I. Kurzbericht

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie der wissenschaftliche und technische Stand an den angeknüpft wurde

Das Projekt FreshRegio verfolgte das Ziel, die Effizienz und Transparenz der regionalen Lebensmittelkette durch den Einsatz moderner Nahinfrarot-Sensorik (NIR) und künstlicher Intelligenz (KI) zu steigern. Diese Technologien sollten es ermöglichen, die Qualität und Haltbarkeit von Lebensmitteln objektiv zu bestimmen und dadurch die Prozesse von Erzeugern bis hin zu Händlern zu optimieren. Vor dem Projektbeginn war der Einsatz von NIR-Sensorik in der Agrar- und Lebensmittelindustrie bereits bekannt, jedoch kaum in der regionalen Lebensmittelwirtschaft etabliert. Die Verbindung von NIR-Daten mit KI-gestützten Analyseverfahren stellte eine innovative Erweiterung bestehender Methoden dar. Das Projekt knüpfte an diesen Stand an, indem es die technologische Lücke zwischen wissenschaftlicher Forschung und praktischer Anwendung in kleinen und mittelständischen Betrieben der Lebensmittelbranche schloss.

2. Ablauf des Vorhabens

Der Projektverlauf umfasste mehrere Phasen, die sowohl die Entwicklung technischer Systeme als auch die Zusammenarbeit mit Praxispartnern beinhalteten. Zunächst wurde die FreshRegio-Plattform konzipiert und implementiert. Dies beinhaltete u.A. die Entwicklung einer bidirektionalen API zur FreshRegio-Cloud, die die nahtlose Übertragung und Analyse von Messdaten ermöglichte, die mit den NIR-Sensoren erfasst wurden. Parallel dazu wurden technische Module entwickelt, die eine strukturierte Datenmodellierung und den B2B-Handel abbildbar machen, wodurch die Grundlage für Funktionen wie Dynamic Pricing geschaffen wurde.

Ein speziell eingerichteter Beta-Bereich innerhalb der Plattform ermöglichte es Projektmitarbeitern und acht Pilotbetrieben, nicht nur die NIR-Geräte zu nutzen, sondern auch die neuen Funktionen zu testen und wertvolles Feedback zu geben. Um die Akquise und Schulung der Partnerbetriebe, sowohl aus der Erzeugung als auch aus dem Handel, zu unterstützen, wurden umfassende Informationsmaterialien erstellt und verteilt.

Obwohl es bei der Fertigstellung der Hardware (Sensortechnologie) zu Verzögerungen kam, konnte der Projektplan insgesamt erfolgreich umgesetzt werden. Der Übergang zwischen

den verschiedenen Arbeitspaketen gestaltete sich oft fließend, was es ermöglichte, die Anforderungen der Praxispartner flexibel zu erfüllen und gleichzeitig sicherzustellen, dass alle geplanten Aktivitäten innerhalb des Projektrahmens abgeschlossen wurden.

3. Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Zu den wesentlichen Ergebnissen des Projekts gehören die erfolgreiche technische Implementierung der FreshRegio-Plattform und die Gewinnung von acht regionalen Partnern, darunter Erzeuger, Verarbeiter und Händler. Eine zentrale Erkenntnis war, dass die Nutzung der NIR-Technologie in kleinstrukturierten Betrieben nur begrenzte praktische Relevanz besitzt. Insbesondere erwies sich die “innere Qualität” (beispielsweise der Brixwert) von Früchten, gemessen durch NIR-Sensoren, für viele Kunden als weniger relevant im Vergleich zu Aspekten wie Regionalität oder äußere Merkmale. Während sich in kleinstrukturierten Betrieben nur begrenzte Anwendungsmöglichkeiten für die Technologie zeigten, besteht bei größeren Betrieben ein deutlich größeres Interesse an der Nutzung der NIR-Technologie, insbesondere in Bezug auf die Qualitätskontrolle und Optimierung von Logistikprozessen. Allerdings zeigte sich auch, dass die Technologie für den flächendeckenden Einsatz noch nicht ausreichend ausgereift ist. Beispielsweise sind die Messzeiten der NIR-Geräte derzeit zu lang, um effizient im Großhandel integriert zu werden.

Die Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern Technologie Campus Grafenau, Senorics GmbH und der Regiothek GmbH verlief sehr erfolgreich. Die Synergien zwischen den Partnern ermöglichten eine effektive Umsetzung der Projektziele, insbesondere in der Entwicklung und Integration der technischen Komponenten. Zusätzlich war es die Hauptaufgabe der Regiothek GmbH, mit den acht Pilotbetrieben eng zusammenzuarbeiten, was ebenfalls positiv verlief. Diese Zusammenarbeit ermöglichte es, wertvolle Erkenntnisse aus der Praxis zu gewinnen und die Akzeptanz der neuen Technologien in der regionalen Lebensmittelwirtschaft zu testen.

Zukünftige Arbeiten könnten sich darauf konzentrieren, die entwickelte Technologie für größere Betriebe anzupassen, die über komplexere Logistikprozesse verfügen. In diesen Betrieben könnte die NIR-Technologie aufgrund ihrer größeren Infrastruktur und den spezifischen Anforderungen an Qualitätskontrollen und Logistikprozesse einen deutlicheren Mehrwert bieten.

