

Die Rolle von Klebstoffen und deren Verarbeitung für die Verpackungsminimierung

Die neueste europäische Packaging and Packaging Waste Regulation leitet eine Wende in der Verpackungsindustrie ein. Dieser Beitrag beleuchtet, wie diese Verordnung die Entwicklung recycelbarer Verpackungen beschleunigt und wie „Design for Recycling“ sowie die Minimierung von Verpackungsmaterialien den Weg zu einer nachhaltigeren Zukunft ebnen. Zwei Hauptansätze stehen hierbei im Fokus: die Reduktion des Klebstoffeinsatzes zur Vereinfachung des Recyclings und die Vermeidung überflüssigen Abfalls in Produktion und Nutzung.

Thomas Walther

Die europäische Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR) ist ein entscheidender Schritt zur Transformation der Verpackungsindustrie. Sie fördert die Entwicklung von Verpackungen, die nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch recycelbar sind. Ein zentraler Bestandteil dieser Richtlinie ist die Vereinfachung der Verpackungsmaterialien und die Förderung des Konzepts „Design for Recycling“. Einer der wichtigsten Aspekte der Verordnung ist die nahtlose Integration der Verpackungen in bestehende Abfallbewirtschaftungssysteme. Um dies zu erreichen, muss die Gestaltung von Verpackungen die Anforderungen des Recyclings berücksichtigen. Die für die Verpackungsherstellung verwendeten Komponenten, einschließlich der Klebstoffe, dürfen den Recyclingprozess nicht stören. Ein effektives Design gewährleistet nicht nur die einfache Rückgewinnung der Papierfasern, sondern unterstützt auch die Nachhaltigkeitsziele der Verordnung.

Aus den Zielen der Minimierung des Verpackungsaufkommens der Verordnung ergibt sich ein weiterer wichtiger Aspekt: Die Minimierung von Gewicht und Volumen der Verpackungen. Die Funktionalität der

Verpackung und der Schutz des verpackten Produktes müssen dabei gewährleistet bleiben. Dies erfordert eine ausgeklügelte Balance zwischen Form und Materialeinsatz. Das Ziel der Verpackungsminimierung ist neben der Recyclingfähigkeit ein weiterer Aspekt, der beim Design der Verpackung zu berücksichtigen ist.

Effiziente Produktionsmethoden und recycelbare Klebstoffe

Die Vermeidung von Abfall im Prozess der Verpackungsherstellung ist ein entscheidender Faktor, um die Ziele der europäischen Packaging and Packaging Waste Regulation zu erreichen. Ein wichtiger Aspekt dabei ist die Auswahl von Produktionsmethoden, die fehlerarm sind und recyclinggerechte, störungsfrei applizierbare Klebstoffe verwenden. Der 4evergreen-Leitfaden "Circularity by Design Guideline for Fibre-Based Packaging" bietet umfangreiche Informationen über die Recyclingfähigkeit verschiedener Klebstoffe [1] (Bild 1).

Die Eignung von Klebstoffen für den Recyclingprozess variiert, wobei konventionelle Typen wie Kalt- und Heißeime meistens geeignet sind. Es wird emp-



Bild 1 Der 4evergreen-Leitfaden "Circularity by Design Guideline for Fibre-Based Packaging" bietet umfangreiche Informationen über die Recyclingfähigkeit verschiedener Klebstoffe

* Die 4evergreen Allianz ist ein Zusammenschluss von mehr als 100 Unternehmen der gesamten Wertschöpfungskette für faserbasierte Verpackungen mit dem Ziel, die Recyclingrate bis 2030 von aktuell 82,5 % (Eurostat) auf 90 % zu bringen.

fohlen, sich von den Klebstoffherstellern fachgerecht beraten zu lassen, um sicherzustellen, dass die verwendeten Produkte den Recyclingstandards entsprechen. Dieses Vorgehen ist essenziell, um sowohl die Umweltverträglichkeit als auch die Effizienz der Verpackungsproduktion zu gewährleisten.

Die verbreitete Annahme, dass der Verzicht auf Klebstoffe automatisch zu nachhaltigeren Produktionsprozessen führt, ist nicht zwangsläufig richtig. Tatsächlich kann der Verzicht auf Klebstoffe oft dazu führen, dass mehr oder stärkeres Verpackungsmaterial verwendet werden muss. Dies steht im Widerspruch zum Ziel der Verpackungsminimierung. Eine genau dosierte Menge an Klebstoff ermöglicht dagegen die Herstellung von Verpackungen, die nicht nur leichter sind, sondern auch die erforderliche Festigkeit und Haltbarkeit aufweisen.

