



## Technologien zur Minimierung von Lebensmittelverlusten (Food Waste Technologies)

Themenkurzprofil Nr. 47 | Christoph Bogenstahl • Stephan Richter | Mai 2021

In Deutschland werden jährlich ca. 11,9 Mio. t Lebensmittel weggeworfen oder gehen auf dem Weg zu den Verbraucherinnen und Verbrauchern verloren, wobei ca. die Hälfte der Lebensmittelverluste vermeidbar wäre. Auf dem Weg vom Feld zu den (gewerblich) Verbrauchenden gehen hierzulande 34 % aller Lebensmittel verloren. Im vorliegenden Kurzprofil wird insbesondere auf ebendiese Lebensmittelverluste entlang der Wertschöpfungskette fokussiert. Hierzu zählen Verluste, die bei der Produktion, Weiterverarbeitung und Distribution von Lebensmitteln entstehen, aber auch solche, die im Einzel- und Großhandel entstehen. Der Anteil vermeidbarer Lebensmittelverluste ist hier mit 84 % besonders hoch. In der Landwirtschaft beträgt der Anteil 86 %, bei der Lebensmittelverarbeitung 55 %.

Food Waste Technologies (FWT) können einen wichtigen Beitrag zur Minimierung von Lebensmittelverlusten leisten. Das Anwendungsfeld solcher technologischen Ansätze liegt insbesondere in der Produktion und im Handel. Daher werden die Potenziale, der Reifegrad und die Verbreitung etablierter und zukünftige FWT vorgestellt.

Hierzu gehören gängige FWT, die entlang der Wertschöpfung bereits heute zum Einsatz kommen, wie Indikatoren (z.B. Zeit-Temperatur- sowie Frischeindikatoren), Sensoren (z.B. zur Messung von Temperatur, Feuchtigkeit, pH-Wert oder die Lichteinwirkung) und Datenträger (RFID-Tags, Barcodes). Zudem werden in der Forschung und Entwicklung befindliche Ansätze und Technologien vorgestellt. Im Bereich der Lebensmittelproduktion und -verarbeitung soll beispielsweise maschinelles Lernen eingesetzt werden, um ein dynamisches Haltbarkeitsdatum umzusetzen bzw. die gängige Überproduktion von Lebensmitteln zu reduzieren.

### Hintergrund und Entwicklung

#### Lebensmittelverluste, -verschwendung und -abfälle: Definition und Ursachen

Der Begriff Lebensmittelverlust bezieht sich auf die Abnahme der essbaren Lebensmittelmasse in der Herstellung und Verarbeitung sowie während des Transports von Lebensmitteln, während die am Ende der Wertschöpfungskette (Einzelhandel und Endverbraucher) auftretenden Verluste als Lebensmittelverschwendung bezeichnet werden (FAO 2011). Die begriffliche Unterscheidung in Lebensmittelverlust und -verschwendung verdeutlicht die (tendenziell) unterschiedlichen Ursachen: Während Lebensmittelverluste häufig prozessbedingt sind und einen technisch bedingten Anteil unvermeidbarer Verluste aufweisen, liegen die Ursachen der Verschwendung verzehrfertiger Lebensmittel eher im menschlichen Verhalten begründet (Parfitt et al. 2010).

Mit der Richtlinie (EU) 2018/851 zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle im Jahr 2018 wurden EU-weit die gesetzlichen Definitionen eingeführt, wonach Lebensmittelabfälle solche Lebensmittel<sup>1</sup> sind, die entlang der Lebensmittelversorgungskette im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes<sup>2</sup> zu Abfall geworden sind. Dazu zählen Lebensmittelverluste, die nach der Ernte, z.B. bei

- 1 Lebensmittel sind nach Art. 2, Abs. 1 der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit „alle Stoffe oder Erzeugnisse, die dazu bestimmt sind oder von denen nach vernünftigem Ermessen erwartet werden kann, dass sie in verarbeitetem, teilweise verarbeitetem oder unverarbeitetem Zustand von Menschen aufgenommen werden“.
- 2 Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG)

der Lagerung und während des Transports, entstanden sind. Diese EU-Definition wird auch vom Thünen-Institut (Schmidt et al. 2019, S.19), der Ressortforschungseinrichtung des Landwirtschaftsministeriums, in seiner Studie zu Lebensmittelabfällen in Deutschland verwendet.

Beispiele und mögliche Ursachen für Lebensmittelverluste entlang der Wertschöpfungskette, d.h. der Primärproduktion, der Lebensmittelverarbeitung und im Handel, sind in der Übersicht dargestellt.