II. Eingehende Darstellung

1. Durchgeführte Arbeiten

Einleitung

Das Projekt FreshRegio zielte darauf ab, durch den Einsatz moderner Nahinfrarot-Sensorik (NIR) und künstlicher Intelligenz (KI) die regionale Lebensmittelkette (LLK) zu optimieren. Die Regiothek GmbH spielte hierbei eine zentrale Rolle, insbesondere bei der Entwicklung und Integration der FreshRegio-Plattform in die Regiothek-Plattform sowie der Akquise und Unterstützung von LLK-Partnern. Im Folgenden werden die durchgeführten Arbeiten der Regiothek GmbH im Detail dargestellt und die erzielten Ergebnisse nachvollziehbar gemacht.

FreshRegio-Plattform

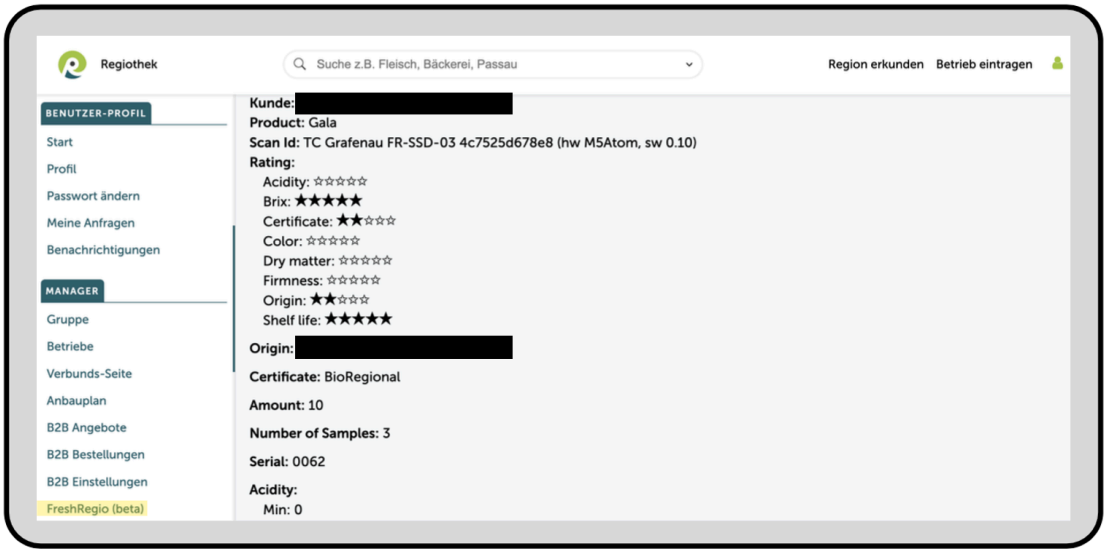
Entwicklung und Integration

Die FreshRegio-Plattform wurde erfolgreich in die bestehende Regiothek-Plattform integriert. Eine bidirektionale API zur FreshRegio-Cloud des Projektpartners Technologie-Campus-Grafenau (TCG) wurde in iterativen Schritten mittels Swagger implementiert, um eine nahtlose Kommunikation zwischen den Systemen zu gewährleisten. Diese Schnittstelle ermöglichte zum einen die Übertragung und Verarbeitung von Messdaten, die durch den NIR-Sensor erfasst wurden. Zum Anderen ermöglichte diese Schnittstelle die Übertragung von Mehrwertdaten, d.h. Ableitungen von Metadaten in Form von Handlungsempfehlungen für Betriebe. Im weiteren Verlauf erfolgte die Implementierung der Oberfläche (UI) unter Verwendung des React Frameworks, sodass eine intuitive Nutzung durch (a) Betriebe und (b) Projektmitarbeiter (“Manager”) gewährleistet wurde. In diesem Zusammenhang erfolgte die Implementierung von Manager-Features, wie im folgenden erörtert.

Beta-Bereich und Rechteverwaltung

Mittels Rechteverwaltungssystemen wurde ein spezieller Beta-Bereich für Manager innerhalb der Regiothek-Plattform eingerichtet. Dieser ermöglicht die Nutzung für Manager- und Projekt-Features, der nur für FreshRegio-Teilnehmer und Projektpartner zugänglich war. Dieser Bereich diente der Anzeige von Messungen und Qualitätsdaten sowie Empfehlungen

für Dynamic Pricing und Handelspartner. Die Darstellung der NIR-Scans erfolgte mittels einer verständlichen Fünf-Sterne-Skala.



Quelle:
https://www.regiothek.de/user/manager/sensordata/55d1a3c1-51b3-4807- baff-940ad4e2bf84
(Nur mit Zugriffskonto)

Abbildung 1: Screenshot im beta-Bereich FreshRegio auf der Regiothek-Plattform

Technische Module für B2B-Handel

Im Rahmen des FreshRegio-Projekts wurden bedeutende Entwicklungen durchgeführt, die den B2B-Handel zwischen Betrieben darstellen können. Diese Entwicklungen bilden die Basis für zukünftige Funktionalitäten hinsichtlich des B2B-Handels. Beispielsweise umfassen diese Entwicklungen: a) Datenmodellierung: Eine strukturierte Datenmodellierung, die es ermöglicht, den B2B-Handel darstellbar zu machen. b) API-Services: Die Implementierung einzelner API-Services, die die Kommunikation und den Datenaustausch zwischen den Handelspartnern erleichtern. Wir erwarten in diesem Bereich das größte Verwertungspotenzial aus den Projektergebnissen. Details zu den spezifischen Entwicklungen und deren potenzielle Anwendungen folgen.

