

# Beeinflussen die Klebstoffentwicklungen der letzten Jahre die Bindequalität?

**PUR-KLEBEBINDUNG** ■ Für Klebebindungen, die eine besonders hohe Haltbarkeit benötigen, ist ein PUR-Klebstoff die erste Wahl. PUR-Hotmelts bieten eine sehr hohe Klebekraft, sind gegen Kälte oder Hitze resistent und verfügen über eine hohe Beständigkeit gegen Öle in der Druckerfarbe oder im Toner. Allerdings gibt es in jüngster Zeit Tendenzen, die sich mit dem Begriff der „absoluten qualitativen Sicherheit“ nicht vereinbaren lassen.

■ Bei der ersten Generation der reaktiven Klebstoffsysteme bei ihrer Markteinführung im Jahr 1984 waren auf Grund der damals vorhandenen Rohstoffe nur Formulierungen der Klebstoffe möglich, die nach der Abkühlung der Schmelze eine relativ geringe Anfangsfestigkeit aufwiesen.

**WOCHENLANGE REAKTIONSZEIT.** Entsprechend große Probleme bestanden folglich bei der Auslage der gebundenen Produkte, dem Dreiseitenbeschnitt oder der Doppelnutzen-Verarbeitung über Trennsägen. Die Standzeiten der Klebstoffe in den Auftragsbecken war ebenfalls gestört, da chemische Reaktionen durch Wärme oder Luftfeuchtigkeit aus der Umluft zu schnellem Anstieg der Viskosität der Schmelzen beitrugen. Als störend wirkten sich auch die relativ langen Reaktionszeiten von bis zu sechs Tagen aus, die eine zügige Auslieferung und den Gebrauch der gebundenen Produkte stark verzögerten. Vor allem Rollenoffsetprodukte, die ohne Wiederbefeuchtung nur einen relativ geringen Feuchtigkeitsgehalt des Druckpapiers aufweisen, benötigten eine nahezu unendlich lange Reaktionszeit, die sich auf Wochen erstrecken konnte.

**AUSHÄRTUNGSZEIT: DREI TAGE.** Es dauerte mehr als zehn Jahre, bis Ende der 90er-Jahre die zweite Generation der PUR-Hotmelts mit wesentlich verkürzten Reaktionszeiten aufwarten konnte. Das wesentliche Merkmal dieser PUR-Generation war, dass sich der Zeitraum der Klebstoffaushärtung in Richtung drei Tage bewegte. Die Systeme wurden insgesamt in der Verarbeitung stabiler und dadurch im Verarbeitungsprozess erheblich sicherer. Bei der ersten Generation der PUR-Klebstoffe konnten längere Stillstandzeiten der Maschinen bei der Umstellung bereits im Fiasko enden. Nach dem nächsten Entwicklungsschritt trat nun selbst bei geringer Klebstoffabnahme bei der Bindung dünner Produkte keine wesentliche Viskositätsveränderung durch Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüsse mehr auf.

**10 000 EXEMPLARE PRO STUNDE.** Mit dem Sprung in das neue Jahrtausend stand unmittelbar auch die dritte Generation der PUR-Hotmelts zur Verfügung, die mit hochreaktiven Systemen entsprechend kurze Zeitabstände von wenigen Stunden bis zum Gebrauch der gebundenen Produkte ermöglichte. In Verbindung mit der hohen Reaktivität war die Anfangsfestigkeit der Bindung wesentlich verbessert, wodurch die Laufeigen-



## DER AUTOR

**Peter Stadler** ist freier Berater (Fa. Info Star) und ehemaliger Abteilungsleiter der Abteilung Druckweiterverarbeitung, Druckpapier und ID-Kartenprüfung bei der Fogra.

Zu seinen Spezialgebieten zählen Druckweiterverarbeitung, Papier, Veredelung, Falt-schachtelherstellung, Klebstoffe sowie Wechselwirkungen von bedruckten Oberflächen, Lacken, Folienkaschierungen.

→ [infostar@stadler-muenchen.com](mailto:infostar@stadler-muenchen.com)

schaften in der Maschine (Dreiseitenbeschnitt und Bandsägen für Doppelnutzentrennung) günstig beeinflusst und die Produktionsgeschwindigkeit von über 10 000 Exemplaren/h möglich wurde. Da die PUR-Technik bereits von Anfang an die Aufbereitung über Tank- oder Beutelschmelzanlagen erforderte, wurde zusätzlich die Forderung



## Jede Herausforderung innovativ und einfach meistern. Für die notwendige Flexibilität.



Der Markt entwickelt sich rasant und erfordert ein Höchstmass an Flexibilität. Gut organisiert stellen Sie diese sicher. Branchensoftware von Printplus unterstützt Sie dabei optimal. Denn hinter Printplus stecken innovative Ideen und technologische Kompetenz. Vor allem aber Menschen mit viel Erfahrung und Sinn für partnerschaftliche Zusammenarbeit. So schaffen Sie Vorteile für Ihr Unternehmen, schnell und zukunftsorientiert. Dafür steht Printplus, Ihr Partner aus der Schweiz.

