

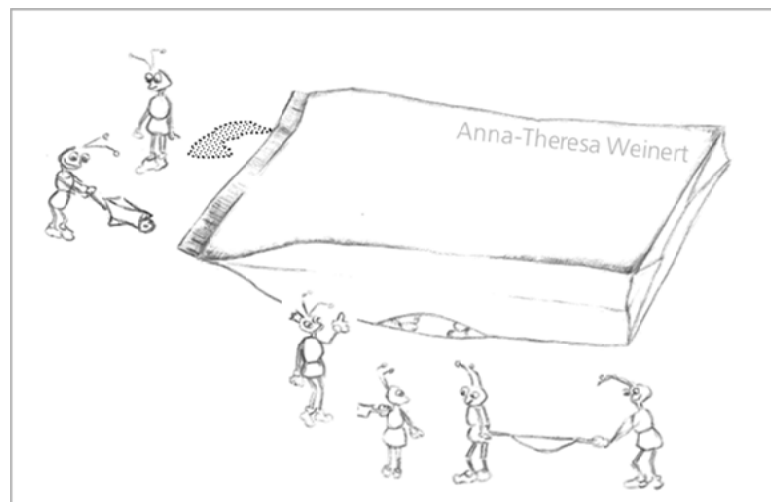
Merkblätter für die Prüfung von Packungen

Herausgegeben von der Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V. (IVLV)



Merkblatt No. 102/2010

Herangehensweise bei der Dichtheitsprüfung insbesondere von Lebensmittelpackungen (Schwerpunkt gasbasierte Dichtheitsprüfung)



Projekt begleitender Ausschuss des Gemeinschaftsforschungsprojektes
„Inlinedichtigkeit“

Arbeitsgruppe "Abfüllen und Verpacken von Lebensmitteln - AVL", Juni 2010

Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik, Dresden

1. Anwendungsbereich

Für die Dichtheitsprüfung im Bereich der Verpackung von Lebensmitteln, pharmazeutischen und medizintechnischen Produkten sowie technischen Gütern empfiehlt sich eine bestimmte Herangehensweise, die mit dem Fokus auf gasbasierte Dichtheitsprüfung, in diesem Dokument beschrieben wird und die der zielgerichteten Formulierung der Forderung an eine angemessene Prüftechnik dient.

Inhalte des Merkblattes wurden im Rahmen der IGF-Vorhaben „Entwicklung von wissenschaftlich begründeten und praxisrelevanten Methoden zur Beurteilung der Dichtigkeit von Beuteln“ (Vorhaben-Nr. 13565 BR, Laufzeit 2003 – 2005) sowie „Ermittlung der Einsatzgrenzen prüfgasbasierter Dichtigkeitsmessmethoden für die Inlinequalitätskontrolle von Lebensmittelverpackungen“ (Vorhaben-Nr. 15520 BR/1, Laufzeit 2008 – 2010) erarbeitet.

2. Ausgangspunkt

Die Erzielung einer 100%igen Dichtheit von Packungen ist erstrebenswert, wenngleich technisch nicht realisierbar bzw. häufig auch nicht zwingend erforderlich. Je höher die Anforderungen an die Dichtheit, umso höher ist nicht nur der Aufwand für das Packmittel selbst und die Anlagentechnik zur Herstellung der Packung sondern auch für die Kontrolle der benannten Forderungen. Nicht zuletzt aus Kostengründen sind stichprobenartige, rein qualitative Dichtheitskontrollen im Wasserbad bzw. Exsikkator insbesondere beim Verpacken von Lebensmitteln weit verbreitet, wohingegen aufwendigere Prüfausrüstungen eher bei der pharmazeutischen Verpackung zum Einsatz kommen.

Die Dichtheit einer Packung wird maßgeblich durch den verwendeten Packstoff und die Fügeverbindung (Schweiß- oder Siegelnaht) bestimmt. Grundsätzlich können zwei Arten von Undichtheiten unterschieden werden. Dies ist einerseits die Permeation, z.B. von Gasen, Wasser(dampf), Fetten und Ölen. Sie ist vor allem bei der Auswahl des Packstoffes relevant, spielt aber ebenso im Nahtbereich der Packung eine Rolle. Andererseits spricht man von Defekten, durch die ein Stoffaustausch erfolgen kann. Hierzu gehören Poren (kurze, meist packstoffdicke Fehlstellen), Kapillaren (längere, meist nahtquerende Fehlstellen), Sperrschichtschäden und Delaminationen. Diese Defekte können bereits bei der Packstoffherstellung und/oder beim Abpackprozess entstehen und beeinflussen maßgeblich die Packungsatmosphäre (vgl. Abbildung 1).

Neben Einflüssen aus Packstofftransport und/oder -formung treten Fehler vor allem beim thermischen Fügen, d.h. der Nahtherstellung auf, u.a. verursacht durch:

- fehlerhafte oder nicht packstoffabgestimmte Temperatur(verteilung), Druck(verteilung) und/oder Vorwärm-, Füge-, Kühlzeiten (Hot-Tack),
- ungeeignete Fügwerkzeuggestaltung und -profilierung,
- fehlerhafte oder ungeeignete Fügemedien („Siegelschichten“) bzgl. Material und Dicke(nverteilung),
- verunreinigte und/oder verschlissene Werkzeuge,
- Nahtkontamination.

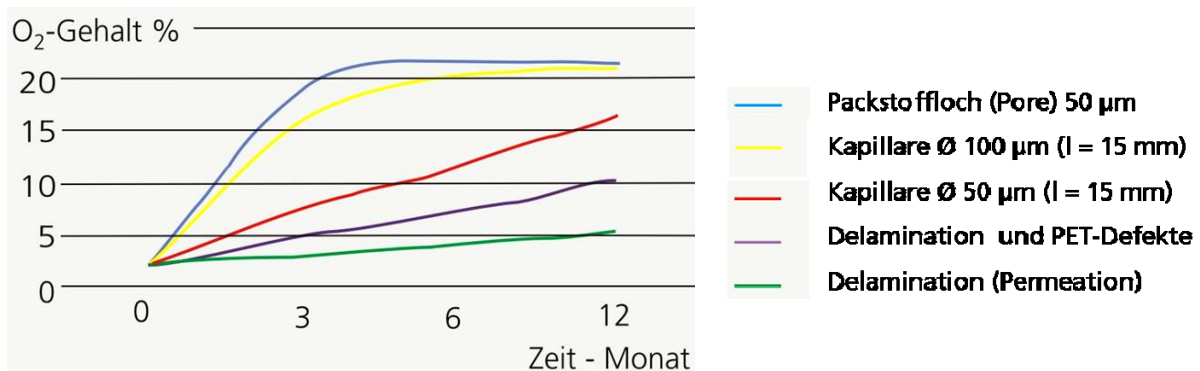


Abbildung 1 Veränderung der Sauerstoffzusammensetzung im Kopfraum eines Beutels aus PET/AL/PE 12/12/50 bei unterschiedlichen Undichtheiten (Quelle: Dr. Hollaender, Fraunhofer IVV, Freising)

