

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR MATERIALFLUSS UND LOGISTIK, IML

ERMITTLUNG DER BRUCHQUOTE VON EINWEG- UND MEHRWEGSTEIGEN IM OBST-/ GEMÜSESORTIMENT

Ergebnisbericht

Autor: Maurice Grammel

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, IML
in Dortmund.

Januar 2025

Projektnummer: 11-26176
Projektpartner: Stiftung Initiative Mehrweg (SIM)



INHALT

1	Einleitung und Zielsetzung der Studie	1
2	Begriffsdefinition und Begriffsabgrenzung	2
	2.1 Mehrweg- und Einwegverpackungen.....	2
	2.2 Steigen	2
3	Empirische Ermittlung des Bruchs der Einweg- und Mehrwegverpackungen	3
	3.1 Vorgehensweise und Datenbasis.....	3
	3.2 Ergebnisse Zentrallager.....	7
	3.3 Ergebnisse Filiale	9
	3.4 Verpackungsschäden entlang der gesamten Lieferkette	11
	3.5 Übertragung der Ergebnisse auf die aktuelle Marktsituation	12
4	Zusammenfassung.....	14

Spätestens seit der Veröffentlichung des Vorschlags der EU-Kommission für eine EU-weite Verpackungsverordnung (Packaging and Packaging Waste Regulation – PPWR) haben die Diskussionen um Einweg- und Mehrwegverpackungen ein neues Ausmaß erreicht. Aus den verschiedensten Blickwinkeln wird seither für und gegen die eine oder die andere Verpackungsart argumentiert. Die Argumente werden häufig mit Ökobilanzen und andersartigen Studien untermauert. Der CO₂-Fußabdruck eines Lebensmittels ist durchschnittlich 16–30-mal höher als der CO₂-Fußabdruck der Verpackung¹. Lebensmittelverluste entlang der Lieferkette sind demnach zu vermeiden. Dies gilt auch für frisches Obst und Gemüse. Hierbei ist besonders von Interesse, ob und in welchem Ausmaß die eingesetzte Verpackungsart (Einweg- oder Mehrwegverpackungen) den Verderb der Produkte beeinflusst.

Für Aussagen zur Bruchquote von Einweg- bzw. Mehrwegsteigen für Obst und Gemüse auf den verschiedenen Distributionsstufen des Einzelhandels liegen derweil keine aktuellen Zahlen vor. Die letzte Studie hierzu wurde durch das Fraunhofer IML ebenfalls im Auftrag der Stiftung Initiative Mehrweg (SIM) angefertigt und geht auf das Jahr 2012 zurück. Im Rahmen dieser Studie wurde eine neue Erhebung zur Bruch- und Schadensquote von Ein- und Mehrwegverpackungen für das Obst- und Gemüsesortiment durchgeführt und ausgewertet.

Im Fokus der Studie standen folgende Fragestellungen: Transportverpackungen sind entlang der logistischen Kette zum Point-of-Sale (POS) statischen und dynamischen Belastungen ausgesetzt. Projekterfahrungen zeigen, dass Bruch von Verpackungen Schäden an den Produkten verursachen kann. Doch in welcher Höhe treten Bruch- und Schadensquoten in Abhängigkeit der Verpackungsart auf? An welcher Stelle der Lieferkette (Zentrallager vs. POS) sind welche Verlustarten zu verzeichnen?

Die Zielsetzung der Studie lag darin, den Einfluss der Verpackungsart auf Bruch von frischem Obst und Gemüse zu quantifizieren.

¹ GVM, denkstatt (2020): Lebensmittelschutz ist Klimaschutz - Lebensmittelschutz durch Verpackungen: Auswirkungen auf den CO₂-Fußabdruck

2

Begriffsdefinition und Begriffsabgrenzung

Die zentralen Untersuchungsobjekte in der Studie waren Mehrweg- und Einwegsteigen, die bei der Distribution von Obst und Gemüse vom Erzeuger zum POS zum Einsatz kommen. Im Rahmen dieses Berichts werden die Begriffe Steige und Verpackung synonym genutzt.

2.1 Mehrweg- und Einwegverpackungen

Mehrwegverpackungen sind Verkaufs-, Um- oder Transportverpackungen, die dazu bestimmt sind, nach Gebrauch mehrmals zur Aufnahme, zum Schutz, zur Handhabung, zur Lieferung oder Darbietung von Waren wiederverwendet zu werden¹. Einwegverpackungen erfüllen diesen Zweck nur einmalig und werden danach verwertet oder entsorgt.

2.2 Steigen

Eine Steige bezeichnet eine Verpackung aus Holz, Kunststoff oder Pappe, die das Packgut bzw. Produkt nicht vollständig umhüllt². Vorwiegend werden Steigen zum Transport von Obst und Gemüse eingesetzt. Steigen werden für beide Verpackungsarten, Einweg- und Mehrweg, angeboten.

