



**Dr. Hartwig Lohse**

# Einführung in die Klebtechnik

**Einleitung**

**Faserverstärkte Kunststoffe im Bausektor  
– einige Beispiele**

**Fertigungssystem Kleben  
Vorteile und Grundlagen**

**Klebstoffarten**

**Verarbeitung von Klebstoffen**

**Klebgerechte Konstruktion (Grundlagen)**

**Anwendungsbeispiele**

**KLEBTECHNIK**  
Dr. Hartwig Lohse e.K.  
Fraunhoferstr. 3  
D 25524 Itzehoe  
Tel. +49 (0)4822 95180  
Fax +49 (0)4822 95181  
E-Mail hlohse@hdyg.de

1/32

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

© KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.



## Verkehrsbrücken

- geringes Gewicht
- Montage aus vorgefertigten Elementen in der Nähe des Aufstellungsortes
- schnelle Installation am Aufstellungsort
- lange Lebensdauer
- Witterungsbeständig
- elektrisch isolierend (Brücken über elektrifizierte Bahnstrecken )
- Kostenvorteile





## Hafenanlagen

- geringes Gewicht
- lange Lebensdauer
- Witterungs- und Seewasserbeständigkeit

Bildbeispiele siehe:

<http://www.fiberline.com/konstruktion/profiles-and-decks-bridges/standard-concept-bridges>

## Versorgungsplattformen für Offshore Windkraftanlagen

- geringes Gewicht
- lange Lebensdauer
- Witterungsbeständig
- Antistatische Eigenschaften (Ausgleich des elektrostatischen Potentiale zwischen Hubschrauber und WKA)

Bildbeispiele siehe:

<http://www.fiberline.com/helihoist-platforms>  
<http://www.fiberline.com/boat-landings>

3/32

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

© KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.



## Anlagenbau

Treppen, Plattformen, etc.  
Abwasseraufbereitung

- geringes Gewicht
- lange Lebensdauer
- Chemikalienbeständigkeit
- Antistatische Eigenschaften (Ausgleich des elektrostatischer Potentiale)

Bildbeispiele siehe:

<http://www.pipexstructuralcomposites.co.uk/products/product.php?id=40m>

## Besuchersteg in einer Grotte (Oñati-Arrikruz)

- geringes Gewicht
- Montage ohne Einsatz großer Maschinen
- Beständig gegen die hohe Luftfeuchtigkeit und aggressive Medien
- Ästhetik

Bildbeispiele siehe:

<http://www.fiberline.de/tragwerke/case-stories-weitere-projekte/gangbroer-i-komposit/gfk-besuchersteg-fuer-grotte>

4/32

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

© KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.



## Fassadenbau

### Sheraton Hotel, Flughafen Malpensa Hotel Vista Blanca, Benidorm, Spanien

- Designmöglichkeiten, Ästhetik
- geringes Gewicht
- hohe Festigkeit
- thermische Isolation

Bildbeispiele siehe:

<http://csmres.co.uk/cs.public.upd/article-images/Sheraton-Milan.jpg>

<http://www.reinforcedplastics.com/view/18244/composites-give-spanish-hotel-a-new-look/>

5/32

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

© KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.



## Fügeverfahren für Faserverbund-Kunststoffprofile

- Schrauben/Bolzen
  - Sofortige Festigkeit
  - Schädigung der Faserverbundstruktur
  - Punktförmige Krafteinleitung
  - Schädigung der Fasern
  - Gefahr des Blockversagens



Bild: KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.

6/32

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

© KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.



