

Verbundprojekt „Entwicklung eines Systems zur Sammlung, Analyse und Verwertung von Produktauthentizitätsdaten im Lebensmittelbereich (FoodAuthent)“

Forschungsbericht des BfR vom 21. Dezember 2020

Lebensmittelkrisen können eine Gesundheitsgefahr für die Bevölkerung darstellen und können das Verbrauchervertrauen gegenüber Herstellern, Händlern und Behörden beeinflussen. Ob Waren mit ihrer Kennzeichnung übereinstimmen wird mit analytischen Verfahren im Rahmen der Lebensmittel-Authentifizierung geprüft. Mit zunehmender Produktvielfalt und komplexeren Warenströmen ist die Richtigkeit der Kennzeichnung jedoch immer schwieriger zu bestimmen. In der Lebensmittel-Authentifizierung besteht daher der Bedarf an routinetauglichen, flexiblen Analyseverfahren und IT-Lösungen, die von allen Beteiligten einer Warenkette gemeinsam genutzt werden können. Dies sind beispielsweise Hersteller, Lieferanten, Händler und Überwachungsbehörden. Daher wurde im Verbundprojekt „FoodAuthent“ die Software „fAuthent“ entwickelt, welche die Möglichkeit eröffnet, sogenannte „Fingerabdruck“-Analyseverfahren zur kollaborativen Authentifizierung von Lebensmitteln einzusetzen (www.foodauthent.de).

Im Einzelnen wurden im Projekt Analyseverfahren erforscht, die die Zusammensetzung von Lebensmitteln bestimmen, indem sie deren individuellen chemischen „Fingerabdruck“ abbilden. Dieser Fingerabdruck kann mit denen von unverfälschten Lebensmittelproben verglichen werden. Auf diese Weise können sowohl Fälschungen, wie etwa zugesetzte Substanzen, aufgedeckt als auch beispielsweise die geografische Herkunft, die verwendeten Sorten eines Produkts oder bestimmte Herstellungsprozesse überprüft werden. „fAuthent“ bietet dabei erstmalig eine IT-Plattform, um sowohl „Fingerabdrücke“, Produktstammdaten als auch Datenanalyseverfahren zu speichern und gemeinsam zu nutzen. Eine derartige Plattform kann zukünftig zur effizienten Aufdeckung und Prävention von betrügerischen oder irreführenden Praktiken in Bezug auf Lebensmittel beitragen, da nun erstmalig die technischen Grundlagen zur Vernetzung und zum Datenaustausch zwischen allen Beteiligten der Warenkette wie Unternehmen, Handel und Behörden geschaffen wurden.

Die im FoodAuthent-Projekt entwickelte Plattform „fAuthent“ basiert auf offenen, standardisierten Schnittstellen und open source-Softwarekomponenten. Am Beispiel exemplarischer Messdaten von Waren aus den Produktgruppen Hartkäse, Speiseöl und Spirituose wurde diese Plattform erprobt. Es wurden dabei wichtige Standardisierungsaspekte der nicht-zielgerichteten Analyse für die Routineanwendung untersucht.

Die Aktivitäten des BfR umfassten sowohl den analytischen Bereich wie die Entwicklung von nicht-zielgerichteten Analyseverfahren zur Authentizitätsprüfung von Lebensmitteln sowie die Erarbeitung statistischer Auswertemodelle zur Spektren-Vergleichbarkeit und Qualitätssicherung) als auch im Bereich „Systemkonzept und Endnutzer-Dienste“ die Entwicklung einer Systemarchitektur und open source-Softwarelösungen zur praktischen Nutzung der gesammelten Daten.

1 Kurze Darstellung des Forschungsprojektes

1.1 Aufgabenstellung/Aktivitäten des BfR

Das übergreifende Projektziel von FoodAuthent war die Entwicklung eines IT-basierten Demonstrator-Systems zur Authentizitätsprüfung von Lebensmitteln, genannt fAuthent-System.

Mit diesem Softwaresystem können Analyseergebnisse und Informationen über Produktstammdaten (Metadaten) einzelner Lebensmittelproben verwaltet, ausgewertet sowie mit anderen Einrichtungen/Institutionen geteilt werden. Die Grundlage des Systems bilden dabei Analyseergebnisse/-daten die aus der nicht-zielgerichteten, chemisch-analytischen Authentizitätsprüfung von Lebensmitteln (sog. Fingerprinting) hervorgehen. Im Projekt sollten damit erstmals die notwendigen technischen Rahmenbedingungen zum routinemäßigen Einsatz von Fingerprinting-Verfahren in der Qualitätssicherung, -kontrolle und Lebensmittelüberwachung geschaffen werden. Neben der Entwicklung des fAuthent-Systems beinhaltet dies grundlegende Standardisierungs-Fragestellungen der nicht-zielgerichteten Lebensmittelanalytik (standardisierte Analytik inkl. Probenaufbereitung, Datenanalyse, Vergleichbarkeit von Spektren, Qualitätssicherung). Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) war dabei an nahezu allen Arbeitspaketen des Projektes beteiligt.

Der Schwerpunkt der Arbeiten des BfR im analytischen Bereich „Fingerprinting Analysen und Datamining“ (Teil A des Projektes) umfasste einerseits die Entwicklung von Analyseverfahren für die ausgewählten Fallbeispiele - dem Nachweis der geografischen Herkunft (*FoodRegion-Detect*) und der Identifikation von Verfälschungen (*FoodFraud-Detect*) - und Szenariolbensmittel. Des Weiteren lag der Fokus auf der Unterstützung bei der Erarbeitung statistischer Auswertungsmodelle und Untersuchungen zur Spektren-Vergleichbarkeit und Qualitätssicherung.

Die Arbeiten des BfR im Bereich „Systemkonzept und Endnutzer-Dienste“ (Teil B des Projektes) umfassten hauptsächlich die Entwicklung

- einer auf IT-Standards basierenden Systemarchitektur zur Anbindung und Auswertung analytischer Lebensmittel-Fingerprint-Daten sowie
- spezieller Endnutzer-bezogener open source-Softwarelösungen zur praktischen Nutzung der gesammelten Daten.

Darüber hinaus wurden Konzepte zur langfristigen Weiterentwicklung und Verstetigung der Lösungen erarbeitet.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Projekt FoodAuthent wurde im Rahmen der Förderung von Innovationen zum Nachweis der Herkunft von Lebensmitteln im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) gefördert. Das Projekt begann am 15. September 2016 und endete am 31. Dezember 2019.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Arbeiten im FoodAuthent-Projekt wurden über die Projektlaufzeit entsprechend der Arbeitsplanung im Projektantrag mit leichten Anpassungen während der Projektlaufzeit durchgeführt (Abb. 1). Die Zielerreichung wurde durch die Meilensteinplanung unterstützt (Tab. 1), wobei die Arbeiten im Projekt in den beiden Projektteilen, Teil A (Fingerprinting-Analysen und Datamining) und Teil B (Systemkonzept und Endnutzer-Dienste) parallel durchgeführt wurden.

Die Erreichung der Meilensteine (Tab. 1, Abb. 1) und Ergebnisse (Tab. 2) der Gesamtvorhabensbeschreibung (GVB) war Aufgabe der jeweiligen Projektpartner und wurde durch den

Konsortialführer GS1 Germany und die Leiter der Projektteile A und B maßgeblich sichergestellt. Zusätzlich zu den im Konsortium beschlossenen Meilensteinen (MS) hat das BfR in seinem Teilvorhaben (TVB) weitere Ziele bzw. MS festgelegt.