¹ VDI 4407

² DIN 55405

3

Empirische Ermittlung des Bruchs der Einweg- und Mehrwegverpackungen

Der Bruch von Verpackungen wurde sowohl im Wareneingang von Zentrallägern als auch im Wareneingang von Groß- und Einzelhandelsfilialen erfasst.

3.1 Vorgehensweise und Datenbasis

Frisches Obst und Gemüse wird nach der Ernte beim Erzeuger in Steigen verpackt. Mehrere Transportverpackungen einer Obst- oder Gemüsesorte werden i. d. R. auf einer Palette zu einer homogenen Ladeinheit zusammengefasst. Das bedeutet, dass sich auf einer Ladeinheit nur eine Produktsorte und ein Verpackungstyp befinden. Die Ladeinheit wird anschließend i. d. R. zu einem Zentrallager transportiert. Nach der Entladung angelieferter Ladeinheiten werden diese im Zentrallager in eine Pufferfläche des Wareneingangs verbracht, wo die Ladeinheiten kurzweilig verbleiben, bevor sie in der Kommissionierzone bereitgestellt werden.

Die Aufnahme der Daten erfolgte direkt nach der Entladung in der Pufferfläche des Wareneingangs. Mitarbeitende des Fraunhofer IML begutachteten die dort aufgestellten Ladeinheiten von jeder Seite und dokumentierten Schäden an einzelnen Transportverpackungen. Dabei wurden folgende Daten erfasst:

- Daten zum Produkt sowie der Ladeinheit
 - Obst-/ Gemüsesorte
 - Ursprungsland
 - Verpackungsart (Einweg/ Mehrweg) und -material
 - Verpackungsabmessungen
 - Anzahl Ladeinheiten und Transportverpackungen
 - Fotodokumentation

- Daten zur Schadensdokumentation
 - Anzahl beschädigter Transportverpackungen
 - Bruchursache
 - Produktschäden
 - Fotodokumentation

Die Daten wurden im Zeitraum Juni bis August 2024 erhoben. Die Datenaufnahme erfolgte in drei Zentrallagern der großen Einzel- und Großhandelsunternehmen in Deutschland.

Das Zentrallager bündelt alle Lieferungen von Erzeugern und verteilt diese an die Filialen des Einzelhandels. Dabei werden im Rahmen des Kommissionierprozesses

für jede einzelne Filiale bedarfsgerechte Ladeeinheiten zusammengestellt. Folglich enthält eine Kommissionierladeeinheit i. d. R. unterschiedliche Obst- und Gemüsesorten sowie auch verschiedene Verpackungstypen (siehe Abbildung 1). Die gemischten Ladeeinheiten werden anschließend zur Filiale transportiert.

Empirische Ermittlung des Bruchs
der Einweg- und
Mehrwegverpackungen

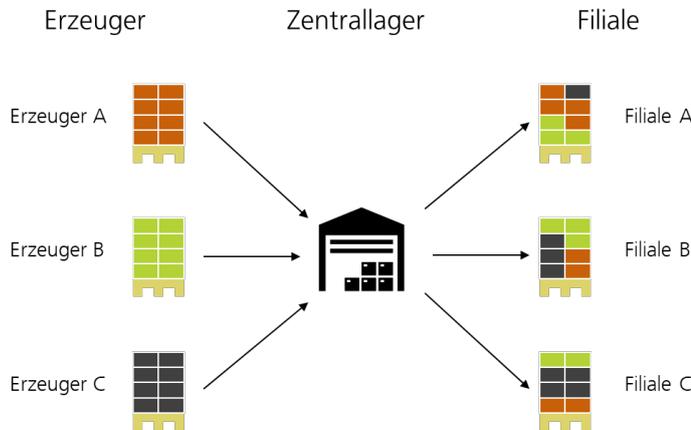
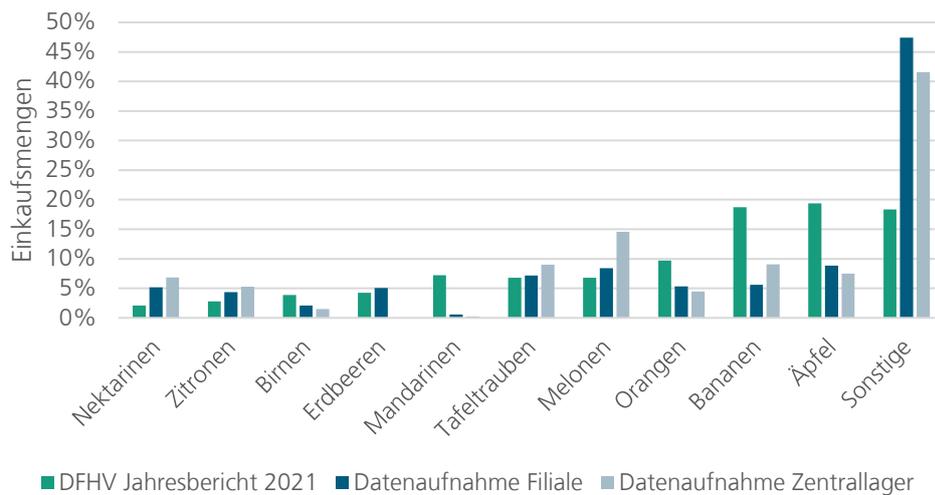


