

## **Der Meniskus – Ausdruck der Benetzbarkeit von festen Oberflächen**

Wohl jeder wird schon einmal bemerkt haben, wie das Wasser in einem sauberen Glas an der Glaswand etwas aufsteigt (Abb. 13) oder in einem Kunststoffbecher waagrecht bleibt. In diesem Bereich, in dem Wasser, Luft und Festkörper aneinandergrenzen, entsteht der Meniskus (vom Griechischen "Meniskos" = Halbmond, abgeleitet). Je nach Beschaffenheit der drei bildet sich der Meniskus anders aus: Die Wasseroberfläche schmiegt sich mit unterschiedlichen Winkeln der Gefäßwand an, konkav gewölbt bildet sie einen flachen Kontaktwinkel, der bis gegen Null gehen kann (Abb. 14 links), oder konvex gewölbt einen großen Winkel, der bis 180 Grad gehen kann (Abb. 14 rechts), mit allen Zwischenstufen. Das kann man auch an Wassertropfen beobachten, die auf entsprechenden Unterlagen ganz flach ausgebreitet oder ganz rund lagern (Abb. 15).

Es zeigt sich im Meniskus bildhaft die Beziehung des Wassers zum Stoff des Festkörpers, der mehr oder weniger wasserbindend bzw. wasserabstoßend sein kann. Der Meniskus kann so viel Flüssigkeit enthalten, dass für genaue Volumenmessungen die Skala auf einer Pipette entsprechend geeicht sein muss. Da die Beschaffenheit von Wasser, Luft und Gefäßwand den Benetzungswinkel bestimmen, kann er auch als Indikator für Sauberkeit von Glasoberfläche und Wasser dienen.

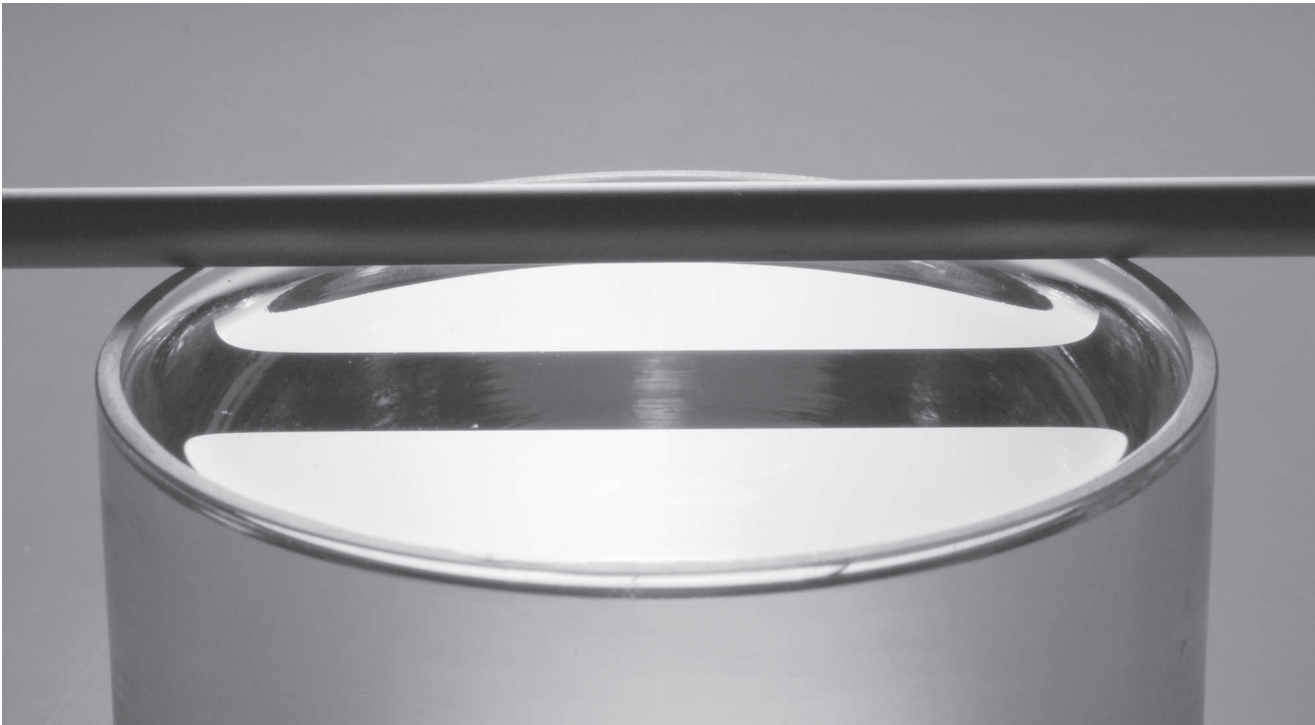
Die Experimente sollen das Phänomen Meniskus in seinen Ausprägungen bezüglich verschiedener Substanzen, der Wasserbeschaffenheit und seinem Verhalten erfahrbar machen.