**Vorsprung dank Intelligenz. Software von Printplus.** » [www.printplus.ch](http://www.printplus.ch)

**PRINTPLUS**

Software, die begeistert.

nach niedriger Viskosität und hoher Stabilität dieser Eigenschaft bei dieser Generation durchgesetzt. Nicht zuletzt begünstigten auch gänzlich geschlossene Systeme wie der Düsenauftrag in den Maschinen den Einsatz hochreaktiver Systeme.

Zu diesem Zeitpunkt konnten eigentlich die Wünsche der Anwender von PUR-Klebstoffen als weitgehend erfüllt betrachtet werden. Nur gelegentliche Reklamationen von Umschlag-Seitenbeleimungen, die trotz PUR-Klebebindung immer noch mit konventionellen EVA-Hotmelts durchgeführt wurden, trübten das Bild der perfekten buchbinderischen Verarbeitung von Broschüren. Da speziell auf dem Sektor der Magazin- und Zeitschriftenherstellung in unmittelbarer Nähe der Umschläge oftmals farbintensive Abbildungen und Vollflächendrucke im Bogenoffsetdruck vorliegen, traten immer wieder Wechselwirkungen zwischen den Ölen der Druckfarben und den EVA-Hotmelt-Seitenleimen auf. Die Bindung wurde von dem PUR zwar in „Form“ gehalten, aber hässliche Fettflecken auf den Umschlägen sowie ersten und letzten Seiten der Broschüren machten die Produkte unverkäuflich. Doch auch dieses Problem ist inzwischen gelöst, nachdem verschiedene Hersteller seit etwa 2005 PUR-Seitenleime liefern, die anfangs von hoher Dauerklebrigkeit – gleich konventionellen PSA-Typen – sind

dieser Klebstoffe ist die Eigenfestigkeit (Kohäsion) des aufgetragenen Klebstofffilms nicht in der Lage, eine elastische beziehungsweise plastische Verformung mitzumachen, ohne dass ein Filmriss auftritt. Für eine deutliche Beschleunigung der Vernetzungsgeschwindigkeit mussten zuerst Systeme eingesetzt werden, die auf UV-Licht reagieren und unmittelbar nach der Belichtung in der Vernetzung erheblich beschleunigt sind.

Aus dieser Entwicklung heraus resultiert die vierte Generation von PUR-Hotmelts in Buchbindereien, die etwa mit Beginn des Jahres 2004 in der Industrie eingeführt wurde. Diese als reaktive Dual-Cure-Polyurethan-Hotmelts bekannten Produkte sind erst etwa seit dem Jahrtausendwechsel auch für die Klebebindung bekannt, nachdem sich anfangs deren Verwendung in der Herstellung von Klebebändern abspielte. Wie der Name dieser Systeme aussagt, wird mit der UV-Bestrahlung die Vernetzung beschleunigt eingeleitet und zur Steigerung der Kohäsionseigenschaften beigetragen. Die Endfestigkeit des Systems wird anschließend durch die Feuchtigkeitsvernetzung über die Isocyanate hergestellt.

**WENIGER EMISSIONEN.** In das Jahr 2004 fällt auch die „Geburt“ der fünften Generation der PUR-Hotmelts. Nachdem ab einer gewissen Kon-

atembare Dämpfe und Aerosole. In reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen sind zwischen < 0,1 bis 4 Prozent ungebundene Isocyanate enthalten, die bei Temperaturen über 100 °C in gesundheitsschädlichen Konzentrationen in die Atemluft austreten können. MDI-Dämpfe können in kalter Umgebungsluft kondensieren beziehungsweise mit Wasser (Luftfeuchte) abreagieren. Bei der Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen konnte durch Messungen der Atemluft ein Auftreten von polymeren MDI und Polyurethan-Prepolymeren auch bei höheren Temperaturen nicht nachgewiesen werden. Der verarbeitete, vollständig ausgehärtete Klebstoff birgt keine Gefahr mehr, wenn man von Zersetzungsprodukten im Brandfall absieht“, so die Berufsgenossenschaftliche Information für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BGI 790-015).

