

## Zwischenbericht

# Potenziale zur Energieeinsparung durch Vermeidung von Lebensmittelverschwendung

Projektleiter: Irma Häberle; Christine Röger; Dr. Malte Rubach  
Institut: Kompetenzzentrum für Ernährung Kern  
Kooperationspartner: Universität Stuttgart – Gerold Hafner, Dominik Leverenz  
TH Deggendorf – Prof. Dr. Diane Ahrens  
Fraunhofer IVV – Dr.-Ing. Peter Muranyi  
Projektzeitraum: 01.01.14 – 31.12.16  
Berichtszeitraum: 01.01.14 – 31.01.16

## Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung, Durchführung und Ziele des Projektes ...	4
2. Arbeitspaket mit Ergebnissen .....	6
Universität Stuttgart.....	6
Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) .....	10
Technische Hochschule Deggendorf / Technologicampus Grafenau.....	13
3. Zusammenfassung.....	16

## Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Darstellung von Energieverschwendung durch vermeidbare/teilweise vermeidbare Lebensmittelabfälle
- Abbildung 2: Projektskizze der Arbeitspakete des Projekts „Potenziale zur Energieeinsparung durch Vermeidung von Lebensmittelverschwendung“
- Abbildung 3: Lebensmittel- und Energieverluste in der Wertschöpfungskette
- Abbildung 4: Lebensmittelverluste und primärenergetische Einsparpotenziale in Bayern - Bezugsjahr 2011
- Abbildung 5: Primärenergetisches Einsparpotenzial pro Kilogramm Lebensmittel
- Abbildung 6: Lebensmittelverluste und primärenergetische Einsparpotenziale in der bayrischen Lebensmittelverarbeitung - Bezugsjahr 2011
- Abbildung 7: Fotodokumentation von Kochschinken
- Abbildung 8: Sensorische Bewertung der Merkmale Aussehen, Geruch und Geschmack der Kochschinkenproben
- Abbildung 9: Fotodokumentation von Champignons
- Abbildung 10: Die Filialeiter-App
- Abbildung 11: Lebensmittelverluste in Abhängigkeit vom MHD

## 1. Aufgabenstellung, Durchführung und Ziele des Projektes

Die Produktion von Lebensmitteln betrifft die gesamte Wertschöpfungskette von der Erzeugung bis zum Endverbraucher und ist mit einem hohen Energieaufwand verbunden. Sobald das Lebensmittel beim Endverbraucher nicht seine beabsichtigte Verwendung findet oder auf einer der vorgelagerten Wertschöpfungsstufen ausscheidet, geht nicht nur das Lebensmittel verlustig, sondern auch der gesamte Energieeintrag, der in das Lebensmittel bereits geflossen ist.

### Lebensmittelverschwendung = Energieverschwendung

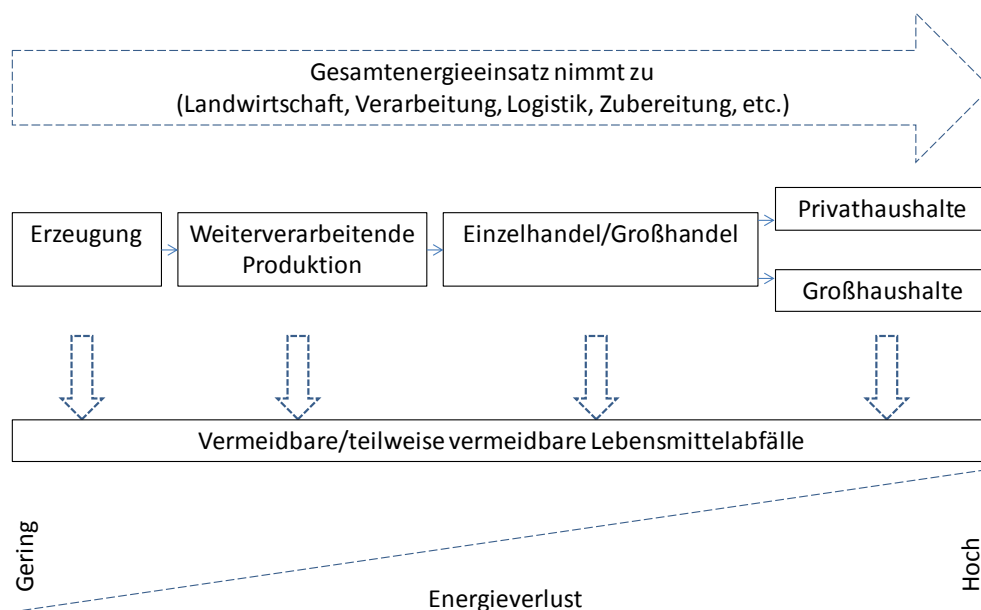


Abbildung 1: Darstellung von Energieverschwendung durch vermeidbare/teilweise vermeidbare Lebensmittelabfälle

Im Rahmen des vorangegangenen Projektes zur Ermittlung von Lebensmittelabfällen in Bayern wurden durch das Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart in Kooperation mit dem KERN Grundlagen für Strategien zur Vermeidung und Wertschätzung von Lebensmitteln geschaffen.

**Ziel dieser Studie ist, die Voraussetzungen zu schaffen, um die mit Lebensmittelabfällen verbundenen Energieverluste zu reduzieren.** Daraus ergeben sich verschiedene Arbeitspakete für die beteiligten Projektpartner.

