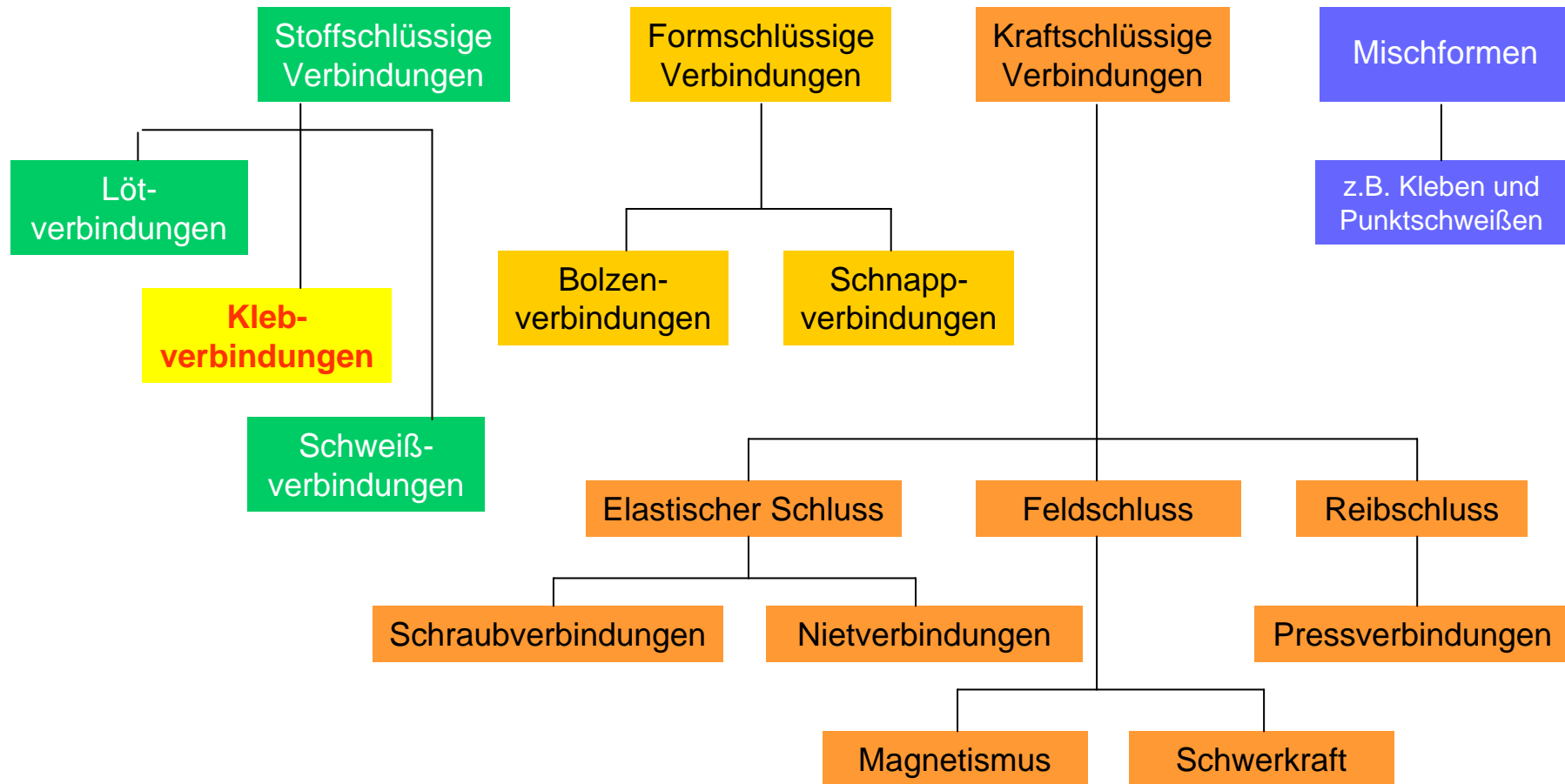




# Wissenswertes zum Kleben

Gerald Friederici - CMC Klebtechnik GmbH

# Einordnung Fügetechniken



# Unterscheidung zwischen abbindenden Klebesystemen und PSA-Klebebändern

## Grobe Einteilung



### Chemisch/Physikalisch abbindende Klebstoffe

Aushärtende (reaktive) Systeme brauchen eine gewisse (Vernetzungs-)Zeit, bis die gewünschte Klebkraft erreicht wird und sind nach Ablauf der Aushärtung nicht mehr klebrig.

z.B. Epoxid-, Phenol- oder Cyanacrylatbasis  
z.B. Plastinole

Aushärtung in der Klebefuge

### Physikalisch haftende Klebstoffe

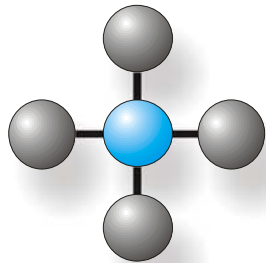
PSA sind Klebstoffe, die ohne Einwirkung von Wärme nur durch Anpressen eine (dauerhafte) Haftwirkung erzielen. Die notwendige Polymerisation erfolgte bereits beim Hersteller.

Haftklebstoffe auf Basis von

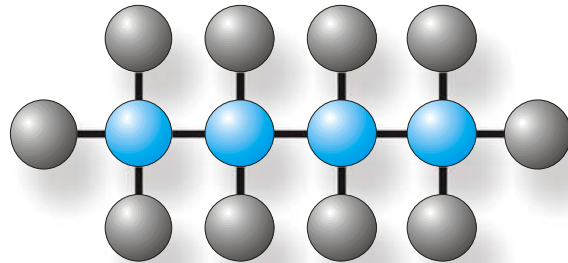
- Schmelzklebstoff
- Dispersionsklebstoff
- Lösemittelklebstoff

# Vom Monomer zum Polymer und zum Kleber

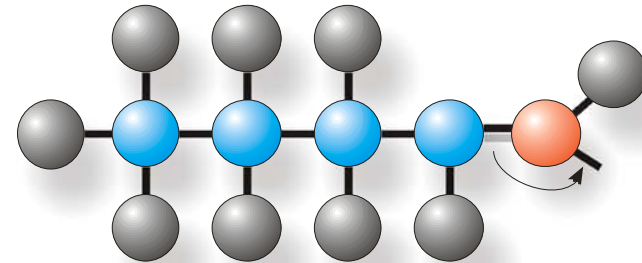
## Der Kleber – eine spezielle Variante der Kunststoffe



