

# Qualitätsrelevante Überlegungen bei der Verarbeitung von 2K-Klebstoffen aus Kartuschen

## Teil 1: Die Kartusche

Wenn man sich die Entwicklung des Klebstoffmarkts ansieht, wird deutlich, dass 2K-Klebstoffe auf dem Vormarsch sind. Das ist u. a. begründet durch das weite Eigenschaftsspektrum dieser Klebstoffgruppe und macht sich entsprechend in einer Vielzahl am Markt verfügbarer Klebstoffen, mit den unterschiedlichsten Eigenschaften bemerkbar. Neben dem weiten Spektrum der nach der Härtung vorliegenden mechanischen Eigenschaften von hochelastisch bis hochfest, den spezifischen Adhäsionseigenschaften, die es erlauben (die Auswahl des „richtigen“ Klebstoffs vorausgesetzt) Klebungen an nahezu allen denkbaren Werkstoffkombinationen zu realisieren und der guten Langzeitbeständigkeit, liegt der wohl größte Vorteil der 2K-Klebstoffe in der nach dem Mischen der Komponenten meist bei Raumtemperatur ablaufenden Härtung. Öfen oder beheizte Pressen sind nicht zwingend erforderlich, zumal sowohl schnell, als auch extrem langsam härtende Klebstoffe angeboten werden. So werden z. B. schnelle 2K-Polyurethanklebstoffe angeboten, die bereits nach 30 Sekunden praktisch fest sind, wogegen andere Klebstoffe lange Verarbeitungszeiten bis hin zu mehreren Stunden bieten.

Somit ist es nicht verwunderlich, dass 2K-Klebstoffe bereits seit Längerem in einer Vielzahl von industriellen Klebprozessen eingesetzt werden. Die Verarbeitung erfolgt meist aus Hobbock oder Fässern über spezielle Dosier- und Mischanlagen. Dank einer gestiegenen Nachfrage sowohl aus dem Handwerk, als auch der Industrie nach 2K-Klebstoffen wurden in den letzten Jahren deutliche Fortschritte sowohl in Bezug auf die Verpackung der Klebstoffe in 2K-Kartuschen, als auch in Bezug auf für einen manuellen Prozess geeignete Applikationssysteme erzielt.

Ein manuelles Applikationssystem besteht in der Regel aus drei Komponenten:

- der die beiden Klebstoffkomponenten in voneinander getrennten Kammern enthaltenden Kartusche
- dem Auspressgerät (Kartuschenpresse)
- dem statischen Mischer

Um eine prozesssichere Applikation zu gewährleisten, ist eine Abstimmung zwischen der Kartuschenpresse, dem Kartuschensystem, dem verwendeten statischen Mischer, dem Klebstoff und nicht zuletzt den Anforderungen hinsichtlich des erforderlichen Klebstoffvolumenstroms und der pro Auspressvorgang erforderlichen Klebstoffmenge von grundlegender Bedeutung.

In diesem ersten Teil einer dreiteiligen Reihe, die wichtige qualitätsrelevante Faktoren für die Verarbeitung von 2K-Klebstoffen aus Kartuschen beschreibt, sollen die Einflüsse der Doppelkartusche auf die Qualität der Klebung betrachtet werden. In den Teilen 2 und 3 werden dann die Einflüsse der Kartuschenpresse und des Mixers behandelt.

### DIE KARTUSCHE

Es ist trivial, die Kartuschengröße auf die Verbrauchsmenge abzustimmen. Auch wenn die volumenbezogenen Klebstoffkosten bei kleineren Kartuschen in der Regel höher als bei größeren Kartuschen sind, sollte immer auch die Handhabbarkeit im Blick behalten

werden. Je größer das Kartuschenvolumen, umso größer und schwerer ist das Auspressgerät, wobei naturgemäß pneumatisch- oder akkubetriebene Auspressvorrichtungen größer und schwerer als handbetriebene sind.

