

Immer schneller fliegen

Autor(en): **Briner, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 6

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-654211>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

bekannt und deckt sich mit dem völligen Fehlen einer schalldämpfenden Einrichtung.

Die geschilderten Zusammenhänge würden noch viel anschaulicher, wenn man von den vier besprochenen Vogelarten die Federstrahlen im gleichen Maßstab auf-

zeichnet (Bild 5). Man erkennt dort, wo der schalldämpfende Anteil des Federstrahls, der bei der Schleiereule eine Länge von 1620 μ hat, abnimmt auf 600 μ beim Mäusebussard, auf 500 μ beim Fischreiher und auf 100 μ beim Jagdfasan.
P. J. Heim, Nuolen

Wie tief reicht die Alpenfaltung?

Vor ungefähr 100 Jahren hat der englische Astronom B. G. Airy darauf hingewiesen, daß in den Faltengebirgen der Kontinente die oberflächlicheren, leichteren Gesteinsschichten zu einem Wulst zusammengestaucht seien, der die Umgebung beträchtlich überragt, aber anderseits in die tieferen, schwereren (basischen) Schichten eintaucht. Zufolge dieser Verhältnisse herrscht in den Faltengebirgen ein *Schweredefizit*. Mit Ausnahme der südlichsten Alpengebiete ist auch in den Schweizer Alpen ein Schweredefizit vorhanden. Auf Grund der *Isostasie Hypothese* wird angenommen, daß die aus relativ weniger dichtem Material bestehende Erdkruste auf dem darunter liegenden zähflüssigen Material schwimmt und sich im großen und ganzen im Gleichgewicht befindet.

Die Registrierung und Auswertung von Erdbebenwellen, welche in den letzten Jahren natürlich oder künstlich durch *Großsprengungen* (Helgoland, Haslach) erzeugt worden sind, gestattet den Tiefgang der Alpenfaltung annähernd zu bestimmen. Es ergibt sich, daß die Hauptdiskontinuitätsfläche zwischen den leichteren und schweren Gesteinen in der Gegend von Chur 17 km tiefer liegt als im Mittelland. Sie liegt in 30–35 km Tiefe,

zirka 20 km höher als sie der deutsche Forscher Gutenberg angenommen hatte.

Die Erdbebenwellen haben in der höheren Kruste eine Geschwindigkeit von 5–6 km pro Sekunde, in der tieferen eine solche von zirka 8 km/Sek. Um möglichst genaue Berechnungen über das Eintreffen und den Verlauf der Erdbebenwellen anstellen zu können, ist die Auslösung der Großsprengungen von Helgoland, bei der 6700 Tonnen Sprengstoff zur Detonation gebracht wurden, auf $\frac{1}{1000}$ Sekunde Genauigkeit aufgenommen worden. Diese Wellen wurden auch in der Schweiz registriert. Sie gestatteten interessante Berechnungen über die Tiefe der Grenzfläche zwischen der granitischen und basischen Erdkrustenschicht, welche bei 11 km vorgefunden wurde.

Dank einer überaus sorgfältigen wissenschaftlichen Organisation zur Registrierung der Wellen der Großsprengungen ist es gelungen, höchst wertvolle Erkenntnisse zu gewinnen, die sich gelegentlich auch von praktischem Wert erweisen dürften. So hat eine vom deutschen Volk verurteilte Nachkriegshandlung der deutschen und internationalen Wissenschaft besonders willkommene Resultate geliefert.
Dr. J. K.

Immer schneller fliegen

Unsere Verkehrsmittel werden immer schneller, und die Distanzen, welche in kurzer Zeit bewältigt werden, wachsen ständig. Selbst das schnellste aller Verkehrsmittel, das Flugzeug, scheint offenbar noch zu langsam

