VHB™ Selbstklebende Hochleistungs-Verbindungssysteme

Alterungsbeständigkeit und Niedrigtemperaturverhalten

Inhalt

		Seite
1	Einleitung	4
2	Aufbau der 3M™ VHB™-Hochleistungs-Verbindungssysteme	4
3	Bewitterung	
	a) Künstliche Bewitterung	5
	b) Freiluftbewitterung	5
4	Feuchtigkeits- und Lösemittelbeständigkeit	6
5	UL-Listung und Alterungsprüfung	6
6	Temperaturwechselbeständigkeit	7
7	Dauerfestigkeit	7
8	Transparenz	8
9	Alterungsbeständigkeit in der Praxis	8
10	Anwendungsbeispiele aus der 25-jährigen Praxis	8
11	Alterungsbeständigkeit	9
12	Niedrigtemperaturverhalten	10

1 Einleitung

Diese Technische Information gibt Aufschluss über das Langzeitverhalten von VHB Hochleistungs-Verbindungssystemen sowie ihre Leistungsfähigkeit in unterschiedlichen, anspruchsvollen Einsatzbereichen.

Beschrieben werden unter anderem die chemische Zusammensetzung, Beständigkeit gegen Extrembeanspruchungen, 3M-spezifische und externe Tests zur Prüfung des Langzeitverhaltens sowie spezielle Anwendungsbereiche, in denen sich VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme optimal auch unter schwierigsten Bedingungen bewährt haben. Gleichzeitig werden verschiedene Prüfergebnisse hinsichtlich Beständigkeit gegen Feuchtigkeit und UV-Licht, beschleunigte Bewitterung und Freiluftbewitterung sowie gegen thermische und mechanische Belastungen erläutert.

2 Aufbau der VHB Verbindungs-Systeme

Grundlage für die sehr gute Alterungsbeständigkeit dieser Produkte ist ihre Polymer-Verbindung. Die Polymerketten setzen sich aus C-C-Einfachbindungen (Kohlenstoff-Kohlenstoff) zusammen, die sich durch sehr hohe Beständigkeit gegenüber Energie in Form von Wärme oder UV-Licht sowie chemische Angriffe auszeichnen. Bei weniger robusten Klebstoffen oder Schaumstoffen kann es unter solchen Bedingungen zu einer Spaltung des Schaums bzw. Polymers und damit zu einer Verschlechterung der mechanischen Merkmale kommen. Acrylatklebstoffe neigen zu zusätzlicher Vernetzung statt zur Kettenspaltung (Spaltbruch). Das bedeutet, dass Acrylatmaterialien sich bei längerer Beanspruchung nicht zersetzen, sondern nur eine höhere Zähigkeit aufbauen.
Das Ergebnis ist eine beständige und langlebige Klebung.

3a Bewitterung

Künstliche Bewitterung

Bei einer Reihe von beschleunigten Alterungstests in Bewitterungsapparaten wurden Klebverbindungen Temperatur, Feuchtigkeit und intensivem UV-Licht ausgesetzt.

Bei der künstlichen Bewitterung wirkten Temperaturwechsel, Feuchtigkeit sowie Kohle- und Lichtbogenlampen auf eine überlappende Klebverbindung von Edelstahl mit z. B. VHB Klebeband 4950 ein (Weather-O-Meter Test). Die Probenkörper waren dabei verstärkter UV-Einwirkung am Rand ausgesetzt. Anschließend wurde ein dynamischer Schertest durchgeführt.

Abbildung 1 zeigt, dass während dieser Tests die Klebkraft auch nach 7000 Stunden Verweilzeit im Bewitterungsapparat nichts an ihrer ursprünglichen Leistungsfähigkeit einbüßt.