Abbildung 1: Exemplarische Lieferkette eines Handelsunternehmens

Die Datenaufnahme in der Filiale erfolgte nach der Entladung der Ladeeinheiten und bei der Übergabe an das Personal der Filiale. Analog zur Vorgehensweise im Zentrallager begutachteten Mitarbeitende des Fraunhofer IML die Ladeeinheiten von jeder Seite und dokumentierte Schäden an einzelnen Transportverpackungen (TPV). Es wurden die gleichen Daten erhoben wie bei der Datenaufnahme in den Zentrallagern (siehe oben). Die Daten wurden im Zeitraum Juni bis August 2024 erhoben. Die Datenaufnahme erfolgte in acht Filialen der großen Einzel- und Großhandelsunternehmen in Deutschland.

In den Zentrallagern wurden im Laufe der Erhebung TPV von 28 unterschiedlichen Obstsorten und 40 Gemüsesorten aus 32 verschiedenen Ursprungsländern aus allen Regionen der Erde erfasst. In den Filialen konnten 32 Obst- und 40 Gemüsesorten aus 41 Ländern erfasst werden.



Empirische Ermittlung des Bruchs
der Einweg- und
Mehrwegverpackungen

Abbildung 2: TOP-10 Einkaufsmengen (Obst) im Jahr 2021 im Vergleich zur Datenaufnahme

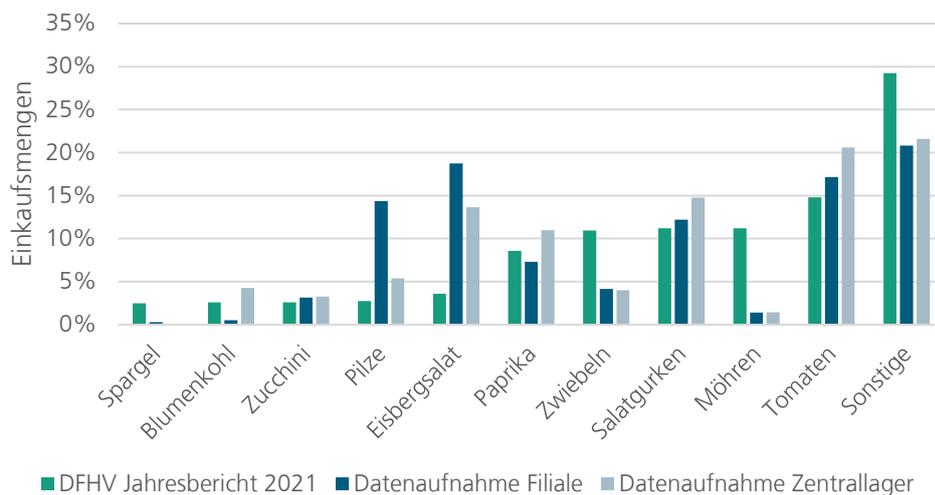


Abbildung 3: TOP-10 Einkaufsmengen (Gemüse) im Jahr 2021 im Vergleich zur Datenaufnahme

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen, inwieweit sich die erhobenen Daten mit den TOP-10 Obst- bzw. Gemüsesorten deutscher Privathaushalte¹ decken. Über 70 Prozent der TOP-10 Obst- bzw. Gemüsesorten laut DFHV-Bericht lagen auch bei der Datenaufnahme unter den TOP-10 der erfassten Sorten². Abbildung 4 (Filiale) und Abbildung 5 (Zentrallager) zeigen die TOP-10 Ursprungsländer basierend auf der erhobenen Datenbasis. Die wesentlichen Lieferanten sitzen demnach in Deutschland, der Niederlande, Spanien und Italien. Sie machen zusammen ca. 75 Prozent der erfassten Menge aus.

¹ DFHV-Jahresbericht 2021

² Hinweis: Obst und Gemüse sind Lebensmittel, deren Verfügbarkeit einer teils starken Saisonalität unterliegt. Im Erhebungszeitraum (Juni bis August) konnten daher nicht alle Sorten der TOP-10 erfasst werden.

