

Dichtheitsprüfung in der Lebensmittelindustrie

Ein Leitfaden



Vorwort

Die Anforderungen an Lebensmittelproduzenten wachsen stetig: Zum einen sind die heutigen Konsumenten aufgeklärter und anspruchsvoller. Zum anderen steigen auch die gesetzlichen Vorgaben an Hersteller und Händler weiter an, um die Sicherheit des Verbrauchers optimal zu schützen. Denn es gibt zahlreiche Faktoren, die Hersteller ausschließen müssen, um ein sicheres Produkt zu liefern: Mikrobielles Wachstum, Oxidation, Feuchtigkeit oder Schädlinge können dafür sorgen, dass Produkte lange vor Ablauf ihres Haltbarkeitsdatums verderben.

Eine zweckmäßige Verpackung und die geeignete Atmosphäre sind zwei der wichtigsten Kriterien, um Lebensmittel haltbar zu machen. Speziell zusammengestellte Schutzgasatmosphären (Modified Packaging Atmosphere – MAP) tragen zur Langlebigkeit von Lebensmitteln bei – wenn sich die enthaltene Konzentration der verschiedenen Gase im Laufe des „Shelf Life“ eines Produkts nicht verändert. Dafür sorgen dichte Verpackungen, weswegen die Dichtheitsprüfung in der Lebensmittelindustrie immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die Auswahl an Prüfmethode ist groß, und Lebensmittel-Hersteller sollten ihre Anforderungen genau analysieren, um sich für das richtige Verfahren zu entscheiden.

Unser E-Book soll Ihnen einen ersten Überblick über die wichtigsten Prüfmethode liefern und Ihnen veranschaulichen, welche Herausforderung die Dichtheitsprüfung bei Lebensmittelverpackungen mit sich bringt. Gern bieten wir Ihnen auch eine individuelle Beratung an. Sprechen Sie uns einfach an.



Inhaltsverzeichnis

Teil 1

Grundlagen der Dichtheitsprüfung in der Lebensmittelindustrie

1. Leckraten und Arten von Lecks	5
1.1 Leckarten, Dichtheit und Maßeinheiten	5
1.2 Zusammenhang zwischen Poren- bzw. Kanalgröße und Leckrate	5
1.3 Mögliche Schwachstellen von Verpackungen	6
2. Gängige Dichtheitsprüfmethoden in der Lebensmittelindustrie	7
2.1 Wasserbad	7
2.2 Gasbasierte Prüfmethode	8
2.3 Differenzdruckmethode	9
2.4 Druckanstiegsmethode in der Folienkammer	9
2.4.1 Grobleckererkennung	10

Teil 2

Herausforderungen der Dichtheitsprüfung in der Lebensmittelindustrie

1. Trockene Produkte	13
1.1 Kaffee	13
1.2 Kartoffel-Chips	14
2. Halbtrockene Produkte	15
3. Feuchte Produkte	16
3.1 Fleisch und Wurst	16
Fazit	17
Anhang	18
Impressum	21

Teil 1

Grundlagen der Dichtheitsprüfung in der Lebensmittelindustrie



1. Leckraten und Arten von Lecks

1.1 Leckarten, Dichtheit und Maßeinheiten

Ein Leck ist eine Struktur in der Wand eines Objekts, durch das Gase oder Flüssigkeiten austreten können. Dabei kann es sich um ein simples Loch, einen permeablen, porösen Bereich oder auch um oft schwer zu identifizierende Kapillaren handeln. Die Leckrate gibt an, wie viel Gas oder Flüssigkeit bei einer gegebenen Druckdifferenz in einem definierten Zeitintervall ein oder mehrere Lecks passiert. Ein Beispiel: Wenn in genau einer Sekunde ein Kubikzentimeter eines Gases mit einem Bar Überdruck durch ein Leck austritt, ist die Leckrate 0,001 Liter mal 1000 mbar durch 1 Sekunde, oder anders ausgedrückt: 1 mbar-l/s. Man könnte auch sagen, das Gas hat nach dem Austritt ein Volumen von 1 cm³ bei 1 bar Druck. Eine weitere alternative Herleitung der Einheit: Wenn sich in einem Behälter mit dem Volumen 1 Liter der Druck im Inneren um 1 Millibar pro Sekunde verändert, beträgt die Leckrate 1 mbar-l/s. Für die Angabe von Leckraten in der Einheit mbar-l/s wird in der Regel eine exponentielle, wissenschaftliche Notation verwendet: statt 0,005 mbar-l/s schreibt man also 5·10⁻³ mbar-l/s.

In Europa hat sich die Einheit mbar-l/s (bzw. ccm/s) für die Leckrate weit verbreitet, aber natürlich lassen sich Volumina und Drücke auch in alternativen Einheiten angeben, woraus eine andere Maßeinheit für die Leckrate resultiert. International anerkannt sind die SI-Einheiten, woraus sich für die Leckrate die Einheit Pa·m³/s ergibt. In den USA wird oft in atm-cc/s gemessen, während gerade bei der Druckabfallprüfung der „Standard cubic centimeter per minute“ (sccm) als Einheit für die Leckrate gebräuchlich ist.

Im Folgenden eine Liste für die Umrechnung der Einheiten:

$$1 \text{ atm-cc/s} \approx 1 \text{ mbar-l/s}$$

$$1 \text{ Pa-m}^3/\text{s} = 10 \text{ mbar-l/s (SI-Einheit)}$$

$$1 \text{ sccm} \approx 1/60 \text{ mbar-l/s}$$

1.2 Zusammenhang zwischen Poren- bzw. Kanalgröße und Leckrate

Es ist sinnvoll, sich einmal zu vergegenwärtigen, welche Beziehung zwischen einer Leckrate mbar-l/s und der Größe eines Lecks, von Poren, Kapillaren oder Kanälen besteht. Anders gesagt: Welchen Durchmesser muss ein kreisförmiges Loch oder eine Kapillare eigentlich haben, um eine bestimmte Leckrate zu verursachen? Vorausgesetzt, der Durchmesser des Lochs ist deutlich größer als die Wandstärke der Folie beziehungsweise des Verpackungsmaterials, so führt ein Loch von 0,1 mm Durchmesser bei einer Druckdifferenz von 1 bar zu einer Leckrate von etwa 1 mbar-l/s. Bei einem Kanal oder einer feinen Kapillare verändert sich die Leckrate dahingehend, dass der Gasaustausch bedeutend langsamer vorstatten geht, da das Gas einen längeren Weg zurücklegen muss. Dies ist in den beiden Grafiken Bild 1 und Bild 2 veranschaulicht. Leckraten ändern sich also immer dann, wenn sich die Druckdifferenz zwischen dem Inneren eines Prüflings und der umgebenden Atmosphäre ändert. Um die Leckratenangaben vergleichbar zu machen, werden sie auf eine Druckdifferenz von 1 bar (1000 mbar) normiert. Weist die Druckdifferenz einen Wert ungleich 1 auf, muss dieser angegeben werden.

