



FEI-Jahrestagung 2024
"Lebensmittelforschung durch das IGF-Programm
– ein Streifzug,,
Hamburg, 12.09.2024

HAMBURG SCHOOL OF FOOD SCIENCE
Understanding Food

AUTHENTIZITÄTSNACHWEIS VON LEBENSMITTELN

PROF. DR. MARKUS FISCHER
HAMBURG

AUTHENTIFIZIERUNG

Es geht immer um die einfache Frage:

“Ist drin, was draufsteht”

authentisch oder gefälscht ?

ECHT (AUTHENTISCH) oder GEFÄLSCHT (NICHT AUTHENTISCH)?

- **Manipulation 1.0 / Betrug**

- Vermischung, Verdünnung
- vorsätzliche Um- oder Falschetikettierung
- irreführende Werbung
- gefälschte Frachtpapiere
- ...
 - Es wurde etwas geschummelt, aber kein gesundheitlicher Schaden!

FOOD FRAUD
„finanzieller Schaden“



- **Manipulation 2.0 / Gesundheitsgefährdung**

- Allergenproblematik
- bestimmte nicht sichere Herkünfte
- Gesundheitsgefährdende Zutaten
- ...
 - Es wurde geschummelt und nicht bedacht, dass die Fälschung krank machen kann!

FOOD SAFETY
„Gesundheitsgefährdung“

TÄUSCHUNG | Es ist nichts Neues...

- FOOD FRAUD ist kein modernes Problem

...

Fälschung von

- Mehl mit Kalk oder anderen weißen Substanzen
- Honig mit Stärkesirup
- Butter mit Margarine
- Kaffee mit Sand
- teurer Weinlagen mit Billig-Wein
- ...



<https://blog.ifopecom.br/tag/food-fraud/>

TÄUSCHUNG | Es ist nichts Neues...

- FOOD FRAUD ist kein modernes Problem

...

Fälschung von

- Mehl mit Kalk oder anderen weißen Substanzen
- Honig mit Stärkesirup
- Butter mit Margarine
- Kaffee mit Sand
- teurer Weinlagen mit Billig-Wein
- ...

- “modern-day **FOOD FRAUDsters**” sind

- wissenschaftlich gebildet

- Es erinnert an Doping im Sport...

- kennen sich mit den Methoden und den **Grenzen der Analytik** mittlerweile bestens aus...

- Olivenöl
- Melamin
- Pferdefleisch
- Thunfisch
- Weizen/Dinkel
- ...

WERTSCHÖPFUNGSKETTE | Viele Mitspieler (Stakeholders)

Rohstoff-
Gewinnung

Ernte
Transport

Prozessierung
Lagerung

Distribution
Verpackung

Einzelhandel
Großhandel

Haushalt

- Landwirte
- Genossenschaften

- Landwirte
- Lohnunternehmen
- Genossenschaften
- Logistik-
unternehmen

- Erst- und Zweitver-
arbeiter

- Verpackungs-
unternehmen
- Logistik-
unternehmen

- Lebensmittelläden
- Supermärkte

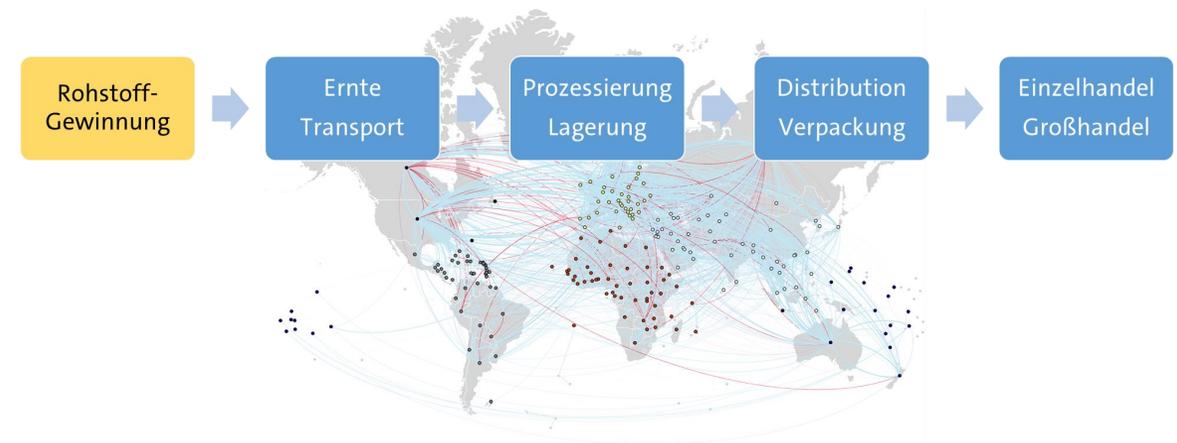
- Verbraucher



<https://www.modusconsult.de/branchen/lebensmittelindustrie/der-globale-handel-in-der-lebensmittelindustrie>

WERTSCHÖPFUNGSKETTE | Fälschungsmöglichkeiten?

- Produktionsverfahren
 - Pflanzenschutz, Düngung, Tierfutter etc.
 - Geographische Herkunft
 - woher kommt mein Lebensmittel? Global vs. regional
 - Biologische Identität
 - Spezies, Sorten, Tierrassen, GMO/non-GMO
 - Gesundheitsgefährdende Inhaltsstoffe
 - Rückstände, Kontaminanten, lebensmittelbedingte Krankheitserreger, Allergene
-
- Nachhaltigkeit, Fair-trade, Tierschutz
 - Ressourcen-Nutzung, Gegenwart vs. Zukunft, nachhaltiger Konsum
 - sozialverträgliche Arbeitsbedingungen, Gleichberechtigung, Zahlung eines fairen Preises
 - artgerechte Tierhaltung
 - ...



WERTSCHÖPFUNGSKETTE | „Moderne“ Fälschungsmöglichkeiten?

- **Produktionsverfahren**
 - Pflanzenschutz, Düngung, Tierfutter etc.
 - **Geographische Herkunft**
 - woher kommt mein Lebensmittel? Global vs. regional
 - **Biologische Identität**
 - Spezies, Sorten, Tierrassen, GMO/non-GMO
 - **Gesundheitsgefährdende Inhaltsstoffe**
 - Rückstände, Kontaminanten, lebensmittelbedingte Krankheitserreger, Allergene
- Harte Parameter (i.P. instrumentell messbar)
-
- **Nachhaltigkeit, Fair-trade, Tierschutz**
 - Ressourcen-Nutzung, Gegenwart vs. Zukunft, nachhaltiger Konsum
 - sozialverträgliche Arbeitsbedingungen, Gleichberechtigung, Zahlung eines fairen Preises
 - artgerechte Tierhaltung
 - ...