Monomer:  
Im einfachsten Fall  
ist das Methan



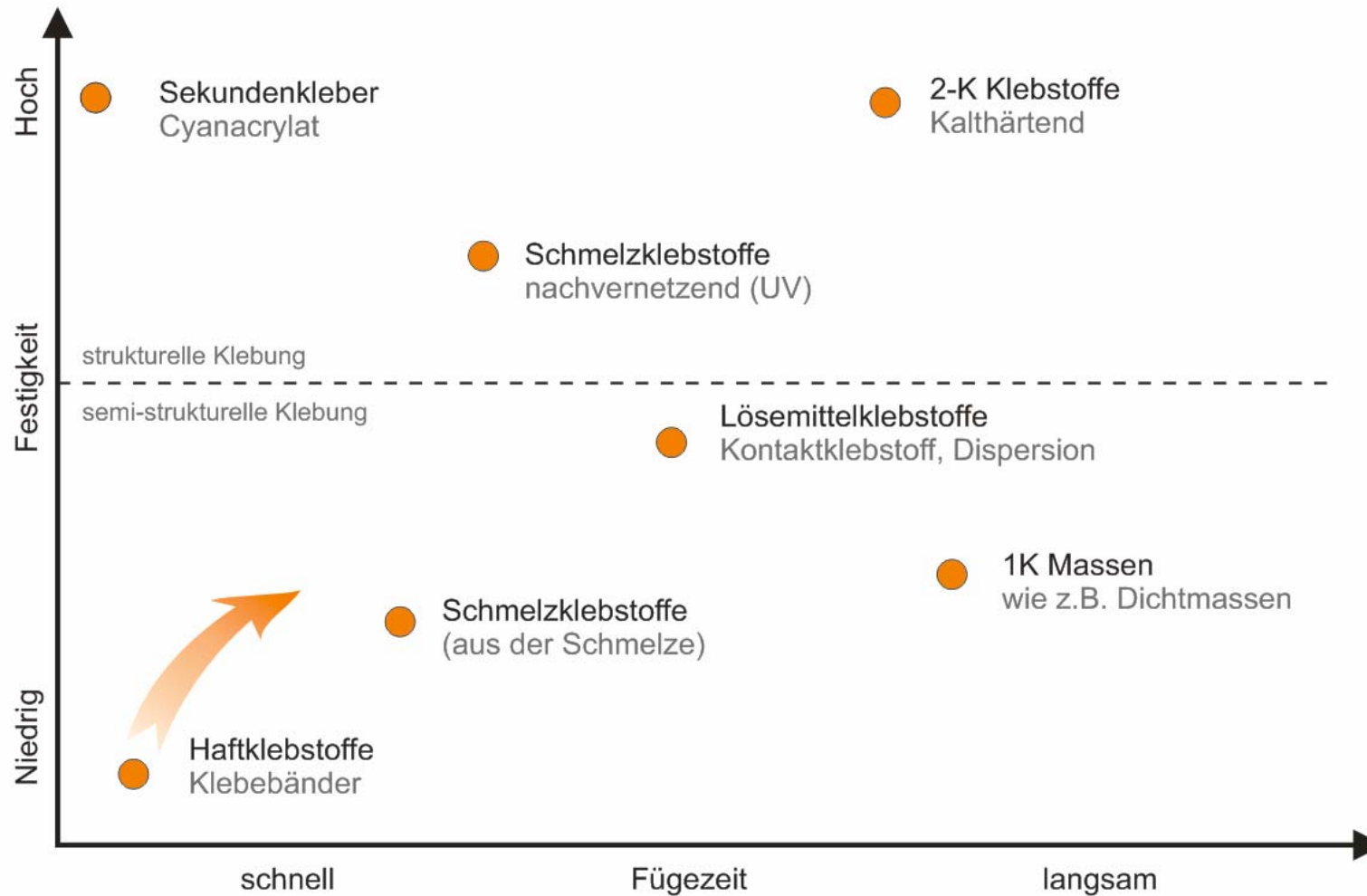
Polymer:  
Eine Kette von Monomeren  
z.B. Polyethylen



Kleberpolymer mit „klebeaktiver  
Funktionsgruppe (hier –OH)“  
z.B. Acrylatklebstoffe

# Unterscheidung zwischen abbindenden Klebesystemen und PSA-Klebebändern

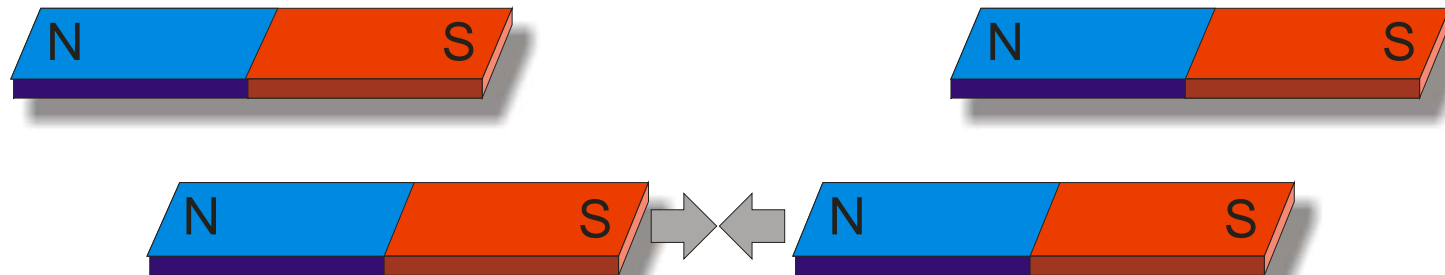
## Vergleich Festigkeit zu Fügezeit



## Bindungskräfte beim Verkleben

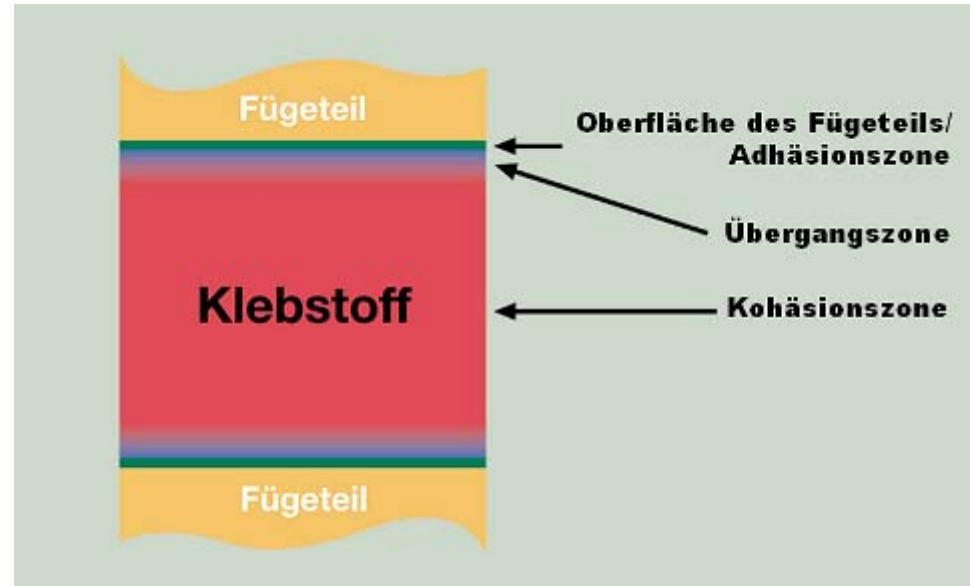
In einem Körper sind alle Teilchen gleichmäßig von anderen Teilchen umgeben. Zwischen diesen Bestandteilen herrschen Wechselwirkungen, die im Gleichgewicht stehen. In den Randbereichen sind jedoch nicht mehr alle Teilchen vollständig umhüllt. Hier wirken Kräfte nach außen. Bei der Verklebung wirken Kräfte wie die van der Waals-Kraft, Ionenbindungen oder Dipol-Dipol-Kräfte, deren Reichweite allerdings sehr gering sind.

