

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Schlussveröffentlichung zum Vorhaben

„Ausarbeitung eines Prüfverfahrens zur praxisgerechten Bestimmung des Schrumpfverhaltens von Schrumpffolien“ IGF-Vorhaben Nr. 14901 N/1

Im Gleichschritt mit einem gerade in den vergangenen Jahren rasant ansteigenden Güteraufkommen im Rahmen globalisierter Beschaffungs- und Absatzbestrebungen steigen sowohl der Bedarf als auch die Anforderungen an eine sichere und belastungsgerechte Ladeeinheiten- und Ladungssicherung im Straßengüterverkehr. Diese Sicherungsmaßnahmen stehen somit vor allem vor dem Hintergrund erhöhter Anforderungen seitens des Gesetzgebers (StVO § 22 „Ladung“) im Fokus von Optimierungsbemühungen. Gerade aufgrund einer gesteigerten Kontrolldichte und -frequenz durch die Polizei und das Bundesamt für Güterverkehr (BAG) muss die Ausführung der Ladeeinheitensicherung den Ansprüchen gemäß der VDI-Richtlinien 3968ff sowie 2700ff genügen. Hier wurde jedoch die Sorgfaltspflicht seitens der dafür zuständigen Abteilungen / Mitarbeiter nicht immer im geforderten Maß wahrgenommen.

Der oben aufgeführte Sachverhalt soll im Folgenden beim Schrumpfen, als eines von mehreren zur Ladeeinheitensicherung geeigneten Verfahren, vertiefend betrachtet werden, da dieses in der Vergangenheit aufgrund fehlender Kenntnisse bezüglich der Eigenschaften von Schrumpffolien und der Parametrierung des Schrumpfprozesses nicht immer optimal realisiert wurde. Z. T. erfolgte sogar eine Substitution durch weniger geeignete Verfahren, wie bspw. das weit verbreitete Wickelstretchen. Dies lag und liegt zum einen daran, dass das Schrumpfen im Vergleich zu den anderen Verfahren der Ladeeinheitensicherung auf den ersten Blick aufgrund des erhöhten Materialverbrauchs und der damit erhöhten Verpackungskosten Nachteile aufweist.

Zum anderen sind für eine optimale Ausgestaltung des Schrumpfergebnisses z. T. spezifische Werkstoffkenntnisse sowie verfahrenstechnische Kenntnisse bezüglich des Schrumpfprozesses notwendig. Jedoch ist dieses Wissen bei den Mitarbeitern, die für die Ladeeinheitensicherung in den Unternehmen verantwortlich sind, oftmals nicht in ausreichendem Maß vorhanden. Zudem fehlen geeignete Richtlinien, die auch Nicht-Fachleute bei der korrekten Ausführung des Schrumpfprozesses unterstützen und begleiten. Für den Einsatz von Kunststofffolien zur Ladeeinheitensicherung stellt bspw. die relevante VDI-Richtlinie 3968 Blatt 4 „Schrumpfen“ lediglich pauschale Anwendungsempfehlungen

vor, mit denen jedoch eine anwendungs- und belastungsgerechte Dimensionierung der Schrumpffoliensicherung nicht im Detail ausgeführt werden kann.

Praxisgerechte Prüfvorschrift

Um diesem Sachverhalt zu begegnen, wurde in dem Projekt „Ausarbeitung eines Prüfverfahrens zur praxisgerechten Bestimmung des Schrumpfverhaltens von Schrumpffolien“, eine Prüfvorschrift entwickelt, bei der praxisnahe Kennwerte und Merkmale zur Beschreibung der Folienqualität und deren Einsatzmöglichkeiten ermittelt und in Form eines anwendungsorientierten Leitfadens zur Auslegung der Foliensicherung zusammengefasst wurden. Dieses Forschungsprojekt (AiF-Nr. 14901 N) wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft & Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF), Köln, gefördert und im Auftrag der Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik (GVB) e. V., Rohr, erarbeitet.