Nachhaltigkeit durch optimierte Klebstoffnutzung

Der Schlüssel zur Nachhaltigkeit liegt in der Optimierung der Klebstoffmenge. Dieses Vorgehen unterstützt das Gleichgewicht zwischen Materialminimierung und der Aufrechterhaltung der notwendigen Funktionalität der Verpackung. Das Prinzip "Weniger ist mehr" ist besonders relevant beim Einsatz von Klebstoffen in der Verpackungsindustrie. Eine reduzierte Menge an Klebstoff verbessert nicht nur die Fasererträge bei der Wiederverwertung, sondern erleichtert auch die Reinigung und Siebung in Recyclinganlagen. Systemlösungen von Baumer hhs, wie die Corrbox Solution oder die Side Seam Gluing Solution, nutzen eine Stitching-Funktion, um die Klebstoffmenge zu reduzieren. Diese Technik ersetzt durchgehende Klebstofflinien durch kürzere Einzellinien, wodurch der Klebstoffverbrauch um bis zu 50 % gesenkt wird.

Diese Reduzierung wirkt sich positiv auf den Recyclingprozess aus, da sie den Ausschuss (Reject) sowie die Belastung der Sieb- und Reinigungsanlagen verringert. Darüber hinaus sind die Teilstriche des Stitchingauftrags so dimensioniert, dass sie im Recyclingprozess effizient ausgesiebt werden können.

Untersuchungen der Papiertechnischen Stiftung (PTS), einem zertifizierten Prüfinstitut, unterstreichen die Wirksamkeit des Stitchingverfahrens in der Verpackungsindustrie. Laut PTS beeinträchtigt



© Baumer hhs

Bild 2 Das PX 1000 Klebstoffauftragsventil in der Anwendung

dieses Verfahren die Klebkraft einer Klebenaht nicht, sondern verbessert sie sogar in einigen Fällen. Diese Erkenntnis ist besonders relevant, da sie zeigt, dass die Reduzierung der Klebstoffmenge die Recyclingfähigkeit der Verpackungen steigert, ohne deren Funktionalität zu beeinträchtigen.

Das Stitching-Verfahren sowie der Auftrag von Punktsequenzen resultieren in erhöhten Schaltfrequenzen. Ein frühzeitiger Ausfall der Klebstoffauftragsventile wäre ganzheitlich gesehen nachteilig. Daher bevorzugt Baumer hhs elektromagnetische Klebstoffauftragsventile. Diese unterscheiden sich von pneumatischen Varianten dadurch, dass sie keine dynamischen Dichtungen benötigen und deshalb einen stabilen Antrieb aufweisen. Die Ventile arbeiten zuverlässig und häufig weit über die garantierte Menge von einer Milliarde Schaltungen hinaus. Somit ist eine Reduktion des Klebstoffverbrauchs möglich, ohne dass die Ventile vorzeitig verschleifen.

Reduzierter Klebstoffverbrauch halbiert den CO₂-Fußabdruck

Die Halbierung des CO₂-Fußabdrucks durch einen reduzierten Klebstoffverbrauch stellt einen weiteren Vorteil dar. Da die meisten Klebstoffe auf begrenzten fossilen Ressourcen basieren, ist ihre Gewinnung, Verarbeitung und Logistik mit dem Ausstoß von CO₂-Emissionen verbunden. Auch der Einsatz biobasierter Klebstoffe führt nicht zu emissionsfreien Prozessen. Im Kontext des Klimaschutzes ergibt sich daher die Notwendigkeit, den Klebstoffverbrauch zu minimieren. Neben dem Klimaschutz profitieren auch das Papierrecycling und die Substratminimierung von dieser Reduzierung. Ebenso werden die Kosten gesenkt. Diese As-

pekte unterstreichen die Bedeutung optimierter Klebstoffauftragstechniken, die nicht nur den Verbrauch senken, sondern auch die Funktionalität der Verpackungen gewährleisten. Dieser ganzheitliche Ansatz trägt somit zur Nachhaltigkeit und Effizienz in der Produktion bei.

Einfluss von Verpackungen auf die Umwelt

Verpackungen beeinflussen die Umwelt im Wesentlichen auf zwei Arten: durch direkte und durch indirekte Auswirkungen. Direkte Umweltauswirkungen entstehen bei der Herstellung der Verpackung und am Ende ihres Lebenszyklus. Sie betreffen die verwendeten Materialien, den Energieverbrauch, die Emissionen und die Entsorgung.