WIE KANN MAN SICH SCHÜTZEN?

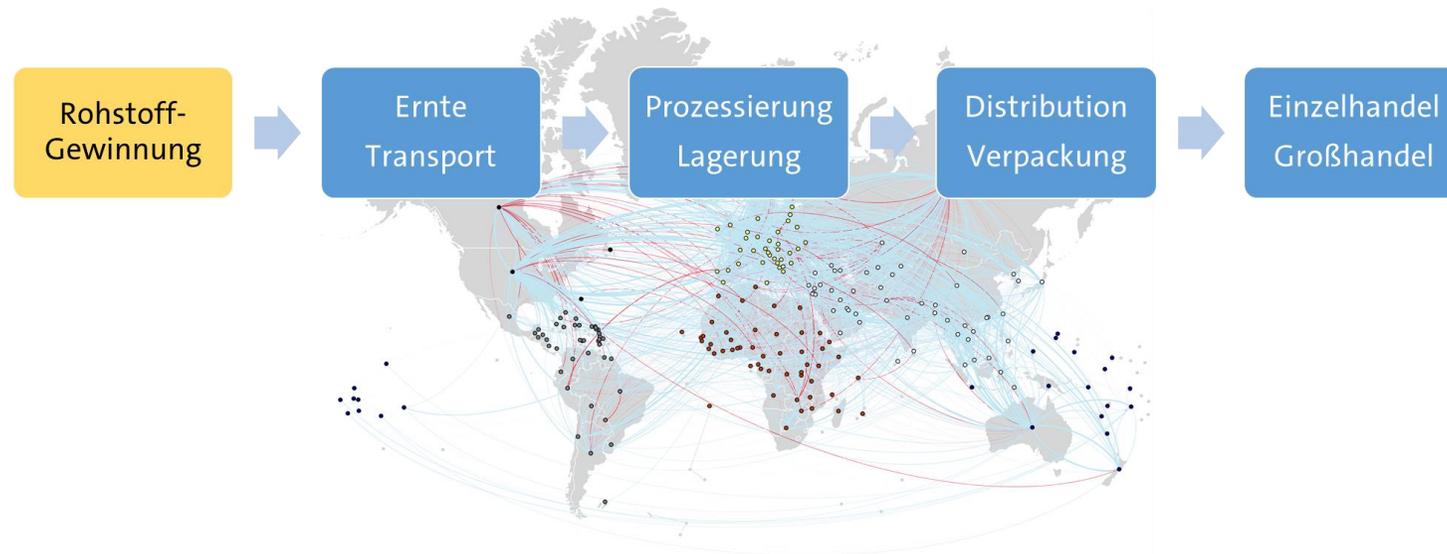
AUTHENTIFIZIERUNG: Verifizierung einer behaupteten Eigenschaft (claim)

WIE KANN MAN SICH SCHÜTZEN?

AUTHENTIFIZIERUNG: Verifizierung einer behaupteten Eigenschaft (claim)

1. Dokumente

- sehr viele Akteure
- Papiere können leicht nachgemacht (“gefaked”) werden



- Erklärungen
- Lieferscheine
- Frachtpapiere
- Rechnungen
-

WIE KANN MAN SICH SCHÜTZEN?

AUTHENTIFIZIERUNG: Verifizierung einer behaupteten Eigenschaft (claim)

1. Dokumente

- sehr viele Akteure; Papiere können leicht nachgemacht (“gefaked”) werden

2. Visuelle oder sensorische Prüfung

- begrenztes Auflösungsvermögen
- In jedem Fall Experten notwendig

????



1: Schellfisch

2: Pazifischer Pollack (Handelsname: Alaska-Seelachs)

3 & 4: (Atlantische) Kabeljau (zwei unterschiedliche Blöcke)

WIE KANN MAN SICH SCHÜTZEN?

AUTHENTIFIZIERUNG: Verifizierung einer behaupteten Eigenschaft (claim)

1. Dokumente

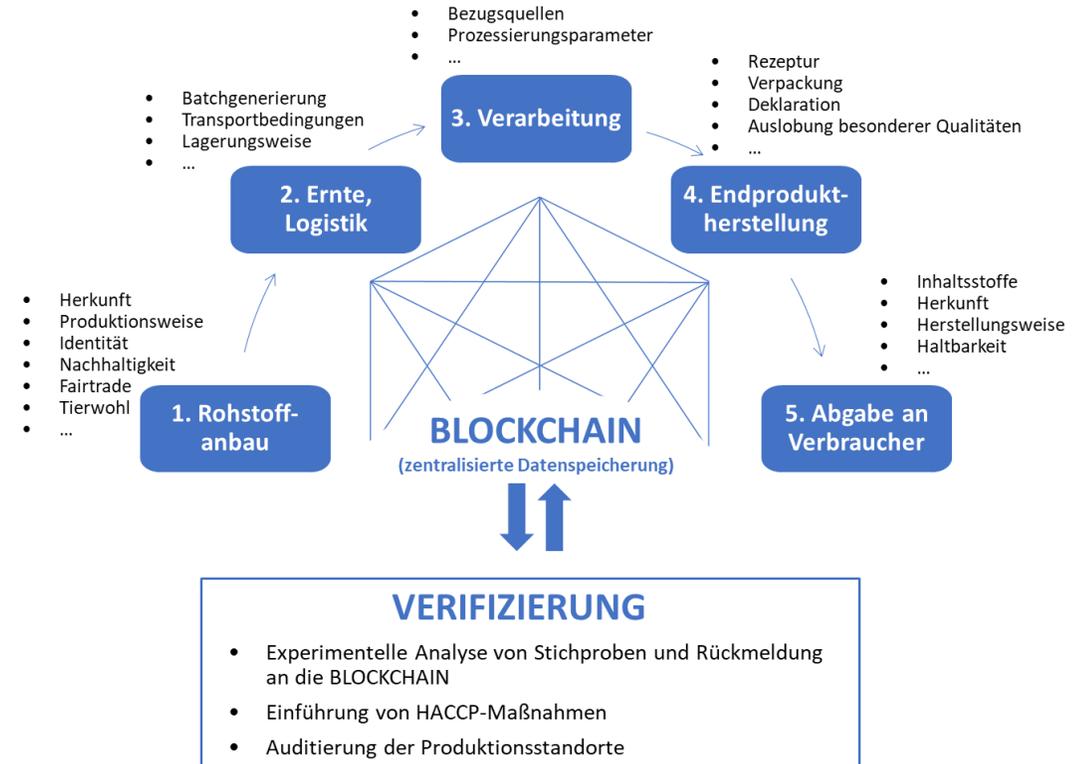
- sehr viele Akteure; Papiere können leicht nachgemacht (“gefaked”) werden

