



Diskurs

pro clima Fachpublikationen

Wie funktionieren
Klebebänder?



Ausgabe Nr. 8

Klebebänder: Wie funktionieren sie, was müssen sie können und was können sie?

Für die Herstellung einer luftdichten Gebäudehülle werden in vielfältigen Anwendungen Klebebänder als Verbindungsmittel eingesetzt – oft mehrere 100 Meter pro Gebäude. Klebebänder haben sich in dieser Anwendung als Verbindungsmittel etabliert (wie der Nagel im Holzbau) und müssen mehrere Jahrzehnte ihre Aufgabe erfüllen. Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Klebetechnik sowie die Eigenschaften der bauüblichen Klebebänder.



Viele Meter und verschiedene Klebebänder kommen bei der Gebäudedichtung zum Einsatz. Hier verklebt ein Zimmerermeister die Fenster-Innenecken bei einem Innenausbau eines Feuerwehrhauses.

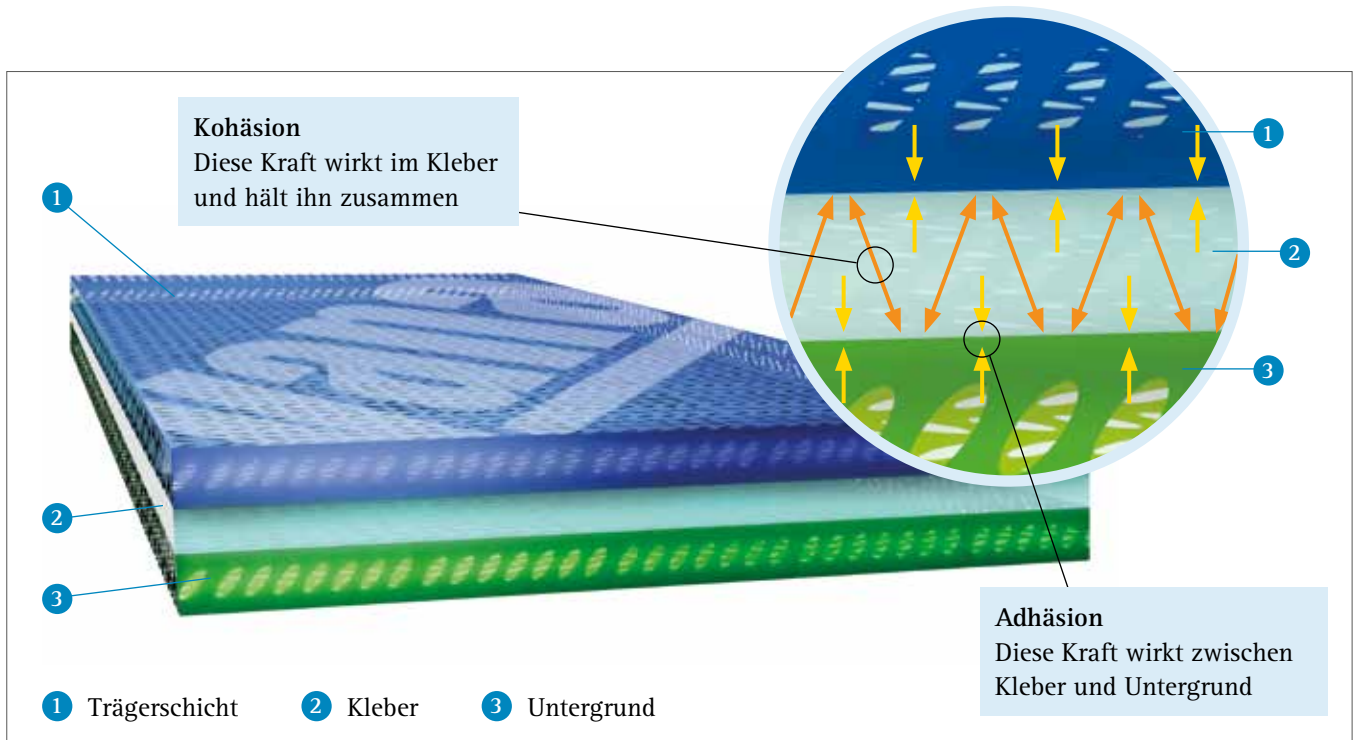
Sind nicht alle Klebebänder gleich?

