

## I. Kurzbericht in deutscher und englischer Sprache

Das Projekt „FriDa – Frische Daten“ hatte das Ziel einen verbesserten Informationsfluss entlang der Lebensmittel-Lieferkette zu schaffen und so bessere, datenbasierte Entscheidungen für alle Teilnehmer zu ermöglichen. Dabei wurden mehrere innovative Use-Cases entwickelt und mit Marktteilnehmern besprochen:

- Lückenlose Überwachung einer Lieferketten. Schwachstellenidentifikation und Bestimmung eines Frischedatums
- Objektivierung der Warenannahmeprüfung mittels Lebensmittelscanner
- Schnelle und objektive Qualitätsprüfung von Obst
- Ermittlung des optimalen Verkaufszeitraums zur Reduktion von Lebensmittelverlusten in Supermärkten

Um diese Projektziele zu erreichen, fand ein intensiver Wissensaustausch innerhalb des interdisziplinären Konsortiums zu Prädiktiven Modellen, KI und Cloud Datenverarbeitung statt. Durch den Projektpartner Universität Bonn (UBO) wurden umfangreiche Messreihen, sowohl mit klassischen physio-chemischen und mikrobiologischen Messmethoden als auch mit innovativen Methoden wie dem tsenso GmbH Handspektrometer, der Hyperspektralkamera (HSK) des Fraunhofer IOSB durchgeführt (Teilprojekt 1: Datenerhebung). Auf dieser Datenbasis wurden ein Qualitäts- und Sensorik-Index und Prädiktionsmodelle entwickelt. (Teilprojekt 2: Datenauswertung). Es wurde von ATB Bremen eine Datenplattform als offenes, dezentrales Daten- und Service-Framework auf Basis von standardisierten Schnittstellen entwickelt, die es ermöglicht, die zahlreichen, heterogenen entlang der Lebensmittel-Lieferkette anfallenden Daten zu erfassen und für geeignete Anwendungen verfügbar zu machen. (Teilprojekt 3: Plattform). Die oben genannten Use-Cases wurden prototypisch implementiert und von Euro Pool Systems und tsenso im Praxiseinsatz getestet und validiert. Die Ergebnisse der Validierung wurden vor Experten der Branche präsentiert und diskutiert. Es wurden Geschäftsmodelle entwickelt und potenziellen Kunden und Investoren vorgestellt (Teilprojekt 4: Validierung und Verstetigung).

The project "FriDa – Fresh Data" aimed to create an improved flow of information along the food supply chain and thus enable better, data-based decisions for all participants. Several innovative use cases were developed and discussed with market participants:

- End-to-end monitoring of a supply chain. Vulnerability identification and determination of a freshness date
- Objectification of the goods receiving inspections using a food scanner
- Fast and objective quality inspection of fruit
- Determination of the optimal sales period to reduce food losses in supermarkets

In order to achieve these project goals, an intensive exchange of knowledge took place within the interdisciplinary consortium on predictive models, AI and cloud data processing. The project partner University of Bonn (UBO) carried out extensive series of measurements, both with classical physiochemical and microbiological measurement methods as well as with innovative methods such as the tsenso GmbH handheld spectrometer, the hyperspectral camera (HSK) of the Fraunhofer IOSB (subproject 1: Data collection). On this basis, a quality and sensor index and prediction models were developed. (Subproject 2: Data Evaluation). ATB Bremen has developed a data platform as an open, decentralized data and service framework based on standardized interfaces, which makes it possible to record the numerous, heterogeneous data generated along the food supply chain and make it available for suitable applications. (Subproject 3: Platform). The above-mentioned use cases were implemented prototypically and tested and validated in practice by Euro Pool Systems and tsenso. The results of the validation were presented and discussed in front of experts from the industry. Business models were developed and presented to potential customers and investors (subproject 4: Validation and continuation).

## Zwischenbericht FriDa (281A505E19) für das Jahr 2022

### Allgemeine Angaben zum Vorhaben

Förderkennzeichen:	281A505E19
Zuwendungsempfänger:	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Tierwissenschaften, Dr. Antonia Albrecht, Katzenburgweg 7-9, 53115 Bonn
Vorhabenbezeichnung:	Verbundprojekt – Frische Daten: Optimierte Entscheidungsfindung entlang der Lieferkette von Obst, Gemüse und Fisch mittels eines offenen Daten- und Service-Frameworks u.a. mit Diensten zur Erfassung und Bewertung der Qualität und Frische der Lebensmittel (FriDa)
Laufzeit des Vorhabens:	01.11.2020 - 31.12.2023
Berichtszeitraum:	01.01.2022 - 31.12.2022

Dieser Zwischenbericht beinhaltet Ergebnisse und Ereignisse des Berichtszeitraumes vom 01.11.2020 bis 31.12.2023.

## 1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse

### AP 1 Datenerhebung

#### AP 1.1 Erhebung von Lebensmitteldaten (11/20-03/23)

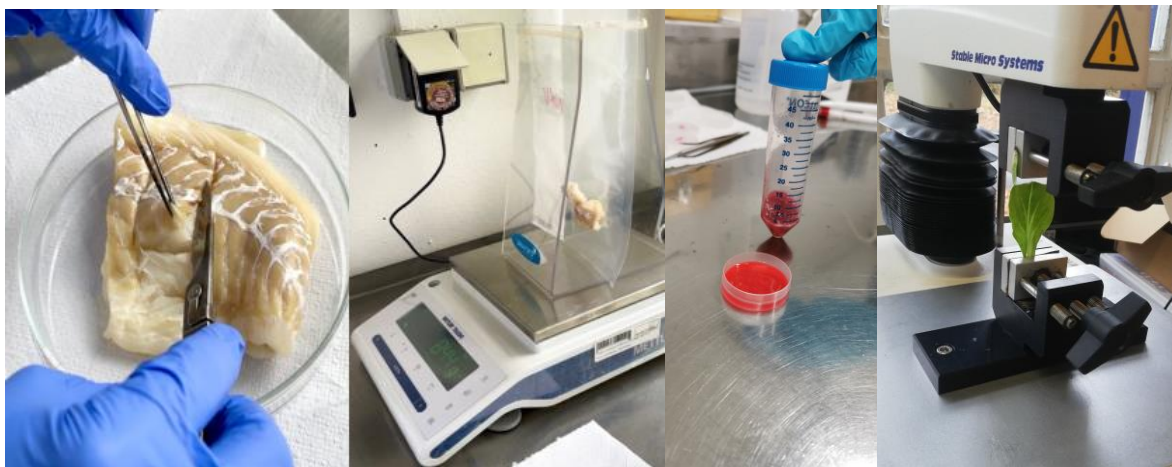
Zur Vorbereitung der Produktauswahl (s. AP 2.1) wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt. Die Recherche umfasste 30 verschiedene Lebensmittel und konzentrierte sich in erster Linie auf relevante Frischeparameter und die Möglichkeiten der Haltbarkeitsmodellierung. In Rücksprache mit den Projektpartnern wurde eine Bewertungsmatrix erstellt, die verschiedene lebensmittelrelevante Kriterien abbildet (z.B. Modellierbarkeit, Temperaturempfindlichkeit, Verderbsmechanismus, Lebensmittelsicherheit, wissenschaftlicher Neuheitsgrad, Möglichkeit der spektroskopischen Erfassung, etc). Basierend auf der Expertenmeinung der Projektpartner fand eine Bewertung der unterschiedlichen Kriterien auf einer Skala von 0 (uninteressant) bis 5 (sehr interessant) statt. Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse in AP 2.1 wurden in die Bewertungsmatrix integriert, um so eine Produktauswahl treffen zu können. Als Ergebnis dieser Arbeit wurden Himbeeren, Feldsalat und Kabeljau als Zielprodukte für das Projekt Frida ausgewählt.