2. Visuelle oder sensorische Prüfung

- begrenztes Auflösungsvermögen; Experten notwendig

3. (Digitale) Rückverfolgbarkeitssysteme

- 1-dimensional barcodes, 2-dimensional QR-codes, RFID (*radio-frequency identification*) systems, **blockchain technology**, etc.
 - Informationen kommen aus der Wertschöpfungskette, dadurch fälschungsanfällig



RÜCKVERFOLGBARKEIT 4.0 – DIGITALISIERUNG IN DER LEBENSMITTELWIRTSCHAFT

Creydt, Fischer, Deutsche Lebensmittelrundschau (DLR), 11/2019 (2019)

BLOCKCHAIN AND MORE - ALGORITHM DRIVEN FOOD TRACEABILITY

Creydt, Fischer, Food Control, 105, 45-51 (2019)

WIE KANN MAN SICH SCHÜTZEN?

AUTHENTIFIZIERUNG: Verifizierung einer behaupteten Eigenschaft (claim)

1. Dokumente

- sehr viele Akteure; Papiere können leicht nachgemacht (“gefaked”) werden

2. Visuelle oder sensorische Prüfung

- begrenztes Auflösungsvermögen; Experten notwendig

3. (Digitale) Rückverfolgbarkeitssysteme

- 1-dimensional barcodes, 2-dimensional QR-codes, RFID (radio-frequency identification) systems, **blockchain technology**, etc.
 - Informationen kommen aus der Wertschöpfungskette, dadurch fälschungsanfällig

4. Experimentelle AUTHENTIFIZIERUNG

- unabhängig von externen Informationen
- teuer aber sicher
 - An allen Punkten der Wertschöpfungskette einsetzbar

- **FOOD AUTHENTICATION: DETECTION OF ARBUTUS UNEDO AND OLEA EUROPAEA LEAVES AS ADMIXTURE OF OREGANO USING LAMP AND DUPLEX LAMP BASED TEST SYSTEMS WITH LFA AND COLORIMETRIC VISUALIZATION**
Holz, Wax, Illarionov, Iskhakova, Fischer, AGRICULTURE 14 (4), 597 (2024)
- **FOOD PROFILING: PROGRESS IN ENSURING THE AUTHENTICITY OF TRUFFLE SPECIES AND THEIR GEOGRAPHICAL ORIGIN**
Creydt, Fischer, CURRENT OPINION IN FOOD SCIENCE, 101171 (2024)
- **FOOD AUTHENTICATION GOES GREEN: DETERMINATION OF THE GEOGRAPHICAL ORIGIN OF GRAIN MAIZE (ZEA MAYS L.) USING DIRECT ANALYSIS IN REAL TIME MASS SPECTROMETRY (DART-MS)**
Schmauder, Schütz, Creydt, Riedl, Fischer, FOOD CONTROL 163, 110489 (2024)
- **EXPLORING THE POTENTIAL OF HIGH-RESOLUTION LC-MS IN COMBINATION WITH ION MOBILITY SEPARATION AND SURROGATE MINIMAL DEPTH FOR ENHANCED ALMOND ORIGIN AUTHENTICATION**
H Lösel, M Arndt, S Wenck, L Hansen, M Oberpottkamp, S Seifert, M Fischer, TALANTA, 125598 (2024)

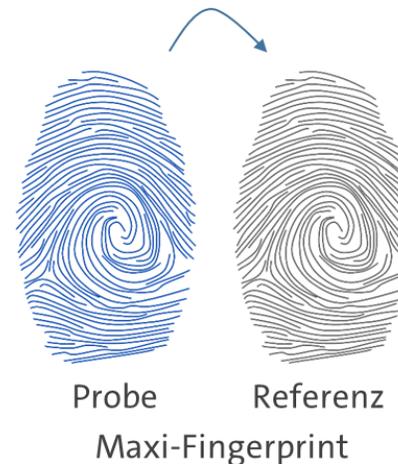


AUTHENTIFIZIERUNG

- Offensichtliche Unterschiede sind weder erkennbar noch bekannt

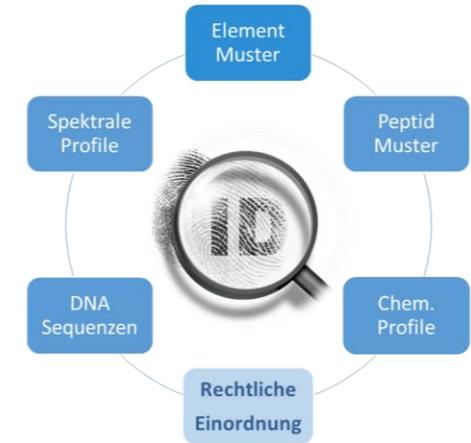
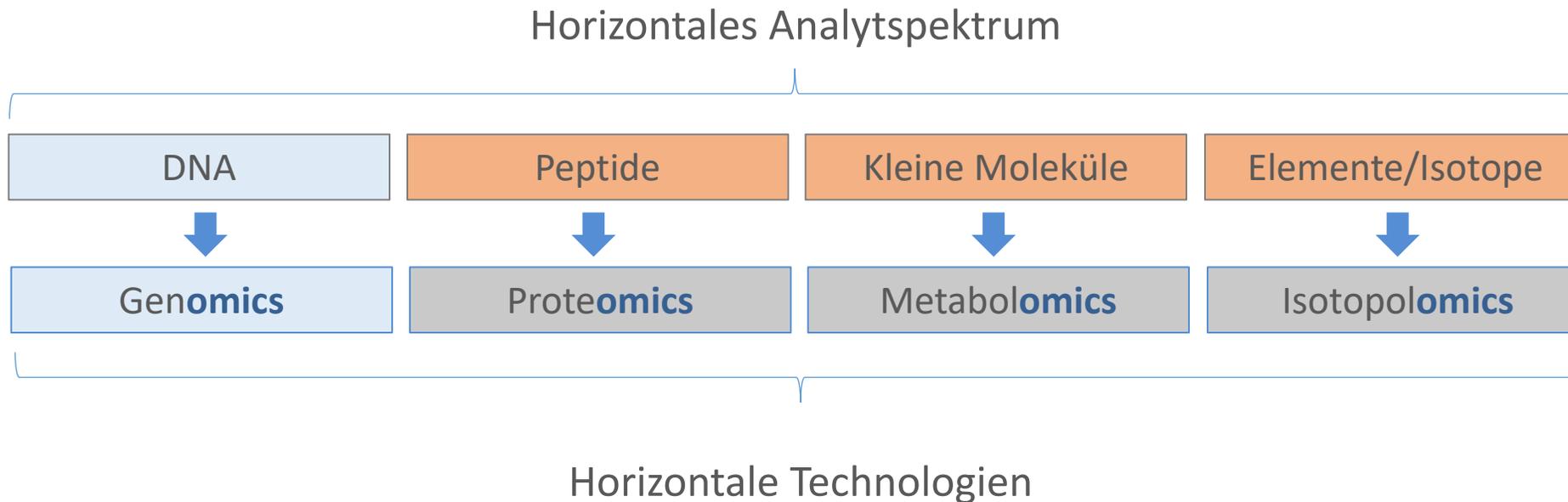
- z.B. bei Sorten, geographische Herkunft, Produktionsweisen
 - akribische Suche nach Unterschieden durch den Vergleich von molekularen oder submolekularen Profilen
- hypothesenfrei
- referenzbasiert
- qualitativ