### **Experimente**

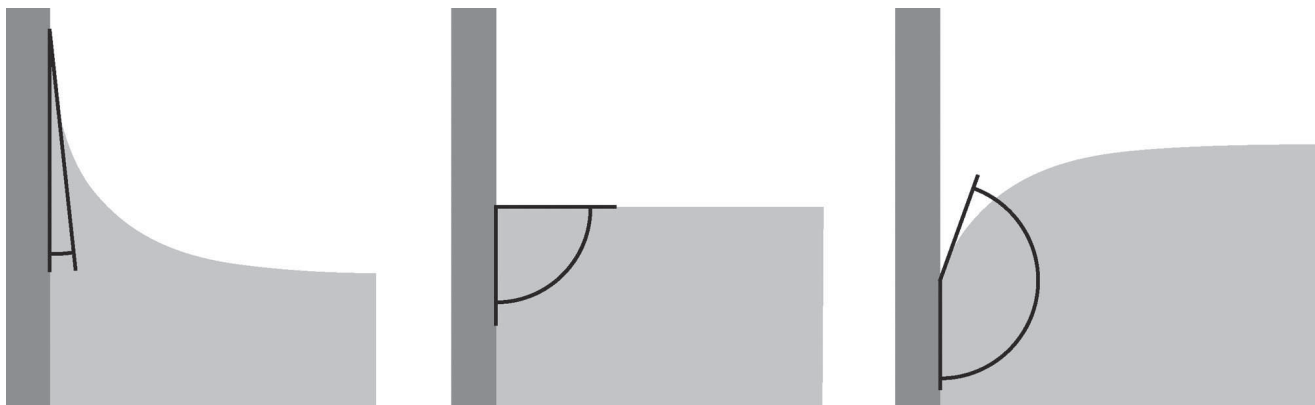
#### ***Den Meniskus beobachten***

Es ist gar nicht so leicht, in einem durchsichtigen klaren Glas, gefüllt mit durchsichtigem klarem Wasser, den Meniskus genauer zu erkennen, man sieht zahlreiche Spiegelungen, die deutlich auf ihn hinweisen – welche Krümmung er beispielsweise hat und wo er beginnt, ist aber schwer zu erkennen.

Da hilft ein gerader Stab oder ein Bleistift, den man auf den Rand des Glases legt und dessen Spiegelung man auf der Wasseroberfläche im Gegenlicht



**Abb. 13:** Ein Stab liegt auf dem Rand eines mit Wasser gefüllten Gefäßes im Gegenlicht. Sein Spiegelbild wird durch die Aufwölbung des Meniskus am Rand verzerrt und hebt sie hervor.