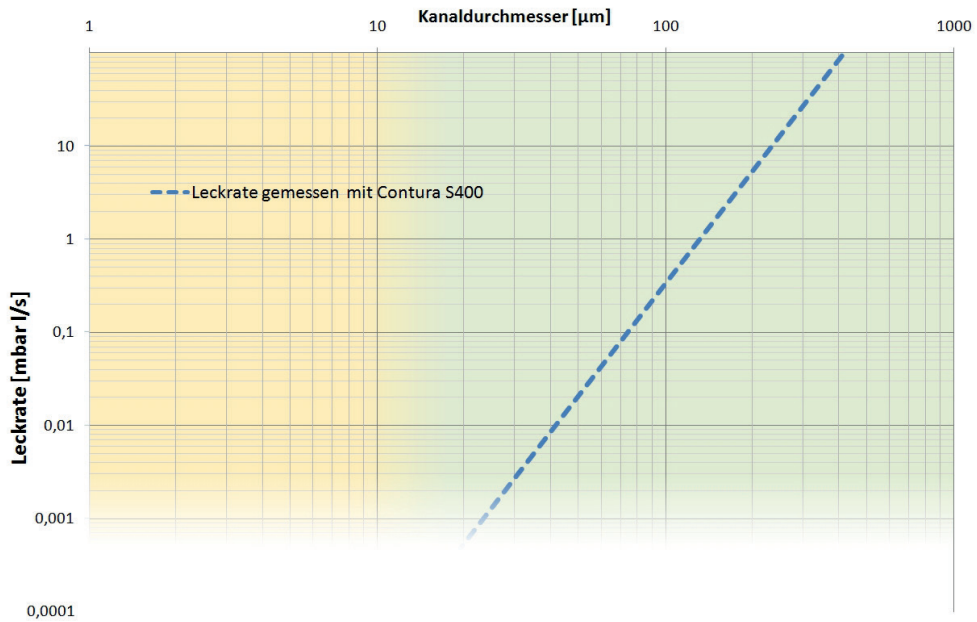


Bild 1: Der Zusammenhang zwischen Kanaldurchmesser und der gemessenen Leckrate bei einer Foliendicke von 50 µm.

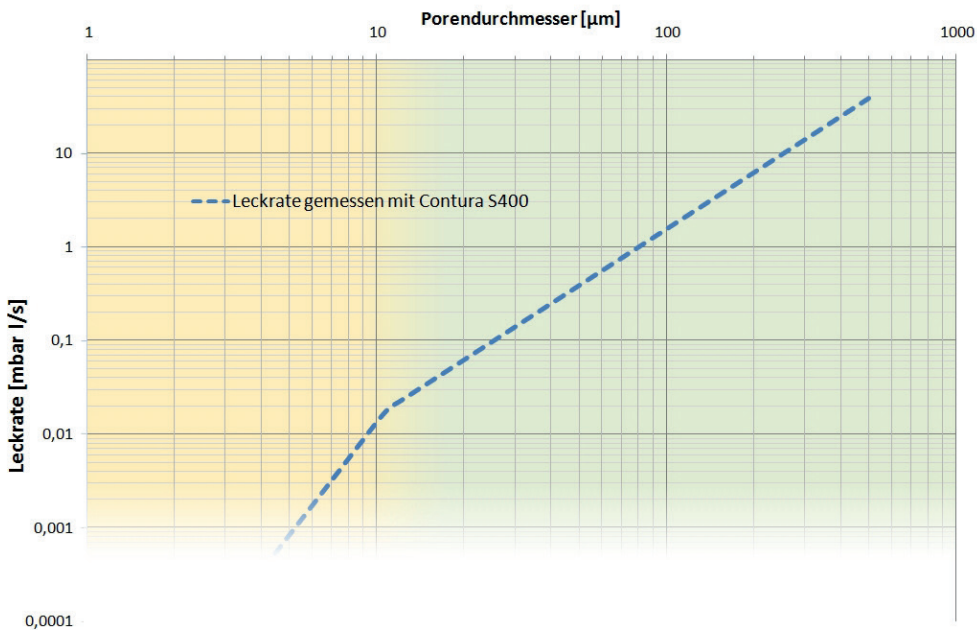


Bild 2: Der Zusammenhang zwischen Porendurchmesser und der gemessenen Leckrate bei einer bei einer Kanallänge von 2 cm.

Welche genaue Leckrate in einem speziellen Fall noch tolerierbar ist und bei welcher eine Verpackung die Dichtheitsprüfung nicht mehr besteht, ist immer von den konkreten Qualitätsanforderungen im Produktionsprozess abhängig.

Entsprechend sollte in die Auswahl des Prüfverfahrens immer die Überlegung einfließen, gegen welche maximal zulässige Leckrate geprüft werden muss.

1.3 Mögliche Schwachstellen von Verpackungen

Lebensmittelhersteller müssen Verpackungsmaterialien und Herstellungsprozesse, wie z. B. die Versiegelung, oft knapp kalkulieren, um die Gewinnmargen auf einem profitablen Level halten zu können. Daher müssen Hersteller beispielsweise auf günstigere Folien zurückgreifen, die jedoch durch die Beanspruchung der Thermoformung größere Poren und Mikrorisse entwickeln oder gar reißen können. Auch während der Versiegelung entstehen leicht unerwünschte Kapillaren, zum Beispiel durch Produktreste, die im Bereich der Schweißnaht liegen bleiben, oder durch Kunststoffspäne, die beim Zuschneiden der Verpackung entstehen. Sind Klebstoff und das Folienmaterial nicht aufeinander abgestimmt, kann das außerdem zu qualitativ schlechten Versiegelungen führen. Gerade solch kleine Leckagen werden bei der Anwendung von vielen traditionellen Prüfverfahren, wie z. B. dem Wasserbad, übersehen, und undichte Verpackungen gelangen so in den Verkehr.

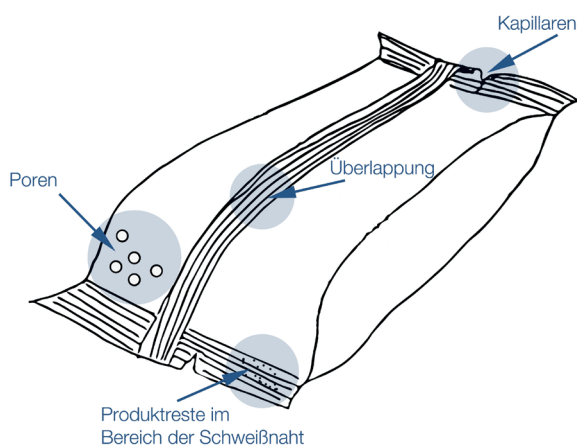


Bild 3: Grafische Darstellung der häufigsten Schwachstellen von Verpackungen: Porengröße, schlecht versiegelte Schweißnähte und zu schmale Überlappungen.

