

Was ist Kleben? Ein kurzer theoretischer Überblick (Teil I)

Kleben ist das **Verbinden zweier Füge-teile** mittels eines Klebstoffs. Nach DIN EN 923 wird ein Klebstoff definiert als

- ein Nichtmetall
- ein Bindemittel, das über Adhäsion und Kohäsion wirkt.

Adhäsion und Kohäsion

Als **Adhäsion** bezeichnet man das Haften gleich- oder verschiedenartiger Stoffe aneinander, mit **Kohäsion** die innere Festigkeit eines Werkstoffes wie hier des Klebstoffs. Die adhäsiven Wechselwirkungen zwischen Klebstoff und Füge-teil betreffen nicht nur die reine Berührungsfläche (**Adhäsionszone**) von Klebstoff und Füge-teil, sondern beeinflussen auch den Zustand des Klebstoffs in der Nähe der Oberfläche des Füge-teils (**Übergangszone**) (s. Abb. 1). In der **Kohäsionszone** liegt der Klebstoff in seinem üblichen Zustand vor. In der **Adhäsionszone** weist der Klebstoff durch die Haftung an der Oberfläche der Füge-teile eine *modifizierte chemische Struktur und Zusammensetzung* auf, die vom Zustand in der Kohäsionszone abweicht. Folglich sind hier auch die makroskopischen Eigenschaften des Klebstoffs verändert. In der Übergangszone zwischen Adhäsions- und Kohäsionszone verändern sich Struktur, Zusammensetzung und makroskopische Eigenschaften des Klebstoffs *kontinuierlich*. Der Einfluss der Übergangszone kann z.B. darin bestehen, dass eine Entmischung des Klebstoffs auftritt, indem kleine Klebstoffbestandteile in Poren der Oberfläche diffundieren. So wird die optimale Zusammensetzung des Klebstoffs **gestört**.

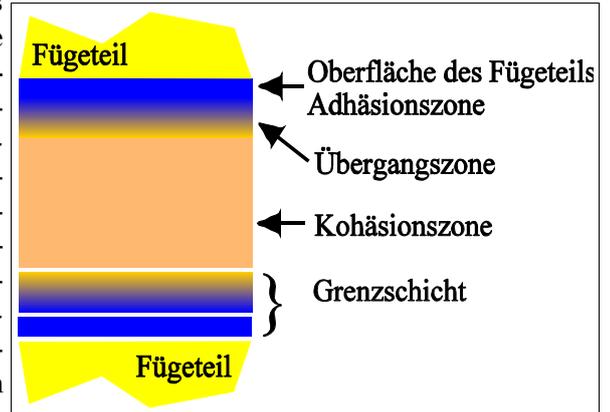


Abb. 1: Querschnitt einer Klebung

Adhäsions- und Übergangszone bezeichnet man auch als **Grenzschicht**.

Die Adhäsionszone

Der Klebstoff in der Adhäsionszone liegt in einer durch die Anbindung an die Füge-teiloberfläche modifizierten molekularen Struktur vor. Das Phänomen der Adhäsion wird durch molekulare Wechselwirkungen zwischen der Füge-teiloberfläche und dem Klebstoff erklärt, die sich in die **schwächeren zwischenmolekularen Wechselwirkungen** und in die **starken chemischen Bindungen** unterscheiden lassen. Allerdings treten chemische Bindungen nur bei sehr wenigen Kombinationen von Füge-teilen und Klebstoffen auf, z.B. zwischen Silicon und Glas, Polyurethan und Glas oder Epoxidharz und Aluminium. Im Füge-teil vielleicht sogar konstruktiv eingebrachte Hinterschneidungen, die von Klebstoff umflossen werden, können die Festigkeit des Klebverbundes erheblich steigern.

Die Übergangszone

Die Übergangszone, in der ein Klebstoff veränderte chemische, mechanische und optische Eigenschaften besitzt, kann eine **Dicke** von wenigen nm bis fast mm aufweisen. Dies hängt von der *Art der Oberfläche* des Füge-teils, des *Klebstoffs* und den *Härtungsbedingungen* ab. Bei dicken Übergangszonen oder dünnen Klebfugen kann das Verhalten der gesamten Klebung von den Eigenschaften der Übergangszone bestimmt sein, da keine Kohäsionszone vorliegt.

Die Kohäsionszone

Im Bereich der Kohäsionszone weist der Klebstoff seine nominellen, in den Datenblättern angegebenen Kunststoff-eigenschaften auf. Diese werden von folgenden **molekularen Kräften** verursacht:

1. den chemischen Bindungen **innerhalb** der Klebstoff-Polymere, das sind die Klebstoff-Makromoleküle;
2. den chemischen Bindungen, die zur **Vernetzung** des Polymers führen;
3. den *zwischenmolekularen* Wechselwirkungen zwischen den Klebstoff-Molekülen und
4. den *mechanischen* Verklammerungen verschiedener Klebstoff-Moleküle.

Die vier genannten **Kohäsionskräfte** beeinflussen bereits die Eigenschaften des unausgehärteten Klebstoffs und bestimmen beispielsweise die Viskosität. Bei der Aushärtung erfolgt hauptsächlich eine Verfestigung des Klebstoffs über **Bindungen zwischen den Klebstoff-Molekülen**. Diese Bindungen werden neu erzeugt (z.B. bei der Vernetzung kurzkettiger Moleküle zu langkettigen) oder vorhandene Bindungen werden verstärkt. Für eine maximal erreichbare Klebefestigkeit tragen sowohl die Adhäsion (inkl. Übergangszone) als auch die Kohäsion bei. Wie bei einer Kette gilt auch bei einer Klebung, dass das schwächste Glied die Belastbarkeit bestimmt.

Die kohäsiven Eigenschaften eines Klebstoffs sind seitens des Herstellers bereits festgelegt. Diese muss der Anwender durch eine optimale Aushärtung zu erreichen versuchen. Weiterhin muss die Adhäsionsfestigkeit ausreichend hoch sein. Das ist der Fall, wenn nicht die Adhäsion der limitierende Faktor bei der Festigkeitsprüfung ist, sondern die Eigenfestigkeit des Klebstoffs. Die klebstoffspezifische *maximale Belastbarkeit* einer Klebung ist also dann gegeben, wenn bei einer Festigkeitsprüfung der Bruch im Klebstoff erfolgt (**Kohäsionsbruch**) und **nicht** in der Adhäsionszone zwischen Material und Klebstoff.