3. Anforderungen und Einflüsse

3.1 Allgemein

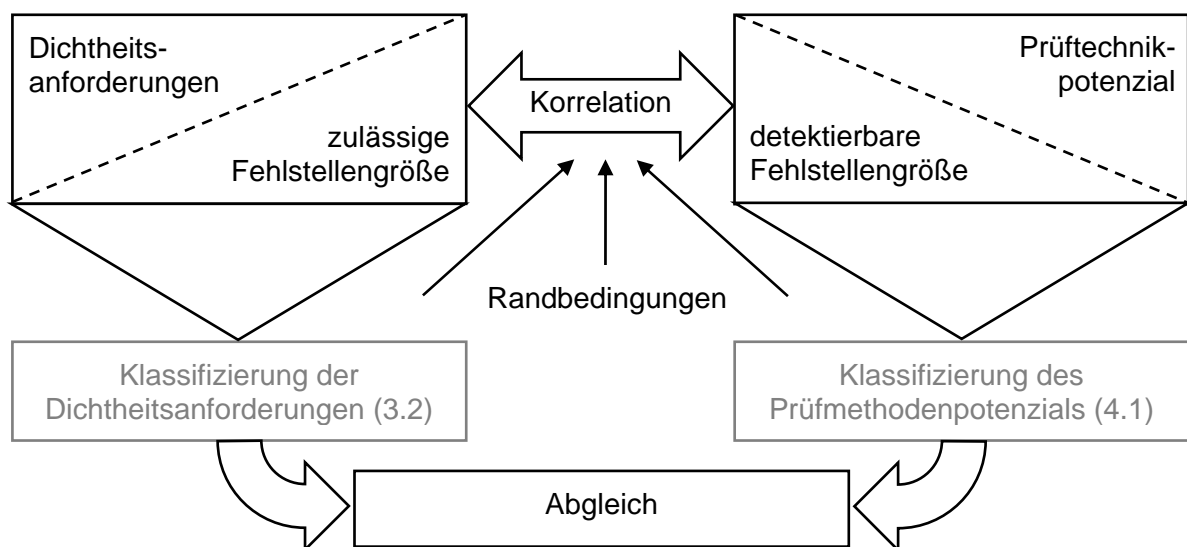


Abbildung 2 Zusammenspiel von Anforderungen und technischer Machbarkeit

Grundlage für jede Auswahl an Dichtheitsprüftechnik ist die Kenntnis der Dichtheitsanforderungen, die maßgeblich vom Füllgut und dessen Empfindlichkeit, Packstoff (→ Abbildung 6), Packung, Lagerbedingungen (u.a. klimatische Bedingungen) und Haltbarkeitsdauer bestimmt werden, sowie das Wissen um die technischen und sonstigen Randbedingungen (→ Abschnitt 3.4), unter denen die Dichtheitsprüfung durchgeführt und bewertet wird.

Mit diesen Informationen kann eine Prüftechnologie ausgewählt werden, die den Erfordernissen gerecht wird. Selbige ist dann idealerweise mit dem Prüftechnikhersteller weiter zu optimieren.

Zur Bestimmung der Dichtheitsanforderungen empfiehlt sich nachfolgende Vorgehensweise (Abbildung 3).

