

Vorwort

Dieses Buch ist mit dem Ziel verfasst worden, die dem dynamischen Auftrieb zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten möglichst anschaulich darzustellen. In den Fällen, in denen Zusammenhänge im mathematischen Formalismus dargestellt werden, sind diese meistens ausführlich kommentiert. Wenig Geübte in dieser Disziplin sollten sich nicht abschrecken lassen, wenn sie diese nur teilweise, oder gar nicht nachvollziehen können, da viele Grundprinzipien des dynamischen Auftriebsprinzips mit Abstrichen auch ohne die mathematischen Ausführungen verständlich erscheinen.

Für ein umfassendes Verständnis der hier betrachteten Strömungsmechanismen ist es allerdings notwendig, sich auch mit abstrakten mathematisch formulierten Strömungsmodellen auseinanderzusetzen. Hierzu gehört insbesondere das Modell der Potentialströmung, dem in dieser Abhandlung viel Aufmerksamkeit gewidmet wird.

Die Zielsetzung einer anschaulichen Darstellung beschränkt sich in diesem Buch nicht nur auf physikalische Themen, sondern bezieht auch mathematische Techniken, wie den Umgang mit komplexen Zahlen oder Techniken der Vektoranalysis mit ein.

Es wird in diesem Buch nicht angestrebt, hier eine derart umfassende Behandlung der Vielzahl aerodynamischer Aspekte von Auftriebsströmungen vorzunehmen, wie dies z. B. in Standardlehrbüchern über Strömungsphysik geschieht.

Gezielt werden nur die Aspekte betrachtet, die als elementar für das Grundverständnis erachtet werden und welche hier in einer besonders plakativen Art anhand vieler Gedankenmodelle beschrieben werden.

Die im Vergleich zu Standardlehrbüchern und vielen anderen sich mit dem Gebiet der Flugphysik befassenden Büchern, in diesem Buch sehr viel umfangreichere Darstellung ausgewählter Themen, oftmals mit speziell dafür erdachten Gedankenmodellen, erfordert allerdings in hohem Maße ein aktives Mitdenken.

Lässt man sich auf die hier mithilfe von Gedankenmodellen und Gedankenexperimenten vollzogenen Veranschaulichungen komplexer Zusammenhänge ein, so wird man damit belohnt, ein tiefer gehendes Verständnis für die Dinge zu bekommen!

Für Leser, die nur in der rein mathematischen Formelsprache zu Hause sind, ist dieses Buch nicht geeignet.

Der Mechanismus des dynamischen Auftriebs wird gerade in Schulbüchern zum Teil sehr mangelhaft dargestellt.

Für diejenigen, die damit anfangen sich für naturwissenschaftliche Dinge, insbesondere der Physik zu interessieren, sind anschauliche Erklärungsmodelle hilfreich.

Sie können motivierend wirken, selbst eigene Gedankenmodelle zu entwerfen, um so eine Vorstellung von Dingen zu erhalten, die ohne diese Modelle vielleicht als paradox erscheinen würden.

In der Forschung wird man immer wieder Beobachtungen machen die einem paradox erscheinen und welche den bisherigen Erkenntnissen der Welt widersprechen. Immer dann zahlt es sich aus geübt darin zu sein neue Modelle zu entwerfen, die in der Lage sind diese neuen Beobachtungen mit den alten in Einklang zu bringen.

Häufig findet die erste Auseinandersetzung mit den Strömungsphänomenen des dynamischen Auftriebs zu einem Zeitpunkt statt, an dem man bereits eine Vorstellung des Zusammenwirkens von Kräften und Beschleunigungen, also der newtonschen Physik bekommen hat. Man ist auf der Suche, wo in der Strömung eines „so nachgiebigen“ Mediums wie z. B. Luft das newtonsche Prinzip erkennbar wird, dem zur Folge der Auftriebskraft entsprechend eine (wegen dem Prinzip Actio gleich Reactio) auf die vorbeiströmende Luft wirkende entgegengesetzt gerichtete Kraft existiert. Nach Newton muss diese Kraft wiederum bewirken, dass sie die Luft in eine der Auftriebskraft entgegengesetzte Richtung beschleunigt!

Der darauf folgende Gedankenschritt kann dann sein, sich bewusst zu machen, dass die Bewegungsmuster des Strömungsmediums, die diese Auftriebskraft hervorrufen, gleichbedeutend mit der Existenz von Druckdifferenzen in dem Strömungsmedium sind. Dass zu diesen Druckdifferenzen in dem Fall, in dem die Strömung als Potentialströmung (einfaches Strömungsmodell/ Kapitel Potentialströmung) angenähert werden kann, eine durch die Bernoulli-Gleichung beschriebene Abhängigkeit zu den Beträgen der Strömungsgeschwindigkeit besteht, ist für die Erkennung des kausalen Zusammenhangs von Strömungsdynamik und dynamischem Auftrieb nicht relevant. Häufig aber wird bei Erklärungen für das Zustandekommen einer Auftriebsströmung als Ursache gerade diese Relation von Druck zur Geschwindigkeit angegeben, wobei gewöhnlich zuvor versucht wird zu begründen, weswegen Geschwindigkeitsdifferenzen und damit Druckdifferenzen entstehen.

