Strömungsvorgänge beim Tropfbildversuch und Beziehungen zwischen Probe, Strömungsprozess und Bild

Andreas Wilkens

Zusammenfassung

Mit der Tropfbildmethode nach Theodor Schwenk werden in sog. Tropfbildversuchen Wasserproben durch Eintropfen von Aqua dest. zum Strömen angeregt und fotografiert. Die Strömungsbilder bringen für sich sprechend etwas von der Beschaffenheit des untersuchten Wassers zum Ausdruck. Um zu verstehen, wie es zu den Strömungsformen in den sog. Tropfbildern kommt, wurden die Strömungsvorgänge im Volumen und in der Oberfläche der dünnen Wasserprobenschicht untersucht. Durch den Eintauchvorgang des Tropfens entsteht in dieser Schicht ein Wirbelring, der sich in Tropfbildwirbel gliedert. Spreitungsprozesse auf der Probenoberfläche können zu instabilen Schichtungen führen, aus denen radiale Linienstrukturen hervorgehen.

Für eine weiterführende Beurteilung der Tropfbilder wurden die Zusammenhänge einzelner Parameter bzw. Probeneigenschaften mit den Strömungsprozessen und Bildern studiert. Unter ganz verschiedenen polaren Bedingungen trat u.a. in der Ausbildung der Linienstrukturen eine Polarität zwischen mehr geraden, radialen und mehr gebogenen, konzentrischen Anordnungen auf. Tropfbilder sauberen, guten Wassers nehmen in dieser Polarität eine Mittelstellung ein.

Summary

With Theodor Schwenk's drop-picture method in the so-called drop-picture experiments water samples are photographed after perturbation by allowing droplets of distilled water to fall onto them. The flow pictures produced say something visually about the composition of the water under investigation. To understand how the flow forms happen in the so-called drop-pictures, the flow processes are investigated in volumes of the water samples as well as at the surface of thin layers of them. Through the process of penetration of the droplet into the surface, a ring of vortices arises in the layer which form themselves into the overall drop-picture. Spreading processes at the surface of the sample can lead to unstable layering from which radial linear structures emerge.

Further appraisal of drop-pictures was carried out by studying the connections between single parameters or sample properties and the flow processes and pictures. Amongst other things, in the development of the linear structures a polarity between more straight, radial and more curved, concentric patterns occurred under very different polar conditions.

Einleitung

Seit der Entwicklung der Tropfbildmethode durch Theodor Schwenk in den 1960er Jahren (*Schwenk* 1967) werden im Institut für Strömungswissenschaften in Herrischried mit der Tropfbildmethode bestimmte Aspekte der Wasserqualität in verschiedensten Zusammenhängen erforscht bzw. charakterisiert (*Schwenk* 2001). Immer wieder wurde daran gearbeitet, die Strömungsvorgänge in der ca. 1,1 Millimeter dünnen Wasserschicht, die zu den vielfältigen Strömungsbildern führen, aufzuklären (*D. Rapp, P. Schneider, J. Schnorr, H. Smith, A. Wilkens* u.a.). In den letzten Jahren ist es mit Hilfe von Experimenten gelungen, einige wesentliche neue Erkenntnisse zu gewinnen, sodass der Tropfbildströmungsprozess jetzt in seinen Grundzügen genauer beschrieben werden kann.

Mit diesem neuen Verständnis der Strömungsvorgänge wurde es auch möglich, die Übergänge zwischen ganz unterschiedlichen Formen in den Bildern zu finden und zu verstehen. Außerdem ergaben sich Entsprechungen in den Charakterisierungen der Strömungsprozesse mit denen der Bilder.

Tropfbildfoto

Das Tropfbildfoto (Abb. 1) ist der mittlere Ausschnitt von ca. fünf Zentimeter Durchmesser des Strömungsgeschehens in einer dünnen Schicht einer Wasser-Glycerin-Mischung. Die dunkle Linie vom Rand zum Zentrum ist der Schatten der Tropfkanüle. Die Formen und Linien im Bild werden durch Schlieren aus Tropfwasser (Aqua dest.) und Probenwasser (Wasser-Glycerin-Gemisch) gebildet, welche in einer Schlierenapparatur sichtbar gemacht werden. Abb. 1 ist ca. 1,8 Sekunden nach dem Einfall des 20. Tropfens entstanden.

Drei Zonen mit unterschiedlichen Strömungsvorgängen und Formen sind im Tropfbild deutlich voneinander zu unterscheiden: Der Bereich im Zentrum, in dem die Tropfen eintauchen, wird *Kernzone* genannt. Sie ist im ersten Versuchsdrittel deutlich abgegrenzt und im Inneren sehr chaotisch strukturiert. Um die Kernzone herum bilden sich mit jedem Tropfeneinfall neue Wirbel; dieser Bereich wird *Wirbelzone* genannt. Angrenzend an die Wirbel beginnen ungefähr ab dem zehnten Tropfen Linienstrukturen langsam von innen nach außen zu wachsen, die sich auch verzweigen, bis sie den ganzen Bereich ausfüllen. Dieser Bereich wird *Dendritenzone* genannt.

Die Hell-Dunkel-Ausrichtung in den Bildern ist von der schlierenoptischen Einstellung abhängig und kann willkürlich geändert werden.