

DAS MAGAZIN DES INDUSTRIEVERBAND KLEBSTOFFE

# KLEBEN fürs Leben

**Klebstoffe lassen  
es krachen**

# Inhalt

Titelthema Feuerwerk **04**

## **LIFESTYLE & KLEBSTOFFE**

Longboards **08**

## **TECHNOLOGIE & KLEBSTOFFE**

Ampelklebstoff **12**

Pannensichere Reifen **16**

Direktverglasung **22**

## **WOHNEN & KLEBSTOFFE**

Haushalts-Reparaturen **24**

Öko-Möbel **25**

Medizinklebstoff **28**

## **WISSENSCHAFT & KLEBSTOFFE**

Gecko-Roboter **30**

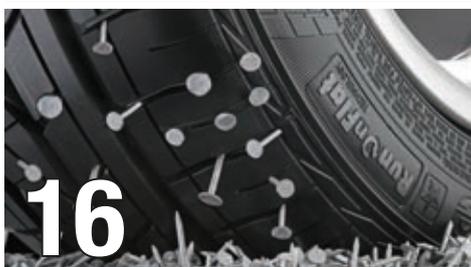
Kleber aus der Bakterie **32**

## **ALLTAG & KLEBSTOFFE**

Briefmarkengummierung **36**

Skulpturen aus Klebstoff **38**

Banknoten **43**



# Editorial

## Mit Klebstoffen ins neue Jahr



Ein Feuerwerk gehört zu Silvester wie der Hase zum Osterfest. Die bunte und laute Knallerei ist für viele Menschen in Deutschland unverzichtbar. Unzählige Raketen werden pünktlich zum Jahreswechsel in den Himmel geschossen und erhellen die Nacht mit farbenfrohen Explosionen. Doch kaum einer weiß: Klebstoffe fliegen mit und lassen es ordentlich krachen.

Was diese mit dem alljährlichen Pyrospektakel zu tun haben und welches Geheimnis sich hinter dem donnernden Knall verbirgt, erfahren Sie in der siebten Ausgabe von „Kleben fürs Leben“.

Dies ist aber bei weitem nicht das einzige Beispiel, das beweist: Klebstoffe stecken in viel mehr Dingen, als wir auf den ersten Blick vermuten würden. Oder, hätten Sie es gewusst? Bei jedem Einkauf wandern neben Geldscheinen - genauer gesagt „in“ ihnen – Klebstoffe über die Ladentheke. Möbeln geben Letztgenannte stabilen Halt. Und auch in der Medizintechnik leisten sie unverzichtbare Dienste. Doch ich möchte hier gar nicht zu viel verraten. Gehen Sie selbst auf Erkundungstour durch die faszinierende Welt der Klebstoffe.

Viel Spaß beim Lesen, Staunen und Entdecken!

Herzlichst Ihr

Ansgar van Halteren

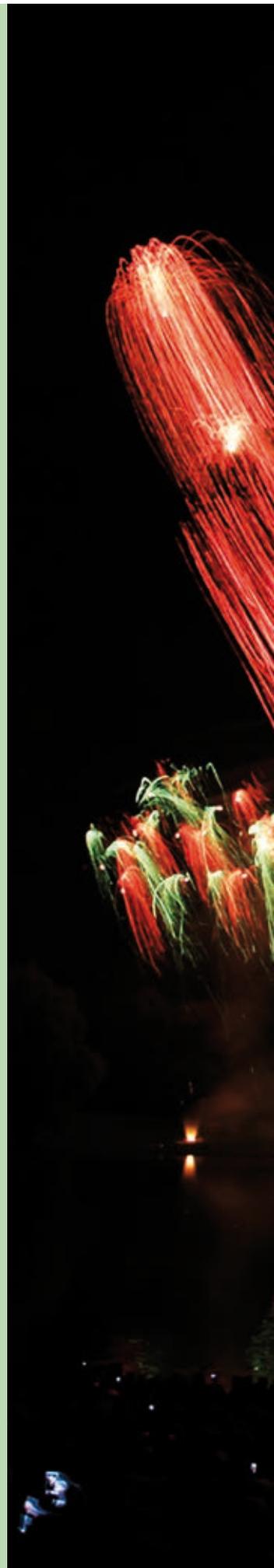
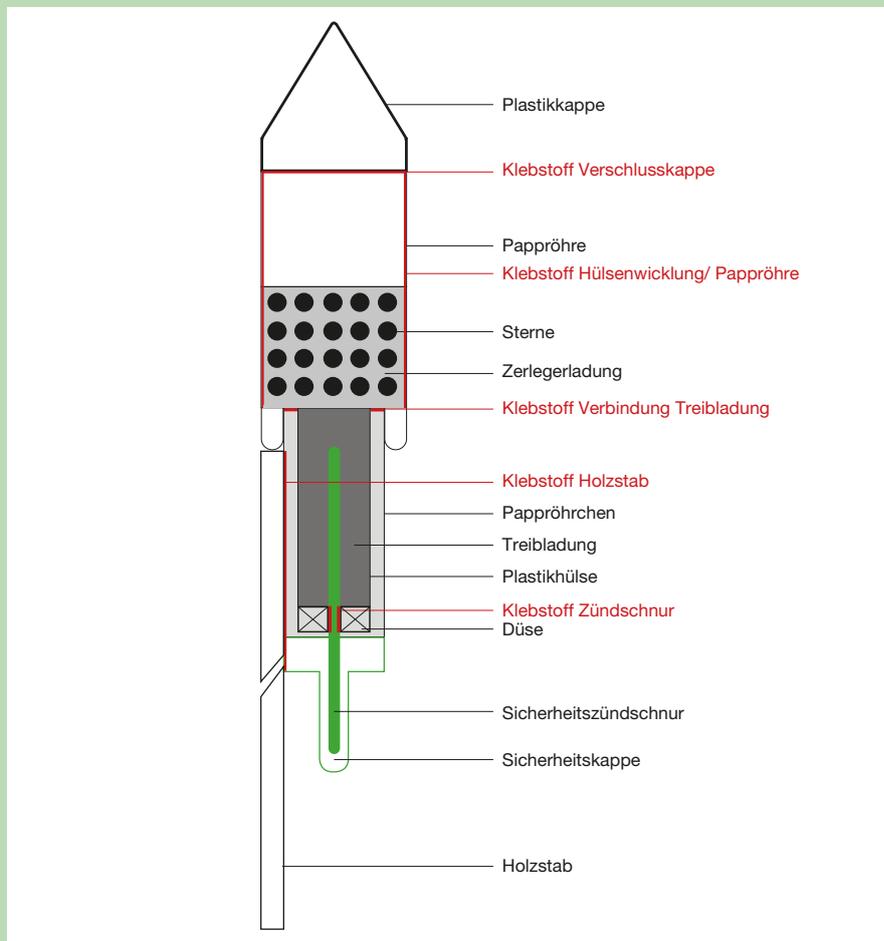


P.S. Diese Ausgabe von „Kleben fürs Leben“ gibt's auch wieder als interaktives E-Paper für Smartphone, Tablet und PC.

# Feuerwerk

## Gut geklebt heißt laut geknallt

Bunt glitzernd, krachend, hell erleuchtet und gewaltig – das Highlight einer jeden Silvesternacht ist ein Spektakel, das sich am Himmel abspielt: ein Feuerwerk der Extraklasse. Doch woher stammt eigentlich die Tradition, Raketen in die Luft empor zu jagen, und welches Geheimnis steckt hinter dem donnernden Knall?





Lautstark ging es an Silvester schon immer zu. Bereits die alten Germanen prägten die akustische Tradition: Um böse Geister zu vertreiben, veranstalteten sie mit Rasseln, Töpfen oder Peitschen einen ohrenbetäubenden Lärm. Ab dem 10. Jahrhundert läuteten zu Silvester traditionell die Kirchenglocken und die Menschen begrüßten das neue Jahr mit Paukenschlägen und Trompeten. Die voranschreitende Technik brachte schließlich Kanonen- und Pistolenschüsse einher, sodass die Dämonen wohl über alle sieben Berge flüchteten. Allgemeintauglich war dieses Kriegsgeschütz jedoch nicht. Erst im 20. Jahrhundert wurden im Zuge der Massenproduktion familientaugliche Feuerwerkskörper für Jedermann zugänglich. Aus Sektflaschen abgefeuert und mit andächtigem „Ohhh“ und „Ahhh“ bestaunt, dürfen laut knallende, glitzernd bunte Raketen auf keiner Silvesterfeier mehr fehlen. In Deutschland werden laut der Comet Feuerwerk GmbH sogar mehr als 100 Millionen Euro im Jahr für Raketen verpulvert.

### **Pyrotechnik – gut geklebt heißt laut geknallt**

Sicherheitskappe entfernen, Zündschnur anzünden: schon saust die Rakete hoch zum Firmament und zerspringt mit einem lauten Knall in den tollsten Farben und Formen. Doch damit die Silvesterrakete diesen Weg bis in den Himmel überhaupt unbeschadet übersteht, ihre Einzelteile dem Zündungsdruck standhalten und nicht bereits beim Start zerbersten, kommt es vor allem auf den Klebstoff an.

Um die enorme Leistung des verwendeten Klebstoffs nachvollziehen zu können, lohnt es sich, Raketen Aufbau und -funktionsweise nähere Beachtung zu schenken. Also von der himmlischen Explosion zunächst zurück auf den Boden der Tatsachen.

Für das eigentliche Abheben des Feuerwerks sorgen kleine Triebwerke. Das sind mit Kaolin und Schwarzpulvergranulat aufgefüllte Pappröllchen. Diese Raketenmotoren werden mithilfe von

Schmelzklebstoff an ihrem Korpus befestigt. In dem Korpus befindet sich auch die Zündschnur – selbstverständlich geklebt. Für den eigentlichen Effekt der Rakete, die schön anzusehende Explosion am Himmel, sorgen Mini-Bomben, die in den Korpus gefüllt werden und kleine Leuchtkugeln enthalten. Damit diese Ladung gut geschützt ist, wird eine spitzzulaufende Plastikkappe mit einem Epoxidharzklebstoff oder Schmelzklebstoff auf den Korpus geklebt. Doch nur mit dem Holzstab kann die Rakete überhaupt erst bis an die 80 Meter hoch fliegen. Dieser Leitstab aus Fichtenholz wird mit Schmelzklebstoff an dem Raketenkorpus befestigt und gewährleistet eine stabile Flugbahn. Erst jetzt kann es hoch in die Lüfte gehen.

Warum diese einzelnen Elemente so fest aneinander geklebt sein müssen, wird nach der Entzündung des Triebwerks deutlich. Es entsteht ein Gasdruck, der sich in der Düse bündelt und den Schub zum Antrieb der Silvester Rakete sicherstellt. Das Pappröllchen, das die Treibladung enthält, ist oben offen. Sobald der Treibsatz bis zum Ende verbrannt ist, zündet dieser zum enthaltenen Effekt über und jagt ihn gezielt nach oben hinaus. Die Plastikkappe wird dabei regelrecht abgesprengt und ein lauter Knall erzeugt.

Während des gesamten Vorgangs wirkt also ein enormer explosiver Druck auf den Raketenkorpus und seine

einzelnen Bestandteile, dem diese so lange wie möglich widerstehen müssen. Erst wenn die Rakete eine optimale Höhe erreicht hat, darf die Klebung nachgeben und den Effekt freigeben. Je besser die Rakete geklebt ist, desto lärmender die Explosion.

Für Klebverbindungen und Abdichtungen in der professionellen Pyrotechnik kommt meist ein spezieller, für diesen Anwendungszweck maßgeschneiderter 2-Komponentenklebstoff, bestehend aus Harz und Härter, zum Einsatz. Nach dem Aushärten ist der Klebstoff nicht nur so fest wie Kunststoff, sondern gleichzeitig auch wasserdicht. Er verbrennt, wie alle Pyromaterialien und ohne feste Rückstände. Bei Feuerwerkskörpern ist der Klebstoff aus Sicherheitsgründen oftmals blau eingefärbt, sodass der Pyrotechniker genau sieht, wo sich die Klebstellen befinden.



# Lifestyle & Klebstoffe

# Frisch gepresst: Longboard Decks

## Die rollende Trendwelle

Bärtige Hipster mit Wollmützen, sweete Mädels im Surferlook und Väter, die ihren Nachwuchs auf dem Longboard zum Kindergarten chauffieren: Noch nie war das Rollbrett so präsent auf den Straßen wie heute. Eine echte Wellenbewegung eben. Doch wie gelang das Longboard überhaupt vom Wasser auf den Asphalt und was haben Klebstoffe damit zutun?