Klebebänder wirken auf den ersten Blick ähnlich, manche gar identisch: Betrachtet man unterschiedliche Produkte, so bestehen sie alle aus einem Träger. Dieser besteht, je nach geplanter Anwendung des Klebbandes, aus Papier, Kunststofffolie

oder Vlies. Auf dem Trägermaterial ist der Klebstoff aufgebracht, der unterseitig durch eine Schutzfolie oder ein Schutzpapier abgedeckt wird. Die unterschiedlichen Träger ermöglichen unterschiedliche Anwendungsbe- reiche. Beispielsweise muss ein Band, das innen und außen eingesetzt werden kann, einen UV-stabilisier- ten Träger besitzen – ein Fenster-

anschlusskleband einen überputz- baren Vlies-Träger. Dieser Unterschied ist leicht erkennbar.

Betrachtet man den Klebstoff selbst, so ist ein Unterschied nicht so leicht festzustellen. Ein Blick in die Daten- blätter hilft oft auch nicht weiter, da meist nur wenige technische Daten angegeben werden, die zudem schwer miteinander vergleichbar sind.



Diese Grafik veranschaulicht die verschiedenen Kräfte, die in der Klebefuge wirken. Die Kohäsion ist die innere Festigkeit des Klebers. Die Adhäsion ist die Haftkraft zum Untergrund. Es gilt: Je höher die Adhäsion, desto geringer die Kohäsion. Für eine dauerhafte Verklebung ist das optimale Verhältnis zwischen Kohäsion und Adhäsion entscheidend.

Herstellung der Klebebänder

Klebebänder zur Herstellung der Luftdichtheit werden hauptsächlich in zwei Produktionsweisen hergestellt. Die größte Gruppe (ca. 80 – 85 %) werden als Dispersionskleber produziert. Dabei werden die in Wasser gelösten Acrylate im flüssigen Zustand auf das Trägermaterial aufgebracht. Damit die Dispersion homogen bleibt und sich die Acrylate überhaupt in Wasser lösen, sind der Dispersion Emulgatoren beigemischt. Diese haben die Aufgabe, Wasser um sich herum anzulagern. Im weiteren Produktionsfortschritt wird dann in langen Trockentunneln das Wasser verdunstet. Die gelösten Acrylate verbinden sich miteinander, bilden lange Molekülketten und entwickeln so ihre Klebrigkeit. Die Emulgatoren bleiben ohne weitere Funktion in dem Klebefilm zurück. Eine exklusivere Gruppe der Klebebänder wird mit einem Kleber auf Feststoffbasis aus Reinacrylat hergestellt. Diese Produktionstechnik ist relativ neu und technisch aufwendiger, als die von Klebebändern mit Acrylatdispersionen. Dabei wird der Kleber

als zähe Masse auf das Trägermaterial aufgebracht und die einzelnen Acrylatmoleküle durch gezielte Energiezufuhr so vernetzt, dass die gewünschten Klebeeigenschaften entstehen.

Honig & Stein oder Adhäsion & Kohäsion

Vergleicht man flüssigen Honig mit einem Stein, dann lässt sich Adhäsion und Kohäsion gut demonstrieren.

Honig hat eine gute Adhäsion und klebt daher ausgezeichnet an Oberflächen. Er hat aber eine so schlechte innere Festigkeit (Kohäsion), dass er durch sein Eigengewicht abtropft. Ein Stein hat eine hohe innere Festigkeit, also Kohäsion, und eine sehr geringe Adhäsion. Es gilt: Eine hohe Adhäsion hat eine geringe Kohäsion zur Folge und umgekehrt. Ein gutes Klebeband ist die perfekte Einstellung aus hoher Kohäsion und hoher Adhäsion.



Honig hat eine hohe Adhäsion – er klebt daher sofort an jeder Oberfläche. Die Kohäsion ist gering, sodass der Honig alleine durch sein Eigengewicht von der Oberfläche tropft. Das genaue Gegenteil: der Stein. Dieser hat eine hohe innere Festigkeit, also Kohäsion, aber verfügt über keinerlei Adhäsion und klebt daher nicht an Oberflächen.

