

Tropfeneinfall in eine gespreitete Tintenschicht

Die Begegnung eines fallenden Tropfens mit einer ruhenden Flüssigkeit ist eines der Urphänomene im Flüssigen. In der Natur geschieht sie, wenn Regen in Pfützen, Tümpel oder stille Seen fällt. Am Institut für Strömungswissenschaften ist sie in der Tropfbildmethode Teil der Laborarbeit und vermag, Qualitäten von Wasser ins Bild zu bringen. Der Tropfen kann mit seiner sphärischen Gestalt als ein Bild des Kosmos angesehen werden. Eine ebene Wasseroberfläche weist horizontal in die Weite und rundet sich in den Weltmeeren der Erde wiederum zur Kugelgestalt.

Beim Einfall in tiefes Wasser lässt ein Tropfen einen nach unten sich bewegenden Ringwirbel entstehen, siehe Abb. 1. In der Tropfbildmethode ist der einfallende Tropfen mehr als doppelt so dick, als die Wasserschicht tief ist. Dadurch ist die Bewegungsrichtung nach unten nicht möglich. Stattdessen breitet sich das Strömungsgeschehen, ausgehend vom vertikalen Aufprall des Tropfens – der auf den Glasboden durchschlägt –, horizontal in alle Richtungen aus. In „Die Entwicklung unterschiedlicher Wirbelformen im Tropfbildversuch, Teil 2“ von Andreas Wilkens (in WASSERZEICHEN Nr. 61) ist die so entstehende Wirbelbildung dargestellt.

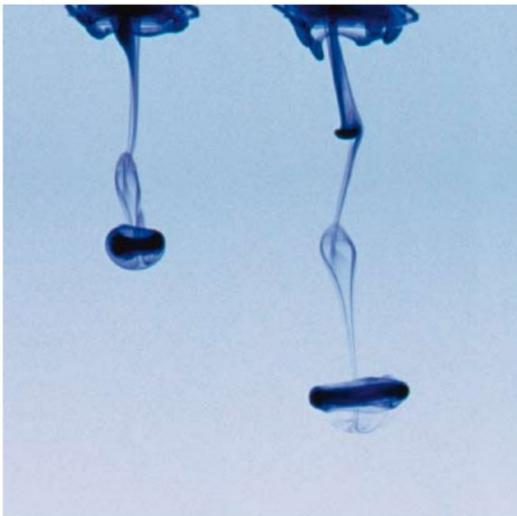


Abb. 1: Zwei Stadien des Einfalls eines verdünnten Tintentropfens in tiefes Wasser: Der Tropfen sinkt ab und bildet einen Ringwirbel.

Im folgenden Experiment fällt ein Tropfen Wasser in eine auf Wasser gespreitete dünne Tintenschicht. Das Wasser befindet sich in einem rechteckigen, weißen Gefäß und ist 1 bis 2 cm tief, also viel tiefer als die Wassertiefe von 1,1 mm im Tropfbildversuch. Dieses Experiment lässt sich mit einfachen Mitteln selbst nachmachen. Dazu muss man zunächst unverdünnte Tinte auf der Wasseroberfläche spreiten lassen. Wie dies möglich ist, habe ich im WASSERZEICHEN Nr. 58 in „Tensidwirkung auf gespreitete Tinte“ beschrieben:

„Mit ein wenig Geschick kann man Tinte direkt mit der Hand aus einer Spritze mit Kanüle auf der Wasseroberfläche zum Spreiten bringen. In ein sauberes Gefäß füllt man Wasser und wartet eine Weile. (Wartet man nicht, so strömt das Wasser im Gefäß noch während des Spreitens, was andere, durchaus sehr schöne Phänomene hervorbringt.) Nun berührt man mit der Kanüle die Wasseroberfläche so, dass die Öffnung der Kanüle nach oben weist. Dann drückt man vorsichtig Tinte aus der Spritze. Ist man langsam genug, so breitet sich die Tinte ausgehend von der Kanülenspitze auf der Wasseroberfläche aus und nimmt schließlich einen großen Bereich der Oberfläche ein.“

