen 0 und 100 bewegt werden. Der vom Sortierrezept vorgeschlagene Wert wird durch eine Markierung über jedem Schieber angezeigt. Damit ist sofort sichtbar, wie weit die aktuell eingestellten Werte davon abweichen.

Einfachste Stellgrößen:

- »Schärfe der Sortierung« für das Gut-Produkt (Traube)
- »Schärfe der Sortierung« für Störpartikel (z. B. Stängel)
- Farbe

Wenn zum Beispiel zu viele gute Beeren ausgeschossen werden (Übersortierung), muss nur der Regler für das Gut-Produkt in Richtung »tolerant« bewegt werden. Analog verhält es sich für eingelernte Störstoffe. Eine weitere Möglichkeit des Nachjustierens ist ein Kreis für die Farbe der Beeren. Durch diese wenigen Eingriffsmöglichkeiten werden die internen Parameter der komplexen Klassifikation automatisch angepasst.

Diese einfache Bedienoberfläche ist über eine OPC UA-Schnittstelle, einem plattformunabhängigen Kommunikationsprotokoll für die Industrie 4.0, mit der eigentlichen Sortiersoftware verbunden. Bei Bedarf ist daher auch eine vernetzte Steuerung und Überwachung möglich.

ANWENDUNG BEIM ENDKUNDEN

Während der Weinlese 2020 konnte die neue Art der einfachen Bedienung auf mehreren Installationen bei verschiedenen Keltereien in Deutschland und Italien im realen Betrieb eingesetzt werden. Die Rückmeldungen sowohl vom Integrator, den Betreibenden der Anlage als auch von den Bedienenden direkt an der Maschine waren durchweg positiv. Auch wenn eine»Einknopfbedienung« noch nicht gänzlich erreicht wurde, ist die hier vorgestellte Bedienoberfläche ein großer Schritt in diese Richtung.

REDUKTION VON »FOOD-WASTE« SENSORTECHNOLOGIEN

MOTIVATION

In der EU landen jährlich 20 Prozent aller erzeugten Lebensmittel auf dem Müll. Das entspricht 88 Millionen Tonnen an weggeworfenen Lebensmitteln jährlich mit einem Wert von etwa 143 Milliarden Euro[1]. Die Lebensmittelverschwendung ist dabei nicht nur ein ethisches und wirtschaftliches Problem, sondern belastet auch die Umwelt. »Food Waste« ist für 8 Prozent aller globalen menschengemachten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Daher haben sich die EU-Mitgliedsstaaten dazu verpflichtet, die Lebensmittelverschwendung bis zum Jahr 2030 zu halbieren.

Den größten Anteil an den weggeworfenen Lebensmitteln machen frisches Obst und Gemüse aus. Diese Lebensmittel zeigen im Vergleich mit anderen Handelswaren eine hohe Variabilität zwischen den Produkten und kommen als Naturprodukte ohne eine Haltbarkeitsaussage in den Handel, sodass ein bevorstehender Verderb oft nicht rechtzeitig erkannt wird.

Ein Echtzeit-Einblick in den genauen Status und Frischezustand dieser Produkte innerhalb der gesamten Lieferkette, von der Ernte bis zum Verkauf, kann dazu beitragen, die Lebensmittelverluste zu minimieren. So können mit einer besseren Haltbarkeitsabschätzung beispielsweise mehr Lebensmittel rechtzeitig vor Verderb über Rabatte an Konsumierende verkauft werden oder zu industriell verarbeiteten Lebensmitteln prozessiert werden.

TECHNOLOGIE

Eine vielversprechende Sensortechnik zur Bestimmung der Frische und Qualität von Lebensmitteln entlang der Lieferkette stellt die Nahinfrarotspektroskopie dar. Hierbei wird das von einem Produkt reflektierte elektromagnetische Spektrum mit Hilfe eines Spektrometers schnell und zerstörungsfrei gemessen. Dieses Spektrum kann mittels maschineller Lernverfahren interpretiert werden und so Informationen über die innere Zusammensetzung des Produkts liefern.