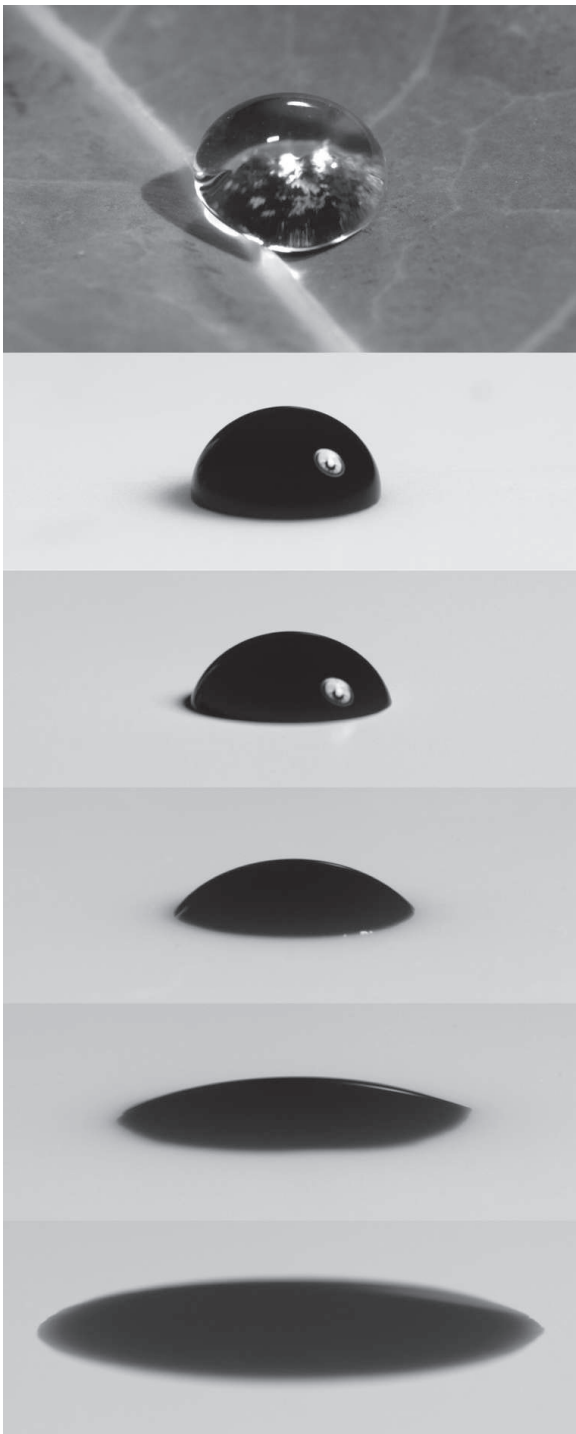


**Abb. 14:** Je nach Benetzbarkeit der Festkörperoberfläche steigt das Wasser an ihr hoch oder weicht von ihr zurück. Links: gut benetzend; Mitte: gering benetzend; rechts: Wasser nicht benetzend.

betrachtet, wie auf Abbildung 13 zu sehen. Auf der im Meniskus gekrümmten Wasseroberfläche wird die Spiegelung des Stabes verzerrt und zeigt deutlich, wo die Krümmung beginnt und wie sie verläuft. Die Spiegelung am Rand ist gut zu beobachten, wenn das Gefäß fast voll ist.

### Material

Glas mit Wasser und Bleistift oder Stab



**Abb. 15:** Tropfen auf unterschiedlich benetzenden Oberflächen. **Von oben:** keine Benetzung auf Kohlblatt, geringe Benetzung bei Teflon, nach unten zunehmende Benetzung auf unterschiedlich sauberem Glas, **ganz unten:** gut benetzendes sauberes Glas. Das Wasser wurde zur besseren Sichtbarkeit angefärbt. (Aus *WASSERZEICHEN* Nr.30 S.38)

## **Benetzungswinkel an unterschiedlichen Materialien**

Man benötigt ein Gefäß mit Wasser und andere Gefäße oder glatte Stücke aus unterschiedlich benetzenden Materialien, z. B. sauberes, verschmutztes und fettiges Glas und verschiedene Kunststoffe, evtl. auch auf eine Platte gespannte Folien.

In Gefäßen aus verschiedenen Materialien, die man nicht ganz bis zum Rand mit Wasser gefüllt hat, lässt man das Wasser durch Eintauchen bzw. Herausziehen eines sauberen Gegenstandes behutsam ein wenig steigen und sinken und beobachtet, wie sich der Meniskus verhält.

Man kann auch Stücke aus dem zu beobachtenden Material mit einer glatten Fläche senkrecht in das Wasser langsam eintauchen und wieder anheben und den Meniskus daran beobachten.