Stark vereinfacht kann man das so darstellen:

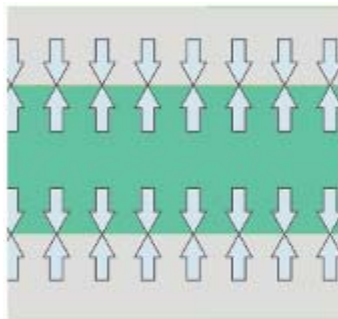


Es ist notwendig, die Magnete sehr nahe zusammen zu bringen, damit sie sich anziehen. Ähnlich verhält es sich bei der Adhäsion: Die Klebeflächen müssen so dicht wie möglich aneinander angenähert werden. Das ist am besten möglich mit Druck beim Verkleben.

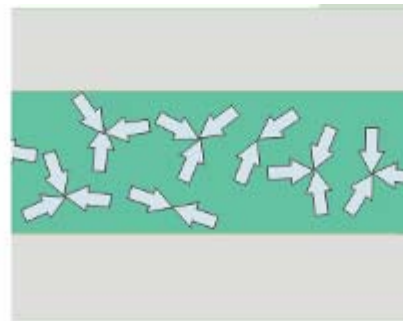
# Bindungsmechanismus, Beanspruchungsarten



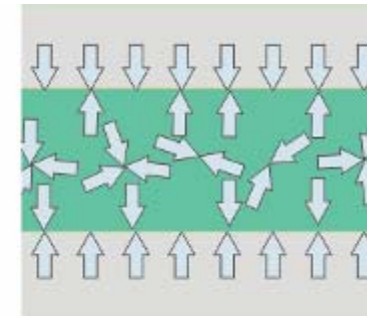
Adhäsion =  
Oberflächenhaftung



Kohäsion =  
Innerer Verbund



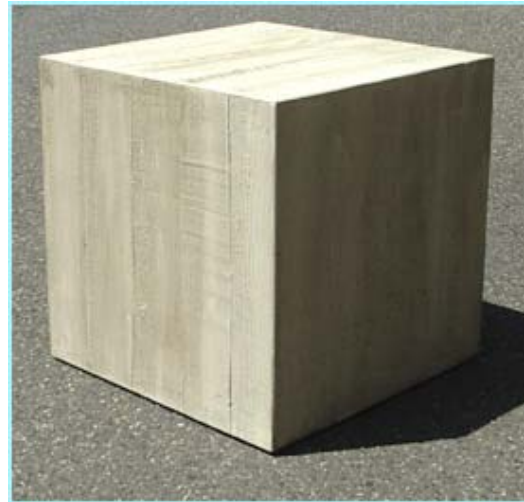
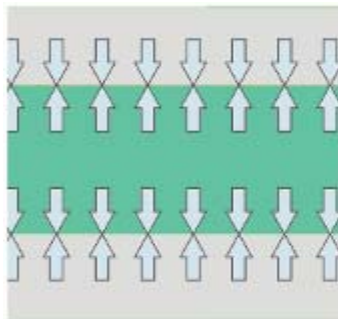
= Verklebung



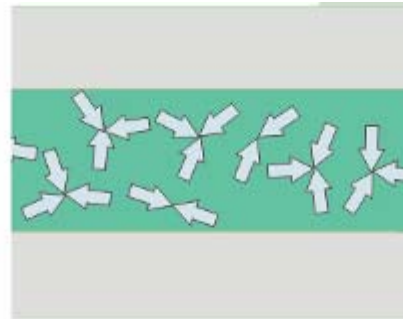
# Adhäsion + Kohäsion = ein funktionierendes Klebeband



Ideale Adhäsion

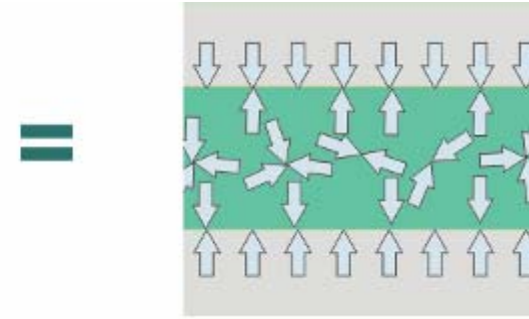


Ideale Kohäsion



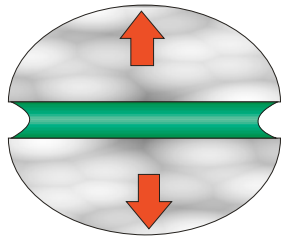
1)

= Verklebung

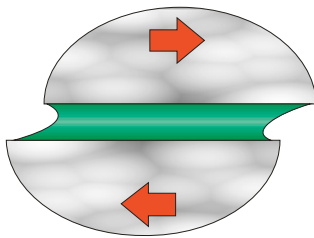




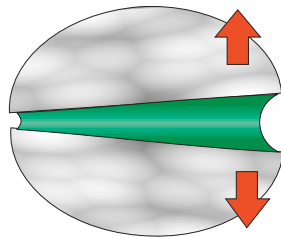
## Bindungsmechanismus, Beanspruchungsarten