### Lebensmittelverluste in Deutschland

Laut Thünen-Institut (Schmidt et al. 2019) werden hierzulande ca. 11,9 Mio. t Lebensmittel jährlich weggeworfen oder gehen auf dem Weg von der Landwirtschaft bis hin zu den Verbraucherinnen und Verbrauchern verloren). Der prozentuale Anteil entlang der gesamten Wertschöpfung verteilt sich wie folgt: Primärproduktion in der Landwirtschaft<sup>3</sup> 12 %, Lebensmittelverarbeitung 18 %, Handel 4 %,

<sup>3</sup> inklusive Nachernteverluste und Transport

## Beispiele und mögliche Ursachen für Lebensmittelverluste in der Nahrungsmittelkette

Prozessschritt/Teilbereich der Wertschöpfungskette	Beispiele und mögliche Ursachen für Lebensmittelverluste
<b>Primärproduktion (Landwirtschaft)</b>	
Ernten, Verarbeitung bei der Ernte, Dreschen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Erntezeitpunkt nicht optimal</li> <li>■ essbares Erntegut wird nicht vollständig gesammelt oder von Vögeln und Nagetieren gefressen</li> <li>■ Erntegut wird bei der Ernte beschädigt</li> <li>■ prozessbedingte Verluste</li> </ul>
Trocknung, Transport und Warenumsschlag	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beschädigung beim Zwischenlagern</li> <li>■ Mängel der Transportinfrastruktur, Transportbedingungen oder Transportbehältnisse</li> </ul>
<b>Lebensmittelverarbeitung</b>	
Lagerung, Verarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Schädlingsbefall</li> <li>■ Krankheiten</li> <li>■ Fehler in der Handhabung, Lagerung, Bruch</li> <li>■ Kontamination</li> <li>■ natürliches Austrocknen von Lebensmitteln (unvermeidlicher Gewichtsverlust während der Lagerung)</li> </ul>
Erstverarbeitung (z.B. Reinigen, Klassieren, Entschalen, Stampfen, Mahlen, Trocknen, Sieben) Sekundärverarbeitung (z.B. Mischen, Kochen, Braten, Formen, Schneiden)	Prozessverluste durch <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Verunreinigungen</li> <li>■ Verarbeitung</li> <li>■ technische Störungen (beispielsweise Stromausfall o.Ä.)</li> <li>■ Fehl- oder Überproduktion</li> </ul>
Produktbeurteilung, Qualitätskontrolle	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aussortieren von den Qualitätsanforderungen nicht entsprechenden Zwischenprodukten in der Lieferkette</li> <li>■ Retouren aus dem Handel, die aufgrund von Qualitätsmängeln keinen weiteren Absatz als Lebensmittel finden</li> </ul>
Verpacken (Wiegen, Etikettieren, Verschließen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ungeeignete Verpackungen (Inhalt wird beispielsweise zerdrückt)</li> <li>■ Verschütten von Lebensmitteln aus Behältnissen</li> <li>■ Schädlingsbefall, Bruch</li> </ul>
<b>Handel</b>	
Vertrieb und Verkauf im Groß- und Einzelhandel	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Schäden während des Transports</li> <li>■ Verderben von Ware, Bruch</li> <li>■ suboptimale Lagerung (unterbrochene Kühlkette, mangelnde Belüftung, Lichteinfall)</li> <li>■ nicht bedarfsgerechtes Vorratsmanagement</li> <li>■ Warenrückrufe</li> <li>■ behördliche Anordnungen z.B. wegen Kennzeichnungsfehlern</li> </ul>

Quelle: BMEL 2019; LfULG 2016; Parfitt et al. 2010; Waskow et al. 2016



private Haushalte 52 % und Außer-Haus-Verpflegung<sup>4</sup> 14 %. Über alle Sektoren hinweg wäre laut Thünen-Institut (Schmidt et al. 2019) die Hälfte aller Abfälle vermeidbar.<sup>5</sup> Dabei ist der Anteil im Handel mit 84 % und in der Landwirtschaft mit 86 % besonders hoch. Aber auch in der Außer-Haus-Verpflegung (72 %), der Lebensmittelverarbeitung (55 %) sowie in den privaten Haushalten (44 %) wären nach den Berechnungen des Thünen-Instituts (Schmidt et al. 2019) große Teile der Lebensmittelverluste und -abfälle vermeidbar.