Wieso kleben Kleber? Vom Faultier, dem Eichhörnchen und dem Gecko

Spannend ist die Frage, wie und wieso ein Klebeband klebt. Die Verbindung zum Untergrund wird über verschiedene Mechanismen erreicht. Eine Folie oder eine Glasscheibe wirken auf den ersten Blick glatt, betrachtet man die Oberfläche jedoch stark vergrößert, zeigt sich ein ganz anderes Bild mit Hügeln und Tälern. Diese Struktur wird vom Kleber umflossen und er verkrallt sich in der Oberfläche wie das Eichhörnchen am Baum oder umfasst die Struktur wie ein Faultier einen Ast.

Ist der Kleber in direktem Kontakt mit der Oberfläche, bilden sich zwischen beiden Elementen auf molekularer Ebene Anziehungskräfte, die sogenannten Van-der-Waals-Kräfte. Je dichter der Kleber an die Oberfläche kommt, desto mehr Kräfte können entstehen und somit erhöht sich auch die Klebkraft auf dem Untergrund. Das Prinzip ist vom Gecko bekannt, der kopfüber an glatten Oberflächen wie Glasscheiben laufen kann. Dies ist aufgrund der großen Anzahl von sehr feinen Hafthaaren an den Füßen des Geckos möglich, welche die Kontaktfläche erhöhen, wodurch ausreichend hohe Adhäsionskräfte entstehen.

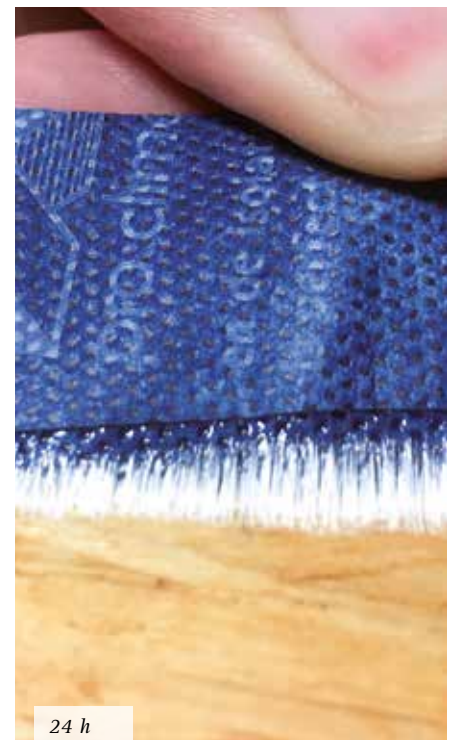
Immer mit der Ruhe: Aufbau der Klebkraft

Es kann einige Zeit dauern, bis der Kleber vollständig in den Untergrund geflossen ist und sich fest mit diesem verbindet.

Die Klebkraft baut sich in der Regel innerhalb von Stunden auf. Der Grund, warum alle Hersteller ein Andrücken der Klebebänder empfehlen, lässt sich aus den oben erklärten Wirkungsweisen ableiten: Ein Kleber muss nahe an den Untergrund gebracht werden, um diesen umfließen zu können.



20 min



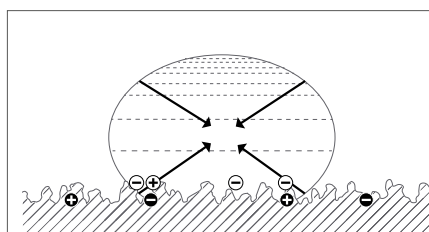
24 h

Diese Fotos zeigen, wie sich die Festigkeit über die Kontaktzeit aufbaut. Hier wurde ein Klebeband verwendet, das für die Luftdichtung innen und Winddichtung außen eingesetzt werden kann. Links – nach 20 Minuten – ist der Anfangstack sichtbar, rechts die deutlich stärkere Verbindung nach 24 Stunden.