2. Gängige Dichtheitsprüfmethoden in der Lebensmittelindustrie

Welche Dichtheitsprüfmethode die richtige ist, hängt von vielen Faktoren ab: Welche Art von Verpackung ist zu prüfen? Ist eine zerstörungsfreie Prüfung gewünscht? Enthält die Verpackung Schutzgas beziehungsweise ausreichend Kopfraum? Welche Leckrate – und in diesem Zusammenhang auch welches Haltbarkeitsdatum – sind akzeptabel? Dies sollten sich Hersteller verdeutlichen, bevor sie sich für eine Methode entscheiden. Im Folgenden ein Überblick über die häufigsten Prüfmethode in der Lebensmittelindustrie:

2.1 Wasserbad

In der Lebensmittelindustrie ist das Wasserbad die vergleichsweise einfachste und am weitesten verbreitete Prüfmethode. Die Wasserbadmethode wird ihrem englischen Namen „Bubble Test“ entsprechend auch als Blasenprüfung oder als „Fahrradschlauch“-Methode bezeichnet. Dabei wird das zu prüfende Produkt in einem Wassertank untergetaucht. Nun beobachtet der Prüfer, ob Blasen aufsteigen. Aufgrund der geringen Druckdifferenz

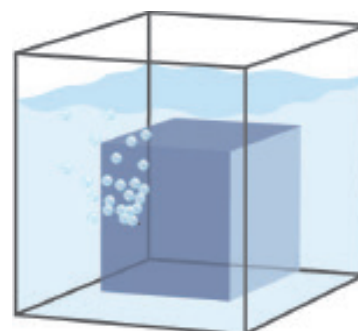


Bild 4: Schematische Darstellung der Wasserbadmethode

und der Oberflächenspannung des Wassers steigen in der Praxis häufig keine oder nur sehr große Blasen auf. Die Tabelle 1 zeigt die Bläschenrate verschiedener Leckraten unter Idealbedingungen, die in der Praxis fast nie erreicht werden können. Um die Druckdifferenz zu erhöhen, muss man im Wassertank einen Unterdruck schaffen, indem man den Luftraum über dem Wasserspiegel evakuiert. Die Druckdifferenz zwischen dem Verpackungsinnenraum und der Umgebung steigt dadurch, und das Gas durchdringt das Leck leichter. Allerdings darf der erzeugte Unterdruck nicht zu klein sein, da ansonsten die Verpackung platzt. Die Vorteile des Wassertanks, nämlich die einfache und intuitive Handhabung, werden durch das Aufblähen der Verpackung jedoch hinfällig.

Leckrate (mbar·l/s)	Leckrate (sccm)	Bläschenrate unter Idealbedingungen
10 ⁰	100	1000 x Bläschen pro Sekunde
10 ⁻¹	10	100 x Bläschen pro Sekunde
10 ⁻²	1	10 x Bläschen pro Sekunde
10 ⁻³	0,1	1 x Bläschen pro Sekunde

Tabelle 1: Der Zusammenhang zwischen verschiedenen Leckraten und der jeweiligen Bläschenrate im Wasserbadtest. Die Leckgröße bestimmt, wie lange austretendes Gas benötigt, um eine Blase von 3 Ø mm zu formen. Dass der Prüfer diese dann erkennt, ist nicht immer sicher.

Bei genauerem Hinsehen offenbaren sich weitere Stolpersteine. Eines der größten Probleme: Lebensmittelproduzenten können die geprüften Produkte anschließend nicht vertreiben, sondern müssen sie entsorgen. Ein anderer begrenzender Aspekt ist der Prüfer selbst – der menschliche Faktor. Ob Blasen überhaupt erkannt werden, hängt immer auch vom individuellen Prüfer ab und unterliegt seiner subjektiven Einschätzung, z. B. können sich Bläschen in der Falz bzw. Überlappung verfangen. Aufgrund von menschlichem Versagen können also fehlerhafte Produkte in Umlauf geraten. Nicht zuletzt spielen auch die

verschiedenen Leckarten eine wichtige Rolle. Gerade die in der Lebensmittelindustrie häufig vorkommenden Lecks lassen sich aufgrund ihrer Leckrate durch ein Wasserbad meist nicht sicher identifizieren: Einerseits sind Lecks, die zum Beispiel durch unzureichende Schweißnähte entstehen, oft nicht groß genug, um problemlos im Wasserbad erkennbar zu sein. Andererseits lassen sich auch Groblecks nicht nachweisen: Die Verpackung läuft beim Untertauchen komplett mit Wasser voll, sodass während des Prüfprozesses keine Luft mehr austreten kann. Zudem gibt es einen unvermeidlichen Verschmutzungsprozess: Tritt beispielsweise Prüfgut ins Wasser aus, wird dieses kontaminiert. Aber auch wenn dieser Fall nicht eintritt, wird Wasser im Prüftank spätestens nach vier bis acht Wochen trüb und muss ausgetauscht werden. Dies verursacht meist weitere Kosten: Um die Blasenbildung zu fördern, werden dem Wasser nämlich oft Chemikalien beigegeben, die die Oberflächenspannung des Wassers reduzieren sollen. Der Tankinhalt muss dann als Sondermüll entsorgt werden, was wiederum Kosten erzeugt.

2.2 Gasbasierte Prüfmethoden

Die Dichtheitsprüfung mit Prüfgas beruht darauf, dass ein Druckunterschied zwischen dem Inneren und dem Äußeren eines Prüfteils erzeugt wird, sodass das Prüfgas – in der Lebensmittelindustrie meist CO₂ oder Helium – durch ein etwaiges Leck aus der Verpackung strömen kann und in der Kammer einen messbar veränderten Partialdruck erzeugt. Kohlenstoffdioxid ist in unterschiedlichen Konzentrationen in den meisten Schutzgasen enthalten. Die Verwendung als Prüfgas in der Dichtheitsprüfung bietet sich an, da man kein zusätzliches Gas beifügen muss. Gleichzeitig schränkt dieses Verfahren einen Lebensmittelproduzenten aber stark ein: Er kann tatsächlich nur solche Produkte

prüfen, die über eine bestimmte erforderliche Konzentration von CO_2 verfügen. Diese Mindestwerte liegen je nach verwendetem Gerät zwischen zehn und 20 Prozent. Jedoch ist die CO_2 -Prüfung für flexible Verpackungen, wie zum Beispiel Chipstüten, nicht uneingeschränkt anwendbar. Da man die Dichtheitsprüfung in einer starren Kammer vollzieht, besteht die Gefahr, dass die Verpackung durch die große notwendige Druckdifferenz – beispielsweise 1000 mbar in der Verpackung und 30 mbar in der Testkammer – beschädigt wird. Das Resultat: die Tüte platzt. Ist die Differenz hingegen zu niedrig – beispielsweise 1000 mbar in der Verpackung gegen 800 mbar in der Testkammer –, lassen sich kleine Leckagen (Mikrolecks) nicht nachweisen. In der Regel liegt die nachweisbare Leckrate bei einer CO_2 -basierten Prüfung zwischen 10^{-1} und 10^{-2} mbar·l/s. Wie auch beim beschriebenen Wasserbad besteht bezüglich sehr großer Leckagen (Groblecks) auch hier die Gefahr, dass CO_2 während der Evakuierung der Prüfkammer komplett aus der Verpackung entweicht. Im eigentlichen Prüfvorgang entsteht in der Kammer dann keine Druckveränderung mehr, und das Produkt wird fälschlicherweise als dicht ausgewiesen.

Wie bei jeder CO_2 -basierten Dichtheitsprüfung sollten Prüfer auch hier streng auf den CO_2 -Gehalt der Umgebung achten: In normaler Luft beträgt dieser etwa 0,04 Prozent. Die menschliche Atemluft weist hingegen bereits eine Konzentration von bis zu vier Prozent auf und kann Prüfergebnisse verfälschen, wenn der Prüfer zu nah am Gerät steht. Auch vorherige Tests können die Umgebungsluft mit Kohlenstoffdioxid anreichern, sodass Messgeräte nicht mehr zuverlässig prüfen. Stark von der Dichtheitsprüfung zu differenzieren ist die Restsauerstoffmessung im Kopfraum einer Verpackung. Diese Messung dient dazu, die korrekte Zusammensetzung der Schutzatmosphäre (MAP Modified Atmosphere Packaging) zu kontrollieren.