Neben den hauptsächlich eingesetzten, sogenannten Side-by-side-Kartuschen mit zwei nebeneinander angeordneten Kammern gibt es Koaxialkartuschen, bei denen die beiden Kammern koaxial zueinander angeordnet sind, und als weitere Variante die sogenannten Universalkartuschen (siehe Abbildung 1). „Universal“ bedeutet nun nicht, dass diese Kartusche für alle 2K-Klebstoffe unabhängig ihres Mischungsverhältnisses verwendet werden kann, sondern die Verarbeitung mittels einer „universellen“ 1K-Kartuschenpresse für die normale 310 ml Kartusche erfolgt, also keine spezielle 2K-Kartuschenpresse benötigt wird. Im Gegensatz zu den Side-by-side-Kartuschen, bei denen sich die beiden Klebstoffkomponenten in nebeneinander angeordneten Kammern befinden, sind sie bei der Universalkartusche in zwei hintereinander angeordneten Kammern untergebracht. Die Schubstange der 1K-Kartuschenpresse drückt auf den rückseitigen Kartuschenkolben der hinteren Kammer, der über sein spezielles Design mit dem rückseitigen Kolben der vorderen Kammer verbunden ist. Bei Betätigung der Kartuschenpresse werden also die rückseitigen Kolben der beiden Kammern gleichermaßen vorwärtsgedrückt und die enthaltenen Klebstoffkomponenten dem Mischer zugeführt. Eine spezielle Variante der Koaxialkartusche erlaubt ebenfalls die Verarbeitung mittels normaler 1K-Kartuschenpresse.

Recht neu auf dem Markt ist die Verpackung von 2K-Klebstoffen in Kartuschen, bei denen die Kammern, wie schon bei vielen 1K-Systemen häufig verwendet, aus Schlauchbeutel bestehen. Lediglich die Verbindung der beiden Schlauchbeutel und die wiederverwendbaren Kartuschenkolben bestehen aus stabilem Kunststoffmaterial. Beim Auspressen mittels einer speziellen 2K-Kartuschenpresse falten sich die Schlauchbeutel



Abb. 1: Side-by-Side und „universal“ 2K-Kartusche



Abb. 2: Auswahl der wichtigsten Schnittstellen zwischen Kartusche und Mischer

zusammen, sodass das später zu entsorgende Volumen gegenüber den bisher üblichen Kartuschensystemen deutlich geringer ist. Da mit diesen Systemen noch nicht viel Erfahrung gesammelt werden konnte, sollte trotz der unbestrittenen Vorteile in Bezug auf Nachhaltigkeit die Eignung für die jeweilige Anwendung genauestens überprüft werden.

Neben der Anordnung der Kammern unterscheiden sich die Kartuschen auch in der Schnittstelle zum Mischer, d.h. wie dieser mit der Kartusche verbunden wird und wie erreicht wird, dass die beiden Komponenten erst im Mischer zusammengeführt werden und bei Arbeitsunterbrechungen ein Verstopfen der Auslässe durch gehärteten Klebstoff vermieden wird. Die Schnittstelle zum Mischer kann z.B. mittels Schraubgewinde zum direkten Aufschaublen eines mit dem passenden Gegengewinde versehenen Mischers oder Aufstecken und Fixieren eines Mischers mittels einer Überwurfmutter, ggf. statt mit Gewinde auch mit Bajonettverschluss, oder indem der Mischer direkt über eine Art Bajonettverschluss mit der Kartusche verbunden wird, erfolgen. Ein ungewollter vorzeitiger Kontakt der beiden Komponenten wird durch eine mechanische Trennung z.B. in Form eines Mittelstegs, von verlängerten Auslassröhren oder bei kleinen Kartuschen durch eine direkte

Anbindung der Mischelemente an die Auslassöffnung erreicht.