#### ***Untersuchungen zum Verderb von Himbeeren, Feldsalat und Kabeljau***

Im Zeitraum von August bis Dezember 2021 wurden Lagerversuche mit Himbeeren und Feldsalat zur Erfassung der Qualitätseigenschaften und Verderbskinetiken durchgeführt. Zur Vorbereitung der Lagerversuche und zur Ermittlung der Produkteigenschaften wurden zudem Vorversuche durchgeführt. Es wurden insgesamt 160 Feldsalat- sowie 154 Himbeer-Proben untersucht, die unter den vier verschiedenen Temperaturbedingungen 2, 4, 10 und 15°C gelagert wurden. Die Analysen fanden an je acht zuvor definierten Untersuchungszeitpunkten entlang der Lagerdauer statt (Anzahl der untersuchten Proben je Untersuchungstag: n=5). An jedem der acht Untersuchungstage wurde ein Set von mikrobiologischen, sensorischen und physikochemischen Parametern erfasst. Ab Juli 2022 fanden erneute Lagerversuche mit dem Produkt Feldsalat statt. Der Fokus lag hier auf dem Einfluss verschiedener Luftfeuchtigkeiten und Lagertemperaturen auf den Verderb. Es wurden insgesamt 267 Feldsalatproben untersucht, die in Kombination drei verschiedener Temperaturen (4°C, 10°C, 15°C) mit verschiedenen Luftfeuchtigkeiten (60%, 93%) gelagert wurden. Als Kontrollversuch wurde eine 4°C-Reihe bei komplett verschlossener Verpackung, ohne Luftaustausch mit der Umgebung, durchgeführt. Die Lagerung

der Proben erfolgte in der dafür beschaffenen Klimakammer, in der die Einstellung genauer Luftfeuchten bei verschiedenen Temperaturen möglich ist. Die Analysen fanden an je acht zuvor definierten Untersuchungszeitpunkten entlang der Lagerdauer statt (Anzahl der untersuchten Proben je Untersuchungstag: n=5). Dabei wurde das Set mikrobiologischer, sensorischer und physikochemischer Parameter aus den vorigen Versuchen erfasst. Zusätzlich wurde als neuer, potenziell aussagekräftiger Verderbsparameter, die fluoreszenzbasierte Bestimmung von Chlorophyll, Flavonoiden, Phytoalexinen und Anthocyanen mittels Fluorometer vorgenommen.

Ab Frühsommer 2023 wurden Lagerversuche mit Kabeljau durchgeführt, bei denen typische Qualitätsparameter (Sensorik, Mikrobiologie, pH-Wert, Verpackungsatmosphäre und weitere) aufgenommen wurden. Darüber hinaus wurden Testverfahren für *Salmonella* sp. und *Listeria* sp. angewandt, um die Belastung mit Pathogenen zu bewerten. Die Untersuchungen erfolgten bei 5 konstanten Lagertemperaturen (2°C, 4°C, 7°C, 10°C, 15°C) und einem dynamischen Temperaturszenario um Haltbarkeitsmodelle im Labormaßstab zu entwickeln und zu validieren. Parallel zur dynamischen Temperaturreihe wurde eine Kontrollreihe bei 2°C durchgeführt. Insgesamt wurden dabei 269 Kabeljau-Filets an acht bis neun Untersuchungstagen pro Versuch analysiert (5 Proben je Untersuchungstag).



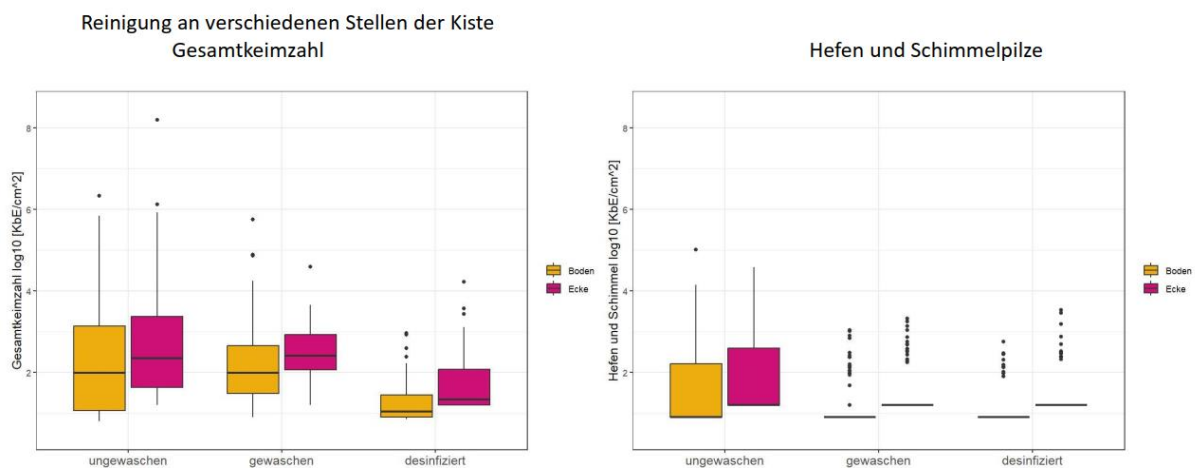
**Abbildung 1 Untersuchung der Produkte Kabeljau, Himbeere und Feldsalat im Labor**

### ***Mikrobiologische Untersuchung von Mehrwegsteigen***

Im Zeitraum von November 2021 bis August 2023 fanden in vier Versuchsblöcken Untersuchungen der Mehrwegsteigen in Zusammenarbeit mit EPS statt. Dabei wurden insgesamt 165 Kisten an verschiedenen Schritten des Wasch- und Desinfektionszyklus untersucht. Es erfolgte eine Beprobung der Bodenfläche und der Kistenecke, wobei insgesamt 838 Proben genommen wurden. Die Beprobungsmethode mit Tupfern erfolgte nach DIN-10113-1 und ist im Zwischenbericht des Jahres 2021 beschrieben. Es