Arbeitspaket 1 (Universität Stuttgart):

- Analyse und Bewertung des akkumulierten Energieaufwandes einzelner Lebensmittel/-kategorien entlang der gesamten Wertschöpfungskette
- Vergleich des energetischen Fußabdrucks zwischen regionalen Produkten („Geprüfte Qualität Bayern“) und konventionellen Lebensmitteln

Arbeitspaket 2 (Fraunhofer IVV):

- Entwicklung und Test aktiver Verpackungen zur Haltbarkeitsverlängerung von Kochschinken und Champignons

Arbeitspaket 3 (TH Deggendorf):

- Bewertung des Einflusses von MHD-verlängernden Maßnahmen auf die Dispositionspraxis im Lebensmitteleinzelhandel

Potentiale zur Energieeinsparung durch Vermeidung von Lebensmittelverschwendung

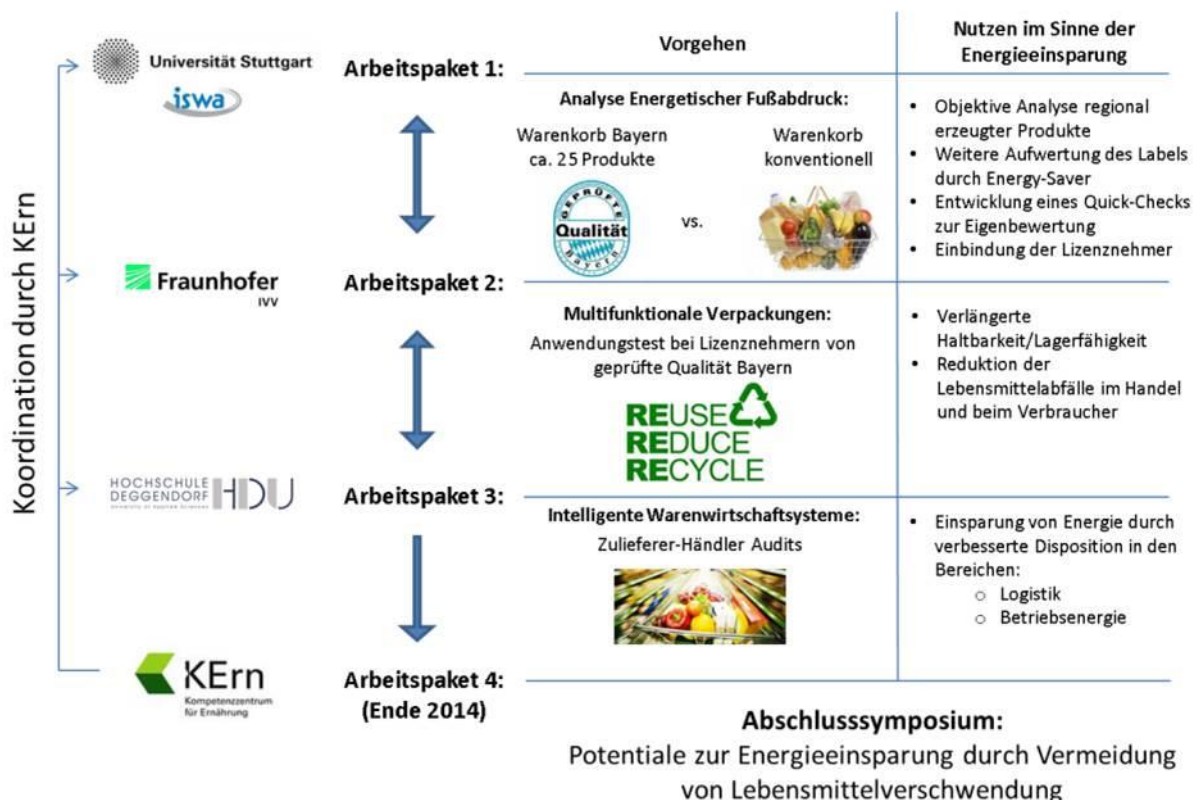


Abbildung 2: Projektskizze der Arbeitspakete des Projekts „Potentiale zur Energieeinsparung durch Vermeidung von Lebensmittelverschwendung“

## 2. Arbeitspaket mit Ergebnissen

### Universität Stuttgart

Ziel dieses Arbeitspakets ist die **energetische Bewertung der vermeidbaren Lebensmittelverluste im Freistaat Bayern**. Hieraus soll das primärenergetische Einsparpotenzial für den Freistaat Bayern ermittelt werden, welches durch Vermeidung von Lebensmittelverlusten erzielt werden kann. Der Bilanzraum umfasst hierbei die gesamte bayerische Wertschöpfungskette für Lebensmittel, bestehend aus den Bereichen Landwirtschaft, Verarbeitung, Handel, Außer-Haus-Verpflegung und Haushalte. Die Ergebnisse sollen Bereiche in der Wertschöpfungskette mit besonders hohen Energieeinsparpotenzialen identifizieren, um aus diesen Erkenntnissen **geeignete Ansatzpunkte für spätere Einsparmaßnahmen zu entwickeln**. In diesem Zusammenhang wird zusätzlich eine Energiebilanz für die Herstellung ausgewählter, regionaler Lebensmittel mit dem Gütesiegel „Geprüfte Qualität-Bayern“ erstellt und deren Einfluss auf den kumulierten Energieaufwand ermittelt.

Die Bereitstellung von Lebensmitteln für den Konsum durchläuft mehrere Stufen der Wertschöpfungskette, angefangen bei der Erzeugung bis hin zum Endverbraucher und ist jeweils mit dem Einsatz an Ressourcen und Rohstoffen verbunden. Der Energieeinsatz, bzw. der „Energierucksack“ nimmt auf jeder neuen Stufe der Wertschöpfungskette zu. Sofern das Lebensmittel beim Endverbraucher nicht seine beabsichtigte Verwendung findet oder auf einer der vorgelagerten Wertschöpfungsstufen ausscheidet, werden nicht nur Lebensmittelverluste, sondern auch Energieverluste verursacht.