Lebensmittel bestehen hauptsächlich aus Wasser, Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten, die besonders gut im nahen Infrarotbereich (NIR) spektroskopisch charakterisiert werden können. Die Fortschritte in der Miniaturisierung optischer Systeme erlauben es heute, sehr kleine und kostengünstige Spektrometer zu entwickeln, die auch außerhalb von Laboren eingesetzt werden können. Dies ermöglicht eine Vielzahl neuer Anwendungsmöglichkeiten für Spektrometer, so können diese beispielsweise auch an bislang nicht überwachten Stellen der Lebensmittellieferkette zum Einsatz kommen. Abbildung 1 zeigt ein am Fraunhofer IOSB

Abbildung 1: NIR Spektrometer bei der Aufnahme des Spektrums einer Tomate.

KONTAKT

Benedikt Fischer M.Sc.

Sichtprüfsysteme (SPR)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-591
benedikt.fischer@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/SPR

MIT HILFE NEUER

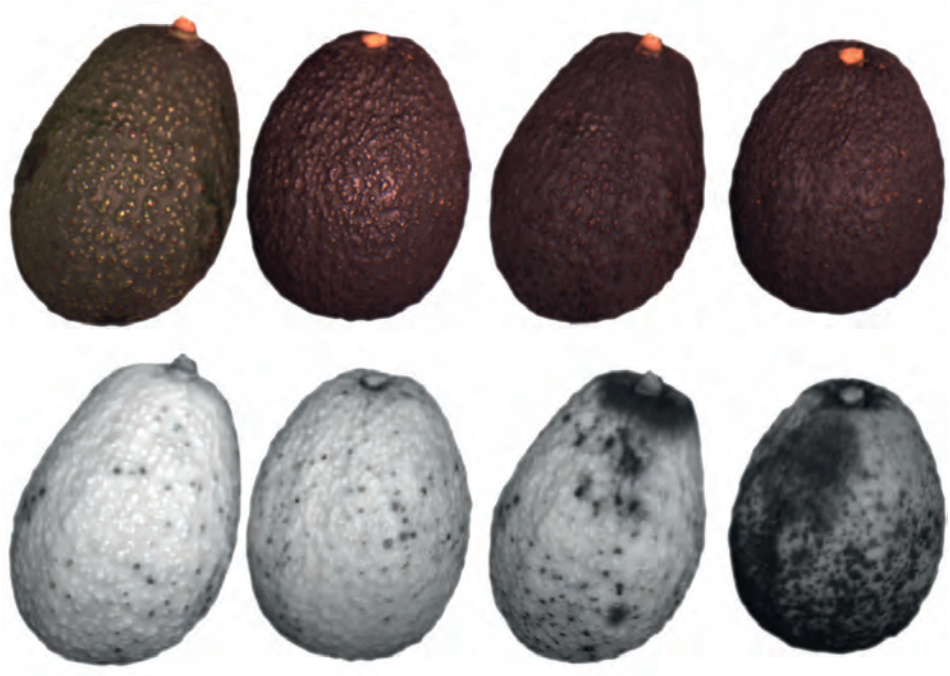


Abbildung 2: Avocado-Bildaufnahmen im RGB-Wellenlängenbereich (oben) und im NIR-Wellenlängenbereich (unten).

entwickeltes NIR-Spektrometer. Dieses wurde verwendet, um die Frische von Tomaten zu bestimmen.

Neben solchen punktmessenden Spektrometern können auch Hyperspektralkameras zur Bestimmung der Lebensmittelqualität eingesetzt werden. Diese vereinen die Vorteile der ortsauflösenden Bildgewinnung mit denen der optischen Spektroskopie. Damit eignen sie sich besonders für inhomogene Lebensmittel. In Abbildung 2 sind Bilder von vier Avocados zu sehen, die mit einer Multispektralkamera aufgenommen wurden. Die beiden Avocados auf der rechten Seite sind überreif: Ihr Fruchtfleisch im Inneren ist stellenweise dunkel verfärbt, was auf dem NIR-Bild durch die Schale hindurch in der Form von dunklen Flecken sichtbar wird. Dies verdeutlicht, dass im NIR-Wellenlängenbereich zusätzliche Informationen gewonnen werden können, die für normale RGB-Farbkameras und das menschliche Auge nicht sichtbar sind.

