Der Bezug des Wirbels zum Elementarischen – Wärme, Licht, Klang und Leben

Peter E. M. Schneider

Einleitung

Fällt ein Tropfen in eine Flüssigkeitsschicht, dann können unter geeigneten Bedingungen in der Oberfläche und im Innern der Flüssigkeitsschicht instabile Wirbelströmungen beobachtet werden *(Bild 1)*.

Vermutlich wurden diese instabilen Wirbelströmungen zuerst von *Tomlinson* (1861, 1862, 1864) für die Beurteilung flüssiger Substanzen verwendet. Er stellte fest, dass die «Tropfenbilder» von der jeweiligen Qualität der Tropfen- und Schichtflüssigkeit charakteristisch abhängen, dass nacheinander fallende Tropfen die Bilder charakteristisch modifizieren, dass Stoffe, die sich chemisch verschieden verhalten – wie Nelkenöl und Kreosote – aufgrund ihrer physikalischen Ähnlichkeit (z. B. gleiche Grenzflächenspannung, gleiche Dichte, gleiche Zähigkeit) nahezu gleiche Tropfenbilder ergeben und dass Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Unsauberkeiten der Gefässe einen Einfluss auf die Tropfenbilder haben. Als Anwendungsbereich der Methode schlägt *Tomlinson* die Überprüfung von Ölen auf ihre Qualität (z. B. ob sie mit schlechteren Ölen vermischt wurden) und die Überwachung der Alterung von Substanzen vor.

Schwenk (1967, 1969) entwickelte eine technisch handhabbare Apparatur für die Tropfenbildmethode. Dabei fällt ein – an einer genormten Kanüle gebildeter – Tropfenringwirbel (Radius $r \approx 0{,}14$ cm) aus destilliertem Wasser aus genormter Höhe in eine genormte Schale, die mit einer genormten Mischung aus Glyzerin (2,5 ml) und destilliertem Wasser (17,5 ml) bis zu einer Höhe von ca. 1,3 mm gefüllt ist. An der Oberfläche der Schicht entsteht dabei eine instabile Verdrängungsströmung, am Schalenboden eine instabile Staupunktströmung (*Rapp* und *Schneider* [1974], *Smith* [1975]), die mit Hilfe der Schlierenmethode auf eine Mattscheibe oder einen Film abgebildet werden. *Bild 1* zeigt so entstandene Tropfenbilder in Abhängigkeit von Testsubstanzen, die zu der genormten Glyzerin/destilliertes Wasser-Mischung hinzugefügt wurden.

Nach *Schneider* (1976a) können innerhalb des Instabilitätsprozesses des Tropfenringwirbels an und in der Flüssigkeitsschicht sechs (sieben) Phasen (die den aufeinanderfolgenden Instabilitätsphasen eines an einer Düse erzeugten Ringwirbels analog sind) unterschieden werden, die eine die Stoffchemie übergreifende – von den physikalischen Grössen der Strömung (z. B. Oberflächen- [Grenzflächen]-Spannung, Dichte und Zähigkeit) getragenen – Klassifikation der stoffbeeinflussten Tropfenbilder einer Testströmung ermöglichen (vgl. *Bild 1*).

Im folgenden wird genauer untersucht, welche Qualitäten einer Testströmung durch Stoffzusätze modifiziert werden.

Tropfenbildung an einer Kanüle

Bei der Tropfenbildmethode bildet sich unter Normbedingungen am Ende einer kreisrunden Kanüle ein Tropfen. Dabei vergrössert sich das Volumen des sich bildenden Tropfens durch eine aus der Kanüle nachströmende Flüssigkeit so, dass sich die Strömungen im Tropfen und auf der – durch die Oberflächenspannung beeinflussten – Tropfenoberfläche zu einer Ringwirbelströmung ordnen, d. h. es

