

## Benetzungs-Kapillare:

**Adhäsion** ist der physikalische Zustand einer Grenzflächenschicht, die sich zwischen zwei in Kontakt tretenden kondensierten Phasen, d. h. Feststoffen und Flüssigkeiten mit vernachlässigbarem Dampfdruck, ausbildet. Der Zustand ist durch molekulare Wechselwirkungen in der Grenzflächenschicht charakterisiert, die einen mechanischen Zusammenhalt der beteiligten Phasen bewirken.

Der Zusammenhalt zwischen den beteiligten Materialien beruht in den meisten Fällen auf physikalischen Wechselwirkungen. Bei ausreichend rauer Oberfläche kann es zudem zu einer mechanischen Verklammerung der Materialien Formschluß kommen. Falls die Materialien miteinander auch eine chemische Bindung eingehen, bildet sich in der Regel eine besonders feste und dauerhafte Verbindung aus. Beispiele für die Bildung chemischer Bindungen zwischen Bindemitteln und bestimmten Materialien sind Silikon und Glas, Polyurethan und Holz oder Epoxidharz und Aluminium.

Als **Kohäsion** bezeichnet man in der Physik und Chemie die Bindungskräfte zwischen Atomen sowie zwischen Molekülen innerhalb *eines* Stoffes. Die Kräfte sorgen für seinen Zusammenhalt. Sie wirken in Gasen, Flüssigkeiten oder in Festkörpern und führen an den Oberflächen eines flüssigen Stoffes zur Oberflächenspannung.

Der **Kapillareffekt** beschreibt das Verhalten von Flüssigkeiten in Kapillaren, also genügend engen Röhren, Spalten oder Hohlräumen mit nicht deformierbaren Oberflächen aus Feststoffen. Dieses wird durch die Oberflächenspannung der Flüssigkeit (Kohäsion) und die Grenzflächenspannung zwischen der Flüssigkeit und der festen Oberfläche (Adhäsion) beziehungsweise die Benetzbarkeit der festen Oberfläche mit der Flüssigkeit bestimmt. Da das Gewicht der Flüssigkeit in engen Hohlräumen gering ist, überwiegt die Kapillarkraft gegenüber der Schwerkraft und hilft etwa Bäumen dabei, Wasser aus den Wurzeln bis zu 100 Meter hoch aufsteigen zu lassen.

Steighöhe  $h$  in Kapillare:

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos(\theta)}{\rho \cdot g \cdot r}$$

:

$\sigma$  = Oberflächenspannung

$\theta$  = Kontaktwinkel

$\rho$  = Dichte der Flüssigkeit

$g$  = Schwerebeschleunigung

$r$  = Radius der Röhre

Für eine wassergefüllte Glasröhre, die gegen die Luft auf Meereshöhe (1.013,25 hPa) offen ist, ist:

$$\sigma = 0,0728 \text{ J/m}^2 \text{ bei } 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta = 20^\circ = 0,35 \text{ rad}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

### **Benetzung:**

Ist die Ausbildung einer Grenzfläche zwischen einer Flüssigkeit und einem Festkörper.

Benetzbarkeit ist die zugehörige Eigenschaft der Festkörperoberfläche. Im Verlauf von Benetzungsprozessen vergrößert sich die Kontaktfläche zwischen benetzender Flüssigkeit und benetzter Festkörperoberfläche, bis ein statischer Zustand erreicht wird, der durch die Existenz einer konstanten Kontaktfläche charakterisiert ist. Das Ausmaß der Benetzung ist abhängig von der Art der Flüssigkeit sowie der Beschaffenheit der Festkörperoberfläche, so etwa deren chemischer Zusammensetzung und Rauheit. Benetzungsphänomene sind für das Beschichten, Bemalen und Bedrucken von Oberflächen, die Verteilung von Herbiziden und Insektiziden auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, Filtration sowie Dispergieren relevant.

Wenn man von Benetzung spricht, beschreibt man das Verhalten von Flüssigkeiten bei Kontakt mit der Oberfläche von Festkörpern. Die dazugehörige Eigenschaft der Oberfläche des Festkörpers ist die sogenannte Benetzbarkeit. Wie stark eine Flüssigkeit eine Oberfläche benetzt hängt von verschiedenen Faktoren wie z.B. Art der Flüssigkeit, Material oder Oberfläche oder Beschaffenheit der Oberfläche ab. Die Benetzung steht im direkten Zusammenhang mit der Oberflächenspannung. Wenn die Kohäsionskraft innerhalb eines Wassertropfens kleiner ist als die Adhäsionskraft gegenüber der Oberfläche des Festkörpers, breitet sich der Tropfen auf der Oberfläche des Festkörpers aus und dieser wird vollständig benetzt. Wenn hingegen die Kohäsionskraft größer als die Adhäsionskraft ist, nimmt der Wassertropfen eine kugelförmige Gestalt an und die Oberfläche wird kaum benetzt. Viele Oberflächen weisen, selbst in sauberem Zustand, eine nicht ausreichende Benetzbarkeit auf, die durch Verunreinigungen noch verstärkt wird, was zur Folge hat, dass die Flüssigkeiten von Kleber, Lacken und Farben abperlen. Dies liegt daran, dass die Oberflächenspannung sehr gering und für die weitere Bearbeitung nicht ausreichend ist. Wenn unbearbeitetes Material verarbeitet wird, ist die Folge oft, dass Farbe und Lacke nicht richtig haften und sich schnell wieder lösen oder dass verklebte Teile auseinander fallen. Dem kann mit Plasmaaktivierung vorgebeugt werden. Durch die Plasmaaktivierung einer Oberfläche steigt deren Oberflächenenergie an und Anlagerungsstellen für die aufgebrachte Flüssigkeit entstehen. Dadurch kann diese sehr gut haften. Durch die Plasmaaktivierung wird die