Die Arbeiten in diesen Bereichen können dem AP 1.3 (“FreshRegio-Cloud, FreshRegio-Plattform und Schnittstellen”) zugerechnet werden und konnten auf technischer Ebene erfolgreich abgeschlossen werden.

Streuung von Infomaterial und Erstellung einer Anleitung

Für die Akquise von LLK-Partnern wurden in Kooperation mit dem Projektpartner TCG umfangreiche Printmedien erstellt, darunter ein vierseitiger Infoflyer, eine 16-seitige DIN A5 Info-Broschüre sowie ein Flyer der zur Teilnahme an der Projektumfrage aufgerufen hat.

Abbildung 2: im Projekt erstellte Printmedien

Im weiteren Verlauf wurde eine umfangreiche, bebilderte Bedienungsanleitung für die Anwendung der FreshRegio-App in Kombination mit der NIR-Technologie erstellt. Diese Anleitung demonstriert, wie Messungen mit der App und der NIR-Technologie durchgeführt werden, und enthält wichtige Hinweise zur Pflege und zum Laden des NIR-Geräts.

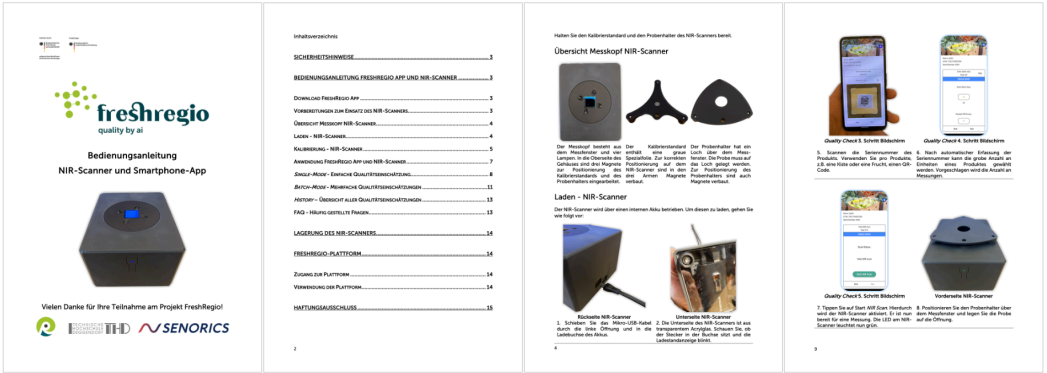


Abbildung 3: Bilder einzelner Seiten der Bedienungsanleitung für die FreshRegio-App und VNT

Die Arbeiten in diesen Bereichen können den AP 1.5 (“Akquise von LLK-Partnern”) und AP 2.1 (“Übergabe der VNT”) zugerechnet werden und konnten erfolgreich abgeschlossen werden.

Akquise von LLK-Partnern

Die Akquise-Materialien wurden an potenzielle Partner postalisch versendet. Zudem erfolgte eine Streuung über Branchen-Netzwerke. Ergänzend dazu wurden Telefonate und Betriebsbesuche durchgeführt, um das Projekt vorzustellen und potenzielle Teilnehmer zu gewinnen. Diese Arbeiten erforderten etwas mehr Zeit, als ursprünglich geplant, konnten aber erfolgreich abgeschlossen werden.

Insgesamt bekundeten acht Betriebe verschiedener Betriebsarten (Erzeuger, Verarbeiter, Groß- und Einzelhändler) Interesse an FreshRegio und nahmen am Projekt teil. Vier dieser Betriebe hatten eine Bio-Zertifizierung. Die Akquise dieser Partner erfolgte teilweise früher als geplant. Es wurde die o.g. bebilderte Bedienungsanleitung für die Anwendung der FreshRegio-App in Kombination mit der NIR-Technologie erstellt. Das Dokument demonstriert dem Anwender, wie mit der App und der NIR-Technologie Messungen durchgeführt werden. Ferner enthält es u.a. Hinweise zum Laden und zur Pflege des NIR-Gerätes. Die Arbeiten in diesen Bereichen können dem AP 1.5 ("Akquise von LLK-Partnern") zugerechnet werden und konnten erfolgreich abgeschlossen werden.

Name	Betriebsart	Frucht
[redacted]	Erzeuger (ca. 15 Abnehmer)	Apfel
[redacted]	Erzeuger (ca. 30 Abnehmer)	Apfel, Tomate
[redacted]	Erzeuger (ca. 15 Abnehmer)	Apfel
[redacted]	Erzeuger	Tomate
[redacted]	Erzeuger (sehr viele Endverbr. als Abnehmer)	Erdbeere
[redacted]	Verarbeiter	Apfel
[redacted]	Großhändler	Apfel, Tomate, Erdbeere
[redacted]	Einzelhändler (sehr viele Endverbr. als Abnehmer)	Apfel, Tomate, Erdbeere

Abbildung 4: Übersicht FreshRegio-Teilnehmer (bio-zertifizierte Betriebe in grün)

Umsetzung in der Praxis

In den folgenden Abschnitten wird der Einsatz in der Praxis sowie die Praxisrelevanz erörtert. Deshalb wurde eng mit Praxisbetrieben aus Bayern (hauptsächlich kleinstrukturierte Erzeuger) zusammengearbeitet. In diesem Zusammenhang fokussierten wir uns auf drei verschiedene Früchte (Erdbeeren, Tomaten und Äpfel). Die Grundlage für die Auswahl dieser drei Früchte basierte auf dem AP 1.2 ("Grundlage Ertragsmanagement-Modul"), das federführend vom Projektpartner TCG bearbeitet wurde. Zuzüglich wird in diesem Kapitel das Feedback eines Bio-Großhändlers zu den Projektinhalten erörtert.