Indirekte Umweltauswirkungen entstehen durch den Einfluss der Verpackung auf den Lebenszyklus des darin enthaltenen Produkts. Eine effiziente Verpackung schützt das Produkt vor Beschädigung und Verderb und erleichtert die Logistik. Wird jedoch die Verpackung oder das Produkt selbst beschädigt, führt dies häufig zu Abfall. In solchen Fällen ist der ökologische Fußabdruck durch den Verlust des Produktes meist größer als der der Verpackung selbst. Daher ist es wichtig, Verpackungen so zu gestalten und zu verwenden, dass sowohl die direkten als auch die indirekten Auswirkungen auf die Umwelt minimiert werden.

Der korrekte Auftrag ist entscheidend für die Qualität

Der korrekte Auftrag von Verpackungsklebstoffen ist für die Qualität und Funktion von Verpackungen und damit auch für den indirekten Fußabdruck einer Verpackung von großer Bedeutung. Ein fehler-

hafter Klebstoffauftrag führt zu einer Reihe von Problemen. Dazu gehören unzureichender Klebstoffauftrag, Fadenbildung, Spritzer und Klebstoffkontamination sowohl auf der Verpackungsmaschine als auch auf dem Substrat oder dem Produkt selbst. Diese Probleme können zu hohen Ausschussraten führen, das vorzeitige Öffnen von Verpackungen begünstigen, Probleme mit Etiketten in der Lieferkette verursachen und zu Kundenreklamationen führen. Besonders kritisch sind sichtbare Klebstoffrückstände auf Lebensmittelverpackungen, die beim Verbraucher Zweifel an der Produktqualität wecken können. Eine präzise und kontrollierte Anwendung von Verpackungsklebstoffen ist daher entscheidend, um Produktionsprobleme zu vermeiden und das Vertrauen der Verbraucher sowie die Produktintegrität zu gewährleisten.

Die Qualität des Klebstoffauftrags wird im Wesentlichen von zwei Hauptfaktoren bestimmt: erstens durch die Qualität des Klebstoffes selbst und zweitens durch die Eigenschaften des verwendeten Auftragsventils. Ein qualitativ hochwertiger Klebstoff kann die Anzahl der Spritzer deutlich reduzieren. Der Ansatz, einen Teil der Einsparungen durch einen reduzierten Klebstoffverbrauch in qualitativ hochwertigere Klebstoffe zu reinvestieren, ist durchaus sinnvoll und kann sowohl ökonomisch als auch öko-

logisch vorteilhaft sein. Die Qualitätsunterschiede zwischen den verschiedenen Klebstoffen können beträchtlich sein und die Hersteller stehen für eine fachkundige Beratung zur Verfügung. Die Wahl des richtigen Klebstoffes ist besonders dann entscheidend, wenn in der Vergangenheit hohe Reklamationskosten durch fehlerhafte Verklebungen entstanden sind. Die Investition in bessere Klebstoffe kann nicht nur die Produktqualität verbessern, sondern auch langfristig zu Kosteneinsparungen führen.

Ein weiterer Ansatz zur Verbesserung der Auftragsqualität und zur Kostensenkung ist der Einsatz eines Klebstoffauftragsventils, zum Beispiel das Ventil PX 1000 von Baumer hhs (*Bild 2*). Kundenrückmeldungen unterstreichen, dass mit diesem Modell die Verschmutzung im Vergleich zum älteren Modell PL 500 um bis zu 50 % reduziert werden kann. Diese Verschmutzungsreduzierung führt nicht nur zu einem geringeren Reinigungsaufwand, sondern verhindert auch Verschmutzungen wie die sogenannte Bartbildung an der Düsenspitze. Bartbildung kann die Präzision des Klebstoffstrahls beeinträchtigen und durch Ablenkung des Klebstoffstrahls zu Fehlverklebungen führen. Die Leistungssteigerung des Ventils ist auf die um 42 % höhere Kraft zurückzuführen, die einen präziseren und saubereren Klebstoffauftrag ermöglicht.