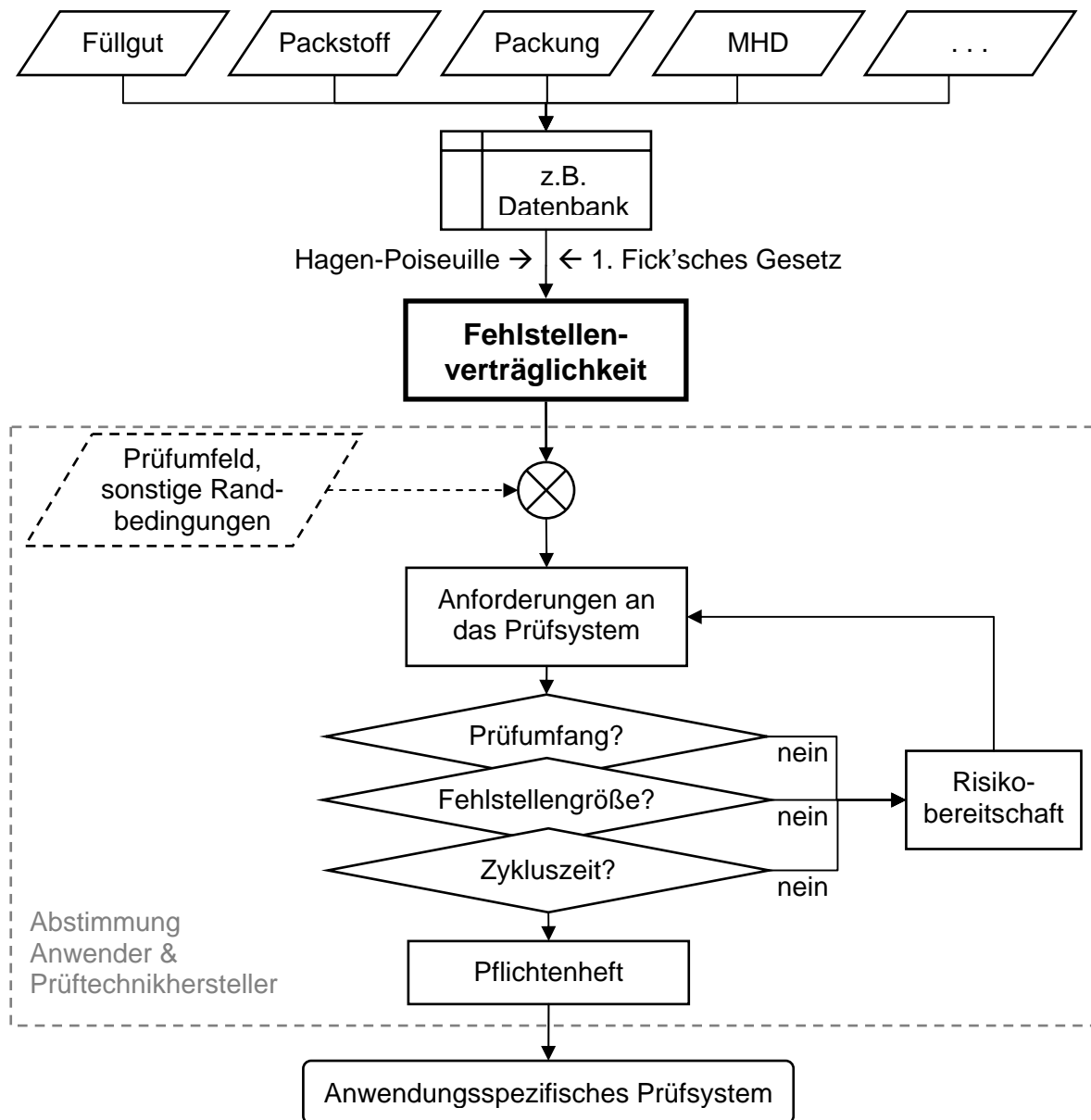


Abbildung 3 Systematische Herangehensweise bei der Auswahl eines geeigneten anwendungsspezifischen Prüfsystems

3.2 Dichtheitsklassifizierung

Eine Hauptanforderung an die Dichtheitsprüfmethode / -technik ist die zu detektierende Fehlstellengröße, die für das Füllgut soweit noch verträglich ist, dass es innerhalb der angestrebten Mindesthaltbarkeitsdauer keine unerwünschten Veränderungen erfährt. Eine Orientierung hierfür gibt die Klassifizierung, welche im Rahmen des von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) geförderten Projektes „Entwicklung von wissenschaftlich begründeten und praxisrelevanten Methoden zur Beurteilung der Dichtigkeit von Beuteln“ (Vorhabens-Nr. 13565 BR, /1/) am Fraunhofer AVV erarbeitet wurde. Die Übersichten fanden auch Eingang in die VDMA-Fachverbandsschrift Nr. 13 /3/. Hierbei wird von zwei unterschiedlichen sogenannten Hauptschädigungsmechanismen (HSM, /2/) ausgegangen. Dies ist einerseits der Füllgutverlust (vgl. Abbildung 4), d.h. der Austritt des Füllgutes aus der Packung, nicht dessen Verderb. Zum anderen ist dies die Füllgutschädigung (vgl. Abbildung 5), z.B. durch Eindringen von Sauerstoff oder Wasserdampf in die Packung resp. einer unzulässigen Veränderung der Schutzgaszusammensetzung sowie durch Befall von Schädlingen oder Mikroorganismen.

Gruppe	Schüttgut			Flüssigkeit	
	pulvrig	körnig	stückig	niedrigviskos	hochviskos
HSM	Gutverlust				
Dichtigkeitsklasse	staubdicht (25-30 µm)				
	rieseldicht (200 µm)			flüssigkeitsdicht (15-20 µm)	
Beispiel	Mehl	Zucker	Erbsen	Milch	Soßen

Abbildung 4 Klassifizierung der Dichtheitsanforderungen mit dem Hauptschädigungsmechanismus (HSM) „Füllgutverlust“ /1/, /2/

Gruppe	trocken fettarm	trocken fetthaltig	kompakt fetthaltig	reine Öle & Fette	Tiefkühlprodukt	Molkereiprodukt	Fertigprodukt	Fleisch-/Fischprod.	flüssig, H ₂ O-haltig
HSM	WA FO	FO WA	FO WA	FO	WV FO	MOW WV FA	MOW WV FO	MOW WV FO FV	AV WV VA FV
Dichtigkeitsklasse	gasdicht (5-10 µm)								
	wasserdampfdicht (20-25 µm)								
	insektendicht (100 µm)								
Beispiel	Kaffee	Getreideprodukte	Süßware, Schoko.	Salat-dressing	Pasta, Pizza	Käse, Milch	Baby-nahrung	Fleisch, Fisch	Fruchtsäfte

HSM-Legende: AV = Aromenverlust, FA = Fehlgerüche, FO = Fettoxydation, FV = Farbveränderung, MOW = Mikroorganismenwachstum, VA = Vitaminabbau, WA = Wasseraufnahme, WV = Wasserverlust

Abbildung 5 Klassifizierung der Dichtheitsanforderungen mit dem Hauptschädigungsmechanismus (HSM) „Füllgutschädigung“ /1/, /2/

3.3 Fehlstellenverträglichkeit

Für die Beurteilung der Fehlstellenverträglichkeit insbesondere bei schutzbegasteten Packungen, sogenannte MAP-Packungen, aber z.B. auch bei wasserdampfeempfindlichen Füllgütern sind detailliertere Kenntnisse erforderlich, um fallspezifisch die optimale Dichtheit sicherstellen zu können. Zur Eingrenzung der zulässigen Fehlstellengröße bedarf es der Klärung folgender Fragen:

Was ist der Hauptschädigungsmechanismus in Bezug auf das Füllgut (vgl. Abbildung 5) und wer der Hauptschädiger (z.B. O₂, H₂O-Dampf)?

Welche Menge des Hauptschädigers wird innerhalb des Mindesthaltbarkeitszeitraums vom Füllgut maximal toleriert, bis es zum Qualitätsverlust kommt?

Welche Füllgutmasse beinhaltet die Packung?

Kann der Restgehalt des Hauptschädigers, der sich nach dem Verpackungsprozess in der Packung befindet, abgeschätzt werden? Wie hoch ist der Restgehalt?

Sind systematische Vorschädigungen des Füllgutes, z.B. während des Herstellungs- bzw. Verarbeitungsprozesses, bekannt?

Gibt es weitere schädigende Einflüsse, z.B. weitere Gase, Licht, etc.? Können diese quantifiziert werden? Welches zeitliche Absorptionsverhalten zeigt das Füllgut gegenüber dem/den Hauptschädiger(n)?

→ Aussage 1: Aus der jeweiligen Füllgutempfindlichkeit und -menge ergibt sich die zulässige Gesamteintragsmenge des Hauptschädigers.

Wie groß ist die Packungsoberfläche? Welche Dicke hat der Packstoff?

Welche Permeation des Hauptschädigers erfolgt materialbedingt durch den Packstoff hindurch?

Welche Mindesthaltbarkeitsdauer wird angestrebt?

Welche Druckverhältnisse liegen bei bestimmungsgemäßer Lagerung und dem Transport vor?