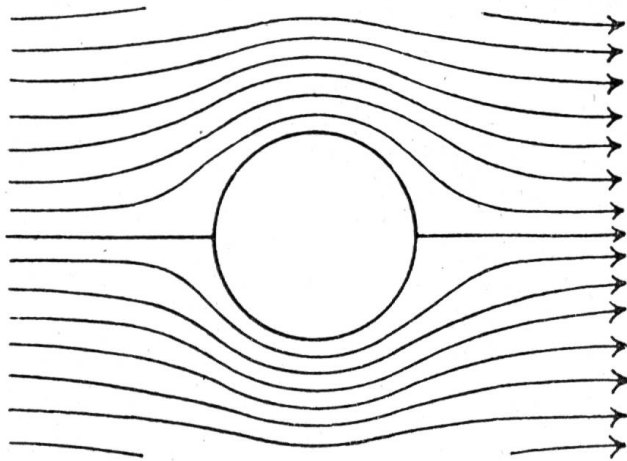


Fig. 1. Laminare Strömung um eine Kugel

zu sein, denn die Technik bemüht sich auch hier, größere Geschwindigkeiten zu erreichen. Dies scheint auf den ersten Blick keine große Schwierigkeit darzustellen, denn man könnte glauben, es genüge, hinreichend starke und geeignete Motoren einzubauen, um fast jede Geschwindigkeit zu erreichen. In Wirklichkeit ist die Frage viel komplizierter, sobald man Geschwindigkeiten von 1000 Kilometer und mehr in der Stunde erzielen möchte. Vor allem muß das Verhalten des Flugzeuges in seinem Medium, der Luft, untersucht werden, um zu sehen, wie sich ein fester Körper darin verhält und welches die gegenseitigen Kräfte sind. Wollen wir einen kurzen Überblick über diese Dinge geben, so müssen wir etwas Aerodynamik treiben.

Wir interessieren uns vorerst für eine Kugel, die sich in ruhender Luft bewegt, oder, was prinzipiell auf dasselbe hinauskommt, aber experimentell viel leichter zu untersuchen ist, wie sich eine ruhende Kugel in einem Luftstrom verhält. Bei kleinen Geschwindigkeiten spielt eine dünne Gasschicht, die an der Körperoberfläche haften bleibt, eine große Rolle. Die Reibung zwischen

dieser Schicht und den äußeren darüber hinweggleitenden Luftmassen gibt den Widerstand der Kugel im Luftstrom. Wird die Geschwindigkeit größer, so kommen weitere Widerstandskräfte hinzu, die durch die Richtungsänderung der Strömung um die Kugel verursacht werden. Oberhalb einer bestimmten, für jedes Gas und jede Flüssigkeit charakteristischen Geschwindigkeit (der «kritischen Geschwindigkeit») nimmt die Strömung einen ganz anderen Charakter an. Aus dem ruhigen, gleichmäßigen, «laminaren» Zustand wird sie «turbulent», das heißt es bilden sich Wirbel, welche sich von der Fläche ablösen. Die Entstehung dieser Wirbel kann man sich ziemlich leicht erklären: Die Reibung vermindert die Geschwindigkeit der Luft in der Nähe der Kugel, wodurch dahinter eine Druckverminderung entsteht. Die äußeren Schichten, die mit gleicher oder schwach herabgesetzter Geschwindigkeit

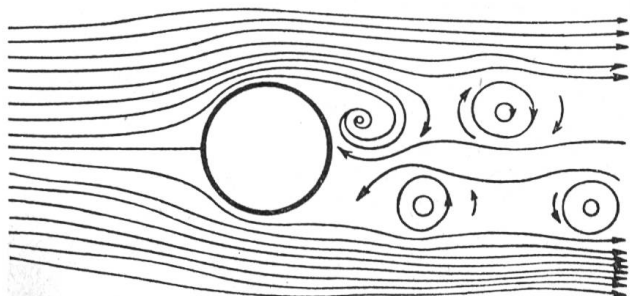


Fig. 2. Oberhalb der kritischen Geschwindigkeit wird die Strömung turbulent (Wirbelbildung)

weiterfließen, stürzen in jene Zonen hinein. Infolge seiner Rotationsbewegung besitzt ein Wirbel kinetische Energie. Die Aufrechterhaltung der turbulenten Strömung braucht Arbeit, was sich im Auftreten eines weiteren Widerstandes, des Druckwiderstandes, äußert. (Auf der Vorderseite der Kugel tritt Druckerhöhung, auf der Rückseite Druckverminderung auf.) Dieser Widerstand kann etwa tausendmal größer sein als der Reibungswiderstand.

Bei einem Flugzeug sind die Bedingungen ähnlich wie bei der Kugel. Die Grenzschicht, welche an der Oberfläche haften bleibt, beträgt bei diesem etwa 5 mm.