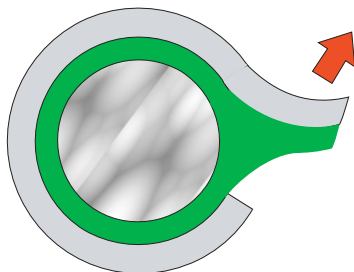
Zugbelastung = optimale Belastung



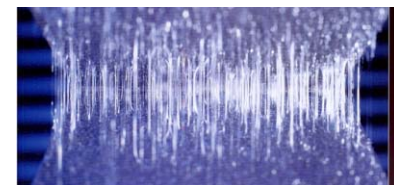
Scherbelastung = Mögliche Belastung



Spaltbelastung = kritische Belastung

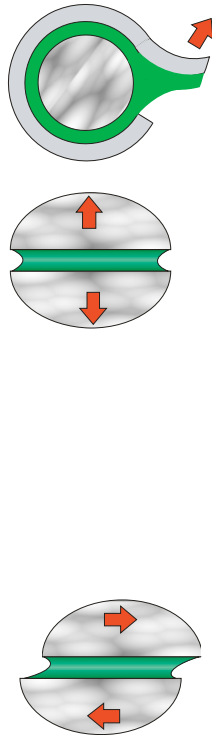






Schälbelastung = muß vermieden werden



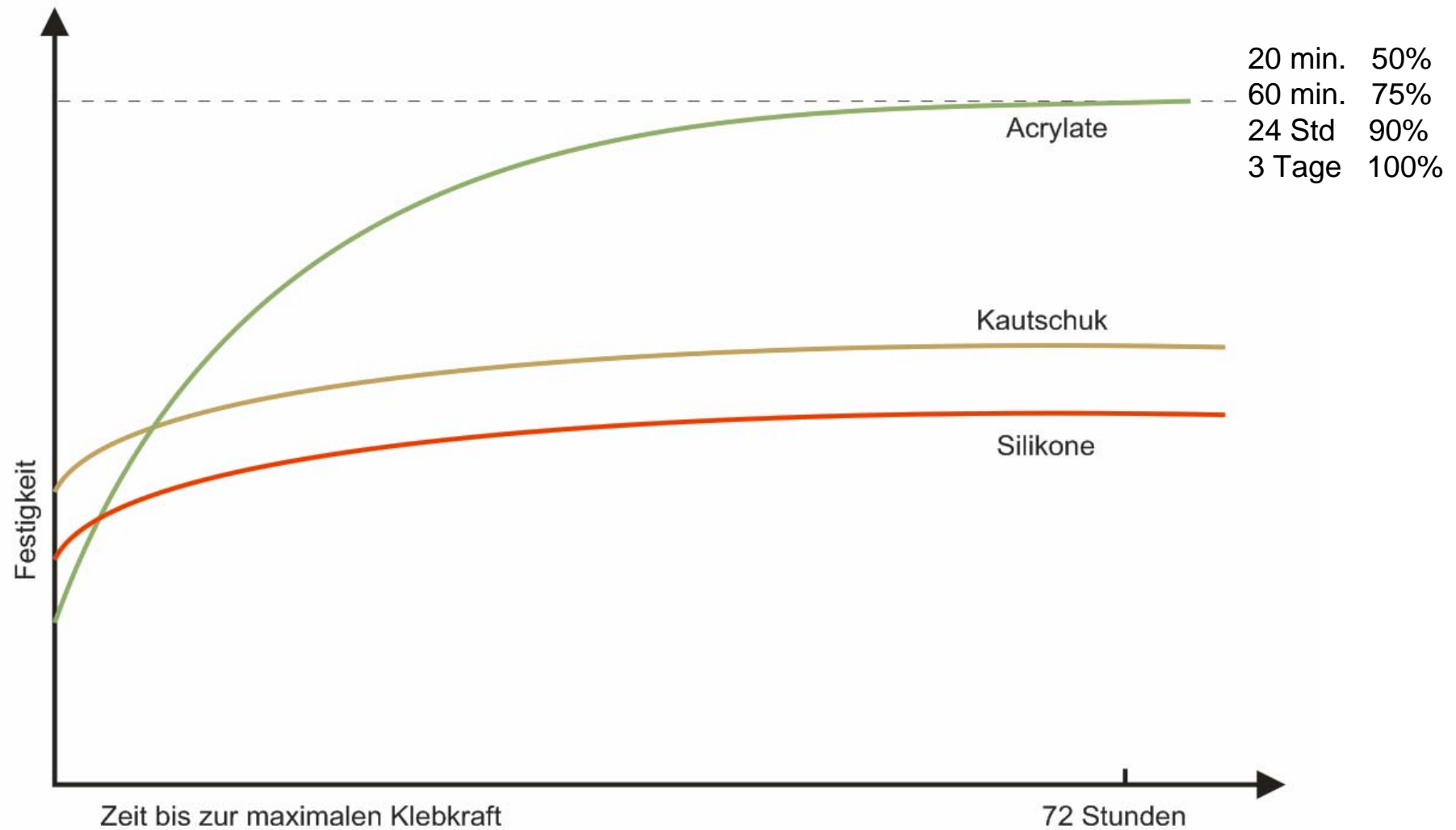
Gerald Friederici - CMC Klebtechnik GmbH

# Typisches Datenblatt zu den Belastungsarten



<b>Klebstoff</b>		Acrylat												
<b>Farbe</b>		hochtransparent												
<b>Klebebanddicke</b>	(mm)	2,0												
<b>Dichte</b>	(kg/m <sup>3</sup> )	960												
<b>Schutzabdeckung</b>		Folie (F)												
<b>Temperaturbeständigkeit</b>	(°C)													
• dauernd		90												
• kurzzeitig		150												
	<b>Schälkraft</b> (N/100mm) ASTM D-3330; nach 72 h 300 mm/Min.; 90°; RT; Stahl	260												
	<b>Zugfestigkeit</b> (N/cm <sup>2</sup> ) ASTM D-897, nach 72 h, Al 50 mm/Min.; 6,45 cm <sup>2</sup> ; RT	69												
	<b>Scherfestigkeit, dynamisch</b> (N/cm <sup>2</sup> ) ASTM D-1002, n. 72h; Stahl 12,7 mm/Min.; 6,45cm <sup>2</sup> ; RT	--												
	<b>Scherfestigkeit, statisch</b> (g) ASTM D-3654 nach 72 h; Stahl; >10.000 Min.; 3,23 cm <sup>2</sup> ; RT	<table border="1"> <tr> <td>20°C</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>65°C</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>90°C</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>120°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>150°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>175°C</td> <td></td> </tr> </table>	20°C	1000	65°C	500	90°C	500	120°C		150°C		175°C	
20°C	1000													
65°C	500													
90°C	500													
120°C														
150°C														
175°C														

# Aufbau der Festigkeit bei unterschiedlichen Kleberarten



# Oberflächenvorbehandlung

Um eine ausreichend gute Verklebung des Klebebandes zu erreichen, sind einige Voraussetzungen zu erfüllen:

- Grundlegende Anforderung ist eine saubere Oberfläche, die frei von lose anhaftendem Staub oder anderen Verschmutzungen ist.
- Die sogenannte Oberflächenenergie ist ein Maß dafür, wie gut ein Klebeband auf der zu verklebenden Oberfläche haften kann (Messung mit Prüftinten)
- Moderne Kunststoffe haben im Gegensatz zu Metall sehr viel kleinere Oberflächenenergieniveaus. Besonders Kunststoffe wie Teflon, Polypropylen, Gummi oder Silikone sind sehr abweisend und benötigen daher eine Vorbehandlung. Aus dem Material diffundierende Weichmacher verschlechtern langfristig die Verklebung (z.B. Weich-PVC, EPDM).



Einfache Methode zur Beurteilung der Benetzbarkeit

## Vergleich Oberflächenenergie (mN/m, dyne)

Metalle	1000 – 5000
Eisen	1400
Glas	300
PVC	45
Polyester	40
PE-HD	35
PP	31
PTFE (Teflon)	17

# Wie verklebt man optimal?

Aufrauen, lose Teile entfernen (Achtung: Rautiefe)

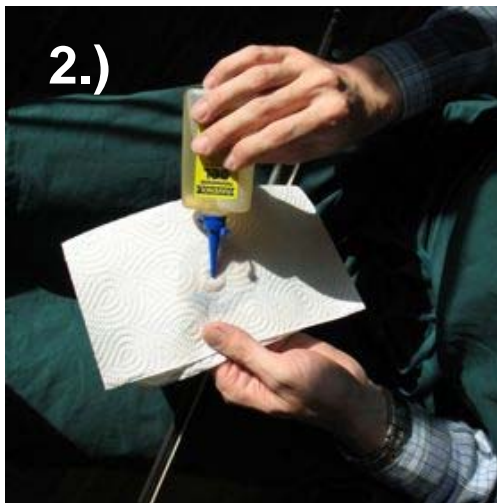


3.)



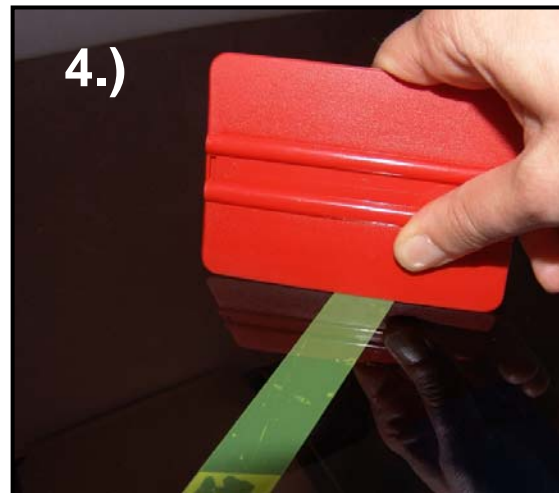
ggf. Vorbehandlung mit Primer oder Haftvermittler

2.)