- FOOD FINGERPRINTING



- Produktionsverfahren
 - Pflanzenschutz, Düngung, Tierfutter etc.
- Geographische Herkunft
 - Global vs. regional
- Biologische Identität
 - Spezies, Sorten, Tierrassen, GMO/non-GMO
- Gesundheitsgefährdende Inhaltsstoffe
 - Rückstände, Kontaminanten, lebensmittelbedingte Krankheitserreger, Allergene

Experimentelle AUTHENTIFIZIERUNG | Datenakquise



OMICS-
Technologien

FOOD FINGERPRINTING | Datenakquise

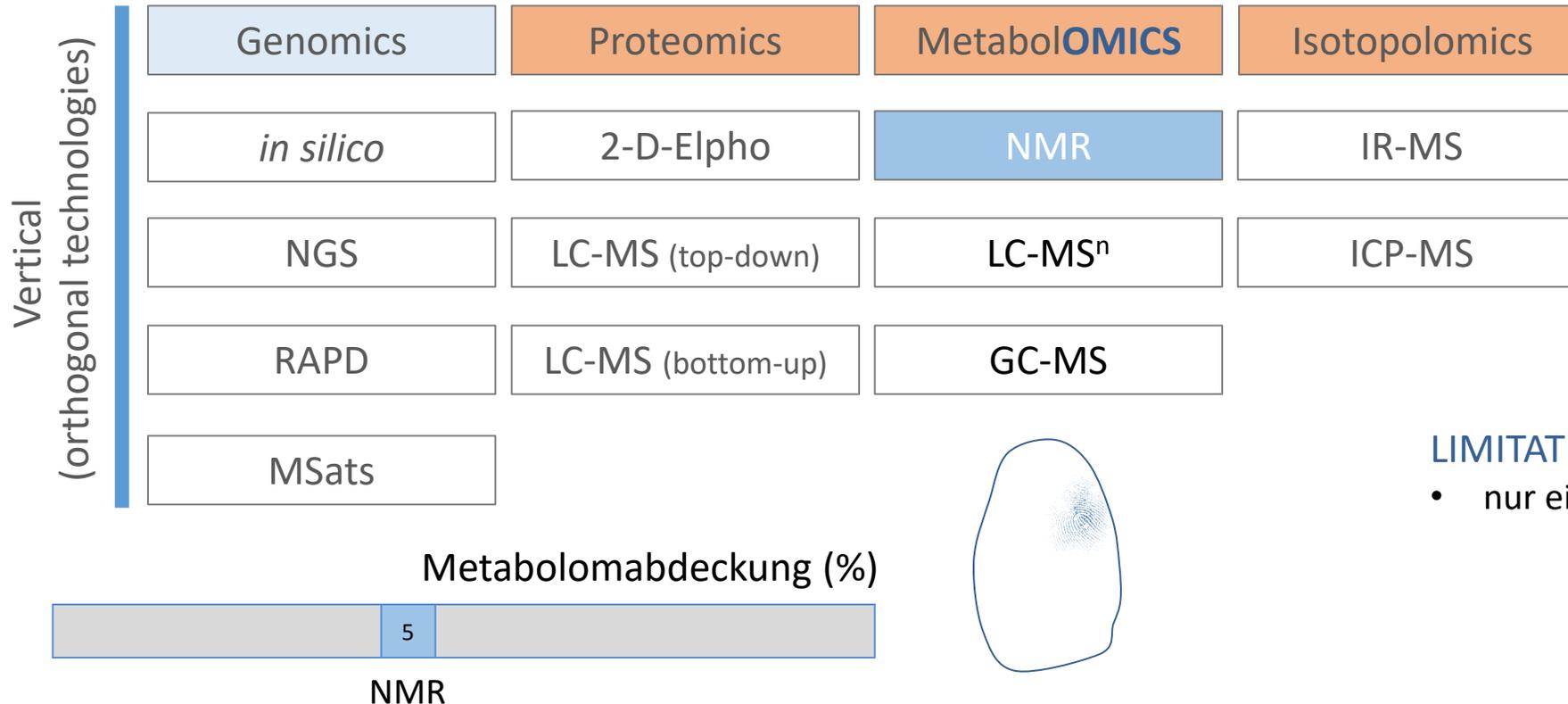
-OMICS = mehrere vertikale Technologien

Vertikal (orthogonale Technologien)	Genomics	Proteomics	Metabolomics	Isotopomics
	<i>in silico</i>	2-D-Elpho	NMR	IR-MS
	NGS	LC-MS (top-down)	LC-MS ⁿ	ICP-MS
	RAPD	LC-MS (bottom-up)	GC-MS	
	MSats			
Analyte	{ > 300.000.000	> 30.000	> 25.000	Fast das gesamte Periodensystem

- 01IF21952N:** FAST AND USER-FRIENDLY DETECTION OF FLATFISH SPECIES (*PLEURONECTES PLATESSA* AND *SOLEA SOLEA*) VIA LOOP-MEDIATED ISOTHERMAL AMPLIFICATION (LAMP)
 Wax, Pfortner, Holz, Sterzl, Melnik, Kappel, Bade, Schröder, Haase, Fritsche, Fischer, JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY 71, 14795-14805 (2023)
- 01IF21656N:** POINT-OF-CARE SUITABLE IDENTIFICATION OF THE ADULTERANTS *CARTHAMUS TINCTORIUS* AND *CURCUMA LONGA* IN *CROCUS SATIVUS* BASED ON LOOP-MEDIATED ISOTHERMAL AMPLIFICATION (LAMP) AND LATERAL-FLOW-ASSAY (LFA)
 Holz, Ilarionov, Wax, Schmidt, Fischer, FOOD CONTROL 148, 109637 (2023)
- 01IF22909N:** COMPETING TECHNOLOGIES: DETERMINING THE GEOGRAPHICAL ORIGIN OF STRAWBERRIES (*FRAGARIA* × *ANANASSA*) USING LABORATORY BASED NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY COMPARED TO A SIMPLE PORTABLE DEVICE
 Brockelt, Schmauder, Brettschneider, Creydt, Seifert, Fischer, submitted for publication (2024)