Das Rollbrettfahren wurde in einem weichen Element geboren: dem Wasser. Das Surfen ist die Urform dieses Freizeitsportes. In den 1960er Jahren haben die Wellenreiter begonnen, auch das Land zu erobern. Und das aus einem einfachen Grund: Bei schlechtem Wellengang war ihnen schlichtweg langweilig. Also begannen sie, Rollen unter ihre Surfbretter zu schrauben – das Surfboard wurde trockengelegt und somit zum Longboard.

Richtig populär ist das Longboarden Ende der 1990er Jahre in den USA wieder geworden. Im Gegensatz zu früher experimentieren die Hersteller heute ausgiebig mit neuartigen Materialien. Durch die Verwendung von Glasfaser, Carbon und Co. konnte das Fahrverhalten stark verbessert werden. Das Ziel: ein echtes „Street-Surf-Feeling“. In der Konstruktion, bei der mehrere Furniere aufeinander gefügt werden, spielt Klebstoff eine im wahrsten Sinne des Wortes tragende Rolle.

#### **Das Deck ist frisch gepresst**

Das Deck ist das „Brett“, auf dem der Fahrer steht. Ein Longboard Deck besteht in der Regel aus sieben Schichten hauchdünnem Ahornholz. Ahorn ist aufgrund seines langsamen Wachstums äußerst stabil und gleichzeitig

ausreichend flexibel. Zur Produktion eines Decks müssen diese Furnierschichten gut durchgetrocknet sein. Dann erhält jede einzelne Schicht einen Anstrich mit einem extrem starken, wasserbasierten Holzleim. Besonders wichtig ist es, die einzelnen Holzschichten abwechselnd quer und längs zueinander zu kleben. Diese Konstruktionsart gibt dem Brett die nötige Härte bei bestehender Flexibilität.

Damit einerseits die Klebverbindung gut hält und das Deck andererseits seine besondere Wellenform erhält, wird es mehrere Stunden in einer Presse geformt. Im Anschluss erfolgen noch Zuschnitt von „Nose“ und „Tail“, also Vorder- und Hinterteil des Decks. Die Schnittstellen werden natürlich geschmeidig geschliffen.

Geschmeidigkeit ist auf der Oberseite des Decks allerdings wenig hilfreich. Der Fuß soll ja guten „Grip“ haben. Für festen Halt sorgt eine letzte Schicht aus einer Art rauem Schmirgelpapier, das Griptape. Für jeden Einsatzzweck, wie Downhill, Slalom oder Cruisen, gibt es Griptapes mit der passenden Körnung. Je gröber die Körnung, desto besser der Halt.

#### **Klebstoff liefert beste Performance**

Die Konstruktion ist deutlich nicht

bloß auf Optik, sondern vor allem auf Performance ausgelegt. Von weichen Dancern bis zu harten Downhillbrettern – im Longboard Design sind die Eigenschaften des Bretts bestimmend. Was zählt ist der passende „Flex“, also die Flexibilität des Decks. Um bessere Eigenschaften zu erreichen, können neben dem traditionellen Ahornaufbau diverse technische Konstruktionen die Performance und Haltbarkeit des Decks erhöhen. In diesem Fall werden beispielsweise Glas- oder Kohlefaserplatten zwischen die einzelnen Holzurniere geklebt. Diese eingearbeiteten Schichten sind robust und gleichzeitig elastisch – das macht sie langlebiger als Holz. Zudem sorgen sie für höhere Stabilität und Festigkeit. Damit diese Spezialverbindungen auch halten, kommen Epoxidharze zum Einsatz.

Epoxidharz-Klebstoffe gehören zur Gruppe der Reaktionsklebstoffe. Sie bestehen aus einem Harz- und einem Härter-System. Sind wie bei der Longboardherstellung kraftschlüssige Verbindungen unterschiedlicher Materialien gefragt, die auch noch lange halten sollen, muss ein Klebstoff natürlich einiges aushalten.

Epoxidharz-Klebstoffe weisen sehr hohe Festigkeiten und chemische Beständigkeit auf. „Hart“ eingestellte Klebstoffe erzielen hohe Scherfestigkeiten und sind für statische Belastungen ausgelegt. Ist die Klebverbindung dynamischen oder Schockbelastungen ausgesetzt, werden „flexibel“ eingestellte Klebstoffe eingesetzt.

Das heißt beim Longboard Deck: Downhillbretter sind die Steifen, Dancer die Weichen.

Ein weiterer Vorteil des Epoxidharzes ist, dass es die Charakteristik der Mulde, in der das Brett gepresst wurde, erhält. Die natürliche Tendenz von Holz, sich in die Ausgangsform, also ein flaches Stück Furnier, zurück zu formen, wird durch den Klebstoff verhindert. So ist das Deck auch lange Zeit nach der Fertigung noch immer wie frisch gepresst.



© Christopher Earl

# Techno- logie & Klebstoffe



5 Min.



30 Min.



3 Std.

# Wenn aus Fehlschlägen Erfolge entstehen Klebrige Farbrevolution

Ob Mikrowelle, Penicillin, Teebeutel oder Kartoffel-Chips – zahlreiche Erfindungen, auf die heute niemand mehr verzichten möchte, entstanden durch Zufall. So auch die eines Chemikers aus Neuss. Beim Experimentieren mit Farbstoffen erfand er den sogenannten Ampelklebstoff.

Bei Rot da steh, bei Grün da geh, bei Gelb gib acht: Über die Bedeutung der Ampelfarben weiß heute jedes Kind Bescheid. Diesen Umstand machte sich ein Chemiker zunutze, indem er einen speziellen Klebstoff kreierte, der nach demselben Prinzip funktioniert, wie die

allseits bekannte Verkehrsampele. Ein Farb-Indikator im Klebstoff zeigt Anwendern den Aushärtungsverlauf, die Festigkeit und die Haltbarkeit des intelligenten Produktes an. Dadurch wird die verfrühte Belastung von gefügten Bauteilen effektiv verhindert.

## Anwendungsvielfalt ohne Grenzen

Die Technologie der Farbdarstellung ist für keinen bestimmten Anwendungszweck konzipiert worden. Da sie sich auf eine Vielzahl von Klebstoffen übertragen lässt – und jeder Klebstoff sein ganz eigenes Anwendungsprofil besitzt – ist die Ampeltechnik nahezu universal einsetzbar. Egal, ob in der Industrie, im Bauwesen oder im Privathaushalt – Klebstoffe mit integriertem Farbindikator könnten in unterschiedlichen Bereichen gute Dienste leisten. Denn sie vereinen Flexibilität, „Intelligenz“, Sicherheit und leichte Handhabung. Eine Kombination, die Profis und Laien gleichermaßen überzeugt.

## Ein Farbsystem macht das Kleben zum Kinderspiel

Das Prinzip ist denkbar einfach: Der Ampelklebstoff enthält Farbstoffe, die auf Änderung ihrer chemischen Umgebung reagieren. Dies lässt sich am Beispiel eines 2-Komponenten-Klebstoffs gut illustrieren. Rot und weiß zeigen an, dass der Klebstoff einsatzbereit ist. Verbinden sich die beiden Komponenten in der Mischdüse, kommt ein gelber Klebstoff aus der Kartusche heraus. Dieser ist etwa eine halbe Stunde lang modellierbar, bevor er aushärtet und sich



4 Std.



6 Std.



72 Std.

grün färbt. Erst dann können die geklebten Werkstoffe, wie zum Beispiel Maschinenteile, voll belastet werden, ohne dass Schäden am Material zu befürchten sind.

Der innovative Konstruktionsklebstoff eignet sich optimal zum hochfesten Kleben von Metallen, zum Beispiel Aluminium, Stahl oder Faserverbundwerkstoffen, wie CFK und GFK. Aufgrund seiner Eigenschaft, verschiedene Materialkombinationen sicher zusammenzufügen, ist der Ampelklebstoff im industriellen Leichtbau bereits branchenübergreifend erfolgreich im Einsatz.

#### Das Haltbarkeitsdatum immer im Blick

Der Ampelklebstoff gibt nicht nur an, wann die gefügten Werkstoffe wieder belastet werden können. In ihm stecken auch noch weitere nützliche Features. Ein im Klebstoff integrierter Haltbarkeits-Indikator visualisiert zusätzlich die Verwendbarkeit des Produktes. Ist das Datum überschritten und der Klebstoff nicht mehr leistungsfähig, verfärbt er sich blau. Instabile Klebungen können so verhindert werden. Das spart Kosten, Nerven und Zeit.



© destina - Fotolia.com

# UV-Strahlen treffen auf Klebstoff

## Es werde Licht

Die Anwendung von Klebstoffen in der Medizintechnik ist nicht neu. Dank innovativer Technologie kommt nun ein neues Anwendungsfeld hinzu: Lichthärtende Klebstoffe, die Bauteile medizinischer Einmalartikel, wie zum Beispiel Sauerstoffmasken, Insulinpumpen oder Katheter, sicher verbinden.

Ein Klebstoff der buchstäblich auf Knopfdruck aushärtet. Vor einigen Jahren Utopie, heute Wirklichkeit. Im Zusammenspiel mit moderner UV-Technologie ermöglichen lichthärtende Klebstoffe eine sichere Klebung von Medizinprodukten, wie Spritzen, Atemmasken oder Kanülen.

Die Anwendung ist denkbar einfach. Am Beispiel der Klebung einer Metallnadel in eine Glasspritze lässt sich dies gut veranschaulichen: Zunächst wird der Klebstoff auf die gewünschte Oberfläche appliziert, also in den Naben der Spritze. Anschließend werden die Teile zusammengefügt und mit dem Licht von UV-Aushärtelampen be-

strahlt. Schon verändern die Klebstoffe ihre Form von flüssig in fest. Die Nadel haftet jetzt sicher in der Spritzennabe. Besonders praktisch: UV-Klebstoffe härten ohne zusätzliche Wärmezufuhr aus. Das spart Energie und Kosten.

### Wie genau funktioniert ein lichtaushärtender Klebstoff?

UV-Klebstoffe für die Medizintechnik sind flüssig, leicht verteilbar, lösemittelfrei, beständig gegen Feuchtigkeit und biokompatibel (nach ISO 10993). Das heißt, sie zerstören keine Zellen. Ihre chemische Basis besteht aus Epoxid- oder Acrylatharzen. Kommen sie mit UV-Licht einer bestimmten

Wellenlänge in Verbindung, härten sie innerhalb von wenigen Sekunden aus. Dafür verantwortlich sind im Klebstoff enthaltene Photoinitiatoren. Diese reagieren unter dem Einfluss von Licht, verwandeln sich in freie Radikale – das sind hochreaktive Moleküle oder Atome – die wiederum den Aushärtungsprozess in Gang setzen.

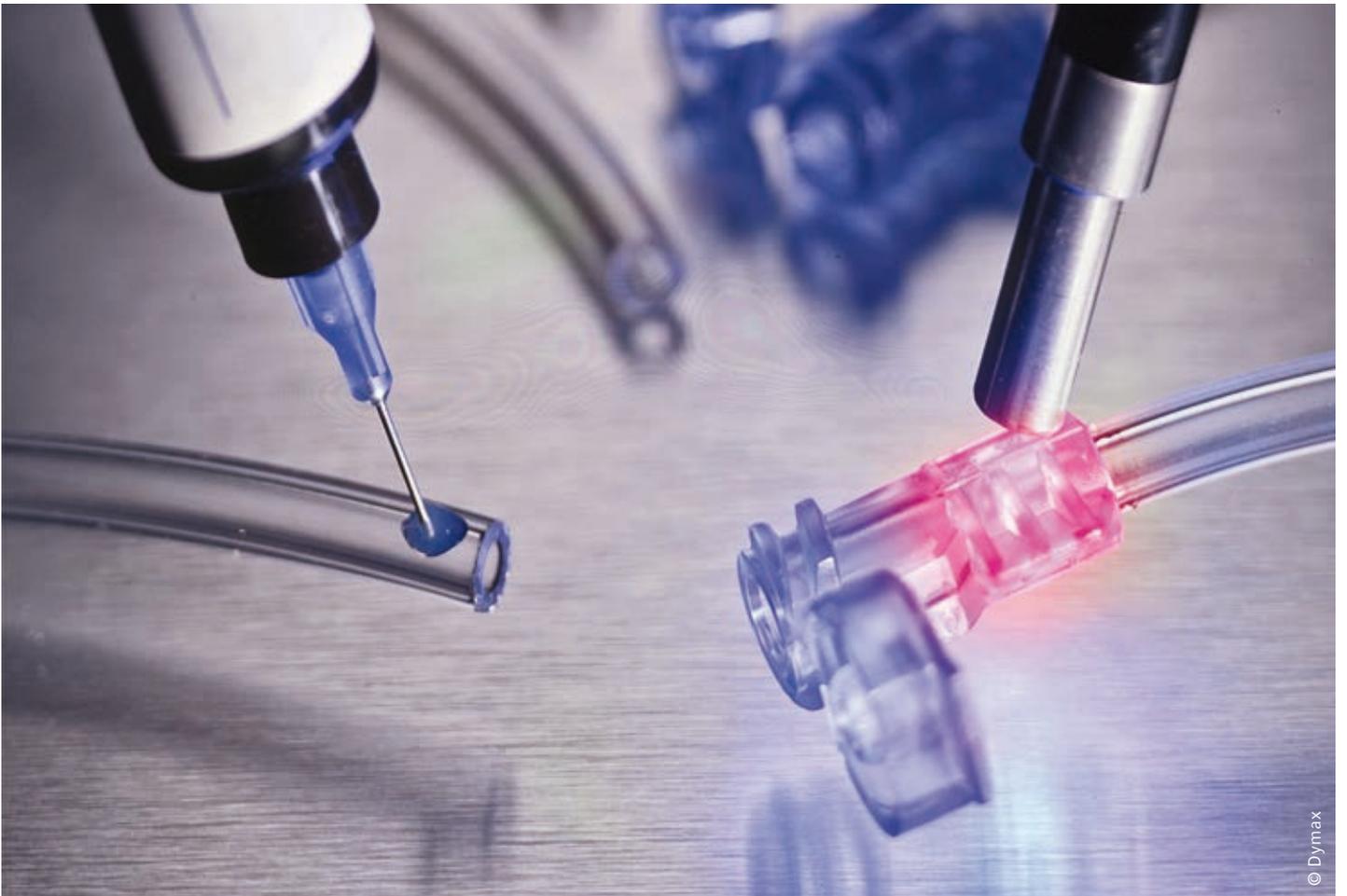
### Qualitätskontrolle durch Farbindikator