Das bisher Gesagte ist nur gültig für Geschwindigkeiten unterhalb der Schallgeschwindigkeit im entsprechenden Gas. Wieso spielt die Schallgeschwindigkeit so eine ausgezeichnete Rolle? Die Antwort auf diese Frage ist leicht, wenn wir uns überlegen, was Schallgeschwindigkeit bedeutet. Verursachen wir irgendeine örtliche periodische Druckstörung in der Luft, so breitet sich diese in Form einer Welle aus, deren Front eine Kugel um das Störzentrum bildet. Bei geeigneten Frequenzen empfinden wir diese Druckveränderung als Schall. Die Schallgeschwindigkeit ist demnach nichts anderes als die Geschwindigkeit, mit der sich Druckschwankungen in der Luft fortpflanzen.

Vielleicht hat mancher Leser schon darüber nachgedacht, warum wohl aerodynamisch die bekannte Tropfenform trotz der stumpfen Vorderseite und dem nach hinten zugespitzten Verlauf am günstigsten sei, und warum im Gegensatz dazu im Schiffbau auch vorn

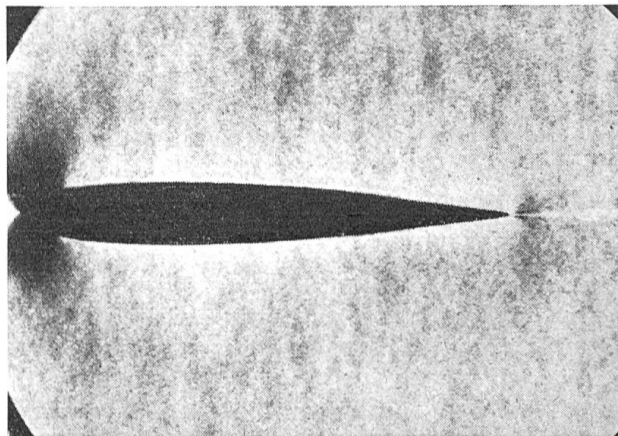


Fig. 3. Stromlinienkörper (Tropfenform) bei Unterschallgeschwindigkeit. Schwache Wirbelbildung am Ende (Schlierenaufnahme aus «Life»)

spitze Formen verwendet werden. Der Grund liegt eben darin, daß das Flugzeug und das Schiff sich in ganz anderen Verhältnissen fortbewegen. Das Flugzeug unserer Tage fliegt langsamer als der Schall (wir hören ja ein Flugzeug schon bevor es über unsere Köpfe fährt), hingegen ist die Geschwindigkeit eines Schiffes größer als die der Wasserwellen (diese bilden sich vom Schiff aus rückwärts und seitlich, und eilen ihm nicht voraus). In diesen verschiedenen Verhältnissen der eigenen Geschwindigkeit zu derjenigen der Störungfortpflanzung im umgebenden Medium liegt die Begründung der unterschiedlichen Formgebung.

Kehren wir zum Flugzeug zurück. Beim Tropfenprofil ist der Zweck des spitzen Endes der, die Wirbel möglichst zu vermindern und dadurch den Widerstand zu verringern. Da sich bei einer Kugel die Wirbel auf der Hinterseite bilden, ist besonders dort auf geeignete Profilbildung zu achten. Die Druckwelle schreitet schneller voraus als das Flugzeug und bereitet sozusagen den Weg vor. Deswegen ist es nicht nötig, vorne den Flugkörper zu verlängern, denn die Strömung nimmt von selber die richtige Form an.

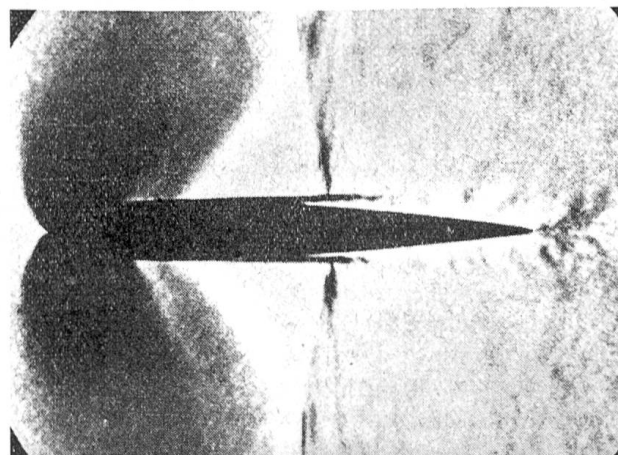


Fig. 4. Derselbe Stromlinienkörper der Fig. 3 bei Überschallgeschwindigkeit. Starke Wirbelbildung etwa in halber Länge und ausgedehnte Druckzone an der Stirnseite. (Schlierenaufnahme aus «Life»)