FOOD FINGERPRINTING | Datenakquise

Metabolomics: Beispiel **NMR**

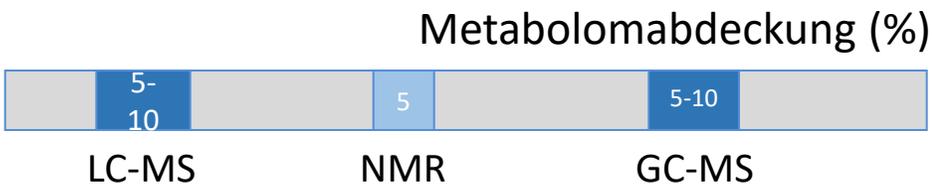
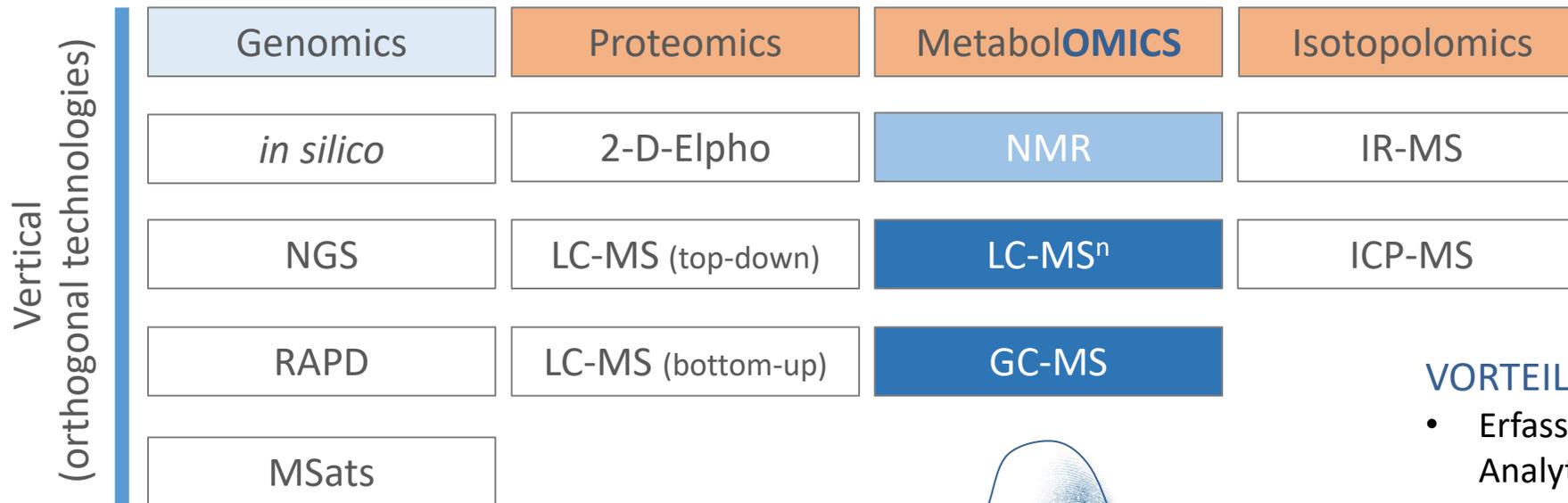


LIMITATION

- nur ein Bruchteil des „Fingers“ wird erfasst

FOOD FINGERPRINTING | Datenakquise

Metabolomics: VORTEIL DER VERWENDUNG MEHRERER VERTIKALER ORTHOGONALER TECHNOLOGIEN: **NMR & LC-MS & GC-MS**



VORTEILE

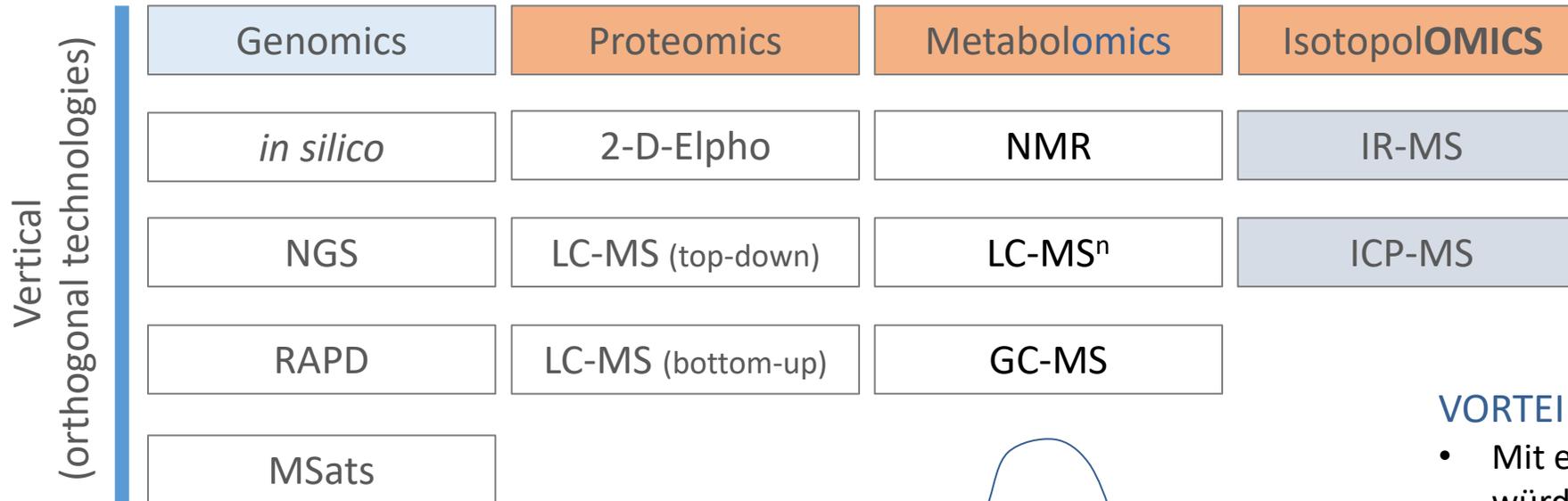
- Erfassung einer viel größeren Anzahl von Analyten