Diese bislang letzte Generation der reaktiven PUR-Klebstoffe geht deshalb in die Richtung niedriger Emissionen von Isocyanaten und sollen damit das zunehmende Sicherheitsbedürfnis in den Produktionsstätten erfüllen.

**ERHÖHTE SICHERHEIT.** Dieses Ziel lässt sich jedoch auf unterschiedlichen Wegen erreichen. Verschiedene Hersteller von reaktiven Systemen setzen heute auf eine Emissionsreduzierung durch Absenkung der Temperatur bei der Aufschmelzung und Verarbeitung der Klebstoffe auf den Grenzbereich von 100 °C. Ein Kunststück bei diesen in niedrigen Temperaturbereichen verarbeiteten Klebstoffen ist es, die gewohnten Eigenschaften der Klebstoffe wie den Vernetzungsmechanismus, hohe Anfangsfestigkeit und Stabilität der Viskositätswerte im gewohnten Maße beizubehalten. Während der Produktion veränderliche Viskositätseigenschaften könnten sich bei kritisch zu klebenden Papieren durch verminderte Benetzung der Blattkanten rächen und insgesamt die Klebstoffadhäsion stören. Mit anderen Worten, die Haltbarkeit der Klebebindung wird im Falle von Viskositätsschwankungen negativ beeinflusst.

Andere Klebstoffhersteller haben sich auf sogenannte Hybridsysteme festgelegt, bei denen auf Polyurethan basierende Rohstoffe teilweise durch konventionelle Hotmelt-Rohstoffe ersetzt wurden. Aus der Sicht der Anwender und vor allem aus der Perspektive eines Gutachters für Buchbinderei und Druckweiterverarbeitung ist diese Entwicklung nicht unbedingt positiv zu bewerten. Bei Qualitätskontrollen an klebegebundenen Produkten, die unter Einsatz von Hybridsystemen hergestellt wurden, konnten teilweise deutlich verminderte Haltbarkeitswerte (Page-Pulltest) im Vergleich zu den Bindungen mit anderen PUR-Systemen festgestellt werden. Die Relevanz der verminderten Festigkeit, die bei 30 bis 40 Prozent liegen kann, hängt jedoch auch von der eingesetzten Papierqualität ab. Bei Naturpapieren und zum Teil auch bei matt gestrichenen Papieren können selbst die prozentual hohen Festigkeitseinbußen der Bindung sich nicht so entscheidend auf die Nutzbarkeit der Produkte auswirken. Anders sieht es bei schwieriger zu klebenden glänzend gestrichenen Papieren aus, die relativ schnell in den Ergebnissen der Pulltests bis in den Bereich



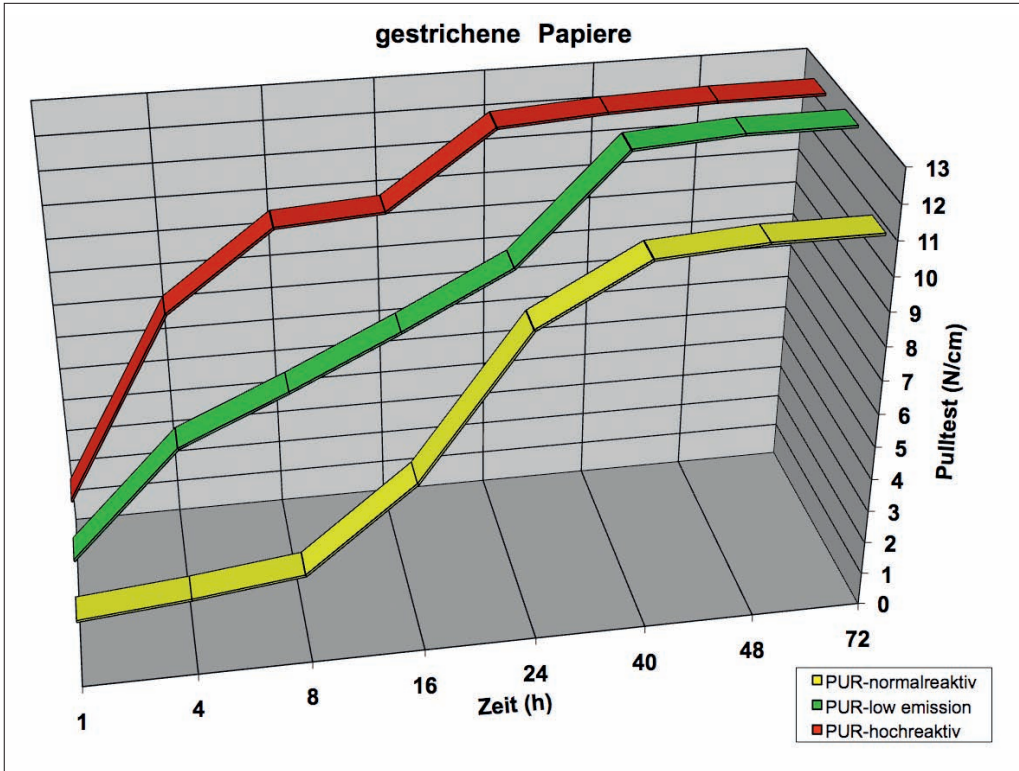
Ein klassischer Fall für die Klebebindung mit PUR-Hotmelt: Fotobücher, die mit vollflächig bedruckten Seiten im Digitaldruck auf gestrichenem Papier produziert wurden.