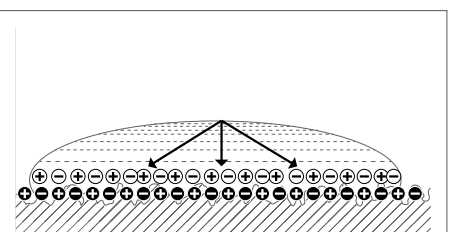
Ein Tropfen Wasser bringt Klarheit – Der Einfluss der Oberflächenspannung

Ein weit verbreiteter Mythos ist, dass ein Kleber auf jeder Oberfläche kleben muss. Hält eine Verbindung mal nicht wie gewünscht, ist immer das Verbindungsmittel schuld. Diese Annahme ist falsch. Kein Mensch würde auf die Idee kommen, zwei Stücke Kaminholz zu nehmen, diese mit Holzleim zu bestreichen, kurz zusammendrücken,

sie sofort wieder auseinanderzuziehen, nur um danach den Leim dafür verantwortlich zu machen, dass die Verbindung nicht hält. Die Qualität einer Verbindung ist immer abhängig von dem Verbindungsmittel, dem Untergrund und der Verarbeitung. Das nicht alle Folien zum Verkleben geeignet sind, sieht man an den verwendeten Trennfolien. Das Klebeband lässt sich von ihnen leicht lösen. Dann gibt es Folien, auf denen das Band gut hält, sich aber unter Zug wieder ablösen



Auf dem Werkstoff bilden sich runde Wassertropfen



Die Flüssigkeit verläuft auf dem Werkstoff

Oberflächenspannung von Folien: Die niederenergetische Oberfläche hat wenig Bindungspunkte und eine geringe Oberflächenspannung. Sie schafft es nicht, den Wassertropfen aus seiner runden Form zu ziehen. Je mehr Bindungspunkte es gibt, desto hochenergetischer die Oberfläche und desto mehr wird der Wassertropfen aus seiner runden Form gezogen. Hochenergetische Oberfläche: Die Flüssigkeit verläuft auf dem Werkstoff.

lässt. Und zuletzt gibt es auch Folien, von denen das Klebeband nicht zu entfernen ist.

Ursächlich dafür ist die Oberflächenspannung von Folien. Diese Spannung einer Folie beschreibt, wie gut diese von einem Kleber benetzt werden kann. Das heißt, wie gut sich der Kleber der Oberfläche der zu verklebenden Folie nähern kann. Die Oberflächenspannung einer Folie ist nicht sichtbar und auch in Datenblättern wird dieser Wert nur von wenigen Herstellern angegeben.

Wassertropfentest

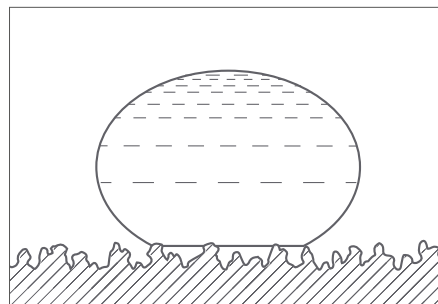
Wie kann man aber auf der Baustelle die Oberflächenspannung abschätzen? Eine Möglichkeit ist der Wasser-

tropfentest. Hierbei gibt man einen Tropfen Wasser auf die Oberfläche der Folie und schaut, wie gut er die Oberfläche spontan benetzt. Je höher die Oberflächenspannung (Oberflächenenergie) der Folie, desto eher wird der Wassertropfen aus seiner Tropfenform gezogen und desto besser halten Verklebungen mit einem Luftdichtungsband.

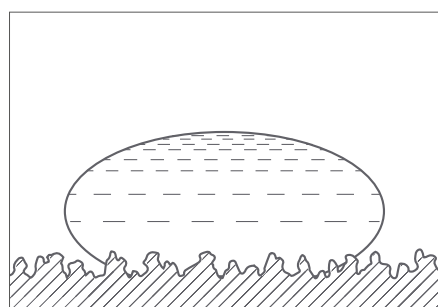
Dieser Test bietet natürlich keine exakte Aussage, hat sich nach langjährigen Erfahrung als praxistauglich erwiesen. Empfohlen werden für die dauerhaft luftdichte Verklebung Folien mit einer Oberflächenspannung von $> 40 \text{ N/mm}^2$. In der Baupraxis kommen häufig Folien zum Einsatz, die deutlich unter diesen Wert liegen. Um dem Markt Klebebänder zu bieten,