Handelt es sich ausschließlich um Partialdruckunterschiede (Packungsinnendruck ist (annähernd) gleich dem Umgebungsdruck) oder kommt ein zusätzliches Druckgefälle zum tragen? Welches Klima herrscht vor? Welche Zusammensetzung weist die Packungsatmosphäre auf?

→ Aussage 2: Aus der Packstoffspezifik, der Packungsgröße, der Mindesthaltbarkeitsdauer und ggf. den Druckverhältnissen resultiert die Gasmenge des Hauptschädigers, die durch Permeation in die Packung eingetragen wird oder aus der Packung entweicht. Hierbei wird von einer intakten Verpackung ausgegangen. Zusätzliche Permeation, z.B. im Bereich der Siegelschicht in der Naht, sind darüber hinaus zu berücksichtigen.

Sollte die packstoffseitig eingetragene Menge des Hauptschädigers größer sein als die seitens des Füllgutes tolerierbare Gasmenge, ist der eingesetzte Packstoff ungeeignet! Anderenfalls beziffert die Differenz diejenige Gasmenge, die durch Fehlstellen (Poren, Kapillaren) zusätzlich eintreten dürfte, ohne das Füllgut innerhalb des Mindesthaltbarkeitszeitraums unzulässig zu schädigen.

Diese Mengendifferenz stellt letztlich einen Leakagestrom dar, der es ermöglicht, auf Basis des Gasgesetzes von Hagen-Poiseuille und des allgemeinen Gasgesetzes (gültig für Absolutdruckunterschiede) bzw. nach dem 1. Fick'schen Gesetz sowie Becker und Heiss (gültig für Partialdruckunterschiede) die maximal zulässige Fehlstellengröße zu berechnen. Hierbei können Kapillaren und Poren ineinander umgerechnet werden.

Achtung! Der hier ermittelte Wert stellt stets eine integrale Größe dar, d.h. es kann sich um eine einzige Fehlstelle mit entsprechender Größe handeln, die mit dem gewählten Dichtheitsprüfsystem identifiziert werden kann. Andererseits kann es sich um eine Vielzahl kleinerer Fehlstellen handeln, die gegebenenfalls mit diesem Prüfsystem nicht nachweisbar sind.

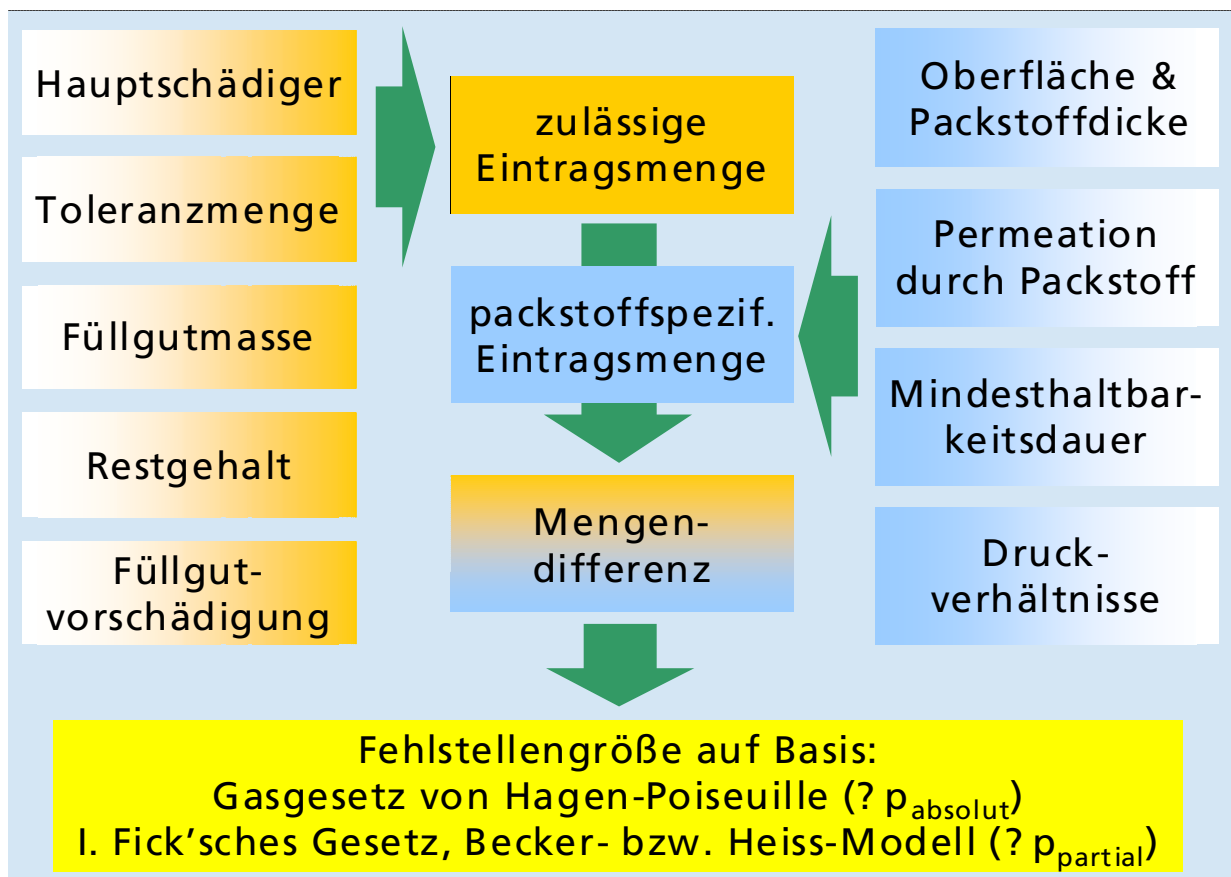


Abbildung 6 Abschätzung der Fehlstellenverträglichkeit bei gasförmigen Leckagen

3.4 Prüfumfeld und weitere Randbedingungen

Neben der Fehlstellenverträglichkeit gibt es weitere Faktoren, die für die Auswahl des richtigen Dichtheitsprüfsystems entscheidend sind und soweit bekannt in die Betrachtungen einfließen sollten. Die folgenden Randbedingungen gelten schwerpunktmäßig bei der gasbasierten Dichtheitsprüfung, die sich insbesondere bei schutzbegasten Packungen empfiehlt:

a) auf Seiten des Prüfobjektes

- Packung und Füllgut
 - Empfindlichkeit und Wert des Füllgutes,
 - Packungsgeometrie, Nahtqualität (Grobleckwahrscheinlichkeit),
 - enthaltene (Prüf)gasmenge,
 - Fehlstellengeometrie,
 - Verdeckung von Fehlstellen durch das Füllgut und/oder Aufliegen des Prüfobjektes,
 - Differenzdruck- und Unterdruckbeständigkeit (↗ Abschnitt 3.4.1)
- Prüfgas
 - Zusammensetzung,
 - Konzentration,
 - Betriebskosten