Erdbeeren

Erdbeeren waren innerhalb des Projekts durch einen kleineren Erzeuger, einen Großhändler und einen Einzelhändler vorgesehen.

Der Erzeuger baute Erdbeeren auf einem offenen Feld (ca. 5000 qm) an und bot die Früchte hauptsächlich für Selbstpflücker, aber auch auf Bestellung, für private und gewerbliche Konsumenten an. Beim Anbau der Früchte wurden keine Hilfsmittel, wie z.B. Pestizide oder Tunnel, verwendet. Hierdurch wurde die “Natürlichkeit” der Früchte bewahrt, jedoch der Ertrag verringert. Je nach Wetterlage wurde künstlich bewässert. Diese “natürliche” Art der Zucht war zeitintensiv. Die Pflege der Pflanzen innerhalb von Richtlinien sowie die rechtzeitige fachgerechte Ernte, die sich nur über wenige Wochen streckte, nahmen die Ressourcen des Betriebs und dessen Mitarbeiter vollständig in Anspruch. Zusätzlich ergab sich im regen Gespräch mit dem Erdbeererzeuger die Erkenntnis, dass die Herkunft der Erdbeeren für seine Kunden eine wesentlich wichtigere Rolle spielte als die tatsächliche Qualität, da die Regionalität der Früchte für die Kunden bereits ein bedeutendes Qualitätsmerkmal darstellte. Die Fruchtqualität nahm neben der Regionalität der Früchte sowie der Bekanntheit des Erdbeererzeugers selbst eine untergeordnete Rolle ein. Das führte zu einem ersten überraschenden Ergebnis. So sah der Pilot-Betrieb im weiteren Projektverlauf langfristig keinen Mehrwert an der Teilnahme am Projekt, trotz des anfänglichen Interesses am Projektvorhaben.

Ein weiterer Aspekt für die untergeordnete Rolle der Fruchtqualität als Kaufargument ergab sich in der Weiterverarbeitung der Erdbeeren. Häufig wurden Erdbeeren von gewerblichen Kunden zu Marmelade oder Kuchen weiterverarbeitet. Eine hohe Pflückleistung stand für die gewerblichen Kunden im Vordergrund, um eine möglichst hohe Anzahl an Früchten pro Zeit pflücken zu können. Die Bereitschaft, qualitativ höherwertige Erdbeeren auszuwählen, wurde vernachlässigt oder spielte keine Rolle.

Um chemometrische Modelle für Erdbeeren erstellen zu können, wurden Erdbeeren durch FreshRegio bzw. den TCG und die Regiothek geerntet und gemessen. Einige Messungen wurden zur Demonstration auf dem Feld durchgeführt (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Regiothek-Mitarbeiter bei Messungen am Erdbeerfeld.

Die Erhebung von Spektraldaten mit dem NIR-Gerät war einfach und mühelos. Verwendete Erdbeeren konnten auf dem Probenhalter platziert und gemessen werden. Die Erhebung von Zielgrößen war teilweise nicht möglich. Es wurde ein Modell für den Brix-Wert erstellt.

Die Nutzung des NIR-Geräts und FreshRegio bietet laut Erzeuger wenig Mehrwert, da die inneren Qualitäten der Erdbeere nicht die für den Kauf entscheidenden Qualitätsmerkmale darstellen. Vielmehr spielen laut Erzeuger folgende Qualitätseigenschaften eine Rolle für die potenzielle Kunden:

- Die Persönliche Verbundenheit zum Betrieb oder zur Person
- Die Herkunft und Regionalität
- Die natürliche Anbaumethode
- Die subjektive Vorliebe von Erdbeeren z.B. nach Größe und äußerer Farbe

Tomaten

Zwei kleinstrukturierte Tomatenerzeuger mit einem Umsatz von unter 200.000€ pro Jahr nahmen als Pilotbetriebe am Projekt teil. Deren Hauptvertriebskanäle befanden sich in der örtlichen Gastronomie, aber auch direkt an Endkunden und auf Wochenmärkten in der Umgebung. Beide Betriebe führten in etwa die gleichen Argumente bzgl. der Verwendung des NIR-Geräts auf. Die Benutzung des NIR-Geräts und FreshRegio bot keinen Mehrwert für beide Betriebe aus folgenden Gründen:

- Das Messen der Tomaten im Alltagsgeschäft ist zu aufwändig.
- Das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist nicht rentabel.
- Kunden haben wenig bis kein Interesse an „innerer Qualität“ der Tomaten.

Ferner ist die Vermittlung von Qualitätseigenschaften - z.B. des Brix-Wertes oder die Übermittlung der allgemeinen Information, dass qualitativ hochwertige Tomaten aufgrund der Messungen mit dem NIR-Gerät angeboten werden - an die Kunden nahezu bedeutungslos. Viele der Abnehmer hätten darüber hinaus keinerlei Kenntnis über Messgrößen wie Brix und deren Bedeutung, so dass daran kein Interesse besteht.