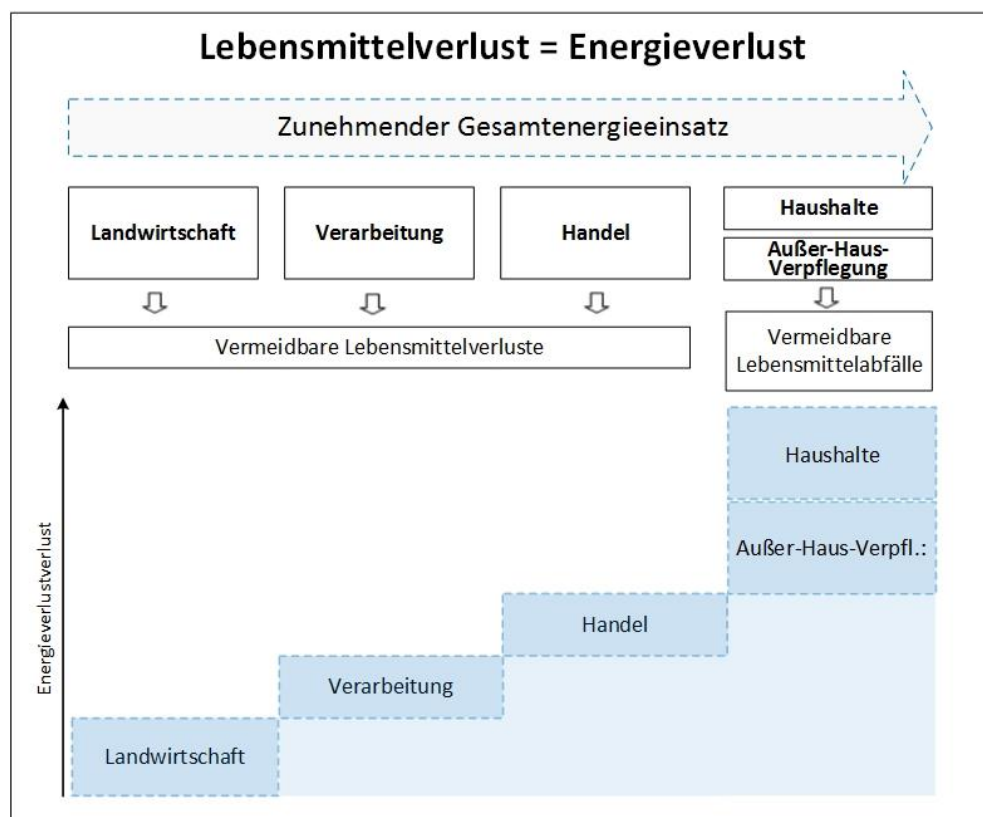


Abbildung 3: Lebensmittel- und Energieverluste in der Wertschöpfungskette [Quelle: Hafner et al]

In Bayern betragen die vermeidbaren Lebensmittelverluste und Lebensmittelabfälle entlang der Wertschöpfungskette von Lebensmitteln rund 1,3 Millionen Tonnen jährlich. Damit korreliert ein **primärenergetisches Einsparpotenzial von ca. 13.856 TJ pro Jahr**. Der größte Anteil daran wird durch vermeidbare Lebensmittelabfälle in Haushalten hervorgerufen (ca. 6.465 TJ/a), gefolgt von vermeidbaren Lebensmittelabfällen in der Außer-Haus-Verpflegung mit rund 3.708 TJ/a. Das primärenergetische Einsparpotenzial durch vermeidbare Lebensmittelverluste beträgt in der Landwirtschaft ca. 952 TJ/a, der Lebensmittelverarbeitung ca. 2.084 TJ/a und dem Lebensmittelhandel ca. 647 TJ/a.

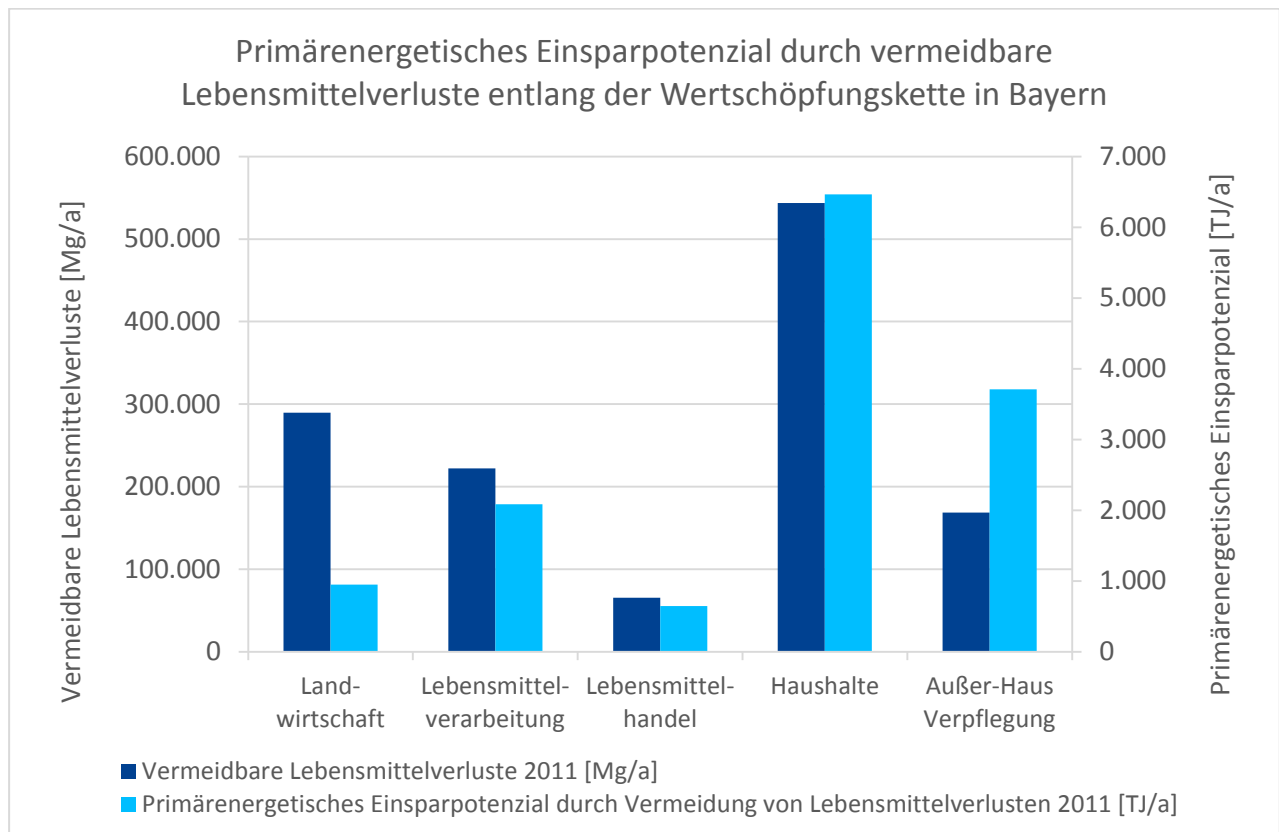


Abbildung 4: Lebensmittelverluste und primärenergetische Einsparpotenziale in Bayern - Bezugsjahr 2011 [Quelle: Hafner et al]

Demnach entfallen rund 73,4 % der primärenergetischen Verluste auf die Konsumebene, bestehend aus Haushalten und der Außer-Haus-Verpflegung.