### Fügeverfahren für Faserverbund-Kunststoffprofile

- Schrauben/Bolzen
  - Sofortige Festigkeit
  - Schädigung der Faserverbundstruktur
  - Punktförmige Krafteinleitung
- Kleben
  - Keine Sofortfestigkeit
  - Erhalt der Werkstoffeigenschaften
  - Flächige Kraftverteilung (reduzierte Materialstärken, Leichtbau)
  - Kompensation thermischer Ausdehnungseffekte
  - Integration zusätzlicher Eigenschaften (Dämpfung, Abdichtung, ...)
  - Spaltüberbrückung, Toleranzausgleich



7/32



### Fügeverfahren für Faserverbund-Kunststoffprofile

- Schrauben/Bolzen
  - Sofortige Festigkeit
  - Schädigung der Faserverbundstruktur
  - Punktförmige Krafteinleitung
- Kleben
  - Keine Sofortfestigkeit
  - Erhalt der Werkstoffeigenschaften
  - Flächige Kraftverteilung (reduzierte Materialstärken, Leichtbau)
  - Kompensation thermischer Ausdehnungseffekte
  - Integration zusätzlicher Eigenschaften (Dämpfung, Abdichtung, ...)
  - Spaltüberbrückung, Toleranzausgleich
- Kombination aus Schrauben/Bolzen und Kleben
  - Kombination der Vorteile des Klebens bei Sicherstellung einer Sofortfestigkeit



8/32



**Werkstoff:**

Kombinationen  
verschiedener Werkstoffe  
(z.B. Duroplast/Thermoplast,  
Kunststoff/Metall/Papier/Glas/ ...)

**Integration zusätzlicher  
Funktionen:**

z.B. Dichtigkeit, therm/elektr.  
Leitfähigkeit bzw. Isolation,  
Schalldämmung, Toleranzaus-  
gleich, Korrosionsschutz, ...)

**Zukunftstechnologie  
Kleben**

**Konstruktion:**

Verbesserte Bauteileigen-  
schaften  
(z.B. Leichtbau, Steifigkeit,  
Design, ...)

**Verarbeitung:**

Erhalt der Werkstoffeigen-  
schaften  
(z.B. Oberfläche, Vermeidung  
therm. oder mech. Schädigung ...)



**Stoffschlüssige  
Verbindungen**

- Löt-  
verbindungen
- Schweiß-  
verbindungen
- Kleb-  
verbindungen

**Formschlüssige  
Verbindungen**

- Falzverbindung
- Clinchverbindung
- Schnapp-  
verbindung

**Kraftschlüssige  
Verbindungen**

**Elastischer  
Schluss**

- Schraubverbindung
- Nietverbindung

**Feldschluss**

- Magnetismus
- Schwerkraft

**Mischformen:  
Kleben und**

- Falzen
- Clinchen
- Nieten/  
Schrauben
- Punktschweißen

**Reibschluss**

- Pressver-  
bindung

**Klebstoff** (nach DIN EN 923)

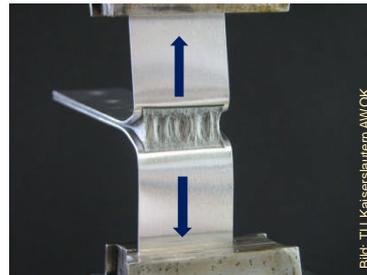
Ein Klebstoff ist ein nichtmetallischer Stoff, der Füge­teile durch Flächenhaftung (Adhäsion) und innere Festigkeit (Kohäsion) verbinden kann.

**Adhäsion:**

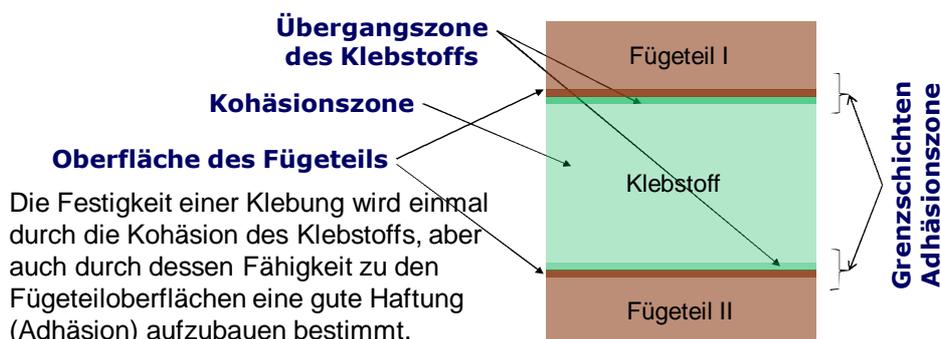
Haftkräfte, die zwischen den Kontaktflächen zweier gleicher oder verschiedener Stoffe (z.B. zwischen einem Füge­teil und einem Klebstoff) auftreten.