Oberfläche modifiziert und Oberflächenenergie aufgebaut, so dass eine deutlich bessere Benetzbarkeit der Oberfläche entsteht.

Die Benetzungstendenz ist umso größer, je kleiner der Kontaktwinkel bzw. die Oberflächenspannung ist.



**Die Oberflächenspannung** ist die infolge von Molekularkräften auftretende Erscheinung bei Flüssigkeiten, ihre Oberfläche klein zu halten. Dieser Effekt ist zum Beispiel die Ursache dafür, dass Wasser Tropfen bildet, und trägt dazu bei, dass einige Insekten über das Wasser laufen können oder eine Rasierklinge auf Wasser „schwimmt“.

Die Oberflächenspannung (Formelsymbol:  $\sigma$ ,  $\gamma$ ) ist also eine Grenzflächenspannung die zwischen Flüssigkeiten und Gasphasen auftritt. Gemessen wird sie in den SI-Einheiten N/m.

Oberflächenspannung von Wasser bei 20°C = 72,75 mN/m .

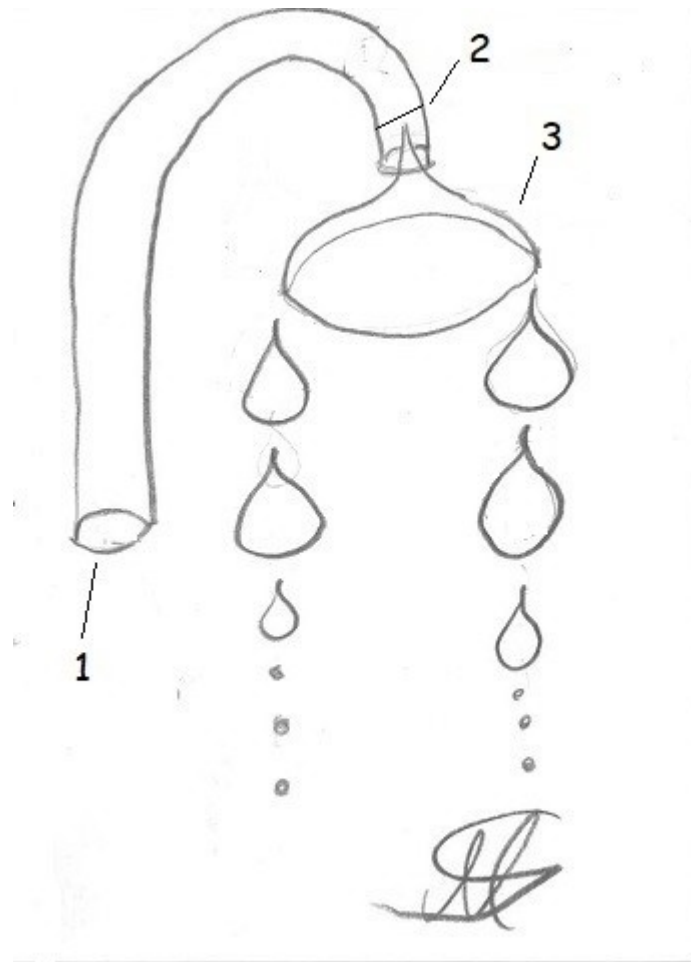
Mechanische Definition:

Die mechanische Definition lässt sich anhand eines Bügels mit der Breite  $L$  erklären, in dem ein Flüssigkeitsfilm eingespannt ist. Wenn der Flüssigkeitsfilm durch eine Kraft  $F$  parallel zur Oberfläche und senkrecht zu  $L$  um  $dx$  auseinandergezogen wird, so wird am Film die Arbeit

$dW = F \cdot dx$  verrichtet und die Oberfläche wächst um  $dA = 2 \cdot L \cdot dx$ . (Faktor 2 wegen Vorder- und Rückseite des Films). Die Oberflächenspannung ist das Verhältnis  $\gamma = dW/dA = F/2L$ . Demnach handelt es sich bei der Oberflächenspannung um eine Kraft pro Länge, die parallel zur Flüssigkeitsoberfläche gerichtet ist.