**Das Primärenergetische Einsparpotenzial in Einrichtungen der Außer-Haus-Verpflegung verursacht mit 22 MJ pro Kilogramm Lebensmittelverlust die größten spezifischen Verluste.** Das liegt daran, dass in der Außer-Haus-Verpflegung viele Speisen erst nach dem Kochvorgang entsorgt werden. Buffetreste verzeichnen hierbei besonders hohe Energieeinträge, da diese in der Regel noch zusätzlich warm gehalten werden. Hinzu kommt ein oftmals hoher Fleischanteil im Speisenangebot, bzw. in den entsorgten Lebensmittelmengen.

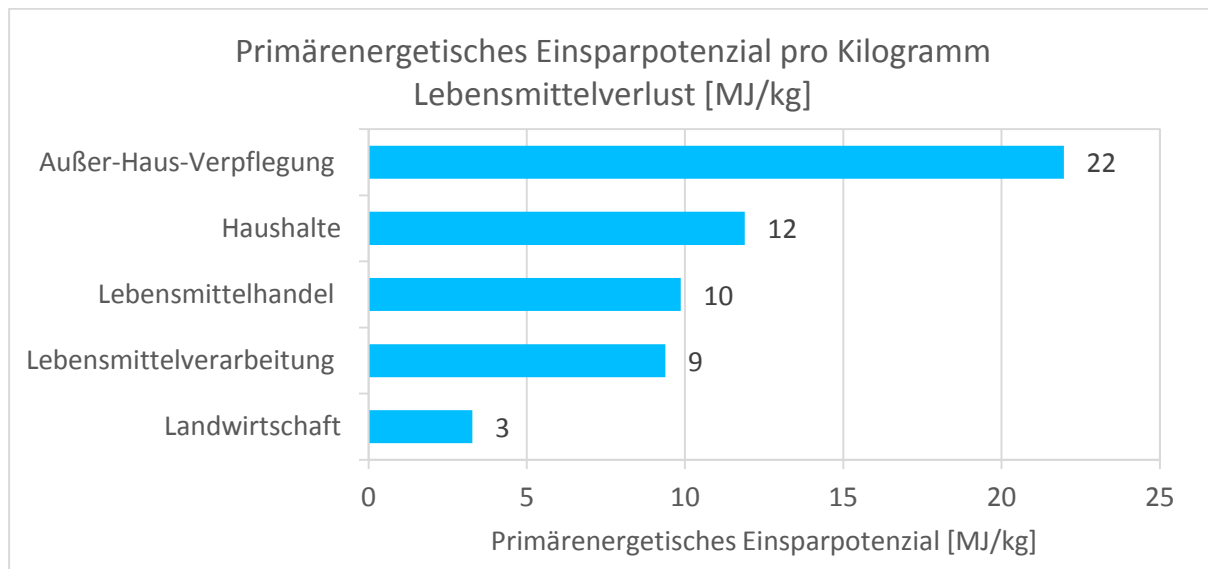


Abbildung 5: Primärenergetisches Einsparpotenzial pro Kilogramm Lebensmittel [Quelle: Hafner et al]



Das hohe **primärenergetische Einsparpotenzial bei der Herstellung von Backwaren** (WZ 10.7 in Abbildung 6) wird vor allem durch die große Menge retournierter Backwaren hervorgerufen. Dieser Umstand ist zumindest teilweise einer Ausnahmestellung der Backwarenherstellung zuzuschreiben. Die aus dem Verkauf retournierten Backwaren werden in der Regel als Lebensmittelverlust auf Stufe der Lebensmittelverarbeitung erfasst.