An sauberem, gut benetzendem Glas steigt reines Wasser etwas hoch, der

Benetzungswinkel wird ganz flach. An nicht benetzenden Oberflächen, wie an vielen Kunststoffen, wachsartigen oder fettigen Substanzen, steigt das Wasser nicht auf und der Wasserspiegel bildet einen rechten oder noch größeren Winkel zur Wand (Abb. 14 und 16).

Auch mit Wassertropfen lassen sich die Benetzungseigenschaften beobachten. Man legt das zu benetzende Material waagrecht, lässt darauf Tropfen mit einer Spritze langsam anschwellen und beobachtet, wie sich der Kontaktwinkel zwischen Platte und Wasser entwickelt.

**Material**

- Offene Gefäße und kleine glatte Platten zum Eintauchen, aus verschiedenen Materialien: Glas, Kunststoffe, Metalle
- sauberer langer Gegenstand, mit dem man durch Eintauchen etwas Wasser verdrängen kann
- leichtgängige Einmalspritze, 1 ml mit Kanüle, z. B. Insulinspritze, zum Aufsetzen und Wachsen lassen der Wassertropfen
- Wasser



**Abb. 16 links:** Das Wasser ist am Glas aufgestiegen, ein Meniskus hat sich gebildet.  
**Rechts:** Das Glas benetzt nicht, die Wasseroberfläche bildet einen rechten Winkel mit dem Glas. **Unten:** an den Lichtspiegelungen auf den Wasseroberflächen ist der Unterschied gut zu erkennen.

**Der Einfluss der Wasserbeschaffenheit**

Man nimmt ein sauberes Glas, füllt es mit sauberem Wasser, so dass der Meniskus wie in Abbildung 16 links gut zu sehen ist. Dann gibt man Tropfen

verdünnten Spülmittels hinzu und beobachtet, wie der Meniskus mit zunehmender Tropfenzahl verschwindet (Abb. 16, rechts).

### *Material*

- sauberes Glas, sauberes Wasser, verdünntes Spülmittel, etwas um das verdünnte Spülmittel zu dosieren (Einwegspritze, Stab, Teelöffel ...)