3M™ VHB™ Klebeband 4950 beim Test im Bewitterungsapparat

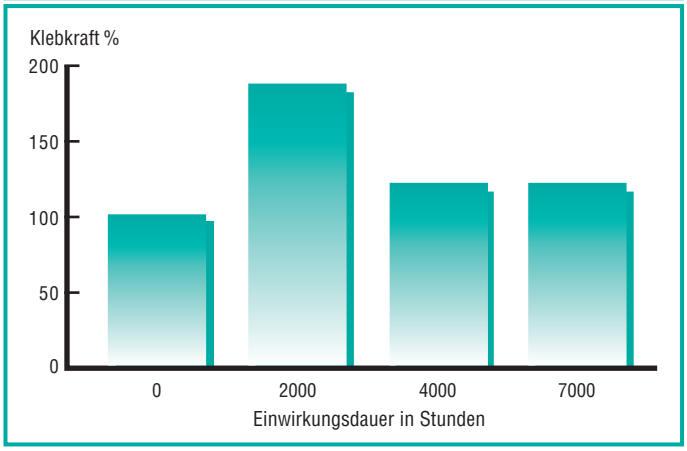

Abb. 1

3b Bewitterung

Freiluftbewitterung

Auf Freiluftbewitterungsanlagen in verschiedenen Teilen der Welt werden zusätzlich Tests durchgeführt, um Daten über die Alterungsbeständigkeit von VHB Hochleistungs-Verbindungssystemen zu gewinnen.

Nach zwei bis fünf Jahren Freiluftlagerung im feucht heißen Klima Floridas, im trocken heißen und sehr sonnigen Arizona und bei den Kälte/Hitze-Extremen in Minnesota behielten Klebungen von VHB Hochleistungs-Verbindungssystemen auf Aluminium, Glas, PVC und lackiertem Metall ihre Klebkraft zu 100 Prozent.

Abbildung 2 zeigt die konstante Leistungsfähigkeit der VHB Klebebänder 4950, 4951 und 4952 nach 5 Jahren Freiluftbewitterung in Minnesota. Ähnliche Ergebnisse wurden in fünfjährigen Testversuchen an VHB Hochleistungs-Verbindungssystemen in Japan erzielt.

3M™ VHB™ Klebeband nach 5 Jahren Freiluftlagerung

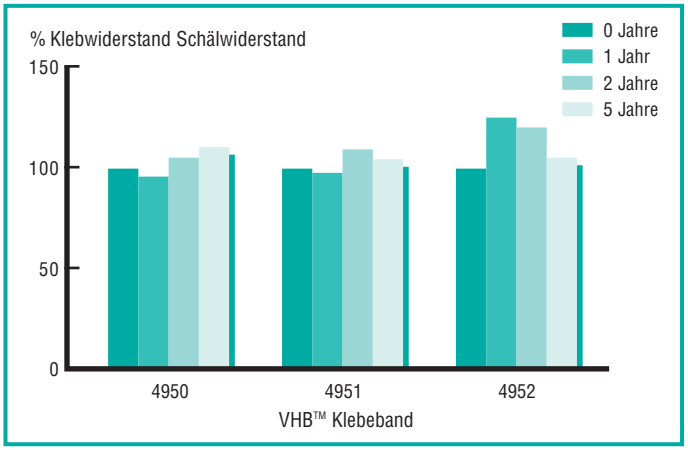

Abb. 2

4 Feuchtigkeits- und Lösemittelbeständigkeit

Aluminium zu Aluminium-Verbindungen mit VHB Klebeband 4945 wurden 8 Jahre lang in 5 % Salzwasser und vergleichsweise in normalem Leitungswasser gelagert. Nach dem Test unter beiden Bedingungen kamen unter der Klebverbindung glänzende, saubere Aluminiumflächen zum Vorschein. Beim gezielt herbeigeführten Bruch der Verbindung wurde eine Kombination aus Adhäsions- und Kohäsionsbruch festgestellt, was auf sehr hohe Leistungsfähigkeit schließen lässt.