### Politische Initiativen zur Reduktion von Lebensmittelverlusten

Um der Verschwendung von Lebensmitteln entgegenzuwirken, haben die Vereinten Nationen in der „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ unter der Zielvorgabe 12.3 festgelegt, dass bis 2030 die weltweite Nahrungsmittelverschwendung pro Kopf auf Einzelhandels- und Verbraucherebene halbiert und die entlang der Produktions- und Lieferkette entstehenden Nahrungsmittelverluste einschließlich der Nachernteverluste verringert werden sollen (UN 2015). Mit der Richtlinie (EU) 2018/851, die am 30. Mai 2018 verabschiedet wurde, werden die Mitgliedstaaten aufgefordert, Maßnahmen auf jeder Stufe der Lebensmittelversorgungskette zu ergreifen, um diese Ziele zu erreichen, sowie über die erzielten Fortschritte Bericht zu erstatten. Den strategischen Rahmen zur Erreichung dieser Ziele legt die „Farm to Fork Strategy“ fest (EK 2020). Auf nationaler Ebene verankerte und konkretisierte Deutsch-

land diese Ziele mit der im Februar 2019 vom Bundeskabinett beschlossenen „Nationalen Strategie zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung“ (BMEL 2019). Bei einer 50%igen Reduzierung der Lebensmittelabfälle könnten 6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente an Treibhausgasmissionen in Deutschland eingespart werden.<sup>6</sup>

### Technologische Ansätze zur Minimierung von Lebensmittelverlusten

Es existieren verschiedene etablierte technologische Ansätze (Food Waste Technologies – FWT), die die Minimierung von Lebensmittelverlusten entlang der Wertschöpfungskette unterstützen können, von der selektiven Abdeckung einzelner Wertschöpfungsstufen bis hin zur potenziell vollständigen Abdeckung der gesamten Wertschöpfungskette. Die Wertschöpfungskette umfasst wie dargestellt mehrere Stufen (Übersicht), die in der Regel mit dem Transport verpackter Vorprodukte bzw. Lebensmittel verbunden sind. Die meisten FWT sind Bestandteil bzw. Element intelligenter Verpackungssysteme für Lebensmittel, die helfen, die Rückverfolgbarkeit, Prozesstransparenz, Lebensmittelqualität und -sicherheit zu verbessern bzw. zu gewährleisten (Haji et al. 2020).

Neben dem primären Schutz gegen äußere Einwirkungen ermöglichen Verpackungen, den Qualitätsstatus eines Produkts permanent, insbesondere während des Transports und der Lagerung, zu überwachen. Auf diese Weise können die Lagerbedingungen für Obst, Gemüse, Fisch- und Fleischprodukte eingehalten und Verderb vermieden wer-

4 Zur Außer-Haus-Verpflegung zählen Großverbraucher und insbesondere Gaststättengewerbe, Betriebsverpflegung, Beherbergungsgewerbe, Alten-/Pflegeheime, Kitas und Schulen sowie Krankenhäuser.

5 Als unvermeidbar gelten nach aktuellem Stand der Technik insbesondere Atmungsverluste (durch Stoffwechselvorgänge bedingte Masseverluste, z.B. bei Getreide) sowie Kühl-, Koch-, Säuberungs- und Schnittverluste (WWF 2012).

6 Laut gemeinsamen Gutachten der wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz bzw. für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz/Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL 2016).

den. Zudem können solche intelligenten Verpackungssysteme funktionale Materialien umfassen, welche die Lebensmittelqualität und -haltbarkeit verbessern. Die Materialeigenschaften können beispielsweise die Absorption von Flüssigkeiten oder Gasen erhöhen, welche die Frische, Qualität oder Genießbarkeit verpackter Lebensmittel ne-



gativ beeinflussen. Kontaktmaterialien können auch mit antimikrobiellen Eigenschaften funktionell erweitert werden, um mikrobielles Wachstum zu verlangsamen und damit die Haltbarkeit von Lebensmitteln zu verlängern (Drago et al. 2020).

Je nach Lebensmittel werden unterschiedliche Arten von intelligenten Technologien eingesetzt, die sich in Indikatoren, Sensoren und Datenträger unterteilen lassen (Drago et al. 2020; Müller/Schmid 2019; Poyatos-Racionero et al. 2018).

#### Indikatoren

Indikatoren zeigen die Über- oder Unterschreitung von Grenzwerten an, beispielsweise die An- oder Abwesenheit bestimmter Substanzen (Drago et al. 2020). Indikatoren interagieren mit internen (Lebensmittelkomponenten) und/oder externen Faktoren (Umweltfaktoren), um eine Zustandsänderung des Lebensmittels oder seiner unmittelbaren Umgebung anzuzeigen, üblicherweise durch eine Farbänderung (Poyatos-Racionero et al. 2018). Die so erzeugten Informationen können einerseits zur Steigerung der Lebensmittelsicherheit dienen und andererseits helfen, Lebensmittelabfälle zu reduzieren, indem eine über das statische Mindesthaltbarkeitsdatum hinausgehende

Genießbarkeit des Inhalts angezeigt wird. Indikatoren werden in der Lebensmittellogistik im Einzel- und Großhandel eingesetzt. Zu den Indikatoren gehören insbesondere Zeit-Temperatur- sowie Frischeindikatoren.