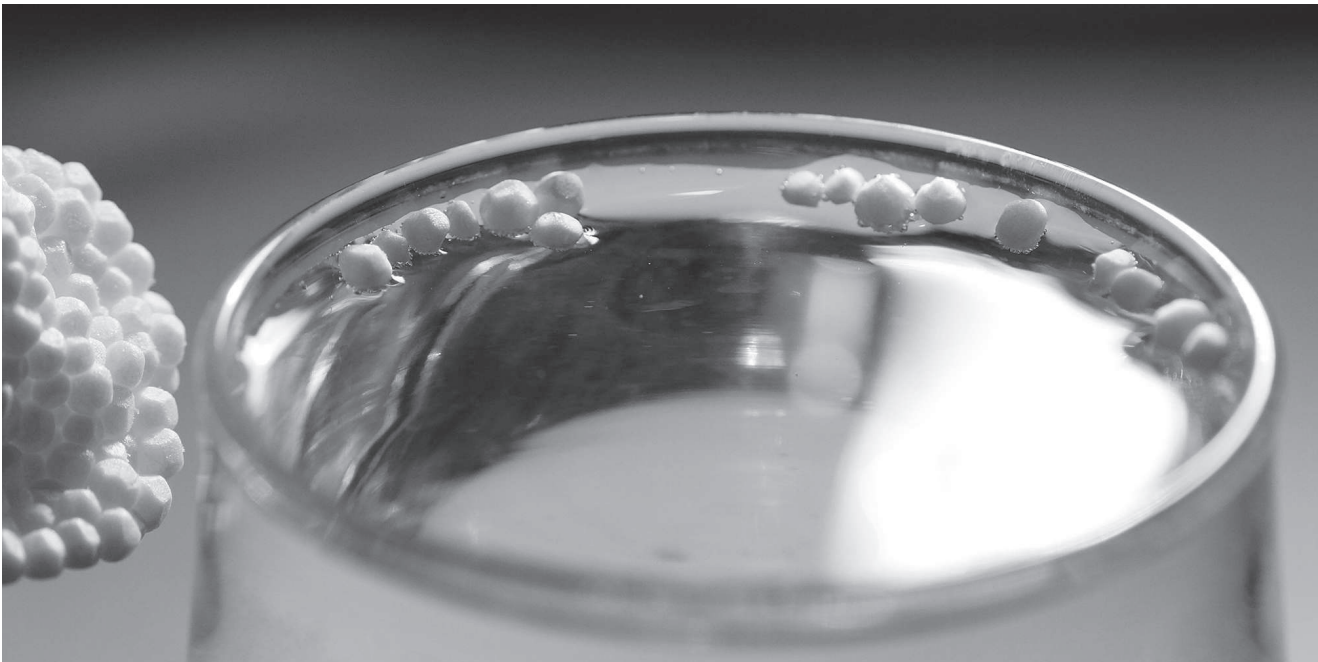
### *Wo beginnt der Meniskus?*

Am Gefäßrand ist der Meniskus am stärksten gekrümmt; zur waagerechten Wasseroberfläche hin wird die Krümmung immer schwächer. Wie weit sie reicht bzw. wo sie beginnt, ist mit bloßem Auge nicht zu sehen. Bringt man Luftblasen auf die Wasserfläche und kommen diese in den Bereich des Meniskus, werden sie plötzlich wie von einem Magneten angezogen und wandern ihn hinauf bis zur höchsten Stelle (Abb. 17). Styroporkügelchen wandern ebenso wie die Luftblasen zur höchsten Erhebung der Wasseroberfläche (Abb. 18), dabei ist erstaunlich, aus welcher Entfernung sie schon beginnen, zum Meniskus zu wandern. In einer gut gereinigten Glasschale beginnen die Styroporkügelchen schon im Abstand von 2 cm von der Glaswand, zu ihr zu wandern. Der Einflussbereich des Meniskus kann also ca. 2 cm weit reichen.

Genau entgegengesetzt verhalten sich auf die Wasseroberfläche gestreute Metallspäne.