die trotzdem auf diesen minderwertigen Oberflächen kleben, werden besonders bei den Acrylatdispersionsklebebändern große Mengen an Harzen zugemischt. Die Harze kleben aggressiv auf den schlechten Oberflächen. Das Problem dabei: Harze können mit Sauerstoff oxidieren und dadurch über die Nutzungsdauer verspröden und ihre Klebkraft verlieren. Um dieses Risiko auszuschließen, macht es Sinn, bei der Wahl des Klebebandes darauf zu achten, dass diese ausschließlich Reinacrylate enthalten.

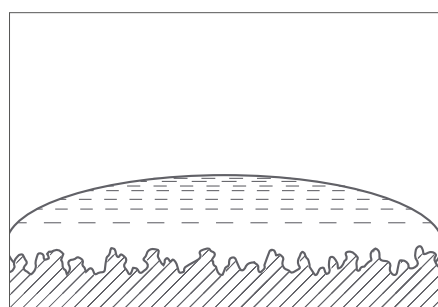
Acrylatklebebänder können neben den Verklebungen von Bahnenüberlappungen auch für den Anschluss an flankierende Bauteile wie Holz, Stein, Holzfaserverplatten, Putz und Beton eingesetzt werden. Dies ist möglich, sofern die Oberfläche weitestgehend eben, staubfrei und abriebfest ist. Sind nicht alle drei Voraussetzungen erfüllt, kann man die Oberfläche mit einem Primer vorbehandeln. Primer für Acrylatbänder werden flüssig aufgebracht und haben im Vergleich zu einem Tiefengrund eine andere Wirkweise. Ein Tiefengrund dringt tief in die Oberfläche ein und verfestigt ihn. Ein Primer für ein Acrylatklebeband ist so eingestellt, dass er in den Untergrund eindringt, aber auch auf der Oberfläche einen Film bildet, der Unebenheiten ausgleicht. Diese Primer haben sich in der Praxis bewährt. Entscheidend ist, dass der Primer zum Klebeband passt: d.h. es sollte immer im System gedacht werden.



Silkonnaturpapier: Oberflächenspannung: $< 30 \text{ N/mm}^2$: sehr niedrige Oberflächenspannung - daher sehr geringe Benetzung der Oberfläche und sehr schlecht zu verkleben.



Schwache Benetzung und schlechte Verklebbarkeit bei dieser PE-Luftdichtungsbahn: ca. 35 N/mm^2



Zweilagige Luftdichtungsbahn: sehr gute Benetzung und gute Verklebbarkeit, weil die Oberflächenspannung über $> 45 \text{ N/mm}^2$ liegt.



Widerstand gegen Feuchte – warum gibt es Unterschiede?

Feuchtigkeit auf der Baustelle will niemand haben, die Realität sieht jedoch anders aus. Klebebänder müssen Feuchtebelastungen nach der Montage sicher widerstehen. Die erste Schutzschicht ist der verwendete Träger. Eine Folie ist offensichtlich wasserfester als ein Papier. Feuchte kommt aber nicht immer nur von außen, sondern häufig

auch aus dem Untergrund. Dann dreht sich der Vorteil der äußeren Schutzwirkung der Folie um, da durch die Folie die Feuchte nicht entweichen kann und sich zwischen Kleber und Folie staut.