Die 2K-Kartusche definiert über die Durchmesser der beiden Kammern das Mischverhältnis und hat zusätzlich die Aufgabe, die Klebstoffkomponenten vor Diffusionseffekten, z.B. dem Eindringen von Feuchtigkeit, die unter Härtung mit der Isocyanatkomponente von 2K-PU Klebstoffen reagiert, oder umgekehrt vor einem Lösemittelverlust aus lösemittelhaltigen Klebstoffen zu schützen und so eine möglichst lange Lagerfähigkeit zu gewährleisten. Selbstverständlich sind auch chemische Reaktionen zwischen dem Kartuschenwerkstoff und den Klebstoffkomponenten nicht erlaubt.

Über die Schubstangen der Kartuschenpresse wird die für den Materialaustrag erforderliche Kraft auf die Kolben der 2K-Kartusche übertragen. Der statische Mischer (siehe den in der 5. Auflage des Almanachs erscheinenden Teil 2 dieser Reihe) sorgt dann für eine kontinuierliche Vermischung der beiden Klebstoffkomponenten.

Auf den ersten Blick erscheint die Verarbeitung von 2K-Klebstoffen aus Mehrkammerkartuschen „narrensicher“ zu sein. Wird doch das Mischungsverhältnis als ein für die Qualität der resultierenden Klebung kritischer Prozessparameter über das volumetrische Verhältnis der beiden zylindrischen Kammern bestimmt. Jedoch kann diese Funktion nur dann korrekt erfüllt werden, wenn beiden, Kammern sich unter dem beim Auspressvorgang einstellenden Systemdruck nicht verformen oder aber die relative Volumenänderung beider Kammern identisch ist. Die Höhe des Drucks hängt nicht nur von der verwendeten Kartuschenpresse, sondern auch von der Viskosität der Klebstoffkomponenten, der Art, der Länge und dem Querschnitt des verwendeten statischen Mischers sowie der pro Zeit ausgepressten Klebstoffmenge ab. Die daraus resultierende Dehnung der Kartuschenwand ist abhängig von der Steifigkeit der Kammer, die nun wiederum durch

- das Kartuschen-Material,
- die Wandstärke,
- das Design und
- (da es sich bei den verwendeten Materialien um Thermoplaste handelt) auch die Temperatur<sup>1</sup>

bestimmt wird. (Bei Schlauchbeutelkartuschen übernimmt die Kartuschenpresse diese Funktion.)

Die beim Klebstoffaustrag ablaufenden Vorgänge sind am Beispiel der Side-by-side-Kartusche in der Abbildung 3 dargestellt, können aber auch auf die anderen Systeme übertragen werden. Solange über die Kartuschenpresse keine Kraft auf die Kartuschenkolben ausgeübt wird, befindet sich das System im Gleichgewicht (A). Bei der