2.3 Druckdifferenzmethode

Eine weitere Möglichkeit der Dichtheitsprüfung von Lebensmittelverpackungen ist die Differenzdruckmethode, wobei das Gerät den Druckunterschied zwischen dem zu prüfenden Produkt und einem Referenzobjekt ermittelt. Dazu platziert der Prüfer das Produkt in einer Prüfkammer, die anschließend evakuiert wird. Entweicht Gas durch ein Leck, ändert sich der Druck in der Prüfkammer, und die Differenz kann als Leckrate nachgewiesen werden.

2.4 Druckanstiegsmethode in der Folienkammer

Die Druckanstiegsmethode in der Folienkammer bietet eine der genauesten Prüfmethode für die Lebensmittelindustrie. Der Prüfer legt die Verpackungen zwischen die elastischen Membranen in der Folienkammer. Durch das Evakuieren der Folienkammer entsteht ein Druckgefälle zwischen dem Prüfobjekt und der Folienkammer. Gas strömt dann durch eventuelle Leckagen aus der Verpackung in die Kammer und erhöht dort den Druck (vgl. Bild 5 und 6). Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Verfahren besteht die Gefahr des Platzens nicht, da die elastischen Membranen sich komplett anlegen und den mechanischen Stress auf die Siegelnähte abfangen.

Mithilfe des dadurch nachweisbaren Druckanstiegs berechnet das Gerät die jeweilige Leckrate. Die Druckanstiegsmethode kommt somit ohne zusätzliches Prüfgas aus und läuft vollkommen zerstörungsfrei ab. Speziell für die Lebensmittelindustrie ist es oft notwendig, dass sich Lecks von einer Größe kleiner als $10\ \mu\text{m}$ nachweisen lassen. Zudem sollte das Gerät kurze Prüfzyklen, eine sichere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und schnelle Taktzeiten ermöglichen.

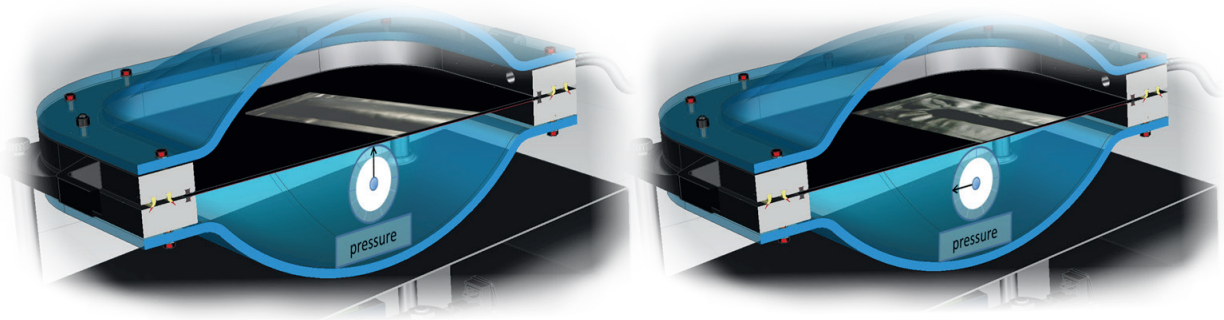


Bild 5: Die Contura S400 in einer schematischen Darstellung.

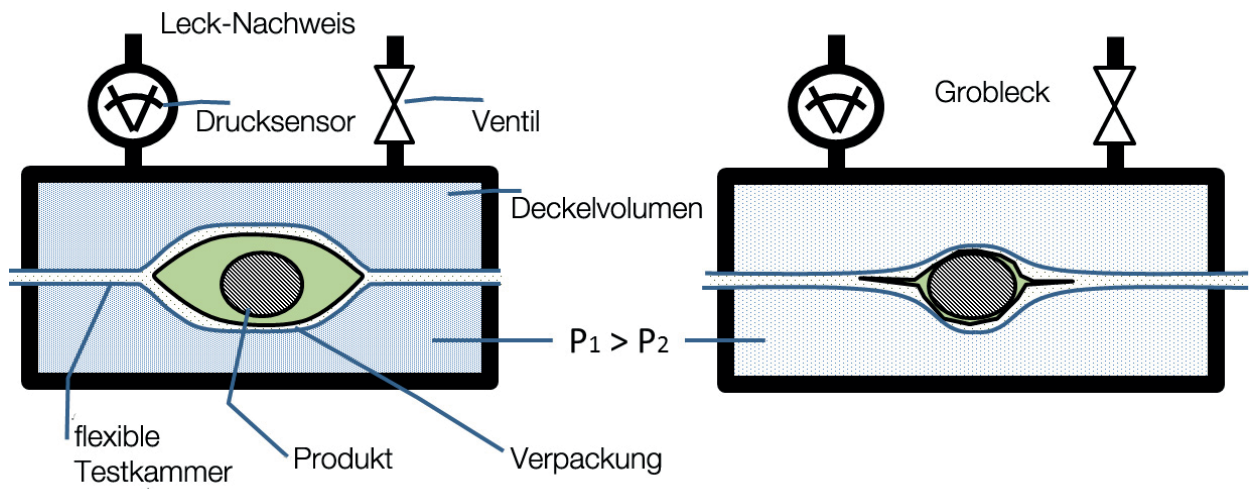


Bild 6: Funktionsweise der Druckanstiegsmethode in der Folienkammer.