und erst nach der Vernetzung die gewohnten Eigenschaften der PUR-Hotmelts zeigen.

**PUR IN DER BUCHHERSTELLUNG.** Die hohe Qualität der Klebebindung, die mit PUR bei der Broschürenherstellung erreicht werden konnte, weckte selbstverständlich auch in der klassischen Buchproduktion Begehrlichkeiten. Doch einer Inline-Fertigung von klebegebundenen oder mit Faden gehefteten Buchblöcken und damit verbunden auch einer Rundung, stand die für diesen Zweck immer noch als „langsam“ zu bezeichnende Reaktionszeit der vernetzenden Systeme erheblich im Wege. Innerhalb der „Übergangsphase“ bis zur dreidimensionalen Vernetzung

zentration von freien Isocyanaten in den reaktiven Systemen von der Berufsgenossenschaft die Klassifikation „gefährliche Zubereitung“ vergeben wird, mussten die PUR-Hotmelts für die Buchbindereien mit der Kennzeichnung Xn (gesundheitsschädlich) gekennzeichnet werden. Die Klebstoffindustrie musste deshalb reagieren und entsprechende Produkte entwickeln, die in jedem Falle eine Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten für Isocyanate gewährleisten.

„Die gesundheitsschädlichen Eigenschaften der Isocyanate beziehen sich auf die freien, noch nicht gebundenen Isocyanate (monomeres MDI, polymeres MDI und Polyurethan-Prepolymere des MDI mit freien NCO-Gruppen) in Form ein-



Pulltestergebnisse im Zeitabstand von der Bindung am Beispiel glänzend gestrichener Papiere.

einer „geringen Haltbarkeit der Bindung“ absinken können.

Ein weiteres Problem dieser „Mischsysteme“ besteht unter Umständen in den veränderten Eigenschaften der Mineralöl-Destillatbeständigkeit und Resistenz der Bindung in extremeren Temperaturbereichen. Da die nicht vernetzenden Anteile der Klebstoffe durchaus mit Druckfarben reagieren können, sind Wechselwirkungen möglich, wie sie vor Jahren mit den Hotmelts auf EVA-Basis bekannt und in den Buchbindereien gefürchtet waren. Diesen Problemen der Wechselwirkungen brauchte seit der Einführung der PUR-Systeme kein Buchbinder mehr Beachtung zollen. Ähnlich ist es mit der Temperaturbeständigkeit bestellt, die bei den PUR-Hotmelts einen Bereich von -30 °C bis über +200 °C abdeckt.

Auch der Weg der fünften Generation (Low Emission) der PUR-Hotmelts kann aus der Sicht der „Prozesssicherheit und Qualität der Bindung“ nicht vollkommen kommentarlos hingenommen werden. In welche Richtung sich PUR im Verlauf der Reaktion und Haltbarkeit der Bindung im Abstand von dessen Applikation entwickelt hat, lässt sich aus dem Diagramm erkennen. Obgleich der Verlauf der Vernetzung nicht marktdeckend für alle PUR-Hotmelts auf LE-Basis gelten kann, lässt sich ein Trend erkennen. Als Beispiel sind die Pulltestergebnisse an glänzend gestrichenen Papieren mit einer flächenbezogenen Masse von 150 g/m<sup>2</sup> aufgeführt, die über einen Zeitraum von 72 Stunden gemessen wurden.