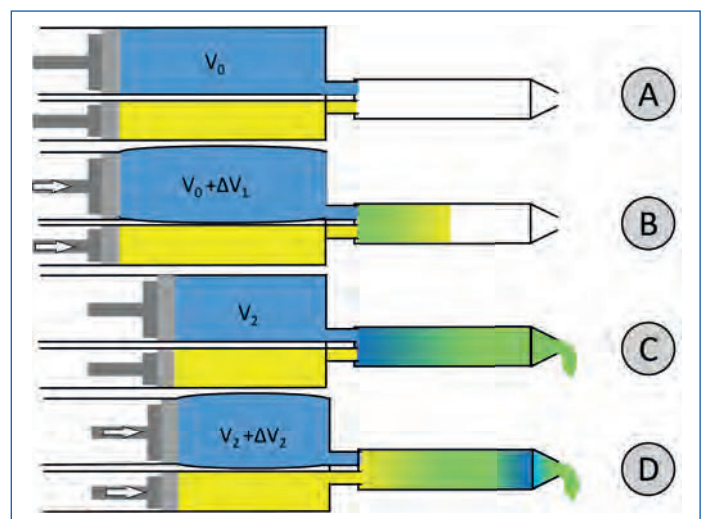


Abb. 3: Lead-Lag-EffektMischer

<sup>1</sup> In diesem Zusammenhang soll ausdrücklich davor gewarnt werden, nicht explizit vom Hersteller dafür zugelassene Kartuschen vor Gebrauch zu erwärmen, um die Viskosität der Komponenten zu verringern und somit das Auspressen zu erleichtern. Da die Kartuschen aus thermoplastischen Kunststoffen hergestellt werden, kann es, wie schon gelegentlich geschehen, platzen, was bei pneumatisch oder elektrisch betriebenen Kartuschenpressen zu einer schlagartigen, unkontrollierten Entleerung führt. Eine Kontamination von Personen mit den in der Regel als Gefahrstoff gekennzeichneten Klebstoffkomponenten ist dabei nicht auszuschließen. Weiterhin ist zu beachten, dass durch die Erwärmung die Reaktivität der Komponenten erhöht und somit die Topfzeit des Klebstoffs deutlich verringert wird.

erstmaligen Betätigung der Kartuschenpresse wird über die Schubstangen eine Kraft auf die Kartuschenkolben ausgeübt. Die Klebstoffkomponenten fließen in den Mischer, wodurch sich der Systemdruck in den Kartuschenkammern erhöht, was zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Expansion der Kartuschenkammer führt. Ist nun z. B. die Kammer der A-Komponente (blauer Klebstoff) weniger steif als die der B-Komponente (gelber Klebstoff), ist dort die Volumenvergrößerung  $\Delta V$  stärker ausgeprägt. Es wird also zunächst, bis die maximale Dehnung der Kammer erreicht ist, zu wenig der blauen A-Komponente in den Mischer gefördert (B). Statische Mischer können solche Fehldosierungen im Volumenstrom nur bedingt kompensieren, wodurch der Dosierfehler durch den statischen Mischer bis an die Spitze herausgetragen wird und sich als lokaler Mischfehler in der ausgetragenen Klebstoffraupe bemerkbar macht.

Nach vollständiger Füllung des Mixers und weiterhin konstantem Vorschub der Schubstangen befindet sich das System im Gleichgewicht, und das Mischverhältnis ist wieder optimal. Wird das System nach der Applikation entlastet und die Kartusche verbleibt in der Kartuschenpresse, sind die

Kartuschenkolben durch die Schubstangen in ihrer Position fixiert. Die in der Verformung der Kartuschenkammer gespeicherte Energie bewirkt, dass eine geringe Menge der A-Komponente in den Mischer nachströmt. Dies führt zu einem leichten Nachlaufen von Klebstoff aus dem Mischer (C). Bei Neustart des Auspressvorgangs kommt es zu einer erneuten Abweichung des Mischungsverhältnisses durch die Expansion der A-Kammer. In der Folge wird das bereits im Mischer befindliche Klebstoffvolumen mit einem Überschuss der A-Komponente (blau) zur Spitze des Mixers gefördert und auf das zu klebende Bauteil aufgetragen. Nach einer kleinen Menge Klebstoff mit einem nahezu korrekten Mischungsverhältnis folgt dann eine gewisse Menge Klebstoff mit einem Überschuss an B-Komponente (gelb) (D), bis sich wieder ein konstanter Systemdruck einstellt und Klebstoff mit korrektem Mischungsverhältnis aus dem Mischer austritt.

Für den Anwender macht sich dies durch Bereiche mit einer nicht vollständigen Klebstoffhärtung, d.h. weichen Stellen im Klebstoff, bemerkbar. Diese treten in Abhängigkeit der Größe des statischen Mixers regelmäßig nach einer bestimmten Menge ausgetragenen Klebstoffs auf. Da anders als

bei pneumatisch oder elektrisch betriebenen Kartuschenpressen bei Verwendung einer Handpresse der Vorschub der Schubstange nach jedem Pumpvorgang kurz unterbrochen wird, beobachtet man diesen auch als „lead-lag“ bezeichneten Effekt bei der Verwendung von Handpressen nicht nur nach Unterbrechungen des Auspressvorgangs, sondern ggf. über die gesamte Länge der aufgetragenen Klebstoffraupe.