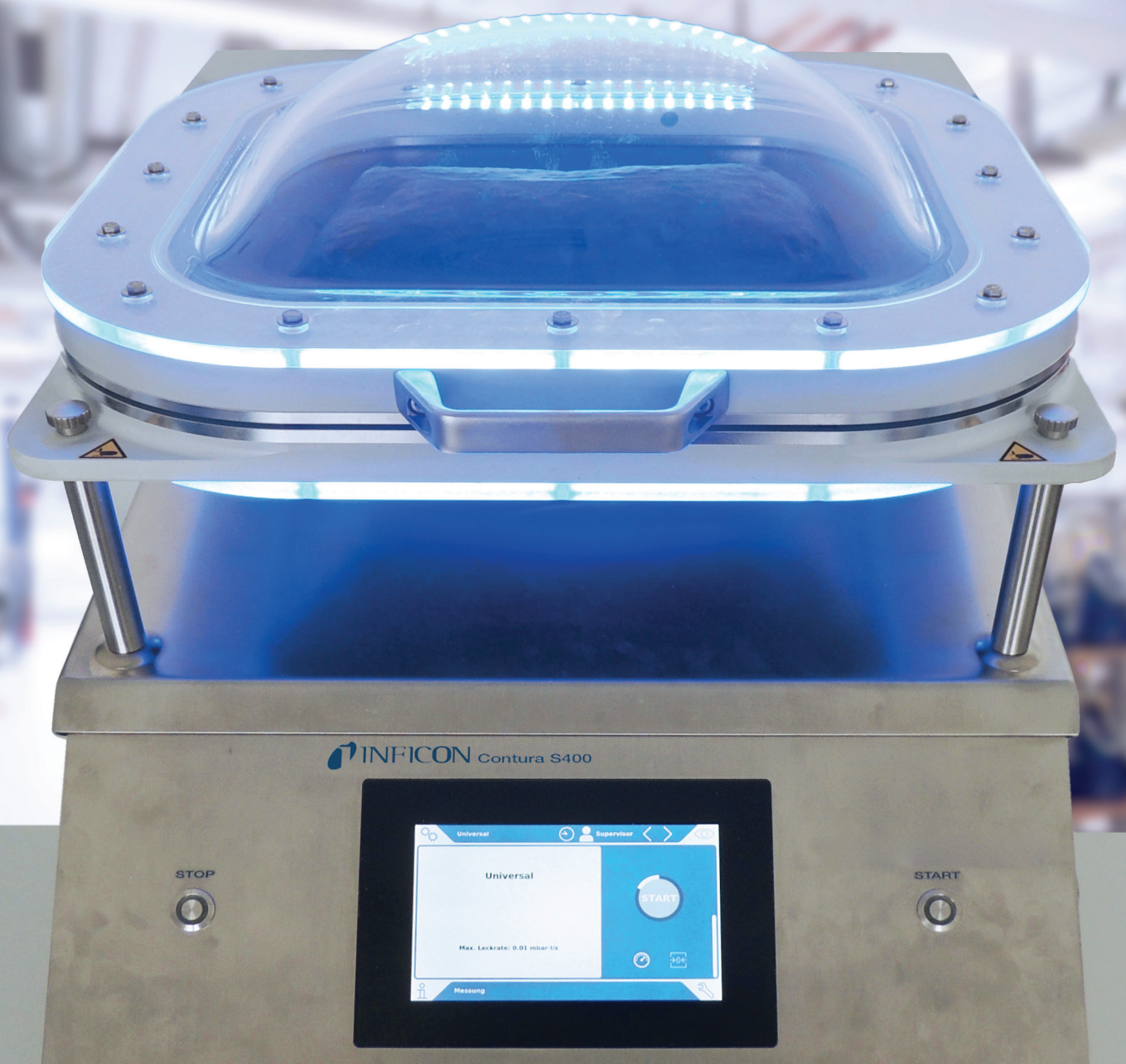
2.4.1 Grobleckerkennung

Ein Dichtheitsprüfgerät für die Druckanstiegsmethode sollte auch bei Verpackungen mit kleinem Gasraum sowohl Groblecks als auch Mikrolecks feststellen können. Die Erkennung von sehr großen Leckagen – sogenannte Groblecks, die durch grobe Beschädigungen der Verpackung entstehen – ist ein Problem für viele Dichtheitsprüfmethoden. Im Fall eines Groblecks, zum Beispiel durch eine gerissene Verpackung oder eine nicht geschweißte Siegelnaht, pumpt das Prüfgerät das in der Verpackung

enthaltenen Gas vollständig ab. Nach der Evakuierung gibt es daher keinen Druckunterschied. Somit wird ein Prüfobjekt mit hoher Leckage fälschlicherweise als dicht ausgewiesen. Auch Verpackungen mit einem sehr geringen Kopfraum (englisch head space) weisen ein vergleichbares Problem auf. Mit einem patentierten Verfahren lässt sich das Folienkammer-Prinzip auf Grobleckerkennung erweitern. Der Prüfer gibt das Volumen der zu prüfenden Verpackung in das Prüfgerät ein. Das Gerät erkennt das Volumen des Prüflings nach dem Abpumpen und kann damit grob undichte Verpackungen identifizieren.

Teil 2

Herausforderungen der Dichtheitsprüfung in der Lebensmittelindustrie



Die Lebensmittelbranche unterliegt strengen nationalen und internationalen Richtlinien. Schließlich können unsichere (z. B. verdorbene) Lebensmittel eine nicht zu unterschätzende Gefahr für Konsumenten darstellen, weswegen Lebensmittelproduzenten die Sicherheit ihrer Produkte gewährleisten müssen. Das Prinzip HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) hat sich als Grundlage für Gesetze etabliert, die die Produktion und den Vertrieb von Lebensmitteln regulieren. Die enthaltenen Standards sollen es den Unternehmen in der Lebensmittelbranche ermöglichen, potenzielle Gefahrenpunkte zu identifizieren, zu kontrollieren und auf dieser Grundlage sichere Lebensmittel herzustellen. So soll gewährleistet werden, dass die Produkte während der Herstellung, dem Transport und der Lagerung bis hin zum tatsächlichen Verkauf und Verzehr für den Konsumenten sicher sind. Zudem müssen in Deutschland beinahe alle Lebensmittel mit einem Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) oder einem Verbrauchsdatum gekennzeichnet sein. Diese geben an, in welchem Zeitraum Konsumenten ein Lebensmittel bei sachgerechter Aufbewahrung ohne wesentliche Geschmacks- und Qualitätseinbußen und ohne gesundheitliches Risiko verzehren können.

Verpackungen spielen bei der Einhaltung dieser Richtlinien eine wichtige Rolle. Sie bieten nicht nur Stabilität, sondern schützen die Lebensmittel vor dem Einfluss von Licht und Mikroorganismen und vermeiden auch das Eindringen von Fremdgerüchen, Wasserdampf, Kohlendioxid und unerwünschten Aromen, wie in Bild 7 zu erkennen.

Um zudem die Haltbarkeit von Lebensmitteln ohne den Zusatz von künstlichen Konservierungsstoffen zu verlängern, hat sich seit einigen Jahrzehnten das Modified Atmosphere Packaging als eine der vorherrschenden Verpackungsmethoden durchgesetzt. Dabei geht es um die

Veränderung der natürlichen Luftatmosphäre (78 Prozent Stickstoff; 20,96 Prozent Sauerstoff; 1 Prozent Argon und 0,04 Prozent Kohlenstoffdioxid), um das so genannte „Shelf Life“ von Produkten auszudehnen. Bereits seit den 1970er Jahren setzt man die Wirkungen von verschiedenen Gasen ein, um die chemischen, mikrobiellen und enzymatischen Verderbprozesse zu hemmen. Da Sauerstoff die Grundlage für schädigende Oxidationsprozesse ist, wird dieser meist verdrängt – häufig durch ein Schutzgas, welches das Haltbarkeitsdatum zusätzlich verlängert. Beispielsweise bremst CO_2 dank seiner bakteriostatischen Wirkung in einer Konzentration von 15 bis 20 Prozent das Wachstum von aeroben Bakterien und Schimmel. Um die spezifische Balance der Gasgemische jedoch über den gesamten Zeitraum der Mindesthaltbarkeitsdauer zu gewährleisten, braucht es dichte Verpackungen. Welche spezifischen Anforderungen es dabei gibt, klären die nächsten Kapitel.

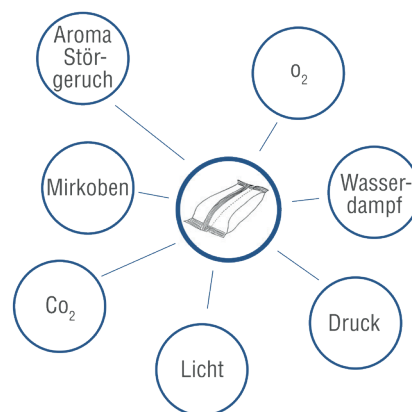


Bild 7: Dichte Verpackungen schützen Lebensmittel vor zahlreichen unerwünschten Außeneinwirkungen.