Reinigen, Entfetten  
(z.B. Aceton, Isopropanol, Ethylacetat)

4.)



Anpressen (ggf. plus Wärmezufuhr)

Die Festigkeit einer Verklebung ist direkt abhängig von dem guten Kontakt der zu verklebenden Oberfläche. Mittels Rakel erreicht man eine optimale Verankerung.



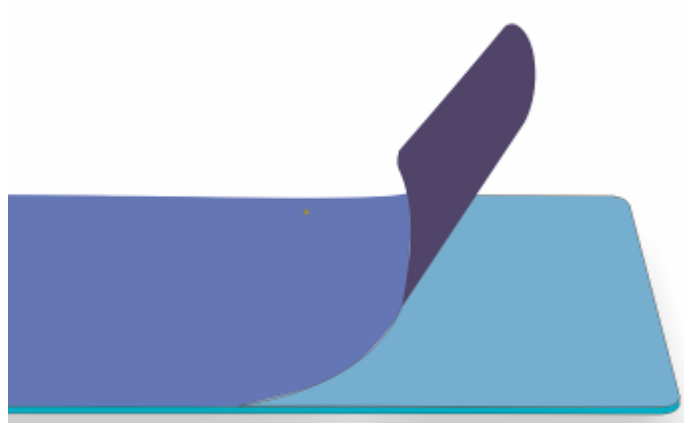
---

# Aufbau von Klebebändern

Gerald Friederici - CMC Klebtechnik GmbH

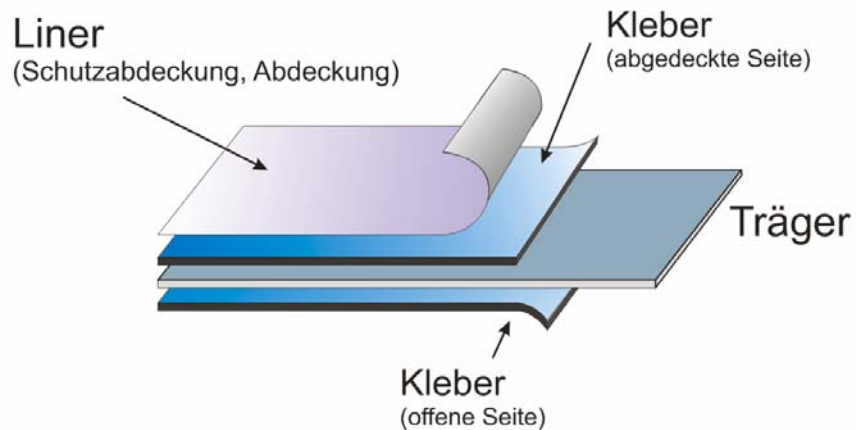


# Aufbau von Klebebändern



Einseitig klebende:

- Träger (Folie, Papier, Gewebe, etc.)
- Klebstoff-Film
- ggf. Liner (Schutzabdeckung des Klebers)

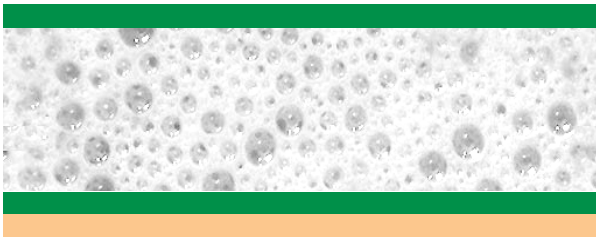


Doppelseitig klebende:

- Liner (Schutzabdeckung für Klebstoffschicht 1)
- Klebstoffschicht 1 (z.B. für hochenergetische Flächen)
- Kernwerkstoff/Träger (z.B. Folie, Gewebe oder Schaum)
- Klebstoffschicht 2 (z.B. für niederenergetische Flächen)

# Aufbau von Klebebändern

(doppelseitig klebend)



(PE-)Schaum (offen- oder geschlossenzellig) mit zwei Klebstoffschichten auf silikonisiertem Liner



Transferkleber auf silikonisiertem Liner

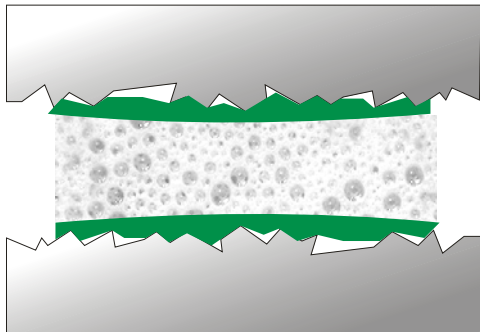


Viskoelastischer Klebstoffkern mit 2 Klebstoffschichten auf silikonisiertem Liner



# Eignung von Klebebändern

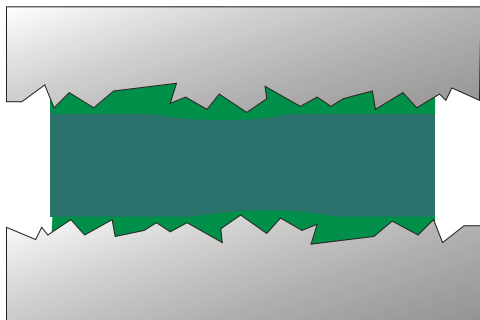
(doppelseitig klebend)



PE-Schaum: Rückstellkräfte des Schaums verhindern vollflächige Verklebung, kein ausreichendes Auffüllen der Oberflächenrauhigkeit



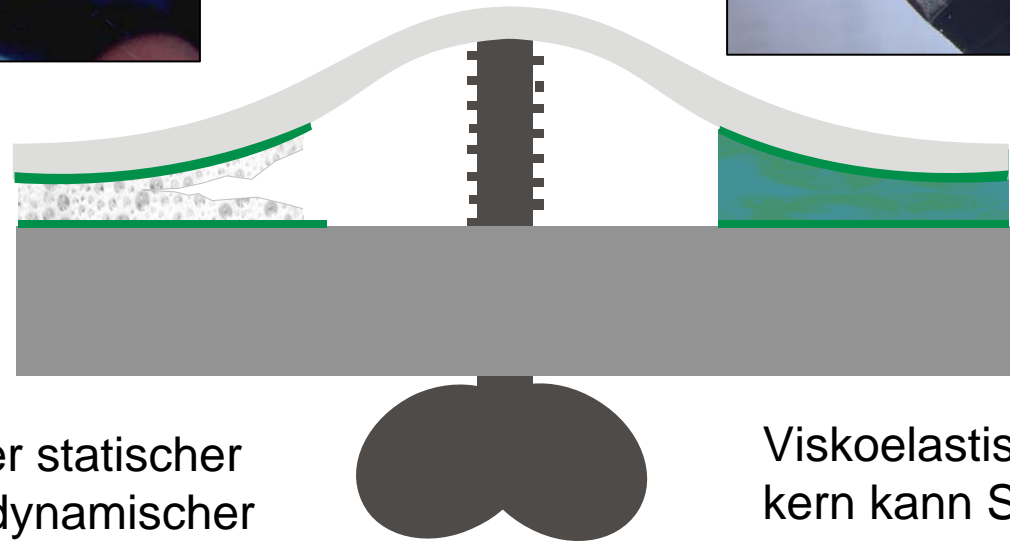
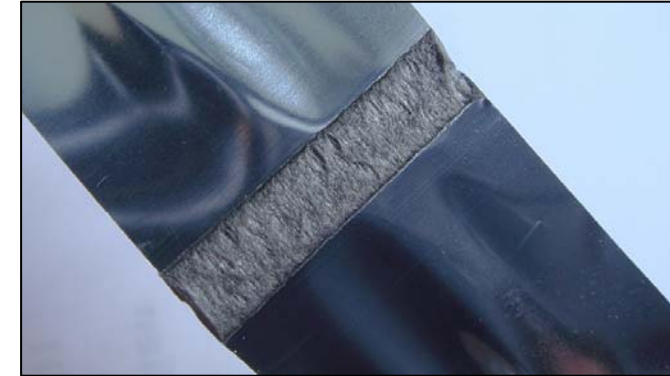
Transferkleber aufgrund der geringen Stärke nur für glatte Oberflächen geeignet