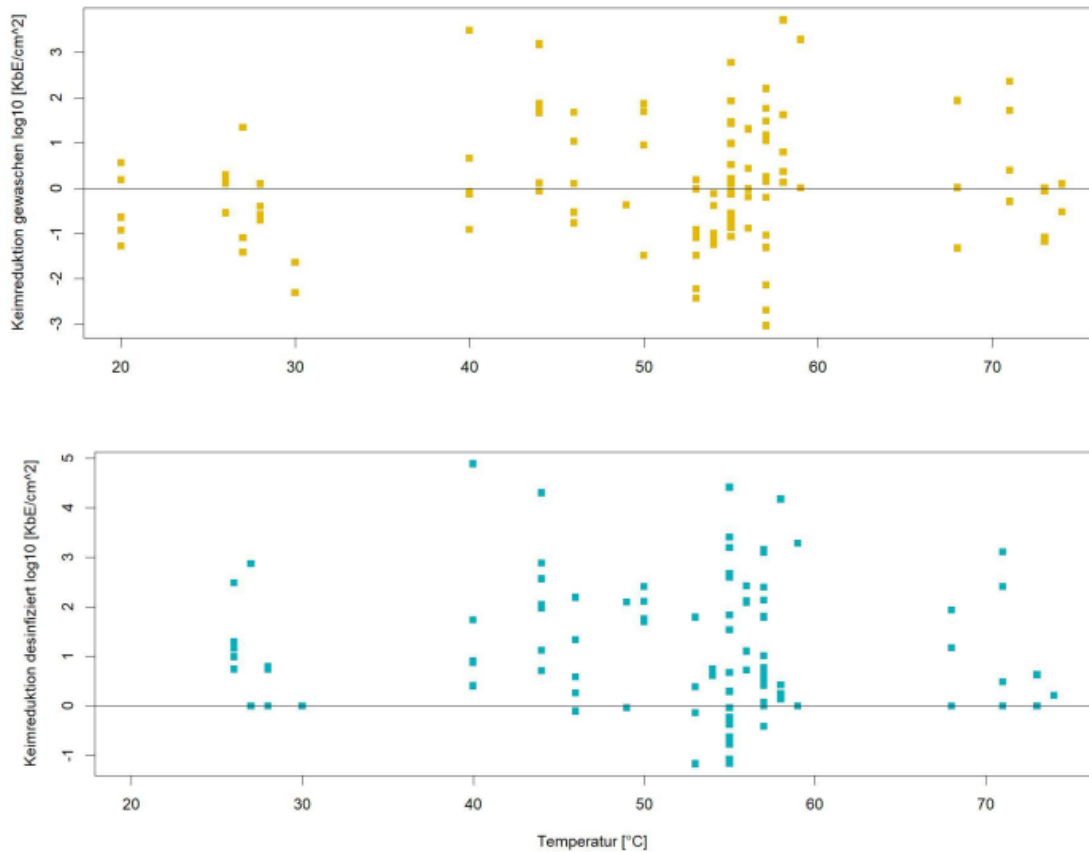
wurde das Keimspektrum mit Fokus auf die Gesamtkeimzahl, Enterobacteriaceae, coliformen Keimen, Pseudomonaden, Hefen und Schimmelpilzen untersucht. Darüber hinaus wurde in Mischproben ein Pathogenscreening auf *Listeria* spp. und *Bacillus* spp. durchgeführt. Im letzten Versuchsblock wurde zusätzlich die Evaluierung einer Schnellerkennungsmethode mit einem ATP-Messgerät durchgeführt, das EPS für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt hatte. Zur Dokumentation der Funktionstüchtigkeit der Anlage wurden außerdem die Waschttemperaturen der Anlage aufgezeichnet.

Die Ergebnisse bestätigen die effektive Reinigungsleistung der Anlage, die in den vorigen Untersuchungen gezeigt wurde. Durch die Desinfektion der Kisten wird die Keimbelastung der Kisten noch einmal deutlich reduziert (2). Insbesondere Enterobacteriaceae waren nach der Desinfektion nicht mehr nachweisbar. Sowohl bei Untersuchung der ungereinigten als auch der gereinigten und desinfizierten Kisten zeigt sich eine erhöhte Kontamination der Kistenecken im Vergleich zum Boden. Diese Beobachtung wurde in allen Untersuchungsjahren gemacht. Es lässt sich schlussfolgern, dass Keimansammlungen vermehrt in den Ecken stattfinden und die Reinigungsprozesse durch die Zugänglichkeit effektiver auf dem Boden stattfinden.



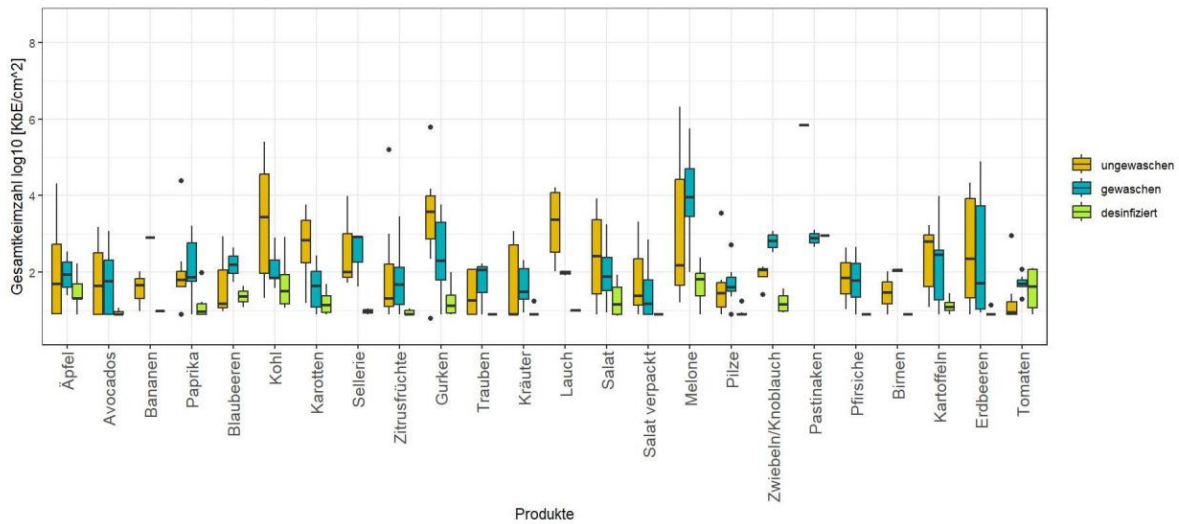
**Abbildung 2 Keimbelastung von Mehrwegstein vor und nach dem Wasch- und Desinfektionsprozess mit der Gesamtkeimzahl (links) und Hefen und Schimmelpilzen (rechts)**

An einzelnen Versuchstagen wurde eine ungenügende Reinigungsleistung der Anlage festgestellt, die in enger Zusammenarbeit mit der Qualitätssicherung bei EPS direkt kommuniziert wurde um die Ursachensuche zu unterstützen. Hierbei ist eine mögliche Rekontamination der Kisten über das Waschwasser aufgefallen, die teilweise durch die Waschttemperaturen der Anlage erklärt werden kann. So fielen niedrige Keimreduktionen der Anlage vor allem bei einer Temperatur des Waschwassers unter 30°C auf; deutlich höhere Keimreduktionen wurden bei Temperaturen über 40°C gemessen (Abbildung 3).