- Zeit-Temperatur-Indikatoren (Time Temperature-Indicators – TTI): TTI gehören zu den gängigsten Systemen zur kontinuierlichen Überwachung der Temperatur in gekühlten und gefrorenen verpackten Produkten entlang der Lieferkette (Müller/Schmid 2019). Das Funktionsprinzip von TTI basiert auf der Erfassung von zeit- und temperaturabhängigen mechanischen, chemischen, elektrochemischen, enzymatischen oder mikrobiologischen Veränderungen eines Lebensmittelprodukts.<sup>7</sup> TTI zeigen Veränderungen im Allgemeinen durch eine sichtbare Reaktion in Form von mechanischer Verformungen oder einer Farbentwicklung an (beispielsweise irreversible Farbverdunklung bei längerer Wärmeexposition). In den USA sind TTI-Etiketten für verpackte Fischprodukte und Meeresfrüchte verpflichtend; in Deutschland werden diese bislang noch nicht flächendeckend eingesetzt (VZ NRW 2020). Im Bereich der Lebensmittellogistik ist deren Verbreitung noch gering (Müller und Schmid 2019).
- Frischeindikatoren (FI): FI reagieren direkt mit für die Frische des jeweiligen Lebensmittels relevanten chemischen Substanzen (i.d.R. Metabolite) und geben beispielsweise Auskunft darüber, wann eine Verpackung geöffnet wurde.<sup>8</sup> Im Gegensatz zu TTI können so auch direkt mikrobiologische Veränderungsprozesse im Lebensmittel bzw. in der Verpackung angezeigt werden. FI beruhen in der Regel auf einer Reaktion mit Stoffwechselprodukten (Schwefel- oder Kohlendioxid, Ammoniak, Ethanol etc.). FI zeigen unmittelbar sich bildende Stoffe an, die die Frische eines Lebensmittels negativ beeinflussen, und können somit auf den Verderb hinweisen. Die bislang noch hohen Kosten behindern eine höhere Verbreitung von FI (VZ NRW 2020).

#### Sensoren

Sensoren reagieren auf chemische, biologische oder physikalische Eigenschaften und liefern – im Gegensatz zu Indikatoren – ein quantifizierbares, proportional zur Messung verlaufendes, kontinuierliches Signal. Gängige Sensoren liefern Messdaten für Temperatur, Feuchtigkeit, pH-Wert oder die Lichteinwirkung und ermöglichen somit sehr viel

<sup>7</sup> Beispielsweise chemische oder physikalische Reaktionen auf Basis von Säure-Base-Reaktionen oder Polymerisationen in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur (hierzu ausführlich Drago et al. 2020 inklusive Beispiele von TTI u.a. für Backwaren, Milchprodukte, Fleisch- und Fischprodukte).

<sup>8</sup> Schutzgase wie Kohlendioxid oder Stickstoff verdrängen Sauerstoff in der Verpackung, um die Haltbarkeitsdauer zu erhöhen. Ändert sich deren Konzentration, können Integritätsindikatoren (auch Gasindikatoren; Drago et al. 2020) dies anzeigen. Diese zeigen in erster Linie an, ob bzw. wann eine Verpackung geöffnet bzw. (ungewollt) beschädigt wurde.

anspruchsvollere Analysen, insbesondere Datenanalysen und Qualitätskontrollen (Müller/Schmid 2019). Die so erzeugten, detaillierteren Informationen (Messreihen) können zur Optimierung der Transport- und Lagerbedingungen genutzt werden und Lebensmittelabfälle reduzieren (beispielsweise weniger Verderb). Sensoren sind – im Vergleich zu Indikatoren – aufwendiger, störungsanfälliger und kostenintensiver,<sup>9</sup> u.a. aufgrund der benötigten Elektronik zur Signalverarbeitung und -anzeige. Sensoren haben daher gegenwärtig einen noch geringen Verbreitungsgrad.