Das entwickelte Prüfverfahren orientiert sich dabei, im Unterschied zu bestehenden Regelwerken zur Qualitätsbestimmung von Schrumpffolien, nicht nur an der für sich genommen wenig aussagekräftigen Foliendicke und dem Temperaturverhalten. Vielmehr beschreibt es, wie sich bspw. das Schrumpfverhalten durch die tatsächlich an der Folie wirkende Gebläsetemperatur (u. a. bedingt durch den Gebläseabstand) sowie in Abhängigkeit von weiteren spezifischen Anforderungen verhält. Hinsichtlich der Prüfvorschrift wurden dabei insbesondere die folgenden Zielstellungen umgesetzt, um den Belangen der Anwender Rechnung zu tragen:

- Leichte Durchführbarkeit des Prüfverfahrens auch von Nicht-Fachleuten ohne spezifische Kenntnisse
- Geringer technisch-organisatorischer Aufwand
- Geringe Prüfkosten
- Schnelle und einfache Auswertung der ermittelten Prüfergebnisse sowie Umsetzung in die unternehmerische Praxis
- Verständlichkeit und Eindeutigkeit in der Verfahrensanweisung der Prüfvorschrift sowie in deren Dokumentation

Vorgehensweise im Projekt

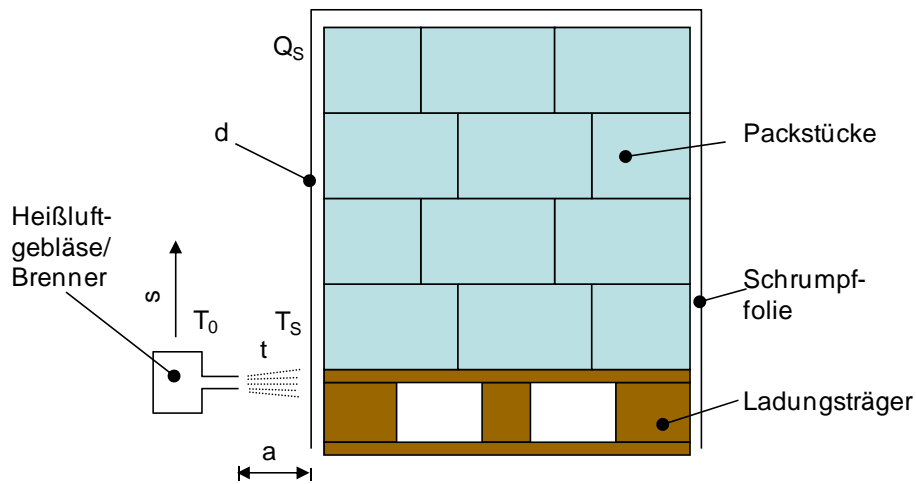
Um diese Ziele zu erreichen, wurden in einem ersten Schritt auf Basis einer umfangreichen Marktrecherche bei Herstellern von Schrumpffolien, Anbietern von Schrumpfmaschinen sowie Anwendern die unterschiedlichen Folienarten von Schrumpffolien erfasst und hinsichtlich ihrer relevanten Eigenschaften analysiert. Des Weiteren erfolgte die Herausarbeitung charakteristischer Einsatzfelder, bei denen Schrumpffolien zur Ladeeinheitensicherung gegenüber den anderen Verfahren bevorzugt eingesetzt werden sollten.

Die bevorzugten Anwendungsgebiete für den Einsatz von Schrumpffolien bzw. die Ladeeinheiten, die gewöhnlich mit Schrumpffolie gesichert werden, weisen im Allgemeinen spezielle Eigenschaften auf, für die bspw. das Wickelstretchen oder auch das Umreifen als Ladeeinheitensicherungsverfahren nicht über die erforderlichen Sicherheitseigenschaften verfügen. Im Besonderen ist das Schrumpfen geeignet für Ladeeinheiten mit relativ schweren Gütern, stark konturierten Gütern, scharfen Kanten bzw. spitzen Ecken sowie Ladeeinheiten, die allseitig umhüllt werden müssen, bspw. als Wetterschutz.

Verfahren Branchen	Banderole (4-seitig)				Haube (5-seitig)			Volleinschlag (6-seitig)		
	Spiralwicklung	Horizontalbänderole	Vertikalbänderole	Horizontalbänderole und Deckblatt	Haube vom Flachschlauch	Haube vom Seitenfaltenschlauch	Spiralwicklung und Deckblatt	Haube und Bodenfolie	Deckblatt und Haube	Doppelhaube
Automobilzubehörindustrie						X				
Bau- und Bauzubehörindustrie					X	X				
Chemieindustrie						X				
Chemieindustrie (Palettenlose LE)									X	X
Dachziegelkleingebinde Formatware			X							
Elektrotechnikindustrie						X		X		
Emballagenindustrie						X				
Faltschachtelindustrie						X				
Getränkeindustrie						X				
Glasindustrie						X		X		
Glasindustrie (Freilagerung)								X		X
High-Tech-Industrie								X		
Nahrungs- und Genussmittelindustrie						X		X		
Papier- und Kartonagenindustrie						X				
Papier- und Kartonagenindustrie mit Formatware	X			X			X			
Weißgeräteindustrie		X		X		X				
Zementindustrie (Palettenlose LE)									X	X