**Kohäsion:**

Anziehungskräfte zwischen Atomen und Molekülen, die den Zusammenhalt der Masseteilchen innerhalb eines homogenen Materials (z.B. in einem Klebstoff) gewährleisten.



**Schematischer Aufbau einer Klebung**



Die Festigkeit einer Klebung wird einmal durch die Kohäsion des Klebstoffs, aber auch durch dessen Fähigkeit zu den Füge­teiloberflächen eine gute Haftung (Adhäsion) aufzubauen bestimmt.

Den Füge­teiloberflächen kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu, sie müssen zu dem verwendeten Klebstoff „passen“, d.h. der Klebstoff muss eine gute Haftung zu Ihnen zeigen und sie müssen frei von Verschmutzungen sein.



Das Kleben unterliegt wie auch andere Fügeverfahren eigenen, speziellen Gesetzmäßigkeiten, die eine entsprechende konstruktive Formgebung erforderlich machen.

Die Klebtechnik erfordert ein Umdenken vom Anwender, der bisher evtl. ausschließlich traditionelle Fügeverfahren, wie Schrauben, Nieten oder Schweißen verwendet hat:

- ⊖ Auseinandersetzung mit dem Klebstoff als neuen Werkstoff mit einer Vielfalt von bisher vielleicht ungewohnten Eigenschaften:
  - ⊖ Reaktivität des nicht ausgehärteten Klebstoffs
  - ⊖ mechanische Eigenschaften von Klebstoffen
  - ⊖ Verformungseigenschaften von Klebstoffen
  - ⊖ Beeinflussung der Eigenschaften durch Temperatur, Feuchtigkeit, UV, ...

13/32



Ziel einer **klebgerechten Konstruktion** ist es

- ⊖ eine ausreichende Klebfläche bereitzustellen
- ⊖ eine ausreichende Klebschichtdicke vorzusehen
- ⊖ Spannungsspitzen in der Klebung bei einer mechanischer Belastung des Bauteils zu vermeiden bzw. zu minimieren
  - linienförmige hohe Belastung des Klebstoffs (Schälkräfte) sollten vermieden werden
  - flächige, gleichmäßige Belastung des Klebstoffs parallel oder senkrecht zur Klebfläche sind zu bevorzugen



14/32

Ziel einer **klebgerechten Konstruktion** ist es

- ☉ eine ausreichende Klebfläche bereitzustellen
- ☉ eine ausreichende Klebschichtdicke vorzusehen
- ☉ Spannungsspitzen in der Klebung bei einer mechanischer Belastung des Bauteils zu vermeiden bzw. zu minimieren
  - linienförmige hohe Belastung des Klebstoffs (Schälkräfte) sollten vermieden werden
  - flächige, gleichmäßige Belastung des Klebstoffs parallel oder senkrecht zur Klebfläche sind zu bevorzugen
- ☉ Klebschichten ggf. vor schädlichen Medien/Strahlung schützen
- ☉ eingeschlossene Hohlräume vermeiden
- ☉ ggf. ist eine mechanische Fixierung der Bauteile bis zum Aushärten des Klebstoffs oder aber eine Füge-/Fixiervorrichtung vorzusehen

15/32

### Beispiel: Brückendeck

Klebschichtdicke konstruktiv  
vorgegeben

Keine Schälbelastung



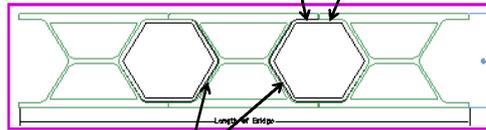
Große Klebfläche

Bild: Fiberline Composites A/S

16/32

Beispiel: Brückendeck  
Vor-Fertigung von Deckelementen

Klebschichtdicke konstruktiv  
vorgegeben



Große Klebfläche

Fixierung während der Härtung



17/32

Beispiel: Brückendeck  
Montage von Deckelementen



Bilder: KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.

