

FORSCHUNG KOMPAKT

FORSCHUNG KOMPAKT

2. März 2026 || Seite 1 | 6

Kreislaufwirtschaft – Papierverpackungen besser recyceln

Papierverpackungen ohne Klebstoffe verschließen

Papierverpackungen bieten eine Reihe von Vorteilen gegenüber ihren Pendanten aus Kunststoff: Sie zeichnen sich durch eine hohe Recyclingquote, geringere CO₂-Emissionen und niedrigere Entsorgungskosten aus. Allerdings lassen sie sich bislang nicht ohne zusätzliche Klebstoffe oder Kunststoffschichten verschließen – ein Nachteil für Herstellungs- und Recyclingprozesse. Im Projekt PAPURE entwickeln vier Fraunhofer-Institute ein laserbasiertes Verfahren, das komplett klebstofffreie Papierverpackungen ermöglicht.

Da Kunststoffverpackungen einen großen Anteil des Plastikmüllaufkommens ausmachen, steigt die Nachfrage nach umweltfreundlichen Verpackungsmöglichkeiten. Ein Material, das sich als nachhaltige Alternative zu Kunststoff immer größerer Beliebtheit erfreut, ist Papier. Das Problem: Für das Verschließen von Papierverpackungen ist der Zusatz von Fremdstoffen wie Klebstoff oder Kunststoff erforderlich. Diese Zusatzstoffe verunreinigen das Papier, erschweren den Recyclingprozess, mindern die Qualität des Recyclingmaterials und stellen damit eine erhebliche Herausforderung im sonst etablierten und effizienten Recyclingprozess von Papier dar. Im Projekt PAPURE verfolgen die Fraunhofer-Institute für Angewandte Polymerforschung IAP, für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV und für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU das Ziel, das Verschließen von Papierverpackungen ohne den Einsatz jeglicher Fremdstoffe zu realisieren, um die Recyclingfähigkeit zu verbessern. Die Institute bündeln ihre Expertise für die Entwicklung eines Fügeprozesses, der die Modifikation des Papiers durch Laservorbehandlung vorsieht, sodass es sich im Nachgang mittels eines Heißsiegelverfahrens direkt fügen lässt. Im Fokus des Vorhabens stehen die Analyse von verschiedenen Papieren/Materialcharakterisierung (Fraunhofer IAP), die laserbasierte Oberflächenmodifikation (Fraunhofer IWS), die Entwicklung eines innovativen Fügeverfahrens (Fraunhofer IVV) und die Etablierung eines industriennahen Demonstrators (Fraunhofer IWU). Am Fraunhofer IWU in Dresden entsteht eine Fertigungsanlage im Labormaßstab, die den Prozess für die Herstellung eines typischen Verpackungsmittels abbildet.

Papierzusammensetzung beeinflusst die Klebeeigenschaften

Im ersten Schritt charakterisieren Forschende des Fraunhofer IAP beschichtete und unbeschichtete Papiere für Verpackungsanwendungen sowie Druckerpapiere und Pappe, um festzustellen, ob sie sich für das Fügen ohne weiteren Fremdstoffauftrag eignen. Rund drei Dutzend Papiersorten stehen zur Auswahl. Ein besonderes Augenmerk liegt

Kontakt

Monika Landgraf | Fraunhofer-Gesellschaft, München | Kommunikation | Telefon +49 89 1205-1333 | presse@zv.fraunhofer.de

Christina Ludewig | Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Institutsteil Verarbeitungstechnik |