Ein Polymer kann bei langfristiger Belastung durch hohe Feuchtigkeit oder Einlagerung in Wasser flexibler und dehnbarer werden. Eine nachträgliche Reduzierung der Höchstklebkraft konnte nach mehreren Tagen beobachtet werden. Diese Reduzierung lag im Bereich von 40 %. Dieser Effekt ist typisch, da er mit der Steigerung der Elastizität einhergeht.

Ähnliches wird häufig bei vernetzten Silikon-Materialien beobachtet, die ebenfalls für ihre Alterungsbeständigkeit bekannt sind. Nach dem Trocknen der VHB Klebebandverbindung unter normalen Umweltbedingungen stellte sich heraus, dass dieser Effekt reversibel ist und die Verbindung ihre ursprüngliche Festigkeit im Trockenzustand zurückerhält.

Spritzer oder versehentlicher Kontakt mit Lösemitteln wie Treibstoffe, Alkohol, Klebstoffentfernern und auch schwachen Säuren oder Basen haben keinen nachweisbaren Einfluss auf die Klebkraft. Nur nach Einlagerung in aggressiven Treibstoffen oder Lösemitteln kann eine Erweichung der VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme festgestellt werden.

Hinweis: Während kurzfristige Belastungen mit Substanzen dieser Art keinen Einfluss auf VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme haben, ist Dauereinwirkung hingegen zu vermeiden.

5 UL-Listung und Alterungsprüfung

Die VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme wurden nach den strengen Vorschriften von UL746 C getestet und anerkannt.
Um diese Listung zu erhalten, muss ein Klebeband nach langfristiger Belastung durch hohe Temperaturen, Kälte und Wechselbedingungen seine Klebkraft erhalten. Diese Fähigkeit wird in strengen Qualifikationstests und regelmäßigen Kontrollen durch Underwriter's Laboratories (UL) nachgewiesen. Die unten stehende Tabelle gibt einen Überblick über VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme mit UL 746 C Listung, die verschiedenen Substrate sowie die jeweilige Höchsttemperatur für die Klebverbindungen.

3M™ VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme – UL746 Listung - File MH 17478

Produkte	Materialien	Temperaturbereich	
		min.	max.
VHB Klebebänder 4646, 4611, 4655	Edelstahl, Aluminium, galvanisierter Stahl, Glas, Glas/Epoxy, Phenolharze	- 35°C	+ 110°C
	Nylon, Polycarbonat	- 35°C	+ 90°C
	ABS, Hart-PVC	- 35°C	+ 75°C
VHB Klebebänder 4919, 4936, 4936F, 4941, 4941F	Keramik	- 35°C	+ 110°C
	Aluminium, galvanisierter Stahl, Edelstahl, emaillierter Stahl, nickelbeschichtetes ABS, Glas (ohne Silanbeschichtung), PVC, Glas/Epoxy, PBT, Polycarbonat	- 35°C	+ 90°C
VHB Klebebänder 4956, 4956F,4979, 4979F	Aluminium, galvanisierter Stahl, Edelstahl, emaillierter Stahl, nickelbeschichtetes ABS, Glas (ohne Silanbeschichtung), PVC, Glas/Epoxy, PBT, Polycarbonat	- 35°C	+ 90°C
VHB Klebeband 5952	Acrylate, Polycarbonat, Zelluloseacetat, Butyrat	- 35°C	+ 90°C
VHB Klebstoff-Filme 9460PC, 9469PC, 9473PC	ABS, Polycarbonat, gavanisierter Stahl	- 35°C	+ 90°C
	Aluminium, Phenolharze, emaillierter Stahl, Edelstahl, Keramik, Glas/Epoxy, Nickelstahl	- 35°C	+ 110°C
	Hart-PVC	- 35°C	+ 75°C

6 Temperaturwechsel-beständigkeit

Ebenfalls gut bewährt haben sich VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme in Tests, die in Anlehnung an US-Militär Standard 883 die Eignung von alterungsbeständigen Produkten für die Elektronik-Industrie untersuchen. In diesen Tests werden geklebte Verbindungen 1000 Stunden lang Temperaturen von 150°C, 1000 Stunden lang Temperaturen von 85°C und 85 % relativer Luftfeuchtigkeit und 1000 Stunden lang stündlichen Temperaturwechseln von 50°C auf 150°C ausgesetzt. Abbildung 3 zeigt die optimale Leistung von VHB Klebstoff-Film 9460 in diesen Tests, bei denen Polyimid mit Aluminium verbunden wurde. Der Schälwiderstand nimmt mit der Zeit generell zu, da der hochleistungsfähige Acrylat-Klebstoff die Oberfläche besser benetzt.