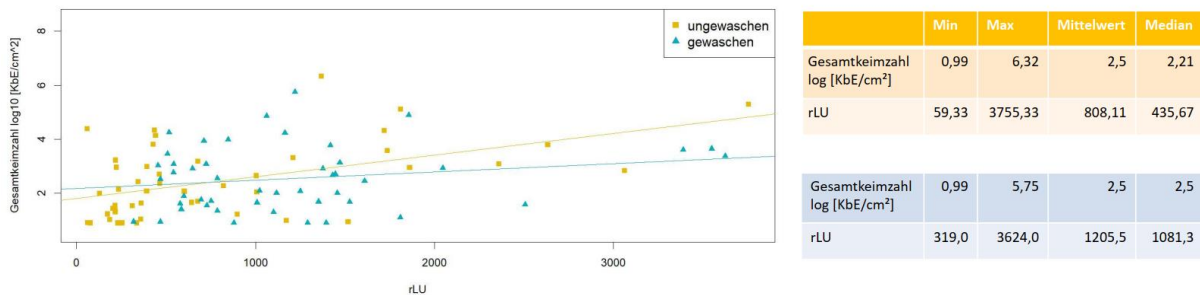
**Abbildung 3 Keimreduktion im Wasch- und Desinfektionsschritt bei verschiedenen Temperaturen des Waschwassers**

Die Kontamination der Kisten unter Betrachtung der ursprünglich gelagerten Produkte zeigte, dass insbesondere bodennah wachsende Gemüsesorten (u.a. Karotten, Kohl, Lauch, Radieschen) hohe Anfangskontaminationen der Kisten zeigten (Abbildung 4). Hierbei ist jedoch zu beachten, dass es sich um unterschiedliche Stichproben je Produkt handelte. Darüber hinaus gibt es eine größere Verschmutzung, wenn die Produkte unverpackt in den Kisten transportiert werden. Als großes Risiko für Verschmutzung der Kisten und Kreuzkontamination der Lebensmittel wurde das sogenannte „Black-use“ identifiziert, also die nicht sachgemäße Verwendung der Kiste. Hierbei sind besonders Kisten aufgefallen, die offenbar auf dem Ackerboden standen um direkt in die Kiste ernten zu können. Diese zeigten eine besonders starke Verschmutzung. Im Laufe der Reinigung und Desinfektion zeigten sich vergleichbare Kontaminationen aller Kisten, unabhängig der darin gelagerten Lebensmittel.



**Abbildung 4 Mikrobielle Belastung der Mehrwegsteigen vor und nach dem Wasch- und Desinfektionsprozess für verschiedene Produkte**

Die Einbeziehung des ATP-Messgerätes als Schnellerkennungsmethode zeigten eine schwache Korrelation zu mikrobiologischen Kennwerten (Abbildung 5). Dabei war die Streuung der Daten so groß, dass das Messgerät kaum zur Vorhersage der Gesamtkeimzahl oder anderer mikrobiologischer Parameter genutzt werden kann. Es zeigte sich eine große Überlappung der Datenpunkte bei ungewaschenen und gewaschenen Kisten, so dass das ATP-Messgerät auch nicht zur schnellen Identifizierung großer mikrobiologischer Verunreinigungen eingesetzt werden kann.



**Abbildung 5 Korrelation zwischen rLU (relative Light Units) des ATP-Messgerätes mit der Gesamtkeimzahl bei gewaschenen und ungewaschenen Mehrwegsteigen**

### AP 1.2 Lebensmittelscanner (11/20-02/23)

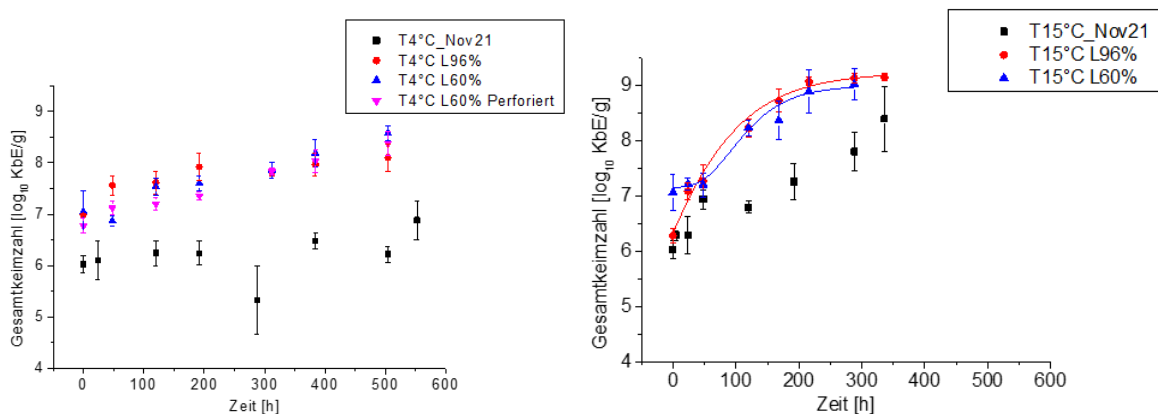
Während der oben beschriebenen Lagerversuche mit Feldsalat, Himbeeren und Kabeljau wurden drei verschiedene mobile spektroskopische Messgeräte, sog. Lebensmittelscanner, verwendet, um eine chemometrische Qualitätsbestimmung der Produkte entlang der Lagerdauer durchzuführen. Die Scanner FreshDetect, UVISNIR Freshanalytics sowie Specimen IQ wurden von den Projektpartnern IOSB und

Tsenso zur Verfügung gestellt. Die Durchführung der Messungen erfolgte in den Räumen der Universität Bonn im Rahmen der Lagerversuche. Dafür wurden seitens der Universität Bonn Studierende rekrutiert, die die Messungen im Auftrag von tsenso durchführten. Die Messdaten wurden direkt in die dafür bereitgestellte Datencloud der Projektpartner übertragen. Darüber hinaus wurden den Projektpartnern alle im Labor der Universität Bonn erhobenen Lebensmitteldaten zur Evaluierung der Schnellerkennungsmethoden und Modellbildung zur Verfügung gestellt.