1. Trockene Produkte

Trockene Produkte wie Nüsse, Trockenfrüchte, Chips oder andere pikant gewürzte Backwaren sind meist durch zwei Prozesse gefährdet: zum einen durch Oxidation mit Sauerstoff, zum anderen durch das Eindringen von Feuchtigkeit. Oxidation bewirkt, dass Fette und Öle ranzig werden und die Produkte schneller verderben. Daher flutet man die Verpackungen meist mit reinem Stickstoff, um den enthaltenen Sauerstoff bis zu einer maximalen Konzentration von zwei Prozent zu verdrängen. Doch auch Feuchtigkeit macht trockenen Lebensmitteln zu schaffen. Zieht Feuchtigkeit in die Verpackung von Chips oder anderem Knabbergebäck, verliert dies seine Knusprigkeit, und die Qualität des Produkts sinkt. Wie schnell Wasserdampf in undichte Lebensmittelverpackungen eindringt, zeigt Bild 8. Gefährdet sind auch Trockenfrüchte, die Schimmel ansetzen können, wenn zu viel Feuchtigkeit in die Verpackung eindringt. Eine gründliche Dichtheitsprüfung der Verpackungen ist daher essenziell – nicht nur, um die Geschmacksqualität des Produkts zu sichern, sondern auch, um die Gesundheit des Konsumenten nicht zu gefährden.

Oxidation: Der Einfluss von Sauerstoff auf Lebensmittelprodukte

Es gibt zwei Arten von Oxidation: die Autooxidation, eine Kettenreaktion, die unabhängig vom Licht vonstattengeht, und die Fotooxidation über Sensibilisatoren, die durch Lichteinwirkung ausgelöst wird. Die Autooxidation kommt hauptsächlich bei ungesättigten Fettsäuren vor und führt zum „Ranzigwerden“ von fetthaltigen Lebensmitteln. Bei der zweiten Art der Oxidation aktiviert einfallendes Licht auslösende Stoffe wie Riboflavin, welches wiederum den Sauerstoff zur Oxidation anregt.

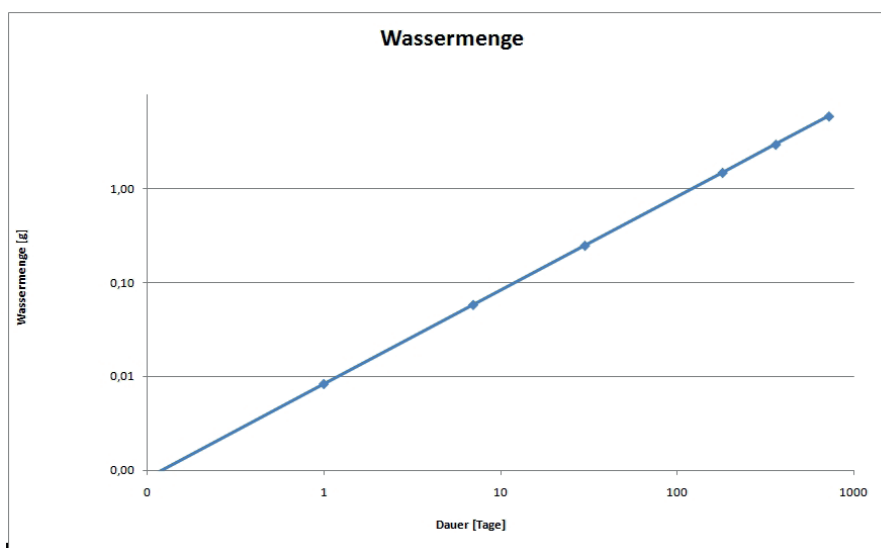


Bild 8: Wasserdampfeintrag in Lebensmittelverpackungen in Tagen bei einer Leckrate von $5 \cdot 10^{-3}$ mbar-l/s und 70 Prozent relativer Luftfeuchte.

1.1 Kaffee

Da Kaffee zu den beliebtesten Genussmitteln gehört, ist der dazugehörige Markt entsprechend hart umkämpft. Weil sie das Aroma- und Geschmackserlebnis maßgeblich beeinflussen, stellen eine korrekte Verpackung und Lagerung von Kaffeebohnen und gemahlenem Kaffee einen nicht zu vernachlässigenden Wettbewerbsvorteil für Kaffeelieferanten dar, denn Kaffee ist besonders empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen. Bereits nach zwei Wochen Lagerung bei Zimmertemperatur verliert Röstkaffee deutlich an Frische und Aroma. Gemahlener Kaffee beginnt wenige Minuten nach dem ersten Kontakt mit Sauerstoff direkt zu oxidieren und verliert dadurch ebenfalls merklich an Aroma. Auch der Eintrag von Wasserdampf stellt ein Risiko dar, das jedoch durch eine sichere und dichte Verpackung gemindert werden kann. Um den Schimmelprozess wie auch die Oxidation im Kaffee zu bremsen, injiziert man häufig eine Mischung aus Stickstoff und CO_2 in die Verpackung. Eine dichte Wasserbarriere ist ebenfalls unerlässlich.

1.2 Kartoffel-Chips

Ungesättigte Fettsäuren sind besonders anfällig für die Oxidation mit Sauerstoff. Dabei zerfallen die Fettsäuren in Reaktionsprodukte, die häufig unappetitlich riechen und schmecken, was bei Chips oftmals durch eine starke Würzung überdeckt wird. Aus gesundheitlichen Gründen sind solche Produkte, sobald das Fett ranzig ist, jedoch nicht mehr zum Verzehr geeignet. Da ungesättigte Fettsäuren einen wichtigen Bestandteil von Chips-Produkten bilden, müssen diese unter einem besonders sauerstoffverdrängenden Schutzgas verpackt werden, um Oxidation auszuschließen – und dadurch sowohl die Gesundheit des Konsumenten als auch dessen Geschmackserlebnis zu sichern. Welchen Sauerstoffanstieg verschiedene Leckraten verursachen, lässt sich in Bild 9 ablesen.

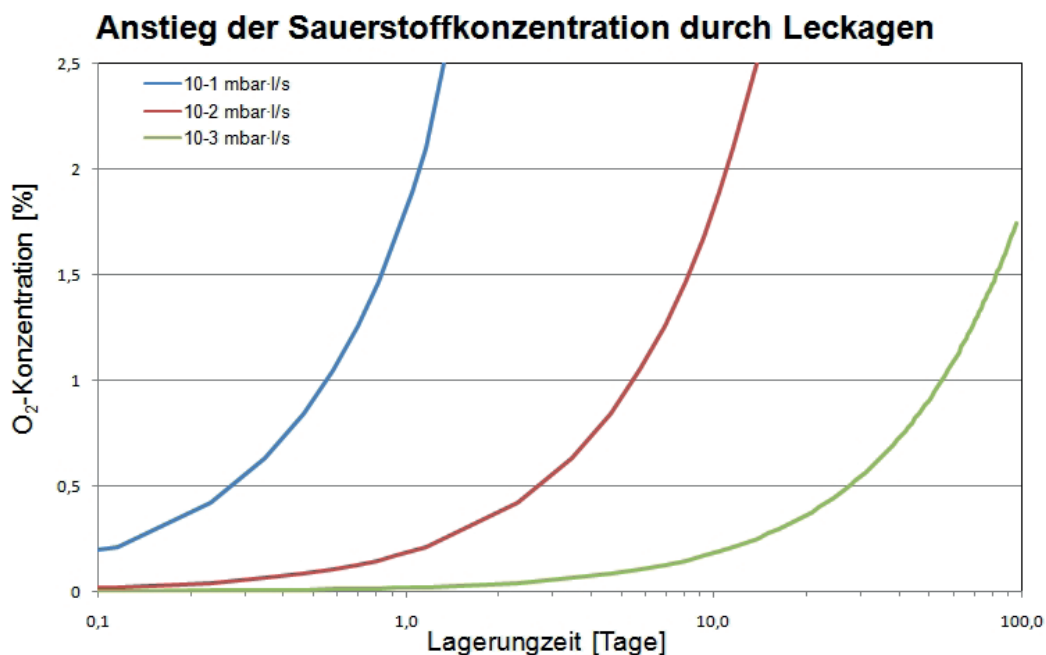


Bild 9: Ausgangspunkt: Restsauerstoffkonzentration von 0,5 Prozent in einer Verpackung. Darstellung des Sauerstoffanstiegs in Abhängigkeit von Lagerzeit und Höhe der Leckrate.