Wird die Geschwindigkeit immer höher, so wird bei Schallgeschwindigkeit die Druckwelle nicht mehr voraneilen, sie fließt nicht mehr nach vorne ab, sondern sie befindet sich immer dicht vor der Flügel- und Rumpfnase. Bei kleinen Störungen des Gleichgewichtes kann dann etwa die komprimierte Luft über den Flügel hinweggleiten, dieser beschleunigt sich dann sehr stark wegen der plötzlichen Verminderung des Widerstandes und bildet dabei ein neues Druckkissen vor sich, das ebenso stoßweise wieder abbremst. Die Luft schlägt also an den Flügel, statt glatt darüber hinwegzuleiten. Eine solche Beanspruchung hält kein normaler Flügel aus.

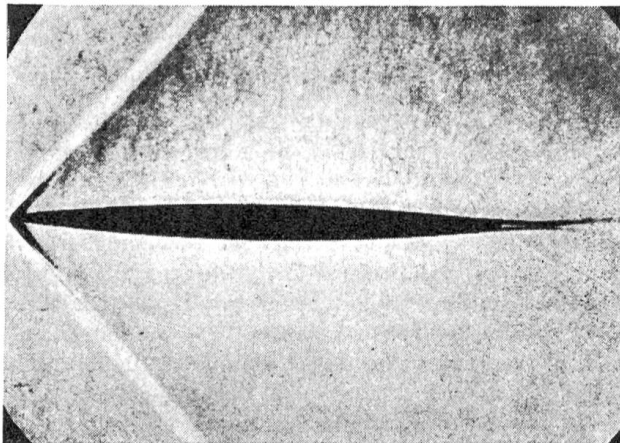


Fig. 5. Laminarer (abgeflachter und zugespitzter) Körper bei Überschallgeschwindigkeit. Die Wirbelbildung setzt weiter hinten ein. Die Druckzone ist kleiner und gibt Anlaß zu einer Bugwelle (Schlierenaufnahme aus «Life»)

Bei noch höheren Geschwindigkeiten ist das Problem leichter zu lösen. Dort besteht die Gefahr nicht, daß sich vor dem Flügel zeitweise «Löcher» bilden, sondern er schiebt beständig eine stark bremsende Kompressionszone vor sich her. Der Flügel wird dann zweckmäßig vorn zugespitzt, so daß er sozusagen diese Mauer durchstoßen kann. Hier kann man sich wieder an die Form der Schiffe erinnern, die auch durch spitzen Vorderteil den Staudruck durchstoßen. Neigt man außerdem die Flügel noch nach hinten, so wird erreicht, daß die komprimierte Luft teilweise seitlich abfließt. Die kritische Zone des Übergangs von Unter- zu Überschallgeschwindigkeiten hat eine gewisse Breite; denn schon vor Erreichung der Schallgeschwindigkeit von 1200 km/h können an gewissen Stellen die Strömungsgeschwindigkeiten gefährlich werden. Das Fliegen ist besonders kritisch im Bereich zwischen 960 und 1440 km/h.

Bei Überschallgeschwindigkeit ist die Strömung an der Vorderseite der Tragfläche laminar. Sie geht dann in turbulente über, und die Wirbel lösen sich vom Flügel ab. Die Zone, in der dies geschieht, soll möglichst weit hinten liegen. Kleine Unebenheiten sind von großer schädlicher Wirkung, weil an ihnen sich die Wirbel leichter bilden; deswegen müssen alle Flächen für große Geschwindigkeiten peinlich glatt poliert sein. Die Oberflächenbeschaffenheit eines Flügels, wie er in der Praxis gefunden werden kann, bewirkt eine Erhöhung

des Widerstandes um 100 % und eine Verminderung der Tragfähigkeit um 30 %. Von großem Vorteil hat sich die Einführung des Rückstoßmotors statt des Propellerantriebes erwiesen, denn die hinten ausströmenden Gase erhöhen die Abströmgeschwindigkeit, was allerdings eine Druckverminderung, also eine Bremskraft erzeugt, aber wichtiger ist für den Zweck hoher Geschwindigkeiten die dann weiter hinten einsetzende Wirbelbildung.