DATENFUSION IM PROJEKT »FRIDA – FRISCHE DATEN«

Das Projekt »FriDa – Frische Daten«[2] hat das Ziel, den Frischezustand von Lebensmitteln innerhalb der gesamten Lieferkette von der Ernte bis zum Verkauf digital abzubilden. Dabei werden die technischen Möglichkeiten der Industrie 4.0 in die Lebensmittelindustrie übersetzt.

Neben den vorgestellten spektralen Sensoren werden im Rahmen des Projekts noch weitere Sensoren in die Lebensmittellieferkette integriert. Hierfür statten die Projektbeteiligten einzelne Lebensmitteltransportbehälter mit integrierten Temperatur-, Feuchtigkeits-, Positions- und Beschleunigungssensoren aus. Mit Hilfe der Temperatur- und Feuchtigkeitsdaten können bessere Haltbarkeits-Modelle für temperaturempfindliche Lebensmittel erstellt werden. Durch die Beschleunigungssensoren kann überprüft werden, ob druckempfindliche Lebensmittel unsachgemäß transportiert und somit mit hoher Wahrscheinlichkeit beschädigt wurden. Diese Modelle können an bestimmten Stationen, wie etwa vor der Verpackung und bei der Warenannahme, mit den Daten der spektralen Lebensmittelscanner ergänzt werden.

Alle Daten sollen kontinuierlich in eine Cloud übertragen werden und so einen verbesserten Informationsfluss entlang der Lebensmittellieferkette schaffen. Dies kann allen Akteuren bessere, datenbasierte Entscheidungen ermöglichen und somit auch eine Reduktion von »Food Waste«.

---

[1] https://ec.europa.eu/food/safety/food_waste_en

[2] »FriDa – Frische Daten« ist ein Projekt mit Beteiligung des Fraunhofer IOSB, tsenso GmbH, Euro Pool System Int. (Deutschland) GmbH, Institut für angewandte Systemtechnik Bremen GmbH und der Universität Bonn. Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

ERFASSUNG GELABELTER DATEN – MEHRWERT SICHTBAR MACHEN

Steigende Anforderungen an die Qualität von Lebensmitteln verändern zunehmend die Prozesse entlang ihrer Produktions- und Lieferkette. Eine besondere Herausforderung sind unverarbeitete Lebensmittel wie Obst und Gemüse. Bei ihnen geht es nicht nur um die Entdeckung von Makeln, sondern auch darum, die Herkunft und jahreszeitlich bedingten Veränderungen einzuordnen. Die Einschätzung des Reifegrades und die damit verbundene, zu erwartende weitere Verwertbarkeit bilden weitere Zielgrößen. Kurzum: Konsumierende möchten möglichst frische und einwandfreie Ware, weswegen der Handel nach Möglichkeiten sucht, die durch Qualitätsminderung und Verderb entstehenden Verluste zu reduzieren.

Das Geschäftsfeld Inspektion und optronische Systeme des Fraunhofer IOSB hat sich des so entstehenden Bedürfnisses nach der Wahrnehmung und Interpretation von Veränderungen an Lebensmitteln angenommen: Aktuelle Forschungsschwerpunkte sind einerseits die (Qualitäts-)Eigenschaften der Lebensmittel und ihre Beurteilung, andererseits die Möglichkeiten zur vermehrten Auswertung von Daten vernetzter Sensoren zur Merkmalsbestimmung.

Wichtige Aspekte sind dabei der objektive Vergleich zwischen aktueller Ware und früheren Lieferungen, der Status der Reife und die Prognose zur weiteren Haltbarkeit. Verwendet werden hierzu Internet-of-Things-(IoT-)fähige, mulitmodale Sensoren zur Merkmalsbestimmung in Verbindung mit selbstlernenden Systemen, auf Basis des Machine Learning (ML) und Plattformen der Künstlichen Intelligenz (KI). Ihr Einsatz ermöglicht, die sich nach komplexen Regeln und Einflüssen verändernden Merkmale in ihrer Wirkung zu interpretieren und die weitere Entwicklung zu prognostizieren. Die Verfahren zeigen ihre Stärke gerade dann, wenn die Anzahl der Referenzdaten gering ist und/oder Produkte sich nach dem ersten »Einlernen« weiter verändern. Im Ergebnis erlaubt es das so unterstütze Monitoring der Qualitätsmerkmale, Handlungsempfehlungen zu entwickeln und abzuleiten. Gleichzeitig kann es die Grundlage für eine automatisierte (optimierte) Preisfindung (Digital Pricing) sein.