#### *Datenträger (insbesondere Barcodes und RFID-Tags)*

Datenträger unterstützen die Rückverfolgbarkeit entlang der Wertschöpfungskette und ermöglichen die Verbesserung der Lebensmittelsicherheit. Datenträger ermöglichen u.a. das Sammeln und Austauschen von Transport- und Lagerdaten (beispielsweise Datum und Uhrzeit der Auslieferung und Einlagerung von Lebensmitteln, Dauer des Transports). Die Auswertung dieser Daten kann beispielsweise dazu verwendet werden, die Lagerhaltung zu verbessern. Gerade in der Lebensmittellogistik ist es wichtig, zuerst eingelieferte Waren auch zuerst zu entnehmen (FIFO-Prinzip, First In – First Out). Eine dergestalt ausgerichtete Lagerhaltung kann auch zur Vermeidung von Lebensmittelverlusten beitragen. Datenträger werden hauptsächlich auf Umverpackungen (z.B. Container, Paletten etc.) angebracht. Die wichtigsten Datenträger im Bereich der Lebensmittelverpackungen sind:

- **Barcodes:** Barcodes<sup>10</sup> sind in der gesamten Lebensmittel-Wertschöpfungskette, insbesondere im Einzelhandel, seit vielen Jahren weit verbreitet. Zunächst wurden eindimensionale Barcodes, dann Reduced-Space-Symbology(RSS)-Barcodes und schließlich zweidimensionale Quick-Response(QR)-Codes<sup>11</sup> entwickelt, die vergleichsweise mehr Daten kodieren können (Müller/Schmid 2019).
- **Radio-Frequency-Identification(RFID)-Systeme** (RFID-Tags<sup>12</sup>; Drago et al. 2020): RFID-Tags werden eingesetzt, um mehrere Artikel gleichzeitig zu überwachen, eindeutig zu identifizieren und verschiedene Informationen wie Herkunft, Prozessparameter und weitere Informationen zu speichern. RFID-Systeme sind technologisch ausgereift und in der Logistik von Waren und



Lebensmitteln weit verbreitet. RFID-Systeme können wiederverwendet werden.<sup>13</sup>

#### *Neuere FWT-Forschungsansätze: Anwendungsfall dynamisches Haltbarkeitsdatum*

Gegenwärtige Forschungsansätze zur Weiterentwicklung technologiebasierter Ansätze zur Vermeidung von Lebensmittelverlusten zielen beispielsweise auf die Überwachung bzw. Prognose der Frische unverpackter Lebensmittel. So kann beispielsweise, wie in dem Forschungsprojekt „FreshIndex“, die Analyse großer Datenmengen dazu genutzt werden, ein über das Mindesthaltbarkeitsdatum hinausgehendes dynamisches Haltbarkeitsdatum zu erstellen. Analysiert werden hierzu u.a. Daten zu den Herstellbedingungen, Lager- und Transporttemperaturen sowie Hygiene- und Lagerbedingungen entlang der Lieferkette. Diese Daten fließen in die Modellierung (mikrobiologischer Prozesse) und die Prognose des dynamischen Haltbarkeitsdatums bzw. Verderbslimits, nach dem ein Produkt nicht mehr gegessen werden sollte, ein.<sup>14</sup> Durch die dynamische Anpassung des Haltbarkeitsdatums können Lebensmittelverluste reduziert werden (BMBF 2019)<sup>15</sup>. Geforscht wird des Weiteren an flexiblen, per Nahfeldkommunikation (Near Field Communication – NFC)<sup>16</sup> auslesbaren Sensoren nach dem Lab-on-a-Chip-Prinzip. Zu den überwachten Parametern sollen nicht nur das Herstellungsdatum und die Temperatur gehören, sondern auch zusätzliche biochemi-

9 Herausforderungen für die Forschung an Sensoren sind u. a. noch zu klärende Sicherheits- und Qualitätsfragen (Vermeiden der Kontamination oder Geschmacksveränderungen von Lebensmitteln), das Sicherstellen der Messsensitivität und -reliabilität, Kostenfragen (Senkung der Stückkosten) oder Umweltfragen beispielsweise bei Einwegsensoren (Drago et al. 2020).

10 Einfache und weit verbreitete optoelektronisch lesbare Kodierung von Daten (Barcode: eindimensional; QR-Code: zweidimensional).

11 QR-Codes erlauben neben einer höheren Datenmenge zusätzlich verschiedene Codierungsmodi (numerisch, alphanumerisch, Byte/binär und chinesische Zeichen).

12 Die RFID (auch Funketiketten genannt) ist eine Technologie zur berührungslosen Datenübertragung auf Basis elektromagnetischer Wechselfelder.

13 Wenngleich die gesunkenen Stückkosten dafür mittlerweile nicht mehr unbedingt ausschlaggebend sind, vielmehr spielen ökologische Erwägungen eine Rolle (Erdmann et al. 2009). Beispiele wiederverwendbarer RFID-Systeme existieren im Bereich der Frischschlogistik (Abad et al. 2009).