Telefon +49 351 43614-908 | Heidelberger Straße 20 | 01189 Dresden | www.ivv.fraunhofer.de | christina.ludewig@ivv-dd.fraunhofer.de

darauf, die Hemicellulose-, Cellulose- und Ligninanteile der Papiere zu identifizieren, da diese die Klebeeigenschaften der Materialien und die Menge und Zusammensetzung der entstehenden Spaltprodukte (Reaktionsprodukte der Laservorbehandlung) maßgeblich beeinflussen. Mithilfe analytischer Methoden wie der Rasterelektronenmikroskopie (REM), der High Performance Anionen Exchange Chromatographie HPAE oder der Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) wird die chemische Zusammensetzung und die Morphologie der unterschiedlichen Papiere vor der Laserbehandlung sowie die Reaktionsprodukte danach untersucht. Dr. Robert Protz, Wissenschaftler am Fraunhofer IAP: »Ein zu hoher Anteil an anorganischen Verbindungen wie Talkum und Calciumcarbonat wirkt sich negativ auf die Klebeeigenschaften und die Haftfestigkeit der Füge-nähte aus. Darüber hinaus kann man festhalten, dass sich dickere Papiere eher für ein bindemittelfreies Fügeverfahren eignen.« Die Forschenden konnten zeigen, dass für den Fügeprozess am Markt verfügbare Standardpapiere verwendet werden können, die dicker sind und beispielsweise für die Produktion von Einweg-Pappbechern und anderen Lebensmittelverpackungen genutzt werden.

FORSCHUNG KOMPAKT2. März 2026 || Seite 2 | 6

Papier mit CO-Laser kleben

Im nächsten Schritt bestrahlen Forschende des Fraunhofer IWS die Oberfläche des Papiers mit einem Kohlenstoffmonoxid-Laser (CO-Laser), wobei das Papier schlagartig erwärmt und die Papierhauptbestandteile Lignin, Hemicellulose und Cellulose kontrolliert in kurzkettige Verbindungen umgewandelt werden. Erst dieser neuartige Prozessschritt ermöglicht das klebstofffreie Fügen des Papiers. Nach der Bestrahlung verbleiben aufschmelzbare Spaltprodukte auf der Papieroberfläche, die sich anschließend mittels Druck und Wärme im Heißsiegelverfahren stoffrein fügen lassen. »Durch die Bestrahlung des Papiers mit einem CO-Laser erzeugen wir wieder aufschmelzbare, zuckerartige Reaktionsprodukte, die wir anstelle der sonst benötigten Kunst- oder Klebstoffe zum Fügen des Papiers mit dem Heißsiegelverfahren nutzen. Wir erzeugen also quasi unseren eigenen Klebstoff in Form der Spaltprodukte«, sagt Volker Franke, Wissenschaftler am Fraunhofer IWS in Dresden. »Mit dem Heißsiegelverfahren, einem etablierten Wärmekontaktverfahren, ist es nach der Laservorbehandlung gelungen, zwei Papierlagen durch Hitze und Druck zu verpressen und stoffschlüssig miteinander zu verbinden.«

Qualität der Fügestelle wird durch die Nahtfestigkeit definiert

Das erforderliche Fügeverfahren zur Verarbeitung der laserbehandelten Papiere mit aufschmelzbaren Spaltprodukten entwickeln die Projektpartner am Fraunhofer IVV. Dafür beziehen die Forschenden den Einfluss der Materialeigenschaften, Laserparameter sowie der Eigenschaften der aufschmelzbaren Reaktionsprodukte auf die Haftfestigkeit ein, die bereits von den Teams am Fraunhofer IAP und am Fraunhofer IWS erhoben wurden. Sie testen darüber hinaus, inwieweit sich die Nahtfestigkeit und Dichtigkeit durch geeignete Fügeparameter und Werkzeuggeometrien verbessern lässt und übertragen die Ergebnisse auf eine Verpackungslösung mit dem Ziel, marktgerechte Füge-nahteigenschaften zu erzielen. »Die Nahtfestigkeit bestimmt, wie schwierig es ist, eine