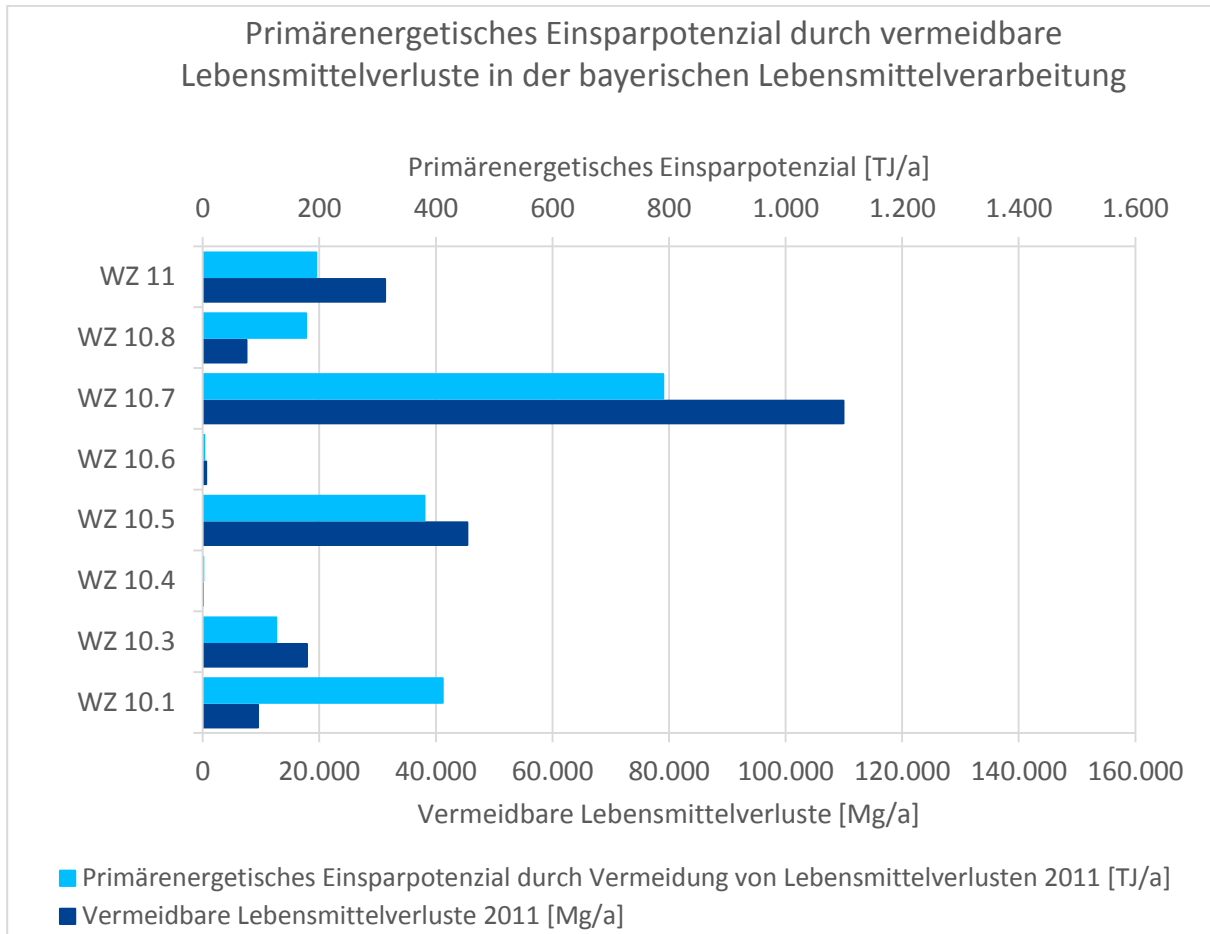


Abbildung 6: Lebensmittelverluste und primärenergetische Einsparpotenziale in der bayerischen Lebensmittelverarbeitung - Bezugsjahr 2011 [Quelle: Hafner et al]

WZ 11	Getränkeherstellung
WZ 10.8	Herstellung sonstiger Nahrungsmittel
WZ 10.7	Herstellung von Back- und Teigwaren
WZ 10.6	Herstellung von Stärke-/erzeugnissen, Mahl und Schälmühlen
WZ 10.5	Milchverarbeitung
WZ 10.4	Herstellung von pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten
WZ 10.3	Obst- und Gemüseverarbeitung
WZ 10.1	Schlachten und Fleischverarbeitung

Die Konsumebene, bestehend aus Haushalten und der Außer-Haus-Verpflegung, repräsentiert somit denjenigen Bereich der Wertschöpfungskette mit dem größten energetischen Rucksack. Im Speziellen sind neben Speiseresten und Fleisch auf Konsumebene, auch Backwaren auf Herstellungs- bzw. Handelsebene als Bereiche mit besonders hohen Energieeinsparpotenzialen zu nennen.

**Produkte des regionalen Gütesiegels „Geprüfte Qualität-Bayern“ beeinflussen den energetischen Fußabdruck von Lebensmitteln insbesondere durch kurze Transportentfernungen** und haben somit Vorteile gegenüber Lebensmitteln, die über weite Entfernungen transportiert, bzw. importiert werden müssen.

### **Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV)**

Bei vielen Lebensmitteln werden die Qualität und die Haltbarkeit durch chemische, physikalische oder biologische Verderbsprozesse negativ beeinflusst. Sie führen bei unzureichendem Produktschutz zu Verlusten im Einzelhandel bzw. beim Verbraucher und damit zu einer Zunahme der Lebensmittelabfälle. So können zum Beispiel Licht und Sauerstoff bei umgeröteten Wurstwaren eine rasche Farbveränderung (Vergrauung) hervorrufen oder Kondenswasserbildung bei abgepackten pflanzlichen Lebensmitteln in der Kühlkette das mikrobielle Wachstum fördern. Aktive Verpackungsmaterialien bieten die Möglichkeit, die Haltbarkeit verpackter Lebensmittel zu verlängern oder ihre Qualität zu erhalten.

Die durchgeführten **Untersuchungen mit abgepackten Kochschinken haben gezeigt, dass der Einsatz eines Sauerstoff-Absorbers, in Kombination mit einer sog. Karenzzeit (Dunkellagerzeit) von drei Tagen, zum Qualitätserhalt beiträgt.** Im Vergleich zu konventionellen Verpackungen mit Schutzbegasung, konnte bei den Analysen vor allem eine Stabilisierung der roten Farbe des Kochschinkens erzielt werden. Erst ab einer Lagerdauer von 22 Tagen zeigte sich eine leichte Vergrauung bei den Kochschinken, welche mit Sauerstoff-Absorber gelagert wurden. Im Vergleich zum MHD des Herstellers von 18 Tagen, konnte durch den Einsatz des Sauerstoff-Absorbers eine signifikante Veränderung der Produktqualität um 4 Tage (ca. 20%) hinausgezögert werden. Zu beachten ist, dass durch einen leistungsfähigeren Sauerstoff-Absorber die Karenzzeit auf weniger als 1 Tag reduziert werden kann.

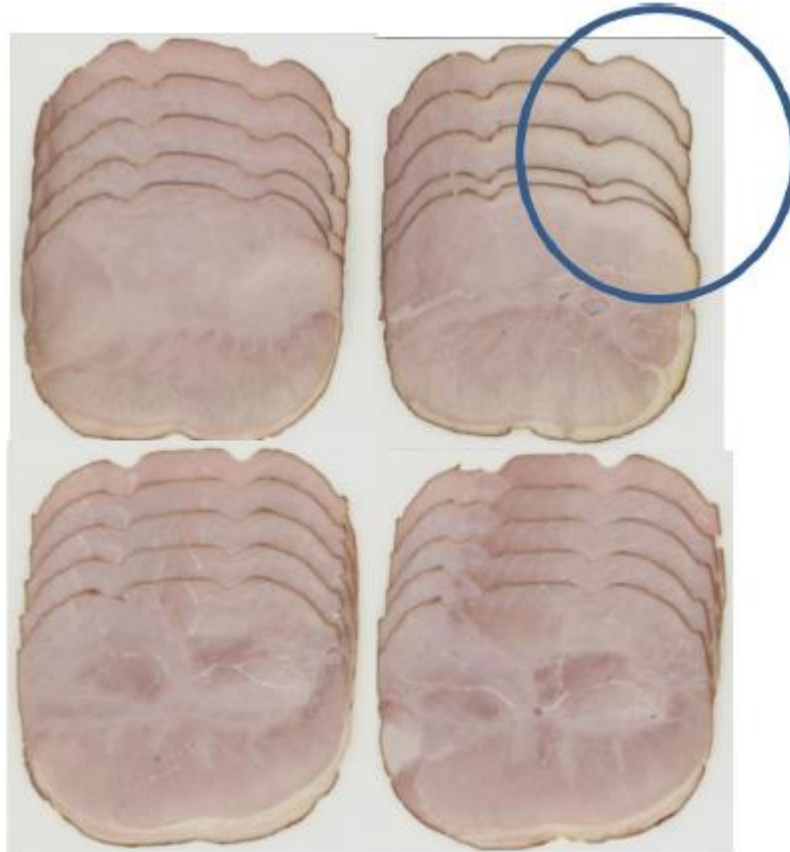


Abbildung 7: Fotodokumentation von Kochschinken, welcher bei 5 °C für 18 Tage gelagert wurde; oben/links: dunkel, ohne Sauerstoff-Absorber; oben/rechts: belichtet, ohne Sauerstoff-Absorber; unten/links: dunkel, mit Sauerstoff-Absorber; unten/rechts: belichtet mit Sauerstoff-Absorber [Quelle: Fraunhofer IVV]