Einflussfaktor Scherung im Auftragsystem

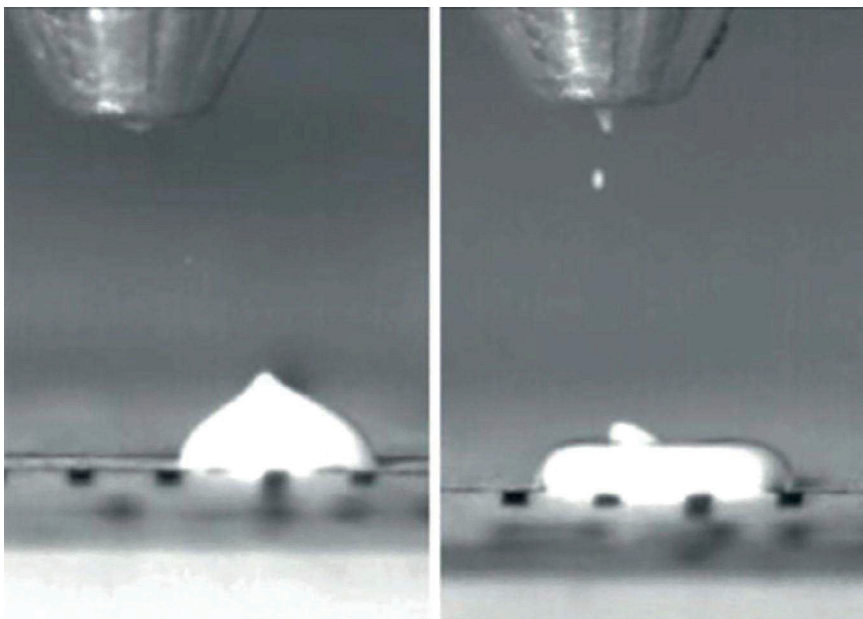
Ein weiterer wichtiger Aspekt, der die Qualität des Klebstoffauftrags beeinflussen kann, ist die Scherung des Klebstoffs im Auftragsystem. Scherung ist an sich kein Problem und ist immer in einem gewissen Maße gegeben. Sie wird jedoch problematisch, wenn sie in Abhängigkeit von der Menge des aufgetragenen Klebstoffs variiert. In solchen Fällen können konstante Zustände im Klebstoffauftragsystem nur begrenzt aufrechterhalten werden. Dies kann zu Inkonsistenzen im Klebstoffauftrag und damit zu Schwankungen in der Endqualität des Produktes führen.

Kolbenpumpen sind in der Verpackungsindustrie weit verbreitet. Besonders häufig kommen doppeltwirkende Kolbenpumpen zum Einsatz, die in beide Bewegungsrichtungen des Kolbens fördern können. Diese Pumpen arbeiten in Zyklen, wobei jeder Zyklus ein spezifisches Volumen an Flüssigkeit mechanisch in das System befördert. Ein generelles Problem von Verdrängerpumpen ist die unerwünschte pulsierende Förderung.

Um diesen Effekt zu mildern, werden Pulsationsdämpfer eingesetzt. Diese Geräte werden in Förderrichtung auf der Druckseite hinter der Pumpe installiert. Es gibt verschiedene Typen von Pulsationsdämpfern, darunter Drosselemente und hydropneumatische Varianten. Hydropneumatische Pulsationsdämpfer sind mit Gas gefüllte Behälter, wobei die Trennung zwischen dem Fördermedium und dem Gas durch eine Membran erfolgt. Das Gaspolster wird abwechselnd komprimiert und entspannt, wodurch die Pulsationen des Fördermediums ausgeglichen werden.

Pulsationsdämpfer sind nicht in der Lage, den Förderstrom vollständig zu glätten. Sie sind vielmehr darauf ausgelegt, Spitzen zu kappen und den Förderstrom innerhalb eines bestimmten Arbeitsbereichs zu egalisieren. Die Dämpfer reduzieren den variablen, höheren Eingangsdruck zu einem niedrigeren, gleichmäßigeren Ausgangsdruck. Dies geschieht durch Drosselung des Förderdrucks der Pumpe auf den Arbeitsdruck, den das System benötigt.

Ein wichtiger Aspekt bei der Verwendung von Pulsationsdämpfern ist die Scherung, besonders bei nicht-newtonschen Flüssigkeiten. Diese Scherung kann die Applikations- und Fördereigenschaften des Fluids verändern. Ob sich dies positiv oder nega-



© Baumer hhs

Bild 3 Klebstoffauftrag unter gleichen Produktionsbedingungen: Links wird ein Klebstoffpunkt mit einer DPP aufgetragen und rechts mit einer herkömmlichen Kolbenpumpe. Die strukturellen Veränderungen des Klebstoffs lassen sich auch visuell mit einer Hochgeschwindigkeitskamera erfassen.

tiv auswirkt, hängt von den spezifischen Eigenschaften der Fluide und den jeweiligen Anwendungsbedingungen ab. Wechselnde Betriebspunkte führen zu unterschiedlichen Scherbeanspruchungen, was ein nicht-lineares Verhalten des Fluids zur Folge hat. Beispielsweise zeigt ein strukturviskoses Fluid unter höherem Förderdruck eine stärkere Scherverdünnung. Wenn der Ausgangsdruck einer Förderpumpe über eine nachgeordnete Drosselung an die Geschwindigkeit der Produktionsmaschine angepasst wird, kann dies das Förder- und Auftragsverhalten beeinflussen. Es ist auch zu beachten, dass empfindliche Fluide durch diese Prozesse gestresst werden können, was oft zu irreversiblen Veränderungen in ihrer Homogenität und ihrem Verhalten führt.