b) auf Seiten des Prüfsystems

- Prüfgerät
 - Kammervolumen, Totraumvolumen,
 - Flexibilität bzgl. der Prüfobjektabmessungen,
 - Druckverhältnisse bei der Prüfung,
 - Fixierung des Prüfobjektes,
 - Zykluszeiten (↗ Abschnitt 3.4.2)
- Prüftechnik
 - Sensortyp,
 - Reaktionszeit, -temperatur, -feuchte, -druck,
 - Systemempfindlichkeit,
 - Lageabhängigkeit bzgl. der Gasaustrittsstelle

c) auf Seiten der umgebenden Prozesse

- klimatische Beeinflussung der Prüftechnik und des Absorptionsverhaltens des Füllgutes,
- Nähe zur Begasungsstelle,
- Belüftung der Prüfumgebung, Absaugung,
- Lösungsmittel, Reinigungsmedien resp. deren Dämpfe,
- Prozess(ab)luft, Abgase, Staub

d) weitere

- Investitionsumfang,
- Betriebskosten,
- Bauraum,
- Geräuschentwicklung der Prüftechnik,
- betriebliche Abläufe, Qualitätsmanagement

3.4.1 Druckbeständigkeit des Prüfbjcktes

Bei der gasbasierten Dichtheitsprüfung ist die Erhöhung der Druckdifferenz zwischen dem Inneren des Prüfbjcktes und dem Prüfraum / der Prüfkammer ein probates Mittel, die Prüfzeit zu reduzieren bzw. in einer bestimmten Zeit kleinere Leckagen zu detektieren.

Starre (technische) Prüfbjckte, wie z.B. Wärmetauscher, sind i.d.R. unempfindlich gegenüber Differenzdrücken von 1000 mbar und mehr. Flexible Verpackungen hingegen können bei einer Evakuierung des Prüfraumes teilweise Schaden nehmen oder vollständig zerstört werden. Besonders kritisch sind hierbei peelbare Packungen. Bei Vakuumpackungen sind erwartungsgemäß sehr geringe Absolutdrücke in der Prüfkammer erforderlich, um den Gastaustritt aus der Packung zu beschleunigen.

Die Berstdruckprüfung nach ASTM F 2054 liefert einen guten Richtwert für die Differenzdruckempfindlichkeit einer Packung auch im Unterdruckbereich (0 ... 1000 mbar abs.). Sie lässt jedoch keine Aussage darüber zu, wie weit der Druck im Prüfraum abgesenkt werden kann, ohne dass diese Packung beschädigt wird oder gar platzt. Aufschluss über diese Unterdruckbeständigkeit gibt eine entsprechende Druckdifferenzprüfung im Unterdruckbereich, deren Ergebnis Druckverläufe ähnlich Abbildung 7 sind. Der unterdruckbezogene Zeitpunkt des Berstens des Prüfbjcktes stellt jedoch nur den worst case dar. Insbesondere bei peelbaren Packungen treten bereits weit früher Schädigungen durch teilweises Peelen der Naht vom Packungsinneren her auf. Um diese zu erfassen, muss eine zusätzliche optische Überwachung und Auswertung erfolgen, auf deren Basis der zulässige Evakuierungsbereich bei der Dichtheitsprüfung festgelegt wird.

Anmerkung: Eine Fixierung der Packungen während der Prüfung erhöht nicht zwingend deren Unterdruckbeständigkeit.

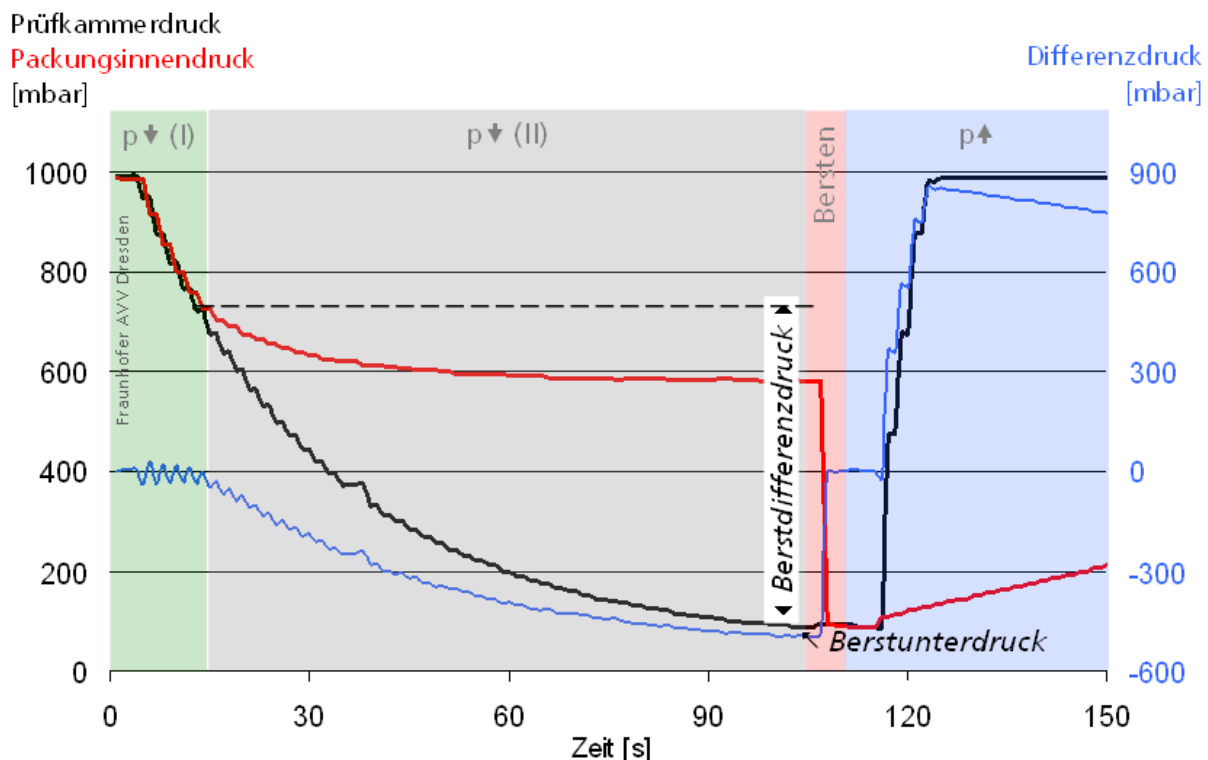


Abbildung 7 Ergebnisdiagramm einer Differenzdruckprüfung am Beispiel einer formstabilen, thermogeformten Schale mit peelbarer Deckfolie:

- $p \downarrow$ (I) – Bereich der Druckabsenkung, den die Packung mitgeht,
- $p \downarrow$ (II) – Bereich der Druckabsenkung, der zu einem Druckunterschied zwischen Packungsinnerem und Prüfraum führt,
- $p \uparrow$ – Belüftung des Prüfraumes nach dem Bersten der Packung

3.4.2 Zykluszeit

Die für die Durchführung der Dichtheitsprüfung einer Packung resp. einer Sammelpackung erforderliche Zeit, die sogenannte Zyklus- bzw. Taktzeit, setzt sich, abhängig von der Prüfmethode, aus verschiedenen Zeitanteilen zusammen. Beispielhaft ist dies für eine automatisierte gasbasierte Dichtheitsprüfung in Abbildung 8 dargestellt.

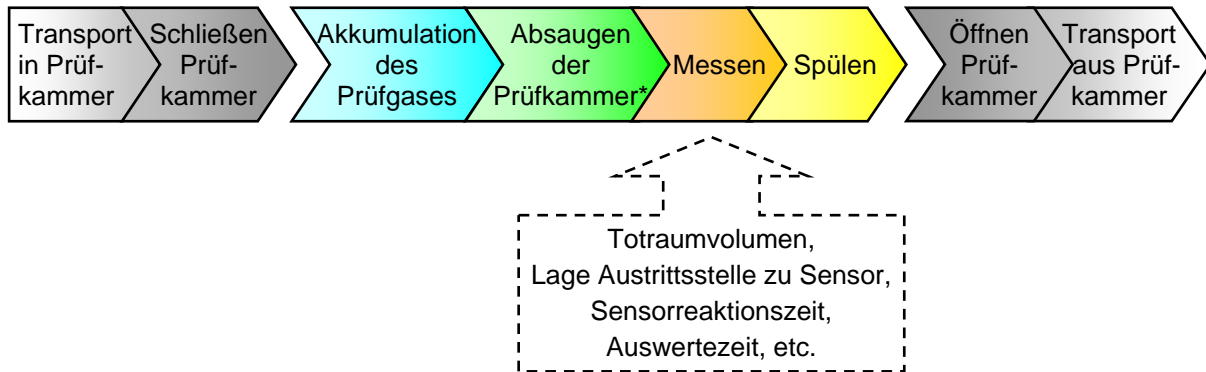


Abbildung 8 Zeitanteile innerhalb eines Prüfzyklus am Beispiel einer gasbasierten Dichtheitsprüfung (* gegebenenfalls bereits Starten des Messvorganges; alternativ auch Evakuiervorgang)

3.5 Risikobereitschaft

Grundlegend ist festzuhalten, dass es nicht das eine Prüfsystem gibt, welches allen Ansprüchen gerecht wird. Es ist daher unumgänglich, vertretbare Kompromisse einzugehen. Im Zuge stichprobenartiger Offlineprüfungen, die gegebenenfalls auch zerstörend sein können, steht eine vergleichsweise große Auswahl an Prüftechnik zur Verfügung. Wird jedoch eine Inlinedichtheitsprüfung gefordert – und dies gilt nicht nur für gasbasierte Prüfsysteme –, stehen Prüfgeschwindigkeit, Empfindlichkeit bzgl. der Fehlstellengröße und Kosten in Konkurrenz zueinander. Das Dreieck in Abbildung 9 verdeutlicht: Bei Vorliegen der Notwendigkeit der Detektion kleiner Undichtheiten („Qualität“), ist eine lange Prüfdauer („Zeit“) und/oder ein hoher Aufwand („Kosten“) einzuplanen. Steht dagegen eine hohe Ausbringung bzw. ein kurzer Prüfzyklus („Zeit“) im Vordergrund, können Fehlstellen i.d.R. nur eingeschränkt identifiziert werden („Qualität“). Hier schafft auch ein höherer Aufwand („Kosten“) nur bedingt Abhilfe. Sollen die Kosten ein Minimum erreichen, geht dies zu Lasten von Prüfzeit und/oder Qualität der Prüfung.

Inwieweit bei der Erkennung der Undichtheiten Abstriche gemacht werden können, hängt vor allem von folgenden Faktoren ab:

- Wie empfindlich/tolerant ist das Füllgut?
- Wie knapp ist die Mindesthaltbarkeitsdauer bemessen?
- Wie wahrscheinlich ist das Auftreten einer für das Füllgut problematischen Undichtheit? Welche präventiven Maßnahmen können bereits bei der Herstellung des Füllgutes und der Packung ergriffen werden?
- Welches Risiko besteht bei der Konsumierung aufgrund von Undichtheiten verdorbenen oder verloren gegangenen Füllgutes?
- Wie groß ist die Gefahr, dass verdorbenes Füllgut (unerkant) konsumiert wird, der Konsument Schaden nimmt, Regressansprüche erhoben werden und/oder das Image des Herstellers leidet?
- Gibt es (technische) Möglichkeiten, die z.B. das Verdecken von Undichtheiten minimieren?
- Kann die zu prüfende Produktvielfalt eingeschränkt werden (→ Minimierung der Größe des Prüfraumes)?