Verpackung aufzureißen bzw. zu öffnen«, erläutert Fabian Kayatz, Wissenschaftler und Projektkoordinator am Fraunhofer IVV in Dresden. »Durch Messungen der mechanischen Festigkeit in unterschiedlichen Belastungsarten (Schertest, T-Peel-Test) können wir den Einfluss von Laser- und Fügeparametern auf die Haftfestigkeit der Nähte zeigen. Entscheidende Fügeparameter sind die Siegeldauer, die Siegeltemperatur, der Siegeldruck und die Werkzeuggeometrie. Auch die Faserrichtung spielt eine Rolle, also die Position des Materials zum Siegelwerkzeug.« »Grundsätzlich streben wir eine Nahtfestigkeit an, die höher ist als die Spaltfestigkeit der Papierlagen. Bei den Schertests erzielen wir bereits gute Fügeverbindungen«, ergänzt Prof. Marek Hauptmann, Leiter des Verbundprojekts. »Mit einer nur zwei Zentimeter langen, wenige Millimeter breiten Verbindung kann man problemlos 25 Kilogramm anheben.«

FORSCHUNG KOMPAKT2. März 2026 || Seite 3 | 6

Klebstofffreies Fügeverfahren in bestehende Produktionsprozesse integrierbar

Am Fraunhofer IWU in Dresden entsteht derzeit eine modulare papierverarbeitende Fertigungsanlage im Labormaßstab, die den Prozess für die Herstellung eines flachen Vierrandbeutels – als typisches Verpackungsmittel – in einem Rolle-zu-Rolle-Verfahren abbildet. Kern der Arbeiten ist die Entwicklung und Integration eines Laser- und eines Siegelmoduls in den etwa sechs Meter langen, ein Meter tiefen und zwei Meter hohen industrienahen Demonstrator. Auf der Grundlage industriell erprobter Sensoren (u.a. Bild- und Feuchtesensoren) und eines digitalen Zwillings mit trainiertem Datenmodell wird der klebstofffreie Fügeprozess angepasst. Die Oberfläche der kontinuierlich durch die Anlage laufenden Papierbahn wird zunächst mit dem CO-Laser bestrahlt, wobei die bereits erwähnten Spaltprodukte entstehen. Im Anschluss wird eine zweite Papierbahn zugeführt, mit einem kombinierten Siegel- und Stanzwerkzeug im Heißsiegelverfahren mit vier Nähten gefügt und zu einer Beutelgeometrie ausgestanzt. Durch die Erwärmung im Fügeprozess werden die erzeugten Spaltprodukte wirksam und führen zu einer Verbindung der beiden Papierbahnen. Eine in der Anlage als Qualitätskontrolle verbaute Siegelnahtmessung soll künftig in Echtzeit Änderungen der Siegelnahtqualität erfassen, um so Laser- und Fügeparameter schnell nachjustieren zu können. Dr. Christer-Clifford Schenke, Wissenschaftler am Fraunhofer IWU: »Unser Ziel ist es, zum Projektende im September 2026 auf der Laboranlage zehn bis zwanzig Verpackungen pro Minute zu produzieren.«

Präsentation auf der Interpack 2026

Der praxisnahe, modulare Demonstrator zeigt, dass sich das Verfahren künftig in bestehende Produktionsprozesse integrieren lässt. Sowohl das Lasermodul als auch das Fügewerkzeug lassen sich separat in der Fertigung nutzen. Das macht das Verfahren besonders attraktiv für Verpackungsmaschinenhersteller, Packmittelproduzenten und Abpacker. Die Integration der PAPURE-Technologie erlaubt es Unternehmen dieser Branche, sich als Vorreiter im Bereich »Green Packaging« zu positionieren. Gemeinsam mit interessierten Unternehmen aus der Verpackungs- und Lebensmittelindustrie sowie mit Papierherstellern und Maschinenbauern streben die Projektpartner an, die Anlage

für die Großserienproduktion weiterzuentwickeln. Das Anwendungspotenzial der Technologie und die Funktionsweise der Anlage werden die Fraunhofer-Forschenden vom 7. bis 13. Mai auf der Messe Interpack 2026 im Rahmen der Technologie-Lounge des Verbandes Deutscher Maschinen und Anlagenbauer (VDMA) in Düsseldorf (Halle 4, Stand C54) präsentieren.