Durch den viskoelastischen Klebstoffkern fließt der Kleber bis zu 50% der Klebebandstärke in die Oberflächenrauhigkeit und verankert sich dort. Vollflächige Benetzung = große Klebefläche

# Eignung von Klebebändern

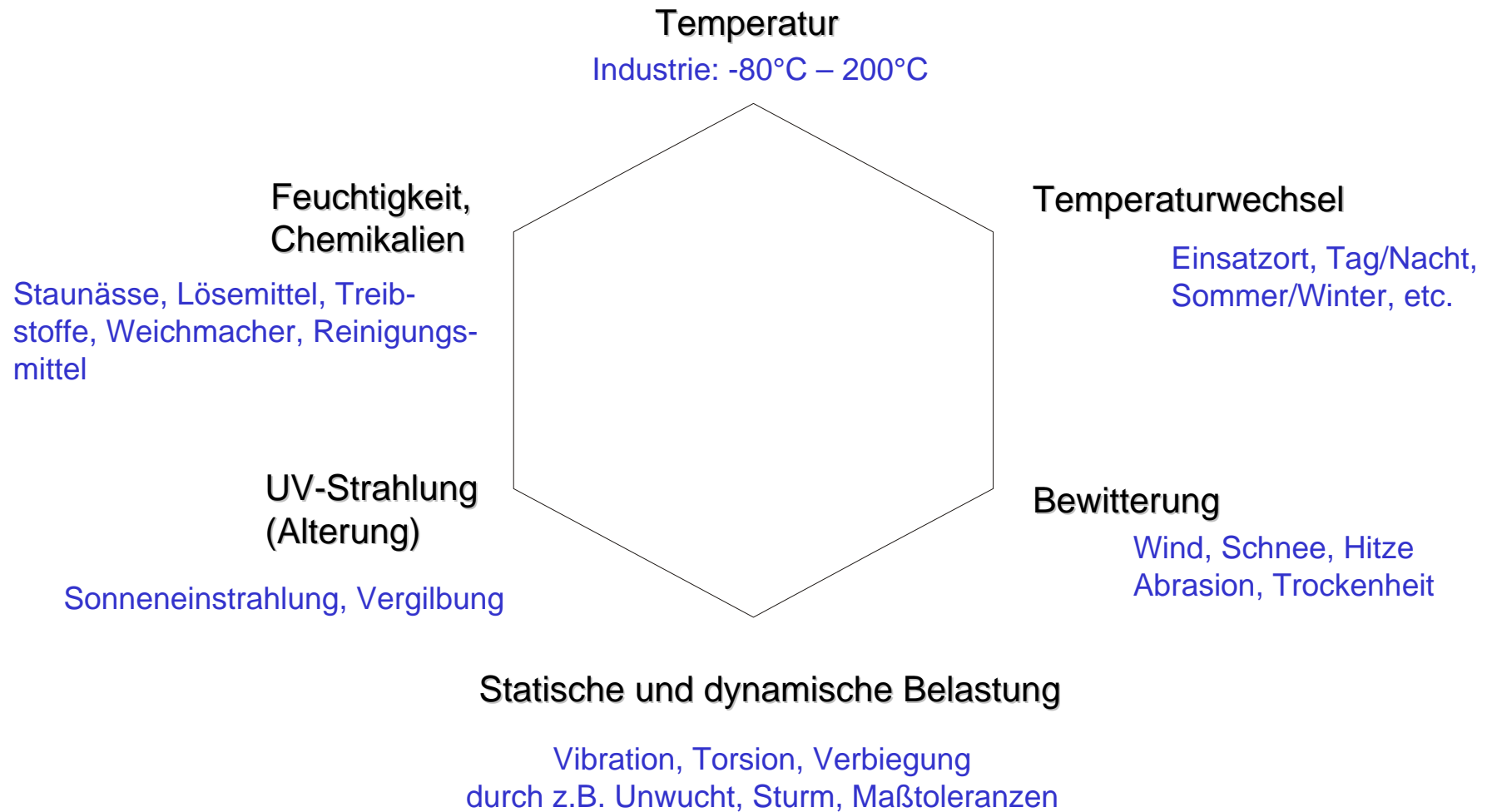
(doppelseitig klebend)



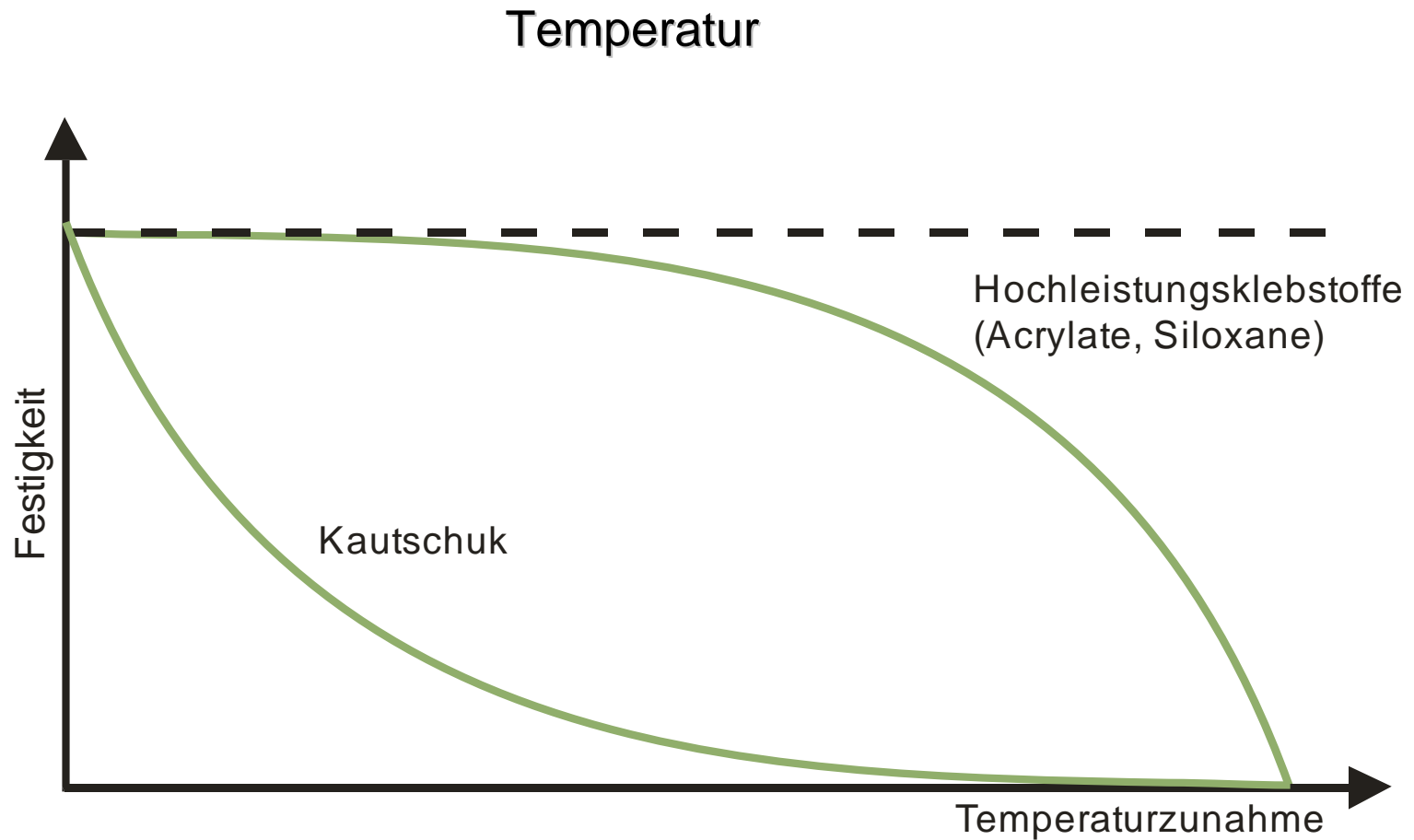
Unter dauernder statischer oder zu hoher dynamischer Belastung reißt der (elastische) PE- oder PU-Schaum auf