Stattdessen spielten folgende Qualitätsmerkmale für die Kunden eine Rolle:

- Begriffe wie „alte Sorten“: Allein durch den Begriff kann ein höherer Preis verlangt werden.
- Farben: Gelbe Tomaten können allein aufgrund der äußeren Farbe für einen höheren Preis verkauft werden als rote. Obwohl laut einem der Tomatenerzeuger die gelben Tomaten oft einen schlechteren Geschmack hätten als die roten.
- Kurzer Handelsweg bzw. Frische der Tomaten: Je weniger Zwischenhändler innerhalb der Lieferkette sind, desto besser/frischer empfinden die Abnehmer der Betriebe die gekauften Tomaten. Ein kürzerer Transportweg und eine kürzere Zeitspanne zwischen Ernte und Ankommen beim Kunden vermitteln Frische und Regionalität.
- Das generelle äußere Erscheinungsbild und die Härte: Die Betriebe achten darauf, dass die Tomaten nicht schon zu weich sind, da ab einer bestimmten Weiche der Tomaten das Kaufinteresse abklingt, obwohl laut einem der Tomatenerzeuger weichere Tomaten einen besseren Geschmack hätten.
  Einer der Betriebe bestätigte an dieser Stelle die FreshRegio-Theorie, konnte diese aber in der Praxis nicht anwenden, weil die äußere Erscheinung bei den Abnehmern eine sehr viel größere Rolle beim Kauf spielte, als die „innere Qualität“, bzw. in diesem Fall der bessere Geschmack.
- Eine Bio-Zertifizierung
- Die persönliche Verbundenheit zum Betrieb oder zur Person: Die Kunden kennen die Inhaber der Betriebe persönlich und wissen um deren sehr gute Qualität und Regionalität.
- Einer der Tomatenerzeuger gab an, dass die Entscheidung, welche Tomaten gekauft werden, oft willkürlich passiert - vor allem in der Gastronomie: “Der Grund für den Kauf bestimmter Tomaten kann sich von Tag zu Tag ändern.”

Äpfel

Als letztes startete die Erntesaison der drei Äpfelerzeuger. Sie unterschieden sich in zwei kleinere Betriebe mit einem Jahresumsatz von unter 200.000€ pro Jahr und einen mittelständischen Apfelerzeuger. Einer der kleineren Betriebe bot seine Ware hauptsächlich über seinen Hofladen oder als Teil eines Lieferservice an. Der andere kleinstrukturierte Betrieb verkaufte Äpfel unterschiedlicher Sorten auf Märkten und im eigenen Hofladen. In beiden Fällen war der Anbau naturbelassen (Streuobstwiese) und es kamen keine Hilfsmittel zum Einsatz. Der Ertrag in der Saison war zufälligerweise recht gering ausgefallen, so dass nur wenige Äpfel geerntet werden konnten.
Der dritte, größere Betrieb baute konventionelle Äpfel unterschiedlicher, zum Teil alter Sorten an. Die größere Anbaufläche bedingte auch einen deutlich höheren Absatz. So bildeten den Hauptvertriebskanal vor allem verschiedene Einzelhandelsketten in der Region, aber auch der eigene Hofladen.
In diesem Betrieb fiel insbesondere seine Unterteilung der verschiedenen Äpfel in drei Klassen auf:
Klasse A enthielt Äpfel ohne äußere Schadstellen, welche der Betrieb als “Ferraris” innerhalb des angebotenen Sortiments beschrieb. Diese Äpfel wurden für einen Preis von 2,50 € / kg dem Einzelhandel und Kunden des Hofladens angeboten.
Klasse B enthielt Äpfel mit äußeren Schadstellen, z.B. verursacht durch Hagel, Sonnenstich oder Apfelschorf. Diese wurden zur Weiterverarbeitung, z.B. als Saft, zum Backen oder als Kompott angeboten. Äpfel der Klasse B wurden nur im Hofladen an bestimmte Endkunden zu einem deutlich geringeren Preis von 1,-- € / kg angeboten.
Die Klasse C enthielt Fallobst, das ggf. faulige Stellen aufweisen konnte. Diese waren z.B. für Tiere (Fütterung) oder zur Düngung der Plantage bestimmt und wurden an Endkunden verschenkt.

Bei diesem Betrieb war somit bereits ein grobes qualitätsbasiertes Dynamic Pricing gegeben. Der Betrieb gab an, dass eine Unterteilung der Klasse A in weitere Sub-Klassen von A in seiner Betriebsgröße und Kundenstruktur nicht rentabel sei: “Die Top-Äpfel [Klasse A] sind bereits die Ferraris unter den Äpfeln, für die ein höherer Preis verlangt wird und die auch vom Einzelhandel gekauft werden.” Der Betrieb argumentierte weiter, dass die feinen Unterschiede der verschiedenen Sub-Klassen zu gering seien, so dass der ungeübte Kunde dies nicht unterscheiden könne. Zumal die persönlichen Vorlieben des Kunden im

Geschmack und Aussehen die geringen Unterschiede der Sub-Klassen – klassifiziert nach der inneren Qualität – vollkommen überschatten würden.
Im Bezug auf den Verkauf von Äpfeln an den Einzelhandel gab der Betrieb an, dass die verkauften Äpfel grundsätzlich denselben Preis haben sollten, da aufgrund der Praktikabilität im Kassensystems des Einzelhandelsladens auch der Preis der Äpfel gleich sei.
Außerdem wollte der Betrieb einen noch höheren Preis als 2,50 € / kg allgemein vermeiden. Ein noch höherer Preis, selbst für die „Ferraris unter den Ferraris“, hätte einen zu hohen negativen Effekt: „Der hohe Preis bleibt unterbewusst in den Köpfen meiner Kunden, die diesen Preis automatisch mit anderen Preisen vergleichen und dann missinterpretieren. Preise für A-Ware sollten im besten Falle konstant bleiben.”