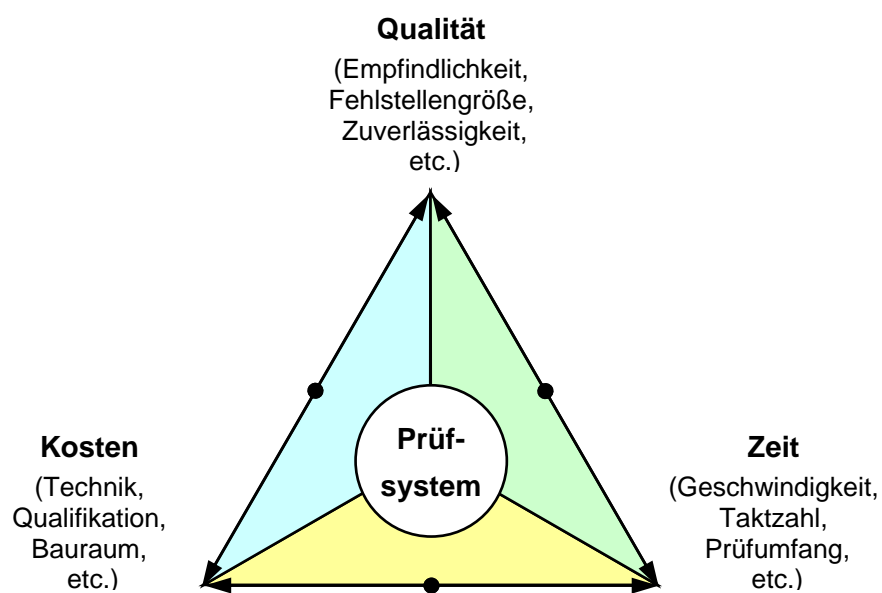


Abbildung 9 Gegensatz der Zielgrößen für die (Inline-)Dichtheitsprüfung

4 Prüfmethode, Prüftechnik

4.1 Klassifizierung

In Abbildung 10 sind die gängigsten Dichtheitsprüfmethode und deren vorwiegende Einsatzbereiche aufgeführt. Letztere können je nach Prinzip und Packung abweichen.

Prüfprinzip	Prüfmethode	zer- störend	nicht zer- störend	Packungstyp			
				A	B	C mit Kopfraum	C ohne Kopfraum
Wasserbad	I Aufblasen unter Wasser	x		x	x	[x]	
	II Aufblähen unter Wasser		x		x	[x]	
Farbindikation	Rhodamin, Methylenblau, Rissprüfmittel	x		x	x	x	x
Druckdifferenz	I Aufblasen + Messung des Druckabfalls	x		x	x	[x]	
	II Aufblähen + Messung des Druckverlaufes		x	x ¹	x	[x]	
	III Aufblasen + Messung eines Volumenstroms	x		x	x	[x]	
Kraft-Wegmessung	mechanische Verformung der Packungsoberfläche		x	x	x	x	x ²
Gassensoren / Massenspektrometer	He, H ₂ , CO ₂ , Rest-O ₂ , etc.	x	x ³	x	x	[x]	x ⁴
Ultraschallprüfung	Fluidaustritt durch Druckerhöhung infolge Ultraschallanregung		x		x ⁵	x ⁵	x ⁵
Optische Prüfung	visuelle Begutachtung, Durchscheintest, Laser-, Röntgenstrahlung, IR, Mikroskopie, Konturvergleich	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶
Elektrische Prüfung	Impedanzänderung bei Hochspannung, Potentialunterschiede im elektrischen Feld	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶
Lagertest	Wiegen, visuelle Begutachtung, Inhaltsstoffmessung	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶	x ⁶

Packungstyp A: Vakuumverpackungen

Packungstyp B: Packungen mit Schutzgas oder Luft unter Atmosphärendruck

Packungstyp C: Packungen mit flüssigem oder pastösem Inhalt

x - Messung möglich, [x] - Messungen eingeschränkt möglich, da Fehlstellen möglicherweise produktbedeckt,

1 - sofern ausreichend Druckunterschied herstellbar 2 - sofern Füllgut selbst durch Undichtheiten austritt

3 - sofern Prüfgas im Schutzgas enthalten

4 - sofern Prüfgas aus Füllgut ausgas / Füllguldämpfe

5 - bei unter Druckdifferenz ausgasendem Fluid

6 - prinzipabhängig

Abbildung 10 Prüfprinzip, Prüfmethode, Einsatzbereiche

Eine Klassifizierung der Dichtheitsprüfmethode für flexible Verpackungen mit Zuordnung von Dichtheitsklassen und Nachweisgrenzen ist in der VDMA-Fachverbandsschrift Nr.13 /3/ nachlesbar.

4.2 Durchführung und Auswertung der Prüfung

Werden Aussagen zur Dichtheit von Verpackungen erforderlich, müssen vom Prüfer im Wesentlichen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

1. Wie kann/muss die Dichtheitsprüfung erfolgen?
2. Ist die Packung undicht?
3. Wo ist die Packung undicht?
4. Wie groß ist die Undichtheit?
5. Hat die Undichtheit negative Auswirkungen auf das Füllgut?
6. Welche Ursachen kommen für die Undichtheit in Betracht (Maschineneinstellung, Prozess, Packstoff)?
7. Welche korrigierenden Maßnahmen sind einzuleiten?

Für ausgewählte Prüfmethode wird im Folgenden ein allgemeines Vorgehen bei der Ermittlung der Dichtigkeit angegeben.

- für eine gasbasierte Dichtheitsprüfung:
 1. Befüllung der Packung mit einem Prüfgas/-gemisch in bekannter Konzentration
 2. Kalibrierung des Prüfgerätes unter Beachtung der Prüfgaskonzentration in der Umgebung (Hintergrundkonzentration)
 3. Durchführung einer integralen Messung und/oder Lokalisierung der Fehlstelle(n) durch eine Schnüffelsonde
 4. Auswertung, Ermittlung der Fehlstellengröße
- für eine Dichtheitsprüfung mit Druckdifferenz:
 1. definiertes Aufblasen/Aufblähen der Packung
 2. Stabilisierungsphase zur Kompensation von Packstoffdehnungen
 3. Durchführung einer integralen Druckänderungsmessung sowie die Lokalisierung auftretender Undichtheiten
 4. Auswertung, Ermittlung der Fehlstellengröße
- für eine Dichtheitsprüfung mit Farbindikatoren /4/:
 1. Aufbereitung der zu testenden Packung durch Aufschneiden derselben (gegebenenfalls Entfernen von Produktresten), damit die Naht von der Packungssinnenseite zugänglich ist
 2. Benetzung des inneren Nahtbereiches mit einem handelsüblichen Prüfmittel (Gesundheitsschutz beachten!), Abwarten einer Einwirk-/Trocknungszeit
 3. visuelle Kontrolle der Nahtqualität im Gegenlicht bei transparenten Packstoffen resp. Aufpeelen/Aufreißen der Naht bei nichttransparenten Packstoffen, um festzustellen, ob Prüfmittel lokal in die Siegelnaht eingedrungen ist
 4. Auswertung, Ermittlung der Fehlstellengröße
- für eine Dichtheitsprüfung im Wasserbad:
 1. Einbringen der Packung in ein Wasserbad und vollständiges Untertauchen derselben, ggf. Druck im Prüfraum unterstützend absenken (Exsikkator)
 2. Registrierung und Lokalisierung, ggf. Zählung oder Messung der aus der Packung austretenden Gasblasen
 3. Auswertung, Ermittlung der Akzeptanz möglicher Undichtheiten