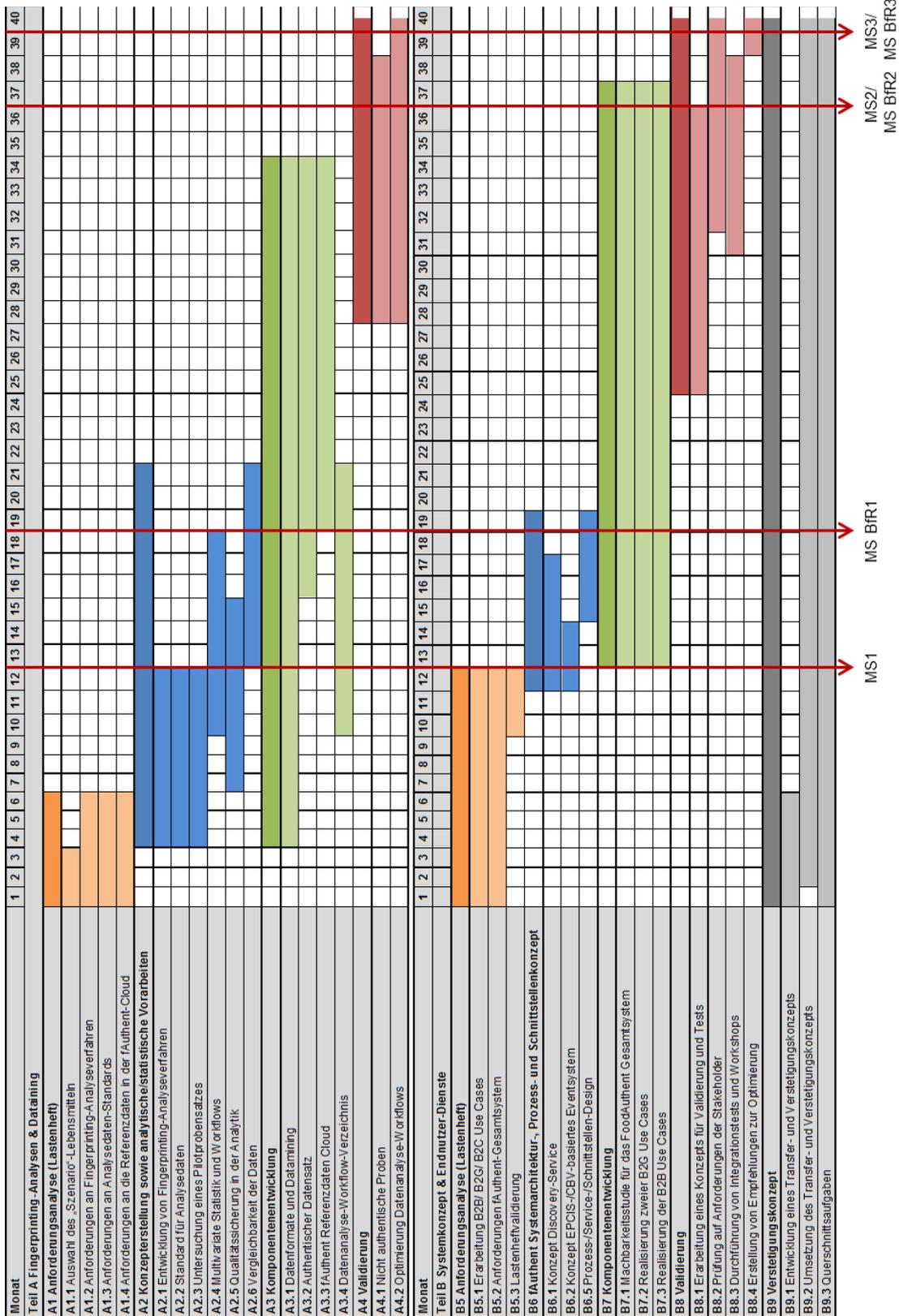


Abbildung 1: Zeitliches Ablaufschema; das BfR war mit Ausnahme der TA 6.3, 6.4, 6.6 und 7.4 an allen Unteraufgaben aktiv beteiligt.

Tabelle 1: Planung der Meilensteine (MS).

MS gem. GVB	Erreichte Ziele	Geplante Erreichung (Monat)	Verzögerung um Monat
MS1	Vorlage der Anforderungsanalysen aus den Teilen A und B	M12	-
MS2	Vorlage der Softwarekomponenten aus den Teilen A und B	M33	3
MS3	Vorlage Evaluationsberichte aus den Teilen A und B	M36	3
MS gem. TVB			
MS BfR1	Vorlage einer Standard-Prüfvorschrift für die im Projekt angewandte Analytik	M18	-
MS BfR2	Vorlage der Softwarelösung „B2G-App“	M33	3
MS BfR3	Bericht zur Umsetzung und Fortschreibung des Verstetigungskonzepts	M36	3

Tabelle 2: Arbeitsziele (E) unter Verantwortung des BfR.

Ergebnis	Beschreibung	Erreichung (Monat)
E2.1	Vorlage von Standard-Prüfvorschriften für die im Projekt angewandte Analytik	M18
E7.2	Softwarekomponente „B2G“ App	M36

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Food Fraud stellt nicht zuletzt durch die voranschreitende Globalisierung des Lebens- und Futtermittelhandels bei gleichzeitig immer komplexer werdenden Warenketten ein zunehmendes Risiko für Unternehmen und Verbraucherinnen und Verbraucher dar. Dabei sind Fälle von Food Fraud, bspw. das Strecken von Wein mit Leitungswasser, primär ökonomisch motiviert sind [1,2]. Die sichere Authentifizierung von Produkten bzw. die Erkennung von Food Fraud stellt Behörden als auch die Lebensmittelwirtschaft schon immer vor besondere Herausforderungen. Wesentliche Aspekte sind dabei die Etablierung flexibler und zuverlässiger Analyseverfahren als auch die Sammlung authentischer Referenzproben für die Routineanalytik.

Nicht-zielgerichtete Analytik von Lebensmitteln

Die nicht-zielgerichtete Analytik (inkl. anschließender chemometrischer Datenanalyse) ermöglicht eine Korrelation der spektralen Signatur („Fingerabdruck“) von Lebensmitteln mit den ausgelobten Produktmerkmalen. Dabei wird die aufgenommene Signatur einer Probe mit Referenzdaten (Signaturen von Lebensmitteln mit bekannten Produktmerkmalen) verglichen. Anhand dieser Fingerprinting-Technologien können relevante Fragestellungen, die die Authentizität von Lebensmitteln betreffen, parallel und sogar rückwirkend beantwortet werden. Beispiele hierfür sind die Erkennung unerlaubter Lebensmittelzusätze sowie die Verifizierung der Herkunft [2,3]. Trotz der breiten Anwendungsmöglichkeiten wird die nicht-zielgerichtete Analytik derzeit nur von wenigen kommerziellen Anbietern genutzt. So wird zum Beispiel von einem Anbieter ein Produkt zur Authentizitätsprüfung von Wein, Fruchtsaft und Honig als kommerzielle Lösung angeboten. Hiermit können Inhaltsstoffe quantitativ erfasst und die Auslobungen bestimmter Lebensmitteleigenschaften (z. B. Spezies, Erntejahr) überprüft werden. Dazu wird die entsprechende Probenanalyse (mittels Kernspinresonanz (NMR)-Spektroskopie) in den Kundenlaboratorien anhand von vorgeschriebenen Prozeduren des

Anbieters durchgeführt, die Datenauswertung erfolgt zentral über ein gemeinsames Datenmodell, basierend auf einer proprietären Datenbank des Anbieters [4-7]. Der Einsatz der nicht-zielgerichteten Analytik in der behördlichen Lebensmittelkontrolle ist aktuell aufgrund folgender Faktoren limitiert [8,9]:

- fehlende Strategien zur Validierung und Qualitätssicherung der Verfahren, einschließlich (i) standardisierter Analyseverfahren und Probenahme-Protokolle und (ii) validierter, automatisierter statistischer Methoden(-Workflows) zur Datenanalyse,
- fehlende einheitliche Datenaustauschformate,
- Mangel an (öffentlich) zugänglichen Datenbanken mit Messdaten zu repräsentativen Proben,
- Mangel an nutzerfreundlicher open source-Software, um Authentizitätsdaten effektiv zwischen Laboren auszutauschen und gemeinsam zu bearbeiten/analysieren.