Im Rahmen der Untersuchungen wurde der Kochschinken unter anderem einer sensorischen Beurteilung gemäß DIN 10967-1 unterzogen. Die Bewertung der Merkmale Aussehen, Geruch und Geschmack nach zwei Wochen sind in der Abbildung 8 dargestellt. Dem Diagramm kann entnommen werden, dass der belichtete Kochschinken ohne Sauerstoff-Absorber (OS\_belichtet) in allen drei Merkmalen am schlechtesten bewertet wurde. Die belichteten Proben mit Sauerstoff-Absorber (MS\_belichtet) wurden vom Panel durchgehend besser bewertet, als die belichteten Proben ohne aktive Verpackung.

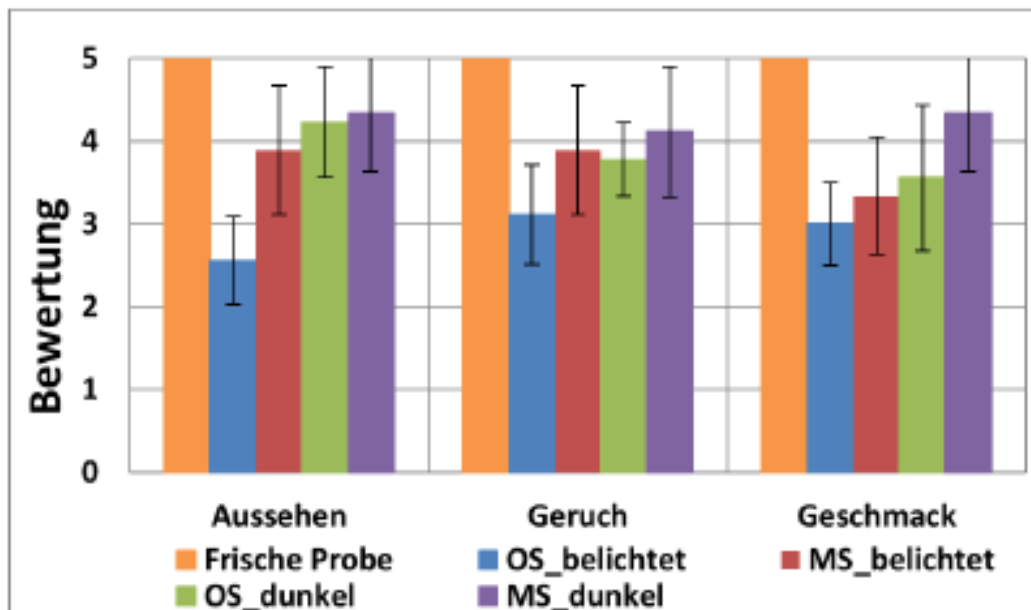


Abbildung 8: Sensorische Bewertung der Merkmale Aussehen, Geruch und Geschmack der Kochschinkenproben gemäß DIN 10967-1 nach einer Lagerung von zwei Wochen bei einer Temperatur von 5 °C; OS: ohne Sauerstoff-Absorber, MS: mit Sauerstoff-Absorber[Quelle: Fraunhofer IVV]

Insgesamt konnte durch den Einsatz eisenbasierter Sauerstoff-Absorber bei Kochschinken eine signifikante Veränderung der Produktqualität um 4 Tage (etwa 20 % bezogen auf das MHD des Herstellers) hinausgezögert werden.

**Versuchsreihen mit Champignons in feuchteregulierenden Schalen (mit Salz)** sowie in Referenzschalen ergaben, dass die feuchteregulierende Verpackung einer Kondenswasserbildung entgegenwirkt. Zudem konnte gezeigt werden, dass **bei Lagerung der Champignons in feuchteregulierenden Schalen die farblichen Veränderungen etwa 2 Tage später auftraten**. Aufgrund der kurzen Haltbarkeit der Pilze bedeuten 2 Tage längere Produktstabilität einen deutlichen Logistik- und Verkaufsvorteil. Allerdings ist zu beachten, dass die Champignons an der Oberfläche leicht austrocknen. Dieser Effekt kann mikrobielles Wachstum reduzieren, muss jedoch unter Umständen bei der Füllmengenangabe beachtet werden.

Bei Betrachtung der Abbildung 9 wird deutlich, dass Champignons, die in feuchteregulierenden Schalen (mit Salz) gelagert wurden, ein besseres Erscheinungsbild aufweisen. Im Gegensatz zu den Pilzen in der Referenzschale (ohne Salz), waren die Pilze in der aktiven Verpackung deutlich weißer.



Abbildung 9: Fotodokumentation von Champignons, gelagert für 7 Tage bei 8 °C in Schalen ohne Salz (links) sowie in Schalen mit Salz (rechts) [Quelle: Fraunhofer IVV]

### Technische Hochschule Deggendorf / Technologicampus Grafenau

Das Ziel dieses Arbeitspakets ist die **Ermittlung der Energieeinsparung durch Reduzierung der Lebensmittelverschwendung im Handel mittels Einsatz eines intelligenten Prognose- und Dispositionssystems (iPDS)**. Mit Hilfe dieses am TC Grafenau entwickelten Systems, das dem Handel in Form einer Filialleiter-App zur Verfügung gestellt wurde, konnte für bestimmte Produkte im Bereich der Frischwaren eine deutlich verbesserte Bestellung beobachtet werden, was zu einer Verringerung der Wegwerfware führte.

Zur Ermittlung der Lebensmittelverluste der ausgewählten Produkte mussten historische Bestell- und Abverkaufsdaten der vergangenen Jahre herangezogen werden. Hierfür wurden exemplarisch fünf typische Einzelhandels-Testfilialen eines Discounters in Niederbayern ausgewählt. Das bestehende Bestellverfahren wurde zunächst je Filiale analysiert. Für viele Frischeprodukte, so auch für die 20 ausgewählten, ist eine tägliche Bestellung morgens und Lieferung am Folgetag möglich.