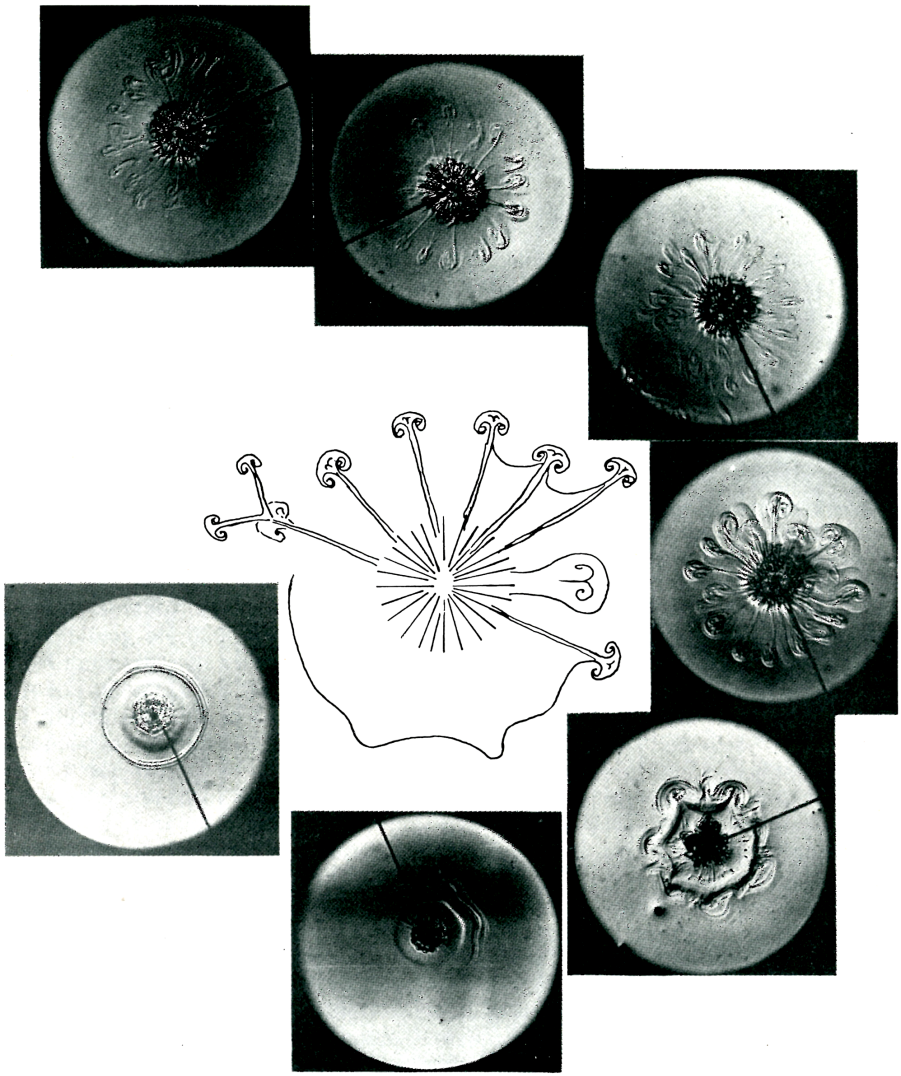

Bild 1: Tropfen aus destilliertem Wasser, die nacheinander – unter Normbedingungen – in ein destilliertes Wasser (17,5 ml)/Glyzerin (2,5 ml)/Testsubstanz – Schicht fallen, bilden sich in der Flüssigkeitsschicht in z. B. von der Testsubstanzqualität abhängige Wirbelformen um. Von oben links im Uhrzeigersinne nach unten: Bild des 3. Tropfens, keine Testsubstanz; 3. Tropfen, 0,1 g Hg Cl_2 in Wasser/Glyzerin-Mischung; 3. Tropfen, 0,3 g Ag NO_3; 6. Tropfen, 1 g Pb $(NO_3)_2$; 10. Tropfen, 0,5 ml Pril; 3. Tropfen, 0,2 ml Pril; 3. Tropfen, 0,003 ml Pril. Das Bild zeigt zugleich eine – aufgrund der hydrodynamischen Instabilitätsprozesse eines Ringwirbels – mögliche Klassifikation von Tropfenbildern in sechs (sieben) Klassen (nach *Schneider* 1976a).