Von dem hier vertretenen Standpunkt aus werden bei Erklärungen dieser Art Ursache und Wirkung vertauscht!

Inkompressible potentialströmungsähnliche Auftriebsströmungen stellen einen großen Anteil der in der Praxis vorkommenden Auftriebsströmungen dar, sowohl bei von Menschen erdachten Maschinen als auch in der Natur. Der Vorsatz „inkompressibel“ kennzeichnet, dass die Strömung unabhängig vom Druck an jeder Stelle den gleichen Wert besitzt.

Obwohl in diesem Buch vorwiegend inkompressible Strömungen betrachtet werden, soll hier erwähnt werden, dass ein Abstecher in den Bereich kompressibler Strömungen, bei denen die Dichte vom Druck abhängt (schallnahe Auftriebsströmungen oder Überschallauftriebsströmungen), nach dem Studium dieses Buches die Vorteile einer universell anschaulichen Betrachtungsweise zeigen wird. Demnach wird es dann leichter fallen eine Vorstellung davon zu erhalten, wo aufgrund der Strömungsdynamik Kräfte durch Beschleunigung von Anteilen des Strömungsmediums hervorgerufen werden. Anschaulich kann durch diese Herangehensweise ein wesentlicher Unterscheidungspunkt zwischen kompressiblen Strömungen und nicht kompressiblen Strömungen aufgezeigt werden. Dieser Unterschied besteht darin, dass prinzipiell bei Vernachlässigung von turbulenten so wie viskosen Reibungs- und induzierten Widerstandseinflüssen (siehe dazu die entsprechenden Kapitel), bei Ersteren keine Strömungsleistung (keine erforderliche Energie zufuhr), bei Letzteren aber im Falle, dass die Strömungsge-

schwindigkeit größer ist als die Schallgeschwindigkeit, Strömungsleistung erforderlich ist, um eine Auftriebskraft zu generieren!

Eine hier getroffene Kernaussage bei der Veranschaulichung des dynamischen Auftriebsprinzips bei inkompressiblen Strömungen und bei kompressiblen Strömungen, deren Geschwindigkeitsbereich unter der Schallgeschwindigkeit liegt, besteht darin, dass der Auftriebskörper (abgesehen von vernachlässigbaren turbulenten Strömungsphänomenen) harmonisch umströmt wird (bildlich gesprochen, strömt das Medium ohne extreme Bewegungsmuster an den Strömungskörper heran und auch wieder „glatt“ von ihm ab), wobei das Strömungsmedium in seiner unmittelbaren Umgebung umgelenkt wird.

Anschaulich ist bei dieser intuitiven Vorstellung, den Auftriebskörper als eine Art „Leitschaukel“ der Strömung zu betrachten insbesondere die Vorstellung davon, dass bei einer Umlenkung von strömenden massebehafteten Volumenelementen des Strömungsmediums auf diese Volumenelemente im Bereich des Strömungskörpers Kräfte einwirken müssen. *Die Existenz solcher Kräfte wiederum bedeutet aufgrund der Newton'schen Kraftaxiome, dass eine dieser Umlenkrichtung entgegen gerichtete (am Auftriebskörper als Auftriebskraft bezeichnete) Kraft existiert.*

Es wird nach Herausarbeiten dieser Zusammenhänge schließlich gezeigt, wie mithilfe der Bernoulli-Gleichung abschätzbare quantitative Aussagen über physikalische Größen, (insbesondere der Auftriebskraft in Strömungen) gemacht werden können.

Die Motivation für die Auseinandersetzung mit diesem Thema ist die Faszination für das Fliegen. Sie entstand zum Teil aber auch aus der schlecht empfundenen Erklärung des dynamischen Auftriebs in Schulphysikbüchern und dem Bedürfnis danach, die Dinge besser verstehen zu wollen.

Die folgende Seite mit den sechs enthaltenen Bildern vermittelt einen ersten bildhaften Eindruck von dem Inhalt des Buches. Hierbei symbolisiert das erste Bild, wie durch Beschleunigung von Anteilen des Strömungsmediums eine Auftriebskraft generiert wird.

Die beiden Bilder darunter zeigen, wie sich die Geometrie eines Auftriebskörpers auf die seitliche energetisch verlustbehaftete Umströmung des Auftriebskörpers auswirkt (das Phänomen des induzierten Widerstands).

Das stilisierte Segelflugzeug darunter zeigt, in welche Richtung eine idealisierte geometrische Formgebung gehen sollte, um die energetischen Verluste, die durch den induzierten Widerstand hervorgerufen werden, zu minimieren.

Die drei Bilder unten in der Grafik skizzieren plakativ, das für das Verständnis des dynamischen Auftriebes sehr hilfreiche Modell der Potentialströmung.