## AP 2 Datenauswertung

### AP 2.2 Food Modelle & Risikobewertung (03/21-06/23)

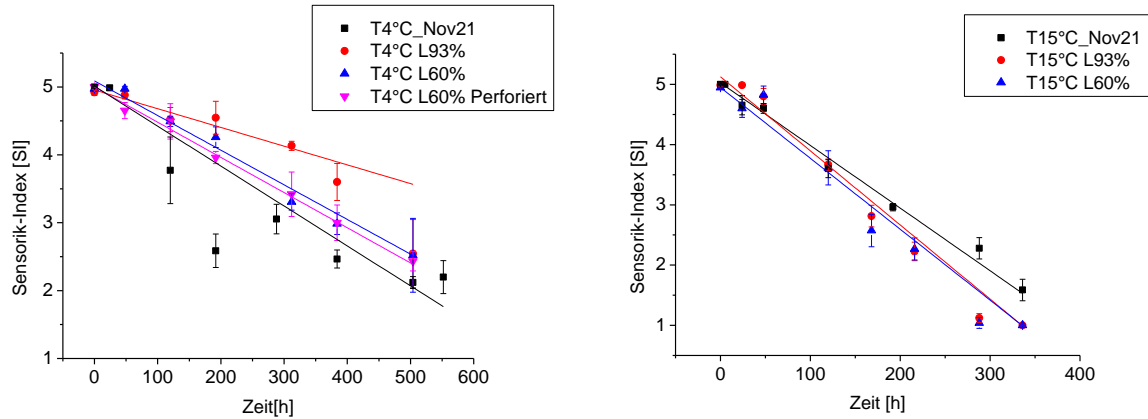
Die Modellierung mikrobiologischer Parameter erfolgte für alle Produkte auf primärer Modellebene durch das modifizierte Gompertz-Modell. Die Ergebnisse der Himbeer- und ersten Feldsalatstudie sind dem Zwischenbericht für das Jahr 2021 zu entnehmen. Die Ergebnisse der Versuchswiederholung bestätigen, dass eine Modellierung der Haltbarkeit mit dem Gompertz-Modell bei Feldsalat nur für höhere Temperaturen greift. Die Versuche zeigen, dass hohe und niedrige Luftfeuchten vergleichbares Wachstum der Gesamtkeimzahl je nach Lagertemperatur zeigten (Abbildung 6). Weiterhin zeigte sich, dass die Anfangskeimgehalte der Proben höher sind als die der Versuche der vorigen Studie. Dies kann auf die erhöhten Außentemperaturen während der Studiendurchführung im Sommer zurückzuführen sein.



**Abbildung 6 Einfluss der Luftfeuchte und Lagertemperatur auf das Wachstum der Gesamtkeimzahl auf Feldsalat im Vergleich zu Ergebnissen der vorigen Studie, links: 4°C, rechts 15°C**

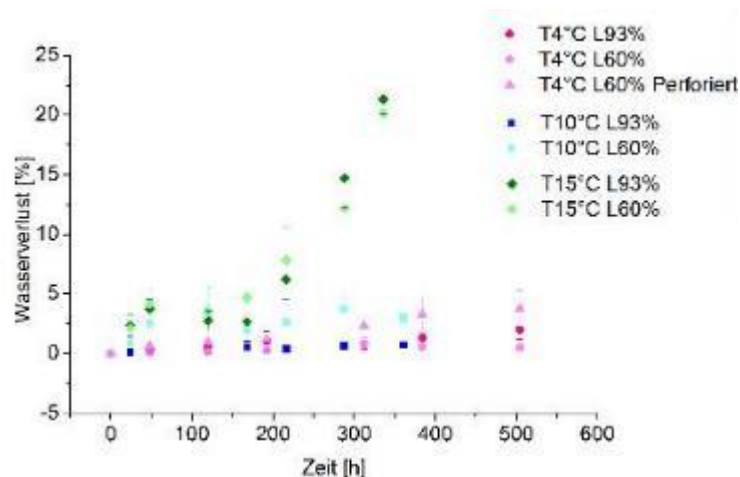
In der sensorischen Bewertung wurde deutlich, dass der langsamste Qualitätsverlust bei der Parameterkombination 4°C und 93% Luftfeuchte auftritt. Zwischen der komplett verschlossenen Verpackung und der bei 60% Luftfeuchte gelagerten Verpackung gab es bei der 4°C-Reihe keinen signifikanten Unterschied. Im Vergleich zu den 4°C-Lagerversuchen aus dem Vorjahr, zeigten die Produkte bei den Versuchen im aktuellen Berichtszeitraum eine etwas

längere Haltbarkeit. Das könnte an den klimatischen Bedingungen, an der Feldsalatsorte oder auch dem Lieferantenwechsel liegen. Bei der höheren Lager Temperatur von 15°C konnte kein signifikanter Einfluss der Luftfeuchtigkeit festgestellt werden. Hier war der Feldsalat etwas kürzer haltbar im Vergleich zu den Versuchen von 2021.



**Abbildung 7: Einfluss der Luftfeuchte und Lager Temperatur auf die Sensorik von Feldsalat im Vergleich zu Ergebnissen der vorigen Studie, links: 4°C, rechts 15°C**

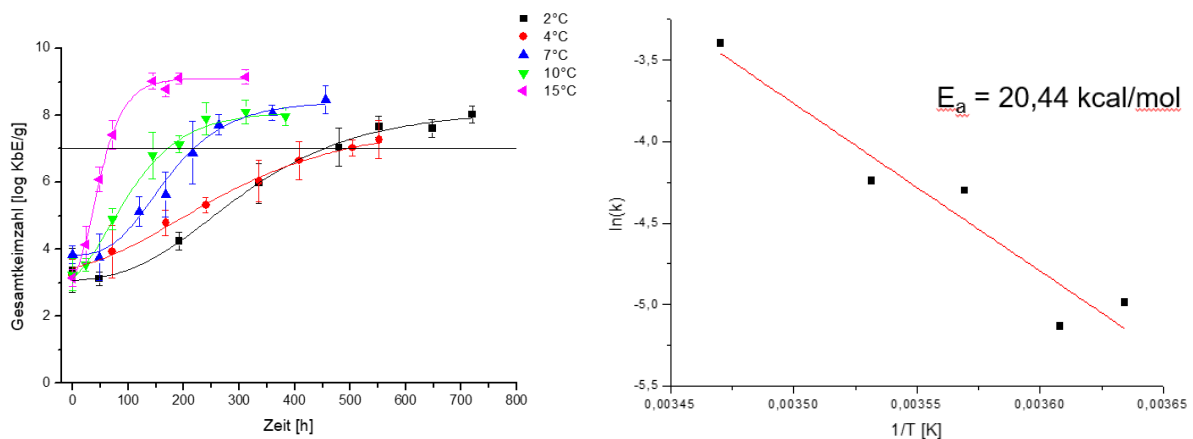
Der Einfluss von Luftfeuchte und Lager Temperatur auf den Wasserverlust des Feldsalates ist in Abbildung 8 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Luftfeuchte nicht bei allen Lager Temperaturen einen Einfluss auf den Wasserverlust des Produktes hat. So findet der Wasserverlust bei 15°C signifikant schneller statt und erreicht insgesamt ein höheres Ausmaß, was auf eine beschleunigte Dehydrierung im Vergleich zu niedrigen Lager Temperaturen hinweist. Auch bei den Temperaturen 10°C und 4°C findet ein erhöhter Wasserverlust bei 60% Luftfeuchte statt, während die hohe Luftfeuchte von 93% einen längeren Produkterhalt unterstützt. Der Einfluss der Luftfeuchte auf den Wasserverlust ist bei 10°C am größten.