**Abb. 17:**  
*Luftblasen steigen im Meniskus auf und sammeln sich dort an.*



**Abb. 18:** Styroporkügelchen steigen den Meniskus auf und sammeln sich dort an. Links im Bild ein Stück Styropor

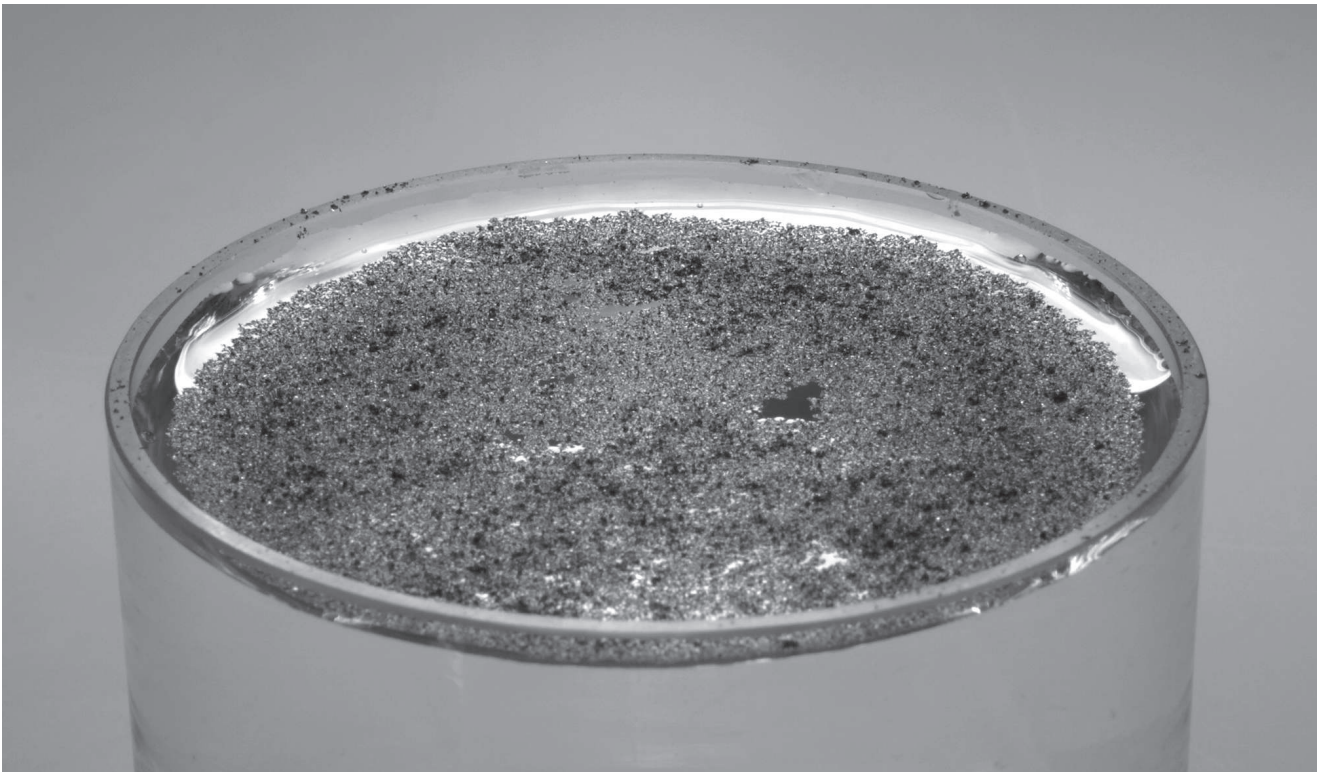
Einige schwimmen auf der Oberfläche und verteilen sich zunächst bis an das Glas. Nach einiger Zeit ist der Meniskus aber wieder frei (Abb. 19). Gleiches kann man mit schwimmenden Reißzwecken oder Büroklammern versuchen, auch sie entfernen sich vom Rand, die Aufwölbung des Meniskus drängt sie zurück.

Man kann auch verschiedene Platten senkrecht eintauchen und den Versuch mit unterschiedlich benetzenden Materialien wiederholen.

#### *Material*

- Gefäße wie oben
- Geschirrspülmittel, 2 - 3 Tropfen
- leeres Marmeladenglas mit Schraubdeckel zum Schütteln
- kleiner Löffel zum Übertragen von Schaum
- sehr kleine Styropor-Kügelchen, z. B. von einem angebrochenen Styropor-Verpackungsblock, zerbröseln
- Metallspäne, z. B. eine dicke Prise grob gefeiltes Aluminium

Die Schaumblasen erzeugt man, indem man ein paar Tropfen Spülmittel mit etwas Wasser in einem Glas schüttelt und etwas Schaum mit einem Teelöffel überträgt. Allerdings reduziert das Spülmittel die Oberflächenspannung des Wassers, was den Meniskus beeinträchtigt. Das kann man vermeiden, indem man statt Schaumblasen kleine Styropor-Kügelchen nimmt.



**Abb. 19:** Schwimmende Metallspäne weichen von der Aufwölbung des Meniskus zurück, wie man am Abstand vom Glas sehen kann.

### Beobachtungen – Erläuterungen

Wenn man die genaue Form des Meniskus sehen wollte, müsste man ihn genau von der Seite in Wasseroberflächenhöhe an gerader Wand betrachten, das ist aber kaum möglich. Die Spiegelung des Bleistiftes ist eine Annäherung, die durch die schräge Aufsicht von oben gestaucht erscheint. Auch wirkt die Krümmung des Glasgefäßes verzerrend.