14 Weitere Forschungsprojekte, z.B. zur Modellierung der mikrobiologischen Belastung (beispielsweise in Abhängigkeit von Kühlbedingungen u. Kühlkette) sowie Simulation und Prognose der zu erwartenden Haltbarkeit siehe exemplarisch Projekte des Fraunhofer IVV (2020, 2021a u. 2021b).

15 <https://freshindex.eu/>

16 NFC ist ein auf der RFID-Technik basierender internationaler Übertragungsstandard.

sche Parameter, die den tatsächlichen Frischezustand des Produkts in Echtzeit anzeigen (CORDIS 2020).

Andere Ansätze der Datenanalyse bezwecken die Optimierung der Warenbedarfsplanung und Reduzierung ggf. überhöhter Bestellmengen in der Lieferkette (BMEL 2019 u. 2021). Im Rahmen des prädiktiven (vorausschauenden) Lieferkettenmanagements können (perspektivisch durch künstliche Intelligenz gestützt) Bestände in der gesamten Lieferkette (Primärproduktion – Lebensmittelverarbeitung – Handel) besser geplant, aufeinander abgestimmt und beispielsweise Überbevorratungen vermieden werden: In das prädiktive Lieferkettenmanagement können auch Umfeldvariablen wie Wetter- oder Verkehrsdaten einfließen, die ein Umsteuern in der Versorgungskette ermöglichen, ohne ein „Aufschaukeln“ von Bestellmengen zu erzeugen (Gunasekaran et al. 2017; Waller/Fawcett 2013).<sup>17</sup>

---

## Gesellschaftliche und politische Relevanz

Die Nationale Strategie zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung sieht Maßnahmen vor, die durch FWT unterstützt werden könnten (BMEL 2019). Dazu zählen:

---

<sup>17</sup> Der Peitscheneffekt (Bullwhipeffekt) bezeichnet im Lieferkettenmanagement ein sich in der Lieferkette ungünstig aufschaukelndes Verhalten in vorgelagerte Richtung: Das Signal (z.B. Nachfrageschub beim Endkunden) wird von Glied zu Glied (Einzelhandel, Großhandel, Lebensmittelhersteller, ggf. Rohstofflieferant etc.) verstärkt, die Abweichungen vom ursprünglichen Nachfragesignal verstärken sich (jedes Glied der Kette überinterpretiert das jeweilige Eingangssignal) und führen zu hohen Ineffizienzen in der gesamten Lieferkette, gerade hinsichtlich erhöhter (Zwischen-)Lagerbestände. Bei verderblichen Lebensmitteln führt dies zu Verschwendung.

Informationen auf Produktverpackungen und im Internet über Lagerung, Zubereitung und auch über das Mindesthaltbarkeitsdatum und Verbrauchsdatum, Warenwirtschaftssystem zur besseren Abstimmung entlang der Wertschöpfungskette oder auch verbessertes Temperaturmonitoring der Kühlkette. Ebenfalls soll die Transparenz entlang der Wertschöpfungskette erhöht werden. Generell können digitale Technologien und insbesondere intelligente Verpackungen einen Beitrag dazu liefern, Lebensmittelverschwendung zu reduzieren.

Die Einführung eines dynamischen Haltbarkeits- und Verfallsdatums könnte entscheidend dazu beitragen, Lebensmittelverluste zu reduzieren, indem Waren länger verkauft werden können. Für Verbraucherinnen und Verbraucher müsste dies transparent und über eine dynamische FWT-gestützte Preisgestaltung attraktiv gemacht werden. Die Vorteile einer präziseren, FWT-gestützten Anzeige der Haltbarkeit liegen für die Verbrauchenden in einer höheren Lebensmittelsicherheit und der damit einhergehenden verbesserten Möglichkeit, Lebensmittel nicht unnötig wegwerfen zu müssen, weil die tatsächliche Frische von Lebensmitteln besser eingeschätzt werden kann. Damit einhergehend wären die gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich des Mindesthaltbarkeitsdatums einer kritischen Prüfung zu unterziehen und ggf. anzupassen.

Der Fokus dieses Themenkurzprofils liegt auf den technologischen Ansätzen zur Reduzierung von Lebensmittelverlusten. Dazu ergänzend muss das menschliche Verhalten berücksichtigt werden, um diese Möglichkeiten auszuschöpfen. Beispielsweise können ein dynamisches Haltbarkeits- und Verfallsdatum Lebensmittelverluste entscheidend reduzieren. Doch muss dies auch auf Vertrauen und



Akzeptanz bei Verbraucherinnen und Verbrauchern treffen. Hier müssen Aufklärungskampagnen, Ernährungsbildung und Wissenschaftskommunikation ansetzen, sonst werden Lebensmittel, die das vertraute (statische) Haltbarkeitsdatum überschritten haben, weiterhin eher selten gekauft – auch wenn der Preis an der Supermarktkasse etwas niedriger liegt.