In der klassischen Tropfenform (deren größter Querschnitt 30 % vom vorderen Ende entfernt ist) wäre die Wirbelbildung am größten Durchmesser lokalisiert, bei einem laminaren, das heißt abgeflachten Profil, das für Überschallgeschwindigkeiten besser geeignet ist (Maximum der Dicke bei 40—65 % von vorne), setzt sie in 20—25 % vom hinteren Ende ein. Ein Nachteil der laminaren Profile ist allerdings der, auf kleine Änderungen sehr empfindlich mit einer Verlagerung des unerwünschten Übergangspunktes zu reagieren. Auch ist ihre Fläche in bezug auf den Rauminhalt größer und damit die Reibung größer. All dies vermindert aber nicht die Zweckmäßigkeit seiner Verwendung für besonders schnelle Flugzeuge. In Zukunft werden also enge und schwach gekrümmte Profile und nach hinten geneigte Flügel zu erwarten sein.

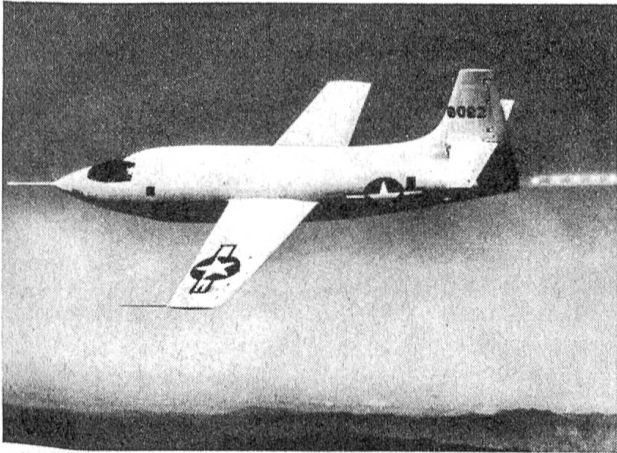
Die Lenkbarkeit bei hohen Geschwindigkeiten wird sehr schlecht. Im normalen Flugzeug beeinflusst ein Ruder am Flügelende die Strömung um den ganzen Flügel, denn die Wirkung pflanzt sich schneller nach vorn fort als das Flugzeug. Bei Überschallgeschwindigkeiten hingegen ist nur ein örtlicher Einfluß auf die Strömung möglich. Die Höhen- und Richtungssteuer am Flugzeugende verlieren dazu stark an Wirkung, weil sie in die turbulente Strömung geraten, die sich von den Flügeln nach hinten ausbreitet.

Für die Versuche mit Überschallgeschwindigkeiten bestehen heute entsprechende Windkanäle kontinuierlicher Luftströmung bis zu 2500 km/h Geschwindigkeit. Für kurzzeitige Versuche kann man heute in USA. sogar 6400 km/h erreichen. Dies geschieht durch Ausströmenlassen des Inhalts eines mit Atmosphärendruck gefüllten Behälters von 675 m³ Inhalt durch einen 1,5 m breiten Kanal in einen zweiten vorher ausgepumpten, 1000 m³ fassenden Behälter. Auch bei solchen Verfahren ist es schwierig, in den mittleren kritischen Bereich der schallähnlichen Geschwindigkeit zu gelangen. Hier bewähren sich Raketenversuche am besten, wo die Geschwindigkeit mit Radar gemessen wird.

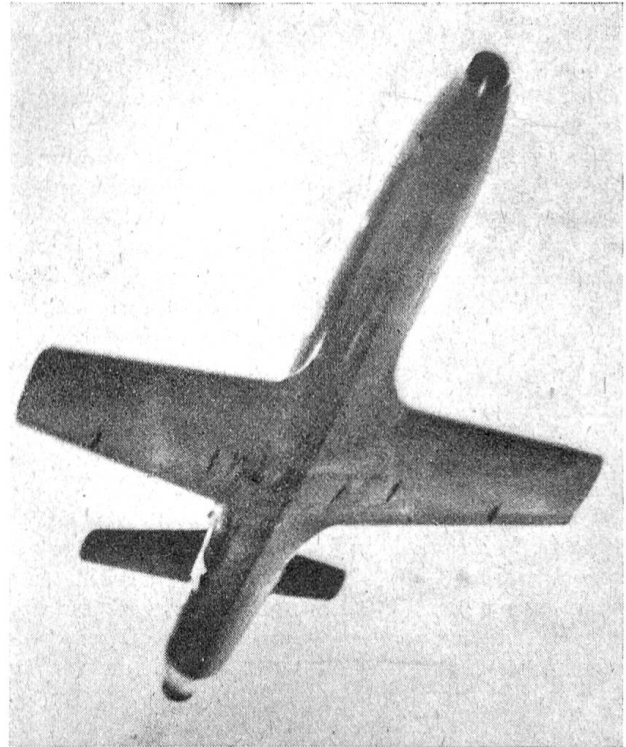
Damit sind im wesentlichen die Flugbedingungen oberhalb und unterhalb der kritischen Zone der Schallgeschwindigkeit bekannt. Die führenden Techniker aller Länder sind bereits mit der Lösung des neuen Problems beschäftigt, ein Flugzeug zu konstruieren, das ohne Schaden zu nehmen die gefährliche Geschwindigkeit überschreiten kann, um in den oberen, weniger kritischen Bereich zu gelangen. Schon zeichnen sich die ersten Gesetzmäßigkeiten in den Modellen ab, und es ist zu erwarten, daß die Überschallgeschwindigkeitsflugzeuge schon in naher Zukunft nicht nur zu militärischen, sondern auch zu friedlichen Zwecken eingesetzt werden können.