Abbildung 1: Einsatzmöglichkeiten von Schrumpffolien bzw. -systemen

Branchen oder Anwender, die diese Arten von Packgütern distribuieren, sind in Abbildung 1 aufgeführt und hinsichtlich des bevorzugt eingesetzten Schrumpfverfahrens eingeordnet. Die eigentliche Herausforderung im Projekt lag jedoch nicht in der Bestimmung des relevanten Anwenderkreises und der Einsatzmöglichkeiten von Schrumpffolien, sondern in der Bestimmung der durch den Anwender maßgeblich beeinflussbaren Prozessparameter beim Schrumpfvorgang, da das Prüfverfahren dem Anwender die Möglichkeit geben sollte, das Schrumpfverhalten der von ihm gewählten Schrumpffolie so zu beeinflussen und zu steuern, dass jedes Schrumpfergebnis optimal auf seinen Anwendungsfall abgestimmt ist. Abbildung 2 zeigt anhand eines Schrumpfvorganges – z. B. mittels Handschrumpfgerät – die den Schrumpfprozess vorwiegend bestimmenden Parameter.



- | | |
|---|--|
| Q_S = Schrupf-Wärmeeintrag | a = Abstand zwischen Gebläse/Brenner und Schrupffolie |
| T_0 = Gebläse-/Brenner-Ausgangstemperatur | t = Schrupfzeit (für einen definierten Schrupfbereich) |
| T_S = Schrupf-Temperatur | s = Verfahrgeschwindigkeit von Gebläse/Brenner |
| d = Schrupffolienstärke | |

Abbildung 2: Maßgebliche, den Schrumpfvorgang beeinflussende Parameter

Von den aufgeführten Prozessparametern sind jedoch seitens der Anwender nicht alle Parameter in dem Maße zu beeinflussen, dass diese Parameterveränderung qualitätsrelevante Auswirkungen auf das Schrumpfergebnis ausübt. Aus diesem Grunde wurden aus den oben aufgeführten Prozessparametern diejenigen ausgewählt, die im Rahmen von Testreihen zur Bestimmung des Schrumpfverhaltens maßgeblich durch den Anwender verändert werden und somit einen Effekt auf das Sicherungsergebnis erzielen können.

Ergebnis dieser Untersuchungen, die in enger Zusammenarbeit mit den Herstellern von Schrupfmaschinen sowie insbesondere anwendenden Unternehmen durchgeführt wurden, war die Zusammenstellung der folgenden, maßgeblichen Einflussgrößen:

- Ermittlung der **Ausgangstemperatur** am Brenner bzw. Gebläse, wenn das gewählte Schrupfsystem diese Verstellmöglichkeit bietet
- Variation der **Schrupftemperatur** durch Anpassung der Ausgangstemperatur am Brenner / Gebläse oder Variation des Abstandes (nur manuelles Schrupfen)
- Ermittlung der **Schrupfzeit**, bspw. durch die Wahl der Hubgeschwindigkeit eines Schrupfrahmens oder der Bewegungsgeschwindigkeit beim manuellen Schrupfen sowie
- Festlegung der **Dicke der Schrupffolie**

Die Dicke der Schrupffolie bestimmt der Anwender selbstverständlich über die Wahl der eingesetzten Schrupffolie, während hingegen die anderen Einflussgrößen durch die Manipulation bzw. die Parametrierung der Schrupfmaschine direkt oder indirekt eingestellt werden können. Weitere, den Schrumpfvorgang bestimmende Kennwerte sind durch den Anwender nur bedingt beeinflussbar – abhängig vom gewählten Schrupfsystem. Der Abstand zwischen Brenner / Gebläse und der Schrupffolie ist bei automatisierten Schrupfsystemen bei vorgegebener Ladeeinheitsgröße nicht variabel, ebenso wie der Verfahrgeschwindigkeit, der sich durch die Abmessungen der zu sichernden Ladeeinheit ergibt.

Beim Schrumpfen mit manuellen Schrumpfsystemen, die aufgrund ihrer breiten Nutzbarkeit ebenfalls bei der Erstellung der Prüfvorschrift betrachtet werden, kann der Anwender diese beiden Parameter i. d. R. verändern.