Aus der Praxis

INFICON hat bereits mit zahlreichen Lebensmittelproduzenten zusammengearbeitet, um deren Verpackungsprozesse zu optimieren und die Dichtheit von Verpackungen zu gewährleisten. Hier stellen wir beispielhaft einige standardisierte, in der Praxis erprobte Einsatzszenarien für INFICONs Dichtheitsprüfgerät Contura S400 vor.

Ein Hersteller von Snackprodukten stellt fest, dass es in seiner Produktion zu Unregelmäßigkeiten bei der Dichtheitsprüfung kommt. Um nun sicherzugehen, dass alle seine Verpackungen dicht sind, will er die Schlauchbeutelprodukte einer auffälligen Charge noch einmal einzeln auf Dichtheit prüfen. Dafür benötigt er ein Gerät, das die Prüfung schnell, zuverlässig und vor allem zerstörungsfrei durchführt. Mit der Contura S400 kann der Prüfer solche Dichtheitsprüfungen zeitsparend abarbeiten. Der Mitarbeiter kann das Gerät direkt neben die Produktionsreihe stellen und die Prüfung dort vornehmen. Da die Contura S400 besonders bedienfreundlich designt ist, erfordert dies nur einen minimalen Aufwand, denn das Gerät benötigt keinerlei Kalibrierung. Der Prüfer platziert die Produkte, einzeln oder zu mehreren, zwischen den beiden Membranen, beim Schließen des Deckels startet der Prüfvorgang automatisch. Die Ergebnisse des Tests liest der Prüfer dann in Form der genauen Leckrate auf dem Display ab oder achtet auf das Farb- und Tonsignal. Auch in der lauten und ablenkungsreichen Produktionsumgebung kann er die Prüfung somit zuverlässig durchführen. Nicht zuletzt dokumentiert die Contura S400 alle Prüfergebnisse, die der Hersteller über einen USB-Anschluss auslesen und anschließend im Qualitätsmanagement-System archivieren kann.

2. Halbtrockene Produkte

Halbtrockene Produkte wie Backwaren, tiefgekühlte Pizza, frische Pasta oder Käse sind hauptsächlich durch das rasante Wachstum von Mikroorganismen gefährdet, wie in Tabelle 2 zu erkennen.

Porengröße	Mikrobielles Wachstum
20 µm	Wachstum in ca. 5 Tagen
15 µm	Wachstum in ca. 14 Tagen

Tabelle 2: Der Zusammenhang zwischen Porengrößen und mikrobiellem Wachstum. Quelle: Vishwas Pethe, Alex Terentiev, Mike Dove: Integrity Testing of Flexible Containers. In: BioPharm International, 24 (2011), H. 11.

Sie vermehren sich am besten in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre und verderben das Produkt. Ein hoher Sauerstoffgehalt ist deswegen dringend zu vermeiden. Auch, weil er darüber hinaus zu einem beschleunigten Vitaminabbau führt. Fleisch – wie auch Käse – sind jedoch sauerstoffzehrende Lebensmittel und entziehen der Atmosphäre ohnehin einen gewissen Anteil an Sauerstoff. Dies sollte bei der Konzentration des Schutzgases beachtet werden. Bei Backwaren droht hingegen ein Schimmelbefall durch Sporen in der Luft, weswegen Hersteller auf eine kontrollierte Atmosphäre achten sollten. Das bedeutet immer auch eine gründliche Dichtheitsprüfung der Verpackung. Auch Feuchtigkeit ist ein nicht zu unterschätzendes Problem bei halbtrockenen Produkten. Eine hohe Feuchtigkeitsrate treibt nicht nur den Schimmelbefall voran, sondern macht Backwaren auch schlicht unappetitlich. Daher verwenden Hersteller häufig ein Schutzgas aus einer Kombination von Stickstoff und Kohlendioxid. Letzteres wirkt nicht nur sauerstoffverdrängend. Wenn das Gas mit Wasser reagiert, bildet sich in der Verpackung Kohlensäure, die

den pH-Wert senkt und antimikrobiell wirkt. Die Wasserdampfdurchlässigkeit einer Verpackung ist daher eine zentrale Größe bei der Verpackung von Backwaren. Sie gibt an, wie viel Wasserdampf pro Tag bei einem definierten Luftfeuchtegefälle und gleichbleibender Temperatur durch einen Quadratmeter Folienfläche tritt.

Aus der Praxis

Ein Backwaren-Produzent stellt immer wieder fest, dass seine unter Schutzgas verpackten Produkte zu viel Sauerstoff enthalten und schneller verderben. Als er seine Verpackungen deswegen auf Dichtigkeit prüft, bemerkt er, dass sie eine hohe Leckrate aufweisen. Um teuren und rufschädigenden Reklamationen vorzubeugen, entscheidet der Hersteller sich dafür, seine Verpackungsanlage einer gründlichen Prüfung zu unterziehen. Er weiß, dass es für undichte Verpackungen verschiedenste Gründe geben kann – von der falschen Folie über verschlissene Maschinenteile bis hin zu Produktresten in der Schweißnaht, die zu Kapillaren führen können. Es ist aber auch möglich, dass die Einstellungen an der Maschine neu justiert werden müssen, zum Beispiel der Druck, die Temperatur oder die Überlappung der Schweißnähte. Um das herauszufinden, möchte der Prüfer verschiedene Parameter austesten. Nutzt er dafür ein modernes Druckanstiegsprüfgerät mit Folienkammer – wie die Contura S400 –, kann dies ihm nach jeder Anpassung schnell und reproduzierbar einen genauen Ist-Wert der gemessenen Leckrate liefern. So kann der Prüfer beispielsweise eine neue Folie austesten und sehen, ob sich die Leckrate verbessert. Oder er tauscht die Schweißbacken seiner Verpackungsmaschine aus, um sicherzugehen, dass sie nicht verschlissen sind. Nach dem Ausschlussprinzip findet er dank der eingehenden Leckratenprüfung zügig den Fehler, kann ihn beheben und anschließend wieder die optimale Dichtheit erreichen. Um

solche aufwendigen Tests in Zukunft zu vermeiden, kann der Produzent die Contura S400 außerdem dazu nutzen, um einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess in seiner Herstellung zu etablieren.

3. Feuchte Produkte

Feuchte Produkte wie Frischfleisch, Fertiggerichte, extrahierte oder fermentierte Milchprodukte, Frischfisch und Geflügel sind besonders anfällig für das schnelle Wachstum von Mikroorganismen. Das oberste Ziel bei der Produktion und Lagerung ist es deswegen, Rest-Sauerstoff zu vermeiden und das Eindringen von zusätzlichem Sauerstoff zu verhindern – in der Regel durch die Verwendung einer MAP-Schutzgasatmosphäre. Dabei kommen unterschiedliche Gasmischungen zum Einsatz: Hartkäse, der durch den Einsatz von MAP bis zu zehn Wochen haltbar ist, wird beispielsweise unter einer Atmosphäre von 80 bis 100 Prozent CO_2 und null bis 20 Prozent N_2 verpackt. Die bis zu 25-tägige Haltbarkeit von Joghurt wird hingegen durch eine Zusammensetzung von null bis 30 Prozent CO_2 und 70 bis 100 Prozent Stickstoff gewährleistet. Eine Kombination von Kohlenstoffdioxid und Stickstoff vermeidet nicht nur die Bildung von Schimmel, sondern auch Oxidation.