Die Richtigkeit der Vorstellung der Oberflächenspannung als Kraft parallel zur Oberfläche zeigt sich in zahlreichen Messmethoden und Effekten wie der Bügelmethode, der Kapillarität oder dem Kontaktwinkel.

Die **Benetzungs-Kapillare** (1) saugt das Wasser bis zu der durch den Durchmesser abhängigen Steighöhe  $h$  (2) auf und ist im oberen Bereich nach unten gekrümmt. Der Benetzungs-Schirm (3) ist an der Spitze dünner als die Kapillare und der Kontaktwinkel ist sehr klein wodurch die Flüssigkeit übertritt und am unteren Ende des Schirms abtropft und auf höherem Niveau ausleitet. Durch Oberflächenbehandlung kann die Benetzung erhöht werden z.B. mit Plasma.



Capillary action in plants experiment with paper towel

[https://www.youtube.com/watch?v=w\\_tc8tlEoBs](https://www.youtube.com/watch?v=w_tc8tlEoBs)

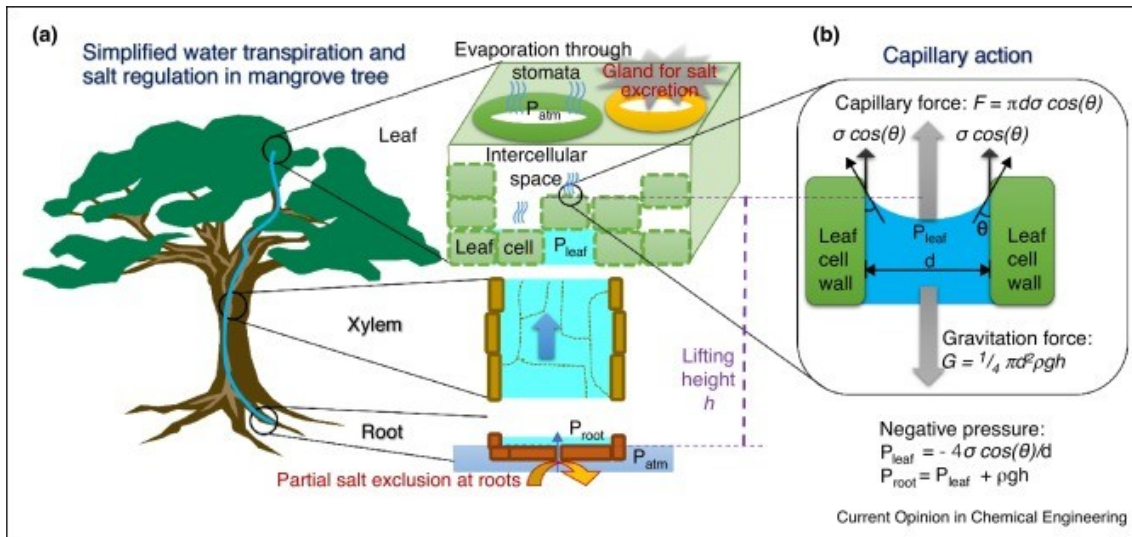


Wenn man nun die Benetzungskapillare mit der Methode aus dem Video: "Capillary action in plants experiment with papertowel" kombiniert, ist es logisch, dass man über Benetzung und KapillarEffekt des Papierhandtuches und Gravitationskraft die Kapillare auf höherem Niveau ausleiten kann weil der Übergang des Wassers von einem Glas zum anderen schwieriger ist als die Benetzungskapillare mit PapierHandtuch auszuleiten.

$F_{\text{WettingPaperTowel}} + F_{\text{CapillaryPaperTowel}} + F_{\text{Gravity}} > F_{\text{CapillaryHoldBack}}$

Während einer Online-Recherche bin ich auf folgenden Artikel und ein Bild (Anhang) gestoßen welches ich mit der Benetzungskapillare statt Solar-Energie kombinieren möchte zur Ausleitung auf höherem Niveau:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221133981930019X>



Die Wissenschaftler bauten synthetische/künstliche Mangroven(Salzwasser), künstlichen Wurzeln und Blätter mit Solar statt Transpiration(Unterdruck) für eine energiesparende Entsalzungsanlage.

hab zu einem YoutubeVideo eine Dissertation gefunden welche auch von einem künstlichen Baum handelt:

[https://www.youtube.com/watch?v=Z\\_nHU0\\_MbiU](https://www.youtube.com/watch?v=Z_nHU0_MbiU)

Die am Ende des Videos erwähnte Versuchsanordnung im Nature-Magazin:

<https://www.nature.com/articles/s41598-019-57109-z>

mehr davon auf <https://worldstate.de>

#### Quellen:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Kapillarit%C3%A4t\\_\(Kapillareffekt\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Kapillarit%C3%A4t_(Kapillareffekt))

<https://de.wikipedia.org/wiki/Benetzung>

<https://www.relyon-plasma.com/glossary/benetzung/>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Adh%C3%A4sion>

[https://de.wikipedia.org/wiki/Koh%C3%A4sion\\_\(Chemie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Koh%C3%A4sion_(Chemie))