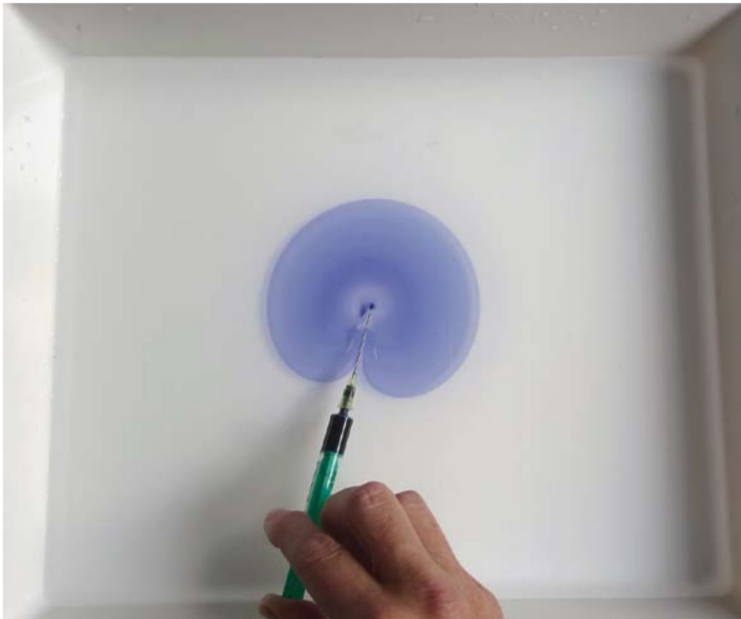
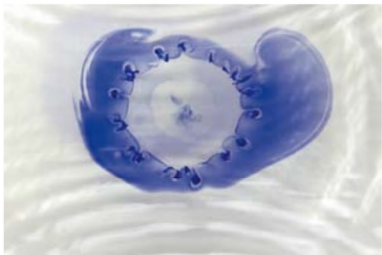


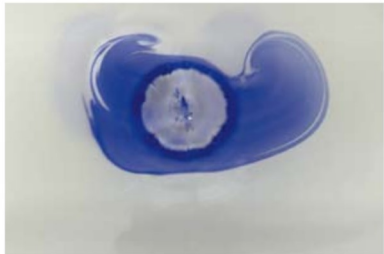
Abb. 2: Spreiten unverdünnter Tinte auf der Wasseroberfläche von Hand. Damit die Tinte spreitet, muss man eventuelle Spülmittelreste im Gefäß sorgfältig durch mehrfaches Nachspülen entfernen und während des Spreitens die Spritze sehr flach halten.



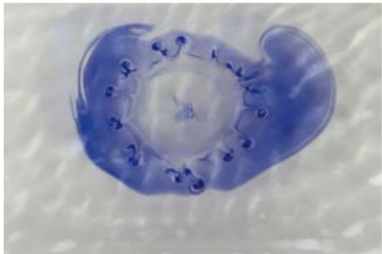
a)



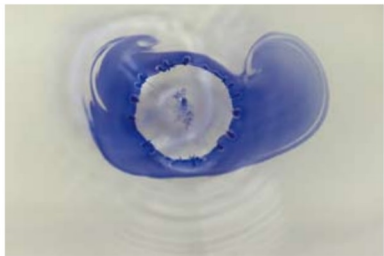
f)



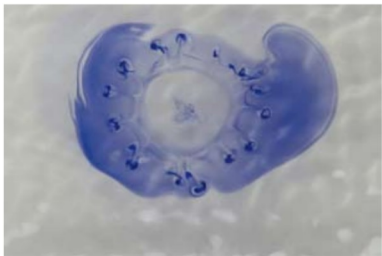
b)



g)



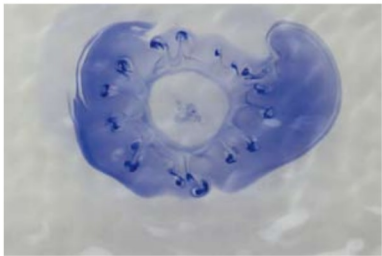
c)



h)



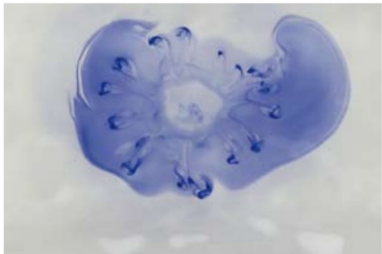
d)



i)



e)



j)

Abb. 3

Ist die Tintenschicht auf der Oberfläche gespreitet, so nimmt man eine vorher bereit gelegte wassergefüllte Spritze und lässt aus ihr vorsichtig einen Wassertropfen in die gespreitete Tintenschicht fallen.