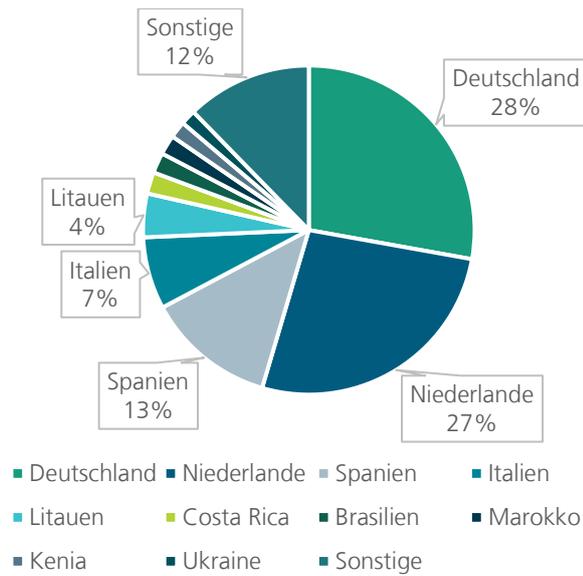


Abbildung 4: Verteilung begutachteter TPV in den Filialen nach Ursprungsland

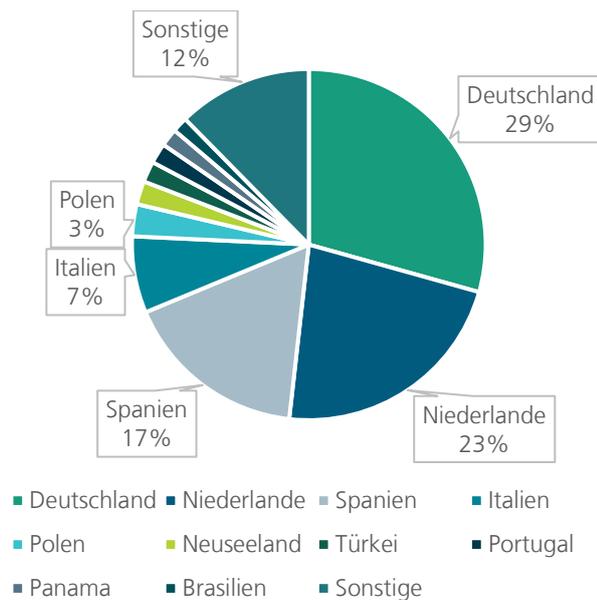


Abbildung 5: Verteilung begutachteter TPV in den Zentrallagern nach Ursprungsland

Ergebnisse Zentrallager

Insgesamt wurden 60.555 Transportverpackungen in den Zentrallagern begutachtet. Davon entfallen 44 Prozent auf Einwegverpackungen und 56 Prozent auf Mehrwegverpackungen. 60 der 26.891 begutachteten Einwegsteigen wiesen Beschädigungen auf. Dies entspricht einer Bruchquote von 0,22 Prozent. Auf Seiten der Mehrwegsteigen wurden im Erhebungszeitraum drei beschädigte TPV erfasst. Dies entspricht einer Bruchquote von 0,01 Prozent. Demnach war in den Zentrallagern die Bruchquote von Einwegsteigen 20-mal höher als die Bruchquote von Mehrwegsteigen (vgl. Abbildung 6).

Zentrallager gesamt:

- 60.555 untersuchte TPV
- 0,10 % Bruchquote
(Einweg + Mehrweg)

Einweg

- 26.891 untersuchte TPV
- 60 beschädigte TPV
- 0,22 % Bruchquote

Mehrweg

- 33.664 untersuchte TPV
- 3 beschädigte TPV
- 0,01 % Bruchquote



In den Zentrallagern ist die Bruchquote von Einweg-TPV 20-mal höher als die von Mehrweg-TPV

Abbildung 6: Überblick zur Datenaufnahme in den Zentrallagern

Folgende Bruchursachen wurden im Zentrallager unterschieden bzw. festgestellt:

- Fehlende Stabilität/ Stapelbruch
- Unzureichende Ladeeinheitensicherung
- Äußere Einflüsse

Unter fehlender Stabilität/ Stapelbruch ist die mangelnde Fähigkeit der Verpackung zu verstehen, die Auflast (Stapel darüber liegender Verpackungen) zu tragen. Unter Ladeeinheitensicherung fallen Schäden, die auf mangelnde oder falsche Sicherung der Ladeeinheit, z. B. durch Stretchfolie oder Umreifungsbänder, zurückzuführen sind. Äußere Einflüsse sind immer dann gegeben, wenn der Schaden an der Verpackung durch falsche sowie unsachgemäße Handhabung oder Unachtsamkeit entsteht. Beispiele hierfür sind:

- Schäden bei der Entladung aus dem LKW, u. a. Schäden durch die Gabel der Flurförderzeuge
- Fehler bei der Bildung der Ladeeinheit (u. a. Überstände)
- Falsche Ladungssicherung im LKW

Abbildung 7 zeigt Beispiele für die genannten Bruchursachen:



Empirische Ermittlung des Bruchs
der Einweg- und
Mehrwegverpackungen

Abbildung 7: Beispielhafte Schadensbilder: Äußere Einflüsse (links), fehlende Stabilität (mitte), unzureichende Ladeeinheitensicherung (rechts)

Abbildung 8 verdeutlicht, dass die häufigsten Schadensursachen bei Einwegverpackungen auf mangelnde Stabilität der Verpackung sowie äußere Einflüsse zurückzuführen sind. Hauptursache für Schäden bei Mehrwegverpackungen (drei von drei Schadensfällen) war dagegen eine fehlerhafte und unsachgemäße Handhabung. Entweder sicherte der Erzeuger die Ladeeinheit falsch, der Frachtführer sicherte die Ladung auf dem LKW nicht ausreichend oder der Schaden ist durch Unachtsamkeit des Personals bei der Be- oder Entladung hervorgerufen worden.

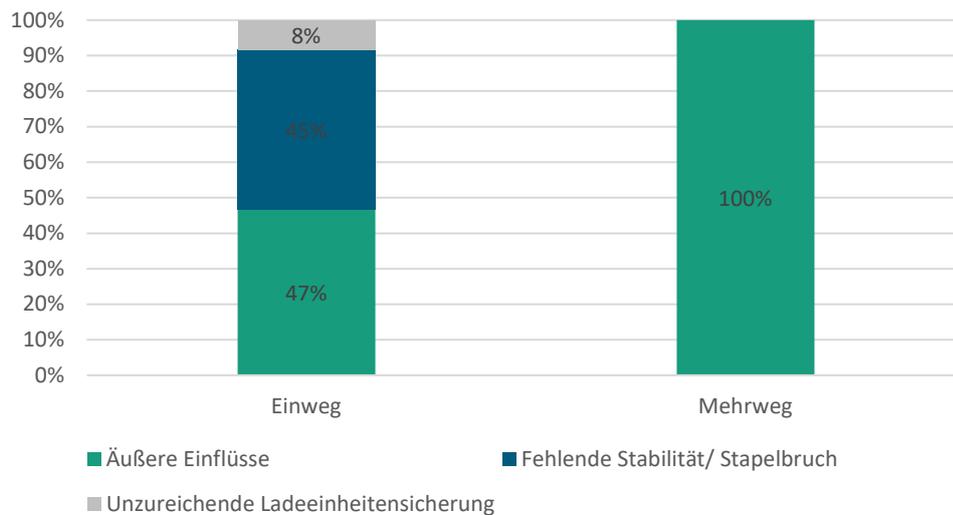


Abbildung 8: Gegenüberstellung der Schadensursachen in den Zentrallagern

Der aufgrund von Verpackungsbruch auftretende Produktverlust wurde während der Datenaufnahme im Zentrallager bei Einwegsteigen auf ca. 10-20 Prozent geschätzt. Das Obst bzw. Gemüse wurde häufig beim Stapeln aufgrund geringerer Stabilität der Einwegsteigen von oben eingedrückt. Aufgrund der höheren Stabilität wurde der Produktverlust bei Mehrwegsteigen auf 5-10 Prozent geschätzt. Die Höhe der Produktverluste sind abhängig von der Verpackungsart und der Empfindlichkeit der Produkte.

3.2 Ergebnisse Filiale

Insgesamt wurden 2.497 Transportverpackungen in Filialen begutachtet. Davon entfallen 39 Prozent auf Mehrweg- und 61 Prozent auf Einwegverpackungen. 26 der 1.533 begutachteten Einwegsteigen wiesen Beschädigungen auf. Dies entspricht einer Bruchquote von 1,69 Prozent. Auf Seiten der Mehrwegsteigen wurden im Erhebungszeitraum ein einziger Schadensfall erfasst. Dies entspricht einer Bruchquote von 0,1 Prozent. Demnach war in den Filialen die Bruchquote von Einwegsteigen 26-mal höher als die Bruchquote von Mehrwegsteigen (vgl. Abbildung 9).



Abbildung 9: Überblick zur Datenaufnahme in den Filialen

Folgende Bruchursachen wurden in der Filiale unterschieden¹:

- Fehlende Stabilität/ Stapelbruch
- Unzureichende Ladeeinheitensicherung
- Äußere Einflüsse
- Fehlende modulare Abstimmung
- Fehlende Kompatibilität

Da bei der Kommissionierung in den Zentrallagern gemischte Kommissionierereinheiten gebildet werden, kommen zwei weitere Bruchursachen (fehlende modulare Abstimmung und fehlende Kompatibilität) hinzu, die einen Ausdruck für die Eignung einer Verpackung zur Bildung heterogener Kommissionierladeeinheiten liefern. Fehlende modulare Abstimmung ist immer dann gegeben, wenn Verpackungen, deren Abmessungen nicht aus dem Grundmodul 600 x 400 mm hervorgehen, Ursache für einen Schaden sind. Das ist in der Regel der Fall, wenn die Verpackung in der Grundfläche Sondermaße aufweist und deshalb nur bedingt stapelfähig ist. Häufig liegen deshalb Teile der Verpackungen direkt