Mithilfe von speziellen Farb- und/oder Fluoreszenzmitteln, die selbst kleinste Risse sowie fehlerhafte Klebungen aufdecken, werden durchlässige und damit sicherheitskritische Verbindungen schon während des Fertigungsprozesses erkannt. Sobald sie mit UV-Licht bestrahlt werden, beginnen die Klebstoffe zu fluoreszieren, beispielsweise in kräftigem Rot. Dadurch fallen Unebenheiten und Fehler in der Verarbeitung schneller auf.

### Die Vorteile von LED-härtenden Klebstoffen im Überblick

- Sekundenschnelle Aushärtung ohne Wärmezufuhr
- Einkomponentig, damit leicht verteilbar
- Vielfältige Anwendungsbereiche
- Einfache, präzise Dosierung
- Frei von Lösemitteln
- Erlauben kaltes, bauteilschonendes Fügen
- Sichere, hochelastische Klebung
- Energiesparend





# Pannen waren einmal

# Nie mehr einen „Platten“

Davon träumt jeder Autofahrer: Reifen, die über Nägel, Schrauben oder andere spitze Gegenstände rollen, ohne zu platzen. Pneu, denen nie die Luft ausgeht. Und jetzt gut festhalten: Moderne Klebstoffe lassen diesen Traum wahr werden. Polyurethan-Reifen garantieren absoluten Pannenschutz.

Was wäre ein Actionfilm ohne spektakuläre Verfolgungsjagd? Kein moderner Hollywoodstreifen verzichtet auf eine Szene, in der Bankräuber, Diebe oder andere Halunken mit dem Auto vor der Polizei flüchten. Fast immer entkommen sie am Ende. Ihr Fluchtwagen rollt problemlos über ausgelegte Nagelmatten hinweg und kann auch mit Schüssen auf die Räder nicht gestoppt werden. Es scheint fast, als sei-

en die Reifen ihres Fahrzeugs unzerstörbar. Oder als könnten sie sich bei Verletzungen selbst reparieren. Was nach James-Bond-Technologie klingt, ist bereits Realität – zumindest Letzteres. Klebstoffe machen es möglich. PU-Reifen stehen für 100 Prozent Pannenschutz. Ihr Geheimnis liegt im Füllmaterial: Statt aus Luft besteht es aus feinporig geschäumten Polyurethan. Der Werkstoff wird vollständig in den Reifen gefüllt, wo er innerhalb von 24 Stunden zu einem hochelastischen Kern aushärtet. So hält der Pneu auch stärksten Belastungen dauerhaft sicher stand.

## Cleverer Werkstoff

Polyurethan-Klebstoffe können mehr als nur präventiven Pannenschutz leisten. Sie zeichnen sich durch die Fähigkeit zur Selbstreparatur aus. In der Praxis bedeutet das: Wird der Reifen verletzt, zum Beispiel durch eindringende Nägel, Glasscherben oder Schrauben, quillt der Polyurethanschaum durch den entstehenden Überdruck in den Riss und dichtet ihn zuverlässig ab. Somit heißt es: Plattfüße adé.

## Sichere und schonende Alternative

PU-Reifen überzeugen nicht nur in Sachen Sicherheit, sondern auch in punkto Fahrkomfort und Wirtschaftlichkeit: Sie sind leichter, leiser und langlebiger als

herkömmliche Pneu mit Luftbefüllung. Aufgrund des verringerten Reifengewichtes verbraucht der Wagen zudem weniger Sprit. Das spart Geld und schont die Umwelt.

## Pflanzliche Selbstreparatur als Vorbild

Die Idee für das effiziente Reifendichtmittel kommt aus der Natur. Lianen bedienen sich derselben Reparaturtechnik, um kleinere Schäden erstzuversorgen. Während des Wachstumsprozesses kommt es beispielsweise häufiger vor, dass die äußeren Schichten des Pflanzengewebes reißen. Ist dies der Fall, wird umgehend eine Wundversiegelung eingeleitet. Zellen des benachbarten Grundgewebes dehnen sich schlagartig aus und verschließen die Wunde von innen.

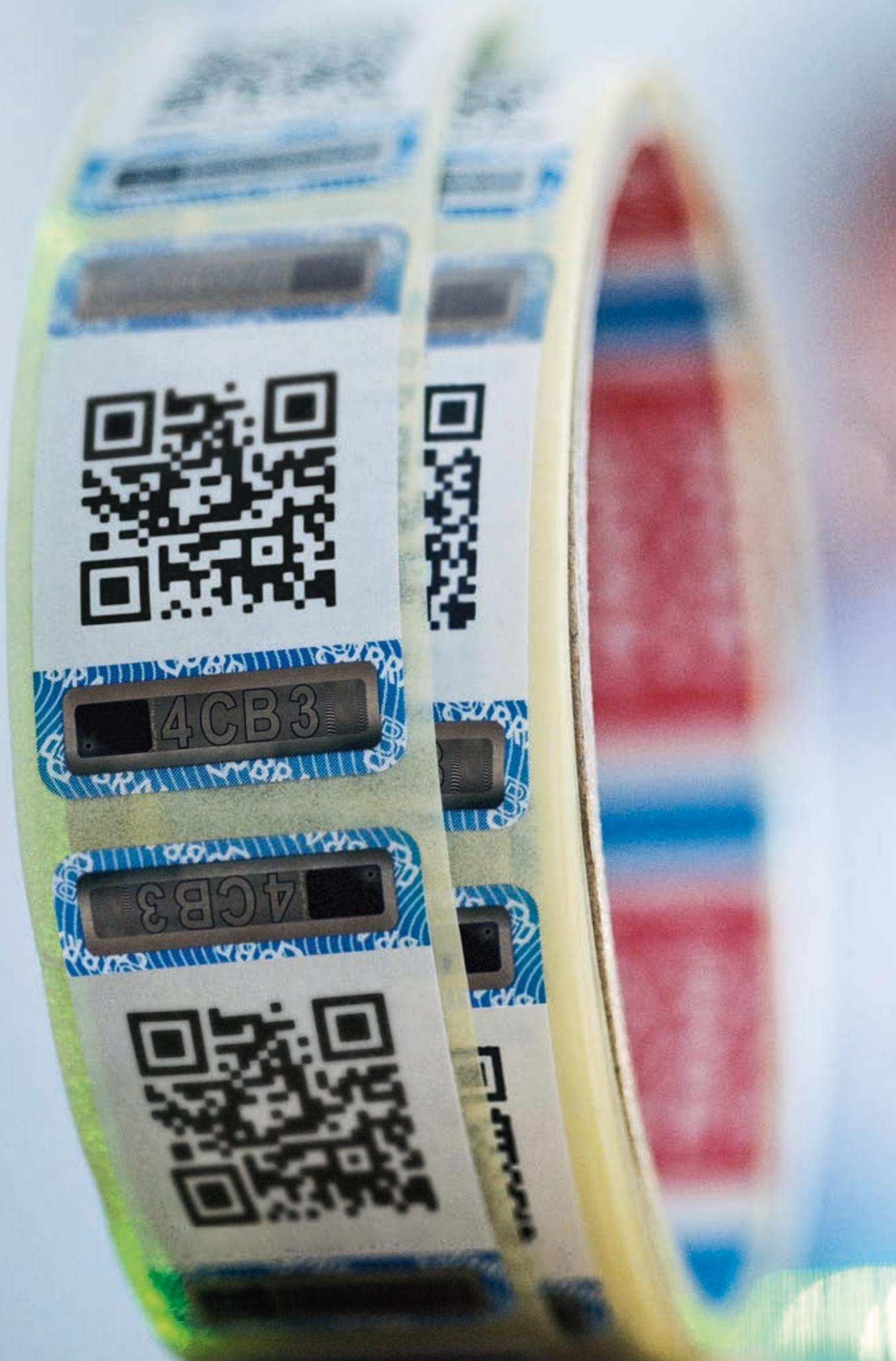
## Völlig schwerelos

Fast alle Reifendichtmittel auf Polyurethanbasis funktionieren nach dem pflanzlichen Vorbild der Selbstheilung. Die neue Technologie kann in anderen Bereichen aber ebenso vorteilhaft eingesetzt werden. Der Reparaturschaum soll etwa im Leichtbau Anwendung finden und Tragwerke vor Schäden schützen. Auch Luftmatratzen, Schlauchboote sowie Ballonhüllen könnten in Zukunft mit einer Polyurethanschicht ausgestattet werden. Und selbst die Raumfahrt wird eines Tages von der selbstreparierenden Beschichtung profitieren.





© Goodyear



# Speichermedium Klebestreifen

## Daten in der Rolle

Sie sind auf fast allen Büroschreibtischen zu finden und dürfen in keiner gut sortierten Haushalts-schublade fehlen: Klebestreifen. So ziemlich jeder Deutsche benutzt sie, um Geschenke, Kartons oder Päckchen zu verpacken. Die praktischen Alltagshelfer können aber noch viel mehr: Daten speichern etwa – und zwar effizienter, kostengünstiger, sicherer als jede CD.

Fotos, Videos, Musik, Tabellen, Kontakte, E-Mails oder Präsentationen. Konventionelle Speichertechniken stoßen bei der Datensicherung schnell an ihre Grenzen. Das ist der Moment, in dem spezielle Klebestreifen ins Spiel kommen. Bis zu drei Gigabyte an Informationen können auf der Länge einer Rolle gespeichert werden. Vier mal mehr als eine CD-Rom zu schaffen vermag.

### **Laser trifft Klebstoff**

Klebestreifen setzen sich aus mehreren unterschiedlichen Schichten zusammen. Jede einzelne Schicht ist mit einem Trägermaterial, dem Kunststoff Polypropylen, und Haftklebstoffen, wie etwa Naturkautschuken, Polymeren oder Acrylaten, versehen. Diese Stoffe allein sind nicht außergewöhnlich. Doch im Zusammenspiel mit fokussiertem Laserlicht entfalten sie ihr wahres Können. Durch die Hitze des Lasers verändert der Klebestreifen an der getroffenen Stelle seine Oberflächen-

struktur. Es entstehen winzige Punkte, über die sich Informationen speichern lassen.

Das Prinzip funktioniert ähnlich wie bei einer Lochkarte. Der Laser „brennt“ Daten als Binärcode oder Hologramm auf den Klebestreifen. Mit einem speziellen Lesegerät kann diese Geheimschrift erfasst, entschlüsselt und wiedergegeben werden. In Physikerkreisen heißt der Prozess „optische Datenspeicherung“.

### **Keine Chance für Fälscher**

Eine sogenannte Klebestreifen-ROM lässt selbst die besten Fälscher alt aussehen. Sie gilt als 100 Prozent kopiersicher. Kein Plagiator auf der Welt schafft es momentan, den Geheimscode zu enträtseln oder nachzubauen. Davon kann die CD nur träumen. Wegen ihres effektiven Sicherheits-schutzes ist die Klebestreifen-Technik bereits erfolgreich im Einsatz – quasi als eine Art High-Tech-Siegel, zum Beispiel auf Medikamenten oder Kos-

metika. Dazu wird ein Code auf den Klebestreifen gelasert. Diese verschlüsselte Schrift kann mit Hilfe eines speziellen Lesegerätes entziffert werden. So lässt sich gut überprüfen, ob das Siegel intakt ist und auch wirklich vom Originalhersteller stammt.