Großhändler

Der Großhändler unter den Pilotbetrieben zeichnete sich durch seine Größe mit ca. 90€ Mio Umsatz pro Jahr und einer Vielzahl an zertifizierten Handelspartnern aus. Gehandelt wurden ausschließlich zertifizierte Bio-Waren. Diese stammen von Unternehmen in einem Umkreis von ca. 200 km. Zu den allermeisten Betrieben bestand ein persönliches Verhältnis, das von Idealen zum Wohlergehen von Mensch und Natur geprägt ist. Bei einem Treffen im Betrieb wurde einem der Geschäftsführer FreshRegio vorgestellt und die Technik demonstriert. Es bestand Interesse an FreshRegio und an dem Konzept, jedoch wurde klar vermittelt, dass Messungen der Qualität in interne Logistikprozesse einfließen müssten. Dabei darf quasi keine Zeit verloren gehen: „Die Messungen müssten einen festen Bestandteil im Ablauf einnehmen und in Millisekunden vonstattengehen, nur dann ist es eventuell brauchbar.“

Durch die Größe des Händlers konnten im Gespräch mit dem Geschäftsführer noch weitere Einsatzgebiete FreshRegios in der internen Logistik des Unternehmens festgestellt werden.
So sieht das Unternehmen in der Qualitätseingangskontrolle Potential im Einsatz eines NIR-Scanners, um die innere - aber auch äußere - Qualität der Ware schnell und effizient zu beurteilen. Dazu könnte die Qualitätsbeobachtung des Wareneingangs aufgezeichnet und gespeichert werden, was eine hilfreiche Ausgangslage für Analysen im Nachgang darstellen würde.
Zu entsorgende Ware, wie z.B. Kundenreklamationen, könnte gescannt werden und so auf weitere Qualitätsmerkmale überprüft werden. Auch an dieser Stelle könnten durch Dokumentation der Reklamationsware im Nachgang wichtige Erkenntnisse entstehen.
Ein weiteres Einsatzgebiet der NIR-Technologie befindet sich in der Beobachtung der Ware über die Lagerzeit, welche sich über die Zeitspanne des Warenein- und -ausgangs zieht.

Durch die Beobachtung der Ware über die Lagerzeit ließe sich die Qualitätsveränderung der Früchte feststellen. Daraus könnten wertvolle Informationen über die Lagerstruktur entstehen.

Die Arbeiten in den o.g. Bereichen können den AP 2.2 (“Einsatz VNT und FreshRegio-Cloud”), AP 3.1 (“Erprobung FreshRegio”) und AP 3.2 (“Evaluierung”) zugerechnet werden und konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Da es sich um viele verschiedene Tätigkeiten handelt, werden diese der Übersichtlichkeit halber nochmal aufgeführt:

- Es fand Austausch mit LLK-Partnern zum Umgang mit der FreshRegio-Plattform statt. Zudem wurden Handelsdaten von LLK-Partnern auf der FreshRegio-Plattform auf Aktualität überprüft und ggf. ergänzt. (AP 2.2)
- Es fanden regelmäßig Probenahmen und Transport von Früchten der LLK-Partner statt. (AP 2.2)
- Die Regiothek stand den LLK-Partnern für Rückfragen bereit und demonstrierte den LLK-Partner die Nutzung der VNT sowie der FreshRegio-Plattform (AP 3.1)
- Zur Überprüfung der chemometrischen Modelle wurden Fruchtproben zum TCG transportiert. (AP 3.1)
- Die technischen Module der Plattform wurden in regelmäßigen Abständen gewartet, sodass eine durchlaufende Nutzung sichergestellt werden konnte. (AP 3.1)
- Abschließend fand eine Evaluierung und Nutzungsanalyse statt. Diese haben gezeigt, dass die Akzeptanz und Nutzung der VNT bei der Nutzergruppe begrenzt sind. Dies deutet darauf hin, dass die Marktfähigkeit der Food-Scanner in dieser speziellen Branche aktuell eher gering ist. Allerdings können einige technische Module hinsichtlich des B2B-Handels weiterhin sinnvoll wirtschaftlich verwertet werden. (AP 3.2)

Vergleich zur ursprünglichen Vorhabenbeschreibung

Inhaltlich stimmten die durchgeführten Arbeiten größtenteils mit der ursprünglichen Vorhabenbeschreibung überein. Einige Arbeiten, insbesondere die Ansprache von LLK-Partnern, wurden früher als geplant durchgeführt, um frühzeitig sicherzustellen, dass genügend LLK-Partner für das Projekt akquiriert werden konnten. Teilweise wurden Arbeiten später als geplant durchgeführt, da es zu Verzögerungen bei der Produktion der

Food-Scanner kam. Diese Verzögerungen hatten jedoch keine negativen Auswirkungen auf den Projektverlauf auf Seiten der Regiothek GmbH.
Die Hauptänderungen im Vergleich zum Projektplan waren:

- Die Übergänge der AP 1.5 zu 2.2 zu 3.1 waren oft fließend bzw. wurden zum Teil parallel abgehalten. Dazu trugen zum Großteil auch die unterschiedlichen Arbeitsfortschritte mit den einzelnen Betrieben bei, was auf die verschiedenen Erntesaisonen der Früchte und das unterschiedlich schnelle Abhandeln der Arbeitsschritte mit den einzelnen Betriebe zurückzuführen ist. Letztendlich konnten alle Arbeitsschritte mit den einzelnen Betrieben gut umgesetzt werden.
- Die eigenständige, alltägliche Nutzung der NIR-Geräte durch die am Projekt teilnehmenden Pilotbetriebe in der Praxisphase blieb aufgrund der niedrigen Praxisrelevanz im betriebswirtschaftlichen Alltag der kleinstrukturierten Betriebe weitestgehend aus. Die Betriebe konnten zum einen in der Praxisphase wenig bis keine Zeit für die Anwendung des NIR-Geräts aufbringen. Zum anderen spielte das Verkaufsargument von hochqualitativen Früchten auf Basis der Messung durch das NIR-Gerät beim Verkauf an potentielle Kunden der Betriebe eine untergeordnete Rolle. Um weitere Teilziele von FreshRegio, wie das Bauen von chemometrischen Modellen der Früchte, dennoch aufrechtzuerhalten, übernahmen Projektmitarbeiter der Regiothek und des TCG das zusätzlich notwenige Messen der Früchte.
- Die Software-Entwicklung (AP 1.3) hat bis zum Projektende stattgefunden. Grund hierfür war, dass auf technischer Ebene über die gesamte Projektlaufzeit hinweg kontinuierlich Anpassungen, technische Updates und technischer Support erforderlich waren, um die Plattform für die projektspezifischen Use-Cases funktionsfähig zu halten. Zu Beginn des Projekts war allerdings weniger Software-Entwicklung notwendig als ursprünglich geplant, da zunächst auf die Lieferung und Einsatzbereitschaft der Sensoren gewartet werden musste. Diese Verzögerung führte dazu, dass die Entwicklungsarbeiten in späteren Phasen intensiviert wurden, um die Anforderungen des Projekts vollständig zu erfüllen.

Verwendung der Zuwendung

Die Zuwendungen wurden gemäß den Projektanforderungen verwendet. Die Mittel wurden in die Entwicklung und Implementierung der FreshRegio-Plattform, die Erstellung von Informationsmaterialien und die Akquise sowie Betreuung / Befragung von LLK-Partnern investiert. Geringfügige Mittel wurden innerhalb der Arbeitspakete umverteilt. Das hängt vor

allem mit dem verschobenen Projektplan zusammen, der aufgrund der verspäteten Fertigstellung der Sensortechnik zurückzuführen ist.

Ergebnisse im Einzelnen

Technische Ergebnisse:

- Implementierung einer bidirektionalen Schnittstelle zur FreshRegio-Cloud
- Entwicklung eines Beta-Bereichs auf der Regiothek-Plattform, sowohl für LLK-Partner als auch Projektmanager
- Entwicklung technischer Module und Datenmodellierungen im B2B-Handel

Nicht-technische Ergebnisse:

- Erstellung und Verteilung von Informationsmaterialien
- Erstellung einer Bedienungsanleitung für die FreshRegio-App und NIR-Technologie
- Erfolgreiche Akquise von acht LLK-Partnern
- Durchführung von Messungen und Datenerhebungen in der Praxis

Haupterkenntnisse:

- Ein wirtschaftlicher Einsatz der Food-Scanner wird sich in der regionalen Lebensmittelbranche eher zurückhalten: Jede Fruchtsorte benötigt ein eigenes KI-Modell. Viele Betriebe, hauptsächlich kleinstrukturierte, haben verschiedene Sorten und von dieser oft eine geringe Anzahl. Dies ist vor allem im Bio-Segment der Fall. Zusätzlich ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass für jede Saison erneute Modelle für jede Fruchtsorte erstellt werden müssen, da sich die Früchte von Jahr zu Jahr in ihrer inneren Qualität unterscheiden, was einen jährlich erneuten Aufwand darstellt.
- Die im Projekt entwickelte Technik funktioniert für die Bedürfnisse des Projekts. Für einen flächendeckenden Einsatz in der Praxis ist sie jedoch zu langsam bzw. müsste an den einzelnen Betrieb angepasst werden.
- Kleinstrukturierte Lebensmittelbetriebe stehen oftmals unter sehr hohem wirtschaftlichen Druck. Sie können oft keine bis sehr wenig Zeit für außerbetriebliche Tätigkeiten wie die Teilnahme an einem innovativen Projekt aufbringen, bei dem der Nutzen erst nach geraumer Zeit eintritt bzw. der potentielle Nutzen für die Betriebe als ungewiss erscheint.
- Die objektive Qualitätsmessung der Früchte durch KI spielt für potenzielle Abnehmer der LLK-Partner eine untergeordnete Rolle und führt deshalb zu wenig wirtschaftlichen Mehrwert.

- Die wirtschaftlichen Verwertungsaussichten der Regiothek GmbH sind im Bereich B2B-Handel höher als im Bereich der NIR-Sensorik.