18/32

### Beispiel: Verbinden von Profilen

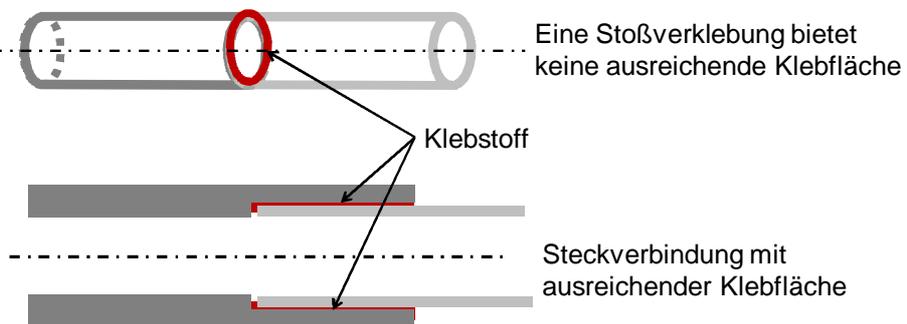
Kleben erlaubt gegenüber dem konventionellen Verfahren mittels Außenverbindern ein ästhetisch anspruchsvolles Aussehen und vermeidet punktförmige Belastungen und eine Schädigung der Fasermatrix



Bilder: Universität Kassel (4)



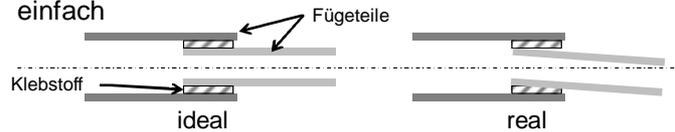
### Beispiel: Verbinden von Profilen



## Beispiel: Kleben von Steckprofilen

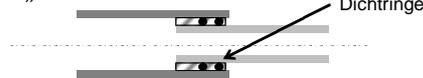
„Nasses“ Längsfügen: Klebstoffauftrag vor dem Fügen

- einfach



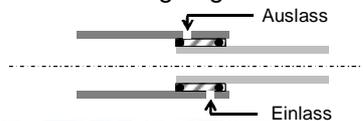
- Gefahr von Fehlstellen
- keine Ausrichtung

- „mit Zentrierelementen



- Gefahr von Fehlstellen
- gute Ausrichtung
- Handhabungssicher
- Diffusionssperre durch Dichttringe

„Trockenes“ Längsfügen: Klebstoffauftrag durch Injektion nach dem Fügen



- optimaler Klebstoffeinsatz
- sehr gute Ausrichtung
- Angepasste Fertigungstechnik
- Diffusionssperre durch Dichttringe

