des Rohres sehr dünn, an der Sohle aber um das Mehrfache dicker ist. Hiernach kann die Temperatur in der Sohle des Versuchsrohres von *Holden* und *White* tiefer gewesen sein als im Scheitel. Eine derartige Verteilung der Wandtemperatur würde aber eine unsymmetrische Strömung des Öls (unten kalte, oben warme Schichten) bedingen und besagen, daß *Holden* bei dem unseren Betrachtungen zugrunde liegenden Fall in der Achse eine zu hohe Temperatur gemessen hat.

6. Erklärung der amerikanischen Versuchsergebnisse. Wenn man nach den obigen Ausführungen von den *Holden*schen Messungen der Axialtemperatur vollkommen absehen und etwa 40°C als tiefste Temperatur annehmen dürfte, so würden die interpolierten Kurven I von Abb. 4 und I'' von Abb. 6 einigermaßen der Wirklichkeit entsprechen. Eine solche mittlere Kurve für den Anlaufvorgang in der Versuchsstrecke würde in der Tat nicht nur der Annahme konstanter Geschwindigkeit über den Querschnitt (Kurve c in Abb. 1) nahekommen, sondern auch die Lage der Kurve d bei $x = 30$ erklären. Wenn dagegen, was anzunehmen ist, in dem untersuchten Fall die Temperatur in der Rohrachse zwar unterhalb des gemessenen Wertes von 65°C, aber höher als 40°C gewesen ist, so kann dies nach unseren Berechnungen durch reine Wärmeleitung unter keinen Umständen erklärt werden, sondern nur durch die radiale Konvektion, die, wie erwähnt, durch die unstationäre Geschwindigkeitsverteilung bedingt ist. Vermutlich wird dieser radiale Wärmetransport zur Folge haben, daß die Temperatur an der Wand steiler und tiefer verläuft als nach Kurve I'' in Abb. 6, im Kern der Strömung aber flacher und höher als diese. All dies mußte durch umfangreiche Rechnungen festgestellt werden, durch die wir die fehlenden Messungen der Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung so gut als möglich zu ersetzen versucht haben. Es mag daher auch hier wieder auf die Wichtigkeit solcher Verteilungsmessungen hingewiesen werden.

Aus unseren Berechnungen geht hervor, daß der Verlauf der Kurve d, Abb. 1, im Gebiet von $x = 10$ bis 150 nur durch eine nichtstationäre Geschwindigkeitsverteilung und die damit zwangsweise verbundenen radialen Ausgleichsströmungen befriedigend erklärt werden kann. Daher muß der auffallende Verlauf der Kurve d in diesem Gebiet als durchaus möglich bezeichnet werden. Freilich dürfte die Kurve d im Gebiet $x < 600$ etwas zu hoch, im Gebiet $x > 600$ etwas zu tief liegen, da die Wandtemperatur von *Holden* in der Sohle (und daher tiefer als im Mittel), von *White* dagegen im Scheitel (und daher höher als im Mittel) gemessen wurde.

Im allgemeinen aber kann empfohlen werden, beim Wärmeübergang von der Wand zur Flüssigkeit die empirische Kurve d, Abb. 1, zugrunde zu legen und nicht die theoretischen Kurven a, b und c.

7. Zusammenfassung. Die Versuchsergebnisse von *Holden* und *White* über den Wärmeübergang bei der Strömung von Öl in einem geheizten Rohr werden mit den theoretischen Lösungen von *Graetz* verglichen. Dabei zeigt sich, daß merkwürdigerweise die Annahme konstanter Geschwindigkeit über den Querschnitt in einem weiten Bereich der Wirklichkeit am nächsten kommt, daß aber keine der theoretischen Lösungen mit den Versuchsergebnissen völlig in Einklang gebracht werden kann. Es wurden daher verschiedene angenommene Geschwindigkeitsverteilungen und die daraus ermittelten Temperaturverteilungen im Austrittsquerschnitt des Rohres untersucht. Daraus folgt, daß die gemessenen Werte für die Temperaturen und Wärmemengen nur aus dem Zusammenwirken von Wärmeleitung und einer radialen Ausgleichsströmung, die durch Zähigkeitsunterschiede bedingt ist, erklärt werden können. [RF 329]

Berichtigung

Versuche mit neuen Formen von Durchflußdüsen. In Heft 11 (1931) S. 392 ist bei der Beschriftung von Abb. 7 und 8 ein Fehler unterlaufen. Das Maß für die Länge der Düsen muß heißen

$$1{,}1\,D - d$$

(an Stelle von $D - d + 10$).

H. Richter (RF 334)
