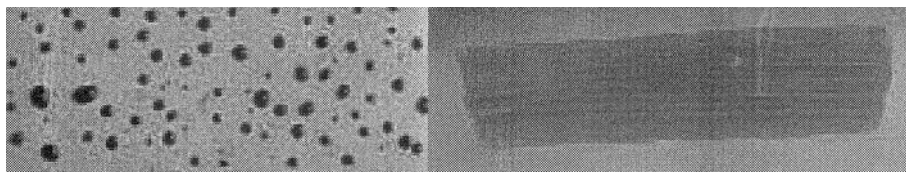


# Benetzung

Tipps & Tricks Nr. 5



Benetzung beschreibt das Verhalten von Flüssigkeiten auf festen Unterlagen. Eine gute Benetzbarkeit der Unterlage oder des Materials ermöglicht eine sichere Haftung von Klebstoffen.



benetzt nicht

benetzt

Aus dem Alltagsleben ist allen das unterschiedliche Verhalten von Flüssigkeiten auf festen Unterlagen bekannt. So perlt Wasser von fettigen Oberflächen ab (linkes Bild), während es auf sauberen (= fettfreien) Oberflächen einen geschlossenen Film bildet (rechtes Bild). Zu den wasserabstoßenden Stoffen gehören alle Fette, Wachse und insbesondere auch die Kunststoffe, die zur Herstellung industrieller Massengüter verwendet werden. Diese Eigenschaft verschlechtert das Verkleben von Kunststoffen. Zwar benetzen auf Lösungsmittel basierende Klebstoffe im Allgemeinen deutlich besser als Wasser, jedoch reicht ihre Benetzungsfähigkeit nur für polare Kunststoffe wie Polyvinylchlorid (PVC) und nicht für unpolare Werkstoffe wie Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP). Wenn ein Klebstoff schon im flüssigen Zustand von der Unterlage abperlt, ist auch für getrocknete Klebstoffe keine Haftung zu erwarten. Allerdings kann bei guter Benetzung nicht zwangsläufig auch auf eine gute Haftung geschlossen werden.

Physikalisch wird die Benetzung eindeutig mit den Oberflächenenergien sowohl der Flüssigkeit als auch des festen Materials beschrieben. Materialien mit zunehmender Oberflächenenergie werden immer besser benetzt. Für das (Be-)Kleben wird im Allgemeinen eine Oberflächenenergie von etwa 44 mN/m benötigt. Wasserlösliche Kleber erfordern etwas höhere Werte. Reine Polyolefine wie PE und PP haben jedoch Werte von 30–32 mN/m.

Sie benötigen also eine Vorbehandlung zur Anhebung der Oberflächenenergie. Diese Anpassung kann durch Oxidation der Kunststoff-Oberfläche mit den in einem Plasma einer mit Luft betriebenen atmosphärischen Korona-Entladung vorhandenen Sauerstoff-Radikalen erfolgen. Die in der Oberfläche gebildeten Hydroxyl- (-OH) und Keto- (=O) Gruppen bilden eine gute Grundlage für attraktive Wechselwirkungen mit Klebstoffen. Dies führt zu einer erhöhten Oberflächenenergie und normalerweise zu einer verbesserten Haftung. Bei Betrachtung der Oberflächen ist zu beachten, dass für Benetzung und Haftung die äußersten Schichten ausschlaggebend sind. Kunststoffoberflächen werden häufig von Additiven oder bei Massengütern auch von Entformmitteln belegt.

Mit Hilfe der Oberflächenenergie lässt sich sehr anschaulich die Wirkung von Silikonölen beschreiben: Silikonöl hat die geringste Oberflächenenergie aller Stoffe, benetzt somit sehr gut und spreitet sogar auf allen Materialien. Als Sprühöl in ein verharztes Kugellager eingebracht, kriecht es auf allen metallischen Oberflächen und kann so Verkrustungen lösen. Gelangt es hierbei auf einen zu bedruckenden Kunststoff, bildet ein sehr kleiner Tropfen aufgrund der hervorragenden Spreitfähigkeit einen großen Fleck. Dieser kann aber mit Lösungsmittel nicht entfernt werden, da die höhere Oberflächenenergie der Lösungsmittel eine Benetzung auf der niederenergetischen silikonisierten Oberfläche nicht erlaubt. Eine Bedruckung oder Verklebung kann hier nicht haften. Auch eine Korona-Behandlung muss sehr intensiv sein, um diese silikonisierten Bereiche zu entfernen.

Die Benetzung wird mit der Angabe des Randwinkels, die die Oberfläche eines Flüssigkeitstropfens mit der Unterlage im Kontaktpunkt bildet, quantitativ erfasst. Dieser Randwinkel  $\theta$  hängt nur von den Oberflächenenergien des Klebstoffs und der zu verklebenden Materialien ab. Der Zusammenhang ist durch die Young'sche Gleichung gegeben:

$$\cos(\theta) = \frac{\sigma_s - \sigma_{sl}}{\sigma_l}$$

Hierbei sind:

- $\sigma_s$  die Oberflächenenergie des Bedruckstoffes zur Luft
- $\sigma_{sl}$  die Grenzflächenenergie zwischen Flüssigkeit und Bedruckstoff
- $\sigma_l$  die Oberflächenenergie der Flüssigkeit

Aus praktischen Gründen wird der Zahlwert zu der kritischen Oberflächenenergie  $\sigma_c$  der zu verklebenden Materialien zusammengefasst. Die kritische Oberflächenenergie wird erhalten aus dem Schnittpunkt der linearen Regression der Youngschen Gleichung mit dem Wert von  $\cos(\theta) = 1$  also mit einem Kontaktwinkel von  $0^\circ$ .  $\sigma_c$ -Werte sind tabelliert. Sie können u.a. mit Hilfe von Testtinten nach DIN 53 364 oder ASTM D 2578-84 bestimmt werden. Der Wert gilt, wenn man es genau nimmt, nur für die entsprechenden Prüfflüssigkeiten.