Systemkonzepte und Endnutzerdienste

Im Sinne eines effizienten Ressourceneinsatzes zur Vermeidung und Bekämpfung von Food Fraud ist der gemeinschaftliche Aufbau eines engmaschigen Netzwerks unter der Maßgabe eines vertraulichen Datenaustausches zwischen allen Beteiligten der Lieferkette und Behörden ein erfolgversprechender Ansatz [8]. Bisher verfügbare Systeme, sog. Traceability-Systeme - bei welchen Produktauthentizität als Teil des Funktionsumfangs begriffen werden kann - lassen sich in vier Ansätzen unterscheiden:

- (i) ein Schritt vor/ein Schritt zurück,
- (ii) zentrale Datenbank,
- (iii) Durchreichen von Informationen („Pedigree“) und
- (iv) verteilte/dezentrale Datenhaltung.

Die ersten drei Ansätze werden jedoch aktuellen und künftigen Anforderungen zunehmend nicht mehr gerecht, u. a. aufgrund eingeschränkter Echtzeitfähigkeit bzw. Reaktionsfähigkeit, eingeschränkter Skalierbarkeit und/oder fehlender Datenhoheit der Dateneigentümer. Entsprechend erscheint eine verteilte/dezentrale Architektur vielversprechend. Ein wichtiger Standard einer verteilten Datenhaltung bildet der sog. *EPC Information Services (EPCIS)*-Standard, anhand dessen jede Information entlang einer Warenkette elektronisch erfasst und Anwendungssystemen bereitgestellt werden kann. Die entsprechende EPCIS-Spezifikation (<https://www.gs1.org/standards/epcis>) ist das wesentliche, etablierte Austauschformat für ereignisbasierte Produktnachverfolgung/Prozessdokumentation u. a. im Lebensmittelhandel. Daten zur Herkunft und Prozessierung von Lebensmitteln können damit erfasst und für (berechtigte) Nutzergruppen verfügbar gemacht werden. Die erfassten Objekt-Identifizierung (bspw. die Identifikationsnummer eines Artikels oder einer Sendungseinheit) werden dabei mit der aktuellen Ortszeit, der Lokalität, dem jeweiligen Status sowie dem Geschäftsprozess verknüpft. So entsteht eine zusammenhängende Reihe von Ereignissen bis zurück zum Ursprung der verwendeten Rohstoffe. In diesem Sinne basieren State-of-the-Art Traceability-Lösungen auf dem EPCIS-Standard. Im Rahmen des FoodAuthent-Projekts wurden nun erstmals Konzepte und technische Lösungen entwickelt, um auf Basis bestehender EPCIS-Standards auch Informationen zu den produktspezifischen Analysedaten auszutauschen.

Auch im Bereich der Entwicklung öffentlich zugänglicher Datenbanken mit Referenzmesswerten und Produktstammdaten hat sich gezeigt, dass herkömmliche Datenbankkonzepte (insbesondere relationale Datenbankmanagementsysteme) den heutigen Anforderungen an eine verteilte Datenhaltung nur begrenzt gerecht werden. Insbesondere müssen derartige

Lösungen schnell hochskalierbar sein, um z. B. in Krisensituationen einem großen Datenaufkommen bei gleichzeitig hoher Nutzeranzahl (wie bei Traceability-Applikationen gegeben) gerecht zu werden. Sogenannte NoSQL¹-Datenbanken (bspw. realisiert in fTRACE; <https://www.ftrace.com/de/de>) sind somit die adäquate Technologie-Option und wurden im Rahmen des Projekts erstmalig im Kontext von Fingerprint-Daten erprobt.

Im Bereich der Entwicklung von Endnutzerdiensten wurde im Projekt auf bestehende open source-Softwarelösungen, wie KNIME Analytics-Plattform (www.knime.com), OpenChrom[®] (<https://lablicate.com/platform/openchrom>) sowie Eclipse (www.eclipse.org) aufgesetzt.

Die Aktivitäten innerhalb des FoodAuthent-Projektes bzgl. der Weiterentwicklungen nicht-zielgerichteter Analyseverfahren sowie der Erstellung eines Systemkonzepts und Endnutzerdiensten basierten auf den hier dargestellten Zusammenhängen. Insbesondere wurden spektroskopische Fingerprinting-Verfahren eingesetzt. Im Fokus standen hierbei Standardisierungsaspekte (Qualitätssicherung und Vergleichbarkeit der Spektren). Ergänzend wurden Grundlagen für die automatisierte Datenverarbeitung, mit Schwerpunkt auf der Prozessierung von NMR-Spektren, mit der open source-Software KNIME und OpenChrom geschaffen. Die entwickelten Softwarekomponenten wurden als modulare Erweiterung des neuen open source fAuthent-Systems bereitgestellt. Dazu wurde u. a. auch ein Demonstrator des fAuthent-Systems entwickelt und getestet. Dieses System ermöglicht jedem Nutzer, im Gegensatz zu aktuell verfügbaren kommerziellen Lösungen, seine eigenen Analyseergebnisse, gemeinsam mit produktbegleitenden Informationen, zu verwalten, statistisch auszuwerten und bei Bedarf mit anderen Systempartnern transparent zu teilen. Auf diese Weise wird den oben beschriebenen, limitierenden Faktoren Rechnung getragen (u. a. zukunftsfähige Datenmanagementsoftware, effektive Datenaustauschverfahren).

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Neben der Kollaboration im Verbund mit GS1 Germany GmbH (GS1G), Benelog Betriebs GmbH & Co. KG (BENE), Lablicate GmbH (LAB), Universität Konstanz (UKO), Eurofins Analytik GmbH (EF) wurden die Mitglieder des Projektbeirats in die Diskussionen über die Realisierung des skizzierten Systemansatzes involviert. Darüber hinaus wurden den Beiratsmitgliedern die Projektergebnisse regelmäßig präsentiert, zur Diskussion gestellt und in entsprechenden Fachtagungen auf Einladung der Beiratsmitglieder präsentiert.

Mit dem Ziel der Umsetzung der in A2.6 gestellten Aufgaben zum Thema „Vergleichbarkeit der Daten“ organisierte das BfR auf Grundlage bestehender Kontakte und Zusammenarbeiten den kurzzeitigen Aufenthalt einer über das Projekt angestellten wissenschaftlichen Mitarbeiterin beim Walloon Agricultural Research Center (CRA-W, Belgien). Der Aufenthalt wurde genutzt, um Analysen an einem dritten Fourier Transform-Infrarot- (FT-IR)-Spektrometer durchzuführen und sich wissenschaftlich mit den Expertinnen und Experten vor Ort, u. a. zum Thema multivariate Statistik, auszutauschen.

Im Sinne der Verstetigung des Systemansatzes haben das BfR und einige Landesuntersuchungsämter bereits parallel zum FoodAuthent-Projekt die Authentizitätsprüfung von Wein mittels NMR-Spektroskopie harmonisiert und somit die Grundbedingung für eine enge Verzahnung (Austausch und gemeinsame Analyse von Messdaten) geschaffen. Diese Vorarbeiten bilden die Grundlage für ein eingereichtes Folgeprojekt.

¹ NoSQL steht für „Not only SQL“ und bezeichnet Datenbanksysteme, die einen nicht-relationalen Ansatz verfolgen. Diese Datenbanken, denen verschiedene Datenbankmodelle zugrunde liegen können, sind horizontal skalierbar und lassen sich für Big-Data-Anwendungen einsetzen.

