

Lagerreibung

hydrodynamische Theorie
nach Sommerfeld und Michell
eine Darstellung der Grundlagen

von

Dr Heinrich Blasius

Dozent i R der Ingenieurschule Hamburg



1961

**BOYSEN & MAASCH VERLAG
HAMBURG**

VORWORT

Die hydrodynamische Theorie der Lagerreibung hat für den Konstrukteur große Bedeutung gewonnen, ein Beweis für die Fruchtbarkeit mathematisch-physikalischer Entwicklungen. — Die grundlegenden Arbeiten von Petroff (1883), Reynolds (1886), Sommerfeld (1904), Michell (1905) sind in Ostwalds Klassikern Nr. 218 von Hopf zusammengestellt (1927). Die mathematische Theorie ist seitdem weiter vorgetrieben: Die Berücksichtigung der endlichen Breite der Lager fordert die Lösung partieller Differentialgleichungen mit numerischen Methoden und Reihen (Vogelpohl, Forschungsheft 386 (1937); Sassenfeld-Walther, Forschungsheft 441 (1943) und Andere). Ferner gibt es Darstellungen der Ergebnisse der Theorie für die Praxis: Formeln, Kurven, Tabellen (ten Bosch, Maschinenelemente (1951); Kara, Erdölbücherei (1955); Vogelpohl, Betriebssichere Gleitlager (1958) und Andere). Man sieht an den Jahreszahlen, wie lange es dauert, bis sich neue Erkenntnisse durchsetzen. Wie lange hat es nicht auch bei der Reynolds-zahl gedauert, bis man sich in den Widerstandsformeln danach richtete.

Es ist nicht Jedermanns Sache, die Integration von Differentialgleichungen bei den großen Mathematikern nachzulesen. Er bedarf des Mittlers. Auch mancher Diplomingenieur erinnert sich nur noch dunkel der Mathematik seiner ersten Semester. Kein Vorwurf angesichts der ungeheuren Spezialisierung der Technik. Die theoretische Ableitung der Formeln rauscht oft vorüber; es bleiben nur die Ergebnisse. Damit verschwinden oft auch die Grundvorstellungen und ihr Zusammenhang mit den Schlußformeln. Aber diese Vorstellungen müssen lebendig bleiben, wenn man von den Formeln sinnvoll Gebrauch machen will. Man muß sich zB klar darüber sein, daß man mit Öltaschen und mit dem Schaben der Lagerschale auch die Grundlagen der Theorie zT wegkratzt. Andere Irrtümer hörte ich: daß infolge der „Keilwirkung“ der Druck an der engsten Stelle liege, oder: daß man schabe, damit sich in den Rillen das Öl halte. Hier fehlt eben die Vorstellung des Vorganges. Oft wird überhaupt nur nach fertigen Formeln gerechnet. So notwendig das angesichts drohender Termine sein mag, so unbefriedigend ist es auch, besonders wenn statt Größengleichungen Maßzahlgleichungen gegeben werden, deren Einheiten nur dem Spezialisten geläufig sind, während doch auf allen Hoch- und Ingenieurschulen das Rechnen mit Benennungen gepflegt wird.

Es besteht jedenfalls eine große Gruppe, die zunächst möglichst anschaulich die Grundbegriffe nochmal erklärt bekommen, und dann auch den Rechengang möglichst anschaulich verstehen möchte, wenigstens in leidlich idealisierten Fällen. Korrekturfaktoren nimmt man dann anschließend in Kauf. An unserer Ingenieurschule kommt es oft vor, daß Studierende im 4-ten oder 5-ten Semester, etwa 10 von 30, mich bitten, ihnen über die Theorie der ersten 3 Semester hinaus in einem freiwilligen Sonderkurs weitere Theorie vorzutragen (Kugeldruck, dickwandige Ge-

fäße, Turbinenscheiben, Lagerreibung u dergl). Diesem Bedürfnis will ich dienen. Es ist eine Aufgabe für sich, zu zeigen, wie Mathematik der Technik dient. Auf diesem dritten Gebiet zwischen Mathematik und Praxis arbeiten wir Dozenten der allgemeinen Fächer: eine labile Gleichgewichtslage: man rutscht leicht nach links oder rechts ab; ein Berg zwischen zwei Tälern, in denen die Kühe auf genormten Wiesen weiden, in denen der ökonomisch geregelte Verkehr abläuft: die Gepflogenheiten der Praxis, die Standardmethoden der Mathematik. Der Berg ist nicht leicht zu erklimmen. Man kann aber von da aus beide Seiten übersehen.

Ich will hier weder die mathematische Theorie vorantreiben, noch in der Darstellung der Ergebnisse mit den genannten Werken wetteifern. Aber die Grundgedanken will ich physikalisch und rechnerisch anschaulich kurz und übersichtlich herausarbeiten: Man kann dabei nicht immer die oft sehr verwickelten Umformungen, die zur Lösung von Integralen führen, vollständig vorführen. Das würde den Gedankengang zu sehr unterbrechen. Hier muß der Hörer mit der Angabe der Lösung zufrieden sein, wenn man ihm vorher den Verlauf der Funktion klar gemacht hat. Man hätte die Funktion ja auch zeichnerisch ermitteln können. Wesentlich aber ist, daß man den Gedankengang von vornherein mit einem Zahlenbeispiel begleitet, statt ein Feuerwerk von Formeln vorzuführen und erst zuletzt ein Beispiel für die Benutzung der Schlußformeln zu geben. Begriffe wie Geschwindigkeitsanstieg und Zähigkeit werden klar durch Erläuterung der Bedeutung ihres Zahlwertes. Man muß dann natürlich ausgehen von angenommenen Lagerabmessungen, und nach der Tragfähigkeit fragen. Umgekehrt: für gegebene Belastung das Lager zu dimensionieren, ist dann Sache des Entwerfens. Dazu müssen alle physikalischen Zusammenhänge vorher bekannt sein. Diese baut der Grundlagenunterricht nacheinander auf, im Hinblick auf das Ziel. Auch die im Ergebnis vorkommenden Größen wie die Sommerfeld-zahl sollen nicht nur definiert, sondern als Verhältniszahlen erläutert werden. Und wenn eingesetzt oder umgeformt wird, so soll man sagen, warum man es tut.

Ich stelle mich ein auf den mittleren Stand eines Studierenden der Ingenieurschule nach dem dritten Semester. Ich beginne mit dem einfachsten Fall des drucklosen Lagers wegen der Grundbegriffe. Dann folgt das Michell-lager als das mathematisch einfachere, für große Breite; dann das Querlager mit vollem Ölumlaufl, der mE angestrebt werden sollte, auch dies für große Breite. Mathematisch weiter gehe ich erst im letzten Abschnitt (halber Ölumlaufl), wo ich die Sommerfeld'schen Ableitungen leicht verbessert zu haben glaube. Wer sich bis hierher durchgekämpft hat, mag über diese Mathematik hinweggehen. Das Thema ist nun einmal nicht leicht. Deswegen hat es ja auch so lange gedauert, bis diese Erkenntnisse durchgedrungen sind. Eben dazu möchte ich auf meine Weise beitragen. Man hat mich von mehreren Seiten dazu aufgefordert.

Hamburg, am 22 Januar 1961

H. Blasius.