Dr. H. Briner

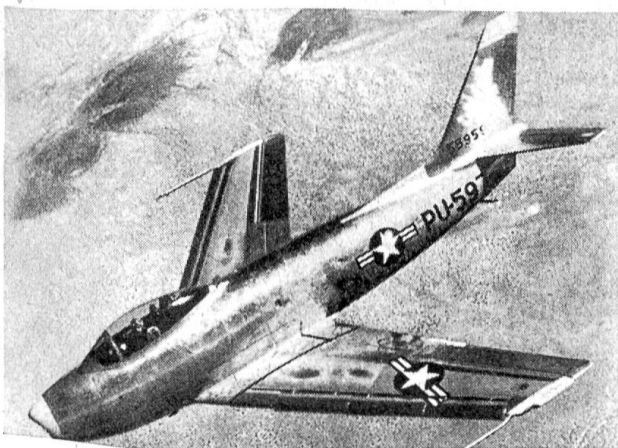
Einige Versuchsflugzeuge für Überschallgeschwindigkeit



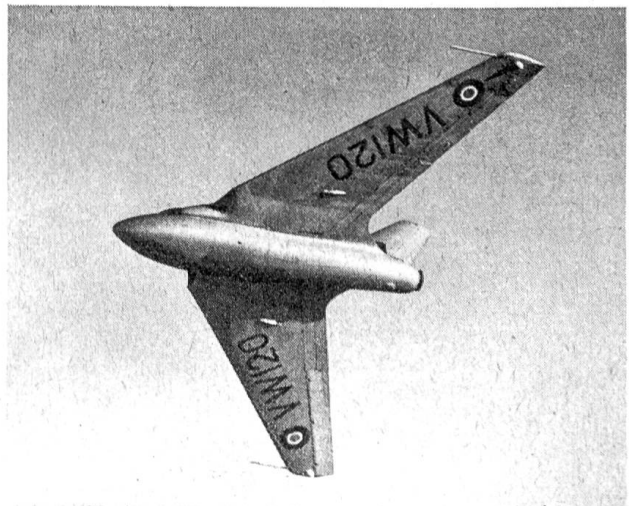
Die «Bell XS-1», die ihre Versuchsflüge vom Armeeflugplatz Muroc in Californien aus unternahm, erreichte in einer Höhe zwischen 12 000 und 22 000 Metern eine Geschwindigkeit von über 1200 Stundenkilometern. Typisch sind die geschosförmige Rumpfspitze und die fast in der Mitte des Rumpfes sitzenden Tragflächen (Photopreß)



Die «D-558 Skystreak» der amerikanischen Marineluftwaffe, ausgerüstet mit einer TG-180 Düsenturbine der General Electric wurde von den Douglas-Werken in Santa Monica hergestellt. Sie zeigt noch besser als das nebenstehende Modell die Tendenz zur Verlegung der Tragflächen nach hinten (Photopreß)



Die stark gepfeilten Flügel kennzeichnen den Jagdeinsitzer «F86» der amerikanischen Luftwaffe. Die Luftansaugöffnung befindet sich in der Rumpfnase. Auch die Steuerflächen sind gepfeilt, das Höhensteuer steht in V-Stellung. (ATP)



Das Versuchsmuster De Havilland «D.H.108 Swallow», angetrieben durch eine Strahltriebwerke D.H. «Goblin 4», verbindet hohe Pfeilung (43°) mit mäßiger Flügelstreckung (etwa 4,5). Es überschritt im September 1948 im Stechflug zwischen 12 000 und 7 600 Metern die Schallgeschwindigkeit (bei etwa 1125 km/h). (Photo Interavia)