**Abbildung 8 Wasserverlust von Feldsalat bei unterschiedlichen Lagerbedingungen**

Bei den Untersuchungen von Feldsalat wurde festgestellt, dass von allen Untersuchungsparametern die Mikrobiologie, die Sensorik und der Gewichtsverlust die größte Aussagekraft für den Frischeverlust darstellen.

Die Kabeljauversuche zeigten eine gute Modellierbarkeit der Gesamtkeimzahl mit dem Gompertz-Modell über alle Temperaturen, wobei die mikrobiologischen Parameter die aussagekräftigsten für den Verderbsprozess waren im Vergleich zu allen anderen aufgenommenen Parametern. Die temperaturabhängige Wachstumsgeschwindigkeit der Mikroorganismen wurde im sekundären Modell mit dem Arrhenius-Modell beschrieben und eine Aktivierungsenergie von 20,44kcal/mol ermittelt (Abbildung 9). Beide Modelle bilden die Grundlage für die dynamische Haltbarkeitsmodellierung.



**Abbildung 9 Mikrobiologischer Verderb von Kabeljau in Abhängigkeit von der Temperatur in der primären (links) und sekundären Modellierung (rechts)**

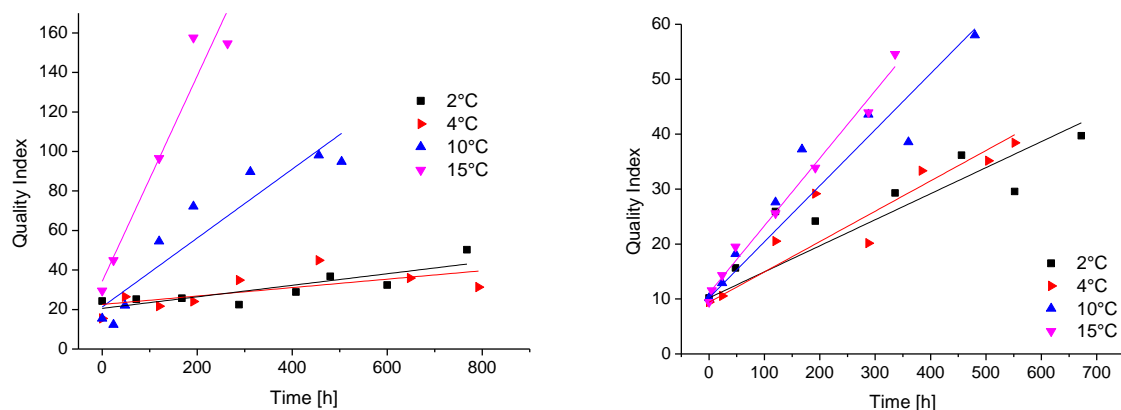
Die Keimbelastung am ersten Untersuchungstag lag bei allen Versuchen zwischen 3 und 4 log KbE/g, was auf relativ geringe Unterschiede zwischen verschiedenen Chargen hinweist. Dies liegt vermutlich darin begründet, dass der Fisch direkt nach Fang und Verarbeitung tiefgefroren wird und direkt nach Auftauen frisch ausgeliefert wird. Geringe Unterschiede in der mikrobiologischen Belastung verschiedener Produktchargen sind eine Voraussetzung für eine möglichst genaue Vorhersagekraft dynamischer Haltbarkeitsmodelle. Die Genauigkeit kann durch die Einbindung der Scanner noch erhöht werden.

### AP 2.3 Dynamisches Haltbarkeitsdatum & Algorithmen (10/21-06/23)

Die Ergebnisse sowohl der Feldsalat-, als auch der Himbeerversuche zeigten, dass eine mikrobiologische Modellierung der Haltbarkeit aufgrund unterschiedlicher Verderbsprozesse je nach Lagertempe-

ratur schwierig ist. Aufgrund dessen wurde zur Berechnung einer verlässlichen Haltbarkeit ein Qualitätsindex gebildet, in den die Parameter Gewichtsverlust, Veränderung des Sensorik-Index und Mikrobiologie (Wachstum der Gesamtkeimzahl) einfließen. Die Parameter wurden zunächst harmonisiert und an eine prozentuale Berechnung angepasst. Die Parameter Mikrobiologie und Sensorik wurden bei der Bildung des Qualitätsindex priorisiert, da v.a. das mikrobiologische Wachstum auch im Hinblick auf die Lebensmittelsicherheit von hoher Relevanz ist. Der Gewichtsverlust geht zu 1/3 in die Berechnung ein.

Der Qualitätsindex zeigt, dass die Abbildung der Haltbarkeit von Himbeeren und Feldsalat durch die Parameterkombination möglich ist und Unterschiede in der Haltbarkeit bei verschiedenen Temperaturen gezeigt werden können (Abbildung 10). Folglich bietet er einen vielversprechenden Ansatz für die dynamische Qualitäts- und Haltbarkeitsbestimmung der beiden Produkte. Eine Optimierung ist weiterhin nötig, v.a. durch die Integration weiterer mikrobiologischer Daten. Außerdem ist eine genaue Unterscheidung des Verderbsverlaufs im Niedrigtemperaturbereich weiterhin schwierig und muss weiter untersucht werden.

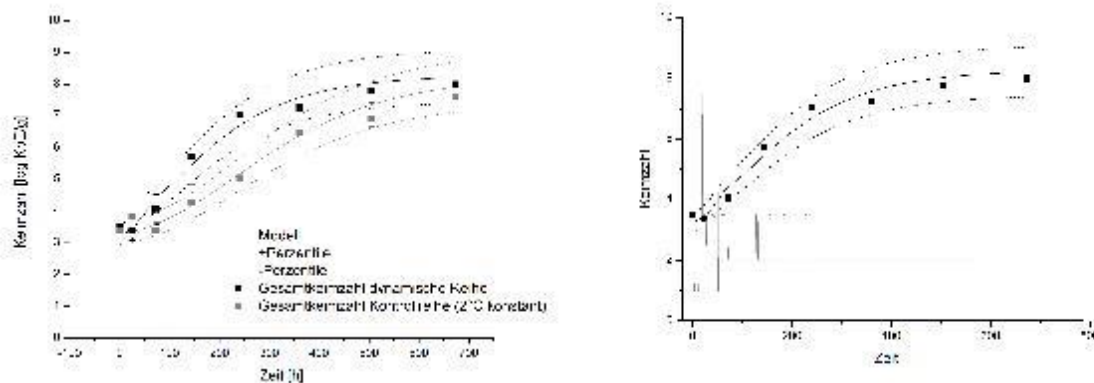


**Abbildung 10 Bildung eines Qualitätsindex aus Gewichtsverlust, Sensorik und Mikrobiologie zur Bestimmung der Haltbarkeit von Himbeeren (links) und Feldsalat (rechts)**

Zwischen den Partnern tsenso, IOSB und Universität Bonn fanden regelmäßige Treffen zur Besprechung der Auswertung, Modellentwicklung und Algorithmen statt. Der Qualitätsindex wurde im Sommer 2022 den Partnern der Auswertungsrunde und kurz darauf dem gesamten Projektkonsortium zur Diskussion und Weiterentwicklung vorgestellt um eine Einbindung in Datenaustauschsysteme und Scannerdaten zu ermöglichen.