Belastungstest in Anlehnung an MIL STD 883
3M™ VHB™ Klebstoff-Film 9460: Polyimid zu Aluminium

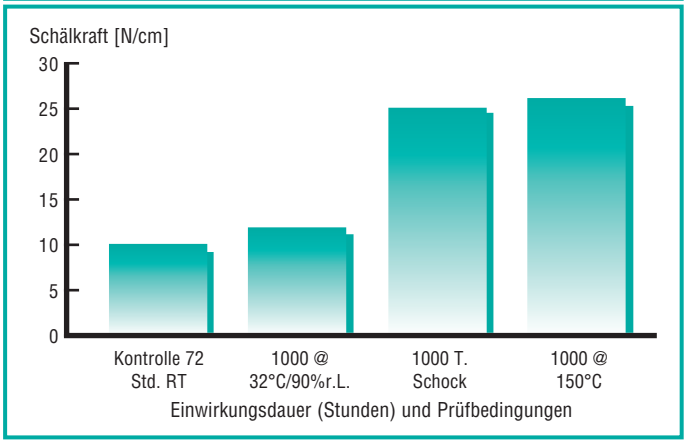

Abb. 3

7 Dauerfestigkeit

Dauerfestigkeit ist ein weiterer wichtiger Faktor für die Alterungsbeständigkeit. In vielen Klebstoff-Tests werden kurzzeitig der Schälwiderstand, Scher- und Zugfestigkeit untersucht, wobei der Probenkörper innerhalb weniger Sekunden gelöst wird.
Diese Tests eignen sich zur schnellen Bestimmung der maximalen Klebkraft, geben aber keinen Aufschluss über die Fähigkeit eines Produkts, Vibrationen oder wiederholte Belastungen zu ertragen. Da VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme in vielen Anwendungen eingesetzt werden, die Dauerfestigkeit voraussetzen, z. B. bei LKW oder Schildern, hat 3M einen speziellen Test zur Beschreibung dieser Merkmale entwickelt. In einer konstanten Spanneinrichtung wurden Probenkörper zyklisch einer Reihe von Belastungen ausgesetzt. Die Beanspruchungen wurden so gewählt, dass das Versagen der Klebeverbindungen zu unterschiedlichsten Zeiten auftritt.

Hiermit lässt sich die langfristige Leistung bei geringerer Belastung voraussagen.
Bei einer geschätzten Produktlebensdauer für zyklische Belastung können die Daten extrapoliert werden, um die maximale Belastung zu ermitteln. Für VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme liegt dieser Wert normalerweise bei 14 N/CM2 für eine Million Zyklen mit voller Umkehrbelastung.

VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme schneiden auf Grund ihrer Visko-Elastizität in der Regel bei Tests dieser Art sehr gut ab. Der Acrylat-Klebstoffkern nimmt die Energie auf und gleicht die Belastung aus, wobei die Adhäsion zum Substrat nicht beeinflusst wird.

8 Transparenz

Seit Einführung der transparenten VHB Klebebänder 4910 und 4905 spielen langfristige Transparenz und Erhalt der Optik eine zusätzliche Rolle.