Bezogen auf das Energieeinsparpotential erfolgte nach Absprache mit den Projektpartnern eine detailliertere Betrachtung, insbesondere der für die Disposition und Prognose relevanten Eckdaten, der Produkte Kochschinken und Champignons.

In einem vorangegangenen Forschungsprojekt wurde am TC Grafenau bereits ein optimiertes Prognose- und Dispositionssystem entwickelt, das nun auf die ausgewählten Produkte angepasst wurde, um zu bestimmen, wie stark der Lebensmittelverlust – unabhängig von der Verpackung – bereits durch die Disposition reduziert werden kann. Die Software kam als Filialleiter-App zum Einsatz. Bei Eingabe der vorhandenen Restmengen schlägt das System, unter Berücksichtigung von Gebindegrößen, Bestell- und Lieferrhythmen, die optimale Bestellmenge vor.

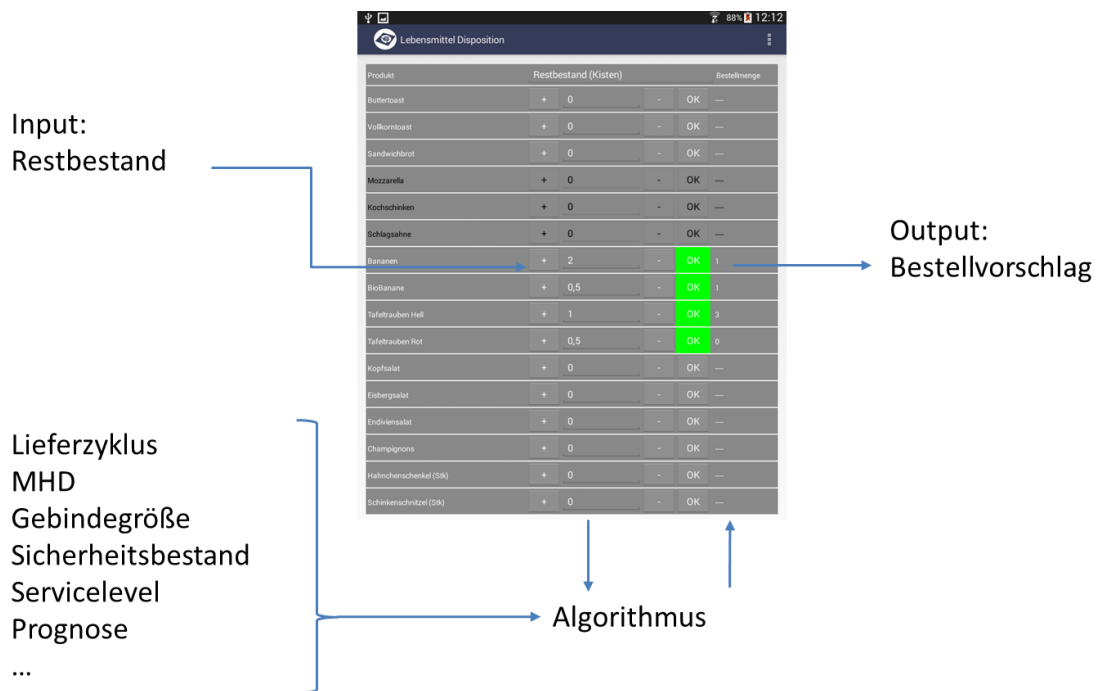


Abbildung 10: Die Filialleiter-App [Quelle: Prof. Dr. Diane Ahrens]

Die App wurde in einer vierwöchigen Pilotphase im März 2015 in allen 5 Filialen getestet. Während der Pilotphase konnte durch den Einsatz der Filialleiter-App eine Reduzierung der relativen Verluste an Champignons um durchschnittlich 3,2 Prozentpunkte bzw. 62,4 % im Vergleich zu einem repräsentativen Monat erreicht werden. Allein durch bessere Disposition lässt sich die Lebensmittelverschwendung nicht völlig vermeiden, da aufgrund fester Gebindegrößen (z.B. 8 Packungen je Karton) nicht exakt bestellt werden kann, was benötigt wird. 3,2 Prozentpunkte entsprechen durchschnittlich einer jährlichen Einsparung an Champignonverlusten von ca. 35,5 kg je untersuchter Filiale. Bei diesem Ergebnis handelt es sich um filialspezifische Werte bezogen auf die fünf untersuchten Discounter-Filialen in Niederbayern.

Die vom Fraunhofer IVV entwickelte aktive Verpackung für Champignons führt zu einer Verbesserung der Haltbarkeit. Per Simulationsrechnung ergibt sich theoretisch eine Verminderung der Lebensmittelabfälle für Champignons von mehr als 60 %, falls sich das Mindesthaltbarkeitsdatum um einen Tag verlängert (vgl. Abbildung 11). Damit wäre die durch Einsatz innovativer Verpackungen realisierbare Food-Waste-Reduzierung ungefähr so hoch wie bei Einsatz eines optimierten Dispositionssystems. Das Potential beider Maßnahmen in Kombination entspricht allerdings nicht der Kumulation der gezeigten Ergebnisse und müsste erst noch erhoben werden. Abbildung 11 zeigt die im Rahmen einer Simulationsstudie ermittelte Entwick-

lung der Verluste für Champignons bei Verlängerung der Haltbarkeit in der Filiale um jeweils einen Tag. Die Filialrestlaufzeit ungekühlter Champignons ohne aktive Verpackung liegt derzeit bei ein bis zwei Tagen. Bei nur eintägiger Verkaufsfähigkeit lägen die Verluste bei über 13 % in den betrachteten Filialen, bei zwei Tagen sinken diese schon auf knapp über 4%.