LIMITATION

- nur ein Teil des Fingers wird jeweils mit einer Omics-Säule beleuchtet

FOOD FINGERPRINTING | Datenakquise

Metabolomics: VORTEIL DER VERWENDUNG VERTIKALER ORTHOGONALER TECHNOLOGIEN: **IR-MS & ICP-MS**

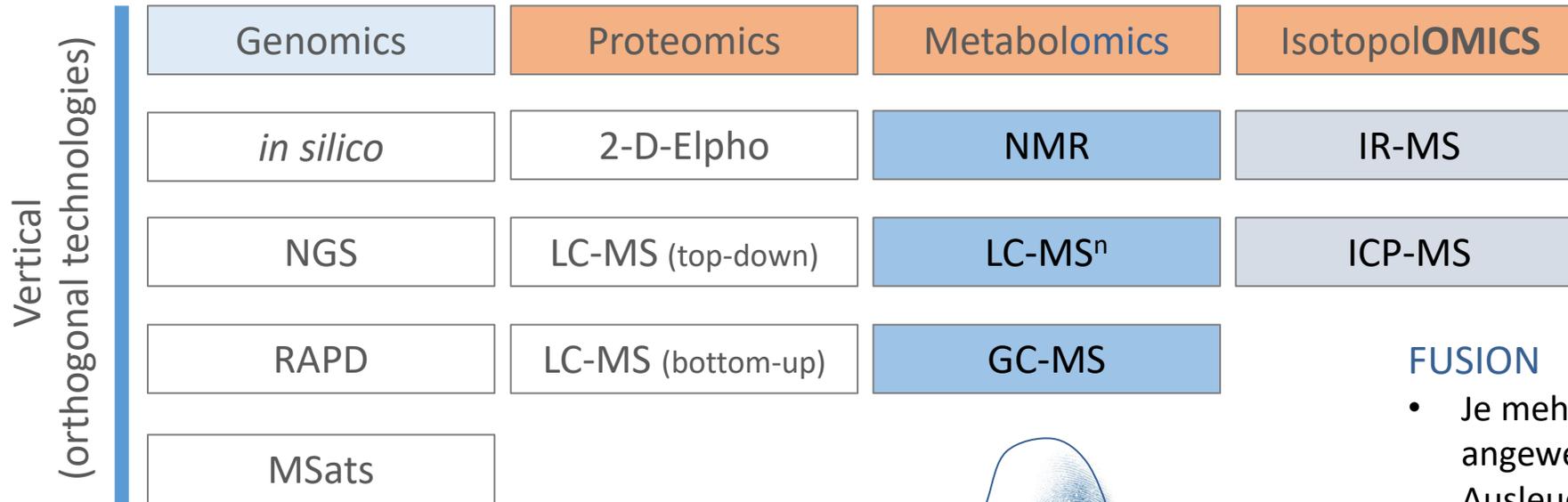


VORTEILE

- Mit einer anderen Omics-Technologie würden man einen anderen Teil des Fingers adressieren

FOOD FINGERPRINTING | Datenakquise

Metabolomics: ADVANTAGE OF USING VERTICAL ORTHOGONAL TECHNOLOGIES: **NMR & LC-MS & GC-MS & IR-MS & ICP-MS**



FUSION

- Je mehr Omics-Disziplinen gleichzeitig angewendet werden, desto besser ist die Ausleuchtung des Fingers
 - Bessere Auflösung
 - sehr gute Grundlage für die Differenzierung ähnlicher Populationen
 - Es wird sehr teuer!

FOOD FINGERPRINTING | Datenprozessierung & -management

CHEMOMETRIE / BIOINFORMATIK

1. Datenbanken

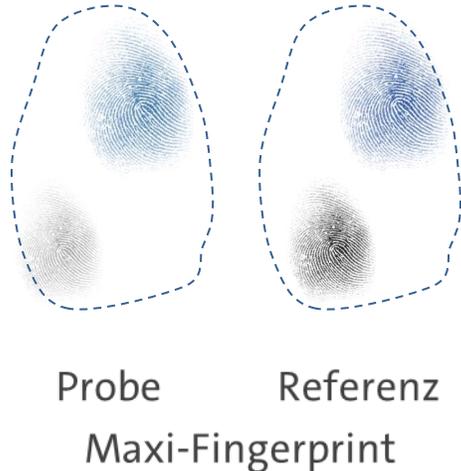
- storage, recycling, sharing

2. Algorithmen für die Datenverarbeitung

- Statistik, multivariate Datenanalyse
 - z. B. PCA: Hauptkomponentenanalyse, maschinelles Lernen usw.
- Sequenzauswertungen
 - Assemblierung
 - Alignierung

3. Algorithmen für die Zusammenführung von Datensätzen

- Data Fusion



- EXPLORING THE POTENTIAL OF HIGH-RESOLUTION LC-MS IN COMBINATION WITH ION MOBILITY SEPARATION AND SURROGATE MINIMAL DEPTH FOR ENHANCED ALMOND ORIGIN AUTHENTICATION
Lösel, Arndt, Wenck, Hansen, Oberpottkamp, Seifert, Fischer, TALANTA, 125598 (2024)
- **AiF 20506 N: ANALYSIS OF HAZELNUTS (CORYLUS AVELLANA L.) STORED FOR EXTENDED PERIODS BY 1H NMR SPECTROSCOPY MONITORING STORAGE-INDUCED CHANGES IN THE POLAR AND NONPOLAR METABOLOME**
Shakiba, Lösel, Wenck, Kumpmann, Bachmann, Creydt, Seifert, Fischer, Hackl, JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY 71 (6), 3093-3101 (2023)
- DETERMINATION OF THE GEOGRAPHICAL ORIGIN OF HAZELNUTS (CORYLUS AVELLANA L.) BY NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY (NIR) AND A LOW-LEVEL FUSION WITH NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE (NMR).
Shakiba, Gerdes, Holz, Wenck, Bachmann, Schneider, Seifert, Fischer, Hackl, T., MICROCHEMICAL JOURNAL, 107066 (2021)

FOOD FINGERPRINTING | Strategien für die Routineanalytik

Generelle Problematik

- die verlässliche Beschaffung und Lagerung von **Referenzmaterial** ist sehr aufwendig und teuer
- die **wissenschaftliche Infrastruktur** ist in den meisten Fällen sehr anspruchsvoll (hochauflösende Instrumente)
- wissenschaftlich **geschultes Personal** ist sowohl für die Datenerfassung als auch für die Datenauswertung erforderlich
- **TaT (*turnaround time*)** aufgrund der Komplexität schwer kalkulierbar
- **Mischungen** bis auf wenige Beispiele (DNA) noch nicht oder nur eingeschränkt möglich