In einem beschleunigten Bewitterungsapparat wurden Klebverbindungen 3000 Stunden lang hohen Temperaturen und intensiver UV-Bestrahlung ausgesetzt. Zur Bewertung der Transparenz wurden 3 mm dicke Float-Glasplatten mit dem 1 mm dicken VHB Klebeband 4910 verklebt. Während der Einwirkungszeit wurde der Prozentsatz der Transparenz kontinuierlich überprüft. Nach der langen, aggressiven Bestrahlung wurde nur eine Abweichung von 1 % festgestellt, wobei der Prozentsatz von ursprünglich 88,2 % auf 87,3 % sank. In Umgebungen mit hoher Feuchtigkeit kann es bei den Klebebändern 4910 und 4905 wegen einer leichten Aufnahme von Wassermolekülen zu einer schwachen Trübung kommen. Da alle Produkte der VHB Klebeband-Serie die gleichen Acrylatpolymere verwenden, liegt auf Grundlage dieser Ergebnisse eine vergleichbare Stabilität der gesamten Produktfamilie nahe.

9 Alterungsbeständigkeit in der Praxis

Neben positiven Prüfergebnissen bietet gerade immer wieder die Praxis ein breites Spektrum an Beispielen für die Leistungsfähigkeit der VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme. VHB Klebstoff-Filme werden seit Mitte der 70er Jahre, die VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme (mit einer Dicke >0.25 mm) seit 1980 eingesetzt.

10 Anwendungsbeispiel

Eine der ältesten und spektakulärsten Anwendung für VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme findet sich bei der Fertigung von Krankenwagen in den USA. Die Aluminiumplatten, aus denen die Karosserie besteht, werden mit VHB Klebebändern am Rahmen befestigt.
In dieser Anwendung ist Alterungsbeständigkeit unter härtesten Bedingungen erforderlich, da die robusten Fahrzeuge jahrelang in Betrieb bleiben.

11 Alterungsbeständigkeit

Ein Beispiel für Langzeitanwendungen mit optimaler Leistung sind Fassadenelemente-Konstruktionen, zum Beispiel das Gebäude des Finanzamtes in Singapur. Hier werden die äußeren Platten gegen Windböen gesichert, indem unsichtbare Versteifungsprofile auf der Innenseite der Platten befestigt werden. Diese Verbindungen müssen Windlasten, täglichen Wärmeausdehnungszyklen und hohen Temperaturen standhalten.
Ähnliche Fassadenanwendungen gibt es weltweit. In Deutschland können diese Anwendungen auf Grund einer nötigen bauaufsichtlichen Zulassung zurzeit nicht ohne zusätzliche mechanische Sicherung realisiert werden. Auch Bauschilder und Verkehrsschilder halten mit VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme konstanter Bewitterung, Wind und gelegentlichen Stürmen seit Anfang der 80er Jahre stand.

Ein weiteres Beispiel für das optimale Langzeitverhalten von VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme findet sich bei der Herstellung von LKW-Aufbauten. Auf dem Bendix Autotestgelände in Indiana, USA, wurde ein Kleintransporter in voller Größe mit Schlafkabine und allen äußeren Platten und Türen montiert. Dabei wurde zur Klebung der Platten auf die Rahmenkonstruktion das VHB Klebeband 4950 eingesetzt. Nach etwa 190.000 simulierten Fahrkilometern auf der anspruchsvollen Teststrecke waren die Verbindungen mit VHB Klebebändern immer noch vollkommen intakt. Eine beeindruckende Leistung angesichts der Tatsache, dass bei einigen mechanisch befestigten und verschweißten Teilen Mängel festgestellt wurden, die vor Fortsetzung der Tests zunächst behoben werden mussten.

Eine der anspruchvollsten Anwendungen für den VHB Klebstoff-Film ist auf dem Außenrumpf von Flugzeugen zu finden. So werden z. B. beim Airbus A310 die Scheuerleisten aus Edelstahl an den Landeklappen bereits seit 1984 mit VHB Klebstoff-Film 9473 befestigt. Diese Leisten verhindern die Reibung zwischen Klappen und Tragfläche während Start, Landung und Flug. Optimale Alterungsbeständigkeit spielt in dieser Anwendung eine besonders große Rolle, da die Klebverbindung mehrmals täglich hohen Temperaturschwankungen zwischen der direkten Sonneneinstrahlung auf dem Boden und Minustemperaturen bis zu -54°C bei voller Flughöhe ausgesetzt ist.