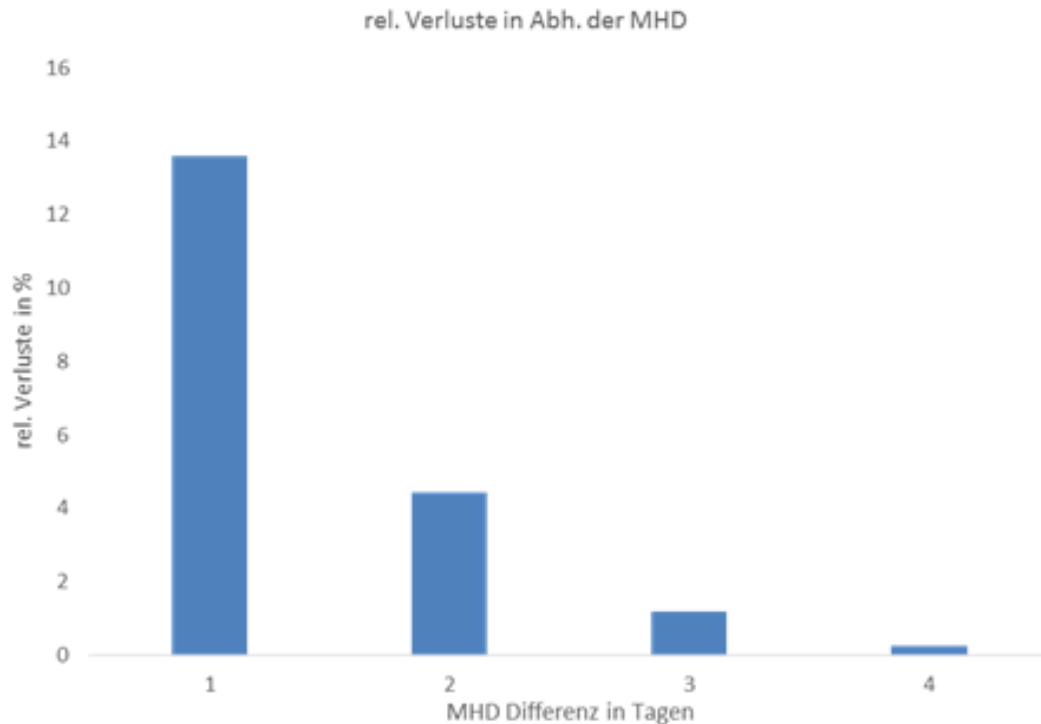


Abbildung 11: Lebensmittelverluste in Abhängigkeit vom MHD [Quelle: Prof. Dr. Diane Ahrens]

Bei Kochschinken konnten auch ohne optimierte Disposition aufgrund der ohnehin längeren Haltbarkeit keine signifikanten Verluste festgestellt werden. Eine Erhöhung der Haltbarkeit hätte entsprechend keinen Effekt. Verluste können allerdings auch vor Ablauf der Haltbarkeit durch Verfärbung des Kochschinkens infolge von Sauerstoffeinfluss entstehen. Betroffene Packungen werden dann ggf. aus dem Verkauf genommen und vernichtet. Allerdings existieren darüber handelsseitig keine Aufschreibungen. Auch traten diese Fälle nicht während der Testphase auf, so dass ein Einfluss einer innovativen Verpackung diesbezüglich nicht erhoben werden konnte.

Mit Hilfe des Kumulierten Energieaufwandes (KEA), der von der ISWA Stuttgart als Indikator herangezogen und untersucht wurde, lassen sich die Einsparungen an Lebensmittelverschwendung durch Einsatz des iPDS in Energieäquivalente umrechnen. Geht man von einem KEA von 0,08 kWh pro Kilogramm Gemüse aus, entsprechen vermeidbare Lebensmittelverluste in Höhe von 177 Kilogramm jährlich in den fünf betrachteten Filialen einer Energieverschwendung von 14,16 kWh. Durch optimierte Disposition lässt sich folglich der kumulierte Energieaufwand um 14,16 kWh reduzieren.

Eine Hochrechnung auf den gesamten Lebensmitteleinzelhandel erfordert genauere Kenntnis und Berücksichtigung der Unterschiede in den Verlustmengen zwischen Discountern, Vollsortimentern und weiteren Marktteilnehmern sowie der Champignonumsätze. Eine naive Hoch-

rechnung auf 41.000 Einzelhandelsfilialen in Deutschland ungeachtet dieser Unterschiede ergäbe eine Einsparung von rund 1.450 Tonnen Lebensmittelverlusten pro Jahr, entsprechend gut 116 MWh an Energieverschwendung. Diese Zahlen beziehen sich jedoch lediglich auf Champignons und basieren auf den Daten der betrachteten fünf Filialen. Eine solide Verallgemeinerung der Werte kann erst nach weiteren Tests erfolgen.

### 3. Zusammenfassung

Die höchsten Energieeinträge über die gesamte Wertschöpfungskette sind erwartungsgemäß im Konsumbereich anzusiedeln. Es zeigt sich auch, dass in der Außer-Haus-Verpflegung der Energieeintrag pro Tonne Lebensmittelverluste durchschnittlich den höchsten Wert aufweist. Auch wenn die Lebensmittelverschwendung in diesem Bereich nur ein Viertel der Gesamtverluste im Konsumsektor ausmachen (Abb. 4; S.7), so ist das Einsparpotenzial durch den hohen Energieeintrag vergleichsweise hoch. Die Außer-Haus-Verpflegung wird demnach als vielversprechender Ansatzpunkt zur Reduzierung von Energieverlusten gesehen.

Der zweitaussichtsreichste Ansatz zeigt sich in der Herstellung von Back- und Teigwaren. Die dort entstehenden Lebensmittelverluste sind mit durchschnittlich 10 % mit Abstand am höchsten in der gesamten Lebensmittelproduktion. Entsprechend optimistisch können Einsparmaßnahmen in Bezug auf reduzierte Lebensmittelverluste und dem entsprechenden Energieeinsparpotenzial gesehen werden.

Lebensmittelverluste können auch durch konkrete Maßnahmen wie aktiver Verpackung reduziert werden. Dies ist vor allem im Frischwarenbereich der Fall. Produktspezifische Lösungen führen dabei zu sehr unterschiedlichen Haltbarkeitsverlängerungen.

Ein anderer Ansatz ist die Optimierung im Dispositions- und Bestellwesen des Einzelhandels. Vielversprechende Ergebnisse wurden hierbei in fünf Testfilialen in Niederbayern beobachtet. Durch gezieltes Programmieren einer Filialleiter-App konnte im Frischwarenbereich ein deutlicher Rückgang der Lebensmittelverluste erreicht werden. Am Beispiel von Champignons betrug die Reduktion in der Testphase über 60%.