---

## Mögliche vertiefte Bearbeitung des Themas

Aufgrund der aktuellen Entwicklungen und der erheblichen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Relevanz auf nationaler wie auch globaler Ebene erscheint eine vertiefte Bearbeitung in Form einer Innovationsanalyse oder einer Kurzstudie lohnenswert. Eine vertiefende Analyse sollte dabei nicht ausschließlich nationale Entwicklungen in den Fokus nehmen, sondern die Potenziale von FWT entlang der Wertschöpfung im globalen Kontext aufzeigen. Die Rolle deutscher (Technologie-)Innovatoren könnte ein gesonderter Untersuchungsaspekt sein.

Ein Hauptaugenmerk sollte daraufgelegt werden, inwieweit FWT zur Zielerreichung der Vorgabe 12.3 der „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ beitragen können. Hierfür könnten auch erste Ergebnisse aus Pilotprojekten, beispielsweise „REIF“<sup>18</sup> und „FreshAnalytics“<sup>19</sup> herangezogen werden, um eine Abschätzung bezüglich vermeidbarer Lebensmittelverluste durch FWT entlang der Produktions- und Lieferkette sowie im Einzelhandel treffen zu können.

Darüber hinaus sollten auch politische und soziale Rahmenbedingungen sowie Aspekte von Governance, die zur Weiterentwicklung, Verbreitung und Nutzung von FWT beitragen können, berücksichtigt werden.

---

## Literaturverzeichnis

- ▶ Abad, E.; Palacio, F.; Nuin, M.; Gonzáles de Zárate, A.; Juarros, A.; Gómez, J.; Marco, S. (2009): RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: Demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain. In: Journal of Food Engineering 93(4), S.394–399
- ▶ BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2019): Auf den Tisch statt in die Tonne! 23.7.2019, [www.bmbf.de/de/auf-den-tisch-statt-in-die-tonne-9217.html](http://www.bmbf.de/de/auf-den-tisch-statt-in-die-tonne-9217.html) (27.5.2021)
- ▶ BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2019): Nationale Strategie zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung. [www.bmel.de/DE/themen/ernaehrung/lebensmittelverschwendung/strategie-lebensmittelverschwendung.html](http://www.bmel.de/DE/themen/ernaehrung/lebensmittelverschwendung/strategie-lebensmittelverschwendung.html) (27.5.2021)
- ▶ BMEL(2021): Forschungsprojekte zur Reduzierung von Lebensmittelverlusten. [www.lebensmittelwertschaetzen.de/aktivitaeten/forschungsprojekt-zur-reduzierung-von-lebensmittelverlusten/](http://www.lebensmittelwertschaetzen.de/aktivitaeten/forschungsprojekt-zur-reduzierung-von-lebensmittelverlusten/) (27.5.2021)
- ▶ CORDIS (2020): Is it fresh. Keeping it fresh digitally. <https://cordis.europa.eu/project/id/812242/de> (27.5.2021)
- ▶ Drago, E.; Campardelli, R.; Pettinato, M.; Perego, P. (2020): Innovations in Smart Packaging Concepts for Food: An Extensive Review. In: Foods 9(11), Artikel 1628
- ▶ EK (Europäische Kommission) (2020): Farm to Fork Strategy – for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. [https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy\\_en](https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en) (27.5.2021)
- ▶ Erdmann, L.; Hilty, L.; Althaus, H.-J.; Behrendt, S.; Hischer, R.; Kamburow, C.; Oertel, B.; Wäger, P.; Welz, T. (2009): Einfluss von RFID-Tags auf die Abfallentsorgung. Prognose möglicher Auswirkungen eines massenhaften Einsatzes von RFID-Tags im Konsumgüterbereich auf die Umwelt und die Abfallentsorgung. Umweltbundesamt (Hg.), Dessau-Roßlau
- ▶ FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2011): Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. (Gustavsson, J; Cederberg, C. und Sonesson, U.; van Otterdijk, R.; Meybeck, A.) Rom
- ▶ Fraunhofer IVV (Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV) (2020): Eine Smartphone-App zur Haltbarkeitsbestimmung – IntelliDate. [www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/modellierung-shelf-life-verpackungsoptimierung/intellidate.html](http://www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/modellierung-shelf-life-verpackungsoptimierung/intellidate.html) (27.5.2021)
- ▶ Fraunhofer IVV (2021a): Shelf Life Simulation – Vorhersage der Haltbarkeit und Verpackungsoptimierung. [www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/modellierung-shelf-life-verpackungsoptimierung.html](http://www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/modellierung-shelf-life-verpackungsoptimierung.html) (27.5.2021)
- ▶ Fraunhofer IVV (2021b): Verpackungen für Backwaren mit integrierter Feuchteregulierung – Backpack. [www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/modellierung-shelf-life-verpackungsoptimierung/backpack.html](http://www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/modellierung-shelf-life-verpackungsoptimierung/backpack.html) (27.5.2021)
- ▶ Gunasekaran, A.; Papadopoulos, T.; Dubey, R.; Wamba, S.; Childe, S.; Hazen, B.; Akter, S. (2017): Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance. In: Journal of Business Research 70(C), S.308–317
- ▶ Haji, M.; Kerbache, L.; Muhammad, M.; Al-Ansari, T. (2020): Roles of Technology in Improving Perishable Food Supply Chains. In: Logistics 4(4), S.33
- ▶ LfULG (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) (Hg.) (2016): Maßnahmen zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen. (Wagner, J.; Kügler, T.; Müller, R.; Jepsen, D.; Vollmer, A.) Schriftenreihe des LfULG Heft 29/2016, Dresden
- ▶ Müller, P.; Schmid, M. (2019): Intelligent Packaging in the Food Sector: A Brief Overview. In: Foods 8(1), S16
- ▶ Noleppa, S.; von Witzke, H. (2012): Tonnen für die Tonne: Ernährung, Nahrungsmittelverluste, Flächenverbrauch. World Wide Fund For Nature (Hg.), Berlin
- ▶ Parfitt, J.; Barthel, M.; Macnaughton, S. (2010): Food waste within food supply chains: quantification and poten-