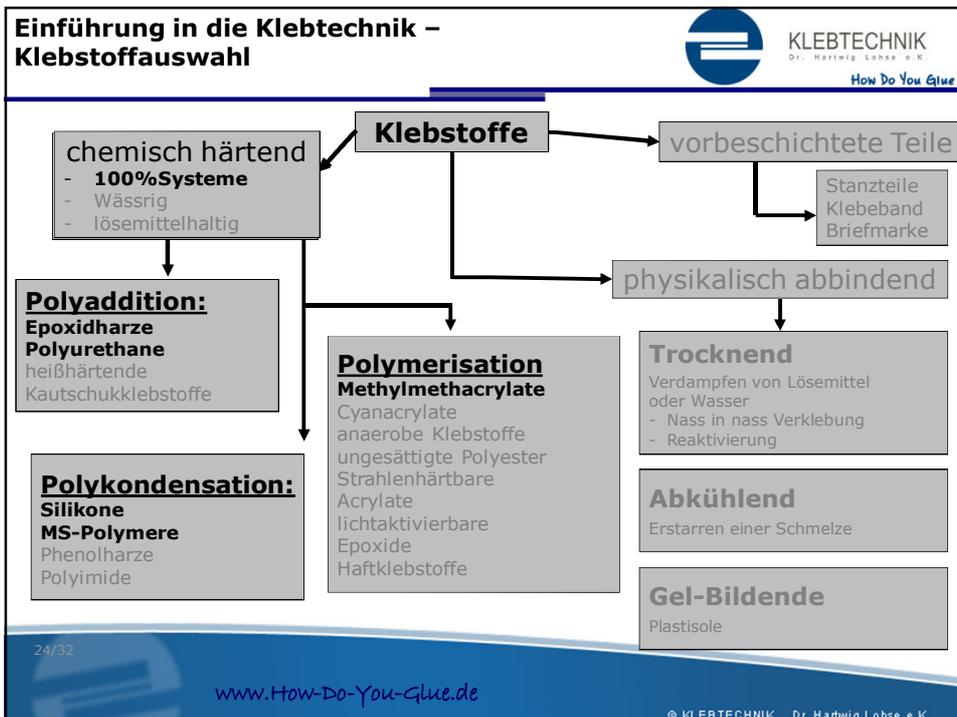
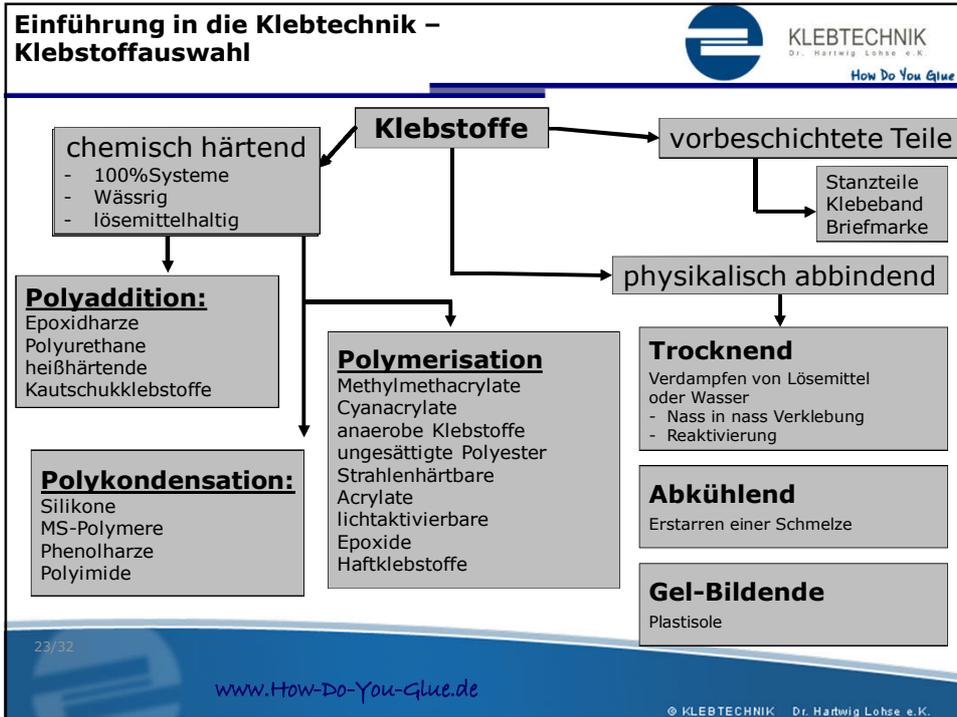
21/32

nach: (4)