¹ Die Abgrenzung der ersten drei Bruchursachen erfolgt analog zur Beschreibung unter 3.2

auf Produkten auf. Fehlende Kompatibilität tritt immer dann ein, wenn eine schadensverursachende Verpackung zwar modulare Abmessungen besitzt, jedoch nicht formschlüssig (z. B. durch Stapelnasen an den Stirnseitenwänden) in einen Stapel integrierbar ist. Häufig rutschen nicht kompatible Verpackungen ineinander und liegen auf dem Produkt der jeweils darunterliegenden Verpackung auf. Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele für die genannten Bruchursachen:

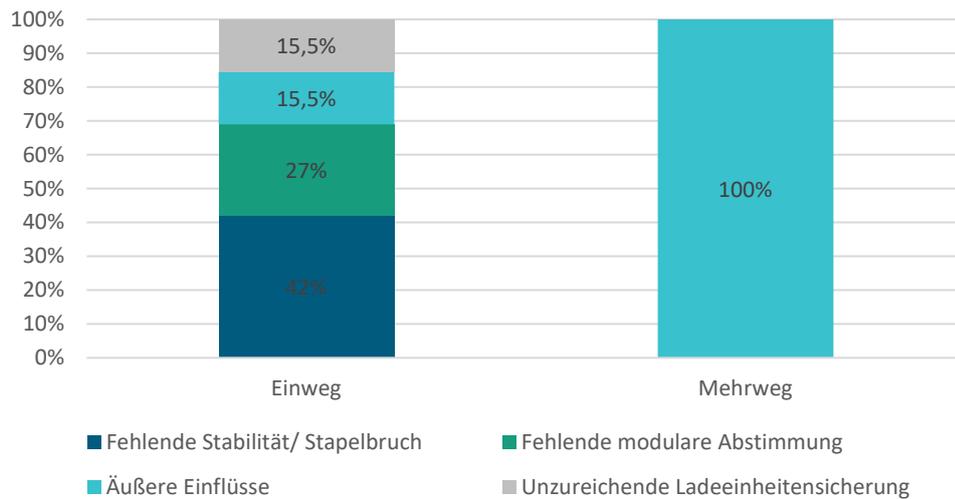


Abbildung 10 Beispielhafte Schadensbilder für fehlende Stabilität (links) und fehlende modulare Abstimmung (rechts)



Abbildung 11: Beispielhafte Schadensbilder für äußere Einflüsse (links) und unzureichende Ladeeinheitensicherung (rechts)

Abbildung 12 ist zu entnehmen, dass analog zu den Beobachtungen in den Zentrallagern der Großteil der Schäden bei Einwegsteigen auf fehlende Stabilität zurückzuführen ist. Ein Viertel der Schäden ließen sich durch fehlende Modulare Abstimmung begründen. Hier wurden Steigen verwendet, deren Abmessungen der Grundfläche nicht den Modulmaßen einer Palette entsprechen. Der einzige Schadensfall bei Mehrwegsteigen wurde durch äußere Einflüsse hervorgerufen.



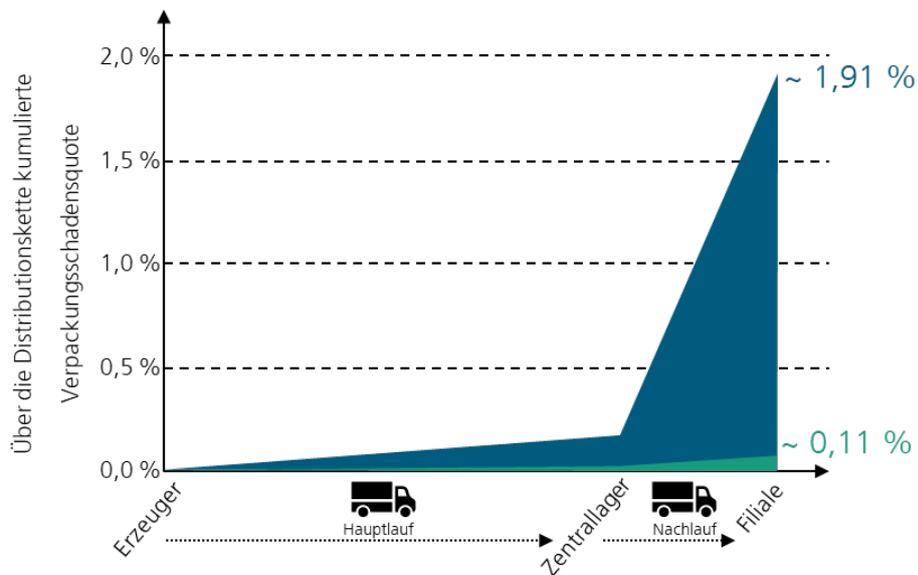
Empirische Ermittlung des Bruchs
der Einweg- und
Mehrwegverpackungen