---

18 <https://ki-reif.de/>

19 [www.freshanalytics.eu/](http://www.freshanalytics.eu/)

tial for change to 2050. In: Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences 365(1554), S.3065–3081

- ▶ Poyatos-Racionero, E.; Ros-Lis, J.; Vivancos, J.-L.; Martínez-Mañez, R. (2018): Recent advances on intelligent packaging as tools to reduce food waste. In: Journal of Cleaner Production 172, S.3398–3409
- ▶ Schmidt, T.; Schneider, F.; Leverenz, D.; Hafner, G. (2019): Lebensmittelabfälle in Deutschland – Baseline 2015. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Report 71, Braunschweig, DOI:10.3220/REP1563519883000
- ▶ UN (United Nations) (2015): Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. A/RES/70/1, [www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf](http://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf) (27.5.2021)
- ▶ VZ NRW (Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen) (2020): Intelligente Verpackungen. 7.5.2020, [www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/lebensmittelproduktion/intelligente-verpackungen-7065](http://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/lebensmittelproduktion/intelligente-verpackungen-7065) (27.5.2021)
- ▶ Waller, M.; Fawcett, S. (2013): Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution That Will Transform Supply Chain Design and Management. In: Journal of Business Logistics 34(2), S.77–84
- ▶ Waskow, F.; Blumenthal, A.; Eberle, U.; von Borstel, T. (2016): Situationsanalyse zu Lebensmittelverlusten im Einzelhandel, der Außer-Haus-Verpflegung sowie in privaten Haushalten und zum Verbraucherverhalten (SAVE). <https://www.dbu.de/phpTemplates/publikationen/pdf/01081610470617r1.pdf> (27.5.2021)
- ▶ Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Berlin

Das Horizon-Scanning ist Teil des methodischen Spektrums der Technikfolgenabschätzung im TAB.

**Horizon**  
**SCANNING**

Mittels Horizon-Scanning werden neue technologische Entwicklungen beobachtet und diese systematisch auf ihre Chancen und Risiken bewertet. So werden technologische, ökonomische, ökologische, soziale und politische Veränderungspotenziale möglichst früh erfasst und beschrieben. Ziel des Horizon-Scannings ist es, einen Beitrag zur forschungs- und innovationspolitischen Orientierung und Meinungsbildung des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung zu leisten.

In der praktischen Umsetzung werden im Horizon-Scanning softwaregestützte Such- und Analyseschritte mit expertenbasierten Validierungs- und Bewertungsprozessen kombiniert.

Herausgeber: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)

Gestaltung und Redaktion: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Bildnachweise: AndreyPopov/iStock (S.1); Eivaisla/iStock (S.3); nycshooter/iStock (S.4); simonkr/iStock (S.5); Kameleon007/iStock (S.6)

ISSN-Internet: 2629-2874