Selbst anhand der oben beschriebenen Parameter wird deutlich, dass eine anwendungsgerechte und praktikable Bestimmung des Schrumpfverhaltens für den Anwender eine große Herausforderung darstellt. Um das Prüfverfahren dennoch handhabbar zu machen, wurde daher die Prüfvorschrift in der Art gestaltet, dass die dort beschriebenen Testreihen hinsichtlich der zu verwendenden Packgüter und Ladeeinheiten („Testladeeinheit“), der einsetzbaren Schrumpfmaschinen und der Prozessführung so detailliert wie nötig, doch auch so anwendungsgerecht wie möglich ausgeführt wurden.

Eingang in VDI-Richtlinie

Konkretisiert bedeutet das, dass für einen Anwendungsfall lediglich die Folienqualitäten im Vorfeld bestimmt und dann anhand von Temperaturmessungen während des Schrumpfprozesses an einer Testladeeinheit inkl. nachfolgender optischer Begutachtung die Qualität des Schrumpfergebnisses festgestellt werden muss. Alles in allem ist dies eine sehr einfache Vorgehensweise, die insbesondere auch für KMU handhabbar ist.

Zuerst wird demnach eine Dickenmessung an der Folie durchgeführt, um die durch den Hersteller zugesicherte Qualität der Folie zu überprüfen. An einer durch den Anwender zu wählenden, repräsentativen Ladeeinheit werden nach einem in der Prüfvorschrift vorgegebenen Muster Temperaturmessstreifen verteilt (vgl. Abbildung 3), die den Wärmeeintrag in die Schrumpffolie und die Temperaturverteilung während des Schrumpfvorganges aufzeichnen. Wenn vorhanden, können ggf. auch Wärmebildkameras o. ä. eingesetzt werden, wobei jedoch die Wahl von Temperaturmessstreifen die günstigste Variante darstellt.

Je nach Ergebnis des Schrumpfvorganges – speziell der Auswertung der Temperaturmessdaten sowie einer optisch-qualitativen Bewertung – werden weitere Prüflinge nach den Vorgaben der Prüfvorschrift den Testreihen unterzogen. Ergibt die Begutachtung anhand der in der Prüfvorschrift aufgeführten Bewertungskriterien ein positives Schrumpfergebnis, stellen die in der aktuellen Konstellation verwendeten Schrumpfpparameter das optimale Ergebnis dar.