### **Das können Klebestreifen in Zukunft leisten**

Eine CD ist für zahlreiche Anwendungen zu groß und für viele Speicherzwecke zu klein. Die Klebestreifen-Rom hingegen ermöglicht, auf kleinstem Raum eine große Menge Daten anzusammeln. Der Informationscode wird nämlich nicht Streifen für Streifen, sondern auf die gesamte Rolle aufgetragen. Aufgrund des vergleichbar großen Speicherplatzes bei kleiner Abmessung soll die Klebestreifen-Rom in Zukunft in Video-Kameras, MP3-Playern und Fotoapparaten zum Einsatz kommen. Weiterer Vorteil: die Lebensdauer. Bis zu 30 Jahre lang soll die kompakte Datenrolle halten.

# Innenraum-Check

## Was macht unsere Autos so leise

Bei jedem Schlagloch oder Gullideckel ertönen dumpfe Geräusche, der Wind pfeift durch die Türdichtungen und Kabelstränge klappern im Armaturenbrett. Ach, waren das noch Zeiten für Autofahrer. Gut, dass sie längst vorbei sind. Klebstoffen sei Dank. Sie dämmen den unerwünschten Lärm deutlich ein. So lässt sich die Fahrt entspannt genießen.

Dank geräuschreduzierender Klebebänder herrscht im Auto Ruhe. Ihr Geheimnis: Sie weisen eine extrem gleitfähige Oberfläche auf. Dadurch verringert sich der Reibungswiderstand und somit die Geräuschkulisse. Die praktischen Schalldämpfer-Tapes bestehen aus mehreren Schichten Weichaluminium-Folie. Jeweils eine Seite ist mit synthetischen Kautschuk- oder Acrylat-Klebstoffen beschichtet. Diese Kombination macht die Klebebänder beständig gegen Feuchtigkeit und viele Chemikalien. So halten sie auch starken Belastungen sicher stand und sorgen dauerhaft für Stille und Entspannung.

### Geräusch-Prävention per Spritze

Eine weitere effektive Lärmschutz-Technik in der Automobilindustrie sind von Robotern gespritzte Dämpfungsklebstoffe für die Fahrzeugkarosserie. Sogenannte Liquid Applied Sound Deadener (LASD) reduzieren deutlich die vom Motor und den Rädern ausgehenden Geräusche. Als Basis für diese LASD dienen Epoxidharze, Kautschuke oder Acrylate. Roboter applizieren die modernen Dämpfungsmaterialien in hauchdünnen Schichten auf schwingungsanfällige Fahrzeugsektionen, zum Beispiel Hohlräume in Türen,

Seitenteilen, Motorhauben und Kofferraumdeckeln. Anschließend härten sie im Lackofen bei 180 Grad Celsius aus. Die akustische Performance von LASD ist weitaus besser als die von herkömmlichen Bitumen-Matten. Zudem ermöglicht ihr Einsatz bis zu 20 Prozent Gewichtseinsparung. Im Gegensatz zu letztgenannten Produkten dämmen LASD aufgrund ihrer Viskoelastizität. Das heißt, sie vereinigen sowohl Eigenschaften von flüssigen als auch festen Stoffen in sich. Diese besondere Kombination gewährleistet hohe Dämpfleistungen.

### Klebstoffe dämmen nicht nur, sie bringen auch Ordnung

Ob Radio, Klimaanlage, Navigation, oder Bordcomputer – ohne Elektronik kommt heute kein Auto mehr aus. Hunderte Meter Kabel sind nötig, um die Geräte mit genügend Energie zu versorgen. Klebebänder helfen dabei, den Kabelsalat hinter dem Armaturenbrett zu bündeln, zu befestigen und zu bündigen. Dank ihnen muss kein Autofahrer mehr auf die zahlreichen elektronischen Helfer verzichten, die den Fahralltag komfortabler und sicherer gestalten.



# Wohnen & Klebstoffe

# Konstruktive Klebverbindungen brechen Mauern auf Gläserne Bauten verändern die Weltsicht



© Sika Deutschland GmbH

Lichtdurchflutete Glasarchitektur: Was lange Zeit nur bei High-Tech Bürobauten zu sehen war, gilt mittlerweile auch für Einfamilienhäuser: große Fensterflächen, Terrassen- oder Balkontüren, Transparenz liegt im Trend. Ermöglicht werden diese filigranen Glaspaläste durch konstruktive Klebverbindungen, die dem Fenster im wahrsten Sinne des Wortes eine tragende Rolle verleihen.

Das Glas hat den Blick auf die Welt verändert. Wie selbstverständlich stehen wir heute vor großflächigen Panoramascheiben und blicken hinaus auf Städte oder Landschaften. Glas ist zum maßgeblichen Material in der Architektur geworden und spiegelt den Wandel der Gesellschaft zu mehr Offenheit und Transparenz wider. Es lässt nicht nur das Licht ins Haus fallen, sondern hebt die Grenzen zwischen innen und außen auf.

Durch dieses Streben nach Leichtigkeit und Transparenz muss der Baustoff Glas zunehmend eine tragende

Funktion übernehmen. Das gelingt allerdings nur durch konstruktive Klebverbindungen, bei denen das Isolierglas direkt in den Rahmen eingeklebt wird und somit den Flügelrahmen stabilisiert (Direktverglasung).

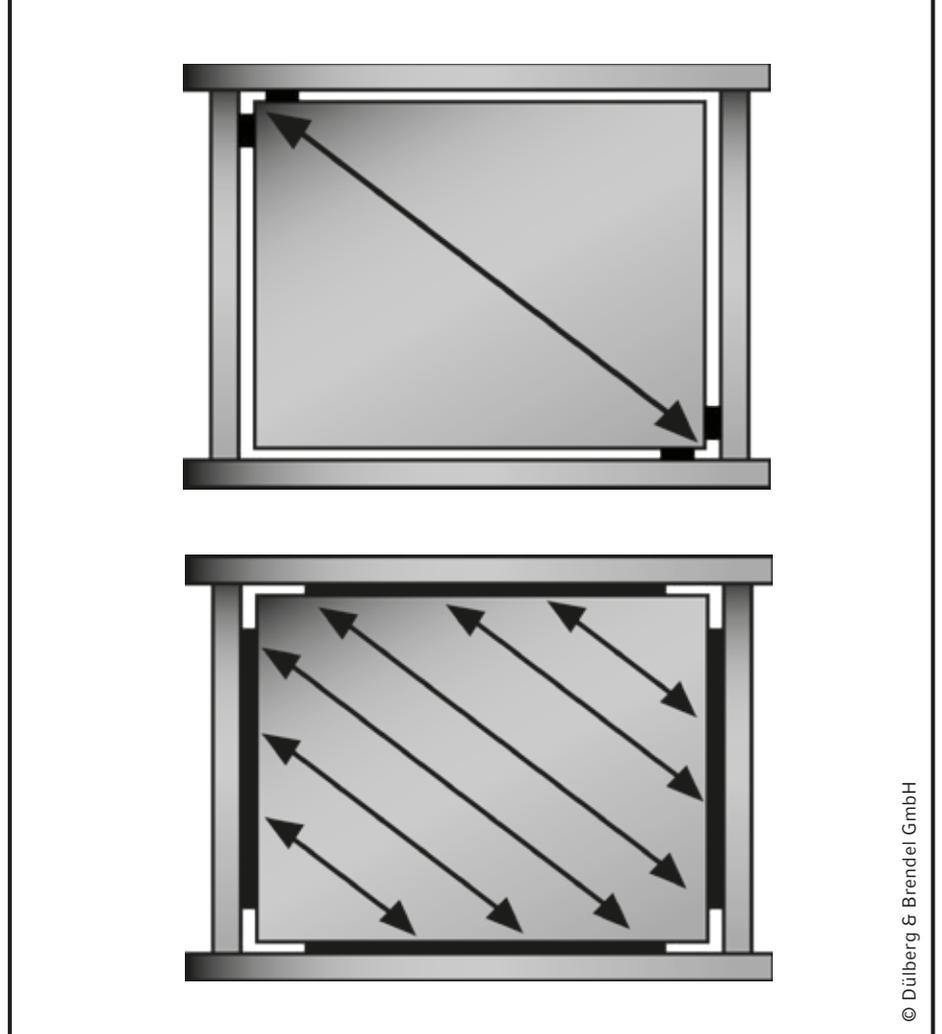
**In der modernen Architektur heißt es nicht mehr der Rahmen trägt das Glas, sondern das Glas trägt seinen Rahmen.**

Diese lastabtragenden Klebverbindungen werden schon lange im Automobil- und Flugzeugbau sowie bei Direktver-

glasungs-Fassaden erfolgreich angewendet. Jetzt haben sie sich auch im Fensterbau etabliert.

Von konstruktivem Kleben wird immer dann gesprochen, wenn die Klebverbindung Teil der Konstruktion ist, die Verbindungskräfte die Gesamtkonstruktion zusammenhalten und allen dabei auftretenden Belastungen standhalten.

Während in Standardkonstruktionen die Glasscheibe mithilfe von punktförmig gelagerten Glasklötzen im Flügelrahmen positioniert wird, bedeutet



© Dülberg & Brendel GmbH

Die statische Wirkung und Darstellung des Spannungsverlaufs im Glas zum Vergleich. Klotzung (oben) und Klebung (unten).

Direktverglasung das Einkleben der Isolierglasscheibe in den Rahmen. Dabei erfolgt die Klebung linienförmig, sodass die Lasten vom Glas in den Rahmen abgeleitet und die Kräfte gleichmäßig ohne Spannungsspitzen verteilt werden können. Dadurch dürfen die umgebenden Rahmenprofile dementsprechend schwächer, also weniger tragfähig ausfallen. Die Anforderungen an den Klebstoff sind bei konstruktiven Klebverbindungen besonders hoch. So muss er nicht nur hohe statische Festigkeits- und Bemessungswerte aufweisen, sondern gleichzeitig auch verschiedene Werkstoffe miteinander verbinden, dehn- und belastbar, sowie Temperatur-, Feuchtigkeits- als auch UV-beständig sein. Zum Einsatz kommen kann beispielsweise ein kondensationsvernetzender 2-komponentiger Silikonklebstoff, der eine mechanische Festigkeit und Haftung innerhalb kürzester Zeit aufbaut.

#### Die Vorteile der Klebtechnik auf einen Blick:

- Erhöhte Stabilität
- Neue Designmöglichkeiten
- Erhöhte Steifigkeit des Fensterflügels ermöglicht schmalere Rahmenkonstruktionen und mehr Lichteinfall
- Verbindung und Abdichtung in einem Arbeitsgang
- Rationalisierte und automatisierte Herstellung möglich: ein Klebroboter trägt den Klebstoff auf den eingespannten Rahmen auf

- Bessere thermische Eigenschaften
- Wartungsarm und pflegeleicht
- Optimierter Unwetterschutz
- Verbesserter Einbruchschutz

Durch diese Klebstoffverbindungen können durchdachte, innovative Glas-konstruktionen fast alle bauphysikalischen, konstruktiven und architektonischen Aufgaben erfüllen. Glas als statisch wirksamer, Kräfte übernehmender Bauteil ist zum möglichen Ersatz für Holz, Stahl und Beton geworden – dank passender Klebstoffsysteme.

**Konstruktive Klebungen** sind Klebungen, bei denen eine statische Lastabtragung erfolgt. Der Klebstoff ist dabei in der Lage, die Kräfte zwischen den Bauteilen aufzunehmen und damit eine (last-)abtragende Rolle zu übernehmen.

Quellen: Publikation der ift Rosenheim, Dipl.-Ing. (FH) Karin Lieb, „Geklebte Fenster“ – Hinweise zur Verarbeitung und Qualitätssicherung und Sika Deutschland GmbH.



# Öko-Möbel: bequem und emissionsarm Wohnst du noch oder lebst du schon gesund?

Wochenlang gewartet, jetzt ist sie da – die Wohlfühl-Couch. Doch dann das: Die Augen tränen, der Kopf schmerzt und ein säuerlicher Geruch liegt in der Luft. Verantwortlich dafür sind Emissionen, die dem neuen Interieur entweichen. Es geht auch anders: Öko-Möbel stehen für gesundes Wohnen. Klebstoffe machen's möglich.



