3.1. Fluiddynamik des Einzeltropfens

Freischwebende Einzeltropfen sowie Tropfen in Schwärmen oder Dispersionen sind nicht starr. Aufgrund der Bewegung des Kontinuums und der Impulsübertragung durch die Flüssig-flüssig-Phasengrenze kommt es zur Induktion einer Strömung innerhalb des Tropfens: der Tropfen zirkuliert. Der Einfluß dieser Zirkulation auf den Stoffübergang kann jedoch für Tropfen kleiner als 1 µl vernachlässigt werden.

Allgemein kann der Strömungsverlauf im Tropfen im Bereich schleichender (laminarer) Umströmung des Tropfens (Re < 1) nach Hadamard (12) berechnet werden. Dieser Fall besitzt leider keinerlei praktische Bedeutung für die Durchführung der Extraktion in technischen Kolonnen, jedoch gibt es Hinweise darauf, daß die Stromlinien vom Hadamard-Typ bis Re ca. 200 Gültigkeit besitzen (13). Eigene Filmstudien an freischwebenden Einzeltropfen konnten diese Behauptung qualitativ bestätigen.

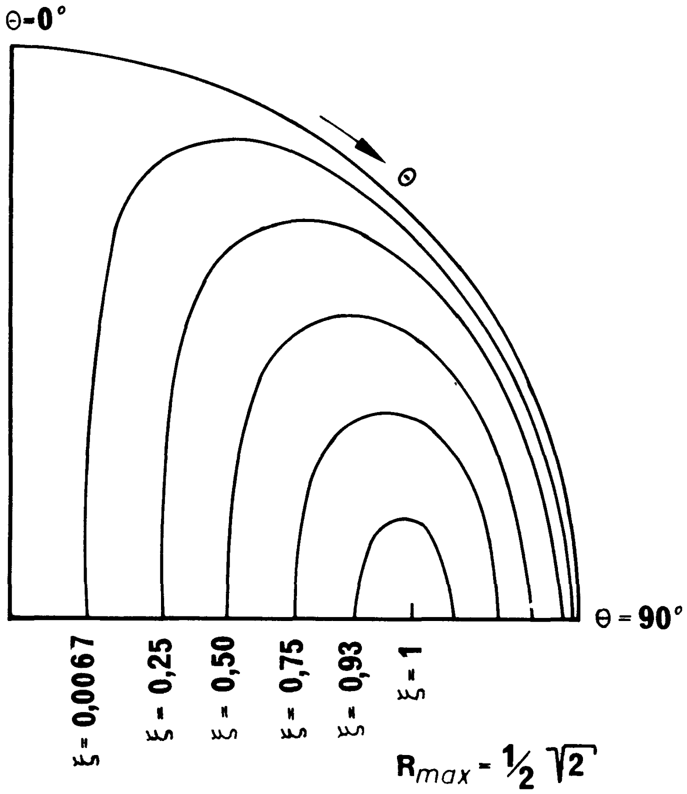

Abb. 3.1.1.:

Axialsymmetrische Stromlinien in einem fallendenTropfen
(vertikale Ebene durch die Tropfenachse) (14)

Abb. 3.1.1. gibt den Stromlinienverlauf im Tropfen wieder; nur der erste Quadrant ist dargestellt, der zweite Quadrant resultiert durch Spiegelung an der Abszisse, der dritte und vierte Quadrant durch entsprechende Spiegelung an der Ordinate (14). Für die Orte v konstanter Strömung gilt:

$$\xi = 4 R^2 (1-R^2) \sin^2 \theta \qquad (3.1.1.)$$

Für die Strömungsfunktion nach Stokes im Tropfen gilt:

HEV · Rhönstr.106 · D 63571 Gelnhausen · Telefon 06051 - 968928 · Fax 06051 - 968929
eMail: HEV@halwachs.de · Internet: www.halwachs.de

$$\Psi_d = -\frac{g(\rho_d - \rho_c)\cdot d^2}{6(3\eta_d + 2\eta_c)} \cdot R^2 \, (1-R^2) \, \sin^2\Theta \qquad (3.1.2.)$$

Für die Strömung um den Tropfen (14):

$$\Psi_c = \frac{g(\rho_d - \rho_c) r_T^2}{6(3\eta_d + 2\eta_c)} \left[\frac{\eta_d}{\eta_c} \cdot \frac{1-R^3}{R} - \frac{3\eta_d + 2\eta_c}{\eta_c} \cdot R(1-R) \right] \sin^2\Theta \qquad (3.1.3.)$$

Weiterhin gilt für die beiden Strömungskomponenten :

$$v_r = \frac{1}{R^2 \cdot \sin\Theta} \cdot \frac{\partial\Psi}{\partial\Theta} \qquad (3.1.4.)$$

$$v_\Theta = \frac{1}{R \cdot \sin\Theta} \cdot \frac{\partial\Psi}{\partial R} \qquad (3.1.5.)$$

Im Maximum auf der Abszisse verschwindet sowohl die radiale als auch die tangentiale Geschwindigkeitskomponente der Strömung (v_r bzw. V_Θ). Das Zentrum des Wirbelringes liegt bei R = 1/2• √ 2, so daß innerhalb und außerhalb von ihm der Strömungsquerschnitt identisch ist und somit der Fluß durch beide Querschnitte gleich groß ist. Dies ist aus Mengenbilanzgründen erforderlich.