Weitere Anwendungen entnehmen Sie bitte aus unserer Broschüre „VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme. Positionierung und Anwendungsmöglichkeiten“.

Hinweise zu der Verarbeitung von VHB Hochleistungs-Verbindungssystemen finden Sie ausführlich in der Broschüre „Verarbeitungshinweise für Industrie Klebebänder“.

Diese beiden Informationen schicken wir Ihnen gerne auf Anfrage zu.

12 Leistungsfähigkeit von 3M Hochleistungs-Verbindungssystemen bei niedrigen Temperaturen

Dieses Informationsblatt fasst typische Verhalten von Klebebändern aus der VHB Produktfamilie zusammen.

VHB Hochleistungs-Verbindungs-Systeme sind von Natur aus elastisch, d. h. sie werden weicher bei höheren Temperaturen und härter bei niedrigen Temperaturen. Wenn der Klebstoff wie auch das Kernmaterial härter werden, erhöht sich die Scher-, Zugfestigkeit und der Schälwiderstand bei niedrigen Temperaturen, dargestellt in den Abbildungen 4 und 5. Alle Produkte der VHB Familie folgen unter vergleichbaren Bedingungen diesem Muster.

Das Acryl-Polymer aus dem VHB Hochleistungs-Verbindungs-Systeme hergestellt ist, hat einen Glasübergangspunkt (TG) von ca. -40°C. Bei diesen niedrigeren Temperaturen ist die Fähigkeit Schlag- und Vibrationsenergie zu absorbieren, reduziert. Dies zeigen die Werte von VHB Klebstoff-Film 9473 in Abbildung 4 bei -55°C. Die Wahrscheinlichkeit von Schockversagen ist abhängig von der Temperatur, der Frequenz, der eingeleiteten Kraft sowie der Struktur des Kernmaterials und den Werkstoffen, die mit dem VHB Produkt verbunden sind.

T-Schälkraft über Temperatur
3M™ VHB™ 9473 zu Aluminium

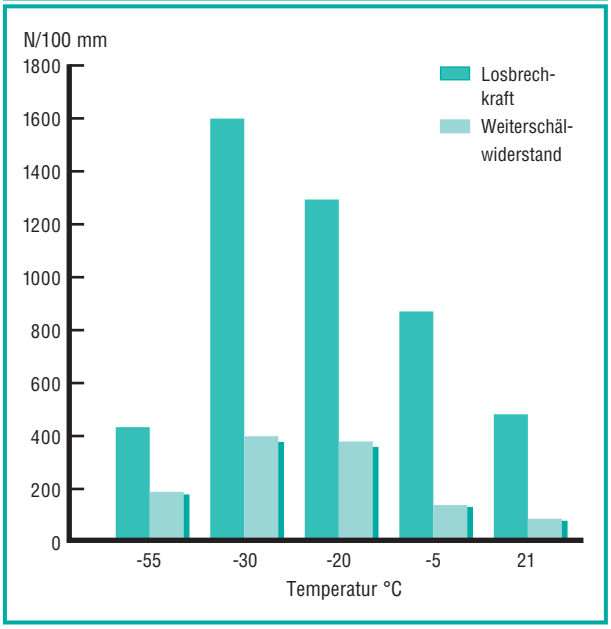

Abb. 4

Unter Berücksichtigung der obigen Parameter kann in Labortests die Eignung eines Produktes für spezifische Kälteanwendungen nachvollzogen werden. Obwohl es normalerweise nicht zum limitierenden Faktor wird, kann die Sprödigkeit in der Kälte bei kleinen Proben zum Versagen führen. Deshalb können kleine Prüflinge nicht unmittelbar auf die Endanwendungen übertragen werden. Wir empfehlen den Anwendern eigene Prüfungen so realistisch wie möglich unter Normalbedingungen durchzuführen, wenn es zu Schwingungen oder Schlagbelastungen bei niedrigen Temperaturen kommen kann.