Vor einigen Jahren nur was für Hippies, Langbartträger und Müsliesser, liegt Bio heute im Trend. Etliche Möbelhersteller haben das erkannt und sind auf den Ökozug aufgesprungen. Ob Sofas, Stühle, Betten, Kleiderschränke, Tische, Regale, Kommoden oder Matratzen – wohngesunde Einrichtungsgegenstände finden sich mittlerweile in jedem gut sortierten Fachgeschäft.

Aber wie können Nichtexperten auf den ersten Blick erkennen, welche Möbelstücke wirklich umweltfreundlich hergestellt wurden?

### **Gütesiegel als Orientierungshilfe**

Um Verbrauchern die Suche nach schadstoffarmen Möbeln zu erleichtern, hat die staatlich anerkannte Prüfstelle Deutsche Gütegemeinschaft Möbel, kurz DGM, das weltweit erste Emissionslabel entwickelt. In seiner Aufmachung ähnelt es dem Energielabel für Elektrogeräte. Insgesamt vier Schadstoffklassen (A, B, C, D) zeigen auf, wie hoch die Emissionsbelastung ist. Klasse D entspricht den gesetzlich festgelegten Grenzwertbestimmungen.

Möbel mit der geringsten Belastung erhalten Klasse A.

### **Was Möbel so alles ausdampfen**

Die Liste an Schadstoffen in Möbeln kann lang sein: In Polstergarnituren können sich Insektizide befinden, in Stoffbezügen werden Flammschutzmittel eingesetzt und auch konventionelle Spanplatten sind nicht frei von Emissionen.

### **Ohne Klebstoffe keine Öko-Möbel**

Ökologische Materialien bringen die Lösung: Mit emissionsarmen Klebstoffen lassen sich von Möbeln ausgehende Schadstoffe signifikant reduzieren. Sie halten Bauteile, wie Holzspanplatten oder Matratzen, sicher zusammen – und das auf umweltbewusste Art und Weise. Besonderes Kennzeichen: Sie enthalten keine Lösemittel. So wird effektiv verhindert, dass die Möbel zu viele Schadstoffe ausstoßen und das Raumklima belasten.

Fazit: Dank nachhaltiger, ökologischer Klebstoffe machen Möbel Freude und sind zugleich wohngesund.



© DGM

# Klebrige Reparatur-Helfer

## Wenn im Haushalt was kaputt geht...

Kleine Missgeschicke im Haushalt sind schnell passiert: Einmal die Tür zu schwungvoll aufgezogen und das Scharnier bricht heraus. Einmal nicht hingeschaut, schon liegt die Lieblingsvase in Scherben.

Was tun, wenn Alltagsgegenstände kaputt gehen? Ganz einfach: kleben!

### Fliesenschäden: 3, 2, 1 – und weg!

Wer kennt das nicht: Ein schwerer Gegenstand fällt zu Boden und schon hat die Fliese einen Sprung. Ärgerlich, vor allem, wenn weder Ersatzfliesen noch der Name des Herstellers zu finden sind. Damit nicht gleich der komplette Boden neu verfließt werden muss, gibt es dafür Reparatur-Klebstoffe. Gesprungene Platten lassen sich mit Hilfe von modernen Polymer-Klebstoffen leicht selbst ausbessern: Dazu die Oberfläche reinigen und den Klebstoff einseitig auf die herausgebrochene Ecke auftragen. Anschließend das Fliesenstück wieder sorgsam einsetzen und den Klebstoff aushärten lassen.

### Damit sich Türen wieder schließen lassen

Ob Kühl-, Kleider- oder Küchenschränke – sie alle werden täglich bewegt und stark beansprucht. Solchen Belastungen halten viele Türscharniere auf Dauer nicht stand. Reißen sie heraus, finden die Schrauben keinen Halt mehr im Holz.

Hier kommen Reparatur-Kneten auf Epoxidharzbasis ins Spiel. Ja, richtig gehört. Knetmassen, die unschöne Löcher verdecken und ausgerissenen Scharnieren wieder festen Halt geben. So macht Reparieren Spaß und ist zudem noch kinderleicht.



### Scherben bringen Glück – aber nur dem Archäologen

Das kann wirklich jedem mal passieren: Beim Hereintragen der Einkäufe wird eine Vase umgestoßen und – klirr – sie zerbricht. Ein Grund zum Verzweifeln ist das aber nicht. Mit einkomponentigen Cyanacrylat-Klebstoffen, kurz Sekundenklebern, lassen sich zerbrochene Porzellan-, Glas- oder Keramikgegenstände kitten. Die Reparatur ist denkbar einfach – nicht nur für Museumsfachleute. Den Klebstoff auf die zu klebende Fläche auftragen. Dann das abgebrochene Teil fest an die vorgesehene Position drücken. Et voilà, die beschädigte Vase, Tasse oder Schale ist in Sekunden schnelle wieder repariert.

### Für strahlende Kinderaugen

Lautes Weinen ertönt aus dem Kinderzimmer. Was ist denn bloß los? Das Lieblings-Spielzeug der Kleinen ist beim wilden Toben kaputt gegangen. Jetzt können Mama und Papa punkten – mit handwerklichem Geschick und Klebstoffen.

Für die Reparatur von Holzmaterialien eignen sich wässrige Dispersionsklebstoffe, besser bekannt als Holzleime. Diese aus der Flasche oder mit Hilfe eines Pinsels einseitig auf die Bruchstelle auftragen. Die Belohnung für die Erste Hilfe folgt prompt: Kindertränen verwandeln sich in ein bezauberndes Lächeln.

# Wissen- schaft & Klebstoffe

WISSENSCHAFT



# Medizin/-technik

# Klebstoff statt Nadel und Faden

Ob Zahnimplantate, innovative Prothesen oder „schlaue“ Pflaster – der Einsatz von modernen Klebstoffen ermöglicht neue Anwendungsgebiete in der Medizintechnik. Die Umsetzung einer weiteren, revolutionären Idee steht bereits in den Startlöchern: Der weltweit erste synthetische und biologisch abbaubare Gewebeklebstoff, der beim Schließen von Wunden Nadel und Faden ersetzen wird.

Medizinklebstoffe auf Fibrinbasis sind in Krankenhäusern bereits erfolgreich im Einsatz, zum Beispiel bei Magen- und Darmoperationen aber auch zur Blutstillung bei Herzoperationen. Hinzu kommt bald ein neues Anwendungsgebiet: Das Schließen von Schnitt- und Platzwunden mithilfe des ersten synthetisch hergestellten und zugleich biologisch abbaubaren Wundklebstoffes, der die hohen Anforderungen der Chirurgen erfüllen kann.

Das Prinzip ist denkbar einfach und funktioniert in der Praxis so, wie herkömmliche Klebverfahren. Der durchsichtige, flüssige Polyurethan-Klebstoff wird aus einer Zweikammerspritze präzise und exakt dosiert auf

die Wunde aufgetragen und versiegelt diese dann, indem er dank eines Spezialhärters innerhalb von 20 Sekunden aushärtet – so schnell wie kein anderer Medizinklebstoff. Die Klebnaht ist extrem reißfest, beweglich und elastisch. Aufgrund dessen eignet sich der Gewebeklebstoff auch für Wunden, die unter starker Spannung stehen. Sobald die Wundheilung abgeschlossen ist, löst sich der dünne, hautverträgliche Klebstofffilm selbst auf.

## Die Vorteile sind vielfältig

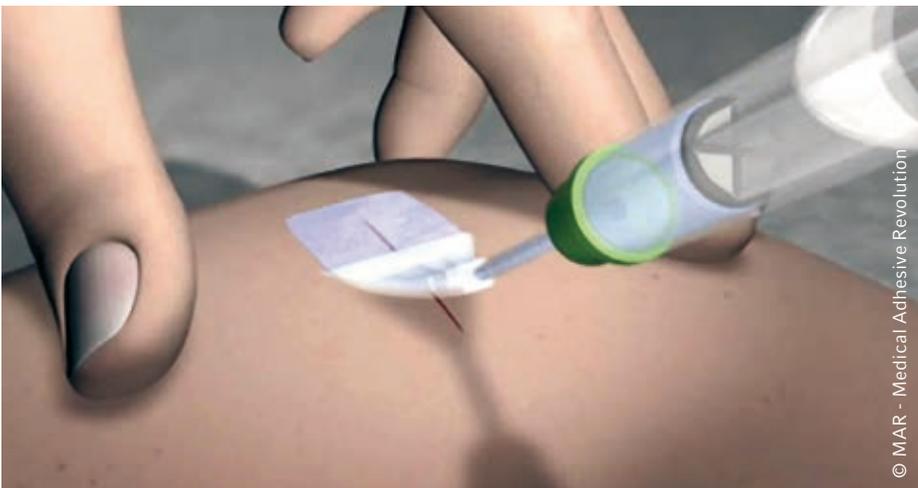
Ein wesentlicher Vorteil liegt in der verhältnismäßig geringen Narbenbildung im Vergleich zum Nähen. Da der menschliche Körper den biologischen

Medizinklebstoff selbst abbaut, wird auch das lästige Fädenziehen schon bald der Vergangenheit angehören. Zudem bietet der innovative Werkstoff deutlich mehr Elastizität als dies bei herkömmlich genähten oder geklammerten Wunden der Fall ist. Darüber hinaus reduziert sich aufgrund des dichten Wundverschlusses ebenso das Infektionsrisiko durch eindringende Keime.

## Heiße Phase der Markteinführung eingeläutet

Die Zulassung einer ersten Produktvariante des Gewebeklebstoffes steht kurz bevor. Voraussichtlich können Ärzte in Krankenhäusern noch in diesem Jahr zur Klebstoffspritze anstatt zu Nadel und Faden greifen, um Schnitt- und Platzwunden sicher zu verschließen.

Ebenso vorstellbar ist auch, dass das Klebstoffsystem in Zukunft im Körper angewendet wird, also beispielsweise um verletzte Organe zu kitten oder kleinere Blutungen zu stoppen. Erste Versuche waren bereits erfolgreich. Damit Chirurgen im OP-Saal auf den neuartigen Werkstoff zurückgreifen können, ist allerdings noch einige Entwicklungsarbeit zu leisten.



# Gecko-Roboter

## Da staunt „Spiderman“

Wie bereits in einer der vergangenen Ausgaben der „Kleben fürs Leben“ berichtet, dient die Natur Forschern immer wieder als Vorbild zur Entwicklung neuer, sogenannter biomimetischer Klebstoffe. Bestes Beispiel: die legendäre Adhäsionstechnik von Geckos. Jetzt haben sich auch Ingenieure von dem tierischen Klebeprofi inspirieren lassen. Sie entwickelten einen Roboter, der glatte Wände hochklettern und scheinbar mühelos der Schwerkraft trotzen kann.



© Bjørn Christian Tørrissen

Sie flitzen steile Wände hinauf und gehen kopfüber die Decke entlang – Geckos gelten als wahre Kletter-Koryphäen. Die kleinen Echsen haben Ingenieure der kanadischen Simon-Fraser-University in Burnaby inspiriert, einen Roboter zu entwickeln, der nach demselben Prinzip funktioniert wie die Klebefüße der Geckos. Das rund 240 Gramm schwere Gerät hält sich an glatten Oberflächen, wie zum Beispiel senkrechten Glasscheiben, fest – und das ohne Saugnäpfe oder Magneten.

### Das Geheimnis der Gecko-Füße

Schon der griechische Forscher und Philosoph Aristoteles hat sich vor mehr als zweitausend Jahren gefragt, wie Geckos es schaffen, selbst steilste Wände zu erklimmen ohne den nötigen Halt zu verlieren. Die Antwort darauf blieb lange aus. Doch vor einigen Jahren wurde das Kleb-Geheimnis der Echsen endlich gelüftet: Wie bereits in der letzten Ausgabe der „Kleben fürs Leben“ berichtet, verdanken Geckos ihre einzigartige Haftfähigkeit Millionen von ultrafeinen Härchen, die an den Unterseiten ihrer Füße sitzen. Jedes davon ist etwa ein Zehntel so dick wie menschliches Haar. Dank elektrostatischer Kräfte, die zwischen der Oberfläche und jenen Härchen wirken, können die Schuppenkriechtiere überall haften, selbst an sehr rauen und glitschigen Materialien.

Die dafür verantwortlichen, sogenannten Van-der-Waals-Kräfte sind normalerweise äußerst gering. Berühren sich jedoch zwei größere Flächen, erhöht sich der daraus resultierende Klebeffekt um ein Vielfaches. Die Feinstruktur der Härchen sorgt für einen besonderen festen Halt. Ein Gecko, dessen Haare alle gleichzeitig mit einer Oberfläche in Kontakt stehen, könnte theoretisch ein Gewicht von mehreren Kilogramm heben – weit mehr, als das Tier selbst auf die Waage bringt.