## Anforderungen an den Klebstoff:

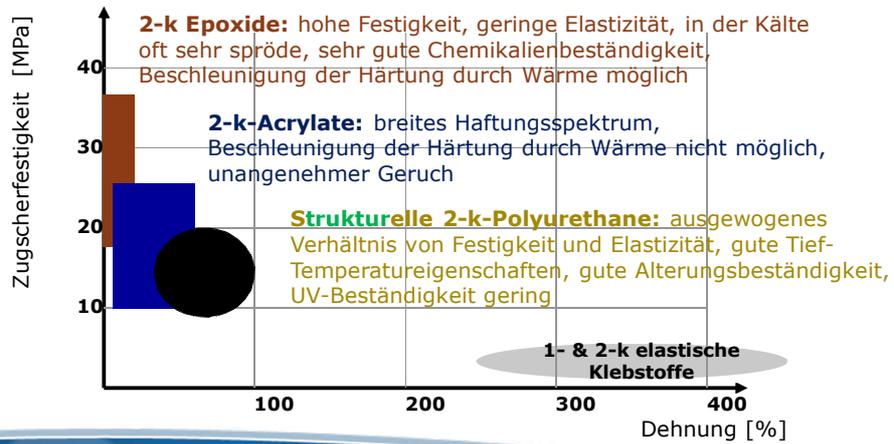
- Gute Haftung auf den verwendeten Substraten (Faserverbund-Kunststoffprofil, ggf. Stahl), ohne aufwendige Oberflächenvorbereitung
- Schnelle Härtung bei gleichzeitig langer Verarbeitungszeit
- ‚Baustellentauglich‘, ansonsten nur für die industrielle Vorfertigung von Bauelementen geeignet
  - Robust, mit einfachen Geräten sicher zu verarbeiten
- Hohe Festigkeit bei gleichzeitig ausreichender Elastizität/Flexibilität.
- Langzeitbeständigkeit:
  - Temperatur: -30 bis 80 °C
  - Feuchtigkeitsbeständig
  - Salzlösung, Treib- und Betriebsstoffe
  - Mechanische Wechselbelastung
  - Schwingfestigkeit

22/32

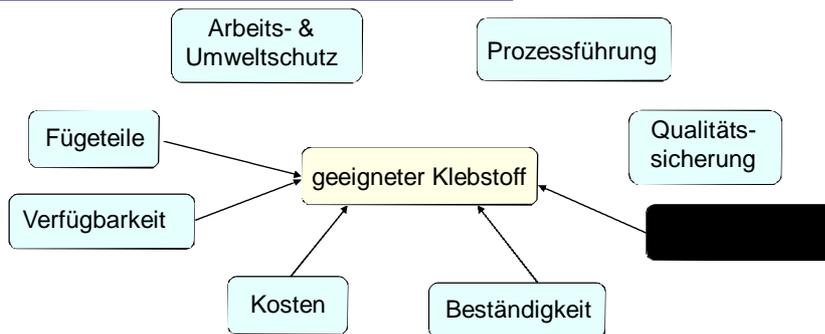




**Aufgrund der Anforderungen an den Prozess werden derzeit die folgenden Klebstoffsysteme verwendet:**



25/32



**Beanspruchbarkeit > Beanspruchung**

Nur durch eine kompetente, erfahrene, interdisziplinär arbeitende Projektleitung kann sichergestellt werden, dass alle relevanten Kriterien bei der Klebstoffauswahl, der Festlegung des Fertigungsprozesses, der begleitenden Qualitätssichernden Maßnahmen, etc. berücksichtigt werden

26/32

### Allgemeine Anforderungen an die Klebstoffverarbeitung bzw. den Klebstoffauftrag

#### Bereitstellung des Klebstoffs in der erforderlichen Menge

- ☉ Entnahme aus dem Liefergebilde (Pumpe, ggf. beheizt)
- ☉ Transport zum Bauteil (Rohr-, Schlauchleitung, ggf. beheizt)
- ☉ ggf. Mischen im korrekten Verhältnis mit einer 2. Komponente (Dosier- und Mischanlage)
- ☉ Auftragen in der richtigen Menge und Form an den richtigen Ort des Bauteils (Auftragskopf, ggf. Robotergeführt)