- für eine Dichtheitsprüfung mit Kraft-Wegmessung:
 1. Fixierung und Komprimierung der Packung resp. Relaxation derselben
 2. Messung der Auslenkung einer Packungsoberfläche im komprimierten resp. im entspannten Zustand der Packung – mechanisch oder optisch – und Vergleich mit Sollvorgabe sowie Lokalisierung auftretender Undichtheiten mit Hilfe anderer Prüfverfahren
 3. Auswertung, Ermittlung der Akzeptanz möglicher Undichtheiten

Anbieter von Prüftechnik (Stand 2009)

Nachfolgend benannt ist eine Auswahl an Anbietern von Dichtheitsprüftechnik, die auch an den erwähnten Forschungsprojekten beteiligt waren und diese unterstützt haben, sowie Prüfmittel, die zum Einsatz gekommen sind:

- für eine gasbasierte Dichtheitsprüfung
 - Inficon GmbH (www.inficon.de)
 - Adixen - Alcatel Hochvakuum Technik GmbH (www.adixen.de)
 - SensorData Instruments e.K. (www.sensor-data.com)
 - Ridzewski GmbH (www.ridzewski.de)
 - PBI-Dansensor Deutschland GmbH (www.pbi-dansensor.com)
 - WITT Gasetechnik GmbH & Co. KG (www.wittgas.com)
 - 3S GmbH (www.3s-ing.com)
- für eine Dichtheitsprüfung mit Druckdifferenz
 - Paul Lippke Handels-GmbH (de.lippke.com)
 - Abiss/PBI Dansensor GmbH (www.pbi-dansensor.com)
 - Exsikkator (u.a. www.wittgas.com)
- für eine Dichtheitsprüfung mit Farbindikatoren
 - Methylenblau (u.a. Merck KGaA, www.merck.de)
 - Rissprüfmittel MR 68 NF (u.a. MR Chemie GmbH, www.mr-chemie.de)
 - Rhodamin, 0,5%ig (u.a. Bernd Kraft GmbH, www.bkraft.de)

5 Literatur

- /1/ Mauermann, M.; Zienert, L.: Entwicklung von wissenschaftlich begründeten und praxisrelevanten Methoden zur Beurteilung der Dichtigkeit von Beuteln, AiF-Abschlussbericht, Vorhabens-Nr. 13565 BR, IVLV München, 09/2005
- /2/ Langowski, H.-C.: Grundlagen und Neuentwicklungen bei Kunststoffverpackungen, Kundenforum Nahrungsmittel und Verpackung, Freising, 10.03.2005
- /3/ Mauermann, M.; Zienert, L.: Dichtigkeitsklassen von flexiblen Verpackungen, VDMA-Fachverbandsschrift Nr.13, Fachverband Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen des VDMA, Frankfurt a.M., August 2006
- /4/ IVLV-Merkblatt 45 „Prüfung von Heißsiegelnähten auf Dichtigkeit“, Verpackungs-Rundschau 33 1982 Nr. 5, Technisch-wissenschaftliche Beilage, S. 30-33

- ASTM F 2054: Standard Test Method for Burst Testing of Flexible Package Seals Using Internal Air Pressurization Within Restraining Plates, www.astm.org
- DIN 53380-1: Prüfung von Kunststoffen - Bestimmung der Gasdurchlässigkeit - Teil 1: Volumetrisches Verfahren zur Messung an Kunststofffolien, Beuth Verlag Berlin, Juli 2000
- DIN 53380-2: Prüfung von Kunststoffen - Bestimmung der Gasdurchlässigkeit - Teil 2: Manometrisches Verfahren zur Messung an Kunststoff-Folien, Beuth Verlag Berlin, November 2006
- DIN 53380-3: Prüfung von Kunststoffen - Bestimmung der Gasdurchlässigkeit - Teil 3: Sauerstoffspezifisches Trägergas-Verfahren zur Messung an Kunststoff-Folien und Kunststoff-Formteilen, Beuth Verlag Berlin, Juli 1998
- DIN 53122-1: Prüfung von Kunststoff-Folien, Elastomerfolien, Papier, Pappe und anderen Flächengebilden - Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit - Teil 1: Gravimetrisches Verfahren, Beuth Verlag Berlin, August 2001
- DIN 53122-2: Prüfung von Kunststoff-Folien, Elastomerfolien, Papier, Pappe und anderen Flächengebilden, Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit – Teil 2: Elektrolyse-Verfahren, Beuth Verlag Berlin, Juli 1982
- DIN 55533: Verpackungsprüfung - Integrales Dichtheitsprüfverfahren für Folienverpackungen mit einer flexiblen Prüfkammer und Prüfgas, Beuth Verlag Berlin, Mai 2005
- DIN EN 13185: Zerstörungsfreie Prüfung - Dichtheitsprüfung - Prüfgasverfahren; Deutsche Fassung EN 13185:2001, Beuth Verlag Berlin, Juli 2001
- DIN EN ISO 2556: Kunststoffe - Bestimmung der Gasdurchlässigkeit von Folien und dünnen Tafeln unter atmosphärischem Druck - Druckmessgerät-Verfahren (ISO 2556:1974); Deutsche Fassung EN ISO 2556:2000, Beuth Verlag Berlin, Januar 2001

An der Erstellung des IVLV Merkblatts haben mitgewirkt:

Autoren:

Ralph Jänchen, Sandra Pallas
Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik

Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses des IGF-Vorhabens "Inlinedichtigkeit":

CFS Germany GmbH
Inficon GmbH, Werner Große Bley
KeyX Prüfsysteme GmbH & Co. KG
SensorData Instruments e. K., Winfried Hunger
VDMA Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen, Dr. Peter Golz
Witt Gasetechnik GmbH & Co. KG, Markus Mertens
3S GmbH

Weitere Industrievertreter: Maschinenhersteller, abpackende Unternehmen, Prüfgerätehersteller

Finanzierung und Danksagung:

Das IGF-Vorhaben 15520 BR/1 der Forschungsvereinigung Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e. V. (IVLV), Schragenhofstr. 35, 80992 München, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) für die Bereitstellung der finanziellen Mittel. Weiterhin danken wir für die freundliche Unterstützung der AiF sowie der IVLV.

Der Abschlussbericht zum IGF-Vorhaben „Ermittlung der Einsatzgrenzen prüfgasbasierter Dichtigkeitsmessmethoden für die Inlinequalitätskontrolle von Lebensmittelverpackungen“ (Vorhabens-Nr. 15520 BR/1, Laufzeit 2008 – 2010) kann über die IVLV e. V. bezogen werden.