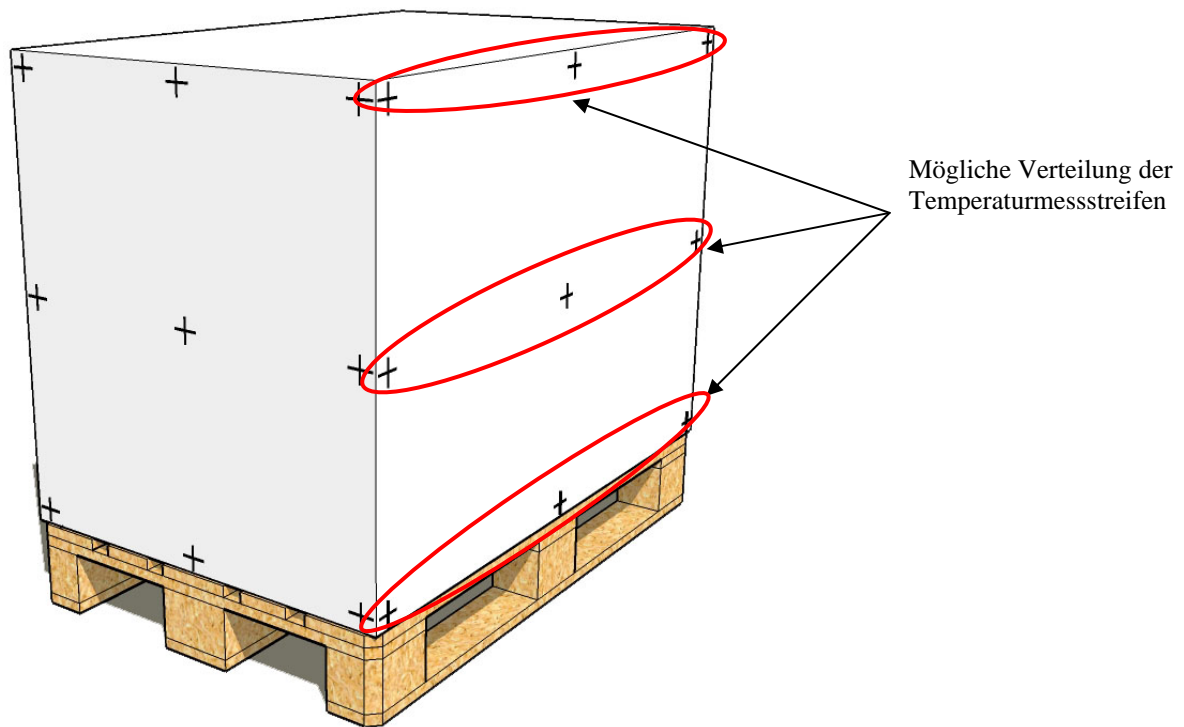


Abbildung 3: Verteilung der Temperaturmessstreifen an einer Testladeeinheit

Im Rahmen des Projektes wurde die entwickelte Prüfvorschrift beispielhaft durch repräsentative Versuche unter Laborbedingungen verifiziert. Hierzu wurden auf einem gasbetriebenen Schrumpfrahmen Testladeeinheiten anhand der in der Prüfvorschrift beschriebenen Vorgehensweise erzeugt. Um die Belastbarkeit der Schrumpffoliensicherung und somit im Umkehrschluss auch die Praktikabilität und Anwendbarkeit der Prüfvorschrift zu validieren, wurden die nach Anwendung der Prüfvorschrift gesicherten Ladeeinheiten systematisch in einem weiteren Schritt verschiedenen Belastungstest unterzogen, wie sie in den zu erwartenden Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen i. d. R. auftreten können.

Zum einen wurden Schwingprüfungen auf einem elektrohydraulischen vertikalen Schwingtisch (nach der Norm ASTM D 4103 „Standard Practice for Performance Testing of Shipping containers and Systems“) sowie Testreihen auf einer Horizontal-Stoßprüfanlage (nach DIN EN ISO 2244 „Verpackung - Versandfertige Packstücke und Ladeeinheiten - Horizontale Stoßprüfung“) im IDH-eigenen PackLab® unter Einhaltung der in den angesprochenen Normen geforderten Randbedingungen (z. B. Vorklimatisierung) durchgeführt. Hier konnte gezeigt werden, dass die mittels der Prüfvorschrift dimensionierten Ladeeinheitensicherungen den Anforderungen der in den Distributionsprozessen auftretenden mechanisch-dynamischen Belastungen standhalten. Somit konnte bestätigt werden, dass die im Rahmen des Projektes erarbeitete Prüfvorschrift den Praxisanforderungen seitens der anwendenden Unternehmen standhalten kann.

Um diese Prüfvorschrift im weiteren Verlauf auch einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wurden die Erkenntnisse aus dem Projekt zur Vervollständigung der VDI-Richtlinie 3968 Teil 4 „Schrumpfen“ in diese aufgenommen. Die Veröffentlichung der Richtlinie durch den VDI erfolgt in Kürze, wodurch die Ergebnisse für alle interessierten Anwender zur Verfügung stehen werden.

Umsetzung und Nutzung der Prüfvorschrift

Somit ist festzustellen, dass das entwickelte Prüfverfahren einen Beitrag zur Steigerung der Sicherheit im Straßenverkehr leisten kann und wird. Anwendern und Unternehmen steht mit dem Prüfverfahren ein Hilfsmittel zur Verfügung, mit dem sie ohne großen Aufwand die optimale Auslegung ihrer Ladeeinheitensicherung durch Schrumpffolien verifizieren können. Dadurch können insbesondere die Folgen aufgrund mangelnder und fehlerhafter Ladeeinheitensicherung, die nicht selten in Form von zerstörtem Ladegut oder im Extremfall in Form von Unfällen mit Personenschäden hohe Kosten verursachen, deutlich gemindert werden.

Grundsätzlich wäre es denkbar, dass in einem weiteren Schritt die labortechnischen Testreihen sowie die entsprechenden Praxisversuche über die in diesem Forschungsprojekt vorgenommenen exemplarischen Versuche hinausgehen. Somit könnte das Prüfverfahren mit weiteren praxisgeprüften Daten in der Breite untermauert werden, um so die Handlungs- und Auswahlempfehlungen – bezogen auf die Prozessparameter beim Schrumpfen sowie die Schrumpffolienauswahl – zu ergänzen bzw. zu konkretisieren.

Gerade vor dem Hintergrund der sich z. Zt. andeutenden globalen Finanz- und Wirtschaftskrise ist dies ein wirksamer Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit sowie zur Senkung von Kosten bei Unternehmen, insbesondere bei KMU.

Kontakt:

Institut für Distributions- und Handelslogistik (IDH) des VVL e. V.
Giselherstr. 34
44319 Dortmund
www.vvl-ev.de
info@vvl-ev.de