2 Detaillierte Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Im Folgenden sind die Arbeiten/Aktivitäten des BfR und die erzielten Ergebnisse entsprechend der Arbeitspakete dargestellt.

A1 – Anforderungsanalyse (Lastenheft)

A1.1 Auswahl des „Szenario“-Lebensmittels

Alle Projektpartner haben im Konsens entschieden, folgende drei Lebensmittelmatrices zu untersuchen: Hartkäse (z. B. Emmentaler), Spirituosen weinbaulichen Ursprungs (z. B. Branntwein und Weinbrand) und Saatenöle (z. B. Rapsöl, Kürbiskernöl).

A1.2 Anforderungen an Fingerprinting-Analyseverfahren

Es wurde eine Anforderungsanalyse der Maßgaben an die zu entwickelnden Fingerprinting-Analyseverfahren durchgeführt. Das Hauptaugenmerk lag hierbei auf der allgemeinen Anwendbarkeit der Analyseverfahren für die verschiedenen Matrices unter Berücksichtigung der beiden Fragestellungen *FoodRegio-Detect* und *FoodFraud-Detect*. Hierfür wurden zunächst analytische Erfahrungen der Fingerprinting-Analytik ausgetauscht. U. a. wurden folgende Aspekte bei dieser Anforderungsanalyse berücksichtigt: gerätetechnische Ausstattung in den Laboratorien, Praktikabilität der Verfahren, Kostenaufwand der Analyse, einheitliche Probenpräparation sowie Messparameter zur Gewährleistung vergleichbarer Daten. Das Ergebnis der Anforderungsanalyse wurde in einem Lastenheft fristgerecht zusammengefasst (E1.1).

A1.3 Anforderungen an Analysedaten-Standards (Lead: BfR)

Zur Erstellung einer abgestimmten Dokumentation der Anforderungen und derzeit genutzter Datenstandards organisierte das BfR operative Abstimmungen zwischen den Verbundpartnern und betrieb Literaturrecherche zu bereits bestehenden Datenstandards. Auf dieser Grundlage erfolgte die Festlegung, dass das fAuthent-System zur Beschreibung der Analysedaten auf den bereits bestehenden Datenstandard ISA (Investigation-Study-Assay) aufsetzen soll (<https://isa-tools.org/format/specification.html>). Ergänzend wurde ein Web-basiertes Glossar erarbeitet, um die für die interdisziplinäre Entwicklung des fAuthent-Systems notwendige konsistente Beschreibung und das „Wording“ zwischen den Projektpartnern zu synchronisieren.

A1.4 Anforderungen an die Referenzdaten in der fAuthent-Cloud

Im Rahmen der gemeinsamen Analyse/Diskussion wurden die benötigten Arten an Referenzdaten ermittelt, klassifiziert und acht Kategorien zugeordnet sowie eine Strategie der Ein-/Anbindung externer, benötigter (Referenz-Daten-) Dienste definiert. Eine dezentrale Speicherstrategie wurde beschlossen, welche den Rollen-/Rechte- und Datenhoheits-Anforderungen sowie dem Datenvolumen Rechnung trägt und die Notwendigkeit eines *Discovery Services*-Konzepts bestätigte. Insbesondere trug das BfR dazu bei, dass den besonderen Anforderungen behördlicher Systempartner in der Anforderungsanalyse Rechnung getragen wurde.

A2 – Konzepterstellung sowie analytische/statistische Vorarbeiten; Lead: BfR

A2.1 Entwicklung von Fingerprinting-Analyseverfahren (Lead: BfR)

Für die „Szenario“-Lebensmittel wurden basierend auf den in A1.2 identifizierten Anforderungen NMR-, FT-IR-Spektroskopie- und Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie- (IRMS) basierte Analyseverfahren entwickelt.

Hartkäse-Proben wurden mit flüssigem Stickstoff versprödet, zerkleinert und anschließend homogenisiert. Ein Aliquot der Probe wurde anschließend für die Extraktion der Fettphase und des Caseins (u. a. für die IRMS-Analyse) eingesetzt (nach [10]). Für die FT-IR-spektroskopische Analyse wurde die Probe sowohl direkt, als auch dessen Fettextrakt verwendet. Für die NMR-spektroskopische Analyse (Abb. 2) wurden die Proben mit deuteriertem Chloroform extrahiert. Nach Zentrifugation wurde der Überstand abgenommen und analysiert.

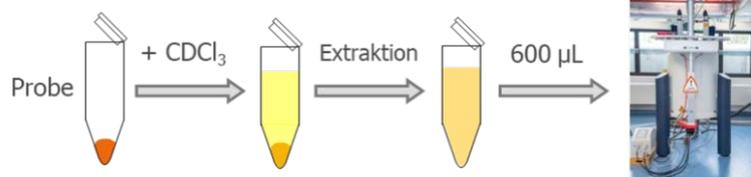


Abb. 2:

Probenpräparation von Hartkäse für die NMR-spektroskopische Analyse.

Speiseöl-Proben konnten im Anschluss an eine Homogenisierung direkt mittels FT-IR-Spektroskopie sowie IRMS analysiert werden. Für die NMR-spektroskopische Analyse wurden die homogenisierten Proben in deuteriertem Chloroform gelöst.

Für die NMR-spektroskopische Untersuchung von **Spirituosen** wurde ein Aliquot der Proben mit demineralisiertem Wasser auf einen Alkoholgehalt von 28 Vol.-% verdünnt und anschließend mit einem, mit Deuteriumoxid hergestellten Phosphatpuffer versetzt.

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Analyseverfahren wurde in Standardarbeitsanweisungen dokumentiert (E2.1, MS BfR1).

A2.2 Standard für Analysedaten

Produktbegleitende Metadaten, Informationen zu Probenahme und -handling, die generierten Spektren und gerätespezifischen Einstellungen sind für die nachgelagerte Datenanalyse und die Erstellung von Klassifikationsmodellen (z. B. für die Anwendungsfälle *FoodRegio-Detect* und *FoodFraud-Detect*) von zentraler Bedeutung. Um derartige Informationen in standardisierter Form zwischen den Projektpartnern (und später zwischen den fAuthent-Systempartnern) auszutauschen, wurde auf einen bestehenden offenen Datenstandard, ISA, aufgesetzt. Darüber hinaus beteiligte sich das BfR maßgeblich an der konzeptionellen Entwicklung eines ersten fAuthent Meta-Datenstandards (*FoodAuthent Knowledge Exchange (FAKX)*), der den Austausch aller im fAuthent-System verarbeiteten Informationstypen (inkl. Produktstammdaten, Messwerten, Datenanalyseverfahren, Modelle) zwischen den einzelnen fAuthent-Instanzen ermöglicht.

A2.3 Untersuchung eines Pilotprobensatzes

Zunächst wurden an einer begrenzten Anzahl an Proben die unter A2.1 entwickelten Fingerprinting-Analyseverfahren von beiden Laboren (BfR, EF) auf ihre allgemeine Anwendbarkeit hin überprüft. Dies beinhaltete u. a. Aspekte der Vergleichbarkeit der Spektren (A2.6). Hierfür wurden 15 Hartkäseproben, 23 Speiseölproben und 15 Spirituosen vom BfR mittels FT-IR-, NMR-Spektroskopie und IRMS analysiert. Darüber hinaus wurden die Datensätze und dazugehörige Metadaten den Projektpartnern für A2.4, A.3 und A.4 bereitgestellt.

A2.4 Multivariate Statistik und Workflows

Der Austausch von Analysedaten und Metadaten zwischen BfR und UKO wurde stetig fortgeführt. Zudem wurden vom BfR verschiedene Datenvorverarbeitungsschritte und chemometrische Methoden auf dem zur Verfügung gestellten KNIME-Server getestet und Verbesserungsvorschläge in Berichtsform eingebracht.