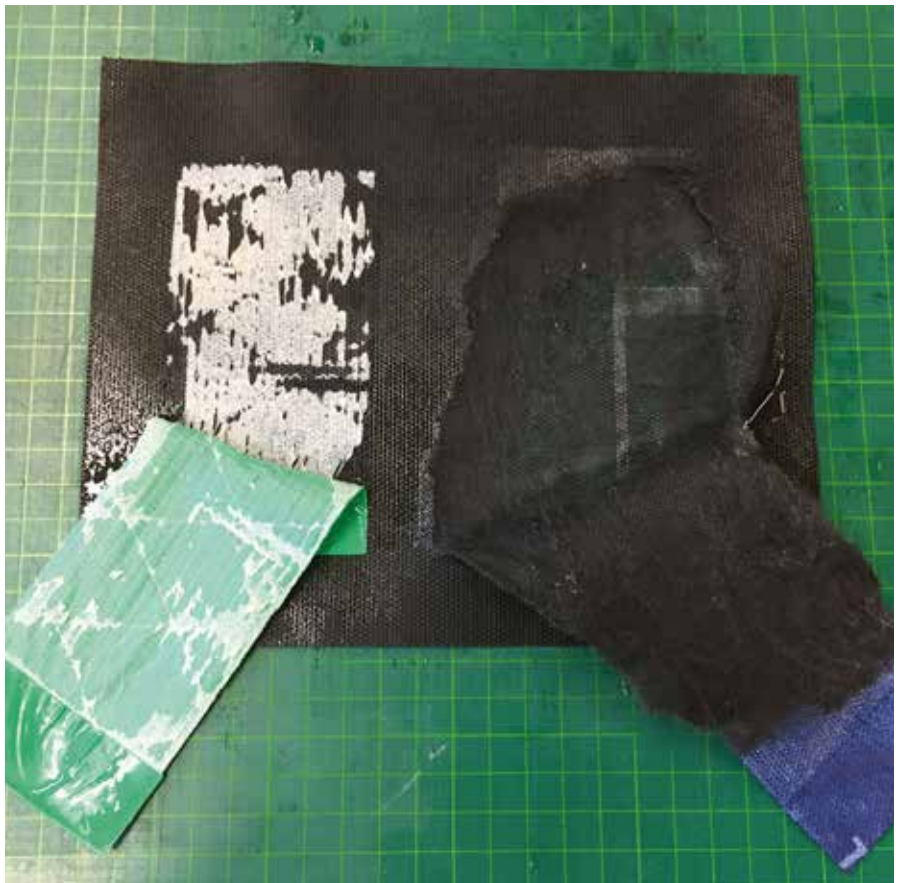
Wie bereits beschrieben, enthalten Acrylatdispersionskleber nach der Herstellung Emulgatoren im Klebefilm. Emulgatoren haben die Eigenschaft, Wasser anzulagern, was sie auch nach Jahren noch tun. Kommt ein Acrylatdispersionskleber wieder mit Wasser in Kontakt, so reemulgiert der Kleber, färbt sich oft weiß und kann an Klebkraft verlieren. Absolut wasserfest sind Reinacrylate, da diese nicht mit Wasser reagieren – so bleibt ihre Klebkraft erhalten.

Drum prüfe wer sich ewig bindet – Dauerhaftigkeit: Erfahrung und Labortests

Gerne wird bei der Dauerhaftigkeit von Klebebändern auf positive Erfahrungen der letzten 20 Jahre verwiesen. Planen und bauen wir heute ein Haus, erwartet der Bauherr, dass die Konstruktionen, bzw. die verwendeten Materialien 50 Jahre oder länger ihren Dienst tun. Umso wichtiger ist, bei der Auswahl der Klebebänder auf eine lange Markterfahrung sowie Alterungstests zu achten, die eine hohe Dauerhaftigkeit des Verbindungsmittels bestätigen.

Einheitliche Regeln in Sicht: Neue Normung von Verbindungsmitteln schafft eine Vergleichsebene

Aktuell sind Klebebänder nicht normativ geregelt, auch gibt es keine einheitlichen Mindestanforderungen, die von den Produkten erfüllt werden müssen. Mit der in Kürze als Entwurf erscheinenden DIN 4108 Teil 11 soll diese Lücke geschlossen und einheitliche und vergleichbare Mindestanforderungen für Klebebänder formuliert werden. Die Norm enthält verschie-



Klebeband nach 24 Std. Wasserlagerung: Links: Ein herkömmliches Acrylatdispersionsklebeband reemulgiert mit Wasser. Der Kleber hat seine Festigkeit verloren. Rechts: Reinacrylat auf Solid-Basis ist absolut wasserfest.