Neben einer nicht ausreichenden Steifigkeit der Kartusche können auch Lufteinschlüsse in den Klebstoff-Komponenten zu diesem Effekt führen. Bei Erhöhung des Systemdrucks zu Beginn des Auspressvorgangs wird die eingeschlossene Luft komprimiert, sodass die luft-freie Komponente bis zum Erreichen konstanter Druckbedingungen zunächst im Überschuss ausgetragen wird. Wie schon bei der druckbedingten Expansion der Kartusche, führt die gespeicherte Energie nach Entlasten des Systems wiederum zu einem leichten Nachlaufen der die Lufteinschlüsse enthaltende Komponente in den Mischer. Zusätzlich haben Lufteinschlüsse einen negativen Einfluss auf die Qualität der Klebstoffverbindung und die Raupengeometrie.

Auch wenn der Anwender kaum Einfluss auf das Design der Kartusche und deren Befüllungsvorgang, bzw. die zum Aussondern von Kartuschen mit Lufteinschlüssen durchzuführenden Qualitätsprüfungen, z. B. durch eine Röntgenprüfung, hat, kann einem „lead-lag“ in gewissem Rahmen vorgebeugt werden. So empfiehlt es sich, Kartuschen aufrecht stehend zu lagern. Lufteinschlüsse steigen dann, sofern die Klebstoffkomponenten nicht zu hochviskos sind, nach oben und sammeln sich im Bereich der Austrittsöffnung. Wenn dann, wie ohnehin empfohlen, nach Einlegen der Kartusche in die Kartuschenpresse, aber vor dem Aufsetzen des statischen Mixers die Kartuschenpresse betätigt wird, bis aus beiden Kammern Material austritt, wird nicht nur ein anfänglich, aufgrund der nicht immer exakt auf gleicher Höhe befindlichen Kartuschenkolben und/oder Schubstangen, auftretendes nicht korrektes Mischungsverhältnis vermieden, sondern auch eventuelle Luft aus dem System entfernt. ●

### Dr. Hartwig Lohse

Ist seit 2009 selbstständig tätig und unterstützt unter dem Motto „**How do you glue**“ verschiedene, sich mit dem Kleben befassende Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette bei diversen, meist technisch orientierten Projekten. Ziel ist es dabei, für den Kunden die jeweils beste Lösung für seine spezifische Aufgabe zu erarbeiten. Hierfür kann Dr. Lohse auf mehr als dreißig Jahre in Industrie und Handwerk erworbene klebtechnische Erfahrung, ein eigenes klebtechnisches Labor und ein umfangreiches Netzwerk zurückgreifen. Durch aktive Mitarbeit in verschiedenen Gremien des DIN, des Industrieverband Klebstoffe e.V., des DVS und der DECHEMA, sowie in projektbegleitenden Ausschüssen von Forschungsprojekten, bleibt er nicht nur auf dem Stand der Technik, sondern ist auch bestens über neue Erkenntnisse der Klebtechnik informiert. Darüber hinaus ist er in der klebtechnischen Aus- und Weiterbildung, z. B. als Prüfer bei den DVS/ EWF-Lehrgängen zum Klebpraktiker, zur Klebfachkraft und zum Klebfachingenieur sowie als Dozent bei den Meisterkursen der Landesinnung für- Boots- und Schiffbau in Schleswig-Holstein tätig.

hlohse@hdyg.de | [www.how-do-you-glue.de](http://www.how-do-you-glue.de)



[how-do-you-glue.de](http://how-do-you-glue.de)