FORSCHUNG KOMPAKT2. März 2026 || Seite 4 | 6

Projekt-Webseite: <https://www.papure.fraunhofer.de/>



Abb. 1 Prozess zum fremdstofffreien Fügen einer lasermodifizierten Papierbahn

© Fraunhofer IVV



Abb. 2 Demonstratoranlage mit integriertem Papure-Lasermodul

© Fraunhofer IVV/ Foto Daniel Csobot

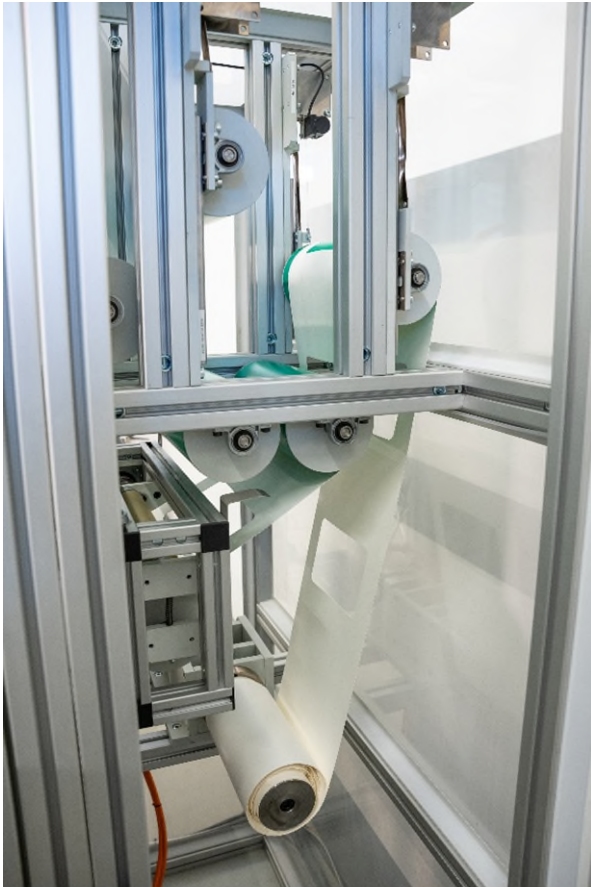


Abb. 3 Papierhaspel nach dem Siegelmodul. Gut zu sehen sind die Ausschnitte der Vierrandbeutel.

© Fraunhofer IVV/ Foto Daniel Csobot

FORSCHUNG KOMPAKT

2. März 2026 || Seite 5 | 6

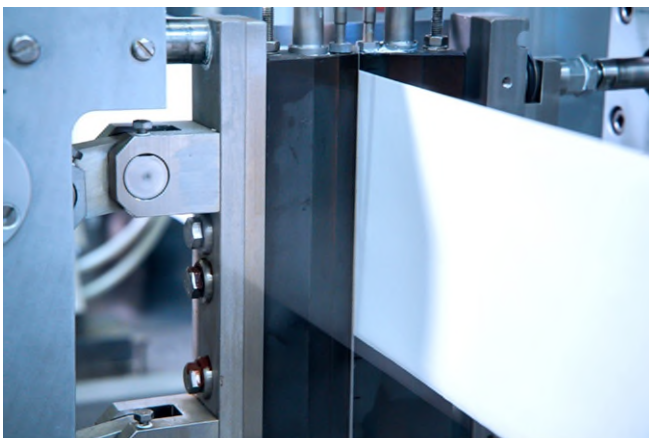


Abb. 4 Fügen einer Papierbahn mittels Wärmekontaktsiegelverfahren

© Fraunhofer IVV



**Abb. 5 Gesiegelte
Beutelverpackung aus Papier**

FORSCHUNG KOMPAKT
2. März 2026 || Seite 6 | 6

© Fraunhofer IVV