Ein Beispiel für eine solche extreme Anwendung sind die Scheuerleisten aus Edelstahl an den Landeklappen des Airbus A 310, die mit VHB Klebstoff-Film 9473 geklebt werden. Diese Anwendung ist üblicherweise mehrmals täglich Temperaturschwankungen von -55°C bis +65°C

Dynamische Zugfestigkeit/Temperatur 3M™ VHB™ 4945 zu Aluminium

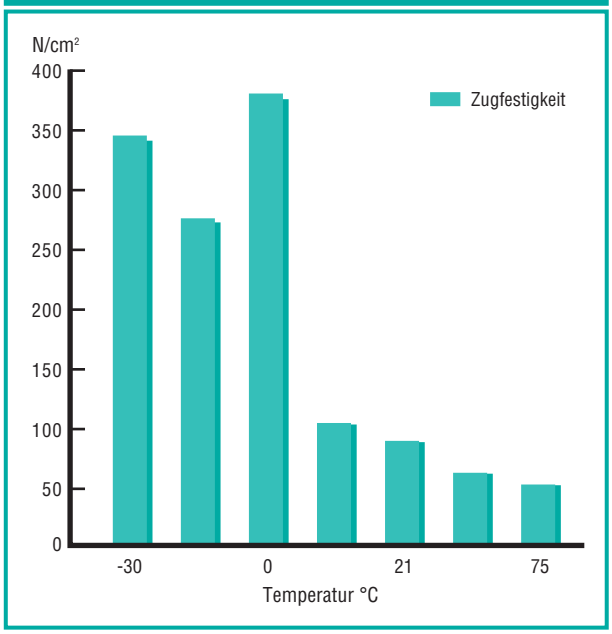

Abb. 5

ausgesetzt. Die Anwendung gibt es seit 1984, und sie wird auch in neuen Flugzeugtypen wieder realisiert.

Obwohl 3M Anwendungen bei extremer Kälte (unter -40°C) nicht empfiehlt, kann man hier sehen, dass – nach gründlicher Prüfung durch den Anwender – eine erhebliche Sicherheit zur Zufriedenheit der Kunden vorhanden ist.

VHB Hochleistungs-Verbindungssysteme dürfen nicht bei Umgebungs- bzw. Objekttemperaturen kleiner +15°C verarbeitet werden. Für die Verarbeitung ab 0°C stehen Ihnen die VHB-Klebebänder 4951, 4943 und 4957 zur Verfügung.

* **Wichtiger Hinweis:**
Alle vorstehenden Angaben stellen unsere Erfahrungswerte dar und sind nicht in Spezifikationen zu übernehmen. Prüfen Sie bitte selbst vor der Verwendung unserer Produkte, ob sie sich auch im Hinblick auf mögliche anwendungswirksame Einflüsse, für den von Ihnen vorgesehenen Verwendungszweck eignen. Bitte stellen Sie sicher, dass bei Verwendung der Produkte, sofern einschlägige, alle einzuhaltenden bau- und bauordnungsrechtlichen Vorschriften beachtet werden. Im Zweifelsfall wenden Sie sich bitte an unsere 3M Fachberater. Alle Fragen der Gewährleistung und Haftung für diese Produkte regeln sich nach den jeweiligen kaufvertraglichen Regelungen, sofern nicht gesetzliche Vorschriften etwas anderes vorsehen.

3M und VHB sind Marken der 3M Company.

3M Deutschland GmbH
Klebeband-Systeme,
Klebstoffe & Spezialprodukte

Carl-Schurz-Straße 1
Postfach 10 04 22
41453 Neuss
Tel: 0 21 31 / 14 33 30
Fax: 0 21 31 / 14 25 02