Feedback für ähnliche Projekte in Zukunft:

- Divers aufgestellte Betriebe werden auch zukünftig eher einen geringen Mehrwert von der Nutzung eines Food-Scanners erhalten.
- Größere Betriebe hingegen haben tendenziell mehr Interesse. Das liegt vor allem an der Unterscheidung ihrer Abnehmercharakteristiken im Vergleich zu kleinstrukturierten Betrieben und daran, dass die NIR-Technolgie für ihre größere interne Logistik an verschiedenen Stellen Optimierungspotential bietet (siehe Großhändler als Praxisbeispiel im Projekt). Dazu sind jedoch schnellere, marktreifere und an den Betrieb individuell angepasste Food-Scanner nötig.
- Im Projekt wurde bereits früh Feedback von potentiellen Nutzern eingeholt. Es wird empfohlen, viel Zeit für die Kommunikation mit der potentiellen Nutzergruppe einzuplanen, um zum einen von Anfang an gezielt interessierte und begeisterte Teilnehmer zu finden und früh Feedback einholen zu können und zum anderen im weiteren Verlauf die wichtige Praxisphase gut für das Projektvorhaben nutzen zu können.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Das FreshRegio-Projekt hat gezeigt, dass die Nutzung von NIR-Technologie und KI in der regionalen Lebensmittelkette auf der technischen Ebene möglich ist. Es wurden wertvolle Erfahrungen gesammelt, die in die weitere Entwicklung und Optimierung dieser Art von Systeme einfließen sollen. Der Mangel an Akzeptanz und offensichtlichem Mehrwert bei den kleinstrukturierten Partnern zeigt, dass diese nicht die potentielle Nutzergruppe darstellen. Das Interesse befindet sich vermehrt in größeren Unternehmen mit einer größeren internen Logistik. Dazu sollte der Hauptaugenmerk für eine wirtschaftlich praktikable Nutzung der NIR-Technologie in der Praxis auf der Einbettung der Scanner im Unternehmen liegen, um das System auf die Bedürfnisse des Unternehmens zuzuschneiden.

Der erfolgreiche Abschluss aller Projektphasen legt eine solide Grundlage für die weitere Implementierung und Nutzung der FreshRegio-Technologie. Zukünftige Arbeiten können sich unter anderem auf die Verfeinerung der Schnittstellen, die Erweiterung der Partnerbasis und die Integration der Messungen in die täglichen Abläufe der LLK-Partner konzentrieren.

2. Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die mit Abstand wichtigste Position in den Ausgaben der Regiothek GmbH des FreshRegio-Projekts waren die Personalkosten, die über 95 % des gesamten Budgets ausmachten. Diese Kosten deckten:

- IT-Entwicklung: Die Gehälter der Entwickler und IT-Spezialisten, die für die Implementierung der FreshRegio-Plattform, der bidirektionalen Schnittstelle zur FreshRegio-Cloud inkl. der UI und er Wartung verantwortlich waren.
- Partnerakquise: Kosten für das Personal, das für die Akquise von LLK-Partnern zuständig war.
- Arbeit mit Partnern: Personalkosten für die Unterstützung der LLK-Partner im Umgang mit der FreshRegio-Technologie und Plattform.

Die restlichen Ausgaben verteilten sich auf:

- Reisekosten: Reisekosten für Betriebsbesuche und persönliche Akquisegespräche mit potenziellen LLK-Partnern.
- Sonstige unmittelbare Vorhabenkosten: Dazu gehörten Kosten für die Erstellung und den Druck von Informationsmaterialien (Flyer und Broschüren) sowie die Versandkosten für die Verteilung dieser Materialien.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit

Die geleistete Projektarbeit im Rahmen von FreshRegio war notwendig. Jeder Teilschritt und jede Entwicklung wurde mit dem Ziel durchgeführt, den Nutzen mittels NIR und KI für die regionale Lebensmittelkette zu erzielen und die Effizienz der Systeme zu optimieren. Dabei haben wir konsequent darauf geachtet, die vorhandenen Mittel sparsam und wirtschaftlich einzusetzen. Insbesondere haben wir darauf geachtet, Kosten zu minimieren und Ressourcen effizient zu nutzen, um sicherzustellen, dass das Projekt sowohl technisch als auch wirtschaftlich nachhaltig umgesetzt wurde. Jede getroffene Entscheidung und jede umgesetzte Maßnahme wurde unter Berücksichtigung der finanziellen Effizienz durchgeführt, um die Projektziele im Rahmen des Budgets zu erreichen.

4. Voraussichtlicher Nutzen insbesondere Verwertbarkeit

Nach Projektende fokussiert sich die Regiothek GmbH auf die Weiterentwicklung des B2B-Handels, basierend auf den im Projekt entstandenen Komponenten. Die API-Entwicklungen werden fortgesetzt und sollen zur Optimierung von B2B-Handelsfunktionalitäten sowie zur Verbesserung der Interoperabilität beitragen. Die Zusammenarbeit mit SENORICS GmbH wird aufgrund ihrer Insolvenz nicht weiter verfolgt, und die NIR-Technologien werden aktuell nicht fokussiert. Details sind dem Verwertungsplan zu entnehmen.

5. Bekannt gewordener Fortschritt

Es sind keine relevanten Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt geworden, die für die Regiothek GmbH und die spezifischen Arbeitspakete (AP) von Bedeutung wären.

6. Geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Für uns als wirtschaftlichen Praxispartner steht die wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse im Vordergrund, anstatt die Veröffentlichung in wissenschaftlichen Papern oder Journals. Unsere Priorität liegt auf der praktischen Anwendung und der kommerziellen Nutzung der entwickelten Technologien und Lösungen. Details zur wirtschaftlichen Verwertung sind dem fortgeschriebenen Verwertungsplan zu entnehmen.