### Das hat der Geckofuß mit Haftnotizen gemeinsam

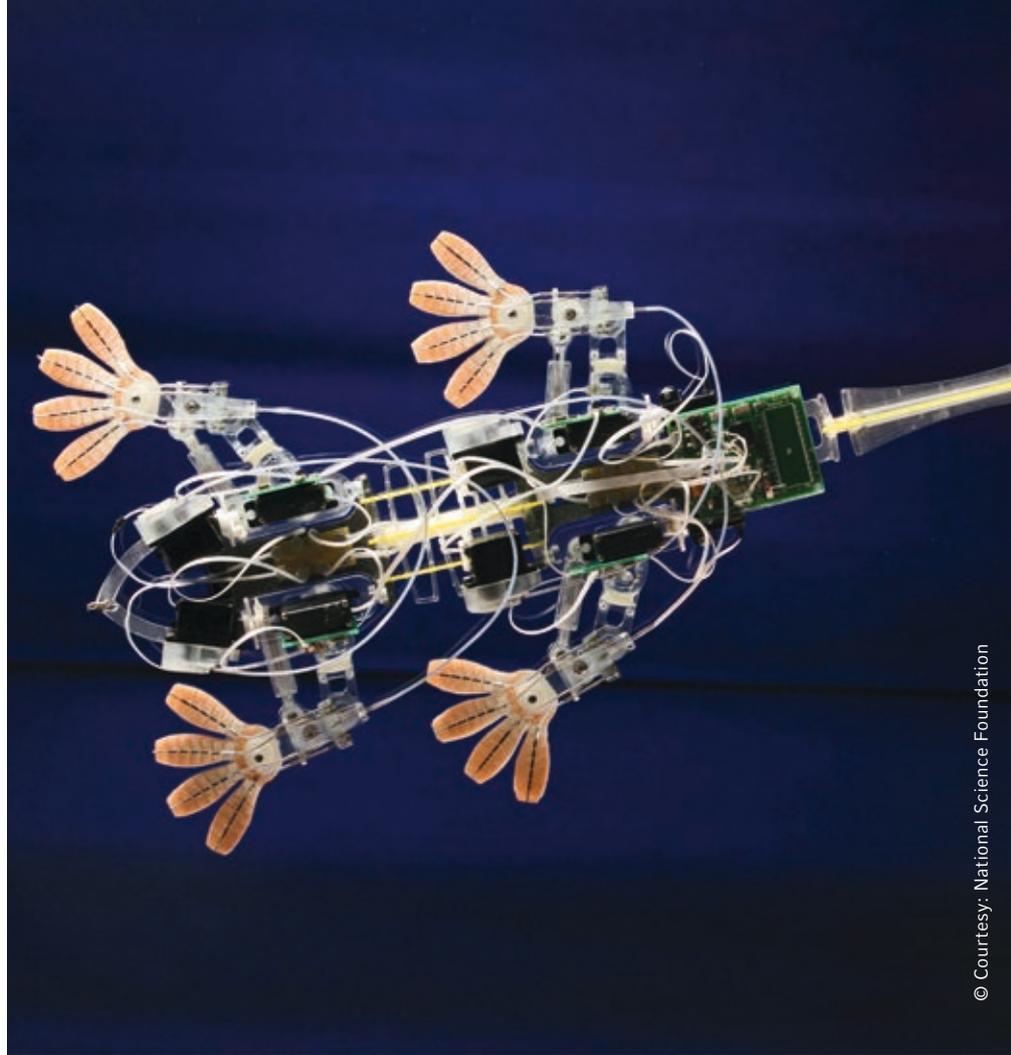
Trotz der legendären Haftkraft können Geckos ihre Füße bei jedem Schritt

müheless vom Untergrund lösen. Wie ist das möglich? Geckos drücken ihre Zehen zunächst flach auf den Boden, rollen sie dann Stück für Stück nach oben ab, sodass der Winkel der Härchen verändert wird und die Van-der-Waals-Bindung nachlässt. Nach derselben Methode funktionieren prinzipiell auch Haftnotizen. Sie lassen sich mehrfach festkleben und wieder ablösen. Dieses Fortbewegungsprinzip haben sich die Ingenieure zunutze gemacht und einen Roboter entwickelt, der in Gecko-Manier senkrechte Wände hoch und runter klettern kann. Spezielle Fortbewegungsschienen, die, wie die Füße von Geckos, mit feinen Hafthärchen versehen sind, machen es möglich. Der erste funktionstüchtige Prototyp, Stickybot III., läuft zwar noch nicht so schnell wie sein tierisches Pendant – gegenwärtig erreicht er eine Höchstgeschwindigkeit von 24 Millimetern pro Sekunde – doch nach Ansicht der Wissenschaftler ist er eine sehr vielversprechende Innovation.

### Gecko-Roboter erleichtern die Arbeit im Weltall

Schon in naher Zukunft könnte der Roboter mit Gecko-Füßen im Weltraum eingesetzt werden, um die Außenseite von Raumschiffen, Stationen und Satelliten zu warten. Die Europäische Weltraumorganisation ESA hat ihn in einem Materialtestlabor bereits verschiedenen Tests unterzogen, um zu überprüfen, ob er auch unter erschwerten Bedingungen seine guten Kletterfähigkeiten bewahrt. Der Erfolg des Experiments beweist: Ein Einsatz im All könnte schon bald möglich sein.

Aber auch weitere Verwendungsmöglichkeiten sind den Wissenschaftlern zufolge vorstellbar. Gecko-Roboter könnten zum Beispiel Glasfassaden reinigen, unwegsames Gelände inspizieren und verschüttete Personen nach einem Erdbeben oder dem Einsturz eines Gebäudes aufspüren. Das dürfte alles nur noch eine Frage der Zeit sein.





# Stärkstes natürliches Haftmittel Bakterium produziert Superkleber

Ein zehn Tonnen schwerer LKW, der eine Stunde lang über den Boden schwebt – gehalten von nur einem Gramm Industrieklebstoff. Offizieller Weltrekord. Was hingegen ein winziges Bakterium zu leisten vermag, stellt alle von Menschen hergestellten Produkte weit in den Schatten. Die Mikrobe sondert eine Substanz ab, die stärker haftet als jeder Klebstoff.

Gibt es eine Steigerung von super? Superer? Am supersten? Nein, klingt alles komisch und ist auch nicht korrekt. Gäbe es jedoch einen passenden Superlativ, das Bakterium „*Caulobacter crescentus*“ könnte ihn für sich beanspruchen. Die Mikrobe produziert das stärkste Haftmittel überhaupt. Der von ihr erzeugte Klebstoff ist so stark, dass er ein Gewicht von rund 1,3 Tonnen an einem Ein-Cent-Stück halten könnte. Eine Leistung, mit der selbst die kräftigsten synthetischen Klebstoffe nicht mithalten.

## Klein, aber oho

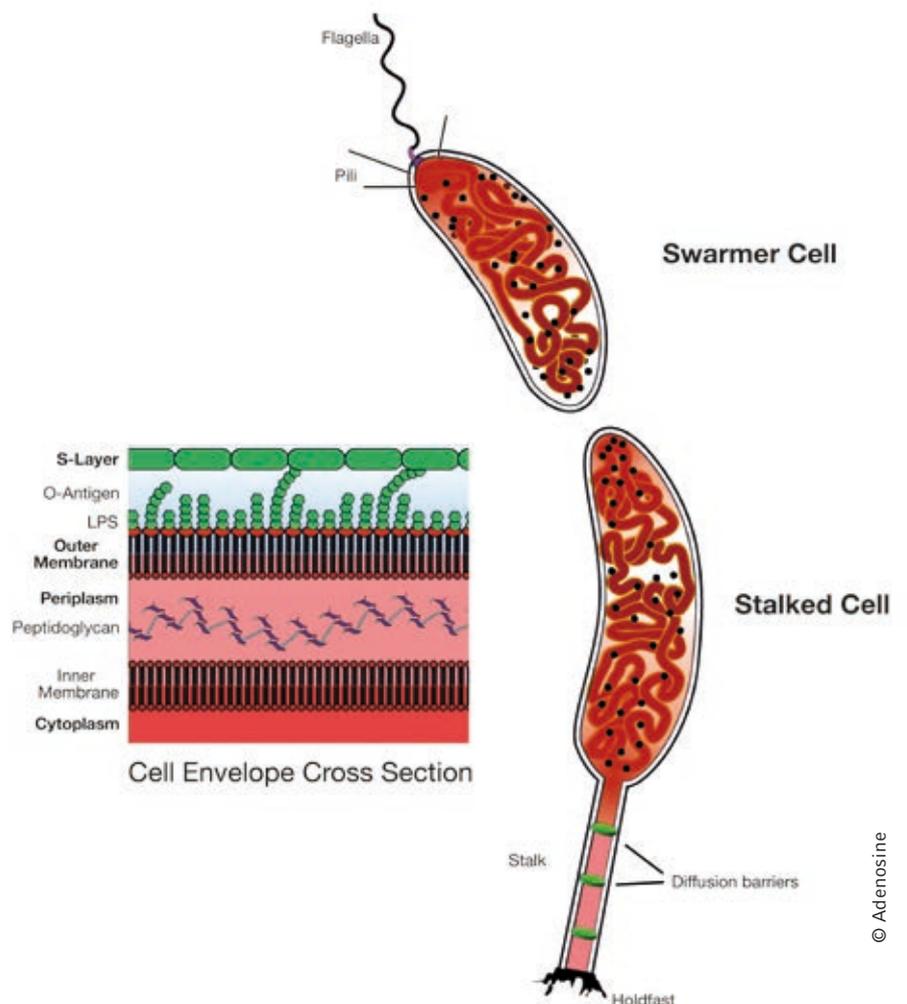
Der König unter den klebstoffproduzierenden Lebewesen ist so winzig, dass er nur mithilfe eines hochauflösenden Mikroskops wahrgenommen werden kann. Dort aber offenbart er dann seine wahre Größe. Gemessen an der Klebkraft des von ihm hergestellten Substrats ist der vermeintliche Zwerg ein echter Riese. Die Haftfähigkeit ist so stark, dass Forscher hierfür extra ein neues Messverfahren entwickeln mussten. Alle gängigen Verfahren reichten nicht mehr aus.

## Die Haftkraft sprengt alle Grenzen

In Bächen, Flüssen und Wasserleitungen heimisch, hält sich das Bakteri-

um mittels eines langen Stängels, an dessen Ende eine Art Haftorgan mit klebenden Zuckermolekülen sitzt, an jedem erdenklichen Untergrund fest. Selbst bei starken Strömungen und hohen Fließgeschwindigkeiten rutscht

es nicht ab. Dieses Prinzip machten sich Wissenschaftler zunutze, um die Haftfähigkeit des Mikroben-Klebstoffes zu analysieren. Sie ließen Bakterien vom Typ „*Caulobacter crescentus*“ auf Glasstäbchen wachsen und saug-



ten einzelne Zellen in ein feines Röhrchen. Anhand der Saugkraft, die nötig war, um das Haftorgan der Mikrobe vom Glas zu trennen, konnten sie dann ablesen, wie stark deren natürlicher Klebstoff tatsächlich ist.

Das Ergebnis war mehr als verblüffend: Um eine einzige Zelle von dem Glasstäbchen abzulösen, musste eine Kraft von rund einem Micronewton aufgewendet werden. Umgerechnet sind das knapp 70 Newton pro Quadratmillimeter. Das entspricht in etwa dem Druck, den drei Autos auf eine Fläche von der Größe einer Euromünze ausüben würden. Zum Vergleich: Herkömmliche, im Handel erhältliche Klebstoffe geraten schon bei maximal

18 bis 28 Newton pro Quadratmillimeter an ihre Leistungsgrenze.

#### **Zucker verleiht Kraft**

Was macht den Bakterien-Superklebstoff so viel leistungsfähiger als alle künstlich hergestellten Haftmittel? Das Geheimnis steckt im Detail. Das Haftorgan der Mikroben ist mit einer dünnen Schicht aus Polysacchariden überzogen. Bei diesen Zuckermolekülketten handelt es sich um einen sehr starken natürlichen Klebstoff, der sogar unter Wasser haftet.

#### **Von der Natur lernen**

Die Industrie zeigt großes Interesse an dem wetterfesten und leistungsstarken

Superklebstoff. Im medizinischen Bereich könnte die Substanz zum Beispiel als biologisch abbaubarer Klebstoff für chirurgische Eingriffe genutzt werden. Auch in der Meerestechnologie und weiteren Anwendungsgebieten würde das natürliche Haftmittel gute Dienste leisten.

Bevor der Bakterien-Klebstoff in die Massenproduktion gehen kann, ist aber weitere Forschungsarbeit erforderlich. Zunächst muss erst einmal die weitgehend unbekannt chemische Zusammensetzung entschlüsselt werden. Nach Ansicht der Wissenschaftler könnten noch mindestens zwei Jahrzehnte ins Land gehen bis die Herstellung des Bio-Klebstoffes beginnt.