Für Kabeljau wurde die primäre und sekundäre Modellierung der Gesamtkeimzahl in Abhängigkeit der Temperatur in ein dynamisches Haltbarkeitsmodell umgesetzt. Damit konnte aufbauend auf den Tem-

peraturdaten im dynamischen Lagerversuch die Entwicklung der Keimzahl mit hoher Genauigkeit vorhergesagt werden. Die Vorhersage war ebenso valide für den zum dynamischen Szenario durchgeführten Kontrollversuch bei 2°C (Abbildung 11). Durch den dynamischen Versuch wurde das Haltbarkeitsmodell im Labormaßstab validiert, so dass eine Validierung in der Praxis möglich ist. Diese steht vor der Implementierung in die Praxis, um eine Haltbarkeitsvorhersage in real-time zu ermöglichen, wenn Temperaturdaten zur Verfügung stehen.



**Abbildung 11 Dynamische Modellierung der Gesamtkeimzahl auf Kabeljau im dynamischen Versuch mit Kontrolle (links) und im dynamischen Versuch mit Temperaturprofil (rechts)**

**AP 3.2 Prototypische Anwendungsentwicklung zur optimierten Entscheidungsfindung entlang der Lieferkette (05/22-04/23)**

Die Uni Bonn stellte ihre Expertise zu Lieferkettenstrukturen, kritischen Kontrollpunkten und Prozessen im Qualitätsmanagement zur Verfügung um eine optimale Anwendungsentwicklung zu gewährleisten. Außerdem wurden in AP 1 umfassende Recherchearbeiten zu Produkten durchgeführt, deren Ergebnisse in AP 3.2 integriert werden können. Darüber hinaus wurden in den monatlichen Projektmeetings Erfahrungswerte über die zu erwartenden Datenmengen, Datenstrukturen und Arbeitsansätze zur Datenharmonisierung zur Verfügung gestellt.

**AP 4.1 Praxisvalidierung (12/20-08/23)**

Überlegungen der Anwendbarkeit und Übertragung in die Praxis wurden wiederholt diskutiert, wobei die Universität Bonn mit ihrer umfassenden Expertise eine realistische Einschätzung der Implementierung unterstützt hat. Besonderer Fokus lag dabei auf der Schaffung eines praxisnahen Anwendungsfeldes mit realistischem Mehrwert für alle beteiligten Akteure der Lebensmittellieferkette. Hierbei wurde darauf hingewiesen, dass eine effiziente Auswertung der Scannerdaten und Konzentration auf relevante Vorhersageparameter vonnöten ist, wenn man eine wirtschaftliche Verwertung des Gesamtsystems anstreben will. Zudem erinnerte die Universität Bonn daran, den Fokus der Praxisvalidierung

auf die in AP 1.1 ausgewählten Lebensmittel (Feldsalat, Himbeeren, Kabeljau) zu legen, da hierfür die im Labor der Universität Bonn erarbeiteten Referenzdaten vorliegen. Für andere Lebensmittel, wie z.B. Mango oder Koriander (Vorschlag der Projektpartner), liegen diese Referenzdaten nicht vor, so dass eine Praxisvalidierung des Gesamtsystems als weniger aussichtsreich eingeschätzt wird.

Abschließend wurden im Herbst/Winter 2023 Point-of-Sale-Studien an Feldsalat und Himbeeren durchgeführt. Bei diesen Versuchen wurden Proben am Point of Sale bezogen, um nachfolgend im Labor die mikrobiologische Belastung und Produktqualität zu bestimmen. Dies diente der genauen Beschreibung des aktuell

#### **AP 4.2 Verbreitung und Vernetzung: „Versuchsküche: Frische Daten (02/22-08/23)**

Die Universität Bonn unterstützte die Projektpartner, vor allem EPS, bei der Formulierung der Ausschreibung zur Open Innovation Challenge (OIC) und Diskussion organisatorischer Herausforderungen. Darüber hinaus wurden gemeinsam Möglichkeiten zur Verbreitung der OIC erarbeitet und auf Anregung der Universität Bonn das DigiFood-Projekt einbezogen.

#### **AP 4.3 Verstetigung und Verwertungsplanung (08/22-09/23)**

Im Mai 2022 wurde der Artikel „Digitalisierung für frische Obst- und Gemüseprodukte“ – federführend von der Uni Bonn in Zusammenarbeit aller Projektpartner verfasst – in der Fachzeitschrift „Der Lebensmittelbrief“ veröffentlicht. Im Rahmen der internationalen Fachkonferenz „foodMicro“ im August 2022 wurde zur Vorstellung der Ergebnisse ein Poster mit dem Titel „Dynamic modeling of the shelf life of fresh fruits and vegetables in real-time – a multivariate approach“ vorgestellt. Im Oktober 2022 fand die Teilnahme an den BLE-Innovationstagen statt, an denen sowohl während der Veranstaltung als auch insbesondere während des Workshops des VuT-Projektes „DigiFood“ ein reger Austausch mit den Projektpartnern und weiteren KollegInnen aus Forschung und Industrie stattfand. Mit dem Projektpartner IOSB fanden Gespräche zur Vorbereitung einer gemeinsamen Publikation der Versuchsergebnisse statt.

## **2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung**

Aufgrund der Corona-Pandemie konnten seit Projektbeginn im November 2020 einige Arbeitspakete nur verzögert starten, da die Laborarbeit zwischen Januar und Mai 2021 durch Richtlinien der Uni Bonn nur stark eingeschränkt stattfinden konnte. Davon betroffen waren die Arbeitspakete AP1.1 und 1.2. Außerdem verzögerte sich durch eine verlängerte Suche eines geeigneten Lieferanten sowie durch die Saisonalität und Ernteauffälle der ausgewählten Produkte der Untersuchungszeitraum, sodass die

Mehrheit der praktischen Arbeiten im Labor in der zweiten Jahreshälfte stattfanden. Erschwerend kam hinzu, dass die Rekrutierung von Studierenden oder Hilfskräften für das Projekt nur sehr schleppend verlief, da potentielle Kandidaten ihre wegen der Pandemie verzögerten Auslandssemester nachholen oder einen sehr zügigen Studienabschluss anstrebten und nicht für praktische Laborarbeiten zu gewinnen waren.

**3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?**

Aufgrund der o.g. Gründe und der damit einhergehenden Verschiebungen der Arbeitspakete wurde der Zeitplan zur Beendigung der einzelnen Arbeitspakete gegenüber dem ursprünglichen Antrag in Absprache mit allen Partnern angepasst. Die Aussichten für die Erreichung der geplanten Ziele haben sich dadurch nicht geändert.

**4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind (auch Darstellung der aktuellen Informationsrecherchen nach Nr. 1.2 NABF)?**

Innerhalb des Berichtszeitraums sind keine FE - Ergebnisse von Seiten Dritter bekannt geworden, die relevant für die Durchführung und Erreichung des Projektziels des Vorhabens sind.