Viskoelastischer Klebstoffkern kann Spaltkräfte bis zum 3-fachen der Schichtstärke aufnehmen. Durch die vollflächige Benetzung sehr gute Haltekräfte

# Belastungen für Klebebändern

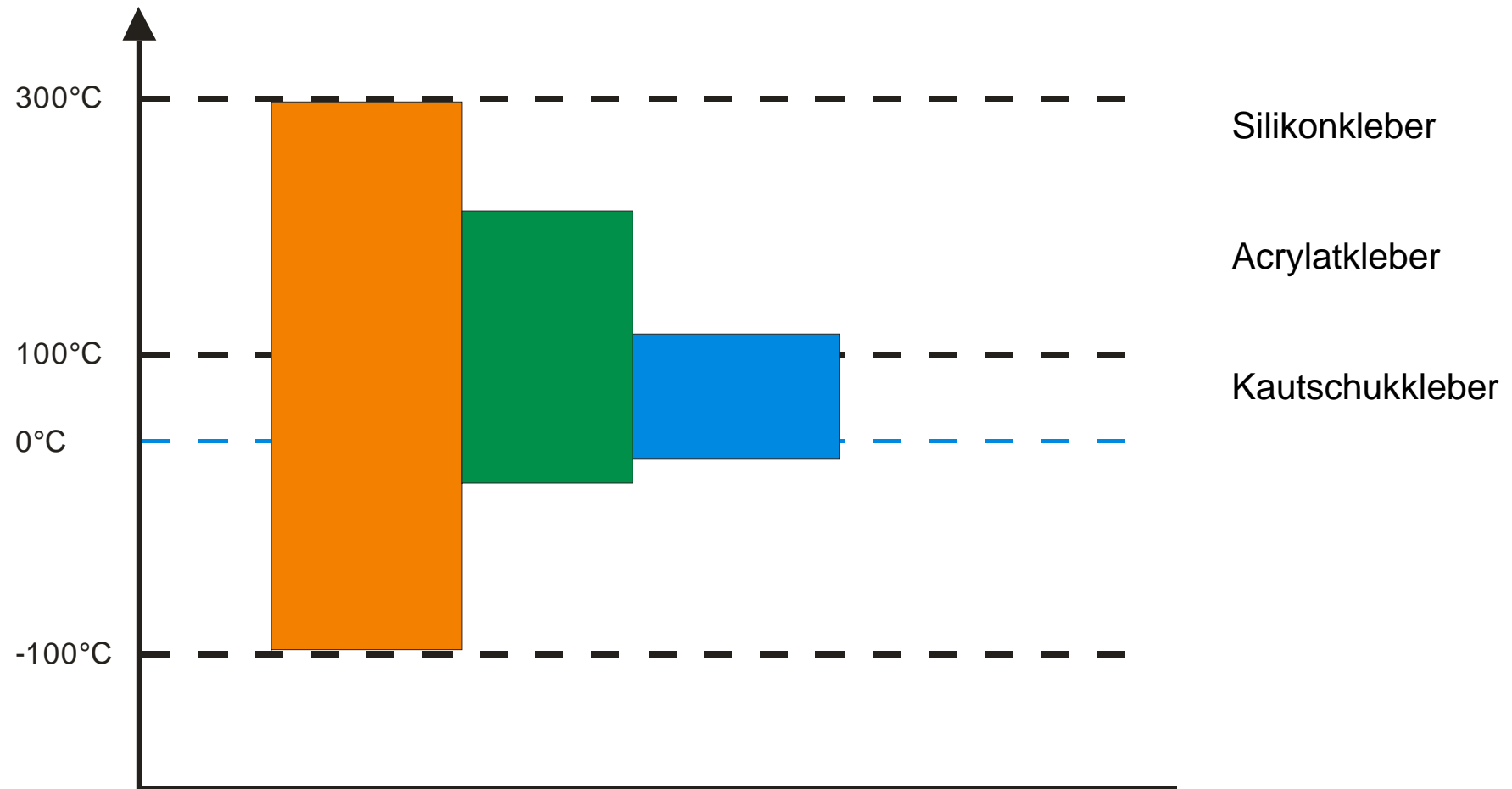


# Belastungen für Klebebändern

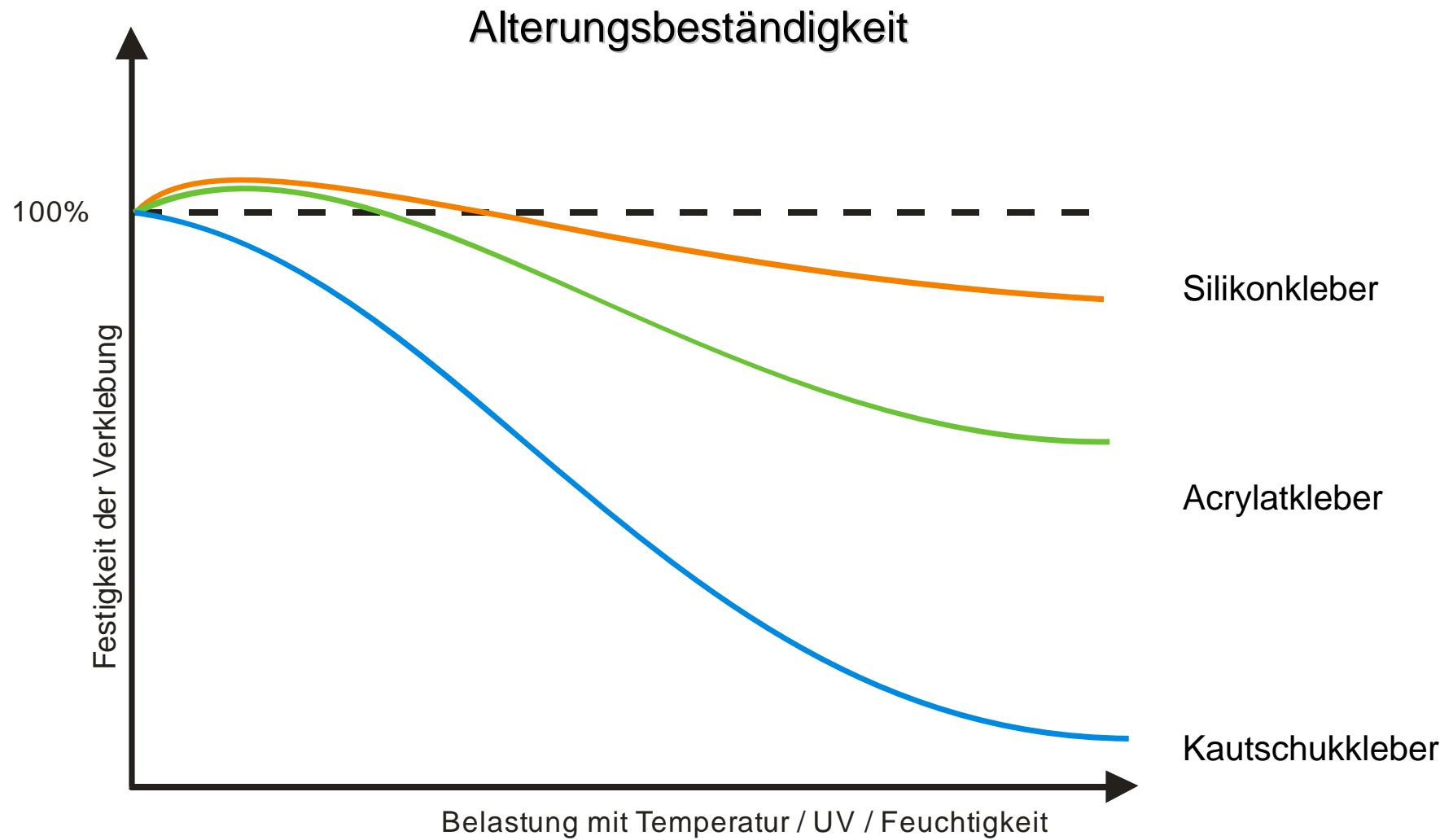


# Belastungen für Klebebändern

## Temperaturbelastbarkeit



# Belastungen für Klebebändern



---

# Vorteile von Klebebändern

Gerald Friederici - CMC Klebtechnik GmbH



# Vor- und Nachteile technischer Klebebänder

## Übersicht

Bei Verwendung eines Klebebands...

- ist eine „unsichtbare“ Montage ohne z.B. Schrauben oder Nieten möglich
- hat man eine größere Freiheit beim Design
- ergibt sich eine gleichmäßige Verteilung der Kräfte auf die gesamte Oberfläche, keine mechanischen Spannungsspitzen, kein Verzug
- erreicht man eine flächige, stoffschlüssige Verbindung
- ist die Verklebung von unterschiedlichen Werkstoffkombinationen möglich
- kann man angepasste Lösungen für unterschiedliche zu verklebende Materialien einsetzen (unterschiedliche Kleber je Seite)
- erreicht man einen Ausgleich von unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten
- erzielt man einen Ausgleich von Unebenheiten, Löchern und Fertigungstoleranzen
- reduziert man die Weiterleitung von Vibration
- erreicht man eine gute Aufnahme von dynamischen Kräften, kein Ermüden innerhalb Grenzen
- erreicht man die Reduktion und Vermeidung von Schallweiterleitung, Dämpfung
- kann zur Reduktion von Geräuschen bei Reibung von Bauteilen beitragen (Knarzen, Quietschen, Reiben)
- trägt zur Reduktion von Montage- und Herstellkosten bei, es ist meistens eine einfache Integration in die Fertigungskette möglich
- in Form von vorgefertigten Stanzteilen ist eine schnelle, saubere und zeitsparende Montage möglich
- hat man keinen großen Verbrauch an Bauraum (Aerodynamik, kein Überstehen)
- ist eine platzsparende Montage (meist keine großen Maschinen- oder Vorrichtungen notwendig) möglich
- ist die Verbindung sofort bzw. sehr schnell belastbar (im Gegensatz zu vernetzenden Systemen mit Wartezeiten bis zu einigen Tagen)
- Wirkt isolierend oder wärmeleitend – ja nach verwendetem Typ



# Vor- und Nachteile technischer Klebebänder

## Übersicht

Allerdings muß man beachten:

- Verhältnismäßig geringe mechanische Festigkeit
- Meistens Erweichung bei Erwärmung mit einhergehender Klebkraftreduktion
- Bis auf wenige Ausnahmen keine Verarbeitung unter 5°C möglich
- bei statischer (permanenter) Belastung Neigung zum Kriechen (viskoelastische Verformung bis zu einem gewissen Grad erlaubt, danach Verlust der Kohäsion), Gefahr eines Adhäsions- oder Kohäsionbruchs
- Ggf. aufwändige Oberflächenvorbereitung mit Möglichkeit eines Verarbeitungsfehlers (Abhängigkeit der Klebkraft von der Oberflächengüte und Materialart)
- Mögliche Alterung durch Bewitterung und UV
- Schwierige Qualitätsprüfung, wenn diese nicht zerstörend sein soll

# Einschränkungen, Aussichten

In den vergangenen 20 Jahren hat sich die Anwendung von Klebstoff in der Fügetechnik durchgesetzt. Die Vorteile des Klebens gegenüber anderen Techniken sind umfangreich und an der richtigen Stelle eingesetzt überragend.

Im Bereich der Klebetechnik – auch der mittels Haftklebstoffe – herrscht heute jedoch noch in erheblichem Maße die Empirie. Viele Einsatzmöglichkeiten werden nach dem Trial-and-Error Prinzip evaluiert.

Allseits anerkannte Normen oder Regelwerke zur Auslegung, Berechnung und dem Einsatz fehlen in vielen Bereichen bzw. sind stark auf ein eingeschränktes Nutzungsfeld konzentriert (ASTM, FINAT, UL, AFERA....).

Die zukünftigen Möglichkeiten werden noch immer unterschätzt. In ganz wenigen Fällen nur werden Klebeverbindungen am Reißbrett – ggf. anhand von Regelwerken mit entsprechenden Vorschriften der Fertigungstechnik - realisiert.

Dies liegt auch daran, dass sich nur wenige Ingenieure daran wagen, die Vorteile einer Klebeverbindung intensiv zu erforschen und z.B. die Ermüdungsfreiheit des Klebstoffes im Gegensatz zu mechanischen Punktverbindungen auch in kritischen Anwendungen zu prüfen.

Das hohe Maß an Festigkeit der Klebeverbindung, die vielfältige Spezialisierung und die Alterungsbeständigkeit sind heute schon mit anderen Fügetechniken vergleichbar. Zukünftig wird noch stärker die einfache, unkomplizierte Verarbeitung im Mittelpunkt der Weiterentwicklung stehen – und damit auch die zuverlässige Reproduzierbarkeit der Fertigungsergebnisse.

---

Vielen Dank

Fragen?