A2.5 Qualitätssicherung in der Analytik (Lead: BfR)

In diesem Arbeitspaket wurden Strategien zur analytischen Qualitätssicherung (QS) in der Fingerprinting-Analytik untersucht und entwickelt. Mit dem Ziel der Erarbeitung einer Grundlage für die Datenanalyse, wurden Vergleichsproben (bekannter Zusammensetzung, z. B. Citronensäure-Standard, oder ein hinreichend charakterisiertes Speiseöl, z. B. raffiniertes Rapsöl) zwischen den Laboren ausgetauscht und arbeitstäglich analysiert.

Eine erste mögliche Maßnahme zur Kontrolle der Präzision über die Zeit ist das Führen von Kontrollkarten, wie sie in der klassischen, zielgerichteten Analytik etabliert sind. Hierfür wurden Integrale einzelner Signale der Vergleichsprobe (z. B. im Fall des Speiseöles die Fettsäuresignale) in eine Kontrollkarte eingetragen. Hierbei ist die Möglichkeit der Festlegung von Grenzwerten - Warn- und Kontrollgrenzen basierten auf der Standardabweichung der im Zeitverlauf beobachteten Messwerte - gegeben. Allerdings können nur einzelne Parameter (Integrale ausgewählter Signale) einer Probe berücksichtigt werden, nicht das gesamte Metabolom. Ein zweiter Ansatz nutzt alle detektierten Parameter einer Probe, indem die Daten explorativ mittels multivariater Datenanalysemethoden ausgewertet und deren Streuung im mehrdimensionalen Raum betrachtet wird. Dabei können Abweichungen oder Trends erkannt werden, wobei das Kriterium, dass die Streuung der Qualitätssicherungsprobe (QSP) kleiner ist als die Streuung der authentischen Proben, erfüllt sein muss [11]. Dies bedingt, dass zur Auswertung der QSP bereits ein repräsentativer Satz authentischer Proben analysiert wurde und somit ist dieser Ansatz nur bedingt zur Präzisionskontrolle des Verfahrens geeignet. Darüber hinaus können hier keine konkreten Grenzwerte zur Entscheidung ermittelt und herangezogen werden. Die Auswertung basiert auf der Erfahrung der analysierenden Person.

Eine weitere, erstmals in diesem Projekt untersuchte und entwickelte Strategie zur Qualitätssicherung der Analytik berücksichtigt ebenfalls das gesamte Metabolom der QSP. Die Auswertung erfolgt dabei durch *One Class Classifier* (OCC) bzw. distanz- und dichte-basierte Modelle [12]. Analog zur beschriebenen Kontrollkarte, werden anhand einer Vorperiode der QSP ein mathematisches Modell sowie Warn- und Kontrollgrenzen ermittelt [13]. Die Untersuchungen ergaben, dass insbesondere *Local Outlier Factor*- und *k-nearest neighbor*-Modelle geeignet sind, um die Präzision des Verfahrens zu überprüfen. Dennoch ist anzumerken, dass die Identifizierung von Abweichungen über die Zeit bedingt möglich ist, da lediglich eine einseitige Prüfung der Abweichungen vorgenommen wird.

A2.6 Vergleichbarkeit der Daten

NMR-Spektroskopie: Grundlage der Untersuchungen bildeten die in beiden Laboren (BfR und EF) gemäß der abgestimmten Verfahrensanweisungen (MS BfR1) analysierten Proben. Eine Möglichkeit die Vergleichbarkeit der NMR-Spektren verschiedener Labore sicherzustellen, beruht auf einer Integralbestimmung innerhalb eines bestimmten Bereiches im Spektrum einer Vergleichsprobe (z. B. QSP) und anschließender Berechnung des ERETIC-Faktors (nach [14]). Das Verhältnis dieser Faktoren der beiden Labore wird anschließend auf die spektralen Daten der restlichen Proben angewandt um die Geräteunterschiede (verschiedene Intensitäten) zu minimieren.

FT-IR-Spektroskopie: Speiseölproben wurden an drei FT-IR-Spektrometern (BfR und CRA-W) analysiert. Um die gerätespezifischen Intensitätsunterschiede der Spektren zu minimieren, wurden drei Ansätze untersucht:

- (i) Preprocessing der Spektren,
- (ii) Anwendung eines Korrelationsfaktors und
- (iii) *Piecewise Direct Standardisation* (PDS) [15].

Am Beispiel-Szenario *FoodFraud-Detect* - Kürbiskernöl gestreckt mit Rapsöl - wurden die Ansätze durch Vergleich der jeweiligen Klassifizierungsergebnisse geprüft. Diese lassen darauf schließen, dass die Korrektur der Daten mit Hilfe eines Korrelationsfaktors geeignet ist, um Spektren verschiedener FT-IR-Spektrometer in einer gemeinsamen Datenbank zu nutzen, da hierbei - im Gegensatz zu (i) und (iii) - keine spektralen Informationen verloren gehen.

A3 – Komponentenentwicklung

A3.1 Datenformate und Datamining

Das BfR hat dazu beigetragen, dass das Konzept der semi-automatischen Ableitung von Datamining-Zielgrößen (z. B. Angaben zur Herkunft, zum Ursprung oder zur Herstellung) auf Basis von Produktstammdaten in der Komponentenentwicklung Berücksichtigung findet. Hierfür erfolgten der stetige Erfahrungsaustausch zwischen den Partnern und die Bereitstellung von Analysedaten.

A3.2 Authentischer Datensatz

Proben der drei Lebensmittelmatrices wurden im Einzelhandel vom BfR beschafft, die dazugehörigen Metadaten zusammengestellt und den Projektpartnern zur Verfügung gestellt. EF wurde Probenmaterial zur Verfügung gestellt. Basierend auf den beiden Fragestellungen *FoodFraud-Detect* und *FoodRegio-Detect* führte das BfR Analysen aller Lebensmittelproben zum Aufbau eines authentischen Messdatensatzes durch. Alle Messdaten und produktbegleitenden Informationen wurden den Partnern zur Verfügung gestellt.

A3.3 fAuthent-Referenzdaten Cloud

Das BfR unterstützte die Entwicklung der fAuthent-Referenzdaten-Sammlung, insbesondere bei der Schnittstellendefinition und der Erprobung der technischen Implementierung.

A3.4 Datenanalyse-Workflow-Verzeichnis

Maßnahmen zur Installation und Update einer KNIME Server-Instanz wurden durchgeführt.

A4 – Validierung

A4.1 Nicht authentische Proben (Lead: BfR)

Um die entwickelten Datenanalyse-Workflows und mathematischen Modelle (A2.4) zu testen, wurden für die beiden Aspekte *FoodFraud-Detect* und *FoodRegio-Detect* relevante Themen identifiziert und entsprechende Analysen „nicht-authentischer“ Proben durchgeführt:

Lebensmittel	<i>FoodFraud-Detect</i>	<i>FoodRegio-Detect</i>
Speiseöl	Authentifizierung von Kürbiskernöl (Verfälschung durch den Zusatz von günstigerem, geschmacksneutralen Öl)	Authentifizierung von deutschem Rapsöl
Spirituose	Verfälschung durch den Zusatz von Frostschutzmittel, Methanol, vergälltem Ethanol	
Hartkäse		Authentifizierung von Allgäuer Emmentaler und Bergkäse

A4.2 Optimierung Datenanalyse-Workflows

Der Austausch von Analysedaten/Metadaten (A4.1) zwischen BfR und UKO wurde stetig fortgeführt. Das BfR unterstützte bei der Validierung der chemometrischen Modelle und testete die gemeinsam entwickelten Workflows; Verbesserungsvorschläge wurden eingebracht.