**Kleine Mikrobe mit großer Wirkung: Das Süßwasserbakterium *Caulobacter crescentus* produziert den stärksten natürlichen Klebstoff, der bislang entdeckt wurde.**

# Alltag & Klebstoffe

# Briefmarkengummierung

## Das klebrige Geheimnis wird gelüftet

Ohne gültige Briefmarke kommt keine Postsendung an – das sind jedes Jahr mehr als drei Milliarden Marken. Wie selbstverständlich werden Urlaubskarten, Liebesbriefe, Pakete und Co. mit den kleinen, bunten Wertzeichen beklebt. Wer aber hat schon einmal darüber nachgedacht, wie Briefmarken kleben? Oder woraus der Klebstoff, auch Gummierung genannt, besteht?

### Die Erfolgsgeschichte beginnt in Bayern

Vor 166 Jahren fand hierzulande eine bedeutende Revolution statt. Die Märzrevolution? Nein, die ereignete sich ein Jahr zuvor. Gemeint ist eine bahnbrechende Umwälzung im Post-

wesen. 1849 kam im Königreich Bayern mit der „Schwarzen Einser“ die erste Briefmarke Deutschlands heraus. Wie ihre heutigen Nachfolger wurde sie auf Postsendungen geklebt, um diese zu frankieren. Die Klebmasse, die dazu verwendet wurde, hat mit den aktuell



gebräuchlichen hauchdünnen Klebstoff-Beschichtungen allerdings nichts gemein.

Damals – im 19. Jahrhundert – war es üblich, Briefmarkenklebstoff aus Zuckermelasse und Kartoffelstärke, gelegentlich auch aus Fischleim herzustellen. Heute begehrte Sammlerstücke, stießen derartig gummierte Postwertzeichen bei den damaligen Verbrauchern auf wenig Gegenliebe. Ihr penetranter Geruch und Geschmack sorgte lediglich für verzogene Gesichter. Weiteres Manko: Die Klebstoffe waren technisch noch relativ unausgereift – Briefmarken hafteten oft aneinander und fielen häufig ab. Zudem befürchteten die Leute seinerzeit, dass der Kartoffelkleister ein Träger giftiger Keime sein könnte. Eine neue Gummierungsart musste also her.

**Ohne Fehler keinen Fortschritt**  
Mit der Entwicklung synthetischer





Klebstoffe konnten sämtliche Nachteile früherer Beschichtungsmethoden überwunden werden. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts bestehen Briefmarkengummierungen größtenteils aus Polyvinylacetat beziehungsweise Polyvinylalkohol sowie Mischungen dieser Polymere. Gegenüber tierischen und pflanzlichen Beschichtungen haben sie mehrere entscheidende Vorteile: Sie sind geschmacksneutral, geruchlos, resistent gegen Feuchtigkeit und kleben nicht aneinander. Zudem sind solche Kunststoffgummierungen lebensmittelrechtlich unbedenklich.

### Es geht auch ohne Spucke

Die Nassklebung ist zwar auch heute noch gang und gäbe, allerdings sind mittlerweile ebenso Gummierungsarten zu finden, die ohne Feuchtigkeit funktionieren – beispielsweise auf selbstklebenden Briefmarken. Diese sind mit Haftklebstoffen auf Basis von Acrylaten beschichtet und müssen

lediglich von einer lösbaren Abdeckschicht abgezogen werden, um sie auf einen Umschlag oder einen Brief zu kleben.



# Magische Momente Fabelwesen aus Klebstoff

In völliger Dunkelheit schreiten wir durch einen Garten. Um uns herum die murmelnden Geräusche der Nacht. Bald schon tut sich hier und da eine sanfte Lichtquelle auf. Sie lenkt unseren Blick auf fremdartige Geschöpfe. Zauberhaft andersartig und uns dennoch ähnlich gebärden sie sich wie transparente Fabelwesen auf mondschimmernden Lichtungen. Nähern wir uns diesen zarten Gestalten, wird uns langsam bewusst, was wir hier sehen: einzigartige Skulpturen aus abertausenden kleinen Klebstoffpünktchen.



Schöpferin dieser bis zu zwei Meter hohen geklebten Skulpturen ist die bildende Künstlerin Nirgül Kantar-Dreesbeimdieke, die sich selbst nur „Nirgül“ nennt. Ihre einzigartigen Kunstwerke, die es so tatsächlich kein zweites Mal auf der Welt gibt, haben ihr längst nationale und internationale Aufmerksamkeit beschert. Doch der Weg bis zur Entstehung dieser Fa-belwesen war lang und beschwerlich. Größte Herausforderung: den richtigen Werkstoff finden.

### **Suchen, scheitern, nicht aufgeben**

Nirgüls Vision war es von Beginn an metergroße Skulpturen zu erschaffen, die nicht nur organisch, sondern gleichzeitig auch transparent erscheinen. Zauberhafte Wesen, die den Blick nach Innen freigeben, das Licht auffangen und mit ihm spielen. Begonnen hat sie mit Figuren aus zahlreichen kleinen Metallspiralen, die sie in mit Spiritus gelösten Klebstoff tauchte, zusammenfügte und mit Maschendraht ummantelte. Der Draht jedoch gab dem Druck mit der Zeit nach und geriet völlig aus der Form. Außerdem störten sie die einengenden Zwänge des Drahts in der Formgebung. Ihre Figuren sollen die Zartheit, inspiriert vom Augenblick verkörpern. Eine andere Lösung musste her.

Nirgül begab sich in eine beschwerliche Phase aus Suchen und Experimentieren, aus Neuerfinden und wieder Verwerfen, aus Scheitern und Nichtaufgeben. Silikon, Harz, Quarz – sie setzte verschiedenartige Werkstoffe ein, die jedoch alle nicht das gewünschte Resultat erbrachten. Auseinanderspringende Spiralen, instabile Konstruktionen, ungenügende Festigkeit oder unausreichende Freiheiten – die Künstlerin musste zahlreiche Rückschläge verkraften. Bis ihr schließlich die rettende und alles verändernde Kartusche in die Hände fiel: ein besonders starker MS-Polymer Industrieklebstoff für die elastische Klebung unterschiedlicher

Materialverbindungen im Innen- und Außenbereich.

### **Die Rettung kam mit dem Klebstoff**

Nirgül hatte gesiegt. „Dieses Gefühl endlich zu Hause angekommen zu sein, in meinem Metier, in meiner Bestimmung, mit meinem Werkstoff, ist unbeschreiblich. Wenn ich an diesen Moment zurück denke, an dem plötzlich alles vollkommen war, verschlägt es mir noch heute die Sprache – und das passiert eher selten“, freut sich die Künstlerin noch heute über ihren Erfolg. Das besondere an dem Klebstoff bei der Verarbeitung: Er ist nicht nur flexibel genug, um einzelne Teilstücke in Form zu bringen und zu halten, sondern nach der Aushärtung gleichzeitig auch extrem stabil, elastisch, durchsichtig und absolut wetterbeständig. „Bei der Schaffung meiner ersten Wesen war ich so in Wallung, dass ich mich von meinem neuen Werkstoff nicht mehr losreißen konnte“, erzählt sie. Dabei hat sie gleich 3.000 Kartuschen des lösemittelfreien Materials verbraucht.

### **Geklebte Skulpturen**

Der Duschende, die Saxophonspielerin, die Lavendeldame, die Wehklagenden, der große Engel – sie alle wurden in der Ausstellung „Magische Momente“ zum 100. Geburtstag des Botanischen Gartens in Gütersloh gezeigt. Heute befinden sich die Kunstwerke nach Shanghai- und Paris-Reisen in Nirgüls Isselhorster Atelier. Am besten zur Geltung kommen die magischen Wesen allerdings draußen im Dunkeln, eingefangen vom Spiel zwischen Licht und Schatten. Dann entfalten die Arbeiten ihre oftmals betörende, manchmal verstörende, doch immer bezaubernde Wirkung. Die organisch transparente Eiskristall-Optik der zauberhaften Figuren hat Nirgül erzielt, indem sie den transparenten, gelartigen Industrieklebstoff Punkt für Punkt aus der Kartusche auftrug. Viele tausend Male drückt die Künstlerin dafür auf

die mit Luftkompressor angetriebene Kartuschenpistole. In ungezählten Stunden der Feinarbeit entstehen lebens- und überlebensgroße Skulpturen aus diesen Klebstoffpunktschen. Für eine Figur braucht die Künstlerin etwa ein dreiviertel Jahr. Doch diese Vorgehensweise bringt nicht nur den einzigartigen optischen Effekt mit sich. Gleichzeitig sorgt der Punktauftrag, bei dem jede einzelne Schicht komplett aushärtet bevor die nächste aufgetragen wird, für die enorme Stabilität der bis zu 200 Kilo schweren Kunstwerke.

In der Arbeit mit dem Kartuschenklebstoff geht Nirgül vollkommen auf. So hat sie mit der Bezeichnung „Nirglue“ kurzerhand ein neues Medium geschaffen, in dem sich Name und Werkstoff vereinen. Diese Vereinigung spiegelt sich wieder in ihren leisen, zarten doch ausdrucksstarken Inszenierungen. Eine harmonische Verbindung, perfekt komponiert.



© Nirgül





# Tintenfisch mal anders Klebstoff aus der „Tube“

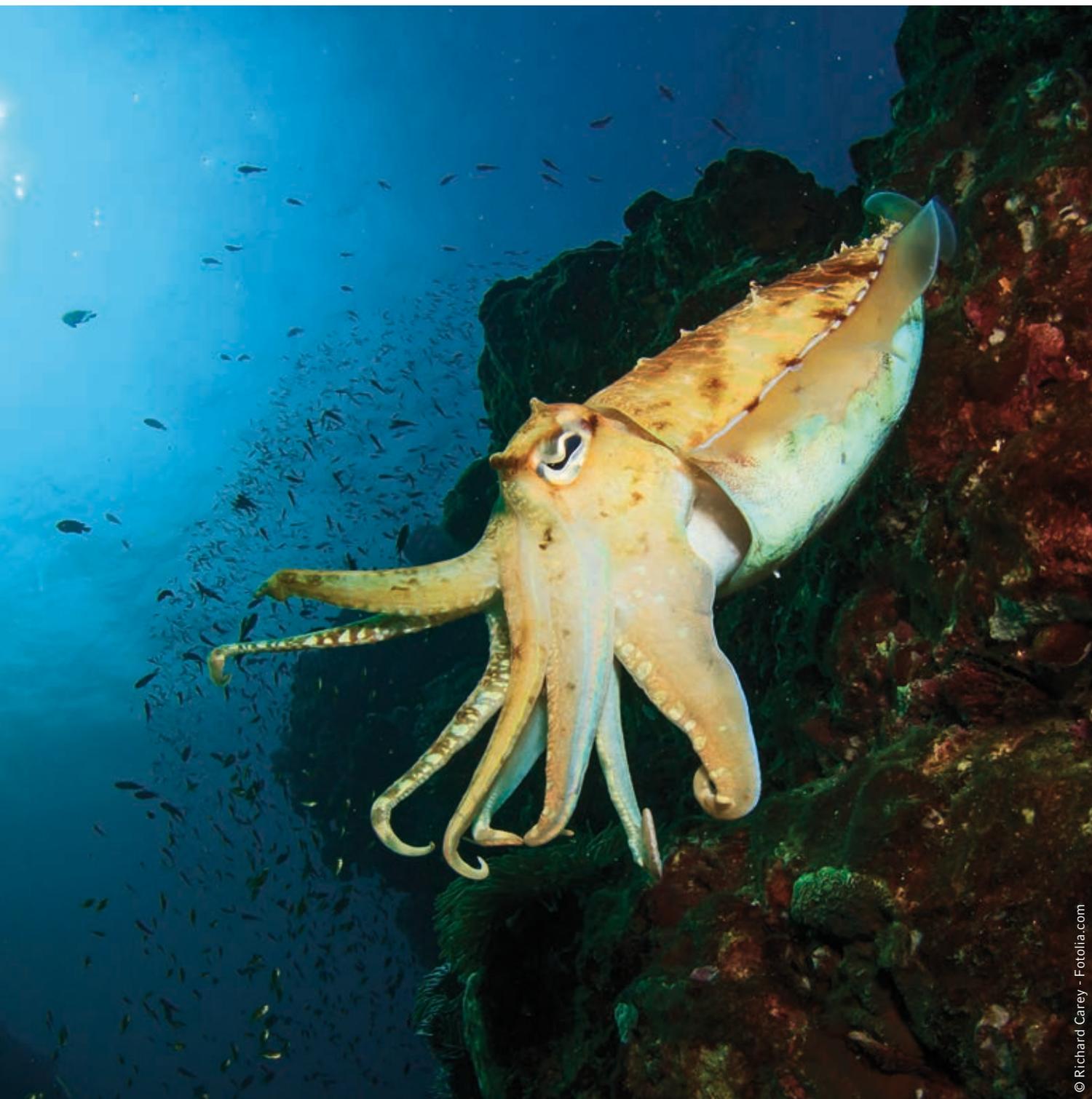
Zugegeben, die Verbindung zwischen Tintenfisch und Klebstoff klingt komisch, ist in der Spitzenküche aber gefragt. Denn: Auf der Zunge verschmelzen die ungleichen Komponenten zu einem kulinarischen Feuerwerk.