**5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Zurzeit sind keine inhaltlichen Änderungen in der Zielsetzung notwendig.

## 6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans

FKZ:	281A505E19
Projekttitle:	Frische Daten: Optimierte Entscheidungsfindung entlang der Lieferkette von Obst, Gemüse und Fisch mittels eines offenen Daten- und Service-Frameworks u.a. mit Diensten zur Erfassung und Bewertung der Qualität und Frische der Lebensmittel (FriDa)

1. Angestrebte Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und bereits erteilte Schutzrechte		
Lfd.Nr.	Konkrete Verwertung	Zeithorizont
	Derzeit ist keine Patentanmeldung geplant und es sind keine Patente, die das Vorhaben betreffen, angemeldet. Es wird sich jedoch vorbehalten, evtl. Lizenzen in Bezug auf die Haltbarkeitsmodelle zu vergeben. Diese Möglichkeit muss jedoch zunächst durch die Rechtsabteilung der Universität und evtl. entsprechende Patentanwälte geprüft werden.	

2. Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende		
Lfd.Nr.	Konkrete Verwertung	Zeithorizont
	<p>Der Umsatz in der Obst- und Gemüseverarbeitung ist allein in Deutschland laut Statista in den letzten zehn Jahren von 8,9 Mio. € (2010) auf rund 11,3 Mio € gestiegen. Vor allem die steigende Nachfrage nach regionalen und saisonalen Produkten, als auch das erhöhte Nachhaltigkeitsbewusstsein bei den Konsumenten trägt maßgeblich dazu bei. Gleichzeitig entstehen entlang der Wertschöpfungskette über 6 Mio. t vermeidbare Lebensmittelabfälle (Thünen-Report, 2015). Den Hauptanteil machen dabei frische Obst- und Gemüseprodukte aus. Daraus ergibt sich ein steigendes wirtschaftliches, politisches und gesellschaftliches Interesse, Lebensmittelabfälle im Obst- und Gemüsektor zu senken. Neuartige Systeme zum Monitoring der Lieferketten, flexibler Datenaustausch und eine Optimierung der Logistikwege sind daher von großem Interesse für alle Akteure der Lieferkette. Insgesamt sind die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten des kettenübergreifenden Monitoringsystems dieses Projekts daher als sehr gut zu bewerten. Sie werden im Folgenden für die Universität Bonn im Einzelnen ausgeführt:</p>	
2.1	Bei erfolgreicher Umsetzung des Forschungsprojektes ergibt sich eine gute Chance auf weitere Forschungsprojekte in diesem Bereich. Derzeit	2025

	wird die Möglichkeit der Umsetzung neuer Forschungsvorhaben in dem Bereich an der Universität Bonn oder anderen Universitäten geprüft.	
--	--	--

<b>3. Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende</b>		
Lfd.Nr.	Konkrete Verwertung	Zeithorizont
3.1	Steigerung der wiss. Konkurrenzfähigkeit durch Publikationen. Die gewonnenen Ergebnisse sollen in mind. 3 Veröffentlichungen in hochrangigen Journals veröffentlicht werden. Die Ergebnisse der Haltbarkeitsmodellierungen der Produkte Himbeeren und Feldsalat werden für die ersten Publikationen in einem Fachjournal genutzt. Weiterhin ist die Publikation des Hygienemonitorings der Steigen im Jahr 2024 geplant. Darüber hinaus sind Publikationen zur Entwicklung des Qualitätsindexes und Charakterisierung des Verderbsprozesses von Himbeeren und Feldsalat für das Jahr 2024 geplant. Eine gemeinsame Publikation mit IOSB ist weiterhin in Planung. Der Beitrag für die Fachzeitschrift „Lebensmittelbrief“ wurde im Mai 2022 veröffentlicht.	2021-2024
3.2	Frau [REDACTED] hat sich aus persönlichen Gründen und aufgrund der Arbeitsbedingungen an der Universität gegen die Fortführung ihrer Dissertation entschieden. Ein weiterer PhD-Kandidat konnte aufgrund der verbliebenen Projektlaufzeit und der weiterhin fehlenden Nachbesetzung des Lehrstuhls nicht rekrutiert werden.	2023
3.3	Einbindung der Erkenntnisse in die Lehre und Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Das Projekt wurde Bachelor- und MasterstudentInnen an der Uni Bonn im Rahmen von Vorlesungen, praktischen Abschlussarbeiten und Praktika präsentiert. Im Jahr 2022 wurden zwei Masterarbeiten, eine Bachelorarbeit sowie ein Praktikumsbericht im Rahmen des Projektes fertiggestellt. Eine weitere praktische Masterarbeit wurde 2022 begonnen. Im Jahr 2023/2024 wurden eine praktische Bachelorarbeit und eine Masterarbeit im Rahmen des Projektes durchgeführt. Die Einbindung in die Lehre wird in regelmäßigen Abständen in den kommenden Semestern fortgeführt werden.	2021-2024
3.4	Vorträge auf nationalen und internationalen Konferenzen und Workshops. Hierdurch sollen langfristige neue Kontakte zu Unternehmen geknüpft und	2021-2023

	die Kontakte innerhalb des Konsortiums weiter gestärkt werden. Im Berichtszeitraum 2022 wurden zwei Beiträge auf internationalen Konferenzen eingereicht, woraus die Ergebnisvorstellung im Rahmen eines Posterbeitrags auf der foodMicro im August 2022 hervorging.	
--	--	--

<b>4. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit</b>		
Lfd.Nr.	Nächste Phase/Nächste Schritte	Zeithorizont
4.1	Auf Basis der neuen Erkenntnisse bzw. dem erworbenen Know-How sollen weitere Projektideen erarbeitet und neue Forschungsanträge gestellt werden. Die im März 2021 eingereichte Forschungsskizze „Entwicklung einer innovativen Bewertungs- und Informationsplattform zur Steigerung der Nachhaltigkeit von Verpackungslösungen entlang der Wertschöpfungsketten“ wurde mittlerweile bewilligt und das Projekt ist im Dezember 2022 an der Hochschule Geisenheim gestartet.	2021-2023
4.2	Erweiterung des Forschungsnetzwerks	2021-2023
4.3	Signifikant erhöhte Anschlussfähigkeit in wissenschaftlicher/technischer und wirtschaftlicher Hinsicht durch die erfolgreiche Umsetzung des Projektes und gewonnener Erkenntnisse.	2022-2023
4.4	Weiterer Ausbau eines zukunftsorientierten Forschungsgebietes und Stärkung der Position als kompetente Ansprechpartner bei unterschiedlichen Fragestellungen zum Thema Modelle zur Vorhersage der tatsächlichen Haltbarkeit von leichtverderblichen Lebensmitteln, Optimierung logistischer Prozesse bei leichtverderblichen Lebensmitteln.	2021-2023
4.5	Entwicklung zukünftiger Strukturen, die eine Fortsetzung der Netzwerkarbeit nach Auslaufen der Projektförderung ermöglichen.	2021-2023

Bonn, 11.09.2024

*Antonia Albrecht*

Ort, Datum

Unterschrift