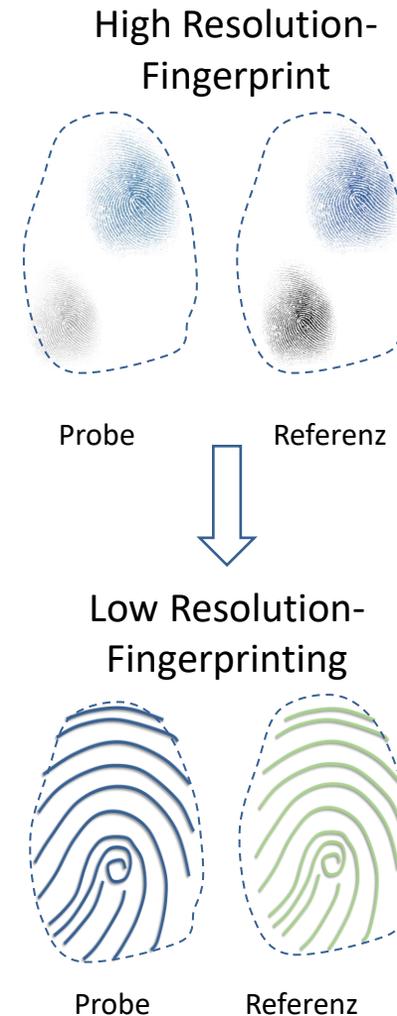
– **WIE LASSEN SICH NICHT-ZIELGERICHTETE ANSÄTZE MIT ROUTINEANALYSEN VERBINDEN ?**

VEREINFACHUNG | Stufe 1

• Low Resolution-Fingerprinting

- Referenzmaterial notwendig
- hypothesenfrei
- basiert auf niedrig-aufgelösten Fingerprints (meist FT-NIR)
- möglich mit relativ günstigen Geräten, die schon umfassend eingesetzt werden
- Auflösung insgesamt schlechter, Ergebnis aber vielfach ausreichend!

⇒ leicht durch **technisches Personal** anwendbar



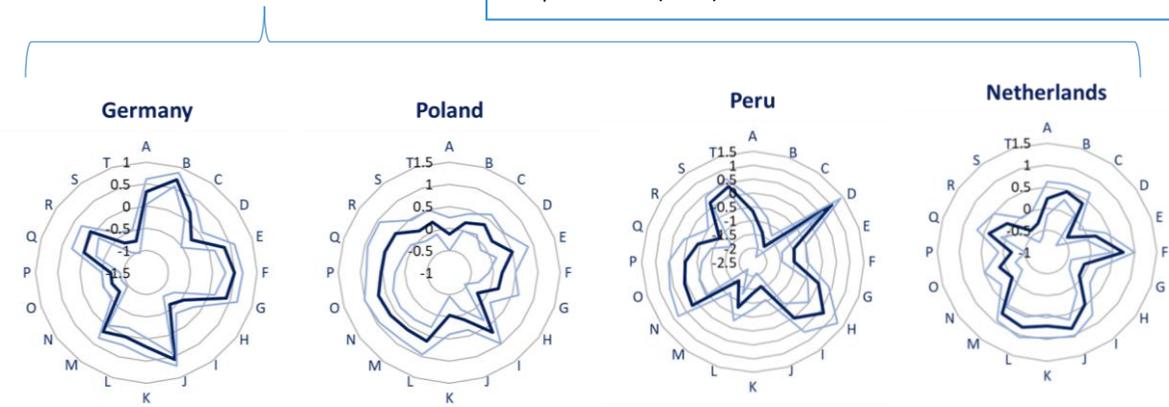
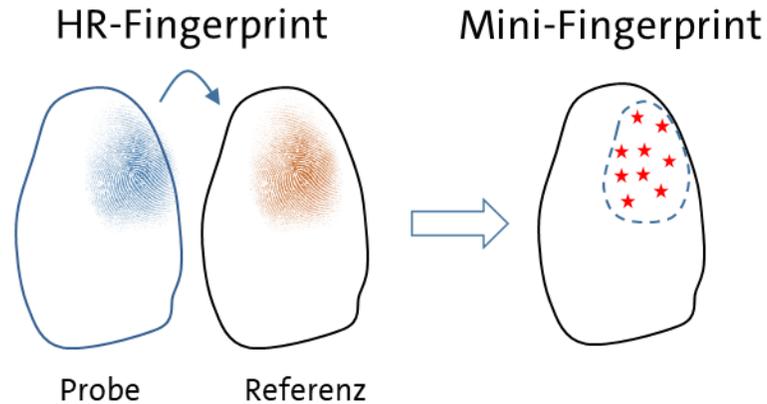
- **RAPID TESTING IN THE FOOD INDUSTRY: THE POTENTIAL OF FOURIER TRANSFORM NEAR-INFRARED (FT-NIR) SPECTROSCOPY AND SPATIALLY OFFSET RAMAN SPECTROSCOPY (SORS) TO DETECT RAW MATERIAL DEFECTS**
Lösel, Shakiba, Bachmann, Wenck, Le Tan, Creydt, Seifert, Hackl, Fischer, FOOD ANALYTICAL METHODS 1-12 (2024)
- **COMPARATIVE ANALYSIS OF LC-ESI-IM-QTOF-MS AND FT-NIR SPECTROSCOPY APPROACHES FOR THE AUTHENTICATION OF ORGANIC AND CONVENTIONAL EGGS**
Lösel, Brockelt, Gärber, Teipel, Kuballa, Seifert, Fischer, METABOLITES 13 (8), 882 (2023)
- **RAPID DETERMINATION OF NUTMEG SHELL CONTENT IN GROUND NUTMEG USING FT-NIR SPECTROSCOPY AND MACHINE LEARNING**
Drees, Bockmayr, Bockmayr, Fischer, FOODS 12 (15), 2939 (2023)
- **FOURIER-TRANSFORM NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY AS A FAST SCREENING TOOL FOR THE VERIFICATION OF THE GEOGRAPHICAL ORIGIN OF GRAIN MAIZE (*ZEA MAYS* L.).**
Schütz, Riedl, Achten, Fischer, FOOD CONTROL 136, 108892 (2022)
- **FOOD AUTHENTICATION: DETERMINATION OF THE GEOGRAPHICAL ORIGIN OF ALMONDS (*PRUNUS DULCIS* MILL.) VIA NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY**
Arndt, Rurik, Drees, Ahlers, Feldmann, Kohlbacher, Fischer, MICROCHEMICAL JOURNAL 160, 105702 (2021)