Ein allseits bekanntes Beispiel sind Erdbeeren aus dem Supermarkt im Vergleich zu jenen vom Wochenmarkt: Im Frühjahr sind die Beeren im Supermarkt im Unter-

Ausschnitt einer Stoffsammlung zu Kundenwünschen in Design-Thinking-Workshop.

KONTAKT

Dipl.-Wirt.-Ing. Henning Schulte

Sichtprüfsysteme (SPR)
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-275
henning.schulte@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de/SPR

MIT DESIGN THINKING

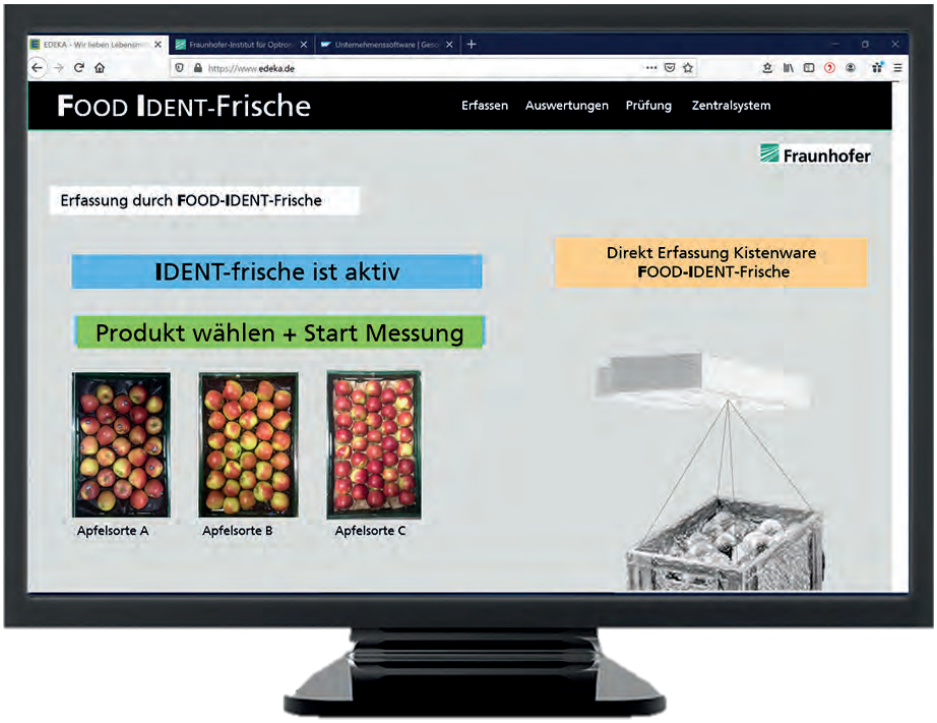
schied zu denen vom Wochenmarkt zwar früh verfügbar, rot und preiswert, aber oft nicht wirklich süß. Im Sommer nähern sich dann die Merkmale beider Herkunft-Typen an.

Das Fraunhofer Cluster of Excellence Cognitive Internet Technologies (CCIT) fördert aktuell ein Projekt des Fraunhofer IOSB, in dem prototypisch mit einem Demonstrator der Nachweis erbracht werden soll, dass die Technologie als Anwendung im Handel funktioniert und die gewünschten Ergebnisse bringen kann. Zum Einsatz kommen hierbei neben der klassischen RGB-Bildverarbeitung die Infrarot-Spektroskopie sowie, in Kooperation mit dem Fraunhofer IZFP, Radarsensorik. In einem ersten Schritt wurden hierfür verschiedene Früchte im Labor charakterisiert. Nachfolgend wurden KI-basierte Modelle aus den Messergebnissen gebildet, die eine Indikation der komplexen Produktmerkmale in Echtzeit ermöglichen. Die Ergebnisse sind vielversprechend und lassen einen erfolgreichen Test auf dem Markt erwarten. Ein wichtiger Bestandteil des prototypischen Demonstrators ist die Einbeziehung neu erhobener und gelabelter Daten, um die Auswertungsergebnisse weiter zu verbessern. Erst diese Daten zeigen umfänglich die präzisierende Wirkung selbstlernender Algorithmen in den erzielten Ergebnissen und Prognosen.