B5 – Anforderungsanalyse (Lastenheft)

B5.1 Erarbeitung B2B/B2G/B2C Use Cases

Das BfR hat mit den anderen Projektpartnern die für das fAuthent-Gesamtsystem relevanten „Use Cases“ detailliert und unter Berücksichtigung der damit verbundenen Geschäfts- und Datenverarbeitungsprozesse beschrieben, abgestimmt und priorisiert. Ein umfassendes, harmonisiertes Glossar und die Ableitung aller funktionalen Anforderungen an das fAuthent-Gesamtsystem wurden erstellt.

B5.2 Anforderungen fAuthent-Gesamtsystem (Lead: BfR)

Die funktionalen Anforderungen an das fAuthent-Gesamtsystem konnten aus der Detailanalyse der Use Cases abgeleitet werden. Dazu wurden in einer Prozessanalyse die Kernprozesse dargestellt. Aus dem Zusammenspiel dieser Darstellungen, der textbasierten Prozessbeschreibung sowie der Diskussion mit Softwareentwicklern und Endnutzern wurden alle funktionellen Anforderungen des fAuthent-Gesamtsystems abgeleitet und dokumentiert. Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse wurden in Form eines Lastenhefts dokumentiert.

B5.3 Lastenheftvalidierung

Die Validierung des Lastenhefts erfolgte durch den Projektbeirat. Dazu wurden die Ergebnisse der Anforderungsanalyse vorgestellt und mit dem Beirat diskutiert.

B6 – FoodAuthent Systemarchitektur-, Prozess- und Schnittstellenkonzept

B6.1 Konzept Discovery-Service

In Workshops (BfR, GS1G und BENE) wurden die technischen Lösungsansätze diskutiert und mit den Anforderungen aus B5 abgeglichen. Es zeigte sich, dass der Discovery Service nicht nur Aufgaben des Auffindens von Daten (Datenverfügbarkeit), sondern auch zum Erkennen und Absichern von Zugriffsrechten auf eben diese Daten unter Berücksichtigung der

„Chain of Custody/CoC“ (Kontrollkette) bereitstellen kann und soll. Die Arbeiten zur Untersuchung und Bewertung zur Verwendung von z. B. Hashing-Technologien wurden unterstützt.

B6.2 Konzept EPCIS-/CBV-basiertes Eventsystem

Insbesondere sorgte das BfR für den wechselseitigen Informationsaustausch und die „Übersetzung“ zwischen den Experten aus den „Labor-Arbeitspaketen“ und den Softwareentwicklern. Das BfR stellte im Rahmen dieser Arbeiten sicher, dass das entwickelte Systemkonzept den Anforderungen behördlicher Endanwender gerecht wird, insbesondere da diese erhöhten Anforderungen (z. B. für den Zugang zum Internet, schlechtere infrastrukturelle Ausstattung) unterliegen.

B6.5 Prozess-/Service-/Schnittstellen-Design

Das BfR hat aktiv zum Design der Systemschnittstellen beigetragen. Diese Schnittstellen werden als YAML-Datei (*Markup Language*) dokumentiert und sind via Swagger online abruf- und ausführbar. Arbeitsschwerpunkte waren die Schnittstellen für Datenanalyse-Workflows, Fingerprint-Sets und den Im- und Export von FAKX-Dateien.

B7 – Komponentenentwicklung

B7.1 Machbarkeitsstudie für das FoodAuthent-Gesamtsystem

Im Fokus der Arbeiten des BfR stand die Entwicklung von User Interface Komponenten, die es dem Nutzer möglich machen, Daten aus dem fAuthent-System über die zuvor implementierten Schnittstellen abzurufen. Das BfR wirkte aktiv an den Diskussionen zur Implementierung des fAuthent-Systems mit und entwickelte open source-Komponenten in Form von FSKX-Plugins basierend auf KNIME.

B7.2 Realisierung der B2G Use Cases: „Bewertung von Warenketten-Risiken“ und „Befunddichte“ (Lead: BfR)

Ein Web-basierter Dienst zur Bewertung von Warenketten-Risiken bzw. der Visualisierung der „Befunddichten“ wurde als KNIME-Workflow implementiert. Dieser auch „B2G-App“ genannte Workflow ermöglicht es Behörden (und, sofern zugangsberechtigt, auch anderen Beteiligten der Lieferkette und Forschungseinrichtungen) zu erfahren, wie häufig eine Produktcharge, ein Produkt oder eine Produktgruppe einer Authentizitätsprüfung unterzogen wurde. In einem weiteren Schritt können berechtigte Nutzerinnen und Nutzer auch die Bewertungsergebnisse der vorhandenen Klassifikationsmodelle oder sogar die Messwerte im Vergleich zu den genutzten Referenzdaten einsehen. Der prototypische Web-Dienst wurde auf einer KNIME Server-Instanz des BfR als Web-Dienst installiert und getestet, ist aber ebenso als lokale PC-Anwendung innerhalb der open source KNIME-Software verfügbar.

B7.3 Realisierung der B2B Use Cases

Das BfR unterstützte bei Bedarf die Arbeiten zur Erweiterung der Software OpenChrom und der Implementierung von OpenChrom-Funktionalitäten als KNIME Erweiterung.

B8 – Validierung

B8.1 Erarbeitung eines Konzepts für Validierung und Tests

Zusammen mit GS1G wurde ein Konzept für die Validierung der entwickelten Softwarekomponenten erarbeitet, dass in der Folge den Softwareentwicklern vorgestellt und mit diesen gemeinsam optimiert wurde. Nachfolgend wurden die erarbeiteten Validierungs- und Testaufgaben in der Projektmanagementsoftware Confluence eingepflegt.

B8.2 Prüfung auf Anforderungen der Stakeholder (Lead: BfR)

Im Rahmen der Workshops mit dem Beirat und spezieller Hackathons mit den anderen Projektpartnern wurde geprüft, inwieweit die entwickelten Softwarekomponenten-Demonstratoren die Anforderungen der potentiellen Nutzer (z. B. Beteiligte der Lieferkette, Behörden, Forschungseinrichtungen) erfüllen könnten. Im Rahmen dieser Tätigkeit konnten Empfehlungen zur Optimierung abgeleitet werden, insbesondere im Bereich der Bedienbarkeit und Visualisierung von Messdaten und Datenanalyseschritten.

B8.3 Durchführung von Integrationstests und Workshops

Das BfR war aktiv in die Durchführung von Integrationstests und Expertenworkshops eingebunden. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden vom BfR insbesondere die Funktionalitäten der zentralen fAuthent-API (Schnittstelle) und der ISA & FAKX-Datenaustauschformate getestet und verbessert.

B8.4 Erstellung von Empfehlungen zur Optimierung

Im Rahmen dieser Arbeiten konnte das BfR vielfältige Empfehlungen zur Weiterentwicklung der eigenen „B2G-App“, aber auch für das fAuthent-Gesamtsystem ableiten. Die Ergebnisse stehen den Projektpartnern etwaiger Nachfolgeprojekte zur Verfügung.

B9 – Verstetigungskonzept

B9.1 Entwicklung eines Transfer- und Verstetigungskonzepts

Das BfR beteiligte sich aktiv an der Erstellung eines Grobkonzepts, das planmäßig vom Konsortium verabschiedet/dokumentiert wurde. Im Projekt wurde das Konzept stetig angepasst und diente der Abstimmung von Maßnahmen zur Bekanntmachung und Verbreitung.

B9.2 Umsetzung des Transfer- und Verstetigungskonzepts

Das BfR hat die Erstellung des Logos und Flyers initiiert und in Abstimmung mit den Projektpartnern umgesetzt sowie den Erklärfilm zum fAuthent System mit maßgeblichen inhaltlichen Beiträgen erstellen lassen (<https://www.youtube.com/watch?v=gzqJh1sBlfw>). Presseanfragen wurden in Zusammenarbeit mit dem Projektkoordinator beantwortet. Durch Teilnahme an wissenschaftlichen Fachveranstaltungen wurden neue, relevante Informationen sowie Ressourcen identifiziert und Projektergebnisse präsentiert.