VEREINFACHUNG | Stufe 2

• Mini-Fingerprinting

- basiert auf Maxi-Fingerprinting
- später kann auf Referenzmaterial verzichtet werden
- gezielte Analyse von Unterschieden zwischen den Fingerprints (Mini-Fingerprints)
- mit vorhandenen Geräten mittlerer Leistung möglich
- Hypothesengeleitet, quantifizierbar

⇒ leicht durch **technisches Personal** anwendbar

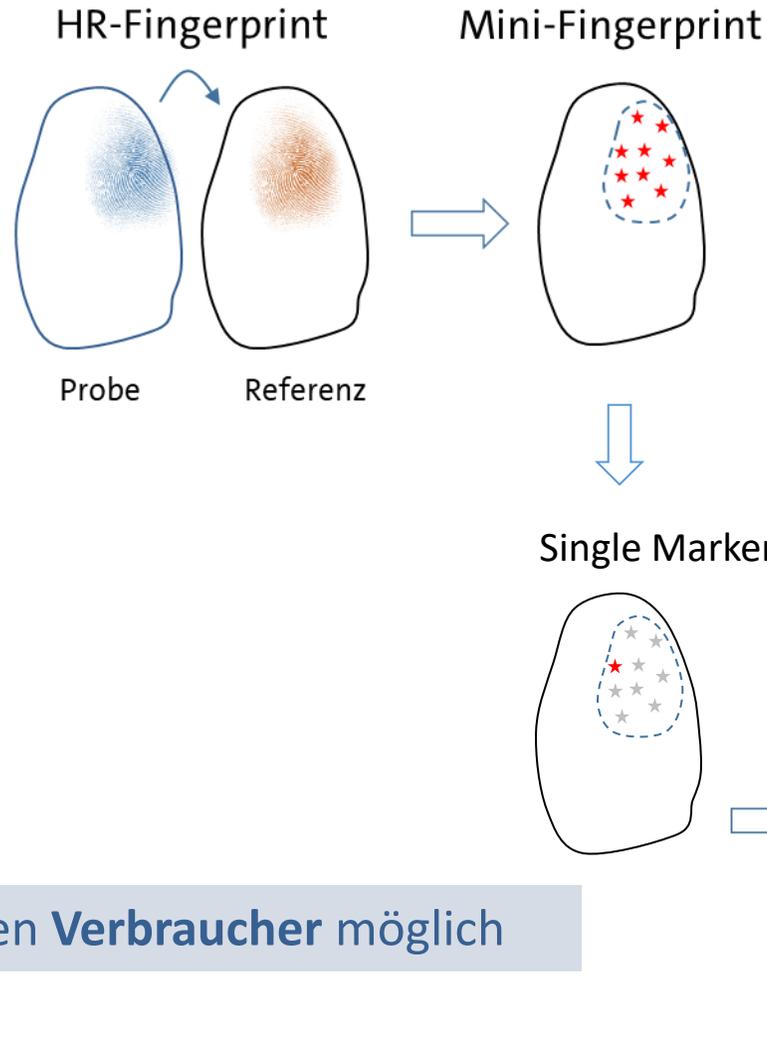


- **Aif 18349 N: FOOD AUTHENTICATION IN THE ROUTINE LABORATORY: DETERMINATION OF THE GEOGRAPHICAL ORIGIN OF WHITE ASPARAGUS USING A SIMPLE TARGETED LC-ESI-QQQ-MS/MS APPROACH**
Creydt, Wegner, Gnauck, Hörner, Hummert, Fischer, FOOD CONTROL 135, 108690 (2022)
- **FOOD AUTHENTICATION IN REAL LIFE: HOW TO LINK NONTARGETED APPROACHES WITH ROUTINE ANALYTICS?**
Creydt, Fischer, ELECTROPHORESIS 41 (20), 1665-1679 (2020)
- **FOOD AUTHENTICATION GOES GREEN: NOVEL DART-MS APPROACH FOR RAPID AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY DETERMINATION OF THE GEOGRAPHICAL ORIGIN OF HAZELNUTS (CORYLUS AVELLANA L.)**
Felix Schmauder, Marina Creydt, Markus Fischer, submitted for publication (2024)

VEREINFACHUNG | Stufe 3

• Single Marker Testing

- einfache Ja/Nein-Antwort
- Schnelltestsysteme für den **Point-of-Care (POC)**
 - Microarrays
 - **Lateral Flow Assays (LFA)**

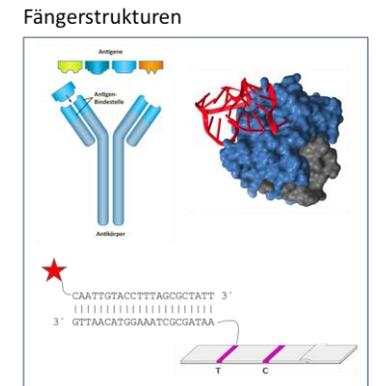


01IF21952N: FAST AND USER-FRIENDLY DETECTION OF FLATFISH SPECIES (PLEURONECTES PLATESSA AND SOLEA SOLEA) VIA LOOP-MEDIATED ISOTHERMAL AMPLIFICATION (LAMP)

Wax, Laura, Pfortner, Holz, Sterzl, Melnik, Kappel, Bade, Schröder, Haase, Fritsche, Fischer, JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY 71, 14795-14805 (2023)

AiF 18667 N: A DNA MICROARRAY FOR THE AUTHENTICATION OF GIANT TIGER PRAWN (PENAEUS MONODON) AND WHITELEG SHRIMP (PENAEUS (LITOPENAEUS) VANNAMEI): A PROOF-OF-PRINCIPLE
 Kappel, Fafińska, Fischer, Fritsche, ANALYTICAL AND BIOANALYTICAL CHEMISTRY 413, 4837-4846 (2021)

AiF 18667 N: DESIGN OF A USER-FRIENDLY AND RAPID DNA MICROARRAY ASSAY FOR THE AUTHENTICATION OF TEN IMPORTANT FOOD FISH SPECIES, Kappel, Eschbach, Fischer, Fritsche, FOOD CHEMISTRY 311, 125884 (2020)



⇒ einfache Anwendung auch durch den **Verbraucher** möglich

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

Gefördert durch:



With support from



by decision of the
German Bundestag



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Dank an das Team der HSFS!

Herzlichen Dank an das FEI-Team und an Sie für Ihre Aufmerksamkeit!