Die Vorbereitungen für eine umfängliche Datenerfassung über die Vegetationsperiode hinaus und aus verschiedenen Herkunftsländern laufen derzeit. Im Sinne der Innovationsentwicklung haben wir unser Modell gemäß den Ideen des Design-Thinking-Prozesses mit potentiellen Nutzenden und Plattformbetreibenden für kommerzielle IT-Systeme im Handel diskutiert und daraus konkreter werdende Ideen für die Anwendung entwickelt. Schnell hat sich dabei gezeigt, dass die Anbindung des Systems an die bestehende IT-Landschaft des Nutzenden (Handelnden) unbedingt notwendig ist. Nur so ist es möglich, Algorithmen zu testen und neue Daten hinreichend gut für die weitere Verwertung zu labeln.

Ein weiterer wichtiger Baustein des Projekts: Um unsere Beobachtungen und Ideen abzusichern, haben wir als Loop mehrere Workshops durchgeführt, bei denen Kundenwünsche erfasst und überprüft wurden. Herausgekommen sind die Eckpunkte einer Anwendung, welche neben Wünschen zur Funktionalität auch die zugrundeliegenden Pain-Punkte des potentiellen Kunden aufzeigen. Diese wurden dann in Form eines Mockups (Prototyp P.0) zusammengestellt und erneut diskutiert. Plattformbetreibende können auf diese Weise erfassen, welche Daten benötigt werden und eine Anwenderin oder ein Anwender erkennt, welche Informationen sichtbar werden und wie Pain-Punkte durch die potentielle Lösung beseitigt werden. Die Kalkulation der notwendigen Aufwände ist dann ebenso nur ein nächster Schritt wie die Abschätzung zur Bewertung des erzielbaren Mehrwerts.

Derzeit warten wir auf die Beauftragung zur Umsetzung des (an die IT angebundenen) Prototypen beim Kunden.



Klick-Mock-Up zur Darstellung und Diskussion von möglichen Programmfunktionen.

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

info@iosb.fraunhofer.de
www.iosb.fraunhofer.de

STANDORT KARLSRUHE
Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe, GERMANY
Telefon +49 721 6091-0

STANDORT ETTLINGEN
Gutleuthausstraße 1
76275 Ettlingen, GERMANY
Telefon +49 7243 992-0

KONTAKTBÜRO BEIJING
Representative for Production and Information Technologies
Unit 0711, Landmark Tower II
8 North Dongsanhuan Road
Chaoyang District
100004 Beijing, PR CHINA
Telefon +86 10 6590 0620
muh@fraunhofer.com.cn

Institutsteil für angewandte Systemtechnik Fraunhofer IOSB-AST

www.iosb-ast.fraunhofer.de

STANDORT ILMENAU
Am Vogelherd 90
98693 Ilmenau, GERMANY
Telefon +49 3677 461-0
info@iosb-ast.fraunhofer.de

AUSSENSTELLE GÖRLITZ
Wilhelmsplatz 11
02826 Görlitz , GERMANY
Telefon +49 3581 7925354
joerg.laessig@iosb.fraunhofer.de

FORSCHUNGSGRUPPE SMART OCEAN TECHNOLOGIES ROSTOCK
Alter Hafen Süd 6 – Am Grenzschlachthof 4
18069 Rostock, GERMANY
Telefon +49 3677 461-124
thomas.rauschenbach@iosb-ast.fraunhofer.de

Institutsteil für industrielle Automation Fraunhofer IOSB-INA

www.iosb-ina.fraunhofer.de

STANDORT LEMGO
Campusallee 1
32657 Lemgo
Telefon +49 5261 94290-22
juergen.jasperneite@iosb-ina.fraunhofer.de