B9.3 Querschnittsaufgaben

Das BfR unterstützte die Arbeit der Projektkoordination durch Teilnahme an den Telefonkonferenzen, Konsortialtreffen sowie den Treffen mit dem Beirat. Das BfR hat darüber hinaus gemeinsam mit dem Koordinator die Projekt-Abschlusskonferenz am 26.11.2019 organisiert und durchgeführt.

2.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die bereitgestellten Mittel wurden wissenschaftlich und wirtschaftlich eingesetzt, die Meilensteine und Ergebnisse vollständig erarbeitet, ein Wissenstransfer realisiert und eine Verfügbarkeit von Erkenntnissen und Ergebnissen für Wissenschaft und Praxis sichergestellt. Die wissenschaftlichen Arbeiten wurden und werden veröffentlicht (s. Kapitel 3). Das BfR ist aktiv in der Vermittlung der Ergebnisse, um sie wirkungsvoll umsetzen zu können.

Die Projektergebnisse tragen zur Verbesserung der Sicherheit, Qualität und Wettbewerbsfähigkeit des Lebensmittelsektors bei und bieten Akteuren im Bereich Lebensmittelsicherheit und -verwaltung (Behörden, Einzelhandel, Unternehmen) einen direkten Nutzen. Mit dem Umsetzen der Projektziele und der Verstetigung durch eine Pilotierung des Ansatzes kommt man dringenden Bedürfnissen des Lebensmittelsektors nach IT-basierten, praxisrelevanten Lösungen zur gemeinschaftlichen Nutzung von Fingerprinting-Technologien und dezentraler Datenhaltung nach.

Die in diesem Projekt adressierten Forschungs- und Entwicklungsaufgaben waren mit erheblichen finanziellen Risiken für alle Projektpartner verbunden. Keiner der Beteiligten hätte diese Risiken ohne staatliche Förderung tragen können. Gleichwohl zeigten die im Verlauf des FoodAuthent-Projektes erhaltenen Rückmeldungen Dritter, dass der in diesem Projekt verfolgte generische Lösungsansatz ein enormes Anwendungspotential im behördlichen und privatwirtschaftlichen Kontext hat.

2.3. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Das BfR plant die im Projekt entwickelten Lösungen weiterzuentwickeln, um sie langfristig für die Erfüllung seiner Amtsaufgaben und im Bereich der Forschung einzusetzen. Die Ergebnisse sollen zudem anderen behördlichen Einrichtungen, z. B. Landesuntersuchungsämtern, bereitgestellt werden. Auch wird das BfR aktiv die Etablierung einheitlicher Datenstandards und die Weiterentwicklung von open source-Softwarelösungen in diesem Bereich vorantreiben. Aufbauend auf den Entwicklungen des FoodAuthent-Projektes wird angestrebt, einen fAuthent-Prototypen zu entwickeln und bei ausgewählten behördlichen Einrichtungen des Bundes und der Länder für den Bereich der Authentizitätsprüfung von Wein zu erproben. Entsprechend haben das BfR und einige Landesuntersuchungsämter bereits parallel zum FoodAuthent-Projekt die Authentizitätsprüfung von Wein mittels NMR-Spektroskopie harmonisiert und somit die Grundbedingung für eine enge Verzahnung (Austausch und gemeinsame Analyse von Messdaten) geschaffen.

Für das BfR sind insofern die offenen analytischen, softwaretechnischen und nicht-technischen Systeme von Bedeutung, da das BfR als behördliche Einrichtung in besonderem Maß auf derartige kooperativ entwickelte Lösungen angewiesen ist. Entsprechend wird das BfR nach Projektende diese Projektergebnisse weiterentwickeln und damit zu deren Verstetigung beitragen.

2.4 Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Seit Projektbeginn sind keine neuen Ergebnisse bekannt geworden, die mit den eigenen Zielen in FoodAuthent kollidieren könnten. Als Reaktion auf den sog. Pferdefleischbetrug hat die Europäische Union einen Aktionsplan zur Bekämpfung von Lebensmittelbetrug verabschiedet. Mit der Verordnung (EU) 2017/625 (EU-Kontroll-VO) wurde die Möglichkeit zur Benennung von Referenzzentren der Europäischen Union für die Echtheit und Integrität der Lebensmittelkette geschaffen, als deren Folge das BMEL im Mai 2017 die Gründung eines entsprechenden Nationalen Referenzzentrums für authentische Lebensmittel (NRZ-Authent) am Max Rubner-Institut verkündete. Die Aufgaben des NRZ-Authent umfassen u. a. die Koordination und Bündelung der bundesweiten Aktivitäten im Bereich der Lebensmittelauthentizität, die (Weiter-) Entwicklung von Analysemethoden zur Bewertung der Authentizität von Lebensmitteln sowie die Standardisierung und Validierung solcher Methoden. Für diese Tätigkeiten können sowohl die Weiterentwicklungen im analytischen Bereich als auch der Aufbau

der fAuthent-Instanz von großem Interesse sein. Um die Aktivitäten des NRZ-Authent zu unterstützen und im Sinne einer Verstärkung des fAuthent-Gesamtsystems, wurden daher die Projekt-Ergebnisse im Rahmen einer Expertenkonferenz vorgestellt

(https://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2019/49/fingerabdruck_ueberfuehrt_lebensmittelfaelscher-243246.html).

3 Erfolgte oder geplante wissenschaftliche Veröffentlichungen und wissenschaftliche Arbeiten aus dem Projekt

Publikationen:

1. Esslinger, S, Filter, M, Bartram, T: FoodAuthent - Wegbereiter einer harmonisierten Echtheitsprüfung von Lebensmitteln (2020) Lebensmittelchemie 74, 61–99 (2020)
2. Bartram, T, Esslinger, S: Lebensmittelfälschungen unter der Lupe (2019) FOOD-Lab 01/2019

Vorträge:

1. Esslinger, S: FoodAuthent - Fingerprinting-Analysen und Datamining (2019), Abschlusskonferenz, Berlin
2. Filter, M., Schüler, T., Valentin, L.: Software-Demonstratoren für behördliche Endnutzer (2019), Abschlusskonferenz, Berlin
3. Lörchner, C: Qualitätssicherung in der nicht-zielgerichteten Authentizitätsprüfung- am Beispiel von Rapsöl mittels FT-IR (2019), Abschlusskonferenz, Berlin
4. Fauhl-Hassek C, Esslinger S, Lörchner C, Valentin L, Filter M.: fAuthent - an open source framework for distributed food authenticity data and knowledge management (2019), 2nd technical workshop of the EC Knowledge Centre for Food Fraud and Quality, Geel
5. Lörchner, C: Wege zur Harmonisierung in der nicht-zielgerichteten Analytik - spektroskopie-basierter Gerätevergleich (2019) Dt. Lebensmittelchemikertag, Dresden
6. Esslinger, S: Ansatz für die gemeinsame Nutzung spektroskopischer Daten – das FoodAuthent-Projekt (2019) Experten-Treffen, Berlin
7. Lörchner, C: FoodAuthent – Ein Fortschrittsbericht (2019) Next-NMR, Karlsruhe
8. Lörchner, C: Comparable fingerprinting data – an analytical approach towards comprehensive food authentication on the example of edible oils (2018) PreDoc-Symposium, Berlin
9. Lörchner, C: Investigations on the comparability of fingerprinting data – Learn to walk before you run (2018) Food Integrity Conference, Nantes
10. Esslinger, S: Tracking Down Food Fraud - NMR Spectroscopy in Wine Authentication (2018)-, BIT's 6th Annual Conference of AnalytiX-2018 Miami