#### ohne den Klebstoff z. B. durch

- ☉ thermische Schädigung
- ☉ Abbau der Standfestigkeit (Scherung)
- ☉ Verunreinigung

#### negativ zu beeinflussen

27/32

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

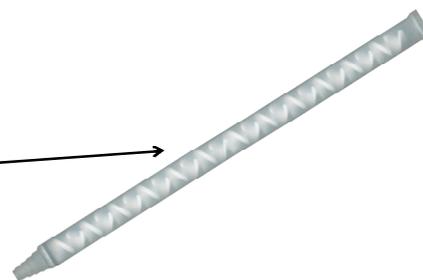
© KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.

### Verarbeitung von 2-k-Klebstoffen

Manuell aus der  
Doppelkammerkartusche,  
Mischung der Komponenten  
mittels statischem Mischer



Bild: Reinhardt - Technik



Manuell oder automatisiert  
aus Großgebilden über eine  
Dosier- und Mischanlage

28/32

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

© KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.



**Zerstörungsfreie Prüfung:**

- Qualität der Klebung
  - ⊖ Vorhandensein des Klebstoffs
  - ⊖ Lufteinschlüsse in der Klebraupe
  - ⊖ grobe Adhäsionsstörungen (Kissing Bonds)
  - ⊖ Dichtigkeit

**Zerstörende Prüfung:**

- Aussage über die Verbundfestigkeit einer Klebung, einschl. der Versagensart zum Zeitpunkt der Prüfung, ggf. nach einer bestimmten Alterung

Da Klebverbindungen nicht vollständig zerstörungsfrei geprüft werden können, kommt der Qualitätssicherung beim Kleben eine besondere Bedeutung zu!  
Dies schließt die Bauteilkonstruktion mit ein.

29/32



Klebstoff

- ⊖ Art
- ⊖ Transport
- ⊖ Lagerung
- ⊖ Dosierung und ggf. Mischqualität
- ⊖ Auftrag
- ⊖ Härtung

Anlagentechnik

- ⊖ Teilehandling (Fügen, Fixieren)
- ⊖ Klebstoffdosierung,
- ⊖ ggf. -mischung
- ⊖ und -auftrag
- ⊖ Klebstoffhärtung
- ⊖ Nachgeschaltete Fertigungsschritte

Fügeteil

- ⊖ Konstruktion
- ⊖ Design
- ⊖ Werkstoff
- ⊖ Transport
- ⊖ Lagerung
- ⊖ Vorbehandlung
- ⊖ Toleranzen
- ⊖ Herstellungsbedingungen

Mitarbeiter

- ⊖ Qualifikation

**Qualität einer  
Klebverbindung**

30/32



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit Fragen?

KLEBTECHNIK  
Dr. Hartwig Lohse e.K.  
Fraunhoferstr. 3  
D 25524 Itzehoe  
Tel. +49 (0)4822 95180  
Fax +49 (0)4822 95181  
E-Mail hlohse@hdyg.de

31/32

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

© Klebtechnik Dr. Hartwig Lohse e.K.



### Quellenangaben:

- (1) G. Sedlacek, M. Feldmann, B. Völling, H. Trumpf - Geklebte Verbindungen im Stahlbau - 5. Klebkolloquium Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik 15./16. Februar 2005
- (2) R. Stewart - Composites in construction advance in new directions - [www.reinforcedplastics.com](http://www.reinforcedplastics.com) - 06.09.2011
- (3) Composites give Spanish hotel a new look – Reinforced Plastics July/Aug. 2011
- (4) M. Schlimmer, M. Siebert – Prozesssicheres Kleben von Rundsteckverbindungen aus metallischen Werkstoffen unter rauen Fertigungsbedingungen - 5. Klebkolloquium Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik 15./16. Februar 2005

32/32

[www.How-Do-You-Glue.de](http://www.How-Do-You-Glue.de)

© KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.