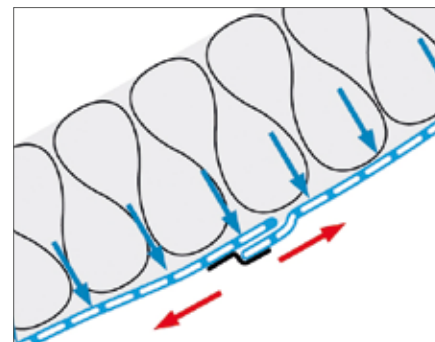


Kohäsions-Klebetest mit 47 Klebebändern: Bei einem Langzeittest mit einer geringen Belastung versagten innerhalb von zwei Jahren 40 Klebebänder.

dene Zugfestigkeitstest auf genormten Untergründen aus Holz und Folie sowie die Möglichkeit, Systeme (Folie und Klebeband) von Herstellern zu prüfen. Viele der oben formulierten Anforderungen an ein Klebeband finden sich in der Norm wieder. So werden die Bänder z. B. vor dem Abzugtest definiert angepresst und der Test mit einer geringen Zuggeschwindigkeit durchgeführt, um die in der Realität lang wirkenden geringen Zugbelastungen in der Prüfung zu simulieren. Auch eine Alterung wird Bestandteil der Norm sein. Wann und ob die Norm baurechtlich eingeführt wird, kann zum heutigen Zeitpunkt nicht genau gesagt werden. Sie wird aber eine gute Grundlage bilden, um Klebebänder miteinander vergleichen zu können und damit eine Entscheidungsbasis für den Verarbeiter und Planer schaffen.

Fazit: Dauerhafte Klebeverbindung nur mit gutem System und richtiger Verarbeitung

Dauerhafte Klebeverbindungen auf Baustellen sind möglich und funktionieren sicher. Dennoch kommt es immer wieder zu Bauschäden, da sich Verbindungen lösen. Um sie sicher planen und auch prüfen zu können, ist Wissen über die Grundlagen der Klebtechnik und der tatsächlich wirkenden Belastungen auf der Baustelle entscheidend. Nur durch eine gute Verarbeitung, einen hochwertigen Untergrund und ein geeignetes Klebeband wird ein optimales Ergebnis erzielt. Alle drei Kriterien sollten Verarbeiter, Planer und Gebäudeenergieberater auf der Baustelle sorgfältig beachten. Hersteller, die Aussagen über die Oberflächenqualität ihrer Folien



Tatsächliche Belastung auf der Baustelle: Die Klebeverbindung wird über Jahre mit geringen Kräften belastet. Daher ist eine ausreichende kohäsive Festigkeit wichtig.

und über die verwendete Produktionstechnik ihrer Klebebänder (Solidacrylat oder Acrylatdispersion) geben sowie über eine lange Markterfahrung, entsprechende Alterungstest und einen technischen Service verfügen, sollten denen gegenüber bevorzugt werden, die nur wenige oder keine Informationen zu ihren Produkten zur Verfügung stellen.



In der kommenden Norm DIN 4108-11 werden Labortest festgelegt, die für alle Klebebänder durchgeführt werden müssen. So gibt es einheitliche Qualitätsstandards und Vergleichsmöglichkeiten für den Anwender.



Beim Fingertack schneiden weiche Kleber besser ab, da sie die Oberflächen des Daumens besser benetzen. Auf der Baustelle kann das zu Schwierigkeiten führen, da weiche Kleber in der Regel geringe Kohäsionskräfte aufweisen.

Der Autor

Jens Lüder Herms, Dipl.-Ing. (FH), hat Zimmerer gelernt und anschließend Bauingenieurwesen studiert. Für die Forschung und Entwicklung bei pro clima erarbeitet er praktische Lösungen für die Gebäudedichtung.
technik@proclima.de

Im Bauradio Artikel spricht er u.a. über Klebeband-Mythen und über das ideale Klebeband:
blog.proclima.com/de/2017/03/bauradio-klebeband/





MOLL
bauökologische Produkte GmbH · Rheintalstraße 35 - 43 · D-68723 Schwetzingen
Tel.: +49 (0) 62 02 - 27 82.0 · eMail: info@proclima.de · www.proclima.de

Technik-Hotline: +49 (0) 62 02 - 27 82 45

Mehr Fachwissen auch im pro clima Blog unter blog.proclima.com