3.1 Fleisch und Wurst

Frische Fleischwaren und Wurst sind höchst empfindlich in Bezug auf Oxidation und den Befall von Mikroorganismen, was besondere Anforderungen an die Verpackungen stellt. Da nur Fleisch mit einer hellroten Oberfläche von Verbrauchern als wirklich frisch angesehen und gekauft wird, kommt es hierbei auf die richtige Schutzgas-Kombination an. Einen Spezialfall stellt der sogenannte „High-Ox

Mix“ dar, ein Gasgemisch, das zu einem großen Teil (bis zu 80 Prozent) aus Sauerstoff besteht. Dieser bewirkt, dass das Fleisch über lange Zeit seine rosige Farbe behält. Gleichzeitig ist Sauerstoff jedoch dafür bekannt, Fleisch zäh zu machen und das enthaltene Fett ranzig werden zu lassen, weswegen der Einsatz in der Kritik steht.

Aus der Praxis

Ein Fleischhersteller legt aufgrund der hohen Verderblichkeit seiner Produkte besonderen Wert auf dichte Verpackungen. Zudem hat er festgestellt, dass der Markt sich zukünftig in Richtung einer 100-Prozent-Prüfung bewegt. Das heißt: Alle Einheiten werden einzeln auf Dichtheit geprüft, anstatt nur Stichproben zu entnehmen. Deswegen sucht er eine Lösung, die sich einfach in die Produktion integrieren lässt und alle Produkte nachvollziehbar testet. In seiner Produktion gibt es mehrere Linien für Filets, Koteletts und Schinken, jedoch möchte er nicht in mehrere Geräte investieren. Deswegen entscheidet er sich für ein modernes Druckanstiegsprüfgerät mit Folienkammer – in unserem Fall die Contura S400. Zum einen überzeugt ihn dessen einfache Handhabung. Zum anderen ermöglicht das Prüfgerät die Dokumentation der Leckraten aus verschiedenen Produktionslinien: Der Mitarbeiter scannt das Produkt über den Barcode-Scanner ein, und das Gerät liest die hinterlegten Einstellungen aus. Anschließend prüft der Mitarbeiter das Produkt in der flexiblen Folienkammer auf Dichtheit. Die ermittelte Leckrate kann er unkompliziert auf dem Display ablesen. Das System ordnet die Ergebnisse automatisch den verschiedenen Produktlinien zu. Diese Daten lassen sich anschließend über den USB-Anschluss auslesen und in das Qualitätsmanagement-System übertragen.

Fazit

Die anspruchsvolle Prüfung von Lebensmittelverpackungen erfordert ein Gerät, das höchsten Standards gerecht wird, flexibel einsetzbar ist und zuverlässige Ergebnisse liefert. Die Contura S400, die INFICON speziell für flexible und MAP-Verpackungen konzipiert hat, basiert auf der Druckanstiegsmethode in einer flexiblen Folienkammer und kann dadurch Grob- wie auch Feinlecks erkennen. Das Dichtheitsprüfgerät arbeitet ohne Prüfgas und vollkommen zerstörungsfrei. So lässt sich die Contura S400 problemlos in jeden Qualitätssicherungsprozess integrieren und ermöglicht eine kontinuierliche Verbesserung des Herstellungsprozesses.

Wenn Sie Näheres über INFICONs innovative Lösung zur Dichtheitsprüfung in der Lebensmittelindustrie erfahren möchten, kontaktieren Sie uns. Wir beraten Sie gern entsprechend Ihrer individuellen Anforderungen.

Weitere Informationen zur Contura S400 finden Sie unter:
<http://www.inficonpackaging.com/de-de/verpackungde.aspx>

oder als Video:
<https://www.youtube.com/watch?v=eKZkNEI0bSE>



Anhang

Weiterführende Literatur

Birgit Tauschitz, Michael Washüttl, Beatrix Wepner, Manfred Tacker: MAP-Verpackungen: Oft nicht ganz dicht. Neue Verpackung. (2003) Volume 06.

Lee Kirsch, Lida Nguyen, Craig S. Moeckly, Ronald Gerth: Pharmaceutical container / closure integrity. II: The relationship between microbial ingress and helium leak rates in rubber-stoppered glass vials. PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology, 51 (1997), H. 5.

Saskia Huber: Dichtheitsprüfung von MAP-Verpackungen. DLG-Expertenwissen, 6 (2016).

Vishwas Pethe, Alex Terentiev, Mike Dove: Integrity Testing of Flexible Containers. In: BioPharm International, 24 (2011), H. 11.

Werner Große Bley, Gerald Schröder: Wie dicht ist dicht? oder: suchst Du noch oder misst Du schon? Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP), (2007).

Über INFICON

Die INFICON GmbH in Köln ist einer der weltweit führenden Entwickler, Produzenten und Anbieter von Instrumenten und Geräten für die Dichtheitsprüfung. Die Lecksuchgeräte werden bei anspruchsvollen Industrieprozessen in der Produktion und Qualitätskontrolle eingesetzt und decken eine große Bandbreite von Anwendungen ab. Hauptkunden von INFICON sind Hersteller und Serviceunternehmen von Klima- und Kühlgeräten, die Automobil- und Automobilzulieferindustrie, die Halbleiterindustrie sowie Hersteller von Dichtheitsprüfanlagen. Mit seinen jahrelangen Erfahrungen in der Dichtheitsprüfung und Lecksuche möchte INFICON nun auch die Lebensmittelindustrie unterstützen und hat deswegen die patentierte Contura S400 entwickelt.



INFICON blickt inzwischen auf mehr als 50 Jahre Erfahrung in der Lecksuchtechnik zurück. Über Produktionsstätten in Köln (Deutschland), Balzers (Liechtenstein), Linköping (Schweden), Syracuse (USA) und Shanghai (China) sowie über Vertriebsbüros in allen wichtigsten Industrieländern und ein erweitertes Netz von Vertriebspartnern wickelt INFICON den weltweiten Vertrieb ab. Im Geschäftsjahr 2016 erreichte die INFICON AG mit ihren ca. 1000 Mitarbeitern einen weltweiten Umsatz von ca. 310 Mio. US\$. Die Namenaktien von INFICON (IFCN) werden an der SIX Swiss Exchange gehandelt.

Impressum

Herausgeber: INFICON GmbH, Köln (www.inficonpackaging.com)

Redaktion: Möller Horcher Public Relations GmbH, Offenbach und Freiberg (www.moeller-horcher.de); Julia Lucas, Mainz (www.julialucas.de)

Layout: Möller Horcher Public Relations GmbH, Offenbach und Freiberg (www.moeller-horcher.de)

Bildquellen: INFICON GmbH

© INFICON 2017

Kontakt

INFICON GmbH

Bonner Str. 498

50968 Köln

Deutschland

Tel: +49(0)221 56788-180

E-Mail: packaging.leakdetection@inficon.com

Internet: www.inficonpackaging.com