Präzise und effiziente Förderung von Flüssigkeiten

Baumer hhs hat auf Basis dieser Überlegungen die DPP-Pumpenbaureihe für Maschinen mit hohem Geschwindigkeitsbereich, wie Faltschachtelklebmaschinen, entwickelt (Bild 3). Die Besonderheit der DPP-Förderpumpen liegt in der individuellen Steuerung jedes Kolbens. Anders als bei herkömmlichen Kolbenpumpen, bei denen die Kolben mechanisch gekoppelt sind, benötigt bei den DPP-Pumpen jeder Kolben einen eigenen Antrieb. Dies ermöglicht eine präzise Steuerung der Kolbengeschwindigkeit und deren Überlagerung, was eine wesentliche Verbesserung gegenüber traditionellen Systemen darstellt. Die DPP-Förderpumpe besteht aus zwei einfachwirkenden Kolbenpumpen. Jede Pumpe saugt nur im Aufwärtshub an und verdrängt die Flüssigkeit aus dem

Leimzylinder im Abwärtshub. Durch das wechselseitige Arbeiten der Pumpen mit Überlagerung im Druckbereich werden Druckeinbrüche an den Umschaltpunkten minimiert und Druckschwankungen auf ein unkritisches Maß reduziert. Dies geschieht ohne die Verwendung nachgeordneter Materialdruckregler, wodurch die zuvor beschriebenen Nachteile vermieden werden.

Das geförderte Flüssigkeitsvolumen und der Förderdruck der DPP-Pumpen sind über den gesamten Regelbereich weitgehend linear und hängen ausschließlich vom regulierten Lufteingangsdruck der Pumpe ab. Der Lufteingangsdruck wird dabei in einen gleichmäßigen Fluidruck umgewandelt.

Zusätzlich ermöglicht die Closed-Loop-Regelung der Pumpe eine schnelle Anpassung der Fördermenge. Ein Drucksensor misst den Flüssigkeitsdruck ausgangseitig und bei Abweichungen vom Sollwert findet eine sofortige Nachregelung statt. Dieses System bietet eine präzise, schnelle und effiziente Lösung für Anwendungen, bei denen eine konstante und präzise Förderleistung entscheidend ist.

Konstante Klebstoffqualität und Prozesseffizienz

Messungen und das Feedback von Klebstoffherstellern bestätigen, dass der Klebstoff bei Verwendung der DPP-Pumpen mit vernachlässigbarer Scherbelastung gefördert wird. Das bedeutet, dass die Eigenschaften des Klebstoffs während des Pumpvorgangs weitgehend unverändert bleiben. Der Klebstoff wird also in der gleichen Beschaffenheit aus dem System gepumpt, wie er eingespeist wurde. Insbesondere bei sensiblen Klebstoffen, die

auf Scherkräfte empfindlich reagieren, bietet dies einen wesentlichen Vorteil. Es bedeutet, dass die Qualität und Leistung des Klebstoffs über den gesamten Prozess konstant bleiben, was zu einer höheren Produktqualität, hoher Klebstoffauftragsqualität und Prozesseffizienz beiträgt. //

Literaturhinweise

[1] 4evergreen-Leitfaden "Circularity by Design Guideline for Fibre-Based Packaging" (abgerufen am 23.1.24): <https://4evergreenforum.eu/about/guidelinesandprotocol>

Der Autor

Thomas Walther
(twalther@baumerhhs.com)
Corporate Strategy & Innovation
Baumer hhs GmbH
Krefeld



Verpackungsklebstoffe



Dietrich Crail: Die Rolle von Klebstoffen bei nachhaltigen Verpackungen
<https://sn.pub/X9c4rY>

WASSERWIRTSCHAFT

Das Fachmagazin für Wasser und Umwelt.



Fundierte Berichte aus Forschung und Wissenschaft – WasserWirtschaft bietet hohe technologische Kompetenz durch praxisnahe Fachbeiträge. Nutzen Sie den Vorteil der zehn Printausgaben im Jahr zum Vorzugspreis und exklusiv dem interaktiven e-magazin mit der beeindruckenden Wissensdatenbank des Onlinearchivs mit pdf-Download.

www.meinfachwissen.de/wawi