Die „normalreaktiven Systeme“ der zweiten PUR-Generation erreichen acht Stunden nach der Bindung etwa 20 Prozent ihrer Endfestigkeit (siehe Abb.: gelbe Kurve). Die hochreaktiven Systeme hingegen weisen im gleichen Zeitraum bereits 75 Prozent von deren Endfestigkeit auf (rote Kurve).

Das LE-System zeigt hingegen einen nahezu linearen Anstieg des Reaktionsverlaufes (grüne Kurve) und beschränkt sich auf einen etwa 50 prozentigen Zugewinn in der Festigkeit der Bindung. Bei verschiedenen Reklamationsfällen der letzten Zeit konnte festgestellt werden, dass der aufgetragene Klebstoff eine für PUR untypisch geringe Eigenfestigkeit aufweisen kann und sich oftmals nach 36 Stunden noch relativ leicht einreißen lässt.

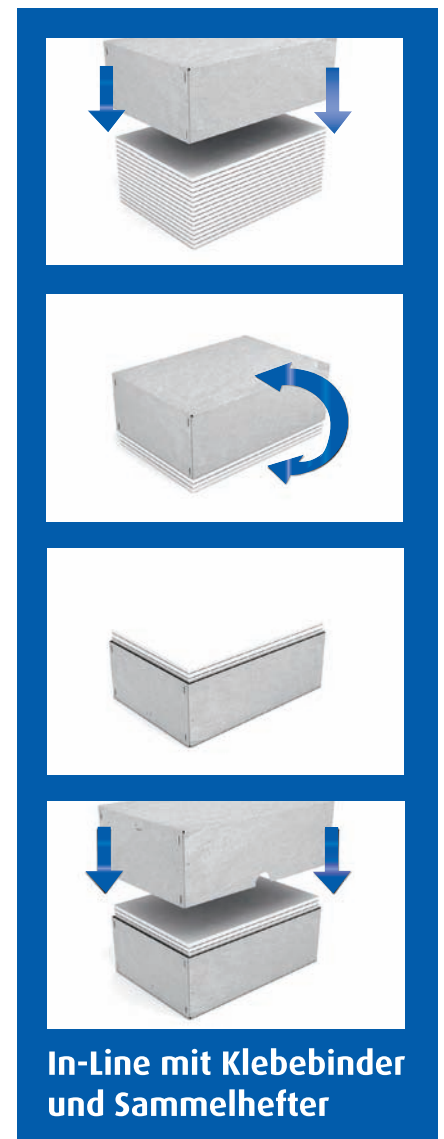
Auch die Wärmestabilität der Bindungen bei thermischen Belastungen im gleichen Zeitraum deckt sich nicht unbedingt mehr mit dem für PUR gewohnten Verhalten. Die Reaktionsgeschwindigkeit hängt nicht bedingungslos mit dem Gehalt von MDI zusammen, dafür dienen auch weitere Klebstoffkomponenten mit entsprechender Katalysatorfunktion. Mit Erstaunen musste jedoch bei einem aktiv vorhandenen Reklamationsfall festgestellt werden, dass offensichtlich hinsichtlich des Reaktionsverlaufes eines PUR-Systems keine Garantien übernommen werden. Selbst wenn anwendungstechnische Fehler und zu geringe Feuchtigkeit im Papier und Raumluft als Reklamationsursache auszuschließen sind, scheint die Klebstoffreaktionszeit inzwischen ein sehr heißes Eisen zu sein, das nicht gerne angefasst wird. Die Bedeutung der Klebstoffreaktionen sollte jedoch im Hinblick auf die immer kürzer werdenden Zeitabstände zwischen Druck, Verarbeitung und Versand nicht in zweiter Reihe von Produktanforderungen rangieren. Für Kataloghersteller mit kurzfristigen Auslieferungszeiten, Buchbindereien mit Doppelnutzenproduktion (Trennsägen) und Anwender des Digitaldrucks, die zum Beispiel den Fotobuchmarkt bedienen, ist die Reaktionsgeschwindigkeit und deren Konstanz bei verschiedenen Klebstoffchargen sehr wohl ein entscheidendes Kriterium.

**Peter Stadler**

## Vollautomatische Broschürenverpackung in Stülpkartons

Standard-Kartons aus Grau- und Micro-Wellpappe

- ▲ Bis 700 Stapel pro Stunde
- ▲ Formatwechsel per Knopfdruck
- ▲ Formate: 210 x 210 mm bis 250 x 350 mm
- ▲ Stapel bis 200 mm Höhe
- ▲ Markierungsfreier Stapeltransport
- ▲ Integrierte Stapelausrichtung



**In-Line mit Klebebinder und Sammelhefter**