Im Meniskus treffen die Grenzflächen Wasser-Luft, Wasser-Glas und Glas-Luft aufeinander. So wie die Wasser-Luft-Grenze, die Wasseroberfläche, eine Oberflächenspannung hat, bestehen auch an den anderen Phasengrenzen Grenzflächenspannungen, die die Form des Meniskus beeinflussen. Die Oberflächenspannung zieht die Wasseroberfläche zusammen, wie man am Tropfen sehen kann, dessen Kugelform die kleinstmögliche Oberfläche hat. Diese Kraft bildet aber keinen Meniskus, die Wasseroberfläche würde senkrecht die Gefäßwand berühren. Erst die Kräfte an der Wasser-Glas-Grenze ziehen das Wasser an, so dass es an der Glaswand aufsteigt und der Meniskus entsteht. Der so entstehenden Krümmung der Oberfläche wirkt die Oberflächen-

spannung entgegen. Die Kraft ist genauso groß, wie das von ihr angehobene Wasservolumen schwer ist. So wird für die Bestimmung der Oberflächenspannung das Gewicht des Wassers im Meniskus, der an z. B. einem Draht hängt, gemessen und berechnet (Oberflächenspannungsmessung nach Lecomte De Noüy). Im Tropfbildversuch in der Tropfbildschale sammeln sich 3 ml von den 20 ml Probenwasser im Meniskus an, das sind 15 %.

Ändert sich nun die Grenzflächenspannung, in dem man ein anderes Material nimmt, ändert sich auch der Meniskus. Am weitesten steigt er die Wand hoch, wenn Wasser, Glas und Luft sauber sind. Nimmt man ein wasserabweisendes Material, das nicht benetzt, entsteht ein negativer Meniskus (Abb. 14 rechts und 15 oben).

Reduziert man die Oberflächenspannung der Wasseroberfläche beispielsweise durch Spülmittel, wird der Meniskus kleiner oder verschwindet ganz (Abb. 14 Mitte und 16 rechts).

So kann eine gut benetzende Glasfläche, gepaart mit einem gut ausgeprägten Meniskus, auch Indikator für deren Sauberkeit bzw. Benetzbarkeit sein. Das gleiche gilt für Tropfen. Es gibt Messmethoden, die den Kontaktwinkel von Tropfen auf der zu prüfenden Oberfläche messen und so die Benetzbarkeit bestimmen.

Bei den Versuchen, in denen die Wanderung des Meniskus über eine feste Fläche beobachtet wurde - beim Steigen und Sinken lassen des Wasserspiegels durch einen Tauchkörper, beim Eintauchen oder Herausziehen einer Platte und beim Wachsen lassen der Tropfen - konnte man bemerken, wie der Meniskus oft nur ruckartig folgte. Diese Hysterese deutet darauf hin, dass Energie nötig ist, um einen neuen Bereich zu benetzen. So verhält sich eine vor kurzem benetzte Glasoberfläche ganz anders, als eine ganz trockene. Das hängt damit zusammen, dass selbst auf ganz trockenem Glas mehrere Molekülschichten Wasser die Glasoberfläche bedecken.

Gibt man kleine, nicht benetzende Teilchen wie Aluminiumspäne, Reiszwecken oder Büroklammern auf die Wasseroberfläche, bleiben diese auf der Wasseroberfläche in einer kleinen Delle wie auf einer Haut liegen. Diese „Schiffchen“ verhalten sich wie Kugeln auf einer Fläche, sie wandern zum tiefsten Punkt: den Meniskus herunter.

Ganz anders die Luftblasen, sie wölben die Wasseroberfläche auf, sind leichter als das Wasser und wandern zum höchsten Punkt: den Meniskus hinauf. Eine treibende Kraft ist auch ihre Oberflächenform. In der Krümmung des konvexen Meniskus ist ihre Oberfläche bei gleichem Luftvolumen kleiner und das



strebt die Wasseroberfläche an. So sammeln sich Schaumblasen auch in einer Vertiefung, einem Wirbeltrichter, weil dort ihre Oberfläche auch kleiner wird.

Im Meniskus drückt sich also etwas von der Beziehung zwischen den Stoffen aus. Mit der Qualität guter Benetzbarkeit (wasserliebend, Hydrophilie) ist zugleich verbunden, dass diese Substanzen in Reaktion treten können und Verwandlungen möglich sind. So ist bekannt, dass zwischen der Glasoberfläche und dem Wasser auch immer ein leichter Stoffaustausch stattfindet. Mit schlechter Benetzbarkeit (wasserabweisend, Hydrophobie) ist auch verbunden, dass kein Stoffaustausch und keine Verwandlung stattfindet, wie beispielsweise bei Teflon.

*Andreas Wilkens*