Abbildung 12: Gegenüberstellung der Schadensursachen in den Filialen

Durch die Bildung von heterogenen Ladeeinheiten bei der Filialbelieferung und die häufig damit einhergehende fehlende modulare Abstimmung – insb. bei Einwegsteigen – führt zu einer höheren Produktverlustquote als in den Zentrallagern. Der geschätzte Produktverlust bei einer Verpackungsbeschädigung von Einwegsteigen in der Filiale wurde im Rahmen der Erhebung daher auf 20-30 Prozent geschätzt. Die Produktverlustquote bei einer Verpackungsbeschädigung einer Mehrwegsteige wurde aufgrund der höheren Stabilität auf 5-10 Prozent geschätzt. Wie zuvor erwähnt ist die Höhe der Produktverluste abhängig von der Verpackungsart und der Empfindlichkeit der Produkte.

3.3 Verpackungsschäden entlang der gesamten Lieferkette

Abbildung 13 stellt die Bruchquoten der Einweg- und Mehrwegverpackungen entlang der gesamten Lieferkette vom Erzeuger über das Zentrallager bis hin zur Filiale dar.



Empirische Ermittlung des Bruchs
der Einweg- und
Mehrwegverpackungen

Abbildung 13: Kumulierte Schadensquote entlang der gesamten Lieferkette

Im Fall der Einwegverpackungen werden insgesamt ca. 1,91 Prozent aller Verpackungen auf dem Weg zum Konsumenten beschädigt. Bei Mehrwegverpackungen sind es ca. 0,11 Prozent.

3.4 Übertragung der Ergebnisse auf die aktuelle Marktsituation

Im Folgenden werden die ermittelten Bruchquoten dazu herangezogen, den Effekt auf den gesamten deutschen Markt für frisches Obst und Gemüse zu übertragen. Dabei werden zwei Szenarien unterschieden. Das erste Szenario unterstellt, dass nur Einwegverpackungen entlang der gesamten Lieferkette zum Einsatz kommen, während das zweite Szenario den ausschließlichen Einsatz von Mehrwegverpackungen vorsieht. Die Berechnung basiert auf dem jährlichen pro Kopf Verbrauch an frischem Obst und Gemüse in Deutschland. Der jährliche pro Kopf Verbrauch beträgt ca. 64,9 kg für Obst und ca. 102,6 kg für Gemüse¹. Das entspricht einem Gesamtverbrauch von ca. 14 Mrd. kg an Obst und Gemüse pro Jahr². Umgerechnet ergibt dies ca. 1,75 Mrd. Steigen pro Jahr³, die bei der Distribution zum Einsatz kommen.

Szenario 1 (Einwegverpackungen): Am Ende der Lieferkette werden pro Jahr ca. 33,3 Mio. Verpackungen beschädigt. Daraus folgt, dass ca. 64 Tsd. Tonnen Obst

¹ Versorgungsbilanz (BMEL 2022)

² Basierend auf 83,4 Mio. Einwohner (Statistisches Bundesamt 2024)

³ Eine durchschnittliche Steige enthält ca. 8 kg Obst oder Gemüse.

und Gemüse pro Jahr beschädigt werden¹. Das entspricht einem monetären Wert von 95,45 Mio. Euro².

Empirische Ermittlung des Bruchs
der Einweg- und
Mehrwegverpackungen

Szenario 2 (Mehrwegverpackungen): Am Ende der Lieferkette werden pro Jahr ca. 1,92 Mio. Verpackungen beschädigt. Daraus folgt, dass 1,2 Tsd. Tonnen Obst und Gemüse pro Jahr beschädigt werden³. Das entspricht einem monetären Wert von 1,73 Mio. Euro⁴.

Folgende Abbildung veranschaulicht die Szenarienbetrachtung:

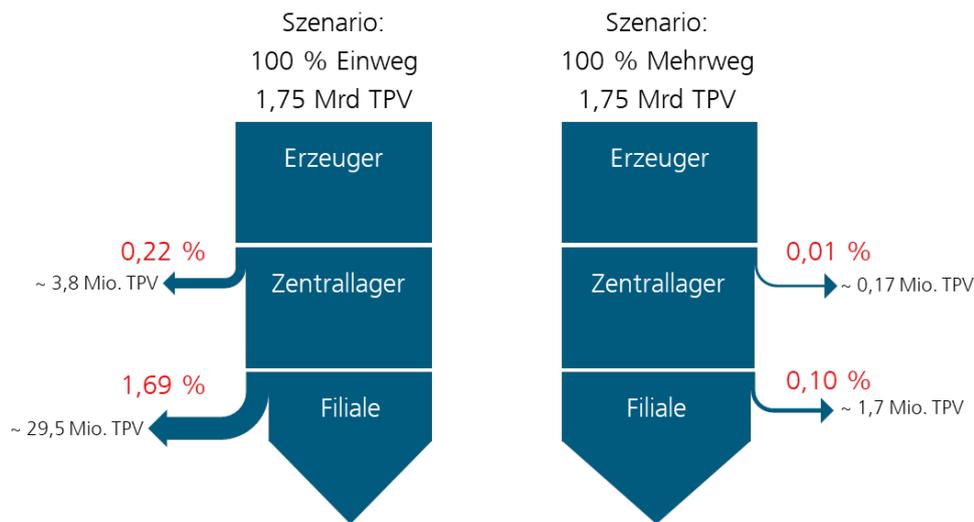


Abbildung 14: Veranschaulichung der Szenarien

¹ ca. 5-10 Prozent des Inhalts einer Mehrweg-Bruchverpackung und ca. 10-30 Prozent einer Einweg-Bruchverpackung werden durchschnittlich beschädigt.

² Der Warenwert einer Obst- bzw. Gemüsesteige beträgt durchschnittlich 12 Euro.

Ziel der Studie war es, die Höhe von Verpackungs- und Produktschäden in Abhängigkeit der Verpackungsart entlang der Distributionskette von frischem Obst und Gemüse zu bestimmen. Dazu wurden Verpackungsschäden sowohl nach der ersten Distributionsstufe (Erzeuger an Zentrallager) als auch nach der zweiten Distributionsstufe (Zentrallager an Filiale) erfasst.

Die Ergebnisse der Aufnahmen zeigen, dass die Art der Verpackung (Einweg/ Mehrweg) einen signifikanten Einfluss auf die Schadensquote von Verpackungen hat. Mehrwegverpackungen verzeichnen gegenüber Einwegverpackungen einen deutlich niedrigeren Anteil an Verpackungsschäden. Hervorzuheben ist, dass bei Mehrwegverpackungen kein einziger Schaden aufgrund von mangelnder Verpackungsstabilität beobachtet worden ist. Vielmehr ist falsche Handhabung die Hauptursache für Verpackungsschäden auf Seiten von Mehrwegverpackungen. Bei Einwegverpackungen neben äußeren Einflüssen vor allem die Verpackungsstabilität und die fehlende maßliche Abstimmung auf andere Verpackungen die häufigsten Schadensursachen.

Die Distributionsstufe hat weiteren Einfluss auf die Schadensquote von Verpackungen. Die Schadensquoten steigen in der zweiten Distributionsstufe (Filialbelieferung) für beide Verpackungstypen um ein Vielfaches an. Die Ursache hierfür findet sich – insb. bei Einwegverpackungen – in der fehlenden modularen Abstimmung der unterschiedlichen Verpackungstypen, die ein wesentlicher Faktor bei der Bildung von Kommissioniereinheiten bzw. heterogenen Ladeeinheiten ist. Dieses Problem wird zum einen zwischen den beiden Verpackungsarten Einweg und Mehrweg, aber auch unter den verschiedenen Typen von Einwegverpackungen beobachtet.

Mit einem Schaden an der Transportverpackung kann auch die Qualität des transportierten Gutes beeinträchtigt werden. Dies ist im Zentrallager bei 10-20 Prozent des transportierten Obst und Gemüses in beschädigten Einwegverpackungen der Fall, bei Mehrwegverpackungen hingegen bei 5-10 Prozent. Während der Anteil beschädigter Produkte bei beschädigten Mehrwegverpackungen in der zweiten Distributionsstufe gleich hoch eingeschätzt werden konnte, wurde bei beschädigten Einwegverpackungen der Produktverlust in Filialen auf 20-30 Prozent geschätzt.

Der Wert beschädigter Produkte liegt bei der Annahme das nur Einwegsteigen zum Einsatz kommen (Einwegszenario) bei ca. 95,45 Mio. Euro p. a. und bei ca. 1,73 Mio. Euro p. a. für ein entsprechendes Mehrwegszenario.

Zusammenfassend verdeutlicht die Studie die signifikanten Unterschiede in der Schadensquote zwischen Einweg- und Mehrwegverpackungen sowie die zunehmende Häufigkeit von Schadensfällen entlang der Distributionskette. Während Mehrwegverpackungen eine höhere Stabilität und geringere Verpackungs- und Produktschäden aufweisen, sind bei Einwegverpackungen die Handhabung und Stabilität sowie die modulare Abstimmung kritische Einflussfaktoren. Die Szenarienbetrachtung unterstreicht die Notwendigkeit, Verpackungskonzepte für die Distribution von frischem Obst und Gemüse zu optimieren, um sowohl Kosten zu reduzieren als auch die Qualität der transportierten Waren zu sichern.