Vom Stehimbiss bis zum Sterneres-  
tauriant – Tintenfische, auch Calamari,  
Oktopus oder Pulpo genannt, stehen  
in Deutschland gerne auf der Speise-  
karte. In der Küche ebenso beliebt wie  
der Kopffüßler selbst, ist seine Tinte.  
Gourmets benutzen sie beispielswei-  
se zum Färben von Gerichten wie  
schwarzer Pasta oder Risotto. Mauro  
Colagreco, einer der renommiertesten  
Köche der Welt, macht sich hingegen

eine andere Eigenschaft des Tintenfis-  
ches zu Nutze, um ein Geschmackser-  
lebnis der besonderen Art zu kreieren.

Er schneidet den tubenförmigen Kör-  
per in extrem feine Streifen und legt  
diese eng beieinander. Während des  
Ruheprozesses tritt aus dem Tinten-  
fischgewebe Kollagen aus, das wie ein  
Klebstoff wirkt. Es sorgt dafür, dass  
die Tintenfischstreifen leicht aneinan-

der haften und so eine „Scheibe“ auf  
dem Teller angerichtet werden kann.  
Das kulinarische Ergebnis ist eine Tin-  
tenfisch-Komposition, die auf der Zun-  
ge zergeht, da die Kollagen-Klebstoff-  
Verbindungen im Mund durch leichten  
Zungendruck aufbrechen. Die feinen  
Streifen haben dadurch eine sehr gro-  
ße Oberfläche, die den Tintenfisch-  
Geschmack – im Vergleich zur unbe-  
handelten Tube – deutlich verstärken.



# Unverwüstliche Banknoten

## Das Geheimnis eines Überlebenskünstlers

Ob Kochwäsche, Backofen, Säurebad, Katzenkrallen oder Rotwein – Geldscheine sind heutzutage fast unzerstörbar. Warum ist das so?

Dass Geldscheine in offenem Feuer nicht brennen, ist eine Legende – und deshalb keinesfalls zum Ausprobieren empfohlen. Dennoch überleben moderne Geldscheine die härtesten Foltermethoden. Das beweist der Münchner Banknotendrucker Giesecke & Devrient

in seinen mehr als 50 Härtetests. Von der Kochwäsche bei 90 Grad Celsius über Säurebäder und Backofenaufenthalte bis zur Malträtierung durch Katzenkrallen – in der hauseigenen Qualitätssicherung muss das Zahlungsmittel so einiges aushalten.

### **Das Geheimnis des Überlebenskünstlers Geldschein liegt in seiner Machart**

Bereits seit dem Jahr 960 n.Chr. ist in der chinesischen Historie der Gebrauch des Papiergeldes verzeichnet. Doch die Chinesen verwendeten kein



richtiges Papier zur Herstellung ihrer Geldscheine. Sie fertigten das Zahlungsmittel aus einem Gemisch aus Baumrinde, Hanf und Stoffresten an, um es reißfester und langlebiger zu machen.

Ähnlich verhält es sich mit den heutigen Banknoten. Sie erhalten ihre Festigkeit durch Baumwolle – genauer gesagt durch die kurzen Samenhaare der Baumwollpflanze, die gepresst und mit Füll-, Farb- und Klebstoff vermischt werden.

Unter anderem sorgen also Klebstoffe dafür, dass aus Baumwolle scheinbar unverwüstliche „Papierbögen“ entstehen, die dann in die Notendruckereien und schließlich unsere Portemonnaies gelangen.

Zu den Neuheiten beim Gelddruck gehören übrigens „Hybrid-Banknoten“ mit einem Kern aus Baumwolle, der mit Folie überzogen wird. Vorteil dieser Technik ist unter anderem, dass Flüssigkeiten von der Oberfläche abperlen und die Banknoten nicht leicht eingerissen werden können.

#### **Fünf Jahre für hohe Noten**

Wie lange eine Banknote lebt, hängt vor allem vom Wert des Geldscheins ab. Kleine Geldscheine wie der Fünf- oder Zehn-Euro-Schein werden viel benutzt und angefasst. Deshalb haben sie die kürzeste Lebensdauer: Im Schnitt werden sie nach sechs Monaten von der Europäischen Zentralbank (EZB) aus dem Verkehr gezogen.

Deutlich länger, nämlich rund zwei Jahre, sind 50-Euro-Noten im Umlauf. Am längsten leben die hohen Banknoten mit einem Wert von 200 oder 500 Euro. Sie heißen im Expertenjargon „Saving notes“ (Sparbanknoten), weil sie überwiegend im Tresor oder der Briefftasche aufbewahrt und kaum beansprucht werden. Durchschnittlich sind diese Geldnoten fünf Jahre lang im Einsatz.

Fazit: Erst dank Klebstoffen werden Banknoten zu Überlebenskünstlern.





# Eine starke Verbindung...



Industrieverband  
Klebstoffe e.V.

## *Industrieverband Klebstoffe e. V.:*

*3M Deutschland GmbH, Adtracon GmbH, Alberdingk Boley GmbH, ARDEX GmbH, ARPADIS Deutschland GmbH, BASF SE, Bayer MaterialScience AG, Berger-Seidle GmbH Parkettlacke, Klebstoffe, Bauchemie, Bona GmbH Deutschland, Bostik GmbH, BÜHNEN GmbH & Co. KG, BYK-Chemie GmbH, BYLA GmbH, Cabot GmbH, Celanese Emulsions GmbH, certoplast Vorwerk & Sohn GmbH, Chemetall GmbH, ChemQuest Inc. Europe, CHT R. Beitlich GmbH, CnP Polymer GmbH, Coim Deutschland GmbH Novacote Flexpack Division, COROPLAST Fritz Müller GmbH & Co. KG, CTA GmbH, Cyberbond Europe GmbH, DEKALIN - DEKA Kleben & Dichten GmbH, DELO Industrieklebstoffe GmbH & Co. KGaA, DKSH GmbH, DOW Deutschland Anlagengesellschaft mbH, Dymax Europe GmbH, Eluid Adhesive GmbH, EUKALIN Spezial-Klebstoff Fabrik GmbH, Evonik Goldschmidt GmbH, Evonik Hanse GmbH, Evonik Industries AG, Exxon Mobil Chemical Central Europe GmbH, Fermit GmbH, fischerwerke GmbH & Co. KG, Follmann GmbH & Co. KG, Forbo Erfurt GmbH, Gludan (Deutschland) GmbH, Fritz Häcker GmbH & Co KG, H.B. Fuller Deutschland GmbH, Henkel AG & Co. KGaA, Hinterwaldner Consulting & Partner (GbR), Huntsman Advanced Materials (Dtschld.) GmbH, IFAM Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, IMCD Deutschland GmbH & Co. KG, Innotech Marketing und Konfektion Rot GmbH, Intoplan GmbH Bauchemie, ISP Biochema Schwaben GmbH, IST METZ GmbH, Jowat SE, Jowat Klebstoffe GmbH, Kaneka Belgium N.V. Deutschlandvertretung Kunststoffe W. Hollbeck, KEYSER & MACKAY Zweigniederlassung Deutschland, Kiesel Bauchemie GmbH u. Co. KG, Kisling Deutschland GmbH, Klebstoffwerke COLLODIN GmbH, Klebtechnik Dr. Hartwig Lohse e.K., Kleiberit Klebstoffe Klebchemie M. G. Becker GmbH & Co. KG, Kömmerling Chemische Fabrik GmbH, KRAHN CHEMIE GMBH, Kraton Polymers GmbH, Lanxess Deutschland GmbH, Lohmann GmbH & Co. KG, LOOP GmbH, LORD Germany GmbH, LUGATO GmbH & Co. KG, Mapei GmbH, Minova CarboTech GmbH, NAGASE (Europa) GmbH, Nordmann, Rassmann GmbH, Novamelt GmbH, NYNAS GmbH, Omya Hamburg GmbH, Organik Kimya A.S., Hermann Otto GmbH, Panacol-Elosol GmbH, PCI Augsburg GmbH, Planatol Wetzell GmbH, POLY-CHEM AG, Polytec PT GmbH Polymere Technologien, PRHO-CHEM GmbH, RAMPF Polymer Solutions GmbH & Co. KG, Ramsauer GmbH & Co.KG, RENIA Ges. mbH chemische Fabrik, Rhenocoll-Werk eK., RJ Consulting, Robatech GmbH, ROHM AND HAAS EUROPE TRADING APS, RUDERER KLEBETECHNIK GMBH, RÜTGERS Novares GmbH, Schill + Seilacher „Struktol“ GmbH, Schlüter-Systems KG, Schomburg GmbH & Co. KG, Schönnox GmbH, SIEMA Industrie-Klebstoffe GmbH, Sika Automotive GmbH, Sika Deutschland GmbH, Sopro Bauchemie*

**GmbH, Sopro Bauchemie GmbH, Austria, Stauf Klebstoffwerk GmbH, Stockmeier Urethanes GmbH & Co. KG, Synthopol Chemie Dr. rer. pol. Koch GmbH & Co. KG, TER GROUP, tesa SE, TSRC (Lux.) Corporation S.a.r.l., Türmerleim GmbH, UHU GmbH & Co. KG, UZIN UTZ Aktiengesellschaft, Versalis International SA Zweigniederlassung Deutschland, VINAVIL S.p.A. Vertretung Deutschland, VITO Irmen GmbH & Co. KG, Wacker Chemie AG, Wakol Walter Kolodziej GmbH & Co. KG, WEI-CON GmbH & Co. KG, Weiss Chemie + Technik GmbH & Co. KG, Willers, Engel & Co. (GmbH & Co.), Worlée-Chemie GmbH, WULFF GmbH & Co. KG, Zelu Chemie GmbH, Zika Leime + Klebstoffe L. Zimmermann GmbH + Co. KG**



**Fachverband der Chemischen Industrie Österreichs, Berufsgruppe Bauklebstoffe:**  
**Ardex Baustoff GmbH, Botament Systembaustoffe, Forbo Erfurt GmbH, Gemar GmbH, Hanno Werk GmbH & Co KG, Henkel Central Eastern Europe GmbH, Kiesel Bauchemie GmbH u. Co.KG, Knauf GesmbH, Lugato GmbH & Co KG, Mapei Gesellschaft m.b.H., Murexin AG, PCI Augsburg GmbH, Saint-Gobain Weber Terranova GmbH, Stauf Klebstoffwerk GmbH, Uzin Dr. Utz Gesellschaft m.b.H., Wakol GmbH**

**Fachverband Klebstoff-Industrie Schweiz:**



**ALFA Klebstoffe AG, Collano Adhesives AG, EMS-CHEMIE AG, Geistlich Ligamenta AG, H.B. Fuller Europe GmbH, Henkel & Cie. AG, JOWAT Swiss AG, Kisling AG, merz+benteli ag, nolax AG, Purbond AG, Scapa Schweiz AG, Sika Schweiz AG, Türmerleim AG, Uzin Tyro AG, Wakol GmbH, ZHAW – Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften**

## **Impressum**

**Herausgeber:**

Industrieverband Klebstoffe e. V. · Völklinger Straße 4 (RWI-Haus) · 40219 Düsseldorf · Tel. +49 211 67931-10 · Fax +49 211 67931-33 · [www.klebstoffe.com](http://www.klebstoffe.com)

**Mitherausgeber:**

Fachverband der Chemischen Industrie Österreichs · Wiedner Hauptstraße 63 · A-1045 Wien · Tel. 43 0590 900 - 3340 · Fax 43 0590 900 - 280 · [www.fcio.at](http://www.fcio.at)  
Fachverband Klebstoff-Industrie Schweiz · Postfach 213 · CH-5401 Baden · Tel.: +41 (0)56 221 51 00 · Fax: +41 (0)56 221 51 41 · [www.fks.ch](http://www.fks.ch)

**Redaktion/Gestaltung:**

Dülberg & Brendel GmbH · Public Relations · Düsseldorf · [www.duelberg.com](http://www.duelberg.com)

[www.klebstoffe.com](http://www.klebstoffe.com)