Für das bloße Auge sehr plötzlich schießen nach dem Einfall des Tropfens tintenfarbige Wirbel vom Ort des Tropfeneinfalls horizontal nach außen. Mit Hilfe einer Kamera (hier mit 30 Bildern pro Sekunde) lässt sich der auch Beginn dieses Strömungsgeschehens vom Einfall des Tropfens bis zur Wirbelbildung verfolgen. Im abgebildeten Versuch ist die Tintenschicht nicht kreisförmig, da das vorsichtige Ausströmen der Tinte während des Spreitens nicht ganz gleichmäßig war. Der fallende Tropfen verdrängt mit dem Eintauchen die gespreitete Tinte auf der Wasseroberfläche radial nach außen, und es bildet sich ein tintenfarbiger Ring. Dieser vergrößert sich, und aus ihm heraus dringen dann Wirbel in die weiter außen liegende Schicht gespreiteter Tinte. In Abb. 3b sind erste Ansätze der späteren Wirbel zu sehen, in Abb. 3c bereits kleine Wirbelköpfe. Diese beiden Bildern zeigen auch, dass dort, wo der Tropfen eingefallen ist, wieder ein Tropfen aufsteigt (Abb. 3b) und sich danach ein Jet bildet (Abb. 3c). In Abb. 4a, einem Ausschnitt von Abb. 3c, sieht man den Jet deutlicher und nimmt wahr, dass der tintenfarbige Ring an einigen Stellen keine Wirbel, sondern Verdickungen hat. Zeitgleich mit den ersten Wirbelköpfen entstehen Oberflächenwellen (ebenfalls Abb. 3c).

Die Oberflächenwellen breiten sich zunächst weiter nach außen aus, der Jet fällt ins Wasser zurück (Bilder 3d und 3e). Zugleich vergrößern sich die tintenfarbigen Wirbel. In Abb. 4, die Ausschnitte aus den Bildern 3c, 3e und 3g zeigt, lässt sich verfolgen, wie die Wirbel größer werden und weiter in den Bereich der gespreiteten Tinte vordringen. Aus den Verdickungen im Tintenring strömt ebenfalls Tinte nach außen, bildet aber keine Wirbelköpfe aus. Im Ausschnitt aus Abb. 3e sieht man, dass die Wirbel verzerrt sind, wahrscheinlich infolge von Lichtbrechungen an den Oberflächenwellen. Die Oberflächenwellen reflektieren im weiteren Strömungsgeschehen von der Gefäßwand zurück zur Mitte (Abb. 3f) und überlagern sich dann (Abb. 3g bis 3i). Gleichzeitig zieht sich die gespreitete Tintenschicht

Abb. 3 (linke Seite):

Einfall eines Wassertropfens in eine gespreitete Tintenschicht im zeitlichen Verlauf

a) bis c): im Abstand von 1/30 Sekunde

d): 4/30 Sekunden nach Bild a

e): 7/30 Sekunden nach Bild a

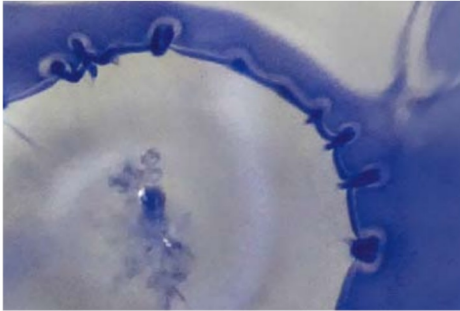
f): 12/30 Sekunden nach Bild a

g), h) und i): weitere jeweils 10/30 Sekunden später, d.h. 22/30, 32/30 und

42/30 Sekunden nach Bild a

j) eine Sekunde nach Bild i) bzw. 72/30 Sekunden = 2,4 Sekunden nach Bild a

wieder zu großen Teilen in Richtung Bildmitte zurück, und es bilden sich stiel-förmige Verbindungen von den Wirbelköpfen außen hinein in die Mitte. Dieses letztere Strömungsgeschehen lässt sich im Experiment mit bloßem Auge sehr gut verfolgen. Im letzten Bild 2j sind die Oberflächenwellen abgeklungen. Auch ist deutlich zu sehen, dass der Strömungsprozess nun zunehmend dreidimensional wird: Die Wirbelköpfe sinken ab und verformen sich dabei deutlich. Abb. 5 zeigt Ausschnitte der Bilder 2g und 2j, die dies veranschaulichen.