11. Fauhl-Hassek, C: Lebensmittelverfälschung und Verbraucherschutz. (2018) Workshop Food Fraud Berlin
12. Bartram, T, Esslinger, S: FoodAuthent - Entwicklung eines Systems zur Sammlung, Analyse und Verwertung von Produktauthentizitätsdaten im Lebensmittelbereich (2018) BLE Innovationstage 2018, Bonn
13. Lörchner, C: Analytische Authentizitätsprüfung im Lebensmittelbereich – Verfahrensentwicklung und Harmonisierungsaspekte (2018) Vortragsreihe – Symposium Universität Halle, Halle
14. Fauhl-Hassek, C: Validation and reporting of non-targeted “fingerprinting” approaches for food authentication (2017) Workshop RAFA, Prag
15. Esslinger, S, Fauhl-Hassek, C.: Vorstellung des BMEL-Projektes FoodAuthent (2017) NEXT-NMR-AG, Karlsruhe
16. Lörchner, C: Vorstellung des Projektes FoodAuthent (2017) Wein- und Fruchtsaft-Analysenkommission, Berlin
17. Fauhl-Hassek, C: Analytische Authentizitätsprüfung von der Forschung in die Routine (2017) BVL Konferenz Food Fraud, Berlin
18. Esslinger, S: Vorstellung des Projektes „FoodAuthent“ (2017) 5. Wissenschaftliche Veranstaltung der BMEL-Ressortforschung im Bereich Ernährung, Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit, Berlin
19. Esslinger, S: Authentizitätsprüfung in der amtlichen Überwachung – Möglichkeiten und Herausforderungen (2016) Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst, Berlin
20. Esslinger, S, Filter, M: Planned project: FoodAuthent (2016) Treffen der Heads of Agencies, Berlin

Poster:

1. Lörchner, C, Fauhl-Hassek, C, Horn, M, Esslinger, S: A jointly used database – a long way in non-targeted analysis (2019) RAFA, Prag
2. Valentin L, Horn M, Böckelmann S, Bartram T, Tröger R, Esslinger S, et al.: fAuthent - An open source platform to share scientific data (2019) 9th International Symposium on RECENT ADVANCES IN FOOD ANALYSIS, Prague, Czech Republic
3. Valentin L, Horn M, Böckelmann S, Bartram T, Tröger R, Esslinger S.: fAuthent - An Open Source Framework For Distributed Food Authenticity Data And Knowledge Management (2019) 11th International Conference of Predictive Modelling in Food (ICPMF11), Braganza, Portugal
4. Lörchner, C, Fauhl-Hassek, C, Baeten, V, Fernandez, J, Esslinger, S: Steps toward harmonization in non-targeted analysis (2019) RAFA, Prag (*Posterpreis*)

5. Lörchner, C, Fauhl-Hassek, C, Drescher, S, Esslinger, S: Untersuchungen der Vergleichbarkeit von Fingerprinting-Daten – Learn to walk before you run (2018) Lebensmittelchemikertag, Berlin
6. Lörchner, C, Fauhl-Hassek, C, Berger, F, Esslinger, S: Food Fingerprinting – An analytical approach towards comprehensive food authentication (2018), One Health & Food Safety Congress, Helsinki
7. Esslinger, S, Drescher, S, Fauhl-Hassek, C, Lörchner, C: Authentication of edible oils using non-targeted spectroscopic fingerprinting techniques (2018) ASSET 2018, Belfast
8. Lörchner, C, Fauhl-Hassek, C, Berger, F, Esslinger, S: FoodAuthent: Collection, analysis and utilization of analytical food fingerprints (2017) RAFA, Prag
9. Lörchner, C, Fauhl-Hassek, C, Berger, F, Filter, M, Esslinger, S: The FoodAuthent project – Steps forward harmonized analytical authentication (2017) Joint International Symposium, Berlin (*Posterpreis*)
10. Lörchner, C, Fauhl-Hassek, C, Berger, F, Esslinger, S: FoodAuthent: Sammlung, Analyse und Verwertung analytischer Lebensmittel-Fingerprints (2017) Lebensmittelchemikertag, Würzburg
11. Lörchner, C, Fauhl-Hassek, C, Berger, F, Esslinger, S: Food Fingerprinting – An analytical approach towards comprehensive food authentication (2017) ANUGA, Köln

Wissenschaftliche Abschlussarbeiten:

1. Lörchner, Carolin - Authentizitätsprüfung im Lebensmittelbereich – Verfahrensentwicklung und Harmonisierungsaspekte (Arbeitstitel, Promotion)
2. Wedekind, Anna - Authentizitätsprüfung von Spirituosen zur Erkennung von Verfälschungen anhand spektroskopischer Methoden, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2019 (Diplomarbeit)
3. Drescher, Sebastian - Validierung von Fingerprinting-Analysen – Überprüfung der Vergleichbarkeit von FT-IR-Spektren verschiedener Geräte anhand ausgewählter Speiseöle, Technische Universität Berlin 2018 (Diplomarbeit)

4 Referenzen

[1] Spink J, Moyer, DC (2011) J Food Sci 76:157-63.

[2] Esslinger, S, Riedl, J, Fauhl-Hassek, C (2014) Food Res Int 60:189-204.

[3] Reinholds, I, Bartkevics, V, Silvis, ICJ, van Ruth, SM, Esslinger, S (2015) J. Food Comp Anal 44:56-72.

[4] Spraul, M, Schütz, B, Rinke, P, Koswig, S, Humpfer, E, Schäfer, H, Mörtter, M, Fang, F, Marx, UC, Minoja, A (2009) *Nutrients* 1:148-155.

[5] Spraul, M, Schütz, B, Humpfer, E, Mörtter, M, Schäfer, H, Koswig, S, Rinke, P (2009) *Magn Reson Chem* 47:130-137.

[6] Monakhova, YB, Schütz, B, Schäfer, H (2014) *Accred Qual Assur* 19, 17-29.

[7] Monakhova, Y B, Mushtakova, SP, Kuballa, T, Lachenmeier, DW (2014) *Magn Reson Chem* 52, 755– 759.

[8] Horn B, Esslinger S, Schaarschmidt S, Fauhl-Hassek C (2019) *Trends Food Sci Technol* 90:166-169.

[9] Riedl, J, Esslinger, S, Fauhl-Hassek, C (2015) *Anal Chim Acta* 885:17-32.

[10] Camin, F, Wehrens, R, Bertoldi, D, Bontempo, L, Ziller, L, Perine, M, Nicolini, G, Nocetti, M, Larcher, R (2012) *Anal Chim Acta*; 711:54-59.

[11] Sangster, T, Major, H, Plumb, R, Wilson, AJ, Wilson, ID (2006) *Analyst* 131:1075-8.

[12] Kübler; Masterarbeit Universität Konstanz; 2017.

[13] Altman, N. S. (2012) *Am. Stat*; 175-185.

[14] Monakhova, YB, Kohl-Himmelseher, M, Kuballa, T, Lachenmeiner, DW (2014) *J Pharm Biomed Anal*, 100:381-386.

[15] Grelet, C., Pierna, J. A. Fernández, Dardenne, P., Baeten, V., Dehareng, F. (2015) *J. dairy Sci.*; 2150-2160.

Weitere Informationen auf der BfR-Website zum Thema Lebensmittelauthentizität

Über das Forschungsprojekt

https://www.bfr.bund.de/de/entwicklung_eines_systems_zur_sammlung_analyse_und_verwertung_von_produktauthentizitaetsdaten_foodauthent_-202678.html

https://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2019/49/fingerabdruck_ueberfuehrt_lebensmittelfaelscher-243246.html

https://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2016/47/lebensmittelfaelschern_auf_der_spur-199230.html



„Stellungnahmen-App“ des BfR

Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist eine wissenschaftlich unabhängige Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Es berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebensmittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.