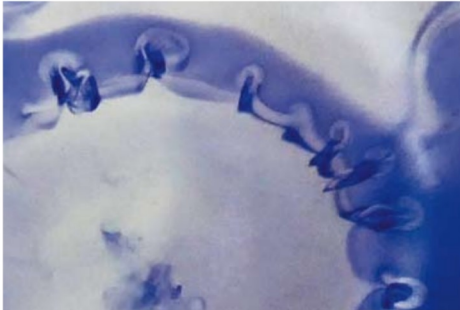
a)

Abb. 4

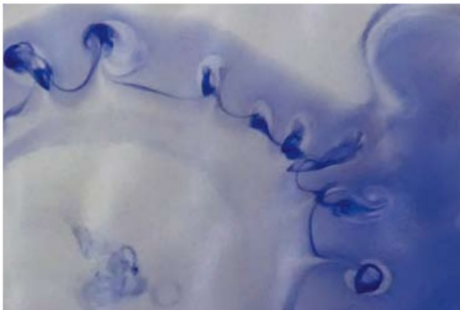
a): Ausschnitt aus Bild 3c

b): Ausschnitt aus Bild 3e

c): Ausschnitt aus Bild 3g



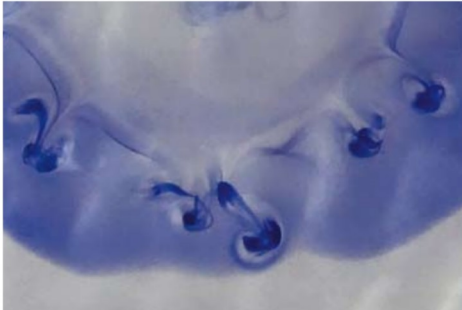
b)



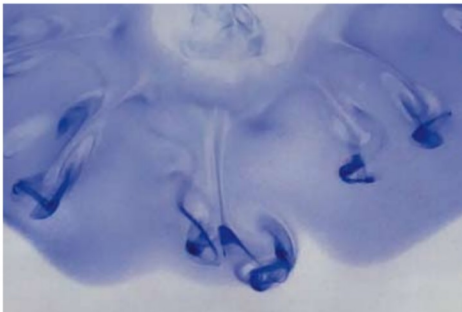
c)

Zusammenfassung: Das kleine Experiment zeigt, wie hochsensibel die Wasseroberfläche auf Strömungsanregung reagieren kann. Erstaunlich ist auf den ersten Blick, wie der senkrecht einfallende Tropfen eine kreisförmige, radiale Bewegungsanregung quer zu dieser Fallrichtung initiiert. Die Wirbel, die aus dieser Bewegung heraus entstehen, gehen im weiteren Strömungsgeschehen von einer zunächst vorwiegend horizontalen Bewegungsrichtung in eine dreidimensionale, absinkende Bewegungsrichtung über. Diese Dreidimensionalität unterscheidet diesen Versuch sehr von den Bedingungen im Tropfbildversuch. Zugleich aber hat das Strömungsgeschehen in der Entstehung von radial nach außen strömenden Wirbeln Verwandtschaft mit dem Tropfbild. Die Geschwindigkeit, mit der die Wirbel auch hier nach dem Tropfeneinfall entstehen, lässt sich mit Worten kaum beschreiben. Es lohnt sich, dieses kleine Experiment selbst zu machen. Es vermittelt einen Eindruck von der Beweglichkeit des Wassers, die wir in der Tropfbildarbeit beobachten und erforschen.

Imke Naudascher



a)



b)

Abb. 5

a): Ausschnitt aus Bild 3g

b): Ausschnitt aus Bild 3j

Abbildungsnachweis

Abb. 1: Andreas Wilkens

Abb. 2 bis 5: Imke Naudascher